Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS
UFGD Editora

ANÁLISE DA VARIABILIDADE INTERANUAL DA SECA VIA ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADO (SPI) ASSOCIADA AO EL NIÑO-OSCILAÇÃO SUL (ENOS) NO ESTADO DO ACRE (AC)

Analysis of interannual drought variability via standardized precipitation index (spi) associated with the el niño-southern oscillation (enos) in the state of Acre (AC)

Análisis de la variabilidad interanual de la sequía mediante índice estandarizado de precipitación (spi) asociado al fenómeno el niño-oscilación sur (enos) en el estado de Acre (AC)

Givanildo de Gois
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Acre (UFAC), Campus Floresta
givanildo.gois@ufac.br

Paulo Miguel de Bodas Terassi
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA)
pmbterassi@gmail.com

Josimar da Silva Freitas
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Roraima (UFRR)
JosimarFreitas55@gmail.com

Sonaira Souza da Silva
Universidade Federal do Acre (UFAC), Campus Floresta
sonaira.silva@ufac.br

Bruno Serafini Sobral
Instituto de Terras e Cartografia do Estado do Rio de Janeiro (ITERJ)
brunossobral@gmail.com

Roberta Fernanda da Paz de Souza Paiva
Universidade Federal Fluminense (UFF), Centro Tecnológico
robertapaz2003@yahoo.com.br

Welington Kiffer de Freitas
Universidade Federal Fluminense (UFF), Departamento de Geoquímica
wkiffer@id.uff.br

Geraldo de Carvalho Neto
Universidade Federal Fluminense (UFF), Centro Tecnológico
gcn.resende@gmail.com

Djailson Silva da Costa Júnior
Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas - CPCE
djailson.junior@ufpi.edu.br

José Genivaldo do Vale Moreira
Universidade Federal do Acre (UFAC)
jose.moreira@ufac.br

Eliane de Oliveira
Universidade Federal do Acre (UFAC), Campus Floresta
eliane.oliveira@ufac.br

Jefferson Vieira José
Universidade Federal do Acre (UFAC), Campus Floresta
jefferson.jose@ufac.br

Marcelo Alves Muniz
Universidade Federal do Acre (UFAC), Campus Floresta
marcelo.muniz@ufac.br

Juaneza Barroso Falcao
Claretiano Centro Universitario (CCU)
juanezaipx@hotmail.com

Resumo: Os fenômenos naturais de origem climática (tornados, furacões, enchentes e a seca) são responsáveis por prejuízos socioeconômicos e perda de inúmeras vidas no mundo globalizado, sendo a seca o fenômeno de grande magnitude e que causa mais prejuízo à cadeia produtiva podendo inclusive comprometer a segurança hídrica de um país. Assim, objetivou-se verificar a ocorrência do fenômeno seca via Índice de Precipitação Padronizada (SPI) na escala de 12 meses e sua associação ao fenômeno El Niño Oscilação-Sul (ENOS) via Oceanic Niño Index (ONI), no estado do Acre. Os dados pluviométricos foram obtidos na Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) para o

período de 1980 a 2020. O controle de qualidade dos dados indicou que, das 21 estações pluviométricas distribuídas no estado do Acre, 57,14% (12 estações) apresentaram falhas superiores a 14,63%, sendo descartadas, e os menores registros de falhas em 42,86% das estações cujo valores situaram-se entre 4,27% ≤Falhas≤ e 14,63%. Com base na Análise de Cluster (CA), identificou-se o número de 4 grupos ideais sendo dois homogêneos G_1, G_2 e dois grupos não homogêneos NA, foi adotada a linha de corte de 27,00% da distância Euclidiana, em razão da formação dos grupos homogêneos e não homogêneos. Os grupos G_1 e G_2 concentram (11,1% e 33,3%) das estações pluviométricas, seguidos pelo (NA) com a maior concentração 55,6% das estações. O coeficiente de correlação cofenética se mostrou satisfatório. Os resultados da estatística descritiva indicam que as maiores médias anuais e desvio padrão ocorrem nos grupos G_2 e NA, e a menor média e maior desvio no grupo G_1. A distribuição temporal dos índices SPI-12 e ONI identificaram a ocorrência de eventos de seca e ENOS nas estações Marechal Thaumaturgo (G_1), Xapuri (G_2) e no município de Porto Walter (NA). As matrizes de interações (SPI versus El Niño), (SPI versus La Niña) e (SPI versus ENOS), mostram baixos valores dos coeficientes de correlação (r) e determinação (R^2) e baixo desempenho dos modelos de interações conforme os índices de Willmott (d) e confiança (IC). O melhor ajuste do modelo de regressão foi constatado pela interação entre SPI versus La Niña, na estação Marechal Thaumaturgo (G_1).

Palavras-chave: Índice Climático; Seca; Agrupamento; Qualidade; Falha.

Abstract: Natural climate phenomena (tornadoes, hurricanes, floods, and droughts) are responsible for socioeconomic losses and the loss of numerous lives in the globalized world, with drought being the phenomenon of greatest magnitude and causing the most damage to the production chain, potentially compromising the water security of a country. Thus, the aim of this study was to analyze the occurrence of drought via the Standardized Precipitation Index (SPI) on a 12-month scale and its association with the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) via the Oceanic Niño Index (ONI) in the state of Acre, Brazil. The rainfall data were obtained from the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA) for the period from 1980 to 2020. Data quality control indicated that, of the 21 rainfall stations distributed across the state of Acre, 57.14% (12 stations) had failures greater than 14.63% and were discarded, while the remaining 42.86% of the stations showed failure rates between 4.27% and 14.63%. Based on Cluster Analysis (CA), four ideal groups were identified, two homogeneous groups (G_1, G_2) and two non-homogeneous groups (NA). A cutoff distance of 27.00% for Euclidean distance was used due to the formation of both homogeneous and non-homogeneous groups. Groups G_1 and G_2 accounted for 11.11% and 33.33% of the rainfall stations, respectively, while the non-homogeneous group (NA) accounted for the largest concentration of stations at 55.60%. The coefficient of cophenetic correlation proved to be satisfactory. Descriptive statistics results indicate that the highest annual averages and standard deviations occurred in groups G_2 and NA, while group G_1 showed the lowest mean and highest deviation. The temporal distribution of SPI-12 and ONI indices identified drought and ENSO events at the Marechal Thaumaturgo (G_1) station, Xapuri (G_2), and the municipality of Porto Walter (NA). The interaction matrices (SPI vs. El Niño), (SPI vs. La Niña), and (SPI vs. ENSO) showed low values for the correlation coefficients (r) and determination (R^2), as well as low model performance based on Willmott's indices (d) and confidence (IC). The best regression model fit was observed in the interaction between SPI and La Niña at the Marechal Thaumaturgo (G_1) station.

Keywords: Climate Index; Drought; Clustering; Quality; Failure.

Resumen: Los fenómenos naturales de origen climático (tornados, huracanes, inundaciones y sequías) son responsables de prejuicios socioeconómicos y de la pérdida de innumerables vidas en el mundo globalizado, siendo el mayor fenómeno que puede causar aún más prejuicios. hidráulica de un país. Así, pretendemos verificar la ocurrencia del fenómeno de sequía a través del Índice

Mastered de Precipitación (SPI) en la e scala de 12 meses y su asociación con el fenómeno South Oscillating Child (SOY) a través del Oceanic Child Index (ONI). Los datos de precipitaciones se obtuvieron de la Agencia Nacional de Agua y Saneamiento (AN) para el período 1980 a 2020. El control de calidad de los datos indicó que, de 21 estaciones pluviométricas distribuidas en el estado de Acre (12, 17%, 5), el indicador falhas superiores al 14,63%, descartándose, y los registros menores de fallas en el 42,86% de las estaciones cuyos valores estuvieron entre el 4,27% ≤Fallas≤ y el 14,63%. Con base en el Análisis de Conglomerados (CA), se identificó el número de 4 conglomerados ideales como dos conglomerados G1 homogéneos, G2 y dos conglomerados NA no homogéneos, se adoptó una línea de corte del 27,00% de la distancia euclidiana, sobre la base de formar dos grupos homogéneos y no homogéneo. Los grupos G_1 y G_2 se concentran (11,11% y 33,33%) provenientes de estaciones pluviales, seguido por cabello (NA) con mayor concentración 55,60% de estaciones. El coeficiente de correlación cofenética resultó satisfactorio. Los resultados de las estadísticas descriptivas indican que la desviación media anual más alta de los padres se produce en los grupos G_2 y NA, y la desviación media más baja y más alta en el grupo G_1. La distribución temporal de dos índices SPI-12 y ONI identificó la ocurrencia de eventos de sequía y ENOS en las estaciones Marechal Thaumaturgo (G_1), Xapuri (G_2) y el municipio de Porto Walter (NA). Las matrices de interacción (SPI versus el Niño), (SPI versus la Niña) y (SPI versus ENOS), muestran valores bajos de los coeficientes de correlación (r) y determinación (R^2) y bajo desempeño de los dos modelos de interacción según a los índices Willmott (d) y confianza (IC). El mejor ajuste del modelo de regresión se encontró para la interacción entre SPI versus La Niña, en la estación Marechal Thaumaturgo (G_1).

Palabras clave: Índice Climático; Seco; Agrupamiento; Calidad; Falla.

Submetido em: 20/01/2024
Aceito para publicação em: 14/11/2024
Publicado em: 20/11/2024

1. INTRODUÇÃO

Entre os fenômenos climáticos naturais, a seca é a principal responsável pelos impactos negativos diretos sobre a agricultura, pecuária, pesca e aquicultura, apicultura, entre outros setores como o consumo de água potável, a geração de energia e o turismo. Ela causa danos irreparáveis de grande magnitude ao meio ambiente, ao agronegócio e à sociedade (MARENGO, 2008; BLAIN, 2011; MACHADO FILHO *et al.,* 2016).

O seu início, fim e duração são de difícil determinação, evidenciando a vulnerabilidade das populações atingidas por fenômenos climáticos e havendo a necessidade de monitoramento constante e eficiente para adoção de medidas eficazes de previsão e mitigação dos efeitos (TERASSI *et al.,* 2018; GOIS *et al.,* 2020). Todavia, não há na literatura um índice eficiente e adequado para determinadas situações, a depender do tipo de estudo e uso (SANTOS, 2008). É importante ressaltar que os índices de seca são estudados durante anos para a definição da seca, porém, como existe uma diversidade de índices, os mesmos podem proporcionar diferentes resultados quanto os impactos causados pela seca, em uma mesma região (OLIVEIRA JÚNIOR *et al.,* 2012).

A eficácia para investigar a seca e seus impactos inclui a identificação de começo e fim, ou duração do fenômeno além de índices estatísticos e climatológicos. Adicionalmente, os índices de severidade de seca possuem objetivo de caracterizar a intensidade, a duração e a frequência da seca em uma determinada região (HAO; AGHAKOUCHAK, 2013; GOIS *et al.*, 2013). O fenômeno da seca é avaliado em diversos países do mundo pelos seguintes índices: Standardized Precipitation Index - SPI (MCKEE *et al.*,1993), ~~o~~ Palmer Drought Severity Index - PDSI (PALMER, 1965), Índice de Precipitação Normalizada - IPN, Método dos Decis (MD) e Índice de Anomalia Chuva (HAO; AGHAKOUCHAK, 2013).

Esses índices têm sido amplamente empregados nas últimas décadas com o objetivo de auxiliar gestores, tomadores de decisão e produtores rurais (Blain *et al.*, 2010), em sistemas de monitoramento de secas extremas (SOUSA *et al*., 2021), e previsão de produtividade agrícola (Blain *et al.*, 2010; SOUSA *et al.*, 2021). Ademais, tais indices possibilitam a realização de planejamento eficiente da mitigação dos impactos efetivos da seca (Heim; Brewer, 2012).

Uma das principais aplicações dos índices de seca trata dos estudos que investigam as relações entre as anomalias de precipitação e os fenômenos atmosféricos de diferentes escalas. Por exemplo, os eventos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) causam perturbações na atmosfera em escala global e regional (SOUSA *et al.*, 2021), e alteram o transporte de umidade (CHECHI; SANCHES,

2013), fator que altera o regime de precipitação e temperatura em diferentes regiões do mundo (ROPELEWSKI. HALPERT, 1987).

