Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

ANÁLISE OBSERVACIONAL E DE PRECIPITAÇÃO EM UMA FAZENDA EXPERIMENTAL NA AMAZÔNIA ORIENTAL ENTRE 1914 E 1981

Observational and precipitation analysis in an experimental farm in the Eastern Amazon between 1914 and 1981

Análisis observacional y de precipitación en una finca experimental en la Amazonía Oriental entre 1914 y 1981

Eliane Leite Reis de Sousa
Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Santarém
elianeleitestm@gmail.com

Lucieta Guerrreiro Martorano
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Santarém
martorano.lucietta@gmail.com

Raphael Pablo Tapajós
Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Santarém
rpablotapajos@gmail.com

Roseilson Souza do Vale
Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Santarém
roseilsondovale@gmail.com

Lucas Vaz Peres
Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Santarém
lucasvazperes@gmail.com

David Roy Fitzjarrald
The State University of New York
dfitzjarrald@albany.edu

José Reinaldo da Silva Cabral de Moraes
Universidade Estadual Paulista – Campus Jaboticaba
reinaldojmoraes@gmail.com

Rodrigo da Silva
Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Santarém
rsilvf@yahoo.com.br

Antônio Marcos Delfino de Andrade
Universidade Federal do Oeste do Pará – Campus Santarém
marcoslaba33@gmail.com

Resumo: O objetivo deste estudo foi analisar dados de precipitação e observações de ocorrências de trovões, raios e granizo entre 1914 e 1981 na fazenda experimental Taperinha. O estudo realizou estatística descritiva, boxplot para sazonalidade e classificação de eventos de trovões, relâmpagos e granizo. Um total de 54,41% desses eventos teve valores de precipitação anual entre 2.000 mm e 2.500 mm, seguidos de valores entre 1.500 e 2.000 mm para 29,41% dos eventos analisados, e entre 2.500 e 3.000 mm para os demais 8,82% dessas ocorrências e 7,35 % abaixo de 1500 mm de precipitação. Durante 68 anos de coleta de dados em Taperinha, a distribuição das chuvas seguiu um padrão senoidal, com os meses com maiores totais de chuva sendo março e abril, que variaram entre 300 e 433 mm com assimetria negativa. Houve 89 dias em 1914 com céu claro, 54 dias nublados e 144 dias com chuva. O ano do El-Niño de 1915 foi o menos chuvoso (1.249 mm) e 10,4% dos dias foram nublados. Em maio de 1917 houve um evento de granizo, e foram 115 dias com trovões e relâmpagos, incluindo 5 dias com ventos muito fortes. Registros de granizo em Taperinha, associados a eventos anômalos como precipitação de granizo em Juruti e Monte Alegre, também foram divulgados na mídia em 2019, demonstrando padrões de variabilidade, sazonalidade e condições adversas em análises de dados de séries temporais meteorológicas na Amazônia.

Palavras-chave: Climatologia. Meteorologia observacional. El Niño. Variabilidade.

Abstract: The objective of this study is to analyze data for precipitation and observations of thunder, lightning, hail occurrences between 1914 and 1981 at the experimental farm of Taperinha. The study employs descriptive statistics, boxplots for seasonality and classification of thunder, lightning and hail events. A total of 54.41% of these events had precipitation values per year between 2000 mm and 2500 mm, followed by values between 1500 and 2000 mm for 29.41% of the analyzed events, and between 2500 and 3000 mm for the remaining 8.82% of these occurrences and 7.35% below 1500 mm of precipitation. During 68 years of data collection at Taperinha, rainfall distribution followed a sinusoidal pattern, with the months with largest rainfall totals being March and April, which varied between 300 and 433 mm with negative asymmetry. There were 89 days in 1914 with clear skies, 54 cloudy days, and 144 days with rain. The 1915 El Niño was the least rainy (1.249 mm) and 10.4% of the days were cloudy. In May 1917 there was a hail event, and there were 115 days with thunder and lightning, including 5 days with very strong winds. Records of hail at Taperinha, associated with anomalous events such as hailstorms in Juruti and Monte Alegre, were also reported in the media in 2019, thus demonstrating patterns of variability, seasonality and adverse conditions in analyses of meteorological time series data in the Amazon.

Keywords: Climatology. Observational meteorology. El Niño. Variability.

Resumen: El objetivo de este estudio fue analizar datos de precipitación y observaciones de ocurrencia de truenos, relámpagos y granizo durante 1914 e 1981 en el campo experimental Taperihna. El estudio utilizó estadística descriptiva, boxplot para describir la estacionalidad y clasificación de los eventos de

truenos, relámpagos y granizo. Un total de 54,41% de los eventos presentaron valores de precipitación anual entre 2.000 mm y 2.500 mm, seguidos de valores entre 1.500 y 2.000 mm para el 29,41% de los eventos analizados, entre 2.500 y 3.000 mm para el restante de 8,82% de ocurrencias y 7,35 % bajo 1500 mm de precipitación. Durante 68 años de registros de datos en Taperinha la distribución de lluvias siguió un patrón sinusoidal, siendo marzo y abril los meses con mayores totales de lluvia, los cuales varían entre 300 y 433 mm con asimetría negativa. En 1914 se registraron 89 días con cielo claro, 54 días con cielo nublado y 144 días con lluvia. El Niño de 1915 fue el menos lluvioso (1.249 mm) y 10,4% de los días fueron nublados. En mayo de 1917 hubo un evento de granizo y fueron 115 días de truenos y relámpagos incluyendo 5 días de vientos muy fuertes. Registros de granizos en Taperinha asociados a eventos anómalos como precipitación de granizo en Juruti y Monte Alegre también fueron reportados en medios de comunicación en 2019, demostrando patrones de variabilidad, estacionalidad y condiciones adversas en datos de series temporales meteorológicas en la Amazonía.
Palabras clave: Climatología. Meteorología observacional. El Niño. Estacionalidad.

Submetido em: 28/07/2023
Aceito para publicação em: 22/02/2024
Publicado em: 01/03/2024

1. INTRODUÇÃO

A variabilidade das chuvas na Amazônia é influenciada por mecanismos atmosféricos que operam em escalas grande, meso e local (CAVALCANTI *et al*., 2016). Processos de grande escala que atuam nos oceanos Atlântico e Pacífico causam efeitos sazonais na região amazônica (FRANCA *et al*., 2016). Análises realizadas nos estados do Amapá e Pará, norte do Brasil, mostraram que o principal sistema meteorológico indutor de chuvas na Amazônia oriental é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que define os regimes pluviométricos básicos nestes estados (SOUSA *et al*., 2019).

