



Variabilidade ou mudança climática? Uma análise histórica da precipitação no cariri paraibano

Climate variability or change? A historical analysis of precipitation in the cariri of paraiban

Everton de Araújo Medeiros¹, Enio Pereira de Souza¹, Diego Rhamon Reis da Silva², Leonardo Souza do Prado Júnior¹, Alex Pereira de Sousa³, Aline Carla de Medeiros⁴, George do Nascimento Ribeiro¹ e Patricio Borges Maracaja^{4,5}

Resumo: Este artigo visa apresentar uma análise das séries históricas de precipitação dos municípios de Cabaceiras, Taperoá e Monteiro, no estado da Paraíba, no período de 1911 a 2022, a fim de verificar indícios de mudanças climáticas ou variabilidade do elemento chuva. Para isto, fez-se uso das estatísticas de média, mediana, desvio padrão e tendência linear com dados obtidos pela Agência Nacional de Águas (ANA), a extinta Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e da Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba (AESAs). A análise foi realizada em escalas decadais, anuais, mensais e diárias. Os resultados mostram um aumento da precipitação em média, levantando uma reflexão sobre as características da variabilidade para compreender melhor a distribuição da chuva no cariri paraibano e como os resultados podem contribuir com o gerenciamento dos recursos hídricos.

Palavras-chave: precipitação, semiárido, variabilidade

Abstract: This article aims to present an analysis of the historical series of precipitation in the municipalities of Cabaceiras, Taperoá and Monteiro, in the state of Paraíba in the period from 1911 to 2022, in order to verify climate changes or variability of the rain element. For this, it is use of statistics of mean, median, standard deviation and linear trend with data obtained by the Agência Nacional de Águas (ANA), the extinct Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) and the Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba (AESAs). The analysis was performed on ten-year, annual, monthly and daily scales. The results show an increase in average precipitation, raising a reflection on the characteristics of variability to better understand the distribution of rainfall in the Paraíba Cariri and how the results can contribute to the management of water resources.

Keywords: precipitation, semi-arid, variability

¹ Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão de Recurso Naturais, UFCG, Campina Grande, Paraíba, Brasil georgenribeiro@gmail.com

² Pós-graduação em Geofísica Espacial, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, São Paulo, Brasil

³ Graduando em Agronomia, UFCG, Pombal, Paraíba, Brasil

⁴ PPGGSA - Programa de Pós-graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais, UFCG, Pombal, Paraíba, Brasil

E-mail: alinecarla.edu@gmail.com

⁵ Pesquisador do CNPq/INSA – Instituto Nacional do Semiárido. Campina Grande – Paraíba, Brasil E-mail: patricio.maracaja@insa.gov.br

INTRODUÇÃO

Variabilidade e Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas permeiam a sociedade contemporânea por todo o mundo. Os possíveis efeitos da interferência do homem no meio ambiente começam a ser pesquisados e até simulados nas características das chuvas, temperaturas, concentrações de gases na atmosfera e outras variáveis dentre as quais ainda se destaca a temperatura atmosférica global, a temperatura dos oceanos, o aumento do nível do mar, o derretimento da neve e do gelo e a intensificação dos perigos naturais (AEN, 2015).

À medida em que o clima esquenta, mudanças nas características da precipitação, como frequência, intensidade e duração, podem ocorrer (SUN, 2007), entretanto já no final da década de 1980 a pesquisa realizada por Rind (1989) já indicava que as simulações modeladas são muitas vezes maiores do que o observado, sendo necessário mais tempo de dados e observações das variáveis para diferenciar uma mudança climática de uma variabilidade climática.

Variabilidades climáticas são flutuações temporais das condições meteorológicas (ANGELOCCI; SENTELHAS, 2010). Essas variações vêm sendo observadas ao longo das eras forçadas por fenômenos de escalas de tempo de decadais até milenares (MOLION, 2007).

As secas são fenômenos naturais complexos que provocam deficiência e/ou ineficiência de água em uma região durante um determinado período de tempo (YE et al., 2016). A região Nordeste do Brasil (NEB) sofre com sucessivos episódios de secas.

Grande parte do Nordeste brasileiro, especialmente o semiárido, é caracterizado pela elevada variabilidade espaço-temporal da precipitação, sendo comum chover torrencialmente num local e nada na sua circunvizinhança (ALMEIDA; MEDEIROS, 2016).

Dentre os principais fatores que ocasionam as variabilidades da precipitação no semiárido brasileiro são as temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico, contribuindo com anos mais ou menos chuvosos que perturbam a circulação dos ventos em escala global, alterando o clima, e, por consequência, alterando a precipitação do modo geral, o que leva às mudanças climáticas, e essas podem estar relacionadas a eventos extremos (El Niño e La Niña) que têm sido fonte de trabalhos e pesquisas realizados pela comunidade científica (VICENT et al., 2005).