Nas últimas décadas, a região Norte do Brasil vem sendo fortemente afetada, por eventos extremos, de secas ou chuvas, que estão associados à ocorrência do El Niño. Como exemplo citamos os que ocorreram em 1997 e 1998 (UVO *et al.*, 1998), e a seca de 2005 que assolou as partes oeste e sul dos rios e lagos da Bacia Amazônica, e impactou as atividades de transporte, pesca, agricultura, saúde e educação (MARENGO *et al.*, 2008). Esse último fenômeno chamou atenção mundial, causando aumento dos incêndios florestais, desmatamentos, variação no regime de chuvas, (DUARTE, 2005; MARENGO, 2007; SOUSA, 2020). Segundo Marengo *et al.* (2008), essa seca não estava associada a ocorrência do El Niño e sim às anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Tropical Norte. Outros eventos de seca ocorreram na região em 2010, apresentando associação com diversos eventos de El Niño, combinados com o aquecimento anômalo das águas do Oceano Atlântico Tropical Norte na primavera e verão boreal (ESPINOZA *et al.*, 2011).

Nos últimos anos, os incêndios florestais de grandes proporções provocaram perdas de vegetação, altas concentrações de aerossóis na atmosfera e destruição de fauna e flora da região Amazônica (SILVÉRIO *et al.*, 2019; SOUSA, 2020). Esses episódios ocorreram no estado do Acre (2005, 2010 e 2016), ocasiões em que as queimadas e a seca extrema atingiram 525 mil hectares de florestas. A seca está diretamente ligada às anomalias pluviométricas em diversas regiões do mundo. Estas externalidades negativas, relacionadas ao aumento de temperatura dos oceanos refletido nas mudanças na cobertura do solo, estão criando um círculo vicioso, com intensificação de ambos os fenômenos, uma vez que as mudanças no uso da terra intensificam as emissões de CO_2.

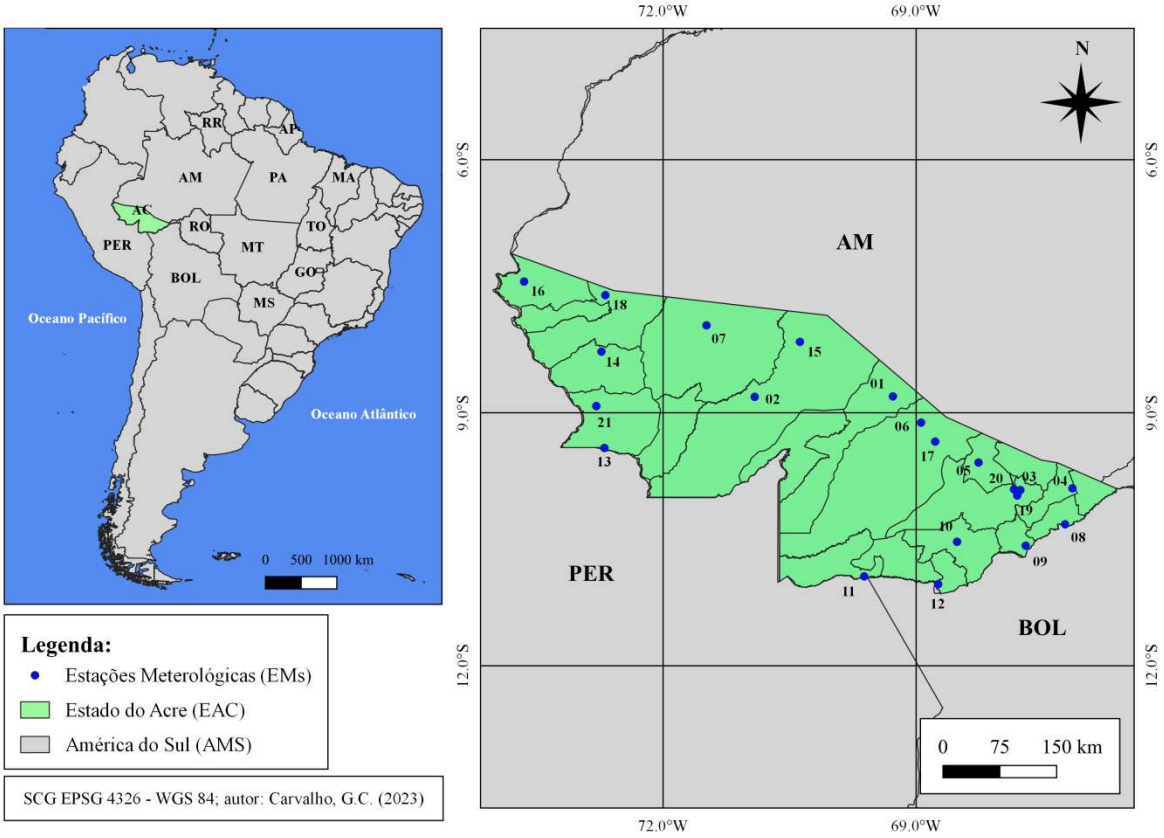
Nesse sentido, este estudo avalia as ocorrências de secas no estado do Acre (1980-2020), por meio do Índice de Precipitação Padronizada (escala de SPI-12 meses), e sua interação com o fenômeno El Niño e La Niña. A hipótese é de que existe relação entre o aumento ou redução da chuva, devido ao fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), nessa região. Este estudo está dividido em 5 seções, sendo a seção 1 a introdução, a seção 2, a apresentação o material e métodos. Na seção 3 apresentamos os resultados e discussão, e na seção 4, as conclusões do estudo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo e caracterização

Esta pesquisa abrange 21 estações meteorológicas distribuídas no estado do Acre (AC), cujas; as fronteiras são delimitadas com os estados brasileiros do Amazonas, Rondônia, Sul e com o Oeste do Peru, e o Sudeste da Bolívia (CUNNINGHAM *et al.,* 2017) (Figuras 1). O Acre possui 164.173,431 km² de área total, e equivale 4% do territorial amazônico e 2% do brasileiro (IBGE, 2021).

Figura 1 – Identificação (ID) das 21 estações pluviométricas no estado do Acre.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O clima predominante no estado é quente e muito úmido (tipo Am), na classificação climática de Köppen-Geiger (LESSA *et al.*, 2016). A pluviometria média anual gira em torno de 1866,72 mm, com estação chuvosa definida nos meses de outubro a abril, e chuva entre 160,41 mm.mes^{-1} a 245,50 mm.mes^{-1}. Maio é o mês de transição entre a estação chuvosa e a seca, e a estação seca se estende de junho a agosto, sendo setembro o mês de transição entre a estação seca e a chuvosa (DUARTE, 2006). Já a temperatura anual, esta varia entre

24,50 °C e 32,00 °C, com temperatura média mensal de 27,90 °C, mínimas de 24,00 °C (julho) e máximas de 31,90 °C (agosto) (DUARTE, 2006).

2.2. Delineamento do estudo

A intensificação do El Niño Oscilação Sul (ENOS) causam perturbações na atmosfera em escala global e altera o transporte de umidade. O El Niño e a La Niña são partes do fenômeno ENOS, e indicam que o oceano estará mais quente (El Niño) ou mais frio (La Niña). Quando mais quente, as secas se propagam e há redução do volume de chuvas, de geração de energia, resultando em baixa disponibilidade de água e aumento da ocorrência de incêndios florestais e desmatamentos.

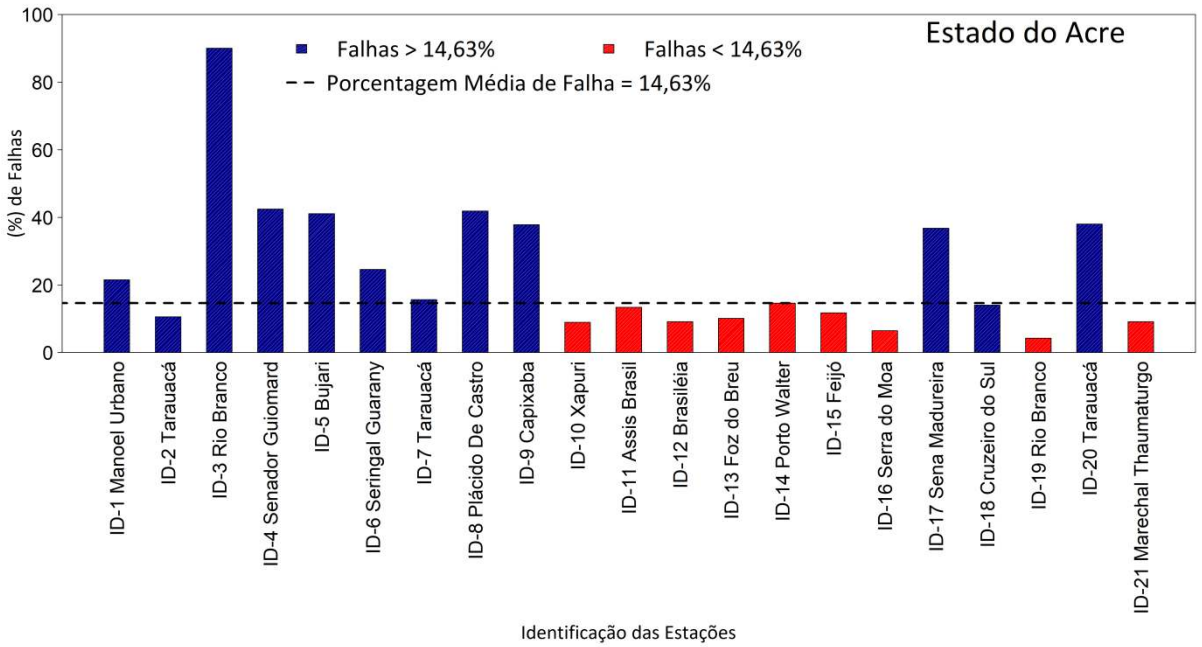
Nessa lógica, o presente estudo é de associação com interferência, uma vez que a ocorrência nas variações de chuvas ou secas estão dependentes de eventos extremos, a exemplo dos fenômenos El Niño e La Niña (VOLPATO, 2013; ELSTER, 1994). Em adição, os modelos SPI versus El Niño, SPI versus La Niña e SPI versus ENOS ocorrem nas estações dos grupos homogêneos e não homogêneos demonstrados na análise de agrupamento.

2.3. Procedimentos

Os dados pluviométricos utilizados foram oriundos do Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), de estações convencional e automática, e da antiga Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Voo (DEPV), atualmente Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Os dados foram organizados em planilha eletrônica com os acumulados totais de chuva diária de 21 estações do estado do Acre (AC) do período de 1980 a 2020.

A contabilização dos percentuais (%) de falhas das estações foi realizada via aplicação da função “mstats” do pacote “mtsdi”, no ambiente de software livre R. A partir desse controle, identificamos que 57,14% das estações (12) apresentaram falhas superiores a 14,63% e posteriormente foram descartadas. Os menores registros de falhas ocorreram em 42,86% estações. Estas foram às estações: Xapuri, Assis Brasil, Brasiléia, Foz do Breu, Porto Walter, Feijó, Serra do Moa, Rio Branco e Marechal Thaumaturgo, com valores entre 4,27 % e 14,63% (Figura 2).

Figura 2 – Identificação (ID) das 21 estações pluviométricas no estado do Acre, percentual de falhas (%).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O preenchimento das falhas dos dados foi realizado por meio da técnica de imputação de dados pelo método de predição por regressão linear, com a função "norm.predict" via aplicação do pacote "mice" no software R Core Team 2023. A escolha do método de imputação baseou-se na metodologia de Harrel (2001), Junninen *et al*. (2004) e Junger, (2008). Os percentuais (%) de dados ausentes devem seguir os seguintes critérios:

i) Percentual ≤ 0,05: A imputação única ou análise somente dos dados completos;

ii) Percentual entre 0,05 e 0,15: Uso da imputação múltipla;

iii) Percentual ≥ 0,15: A imputação múltipla é indicada na maior parte dos casos.

Foi adotado no presente estudo a técnica de imputação múltipla (percentual ≥ 0,15) aos dados pluviométricos (Lopes *et al*., 2022).