Mudanças significativas nos padrões de circulação troposférica também estão associadas às circulações de Walker e Hadley, moduladas pela dinâmica dos oceanos Pacífico e Atlântico que interferem na posição e intensidade das bandas de nuvens convectivas da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), efeitos de El Niño, bem como a ZCIT (SALAZAR-GÁSCON; FERREIRA, 2018). Estes sistemas promovem alterações na distribuição das chuvas na Amazônia. Essa região tem influência significativa no clima local, regional e global devido à sua dimensão continental (DE SOUZA *et al*., 2016).

O estado do Pará é caracterizado por grande variabilidade nas chuvas devido às influências de grande escala que acabamos de discutir, principalmente entre os meses de dezembro a maio (MARTORANO *et al*., 2017). Estudos avaliando regiões homogêneas, têm mostrado que os regimes de chuva possuem características locais e regionais específicas (HOFFMANN *et al*., 2018). Portanto, para identificar tais peculiaridades no regime de chuvas no leste da Bacia Amazônica, somente por meio do conhecimento obtido pelo monitoramento contínuo das condições locais. Assim, será possível avaliar as características das chuvas de forma mais regionalizada e rigorosa.

Mesmo em locais com alto índice pluviométrico, como a região metropolitana de Belém, há anos que ocorre estresse hídrico do solo entre agosto e novembro, evidenciando a variabilidade das chuvas, principalmente em anos anômalos devido ao El Niño. O objetivo deste estudo foi analisar os dados registrados de chuvas e observações das condições do tempo entre 1914 a 1981 na estação meteorológica de Taperinha no leste da Bacia Amazônica.

2. METODOLOGIA

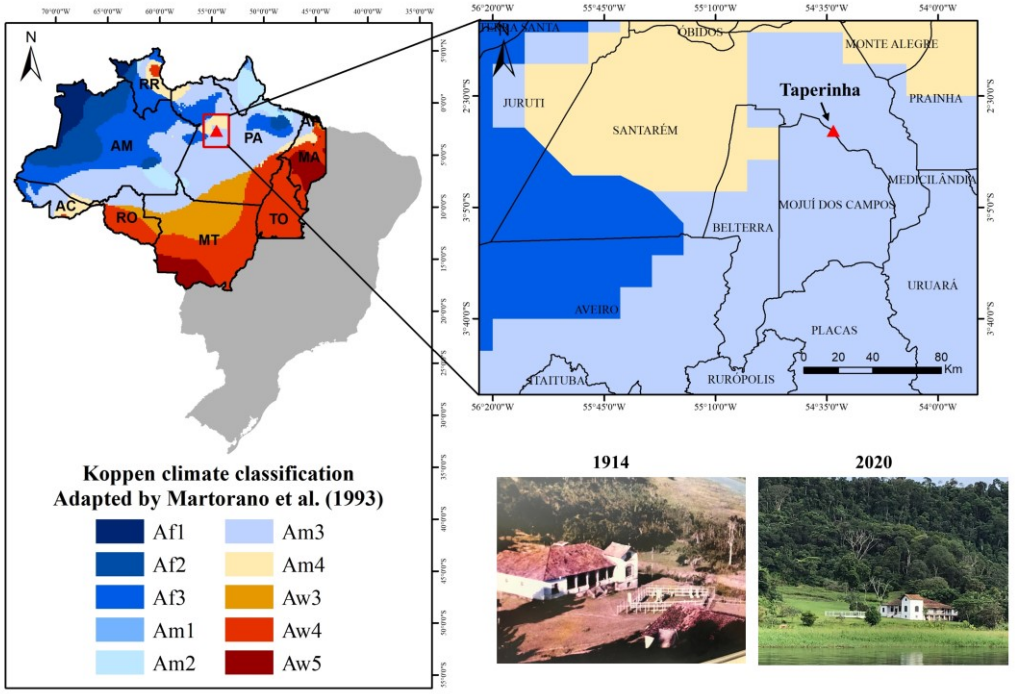
2.1. Caracterização da Área de Estudo

Em Taperinha, já no início do século XX, devido às perdas agrícolas causadas principalmente pelas enchentes do rio Amazonas, fazendeiros, empresários e tomadores de decisão buscaram a ajuda do cientista suíço Gottfried Ludwig Hagmann. O qual trabalhava no Museu Paraense, atual Museu Emílio Goeldi, para auxiliar no monitoramento do tempo e clima da região. Foi nesse contexto que, com apoio do Ministério da Agricultura, foi instalada em Taperinha a primeira estação meteorológica convencional, que entrou em operação em 1914 com observações diárias a cada três horas.

Essa estação registrou as condições meteorológicas e climáticas até 1981, totalizando 68 anos de monitoramento de variáveis agroclimáticas na região oeste do Pará (PAPAVERO; OVERAL, 2001). Todos os dias, um mensageiro conduzia um barquinho de Taperinha à Santarém com as fichas de dados com as observações a serem telegrafadas ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com sede no Rio de Janeiro, Capital do Brasil naquele período, e assim aconteceu até 1981. Esses dados meteorológicos só foram recuperados após um intenso trabalho que incluiu discussões com os descendentes do cientista residente em Santarém. Após encontrado as fichas de anotações com os dados observacionais, os mesmos foram digitalizados.

A estação de Taperinha está localizada a cerca de 40 km de Santarém, no estado do Pará, registrada na Organização Meteorológica Mundial com o código N°: 82243 (02 ° 41'S e 54 ° 33'W, altitude 20 m) e é considerada na categoria climatológica entre Am2/Am3, caracterizada por precipitação <60 mm durante o mês menos chuvoso e precipitação total anual entre 2000 e 3000 mm (Figura 1).

Figura 1 - Localização da fazenda experimental de Taperinha, sua classificação climática e local onde funcionou a estação meteorológica original 1914-1981. Duas fotos mostrando o local em 1914 e outra em 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

2.2. Procedimentos Metodológicos

Entre 1938 e 1981, a série temporal de precipitação apresentou dados ausentes por alguns meses (Tabela 1). Preenchemos os dados ausentes com o registro da série histórica de 1938-1960 de Taperinha e foi usado dados do aeroporto de Santarém (02˚25'S, 54˚47'W), cerca de 50 km de distância de Taperinha, para os dados de 1961-1981, dados da SPV-BE Serviço de Proteção ao Vôo (NECHET, 1993), isto permitiu caracterizar melhor o total de chuvas para meses específicos. Os dados de 1914-1920 foram coletados diretamente das fichas que estavam armazenadas na fazenda Taperinha e adquiridas do atual proprietário. As demais planilhas estão sendo restauradas e digitalizadas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Brasília e foram processadas e incorporadas ao banco de dados Taperinha.

Tabela 1 - Anos e meses com ausência de dados entre 1938 e 1981.