2.4. Estatística Descritiva e Multivariada

A técnica de Análise de *Cluster* (CA) aplicada à série temporal pluviométrica tem como finalidade de separar os objetos em grupos (estações). Os dados pluviométricos das 9 estações pertencentes aos grupos G_1, G_2 e NA, foram definidos, onde o grupo G_1 é constituído de apenas uma estação homogênea de Marechal Thaumaturgo, o grupo G_2 pelas

estações homogêneas de Assis Brasil, Xapuri e Brasiléia e grupo NA pelas estações não homogêneas de Serra do Moa, Porto Walter, Feijó, Foz do Breu e Rio Branco. Posteriormente foram determinadas as medidas de tendência central: média($\bar{x}$), mediana ($\bar{x}$d), e de dispersão: Valor Máximo (Vmáx), Valor mínimo (Vmín), Desvio Padrão (Dp), Coeficiente de Variação Amostral (CV), Primeiro Quantil (Q_1), Terceiro Quantil (Q_3), Amplitude Interquartílica (AIQ) e multivariada por meio da Análise de *Cluster* (CA).

Sendo determinado posteriormente os respectivos números de grupos e construído o dendrograma das 9 estações pluviométricas selecionadas no estado do Acre (Figura 3), com base na soma do quadrado dos grupos homogêneo, e por meio da medida de dissimilaridade e distância Euclidiana (BRITO *et al.*, 2016).

A distância Euclidiana foi obtida pela Equação (1):

$$d_e = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(P_{p,j} - P_{k,j}\right)^2} \quad (1)$$

Em que, d_e é a distância euclidiana; e $P_{p,j}$ e $P_{k,j}$ são as variáveis quantitativas j dos indivíduos p e k.

O grau de ajuste do Método de *Average Linkage* foi avaliado por meio do coeficiente de correlação cofenético (CCC). Esse coeficiente mede a associação entre a matriz de dissimilaridade (matriz fenética F), e a matriz resultante da simplificação proporcionada pelo método de agrupamento (matriz cofenética C).

O CCC teve como referencial o coeficiente de correlação de Pearson (r), e o cálculo entre a matriz de dissimilaridade e a matriz do processo de agrupamento. Especificamente, quanto maior o valor de r, menor a distorção. Os dendrogramas com CCC < 0.7 indicaram a não efetividade da técnica CA. O CCC foi definido pela Equação (2):

$$CCC = r_{cof} = \frac{\sum_{j=1}^{n-1}\sum_{j=j+1}^{n}(c_{jj}-\bar{c})(f_{jj}-\bar{f})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n-1}\sum_{j=j+1}^{n}(c_{jj}-\bar{c})^2}\sqrt{\sum_{j=1}^{n-1}\sum_{j=j+1}^{n}(f_{jj}-\bar{f})^2}} \quad (2)$$

Em que, $\bar{c}$ e $\bar{f}$ são as médias aritméticas, definidas pelas Equações (3) e (4):

$$\bar{c} = \frac{\sum_{j=1}^{n} c_i}{n} \quad (3) \qquad \bar{f} = \frac{\sum_{j=1}^{n} f_i}{n} \quad (4)$$

Em que, CCC = coeficiente de correlação cofenético, C = matriz cofenética e $\bar{C}$ = média da matriz cofenética e f = matriz fenética e $\bar{f}$ = média da matriz fenética, n = número de elementos.

2.5. Índice de Precipitação Padronizada (SPI)

O Índice de Precipitação Padronizada (SPI) quantifica o déficit ou o excesso de precipitação em diferentes escalas de tempo (McKee, 1993).

O SPI é conhecido pela sua simplicidade de cálculo e capacidade de identificar eventos secos e úmidos em diferentes escalas temporais (3, 6, 9 e 12 meses), possibilitando o monitoramento da dinâmica desses eventos, incluindo seu desenvolvimento e declínio (SANTOS *et al*.; 2014; SANTOS *et al*.; 2017).

No presente estudo foi utilizado o SPI na escala de 12 meses, para identificar a ocorrência do fenômeno seca no estado do acre (AC) em relação ao fenômeno ENOS, sendo a distribuição Gama de dois parâmetros alfa (α) e beta (β) aplicada para estimar a probabilidade de ocorrência de seca. A distribuição Gama é definida para uma variável aleatória contínua positiva x pela função de densidade de probabilidade (Equação 5).

$$g(x) = \frac{1}{\beta}\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \frac{exp\left(-\frac{x}{\beta}\right)}{\Gamma(\alpha)} \quad (5)$$

Em que, α = parâmetro de forma, α > 0 (adimensional; β = parâmetro de escala, β > 0 Γ(α) = função Gama de α (adimensional).

O cálculo do SPI inicia-se com a determinação da probabilidade de distribuição de frequência de precipitação, a qual é calculada por meio da distribuição gama incompleta equação (5). A função normal inversa (Gaussiana) é aplicada a essa probabilidade conforme a equação (6). O resultado é o índice SPI. O evento seca começa quando o SPI torna-se negativo e atinge o valor de -1 e termina quando volta a apresentar valores positivos (Tabela 1).

$$z_i = SPI = \frac{p_a - P_m}{\sigma} \quad (6)$$

Em que: P_a = Chuva acumulada no período; P_m = Chuva média do período em questão; σ = Desvio padrão da série histórica de chuva na escala em estudo.

Tabela 1 – Classificação dos períodos secos e úmidos do SPI, (McKee, 1993).

SPI	Categoria	SPI	Categoria
≥ 2,00	Extremamente Úmido	-1,00 a -1,49	Moderadamente Seco
1,5 a 1,99	Muito Úmido	-1,50 a -1,99	Muito Seco
1,00 a 1,49	Moderadamente Úmido	≤ -2,00	Extremamente Seco
-0,99 a 0,99	Próximo ao Normal		

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

2.6. Intensidade do Fenômeno ENOS

A identificação dos eventos de El Niño (fase quente), La Niña (fase fria) e Neutralidade foram realizadas via Oceanic Niño Index (ONI) (HUANG *et al.* 2017). As condições de El Niño (fase positiva) estiveram presentes no ONI, quando houve igualdade ou maior 0.5 °C, por 5 trimestres consecutivos. As condições de La Niña (fase negativa) estiveram presentes quando o ONI foi igual ou menor do que -0,5 °C, por 5 trimestres consecutivos. A condição de Neutralidade ocorreu quando a TSM se encontrava em torno da média histórica (GOIS *et al.,* 2023).

2.7. Matriz de interação entre o SPI e o ENOS

Para a avaliação do desempenho entre o SPI e os eventos de ENOS foi criada três matrizes de interações dos modelos (SPI versus El Niño); (SPI versus La Niña) e a matriz (SPI versus ENOS) com os eventos de El Niño e La Niña juntos, avaliadas pelos coeficientes de correlação de Pearson – (r), de determinação de R^2, e dos índices de concordância de Willmott (d) e confiança (c) (CAMARGO E SENTELHAS, 1997), e os Erro Padrão da Estimativa (EPE) e Raiz Quadrada do Erro Médio (RMSE) (TERASSI *et al.,* 2018).

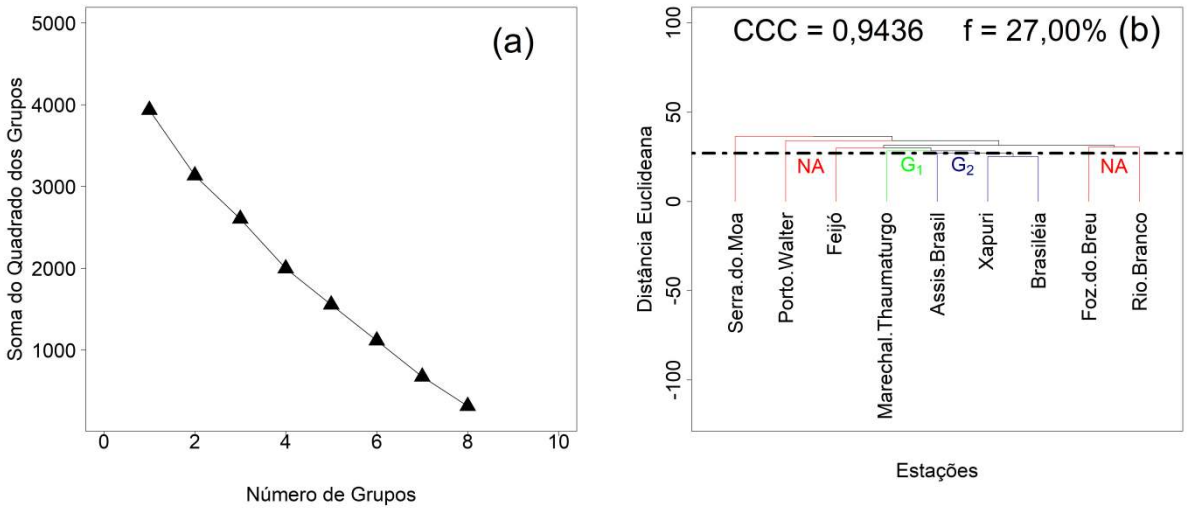
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise multivariada e a precipitação pluviométrica

Na Figura 3 os resultados da soma dos quadrados dos grupos via Análise de *Cluster* (CA), identificou o número de 4 grupos ideais para a formação do dendrograma. Os resultados mostram que de acordo com a linha de corte (linha de fenon) a 27,00% da

distância Euclidiana foram formados dois grupos homogêneos G_1 com 1 estação e G_2 constituído de 3 estações e um grupo não homogêneo NA com 5 estações.

Figura 3 – Identificação do número de grupos homogêneos (em a) e dendrograma do método de ligação média para os grupos G_1, G_2 e NA no estado do Acre (em b).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O grupo G_1, representa 11,11% das estações pluviométricas (Marechal Thaumaturgo), o grupo G_2, 33,33% (Assis Brasil, Xapuri e Brasiléia), e o grupo NA não homogêneo (Serra do Moa, Porto Walter, Feijó, Foz do Breu e Rio Branco) 55,6% das estações pluviométricas. O coeficiente de correlação cofenética (CCC) obtido foi de (0,9441) superior ao adotado na literatura (CCC ≤ 0,7), indicando um ajuste satisfatório dos dados pluviométricos ao método de ligação média.

Os estudos de Santos et al., 2013 sobre a variabilidade climática de regiões pluviométrica na Amazônia Ocidental, mostrar que a distribuição de chuvas em toda a Amazônia Ocidental, veem decrescendo nos extremos sul e norte, sugere a identificação de regiões homogêneas quanto ao regime pluvial.

Os autores informam que com base na técnica de análise de agrupamento identificaram três regiões homogêneas ou grupos denominados de R1, R2 e R3, a partir do método hierárquico aglomerativo de Ward para 19 estações metorologicas.

Onde a região R1 ou (grupo 1) encontram-se 47,37% das estações pluviométricas localizadas na parte extremo noroeste, seguida pela R2 (grupo 2) que corresponde a 42,11% das estações localizadas no extremo sul dos estados do Acre e Amazonas. E a região R3 ou

(grupo 3) com 10,53% das estações homogêneas que abrange o estado de Roraima. Porém, os autores observaram um padrão claro na distribuição da chuva, com uma orientação no sentido norte-sul das regiões homogêneas o que pode indicar a influência da topografia, de sistemas frontais e da migração sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) na formação de regiões homogêneas sobre a distribuição da chuva na Amazônia Ocidental.

Os maiores totais pluviométricos mensais observados, encontram-se na parte noroeste da Amazônia Ocidental na região R1 nas seguintes localidades Iauaretê e São Gabriel da Cachoeira (Uaupés), na parte central da Amazonas, em torno de 5°S e na parte leste do estado do Amazonas. Os altos valores de chuva que ocorrem a noroeste da região estão associados à condensação do ar úmido trazido pelos ventos de leste da ZCIT, que são elevados quando o escoamento sobe os Andes provocando chuvas orográficas. A precipitação na região R2 (grupo 2) observada no extremo sul da Amazônia Ocidental sofre influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e ZCIT. Ressalta-se que no verão/outono do Hemisfério Sul (HS) a ZCIT está mais presente na parte central da Amazônia ao sul do equador, enquanto no inverno do HS a ZCIT é atuante no norte da região Amazônica, e na primavera, a ZCIT, em geral, não se encontra sobre a Amazônia.

A região R3 que se encontra no extremo norte, os totais pluviométricos mensais são influenciados pela topografia.

Estudos mostram que o posicionamento de uma região a sotavento ou a barlavento na cordilheira induz respectivamente formação de índices baixos e altos de variações e provavelmente contribui com a ocorrência de maior índice pluviométrico para as localidades que se encontram a noroeste da região norte. Como afirmado por Souza (2019), 'as variações orográficas desempenham um papel crucial na modulação dos padrões pluviométricos, sendo que regiões do sotavento experimentam tensões reduzidas, enquanto áreas do barlavento tendem a apresentar Os maiores totais pluviométricos médios mensais no R1 foram distribuídos nos meses de dezembro a maio, na R2 os menores totais pluviométricos concentrados nos meses de junho, julho e agosto e na R3 os maiores totais pluviométricos concentrados.

3.2. Estatísticas descritivas aplicadas à série pluviométrica

A análise descritiva dos parâmetros estatísticos dos dados pluviométricos (Tabela 2) indica que os grupos G_2 e NA apresentam as maiores médias anuais ($\overline{x}$) e os menores Desvio Padrão (Dp) com chuva de 1386,48 ± 339,13 mm e 1792,53 ± 406,87 mm, e a menor $\overline{x}$ e o maior Dp no grupo G_1 de 1229,16 ± 437,98 mm.

Tabela 2 – Parâmetros estatísticos dos dados pluviométricos acumulados anuais (mm ano^{-1}) dos grupos homogêneos G_1, G_2 e não homogêneo NA, média = $\overline{x}$, mediana = $\overline{x}$d, Valor Máximo = Vmáx, Valor mínimo = Vmín, Desvio Padrão = Dp, Coeficiente de Variação Amostral = CV, Primeiro Quantil = Q_1, Terceiro Quantil = Q_3, Amplitude Interquartílica = AIQ no estado do Acre - AC, no período de 1980-2020.

Grupos	Estações	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	D_P	CV	Q_1	Q_3	AIQ
		(mm ano^{-1})					(%)	(mm ano^{-1})		
G_1	Marechal Thaumaturgo	1229,16	1208,20	426,70	2263,20	437,98	35,63	969,60	1497,72	528,12
G_2	Assis Brasil	1362,22	1258,30	639,36	2436,64	406,96	29,87	1133,32	1636,20	502,88
G_2	Xapuri	1481,27	1452,78	783,10	2052,20	336,90	22,74	1263,37	1713,19	449,82
G_2	Brasiléia	1315,96	1285,80	854,88	1885,50	273,58	20,79	1104,75	1439,65	334,90
NA	Serra do Moa	2019,06	2030,00	1164,00	2819,70	425,42	21,07	1771,10	2271,14	500,04
NA	Porto Walter	2039,52	1969,30	1017,80	2912,16	424,15	20,80	1742,32	2363,50	621,18
NA	Feijó	1545,78	1451,62	595,00	2986,80	516,28	33,40	1163,92	1922,10	758,18
NA	Foz do Breu	1658,91	1658,60	866,14	2496,20	392,81	23,68	1366,50	1902,00	535,50
NA	Rio Branco	2019,89	2012,00	1619,00	2794,00	276,42	13,69	1785,00	2207,00	422,00

Grupos	G_1	G_2	NA
	(mm ano^{-1})		
Média Anual	1229,16	1386,48	1856,63
D_P	437,98	339,15	406,87
% de Estações	11,11	33,33	55,56

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Das 5 estações do grupo não homogêneo NA, a Serra do Moa (2019,06 ± 425,42 mm), Porto Walter (2039,52 ± 424,15 mm) e Rio Branco (2019,89 ± 276,42 mm) apresentaram chuva anual superior > 2000 mm e Dp < 500 mm. As medianas foram ($\overline{x}_d$) de 1969,30 mm a 2030,00 mm, e valores mínimos de Vmín = 1164,00 mm, 1017,80 mm e 1619,00 mm, máximos Vmáx = 2819,70 mm, 2912,16 mm e 2794,00 mm. Contudo, no grupo NA, as estações de Feijó (1545,78 ± 516,28 mm) e Foz do Breu (1658,91 ± 392,81 mm) apresentaram chuvas < 2000 mm (Tabela 2).

Nos grupos G_1 e G_2 foram identificadas chuvas < 2000 mm, com especificidade as estações de Marechal Thaumaturgo (1229,16 ± 437,98 mm), Assis Brasil (1362,22 ± 406,96 mm), Xapuri (1481.27 ± 336.9 mm), Brasiléia (1315,96 ±273,58 mm).

Das três estações do grupo G_2, duas apresentaram Chuvas < 1400 mm e desvio padrão < 500 mm, a exemplo de Assis Brasil (1362,2 ± 407,0 mm) e Brasiléia (1316,0 ± 273,6 mm). Porém, a chuva superior a 1400 mm e desvio padrão > 500 mm foi registrada na estação de Feijó (1545,8 ± 516,3 mm). As estações de Serra do Moa, Porto Walter, Feijó, Foz do Breu e Rio Branco apresentam valores máximos (2819,70 mm, 2912,16 mm, 2986,80 mm, 2496,20 mm e 2794,00 mm) (Tabela 2).

Uma a alta dispersão das chuvas nas estações pluviométricas pertencentes aos grupos G_1, G_2 e NA foi superior a 17%, com base no coeficiente de variação amostral (CV). A estação de Marechal Thaumaturgo apresentou valor máximo de Vmáx = 2263,2 mm ano^{-1} e CV de 35,6%. As estações de Assis Brasil, Xapuri e Brasiléia apresentam CV entre 20,79% e 29,87%, e valores máximos entre 1885,5 a 2436,6 mm. As estações de Serra do Moa, Porto Walter, Feijó e Foz do Breu indicaram CV entre 20,8% a 33,4%, e os maiores valores máximos de chuva.

Porém entre todas as estações, Rio Branco apresenta a menor dispersão entre os dados pluviométricos (CV de 16,2%). Os quantis foram superiores em Q_1, inferiores em Q_3, e Amplitude Interquartílica AIQ. Os valores se comportaram altos entre Q_1 (969,6 mm) e Q_3 (1497,7 mm), e AIQ (528,1 mm). A estação de Xapuri apresentou os maiores Q_1 (1263,4 mm), Q_3 (1713,2 mm) e AIQ (449,8 mm) (Tabela 2).

Similarmente, foi observado no grupo NA, valores de Q_1 e Q_3 nas estações: Serra do Moa (Q_1 = 1771,1 mm, Q_3 = 2271,1 mm, e AIQ = 500,0 mm); Porto Walter (Q_1 = 1742,3 mm, Q_3 = 2363,5 mm, e AIQ = 621,2 mm); Foz do Breu (Q_1 = 1366,5 mm, Q_3 = 1902,0 mm, e AIQ de 535,5 mm); e Rio Branco (Q_1 = 1785,00, Q_3 = 2207,00 mm, e AIQ = 422,00 mm).

Gois et al. (2023) observaram que a distribuição interanual das chuvas médias acumuladas anuais (CMAA) no município de Rio Branco – AC para a série temporal de 1980 a 2020 mostrou que os menores volume pluviométricos de CMAA foram registrados em 23 anos consecutivos, (56,10 % dos anos com CMAA < 1699,38 mm), destaque para os anos de 1980 a 1983, 1987, e 1990 a 1998, e 2000, 2005 a 2007, 2010, 2011,2015, 2016, 2017 e 2020. Porém, os autores, ainda encontraram em Rio Branco-AC, CMAA > 1699,38 mm, em 18

anos (43,09% dos anos) com destaque para as décadas de 1980, 1990, 2000, 2010 e 2020. Em relação ao Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e o Oceanic Niño Index (ONI), o município, apresentam anomalias negativas de chuvas, em 39,13% dos anos (1984, 1988, 1989,1999, 2001, 2002, 2003, 2008 e 2009), e Umidade Baixa (9 anos), (1,99 >IAC > 0,00), com destaque para os anos de 1984 (1843,9 mm e La Niña Fraca), 1988 (1926,1 mm e La Niña Forte), 2002 (1819,9 mm e El Niño Moderado), 2008 (1841,4 mm e La Niña Fraca) e 2009 (1911,1 mm e El Niño Moderado).

A distribuição temporal das CMAA no grupo G_1 (Figura 4), representado pela estação de Marechal Thaumaturgo mostrou que 43,9% dos anos (18 anos) apresentaram CMAA > 1229,16 mm. Esses resultados foram significativos para as décadas de 1980 (5 anos – 27,78%), 1982 (1878,60 mm), 1984 (1986,90 mm), 1986 (2263,20 mm). Na década de 1990, a chuva foi superior a 1229,16 mm; a década de 2000 mostrou o maior volume pluviométrico (2016,70 mm); seguido pela década de 2010, os maiores volume registrados foram nos anos de 2011 (1704,10 mm), 2019 (1741,50 mm) e 2020 (1348,10 mm).

Todavia, dos 23 anos estudados, 56,10% apresentam CMAA < 1229,16 mm. Na década de 1980 (5 anos - 21,74%), as chuvas ficaram abaixo da CMAA nos anos de 1980, 1981, 1983, 1987 e 1989. Na década de 1990 com (9 anos – 39,13%), as chuvas foram inferiores a CMAA, no entanto, os anos de 1992 (533,30 mm), 1995 (426,70 mm) e 2000 registraram (7 anos – 30,43%) chuvas inferiores CMAA. Em 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 e 2008, o destaque foi para o ano de 2005 (441,30 mm), em razão da intensa seca na região sudoeste da Amazônica, causaram a destruição 300.000 hectares de florestas (BROWN *et al.,* 2006), somente no estado do Acre, mais de 2800 km^2 de florestas e aproximadamente 3700 km^2 de áreas produtivas impactadas por queimadas e incêndios florestais intensos no período da grande seca de 2005 sobre o leste do estado do Acre (BROWN *et al.,* 2006; ARAGÃO *et al.,* 2007; PHILLIPS *et al.,* 2009; LEWIS *et al.,* 2010; CUNNIGHAM *et al.,* 2017).

Segundo (Franca; Mendonça, 2016) a variabilidade da pluviosidade na região amazônica recebe influencia direta dos oceanos Atlântico e Pacífico, a exemplo do que ocorreu nos anos de 2005 e 2010, quando secas tiveram sua gênese relacionada ao aquecimento das águas superficiais do Atlântico Tropical Norte.

Em adição, ao fenômeno ENOS responsável pela variabilidade climática interanual que mais provoca anomalias da circulação atmosférica de chuvas excessivas no sul do Brasil, norte da Argentina e Uruguai durante a primavera e verão. Nas regiões dos trópicos, o ENOS ocorre por meio de alterações nas células de Walker, Hadley e nos extratrópicos, via trens de onda de Rossby (ZHOU; LAU, 2001; NOGUÉS-PAEGLE *et al*., 2002; GRIMM *et al*., 2000; SILVA *et al*., 2009; SILVA; AMBRIZZI, 2010; SILVA *et al*., 2011; VIEGAS *et al*., 2019).

A precipitação pluviométrica é um elemento essencial à vida e a classificação climática das regiões tropicais. Entretanto, sua variabilidade está associada a outros elementos do clima (temperatura, vento, umidade, radiação solar), de modo a causar oscilações de natureza ambiental (escassez) e econômica (MARENGO; SILVA DIAS, 2006). Por exemplo, a variabilidade das chuvas na cidade de Rio Branco (AC) apresentou tendência positiva, com uma diminuição expressiva nos anos 1970, e pico próximo a 5,6 mm/dia, na década de 1990 (DUARTE, 2006).

A distribuição temporal das CMAA (Figura 4) no grupo não homogêneo, nas estações de Porto Walter, Feijó, Foz do Breu, Serra do Moa e Rio Branco (1980 a 2020) mostrou que 46,34% dos anos (19 anos) apresentam CMAA > 1792,53 mm. A série mais chuvosa foi para os anos de 1986 (2131,56 mm), 1988 (2071,42 mm), 1989 (2010,90 mm), 1990 (2044,05 mm), 1994 (2152,64 mm), 1999 (2046,98 mm) e 2015 (2105,31 mm). Porém, CMAA < 1792,53 mm em 53,66% (22 anos). Na série temporal, os anos 2007 (1356,02) e 2010 (1384,96) se destacaram.