Ano	Mês	Ano	Mês	Ano	Mês
1938	Janeiro	1961	Outubro	1979	Abril
1939	Outubro	1962	Junho	1980	Abril
1953	Maio	1976	Julho	1981	Outubro
1956	Janeiro	1976	Dezembro	1981	Novembro
1959	Setembro	1977	Outubro	1981	Dezembro
1960	Setembro	1978	Abril	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os boxplots mensais foram calculados para avaliar o regime de chuvas durante o período de 1914 a 1981, e isso incluiu análise de tendência central, dispersão e simetria dos dados agrupados (WILKS, 2011). É importante ressaltar que o boxplot de sazonalidade auxilia na análise dos totais mensais de precipitação. Os dados também foram analisados mensalmente para este período de 68 anos, a fim de identificar padrões na distribuição das chuvas durante o ano. Os dados também foram separados em décadas para avaliar os padrões pluviométricos, sendo que a última série de dados possui apenas 8 anos de dados pluviométricos.

Além disso, foi utilizada a média anual do Multivariate ENSO Index (MEI) (WOLTER; TIMLIN, 2011), que combina multivariáveis, como pressão ao nível do mar, temperatura da superfície do mar, componentes do vento de superfície e radiação de onda longa sobre a bacia do Pacífico tropical. Utilizamos este índice por estar disponível para o período analisado (https://www.psl.noaa.gov/enso/mei.ext/table.ext.html) e para podermos considerar a sazonalidade do ENSO e reduzir efeitos da variabilidade intrasazonal (WOLTER; TIMLIN, 2011). De acordo com esse índice, anos com valores positivos indicam a presença de El Niño, e anos com La Niña são indicados por valores negativos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

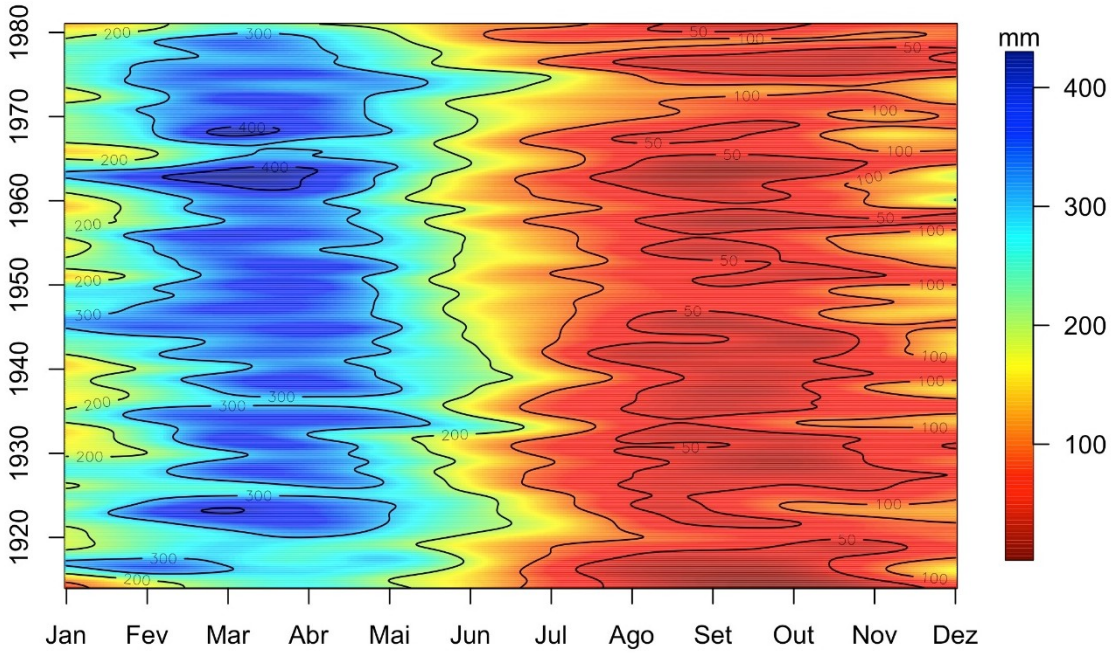
3.1. Análise Sazonal da Precipitação

A evolução mês versus ano da precipitação média mensal na estação de Taperinha de 1914 a 1981 é apresentada na Figura 2. O eixo vertical representa os anos e o eixo das abcissas representa os 12 meses do ano, indicando a variação mensal no volume de chuva em cada período anual correspondente. A figura mostra que os maiores valores ocorreram de janeiro

a março e os menores valores no período de agosto a novembro de cada ano. Nos meses menos chuvosos é possível observar volumes de precipitação entre 50 e 100 mm, principalmente a partir de 1980. A precipitação máxima ocorre de janeiro a março, observando-se volumes de precipitação entre 150 e 350 mm. Análise semelhante no sul da Amazônia foi encontrado por Marengo *et al*. (2010) e na estação de Conakry na Guiné é por Loua *et al*. (2019).

De 1940 a 1960 foram observados valores de 300 mm a 350 mm. Durante o mês menos chuvoso, ocorreram reduções de precipitação entre 50 e 100 mm, principalmente desde 1980. É possível que essas características climáticas estejam associadas aos efeitos regionais do El Niño (PEDREIRA JUNIOR et al., 2020). As séries temporais revelam fenômenos de sazonalidade distinta, como El Niño e La Niña. Acredita-se que estes fenômenos são fontes primárias da variabilidade interanual em muitas regiões do planeta (ALMEIDA *et al*., 2017).

Figure 2 – Evolução mensal versus anual da chuva no período de 1914 – 1981 na fazenda de Taperinha – PA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os valores concentrados entre janeiro e maio indicam claramente os anos em que as chuvas começaram em janeiro, pois a representação das cores na escala gráfica aponta para volumes superiores a 300 mm, com o período mais chuvoso entre 1940 e 1960. Nos anos

seguintes, a chuva apresenta um deslocamento com início das chuvas a partir de fevereiro e se estendendo até maio. Vale ressaltar que em um período de aproximadamente 50 anos houve uma extensão do período chuvoso até o mês de junho, evidenciado pelo contorno de 100 mm da Figura 2. Em relação ao período menos chuvoso, que apresenta fortes marcadores entre agosto e novembro, em que se situam os anos 1970 ao início dos anos 1980 houve uma intensificação das reduções de chuvas.

Para interpretar o comportamento da precipitação acumulada em Taperinha, uma análise sazonal é essencial, uma vez que recebe interferência contínua dos oceanos Atlântico e Pacífico (Franca e Mendonça, 2016). É importante observar que a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) tem forte influência no clima da América do Sul (MANTUA; HARE, 2002). De acordo com Mantua *et al.* (1997), há a fase fria que configura o maior número de eventos La Niña e a fase quente a maior ocorrência de El Niño.