Esses resultados corroboram com os estudos de Silva et al. (2013) sobre a “Influência dos fenômenos El Niño e La Niña nas precipitações do Acre”. Indicando que as secas associadas ao El Niño tendem a ser mais intensas no Acre em comparação com outras regiões da Amazônia, devido à localização geográfica e aos padrões atmosféricos que influenciam a região. Além de alterações nas estações de chuvosa e seca (Schöngart; Junk, 2021; Lopes et al., 2021).

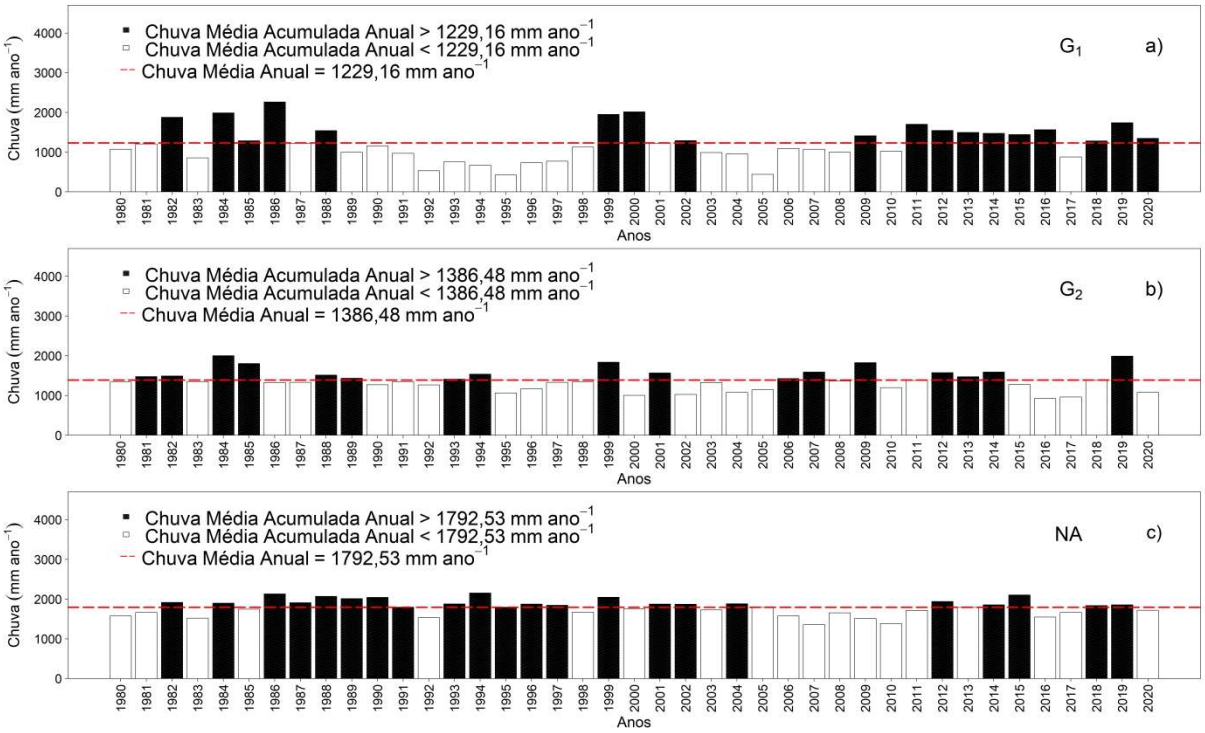
Para SANTOS *et al.* (2016) a variabilidade climática das chuvas no estado do Acre tem sido tema de diversos estudos científicos, dado o impacto direto que a distribuição e a intensidade das chuvas apresentam sobre a agricultura, o abastecimento de água e os ecossistemas locais. A região amazônica, onde o Acre está inserido, é marcada por um clima tropical úmido, com uma estação chuvosa e uma estação seca bem definida. No entanto, a

variabilidade climática e as manifestações globais, como El Niño e La Niña, têm mostrado influências significativas sobre os padrões de ocorrência no estado. As chuvas totais anuais se apresentam acima do limite superior do desvio padrão da série histórica, ao passo de proporcionar grande volume pluviométrico nos anos de 1982, 1986, 1997, 1998 e 2009 (El Niño), e influência negativa de temperatura do Oceano Pacífico (La Niña) nos anos 1988, 1989 e 1999 (SOUSA *et al.,* 2021).

Segundo Lima *et al.,* 2022 a distribuição espaço-temporal da estação chuvosa na região Amazônica é fortemente influenciada pelos padrões oceano-atmosfera, associados ao ciclo do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) sobre o Oceano Pacífico e as fases do gradiente meridional inter-hemisférico de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) sobre o Oceano Atlântico intertropical (NOBRE; SHUKLA, 1996; SOUZA *et al.,* 2000).

Onde o ciclo anual da precipitação na América do Sul tropical, que inclui o estado do Acre, apresenta características bem definidas nas estações seca e úmida (SILVA; KOUSKY, 2012; SILVA; REBOITA, 2013; REBOITA *et al.,* 2015). Nessa região, grande parte da precipitação pluviométrica é oriunda da intensa atividade convectiva sobre o continente.

Figura 4 – Distribuição das chuvas médias acumuladas anuais nos grupos não homogêneos (NA) (em a), e homogêneos (G_1 e G_2) (em b, c) no Acre para o período de 1980 a 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

3.3. Índice de Precipitação Padronizada (SPI) verso ENOS

A partir da técnica de agrupamento foram escolhidas as estações pluviométricas de Marechal Thaumaturgo (G_1), Xapuri (G_2) e Porto Walter (NA), pertencentes aos grupos homogêneos (G_1 e G_2) e não homogêneo (NA) (Figura 5). E comparadas com as distribuições temporais do Índice de Precipitação Padronizada - SPI, na escala de 12 meses e Oceanic Niño Index (ONI), no estado do Acre (Figuras 5, 6 e 7).

A distribuição temporal do SPI-12 meses e Oceanic Niño Index (ONI) da National Oceanic and Atmospheric Administration (Figura 5) nos mostrou que a estação de Marechal Thaumaturgo (Figura 3) nas décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010 (NOAA, 2023) (HUANG et al., 2017), no grupo homogêneo (G_1) registrou 34 eventos de seca 11,76% (4 anos) classificados como de intensidade moderadamente seco, em 1993 (Neutralidade), 1994 (El Niño Fraco), 1996 (La Niña Fraca) e 1997 (El Niño Muito Forte) e CMAA entre 669,88 mm a 773,50 mm. Porém, episódios de intensidade Muito Seca (2,94% dos anos) foram registrados em 1992, com CMAA de 533,30 mm abaixo da CMAA < 1229,16 mm (El Niño Muito Forte). E ainda, foram registrados 2 anos de seca extrema (5,88% dos anos) em 1995 (SPI = -2,32) de (La Niña Fraca) e 2005 (SPI = - 2,26) de (El Niño Fraca), na estação de Marechal Thaumaturgo (Figura 3).

Constatamos eventos Próximos a Normalidade para o SPI = 12, no município de Marechal Thaumaturgo (Grupo G_1) (65,85%, 27 anos). Na década de 1980, o CMAA foi < 1229,16 mm, em 7 anos (17,50%). De acordo com Oceanic Niño Index (ONI), o El Niño Moderado e Muito Forte, e La Niña Muito Forte, destaque para os anos de 1983 (El Niño Muito Forte) e 1989 (La Niña Muito Forte) com CMAA < 1229,16 mm, e os anos de 1985 e 1988 (La Niña Muito Forte) com CMAAs entre 1286,50 mm e 1543,00 mm, seguidos pela década 1990 com 9 anos (21,95%) com CMAA < 1229,16 mm e 1990 e 1993 anos de (Neutralidade), em 1991, 1992, 1994 e 1997 (El Niño Muito Forte), 1995 e 1996 (La Niña Fraca) e 1998 (La Niña Muito Forte).

Para a década de 2000, observamos um total de 8 anos (19,51% dos episódios Próximo ao Normal), com destaque para os de 2000 com (2016,70 mm e La Niña Moderada), 2002 (1289,70 mm e El Niño Muito Forte) e 2009 (1410,90 mm e El Niño Muito Forte) com CMAA > 1229,16 mm. Porém, CMAAs < 1229,16 mm foram registradas (em 7 anos - 17,07%),

2001 (1217,40 mm e La Niña Moderada), 2003 (988,22 mm e El Niño Forte), 2004 (960.68 mm e El Niño Muito Forte) anos próximo ao normal, e destaque para 2005 ano classificado com extremamente seco com 441,30 mm de chuva e (El Niño Fraco), 2006 (El Niño Muito Forte), 2007 e 2008 (La Niña Muito Forte) e Próximo ao Normal.

A década de 2010 mostrou que 21,95% dos anos (9 anos) apresentam SPI = 12 (classificados como PN), intervalo de -0,99 a +0,99. Porém, CMAA < 1229,16 mm forma registradas nos anos de 2010 (1023,40 mm) e 2017 (878,10 mm), anos classificados como de La Niña Muito Forte; eventos de CMAA > 1229,16 mm foram registrados em 2012 (La Niña Muito Forte), 2013 (Neutralidade), 2014 (El Niño Forte), 2015 e 2016 (El Niña Muito Forte) e 2018 e 2020 La Niña Muito Forte.

Os resultados de 1997 e 1998 foram fortemente impactados pela presença de eventos de ENOS em todo o mundo (McPHADEN, 1999; KAYANO *et al.,* 2016). Esses eventos tiveram desenvolvimento rápido e redução abrupto. No entanto, nas três décadas de estudos, os eventos de La Niña (1998 a 2001) apresentam longa duração. Outros eventos de El Niño Fraco e Moderado foram registrados 1986-1987 e de 2002 a 2003, caracterizados com anomalias positivas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) (Pacífico Equatorial Central, Junho, Julho e Agosto).

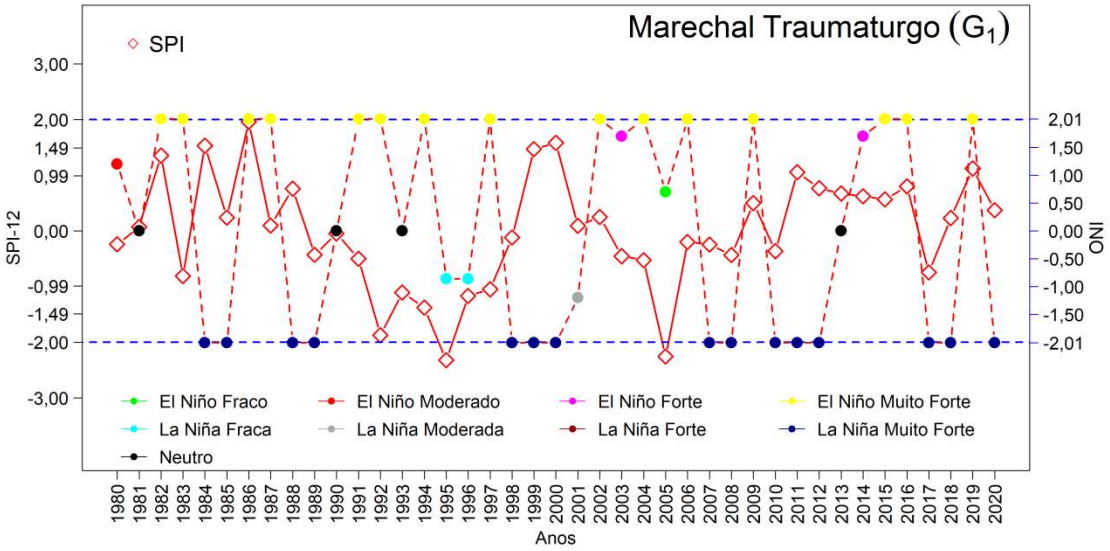
Estas anomalias intensificaram-se e permaneceram nesta área em Setembro, Outubro e Novembro (0). Em sua fase madura (Dezembro, Janeiro e Fevereiro (+1), as anomalias positivas máximas permaneceram no Pacífico central equatorial, ao passo de ocorrer acoplamento na costa oeste da América do Sul (KAYANO et al., 2016).