Ao analisar o início das chuvas, precisamente nos anos de 1914 até o início da década de 1920, percebeu-se registros, em sua maioria, abaixo da média histórica (2.066 mm). Ao analisar os totais mensais, identificou-se que durante o período chuvoso os registros ficaram abaixo de 300 mm, com exceção dos anos de 1916 e 1917. Fato este que é proporcionado pelo forte resfriamento do Pacífico (anomalia da temperatura da superfície do mar abaixo de -2,0˚C), que durou do final de 1915 até o final de 1917. Além disso, considerando o comportamento das chuvas durante a estação seca, foram observados valores inferiores a 50 mm para quase toda a série histórica. Em alguns meses deste período também houve ausência de precipitação. De acordo com Newman et al. (2016), isto está relacionado com episódios de El Niño ocorridos nos anos de 1915 e 1919, ocasionando diminuição das chuvas na região.

Contemplando os anos de 1925 a meados da década de 1940, fase quente da ODP, constatou-se que os índices de precipitação apresentaram grande irregularidade, quando comparado os anos. Encontrou-se diferentes durações do período da estação chuvosa, e houve anos de baixa pluviosidade, como 1926 e 1936, quando os totais anuais se limitaram a 1500 mm. Da mesma forma, durante a estação seca na região de estudo, notou-se uma forte estiagem.

A forte estiagem está relacionada com a anomalia positiva da TSM do Pacífico (acima de 2,0˚C) (NEWMAN *et al*., 2016) e do Atlântico Norte tropical (TRENBERTH; SHEA, 2006), em que consiste em intensidade reduzida no transporte de umidade dos ventos alísios do

nordeste para o sul da Amazônia durante o pico da temporada de verão e no enfraquecimento do movimento ascendente sobre esta seção da Amazônia, resultando em desenvolvimento convectivo reduzido e precipitação (MARENGO *et al*., 2008). Por outro lado, os anos de 1933 e 1934, e no final da década de 1940, especificamente na estação seca, a precipitação mensal acumulada foi superior a 60 mm. Ressalta-se que neste período foi observado um forte resfriamento do Pacífico, com anomalias de TSM chegando a -3,3˚C, contribuindo assim para o aumento das chuvas.

Com base na observação da pluviometria obtida no final da década de 1940 até o final da série de dados, em geral, mostrou um regime pluviométrico bastante homogêneo ao longo da estação chuvosa. Observou-se também que na primeira metade da década de 1960 havia uma concentração em torno de 80% do acumulado anual, devido a fortes atividades convectivas, comuns nesta época do ano.

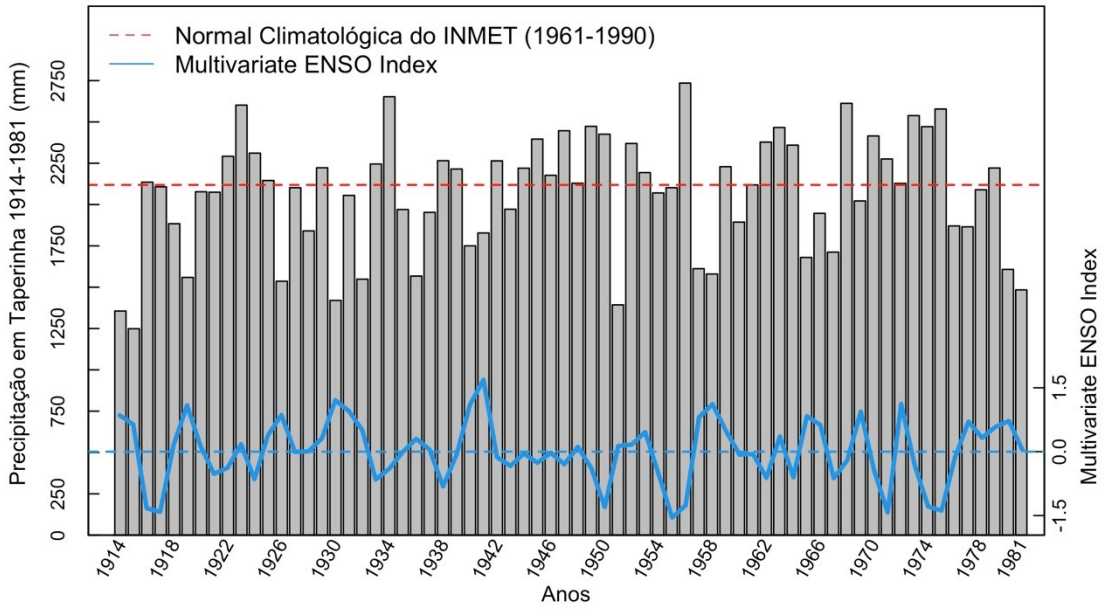
Para Fisch *et al*. (2007) as chuvas convectivas são características das regiões equatoriais, pois os ventos são fracos, onde a movimentação do ar ocorre basicamente na vertical, produzindo processos de convecção, nuvens e chuvas. Nota-se que este processo é tipicamente local (escala espacial inferior a 1 km) e de curta duração (tempo inferior a 1 hora). Outra característica importante associada a esse processo é a questão das chuvas intermitentes. Isso demonstra porque a precipitação é o elemento mais variável no espaço e no tempo.

Como esperado, durante a estação seca, o regime de chuvas apresentou registros baixos (<50 mm) por longos períodos. É coerente afirmar estes valores baixos devido à ausência e/ou menor cobertura de nuvens, ou ainda à possibilidade da existência de nuvens rasas, que não precipitam. Observou-se também que, ao final desta estação, houve aumento das chuvas, indicando níveis acima de 300 mm, nas décadas de 1960 e 1963. Araújo *et al.* (2002), mencionaram que isso está ligado à possibilidade de um céu com poucas nuvens e altas temperaturas. Essa condição propicia a instabilidade atmosférica, convecção e formação de nuvens com forte desenvolvimento vertical, podendo gerar pancadas de chuvas acompanhadas de temporais, indicando o início do período chuvoso em quase toda a região amazônica.

A Figura 3, mostra o acumulado da precipitação anual para toda a série histórica, a normal climatológica de 1961 – 1990 (INMET, 2019) e o índice ENOS Multivariado (NOAA,

2020). A análise da precipitação por categorias de volume anual (Figura 3), mostrou que 54% dos totais pluviométricos anuais ficaram entre 2.000 mm e 2.500 mm, seguido da categoria 1.500 a 2.000 mm em 29% dos anos; em apenas 9% dos anos, os volumes pluviométricos anuais atingiram 2.500 a 3.000 mm. Esses resultados são importantes para proprietários de terras e agricultores dentro da área monitorada pela estação de Taperinha, porque esses dados fornecem uma referência clara de probabilidade de precipitação anual, conforme confirmado também pela análise climatológica normal (INMET, 2019).

Figure 3 – Registro de chuvas anuais na Fazenda de Taperinha durante o período de 1914 - 1981 comparado com a normal climatológica de 1961 – 1990 e o índice ENOS Multivariado.

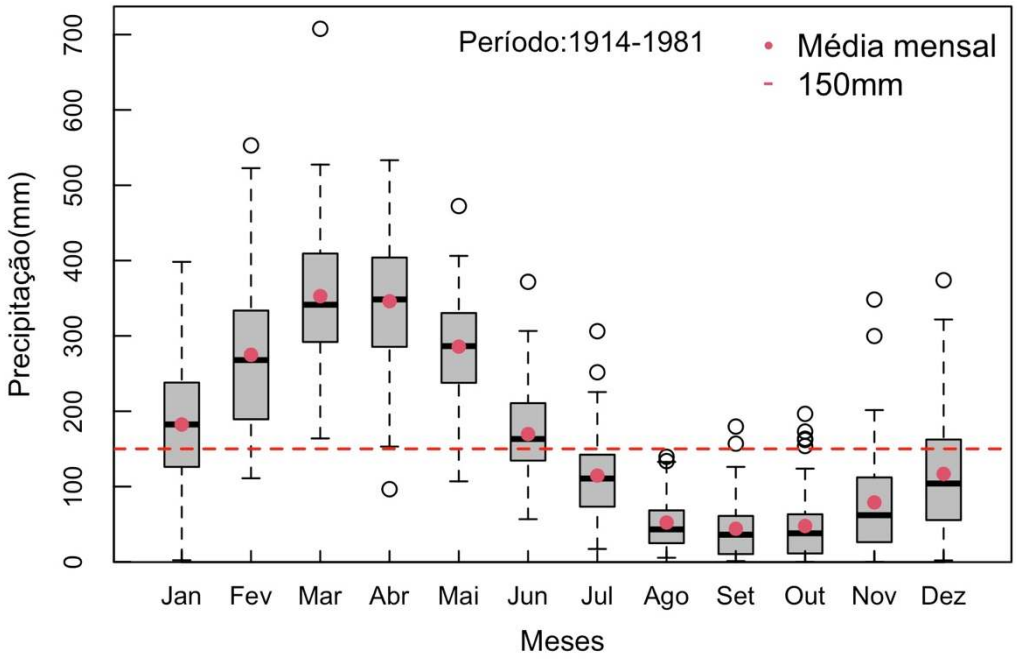


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Os resultados apresentados pela linha oscilante azul demonstram perfeita correspondência com a redução anual da precipitação associada ao El Niño, quando este índice apresenta valores positivos. Já os anos chuvosos apresentam anomalias negativas associadas a eventos de La Niña. O ano de 1915 apresentou o menor valor pluviométrico anual durante a série histórica analisada. Segundo (WOLTER; TIMLIN, 2011; PEREIRA *et al*., 2011), que analisaram a influência do ENOS desde 1871, o El Niño de 1915 foi classificado como moderado, e nos anos de 1919 e 1920 o El Niño foi considerado de forte intensidade. Além disso, o ano de 1956 teve o maior volume de chuvas, o que foi associado ao La Niña (PEREIRA *et al.,* 2011).

A Figura 4 mostra que a série temporal de 68 anos em Taperinha tem uma distribuição aproximadamente senoidal típica da região, com ciclo anual dominando a variabilidade sazonal em que a maior precipitação ocorre em março (352 mm) com totais médios variando entre 300 e 433 mm. Em abril houve desvio positivo, com valores concentrados entre 367 e 433 mm. Em março de 1968 foi registrado o maior *outlier* da série histórica (707 mm), mas durante todo o ano as chuvas ficaram dentro da média climática (2.183 mm). Em contrapartida, os três meses menos chuvosos foram de agosto a outubro, sendo setembro o de menor precipitação (44 mm).

Figure 4 – Gráfico boxplot mostrando a variabilidade sazonal da chuva na Fazenda Taperinha no período de 1914-1981.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Embora a média de outubro tenha sido de aproximadamente 48 mm, os eventos extremos de chuva foram mais frequentes e houveram 5 anos em que esse trimestre teve eventos extremos significativos. Os boxplots da Figura 4, mostram que a curva senoidal inicia em janeiro e termina em junho com valores acima de 150 mm. Esse comportamento sazonal da precipitação também foi observado por Satyamurty *et al*. (1998) para a região amazônica.

A distribuição das chuvas na Amazônia está intimamente ligada à posição de um sistema de alta pressão em altas altitudes na troposfera, que domina a circulação na América

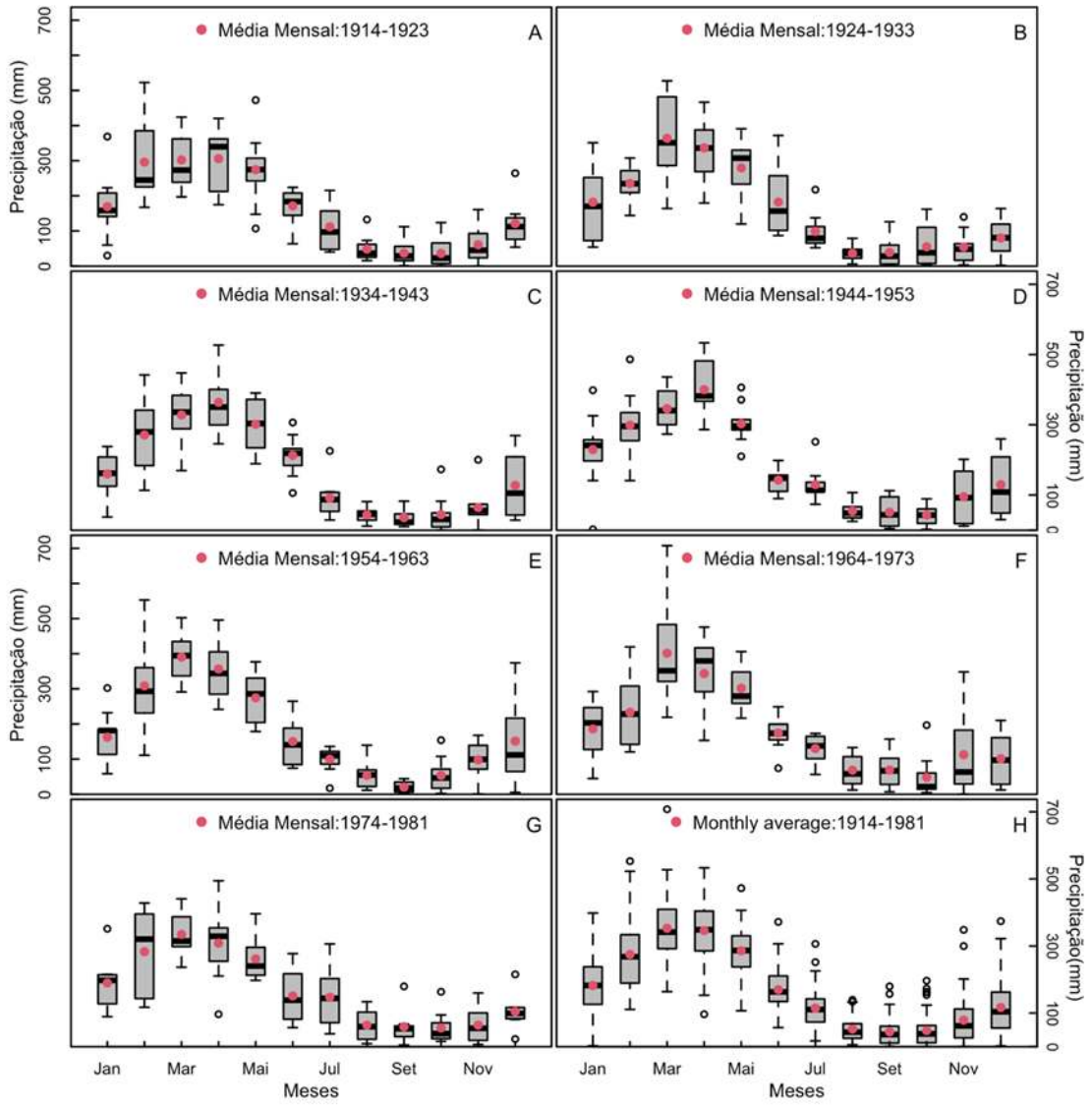
do Sul e cujo centro geralmente se forma sobre a Bolívia (ROCHA *et al*., 2017). Este sistema se enfraquece e se desloca para o norte durante o outono e inverno, e ao mesmo tempo as regiões sul e leste da Amazônia têm sua estação seca. A variabilidade da precipitação é parcialmente devida à persistência de zonas de convergência ou associada a sistemas frontais do hemisfério sul.