Neste contexto, as secas ocorridas em 1995, 1998, 2005 e 2010 na Região Norte do Brasil (alto Solimões) apresentaram maior intensidade nos anos de 2005 e 2010. A seca de 1998 (forte El Niño juntamente com a Oscilação Multidecadal do Atlântico - AMO positivo) e 2005 (AMO) ocorreu devido as anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e do Atlântico (ARAGÃO et al., 2007; MARENGO et al., 2008; MOLINIER et al., 2009; YOON et al., 2010; ESPINOZA et al., 2011).

Quanto aos episódios úmidos, identificamos no SPI-12 meses 7 episódios, especificamente nas décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010. Destes, 4 (9,76%) foram classificados moderamente úmido, e 3 (7,32%) Muito Úmido. Os anos equivalentes foram

1982 (El Niño Muito Forte), 1999, 2011 e 2019 (La Niña Muito Forte), com CMAAs entre 1704,10 mm e 1949,20 mm (Figuras 5).

Figura 5 – Distribuição do SPI-12 e Oceanic Niño Index (ONI), para a estação Marechal Thaumaturgo no Grupo (G1), no período de 1980 a 2020, no estado do Acre (AC).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os eventos de El Niño Oscilação Sul (ENOS) causam perturbações na atmosférica em escala global e regional, além de alterações no transporte de umidade (CHECHI; SANCHES, 2013; SOUSA *et al.,* 2021). O ENOS é formado por variações nos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), Ventos Alísios do Oceano Pacífico Equatorial, respectivamente nas porções leste e oeste (Kayano *et al.,* 2016).

Ademais, a relação direta entre as atividades dos ENOS (Oceano Pacífico) e as anomalias no clima ocorrem nas regiões da América do Sul, Central, Norte, Norte e Nordeste da Austrália, Sul da África e Índia (ROPELEWSKI; HALPERT, 1987). No Brasil, os eventos de ENOS têm afetado principalmente o clima das regiões Sul, Norte, Nordeste e Leste da Amazônia (GRIMM et al., 2000).

Os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins sofrem com as alterações significativas das chuvas devido ao ENOS, durante os episódios de La Niña (1998-2001) (KILADIS, DIAZ, 1989; KAYANO *et al.,* 2016). Nesse sentido, a distribuição temporal do índice de precipitação padronizada SPI-12 meses e Oceanic Niño Index (ONI), para a estação de Xapuri inserida no grupo (G_2) (Figura 8), nos mostrou um total de 6

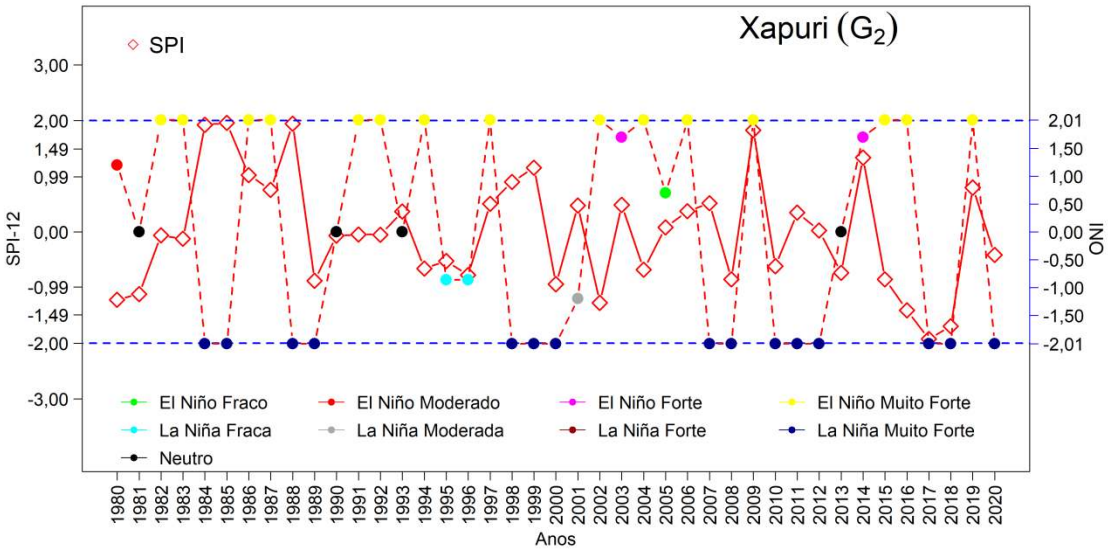
episódios de seca nas décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010. Onde 11,8% dos episódios (4) são classificados como de intensidade Moderadamente Seco nos anos de 1980 (El Niño Moderado), 1981 (Neutralidade), 2002 e 2016 (El Niño Muito Forte) com CMAA entre 783,10 mm a 1876,69 mm, seguidos de 2 episódios (5,9% do total de anos) de intensidade Muito Seco nos respectivos anos de 2017 e 2018 com CMAAs entre 1136,91 mm e 1703,30 mm conforme os índices SPI e ONI classificam os anos como La Niña Muito Fraca. Porém, ressaltamos ausência episódios de seca extrema em Xapuri (G_2) nas décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010.

Em relação à ocorrência de episódios Próximo ao Normal (PN) em Xapuri constatamos um total de 28 episódios (82,35%), sendo 4 episódios (14,3%) na década de 1980, 9 episódios (32,1%) na década de 1990, 8 episódios (28,57%) na de 2000 e 7 episódios (25,0%) na década de 2010 (Figura 4). Em que os anos de 1995 (La Niña Fraca) com CMAA de 923,04 mm, 2000 (La Niña Muito Forte) com CMAA de 972,91 mm) e 2004 (El Niño Muito Forte com CMAA de 855,70 mm), conforme o ONI.

A ocorrência de episódios úmidos nos municípios de Xapuri e Marechal Thaumaturgo apresentam 7 episódios na classe úmida, sendo 3 de intensidade moderadamente úmido (42,9%) (1980, 1990 e 2010), e 4 muito úmidos (57,1% dos anos) (1980 e 2000). Nenhum episódio Extremamente Úmido ocorreu nas décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010.

Os anos muito úmidos apresentaram relevância nos anos de 1984 e 1985, com La Niña Muito Forte, CMAA de 2025,2 mm a 2052,2 mm. Em 1986, houve prevalência de Moderadamente Úmido (El Niño Muito Forte com CMAA de 1252,6 mm); 1988, Muito úmido; 1999, Moderadamente Úmido (La Niña Muito Forte com CMAA entre 1514,9 mm a 2038,1 mm); 2009, Muito Úmido (El Niño Muito Forte com CMAA de 1953,9 mm); e 2014; Moderadamente Úmido (El Niño Fraco com CMAA de 1453,2 mm) (Figura 6).

Figura 6 – Distribuição do Índice de Precipitação Padronizada SPI-12 e Oceanic Niño Index (ONI), para a estação Xapuri no Grupo (G_2), no período de 1980 a 2020, no estado do Acre (AC).

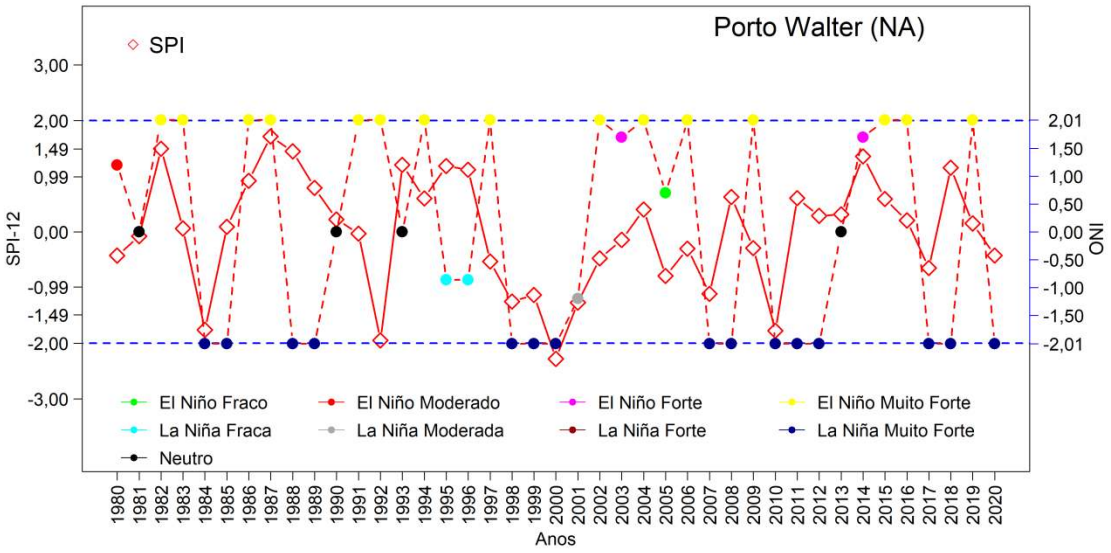


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A distribuição temporal do índice SPI-12 meses e Oceanic Niño Index (ONI) apresenta comportamento semelhante às estações de Porto Walter (NA), Marechal Thaumaturgo (G_1) e Xapuri (G_2). O total de episódios de seca foram 8 nas décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010 (Figura 8). Destes, 4 episódios (50,0% dos anos) foram de intensidade Moderadamente Seco (1990 e 2000) (La Niña Muito Forte e Moderada com CMAA de 1576,10 mm e 1750,20 mm); 1 (12,5% dos anos) de seca Extrema (2000, índice ONI com ano de La Niña Muito Fraca, e CMAA de 1523,50 mm)

Adicionalmente, evento de intensidade Muito Seco, foram registrados 3 episódios: 37,5% dos anos na estação de Porto Walter, CMAAs variam entre 1553,70 mm a 1843,90 mm (1984, 1992 e 2010), La Niña Forte e El Niño Muito Forte (Figura 7).

Figura 7 – Distribuição do Índice de Precipitação Padronizada (SPI-12) e Oceanic Niño Index (ONI), para a estação Porto Walter no grupo (NA), no período de 1980 a 2020, no estado do Acre (AC).



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Em relação aos eventos (PN), foram registrados em 25 anos, 75,8% dos episódios (PN) na estação Porto Walter, pertencente ao grupo NA. Há similaridade quanto aos eventos (PN), em comparação as estações de Marechal Thaumaturgo (G_1) e Xapuri (G_2). A estação Porto Walter apresenta 6 episódios: 24,0% dos anos, na década de 1980; 5 episódios (25,0% dos anos), na década de 1990; 7 episódios (28,0% dos anos), na década de 2000; e 8 episódios (32,0% dos anos), na década de 2010. Porém, os anos com CMAA > 1792,53 mm foram os anos de 1981 e 1990. Nestes anos ocorreu Neutralidade, com CMAAs de 2063,63 mm a 2912,16 mm; El Niño Forte com CMAA de 2869,78 mm, em 2003; El Niño Fraco com CMAA e volumes pluviométricos altos de 2666,9 mm, em 2005.

Nos anos de 1991, 2002, 2004, 2006, 2015 e 2019, os índices ION foram classificados com El Niño Muito Forte, e CMAAs entre 2197,6 mm e 2686,7 mm. Por conseguinte, 1989, 2008, 2012 e 2020 o La Niña foi considerado Muito Forte, e CMAAs entre 2042,00 mm a 2668,88 mm. Os eventos inferiores as CMAAs < 1792,53 mm totalizaram 5 episódios (1983, 1986, 1997, 2009 e 2016), anos de El Niño Muito Forte, e CMAAs entre 1017,80 mm a 1699,00 mm.