Segundo Silveira *et al*. (2017), a convecção que ocorre sobre a bacia amazônica, principalmente durante a estação chuvosa (verão no hemisfério sul), desempenha um papel importante na determinação do tempo e clima da região e da América do Sul. A atividade convectiva na Amazônia influencia os sistemas meteorológicos e os padrões climáticos característicos do verão na América do Sul, como a Alta da Bolívia (AB), Convergência do Atlântico Sul Zona (ZCAS), e a baixa do nordeste brasileiro e do Chaco (AMBRIZZI; FERRAZ, 2015; BRASILIENSE *et al*., 2018).

3.2. Análise Decadal da Precipitação

A análise decadal mostrou que entre 1914 e 1923 as chuvas se concentraram de dezembro a junho, com maior variabilidade em fevereiro com um extremo de 522 mm (Figura 5). O período menos chuvoso concentrou-se entre agosto e novembro, com totais mensais abaixo de 50 mm. Os valores pluviométricos que mais diferiram da média ocorreram entre fevereiro e abril, destacando-se que neste trimestre a precipitação apresentou a maior variabilidade para esta década.

Figure 5 - Gráfico boxplot da variabilidade de chuva sazonal na Fazenda Taperinha com a série histórica dividida em 8 décadas.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Na década de 1924 a 1933, a variabilidade foi alta nos meses de maio e junho, com a maior distância entre a moda e a mediana. O período mais chuvoso foi entre janeiro e junho, sendo abril o de maior precipitação (520 mm). O período menos chuvoso concentrou-se entre agosto e novembro, com setembro apresentando médias inferiores a 50 mm. Mecanismos climáticos influenciados pelos oceanos Pacífico e Atlântico interferem na posição e intensidade das bandas de nuvens convectivas da ZCAS e da ZCIT. Os efeitos periódicos podem ser observados em diferentes intervalos de tempo (XIE *et al*., 2016, LIMBERGER; SILVA, 2016; ARRAUT *et al*., 2012), principalmente nos regimes de chuva na Amazônia (ARRAUT; SATYAMURTY, 2009). MORAES *et al*. (2020), utilizando a série de Fourier, detectaram

predominância de períodos extremos de alta e baixa precipitação na região, variando de 5 a 7 meses.

Entre 1934 e 1943 houve a maior variabilidade pluviométrica com assimetria positiva durante os meses de dezembro, fevereiro e maio, variando entre 50 mm e 400 mm. Sendo o mês de abril o de maior precipitação total de 530 mm, e a segunda metade do ano (julho a novembro) com as menores variações pluviométricas (30 mm e 80 mm). No norte do Brasil, eventos extremos de chuva apresentam uma variabilidade interanual que está associada ao El Niño e La Niña (COUTINHO *et al*., 2018), e esses autores também destacaram a ligação entre a variação intersazonal relacionada à atividade da ZCAS e jatos de baixo nível na América do Sul.

A década de 1944 a 1953 apresentou a maior variabilidade pluviométrica durante os meses de janeiro, abril, junho e julho (Figura 5). De dezembro a junho foi o período de maior pluviosidade, sendo abril o de maior média total (533 mm), e o período de menor pluviosidade foi de julho a novembro, sendo outubro o menos chuvoso (média de 42,8 mm). A precipitação é um dos principais elementos climáticos nas regiões tropicais, e representa a melhor variável meteorológica para caracterização da variabilidade climática nessas regiões (SANTOS *et al*., 2018).

No período de 1954 a 1963, a maior variabilidade pluviométrica ocorreu nos meses de dezembro, fevereiro e abril, sendo abril o de maior assimetria positiva. Setembro teve uma precipitação média de apenas 20 mm, sendo que em novembro de 1957 praticamente não houve chuva em Taperinha, possivelmente explicado por um forte El Niño ocorrido naquele ano e que provocou mudanças na dinâmica da atmosfera em escala local, reduzindo as chuvas começando em setembro e continuando até dezembro. Os mesmos efeitos foram evidentes entre setembro e dezembro de 1958. O período de maior pluviosidade foi de janeiro a junho, sendo fevereiro o de maior média total (553 mm), e de agosto a novembro o de menor pluviosidade, sendo setembro o de menor média (20mm).

A década de 1964 a 1973 mostrou que a variabilidade pluviométrica em Taperinha foi maior entre fevereiro e abril, com mínima de 120 mm (fevereiro de 1965) e máxima de 708 mm em março de 1968. Em novembro de 1969, praticamente não choveu em Taperinha. Os mecanismos dinâmicos que produzem as chuvas na região amazônica resultam predominantemente da ação da ZCIT, linhas de instabilidade, penetração de sistemas frontais

e vapor d'água da floresta.

A precipitação entre 1974 e 1981 foi maior de dezembro a julho, com o mês de março tendo o maior total médio (350 mm). As médias para o período menos chuvoso entre agosto e novembro foram muito semelhantes (aproximadamente 70 mm), e a maior variabilidade ocorreu em fevereiro, março e novembro, com assimetria positiva em março.