E ainda, eventos classificados como úmidos (índice SPI,-12 meses) ocorreu na estação de Porto Walter. O total de episódios foram 8, sendo: 7 eventos de intensidade moderadamente úmido (87,5%) (décadas 1980, 1990 e 2010), e 1 evento de intensidade

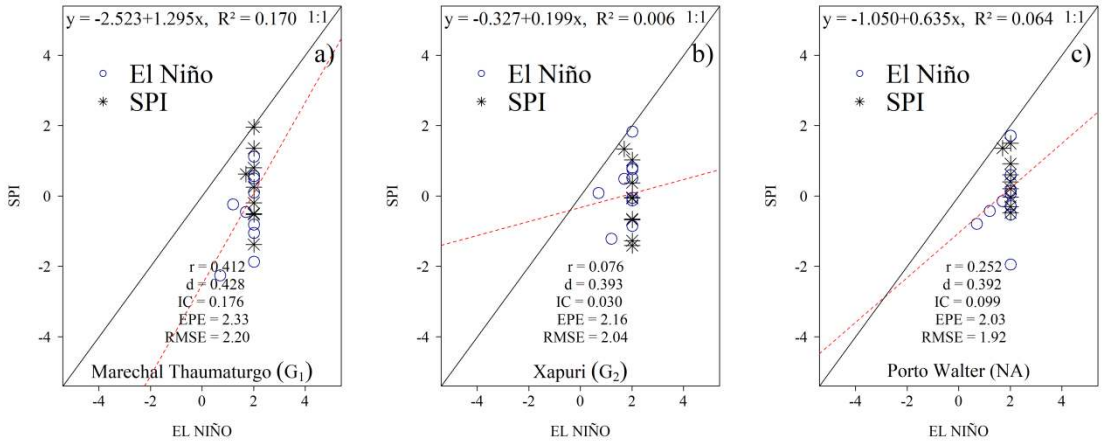
muito úmido (12,5% em dos anos) (1980). Além disso, não foram registros eventos de natureza extremamente úmida nas décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010.

Especificamente, no ano de 1987 foi classificado como muito úmido e El Muito Forte, e CMAA de 1716,60 mm. Nos anos de 1982 (El Niño Muito Forte), 1988 (La Niña Muito Forte), 1993 (Neutralidade), 1995 e 1996 (La Niña Fraca), 2014 (El Niño Forte) e 2018 (El Niño Muito Forte), os CMAAs estiveram entre 1658,70 mm a 2070,46 mm.

3.4. Interações entre SPI e versus El Niño, La Niña e ENOS

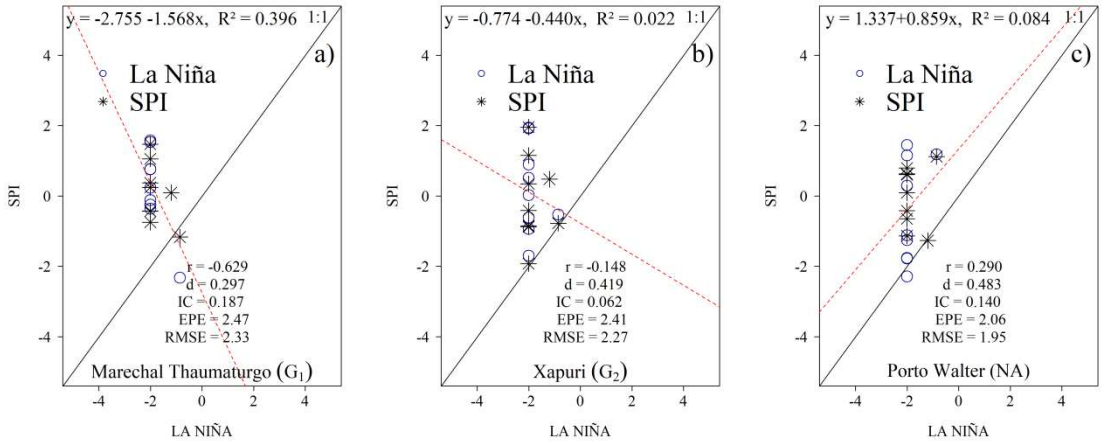
As Figuras (8, 9 e 10), apresentam os resultados da distribuição das interações dos modelos (SPI versus El Niño); (SPI versus La Niña) e (SPI versus ENOS) por meio do diagrama de dispersão para as estações de Marechal Thaumaturgo (G_1), Xapuri (G_2) e Porto Walter (NA).

Figura 8 – Distribuição Diagrama de correlação (1:1) entre SPI versus El Niño nas estações de Marechal Thaumaturgo (G1), Xapuri (G2) e Porto Walter (NA), com os respectivos parâmetros estatísticos (coeficientes R2, r, índices d, IC, erros EPE e RMSE) no período de 1980 a 2020.



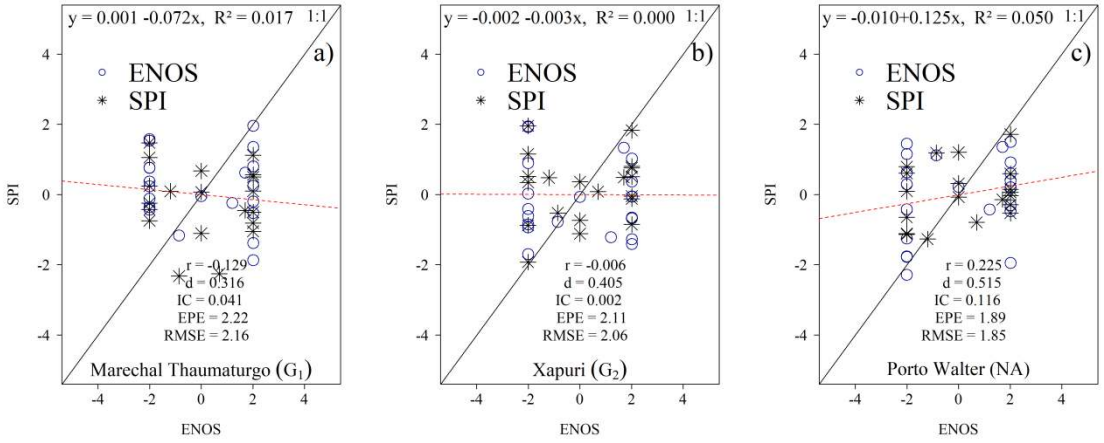
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 9 – Diagrama de correlação (1:1) entre SPI versus La Niña nas estações de Marechal Thaumaturgo (G1), Xapuri (G2) e Porto Walter (NA), com os respectivos parâmetros estatísticos (coeficientes R2, r, índices d, IC, erros EPE e RMSE) no período de 1980 a 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 10 – Diagrama de correlação (1:1) entre SPI versus ENOS nas estações de Marechal Thaumaturgo (G1), Xapuri (G2) e Porto Walter (NA), com os respectivos parâmetros estatísticos (coeficientes R2, r, índices d, IC, erros EPE e RMSE) no período de 1980 a 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

No geral os resultados das Figuras 8, 9 e 10 indicam a presença de baixos valores do coeficiente R^2 (0,000031 a 0,396204) seguidos por uma correlação (r) muito baixa entre -0,629 a 0,412 o que mostra uma grande dispersão das interações dos modelos SPI e ENOS.

Os índices de concordância de Willmott (d) variaram entre 0,30 > d > 0,51 conforme as Figuras (8, 9 e 10), e os índices de desempenho ou confiança (IC) apresentaram uma baixa precisão em todas as interações dos modelos. Os menores valores de EPE e RMSE foram registrados na interação do SPI versus ENOS (EPE = 1,99 e RMSE = 1,85) na estação Porto

Walter, conforme as interações do SPI versus La Niña (EPE = 2,06 e RMSE = 1,95); SPI versus El Niño (EPE = 1,92 e RMSE = 2,03).

Todavia, o melhor ajuste do modelo de regressão aos dados foi observado na interação entre SPI versus La Niña, na estação Marechal Thaumaturgo (G_1), que apresentou um (R^2) de 0,396, e EPE (2,47) e RMSE (2,33) em relação aos demais modelos de regressão adotados, porém, um baixo desempenho foi registrado conforme os índices de d (0,30) e IC (0,19). Ressalta-se que entre todas as interações apresentadas, um baixo desempenho dos modelos é verificado pelas Figuras 8, 9 e 10.

4. CONCLUSÃO

Assim, conclui-se que os resultados obtidos no presente estudo indicam que as maiores médias anuais e desvio padrão ocorrem nos grupos G_2 e NA, e a menor e o maior desvio no grupo G_1. E com base no Agrupamento foi possível identificar no estado do Acre a formação de dois grupos homogêneos (G_1 e G_2) e um não homogêneo (NA) com relação à distribuição das chuvas. E o coeficiente de correlação cofenética (CCC ≥ 0,7) apresentou resultado satisfatório em relação a área de estudo.

Através dos Índices SPI e ONI foi possível identificar a ocorrência de episódios secos e úmidos, e eventos de ENOS na região de estudo. As matrizes de interações dos cenários (SPI versus El Niño), (SPI versus La Niña) e (SPI versus ENOS) nos grupos G_1, G_2 e NA, apontam para baixos valores dos coeficientes de correlação Pearson e determinação, seguidos de um baixo desempenho das interações dos modelos do SPI versus El Niño; SPI versus La Niña e SPI versus ENOS, segundo os índices de Willmott (d) e confiança (IC). O melhor ajuste do modelo de regressão aos dados foi observado na interação entre SPI versus La Niña, na estação Marechal Thaumaturgo (G_1). Assim, vale ressaltar que tendo em vista a relevância do tema abordado e a metodologia apresentada algumas limitações, sugere-se que outros trabalhos futuros possam ampliar a discussão sobre a aplicação de Índices de seca no estado do Acre, incluindo novos índices que possibilita a identificação e caracterização da severidade da seca e a dinâmica das chuvas influenciada pela ocorrência do fenômeno El Niño e La Niña no estado do Acre e suas consequências socioeconômicas e socioambientais sobre as atividades desenvolvidas.

5. AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos de Pós Doutorado (PNPD), junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Acre (UFAC).

6. REFERÊNCIAS

ARAGÃO, LEOC; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA, RM; SAATCHI, S.; ANDERSON, LO; SHIMABUKURO, YE Padrões espaciais e resposta ao fogo em secas recentes na Amazônia. **Geophysical Research Letters**, v. 34, 2007.

BLAIN, GC; KAYANO, MT 118 anos de dados mensais do Índice Padronizado de Precipitação: série meteorológica de Campinas, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 1, pág. 137-148, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S0102-77862011000100012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/mN4xkpQNjVFwrNZqc6MntQS/

BLAIN, GC; PEZZOPANE, JRM; PEZZOPANE, JEM; BONOMO, R. Índice padronizado de produtividade aplicado às condições de seca no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, pág. 1067-1073, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S1415-43662010001000007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Qnwm36CdtvF7zv5QFRD5ThJ/?lang=pt

BRITO, T. T.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; LYRA, G. B.; GOIS, G.; Zeri, M. Multivariate analysis applied to monthly rainfall over Rio de Janeiro state, Brazil. **Meteorology and Atmospheric Physics**, v. 129, p. 469-478, 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s00703-016-0481-x.

CHECHI, L.; SANCHES, FO O uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação das características do El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Alto Uruguai Gaúcho entre 1957-2012. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, pág. 1586-1597, 2013.

CUNNINGHAM, A. C.; ANDERSON, L.; BROWN, F.; REIS, V. Características climatológicas sazonais e subsazonais associadas aos incêndios florestais de 2005 no Acre. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 69, p. 791-805, 2017. DOI: https://doi.org/10.14393/rbcv69n4-44335. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44335

DUARTE, A. F. Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971-2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, p. 308-317, 2006. Disponível em: https://www.acrebioclima.net/abcpublications/Environment_and_Health/LBA023-2006_AFDuarte.pdf

DUARTE, A. F. Variabilidade e tendência das chuvas em Rio Branco, Acre, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 1, pág. 37-42, 2005. Disponível em: https://acrebioclima.net/abcpublications/Environment_and_Health/AFDuarte_Chuvas.pdf

ELSTER, J. Peças e Engrenagens das Ciências Sociais. Rio de Janeiro: **Relume Dumara**, 1994.

J. C. Espinoza, J. Ronchail, J. L. Guyot, C. Junquas, P. Vauchel, W. Lavado, G. Drapeau and R. Pombosa, “Climate Variability and Extreme Drought in the Upper Solimoes River (Western

Amazon Basin): Understanding the Exceptional 2010 Drought," **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 13, 2011, DOI: 10.1029/2011GL047862. Disponível em: https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=845231

GOIS, G. et al. Índice de Anomalia de Chuva no Município de Rio Branco, Estado do Acre, Brasil. In: II Simpósio Em Ciências Ambientais, 2023, Cruzeiro do Sul. Índice de Anomalia de Chuva no Município de Rio Branco Estado do Acre, Brasil. **Cruzeiro do Sul: Even3**, 2023. p. 1-7. https://doi.org/10.5281/zenodo.8122069.