De maneira geral, a distribuição quase senoidal observada na análise decadal se manteve ao longo do ano, com chuvas de janeiro a junho e menos chuvas de julho a dezembro. Isso ocorre devido a uma característica intrínseca do clima amazônico decorrente da variação espacial e temporal da intensa atividade convectiva tropical que influencia o regime de chuvas na região (WANZELER *et al*., 2018), caracterizada pelas estações de verão e outono no hemisfério sul (CORRÊA; SOUZA, 2018; SOUZA; AMBRIZZI, 2003), em associação com os mecanismos atmosféricos da ZCIT.

3.3. Análise Observacional

Em 1914 ocorreram 89 dias sem nuvens, 54 dias nublados e 144 dias com chuva, totalizando 1.256 mm. Isto indica que 14,8% das chuvas ocorreram em dias de céu nublado. No ano seguinte, 1915, os dados revelam que do total de 1.249 mm, apenas 10,4% ocorreram em dias de céu nublado. O volume de chuva de 2.135 mm em 1916, foi registrado em 155 dias, e ocorreu em 16,2% dos dias nublados. Essas chuvas podem ter vindo de nuvens convectivas, pois foram 30 dias com trovões e relâmpagos.

Em maio de 1917 ocorreu uma chuva de granizo em Taperinha, e isso possivelmente é explicado por efeitos de eventos de média e grande escala na região, como o transporte em alta atmosfera de resíduos de uma frente fria ocorrida no estado do Acre em maio e junho. Houve 115 dias neste ano com trovões e relâmpagos e 5 dias com ventos fortes durante as tempestades. Este foi um ano atípico, pois 31,2% dos dias nublados podem estar associados a eventos convectivos de alta intensidade, mas a precipitação total anual foi de 2.107 mm, abaixo dos valores do ano anterior.

De acordo com o estudo da distribuição espacial e temporal das descargas atmosféricas na região norte, a região Norte está sujeita diariamente à influência da ZCIT que caracteriza uma área de nebulosidade acima desta região entre dezembro e maio, o que poderia explicar os dias nublados durante a estação chuvosa em Taperinha (SILVA et al., 2018).

Análises realizadas na Amazônia (SERRA, 1977; NECHET, 1994), mostraram que os raios são produto de nuvens cumulus nimbus, e que há maior possibilidade de chuvas com trovões durante a noite. A região amazônica tem a maior ocorrência de trovoadas do mundo devido às nuvens cumulus nimbus, que causam altos índices de chuvas nas sub-regiões leste e extremo oeste (SOUZA *et al*., 2003), onde está localizada a Fazenda de Taperinha. Os resultados do presente estudo reforçam os dados registrados em Taperinha que relatam tempestades com raios, trovões e granizo.

4. CONCLUSÃO

A conservação dos dados meteorológicos da Fazenda Experimental de Taperinha é de extrema importância, porque representa um banco de dados que pode ser utilizado em estudos de tempo e clima na região amazônica. Uma região que é muito carente de dados observacionais devido sua dimensão geográfica e peculiaridades locais.

Fenômenos como granizo, fortes rajadas de vento e frequência do número de dias com trovões reforçam a sugestão de que sistemas de média e grande escala influenciam o clima da Amazônia. Estes fenômenos de granizo, são extremamente raros na região, mas percebe-se continuam ocorrendo em uma escala de tempo bastante longa.

Os meses de setembro a novembro podem ter praticamente nenhuma chuva, associada aos anos de El Niño. Padrões de variabilidade, sazonalidade e condições adversas reforçam a necessidade de monitoramento climático contínuo na região. O estudo em escala decadal revelou possível influência de anomalias das TSM dos oceanos Pacifico e Atlântico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o fomento dado pelo Banco da Amazônia – BASA e a Rui Hagmann proprietário da Fazenda de Taperinha.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. Torres *et al*. Spatiotemporal rainfall and temperature trends throughout the Brazilian Legal Amazon, 1973–2013. **International Journal of Climatology**, v.37, p. 2013–2026, 2017.

AMBRIZZI, Tércio; FERRAZ, Simone E. An objective criterion for determining the south atlantic convergence zone. **Front. Environ. Sci**., v.3, p.23, 2015.

ARAÚJO, Alessandro Carioca *et al.* Comparative measurements of carbon dioxide fluxes from two nearby towers in a central Amazonian rainforest: the Manaus LBA site. **Journal of Geophysical Research-Atmospheres**, v. 107, p. 8090, 2002.

ARRAUT, Josefina Moraes *et al*. Aerial Rivers and lakes: looking at large-scale moisture transport and its relation to Amazonia and to subtropical rainfall in South America. **Journal of Climate,** v. 25, p. 543 – 556, 2012.

ARRAUT, Josefina Moraes; SATYAMURTY, Prakki. Precipitation and water vapor transport in the southern hemisphere with emphasis on the South. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 48, p. 1902 – 1912, 2009.

BRASILIENSE, Camila Silva *et al.* Synoptic analysis of an intense rainfall event in Paraíba do Sul river basin in southeast Brazil. **Meteorol. Appl.**, v. 25, p. 66–77, 2018.

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque *et al.* On the opposite relation between extreme precipitation over west Amazon and southeastern Brazil: observations and model simulations. **Int. J. Climatol.**, 37: 3606-3618. https://doi.org/10.1002/joc.4942 2016.

COUTINHO, Eliane de Castro *et al*. Climatic variability of precipitation in the Brazilian Amazon basin between 1982 and 2012. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 14 – Vol. 22, ISSN: 2237 – 8642, 2018.

CORRÊA, Irene Cristina Pereira; SOUZA, Everaldo Barreiros. Regional Climate Simulations in the Amazon during the rainy season, using REGCM3. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 03, N. 04, p. 386-395, 2018.

DE SOUZA, Everaldo Barreiros *et al.* Seasonality of precipitation over the Brazilian Legal Amazon: current climate and future projections using the REGCM4 model. **Brazilian. Journal of Climatology**, v.18. 2016.

FISCH, Gilberto; VENDRAME, Iria; HANAOKA, Paulo Cesar de Melo. Variabilidade Espacial da Chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 37, p. 585-592, 2007.

FRANCA, Rafael Rodrigues; MENDONÇA, Francisco de Assis. Rainfall in the southern Amazon: variability and extra-regional teleconnections. **Franco-Brazilian Geography Magazine** – Número 29, Confins, 2016.

SALAZAR-GÁSCON, Ruth Estefania; FERREIRA, Cassia de Castro Martins. Influence of ENOS and AMO between 2003 - 2014 on climate and fire regimes in Gran Sabana, Canaima National Park, Venezuelan Guyana. **Brazilian Journal of Climatology, I**SSN: 2237 - 8642 - Electronics. 2018.

HOFFMANN, Emerson Luis *et al.* Rainfall Variability in the Southeast of Pará, Brazil. **Brazilian Journal of Physical Geography,** v.11, N. 04, p. 1251-1263, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil-INMET.** [Brasília, DF]. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/normais. Acesso em 12 março, 2019.

LIMBERGER, Leila; SILVA, Maria Elisa Siqueira. Precipitation in the Amazon basin and its association with surface temperature variability in the Pacific and Atlantic oceans: a review. **Geousp - Space and Time** (Online), v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016.

LOUA, René Tato *et al.* Study on Temporal Variations of Surface Temperature and Rainfall at Conakry Airport, Guinea: 1960–2016. **Climate**, v. 7, p. 93, 2019.

MARENGO, José Antônio *et al*. The Drought of Amazonia in 2005. **American Meteorological Society.** v. 21, n. 3, p. 495 – 516, 2008.

MARENGO, Jose Antônio *et al.* Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. **Climate Dynamics**, v. 35, p. 1073-1097, 2010.

MARTORANO, Lucieta Guerreiro; NECHET, Dimitri.; PEREIRA, Lauro Charlet. Tipologia climática do Estado do Pará: adaptação do método de Köppen. **Boletim de Geografia Teorética**, v. 23, n. 45-46, p. 307-312, 1993.

MARTORANO, Lucieta Guerreiro *et al.* Climate conditions in the eastern amazon: Rainfall variability in Belém and indicative of soil water deficit. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, p. 1801-1810, 2017.

MANTUA, Nathan J. *et al.* Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, p. 1069–1079, 1997.

MANTUA, Nathan J.; HARE, Steven R. The Pacific Decadal Oscillation. **Journal of Oceanography**, v. 58, p. 35–44, 2002.

MORAES, José Reinaldo Silva Cabral *et al.* Performance of the ECMWF in air temperature and precipitation estimates in the Brazilian Amazon. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 141 - 803-816, 2020.

NEWMAN, Matthew *et al*. The Pacific Decadal Oscillation, Revisited. **Journal of Climate**, v. 29, n. 12, p. 4399 – 4427. 2016.

NOAA, Multivariate ENSO index, version 2 (MEI. V2). **NOAA Physical Sciences Laboratory (PSL).** [Colorado, USA]. Available in: https://psl.noaa.gov/enso/mei. Acesso em 15 Julho de 2020.

NECHET, Dimitri. Thunderstorm Days in the Amazon. **Proceedings of the 8° Brazilian Meteorological Congress**, Belo Horizonte, v. 1, p. 180 - 183, 1994.

NECHET, Dimitri. Variabilidade diurna de precipitação em Santarém-PA. **Boletim de Geografia Teorética**, v. 23, N. 45 - 46, p. 144 – 149. 1993.

NECHET, Dimitri. Dias de Trovoadas na Amazônia. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1994. **Anais** [...]. Belo Horizonte, v1, pag. 180-183, 1994.

PAPAVERO, Nelson; OVERAL, William L. Taperinha: History of natural history research carried out on a farm in the Santarém region, in Pará, in the XIX and XX centuries. **Paraense Museum Emílio Goeldi**, p. 460, 2001.

PEDREIRA JUNIOR, Altemar Lopes *et al*. Influence of El Niño and La Niña phenomena on seasonality of the relative frequency of rainfall in southern Amazonas mesoregion. **Brazilian Journal of Water Resources**. ISSN 2318-0331 RBRH, Porto Alegre, v. 25, e. 24, 2020.

PEREIRA, Vagna Costa *et al.* Influence of El Niño and La Niña Events on Rainfall Precipitation of Mossoró-RN. **Knowing Scientific Center - Goiânia**, v. 7, N. 12. 2011.

ROCHA, Vinícius Machado *et al*. Precipitation Recycling in the Amazon Basin: The Role of Moisture Transport and Surface Evapotranspiration. **Rev. Bras. meteorology**. v.32, N. 3. 2017.

SILVEIRA, Luiz Gustavo Texeira *et al*. Precipitation and Deforestation Recycling in the Amazon: A Numerical Modeling Study. **Rev. Bras. meteorology**. v. 32. N. 3. 2017.

SANTOS, Gedinara Paiva *et al*. Thermal discomfort during the dry season in a city with a tropical rainy climate in the Amazon. **Ibero-American Journal of Environmental Sciences**, v. 9, N. 6, p. 169 - 179, 2018.

SERRA, A. Climatologia: Trovoadas e Névoa Seca. **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 255, Out/Nov, p. 142-163, 1977.

SOUSA, Jeane Moreira *et al*. Evaluation of the WRF Model's Ability to Represent Rainfall in the Amazon Using Different Scales. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.34, N .2, 2019.

SATYAMURTY, Prakki; NOBRE, Antônio Carlos; DIAS, Pedro Leite Silva. South America. Meteorological Monographs. Boston, M. A.: **American Meteorological Society**, v. 27, p. 119–139, 1998.

SATYAMURTY, Prakki; ROSA, Marcelo Barbio. Synoptic climatology of tropical and subtropical South America and adjoining seas as inferred from geostationary operational environmental satellite imagery. **Int. J. Climatol**. v. 40, p. 378 – 399, 2019.

SERRA, Adalberto. Climatology: Thunderstorms and Dry Fog. **Geographic Bulletin**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 255, p. 142-163, 1977.

SILVA, Cassia Camila Silva da *et al.* Prediction of rays through thermodynamic indices of the atmosphere, in the region of Belém do Pará. **Brazilian Journal of Physical Geography**, v. 11, N. 04, p. 1186-1201, 2018.

SOUZA, Everaldo B.; AMBRIZZI, Tércio. Pentad precipitation climatology over Brazil and the associated atmospheric mechanisms. **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, v. 1, 2003.

TRENBERTH, Keven E.; SHEA, Denis J. Atlantic hurricanes and natural variability in 2005. **Geophysical Research Letters**, v. 33, N. 12, L12704, 2006.

WANZELER, Romero Tiago Sobrinho; MOTA, Maria Aurora Santos; NOGUEIRA, Daniela Santos. Temporal Variability of Precipitation and Available Convective Potential Energy (CAPE) in the Eastern Amazon During the Rain Project. **Geosciences Institute Yearbook- UFRJ**. ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 – v. 41 – 2, p. 305 - 317, 2018.

WILKS, Daniel; **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**, v. 10, 3 Ed, p. 704. Academic Press, 2011.

WOLTER, Klaus; TIMLIN, Michael. El Niño/Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext). **Intl. J. Climatology**, v. 31, p. 14., 2011.

XIE, Yangyang *et al*. Period analysis of hydrologic series through moving-window correlation analysis method. **Journal of Hydrometeorology**, v. 538, p. 278 – 292, 2016.