GOIS, G.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. .; DELGADO, R. .; MORAES, M. . SEVERIDADE DA SECA NO ESTADO DO TOCANTINS E SUAS RELAÇÕES COM OS EVENTOS DE EL NIÑO. **ENCICLOPEDIA BIOSFERA**, [S. l.], v. 9, n. 16, 2013. Disponível em: https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3504. Acesso em: 20 nov. 2024.

GOIS, G.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F; TERASSI, P. M. B.; PAIVA, R. F. P. S.; SOBRAL, B. S.; FREITAS, W. K. Variabilidade Pluviométrica, Indicadores de Seca e a Aplicação do Índice SPI Para a Região do Médio Vale Paraíba do Sul no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 122-157 , 2020. DOI: https://doi.org/10.5380/abclima.v27i0.66703.

GRIMM, A.M.; BARROS, V.R.; DOYLE, M.E. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.13, n. 1, p. 35-58, 2000.

HAO, Z.; AGHAKOUCHAK, A. Multivariate Standardized Drought Index: A parametric multi-index model. **Advances in Water Resources**, v.57, p.12-18, 2013. DOI: 10.1016/j.advwatres.2013.03.009

HEIM, R.R.; BREWER, M.J. The global drought monitor portal: the foundation for a global drought information system. **Earth Interactions**, v.16, n.15, p.1-28, 2012. DOI: https://doi.org/10.1175/2012EI000446.1

HUANG, Boyin et al. Extended reconstructed sea surface temperature, version 5 (ERSSTv5): upgrades, validations, and intercomparisons. **Journal of Climate**, v. 30, n. 20, p. 8179-8205, 2017. DOI : https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0836.1.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2021. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: https ://censo2010 .ibge .gov .br /resultados .html. Acesso em: 17 mar. 2023.

KAYANO, M.T; ANDREOLI, R.V.; SOUZA, R.A.F.; GARCIA, S.R.; CALHEIROS, A.J.P. El Niño e La Niña nos últimos 30 anos: Diferentes tipos. **Revista Climanálise**, São José dos Campos, v.4, p.7-12, 2016. Disponível em: http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Kayanoetal.pdf

KILADIS, G.N.; DIAS, H.F. Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. **Journal of Climate, Boston**, v.2, n.9, p.1069-1090, 1989. DOI: https://doi.org/10.1175/1520-0442(1989)002<1069:GCAAWE>2.0.CO;2

KÖPPEN, W. Climatologia: com um estudo dos climas da terra. México: Fundo de Cultura Econômica, 1948. 479 p.

LESSA, A.S.; TIMOFEICZYK JÚNIOR, R.; GAMA, Z.A.G.P.; SILVA, A.S.J.D.S.; HOEFLICH, V.A. Mecanismo de desenvolvimento limpo florestal e a heveicultura no estado do Acre. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.23, n.3, p.378-386, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/2179-8087.063813

LEWIS, S. L.; BRANDO, P. M.; PHILLIPS, O. L.; VAN DER HEIJDEN, G. M. F.; NEPSTAD, D. The 2010 Amazon Drought, **Science**, v. 331, n. 6017, 2011. https://doi.org/10.1126/science.1200807.

LOPES, C. B.; DOURADO, F; SOUZA, L.S.; GOIS, G.; PINTO, P. M. G. M. Análise da distribuição pluviométrica na Baixada Fluminense, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 31, n. 18, p. 413–433, 2022. DOI: 10.55761/abclima.v31i18.15225. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/15225. Acesso em: 19 nov. 2024.

LOPES, Aixa Braga et al. Anomalias na precipitação de quatro municípios do Amazonas, Brasil. Research, **Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e196101421766-e196101421766, 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21766

MACHADO FILHO, H.; MORAES, C.; BENNATI, P.; RODRIGUES, R. A.; GUILLES, M.; ROCHA, P.; LIMA, A.; VASCONCELOS, I. Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no Norte e Nordeste do Brasil. Brasília: **IPC-IG**, 2016. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1046425

MARENGO, J. 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. **Ministério do Meio Ambiente**, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 2. ed. Brasília: MMA, v. 26,. 2007. 212 p.

MARENGO, Jose Antonio; ALVES, Lincoln M. Crise Hídrica em São Paulo em 2014: Seca e Desmatamento. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), São Paulo, Brasil, v. 19, n. 3, p. 485–494, 2015. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.100879. Disponível em: https://revistas.usp.br/geousp/article/view/100879.. Acesso em: 19 nov. 2024.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. & TOMASELLA, J.; OYAMA, M. D.; OLIVEIRA, G. V. S.; OLIVEIRA, R.; CAMARGO, H.; ALVES, L. M; BROWN, I. F. The Drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v.21, 2008. DOI: 10.1175/2007JCLI1600.1. Disponível em: http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/04.08.17.53/doc/28791523.pdf

MCKEE, Thomas B. et al. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: **Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology**. 1993. p. 179-183. Disponível em: https://climate.colostate.edu/pdfs/relationshipofdroughtfrequency.pdf

McPHADEN, M.J. Genesis and evolution of the 1997-98 El Niño. **Science**, v.283, n.5404, p.950-954, 1999. DOI: 10.1126/science.283.5404.950. Disponível em: https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.283.5404.950

MOLINIER, Michel et al. Hydrological variability in the Amazon drainage basin and African tropical basins. Hydrological Processes: **An International Journal**, v. 23, n. 22, p. 3245-3252, 2009. DOI: https://doi.org/10.1002/hyp.7400. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hyp.7400

NOAA/CPC (**National Oceanic and Atmospheric Administration/Climate Prediction**. https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/. Acessado em 28 de julho de 2023.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of climate**, v. 9, n. 10, p. 2464-2479, 1996. DOI: https://doi.org/10.1175/1520-0442(1996)009<2464:VOSSTW>2.0.CO;2.

NOGUÉS-PAEGLE, Julia et al. Progress in Pan American CLIVAR research: understanding the South American monsoon. **Meteorologica**, v. 27, n. 12, p. 1-30, 2002.

OLIVEIRA, José Francisco de et al. Análise de homogeneidade de séries pluviométricas para determinação do índice de seca IPP no estado de Alagoas. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, p. 101-112, 2012. DOI: http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.011, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/floram/a/JZqQQhRbWkRZMZM9r7Q3b6p/?format=pdf&lang=pt

PALMER, Wayne C. Meteorological drought, Research paper no. 45. **US Weather Bureau**, Washington, DC, v. 58, 1965. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=kyYZgnEk-L8C&oi=fnd&pg=PR2&dq=PALMER,+W.C.+Meteorological+drought.+US+Weather+Bureau,+Washington,+n.45,+1965.+58p.&ots=U5bv9nXDjk&sig=jqMstDka8_AHCzZNKPPhrbkgxnk#v=onepage&q&f=false

PHILLIPS, Oliver L. et al. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. **Science**, v. 323, n. 5919, p. 1344-1347, 2009. Disponível em: https://escholarship.org/content/qt81h0n554/qt81h0n554_noSplash_5aa47ada69c232c9836bce490ca67175.pdf

ROPELEWSKI, Chester F.; HALPERT, Michael S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Monthly weather review**, v. 115, n. 8, p. 1606-1626, 1987. DOI: https://doi.org/10.1175/1520-0493(1987)115<1606:GARSPP>2.0.CO;2. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/115/8/1520-0493_1987_115_1606_garspp_2_0_co_2.xml?tab_body=abstract-display

DOS SANTOS SILVA, Jefferson Rodrigues et al. Caracterização temporal da precipitação pluviométrica na cidade de Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. UÁQUIRI-Revista Do Programa de Pós Graduação Em Geografia Da Universidade Federal Do Acre, v. 3, n. 1, p. 12-12, 2021. DOI: 10.47418/uaquiri.vol3.n1.2021.4585. Disponível em: https://periodicos.ufac.br/index.php/Uaquiri/article/view/4585. Acesso em: 20 jun. 2023.

SANTOS, R. S. Avaliação da Relação Seca/ Produtividade Agrícola Considerando Cenários de Mudanças Climáticas. **Dissertação**, 117 p. Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 2008.

SANTOS, Carlos Antonio Costa dos; MELO, Maria Monalisa MS; BRITO, José Ivaldo Barbosa de. Tendências de Índices de Extremos Climáticos para o Estado do Amazonas e suas Relações com a TSM dos Oceanos Tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 1-10, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130001. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/FdkXvP5Tcxb5LG8pbLnZGwg/?format=pdf&lang=pt

SILVA, Gyrlene Aparecida Mendes da; AMBRIZZI, Tércio. Summertime moisture transport over Southeastern South America and extratropical cyclones behavior during inter-El Niño events. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 101, p. 303-310, 2010. DOI 10.1007/s00704-009-0218-6. Acesso em: 10 jul. 2023.

SILVA, Gyrlene Aparecida Mendes da; AMBRIZZI, Tércio; MARENGO, José Antonio. Observational evidences on the modulation of the South American Low Level Jet east of the Andes according the ENSO variability. In: Annales geophysicae. Göttingen, **Germany: Copernicus Publications**, 2009. p. 645-657. Disponível em:

https://angeo.copernicus.org/articles/27/645/2009/angeo-27-645-2009.pdf. Acesso em: 15 jul. 2023.

SILVA, Gyrlene Aparecida Mendes da; DRUMOND, Anita; AMBRIZZI, Tércio. The impact of El Niño on South American summer climate during different phases of the Pacific Decadal Oscillation. Theoretical and applied climatology, v. 106, p. 307-319, 2011. DOI 10.1007/s00704-011-0427-7. Acesso em: 05 Ago. 2023.

FELLOWS, Martha et al. Amazônia em chamas: desmatamento e fogo em terras indígenas. Brasília, DF: **Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia**, 2021. Disponível em: https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/prov0308.pdf. Acesso em: 05 Jul. 2023.

DE SOUSA, Jorge Washington. Características climáticas do município de Rio Branco, Acre, período de 1990-2019. **Scientia Naturalis**, v. 2, n. 2, 2020. Disponível em: https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/4231. Acesso em: 05 Jan. 2023.

SOUSA, Jorge Washington; ANDRADE, Ana Vanessa Cabral; DA COSTA, Douglas Batista. Análise de episódios El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a variabilidade interanual de chuvas em Rio Branco, Acre, intervalo 1971-2010. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 5, 2021. Disponível em: https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/5281. Acesso em: 05 Jan. 2023.

BODAS TERASSI, Paulo Miguel de et al. Variabilidade do índice de precipitação padronizada na região norte do estado do paraná associada aos eventos de el niño-oscilação sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 1, p. 11-25, 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/0102-7786331002. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/MHHrkZBG6ZTKh84K86xHLhF/?lang=pt

UVO, Cíntia Bertacchi et al. A study influence of the Pacific and Atlantic SST on the Northeast Brazil monthly precipitation using singular value decomposition. In: **Numerical Simulations in the Environmental and Earth Sciences**: Proceedings of the Second UNAM-CRAY Supercomputing Conference. New York, NY: Cambridge University Press, 1997.

VIEGAS, Juarez et al. Caracterização dos Diferentes Tipos de El Niño e seus Impactos na América do Sul a Partir de Dados Observados e Modelados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 1, 43 67, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786334015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/drNXMcHG5vdX8WV9bc6Vxcv/

VOLPATO, Luiz Gilson. Ciência: da filosofia à publicação. In: **Ciência: da filosofia à publicação**. 1998. p. 207-207. Disponível em: https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-226122

WILLMOTT, Cort J. On the validation of models. **Physical geography**, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981. DOI: https://doi.org/10.1080/02723646.1981.10642213. Acesso em: 20 Jan. 2023.

YOON, J.-H. & ZENG, N.: An Atlantic influence on Amazon rainfall, **Journal Climate**, v.34, p.249–264, 2010. DOI: https://doi.org/10.1007/s00382-009-0551-6. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-009-0551-6

ZHOU, Jiayu; LAU, K.-M. Principal modes of interannual and decadal variability of summer rainfall over South America. **International Journal of Climatology**: A Journal of the Royal Meteorological Society, v. 21, n. 13, p. 1623-1644, 2001. DOI: 10.1002/joc.700. Acesso em: 25 Jul. 2023.