Por ser multidisciplinar, o estudo dos elementos climáticos torna-se complexo envolvendo fenômenos físicos e químicos no campo da mecânica, da termodinâmica, da ótica e do magnetismo (CABRAL JUNIOR, 2021). Sendo o Sol o principal emissor de radiação eletromagnética para o planeta Terra, este determina o sistema climático a partir de suas inter-relações entre os múltiplos elementos da natureza (OLIVEIRA et al., 2001).

Em territórios tropicais, a exemplo do território brasileiro, ocorrem contrastes climáticos na distribuição da precipitação inter e intra-regional (LVARES, et al., 2014). A região Nordeste do Brasil (NEB) apresenta acumulados de precipitação inferiores a 800 mm/ano em sua porção semiárida. Contrastando a isso, na costa leste do NEB chove de duas até cinco vezes mais (KAYANO; ANDREOLI, 2009; SILVA et al., 2011). Quanto a temperatura do ar no NEB, esta apresenta menor variabilidade em comparação à precipitação.

No estudo atmosférico, a temperatura do ar e a precipitação são as variáveis mais significativas. A temperatura do ar é definida em termos relativos como sendo a relação entre um corpo e a relação de calor que possui (AYOADE, 2007), e relaciona-se diretamente com a precipitação, provocando-a à medida em que a força gravitacional supera a força que mantém a umidade suspensa no ar forçando essa a atingir o solo em forma líquida ou sólida (TORRES; MACHADO, 2011). Esse processo de precipitação está muito relacionado ao aquecimento das águas do Oceano Pacífico.

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um processo geofísico que ocorre no Oceano Pacífico Tropical e é um exemplo admirável de interação oceano-atmosfera que interfere no clima global e regional (MOLION, 2017). A ocorrência desse fenômeno oceânico-atmosférico se deve à elevação ou à diminuição da temperatura das águas superficiais do oceano Pacífico equatorial em relação à média esperada (MEDEIROS; ALMEIDA, 2017). O ENOS possui duas fases: a fase quente (El Niño), e a fase fria oposta (La Niña). Esses fenômenos afetam a circulação atmosférica, determinando principalmente anomalias no campo da precipitação pluviométrica em diversas regiões do globo. (MELO, 1999).

O fenômeno ENOS pode ser analisado através de cálculo de alguns índices, tais como:

Índice Oceânico Niño (Oceanic Niño Index – ONI): é definido a partir da média móvel trimestral da anomalia da temperatura da superfície do mar (ATMS). Em números, para região de Niño 3,4 por pelo menos cinco meses consecutivos com anomalia maior que 0,5°C associa-se ao El Niño e quando inferior a 0,5°C associa-se a La Niña

Índice de Oscilação Sul (Southern Oscillation Index – SOI): é associado à diferença na pressão média do ar ao nível do mar medida no Taiti e em Darwin, Austrália, que pode indicar o status do acoplamento entre o Oceânico Pacífico e a atmosfera.

Sistemas indutores de chuvas no semiárido brasileiro

Além de fenômenos oceânicos, um dos principais sistemas meteorológicos produtores de chuvas no norte do Nordeste brasileiro é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que localiza-se em torno da linha do Equador. Trata-se de um sistema sinótico e antissimétrico de baixa pressão, convecção profunda e com fortes precipitações e nebulosidade propagando-se de leste para oeste (SANTORO, 2022). Outro sistema importante é o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN).

A ZCIT é uma extensa faixa de nebulosidade formada pela convergência em baixos níveis dos ventos alísios de nordeste e de sudeste. Esse sistema, produtor de chuvas, oscila sazonalmente entre os Hemisférios Norte e Sul da Terra em função da temperatura dos oceanos e das estações do ano (FRANCA, 2011), tendo uma atuação na porção norte do NEB mais frequente entre os meses de janeiro e maio, com o pico da sua atuação no mês de março, em média. Outro fator observado que aumenta a precipitação na região é o aparecimento de uma banda dupla de nebulosidade na ZCIT (COELHO et al., 2004).

O VCAN é um fenômeno que é capaz de causar tempo estável no centro e chuva nas bordas (REIS, 2018). O VCAN também se faz presente na maioria das vezes em que há registro de chuvas de granizo na região Nordeste do Brasil, com uma maior atuação entre dezembro e janeiro.

Importância da temática para o semiárido

A variabilidade climática de uma região exerce importante influência nas diversas atividades socioeconômicas, especialmente na produção agrícola e agropastoril (MEDEIROS et al, 2016), sendo as chuvas determinantes para acúmulo de águas e, conseqüentemente para o desenvolvimento de uma região. A ausência de chuvas provoca secas e estas produzem efeitos catastróficos à sociedade se as políticas sociais não forem eficazes.

A eficiência das políticas estão diretamente relacionadas ao conhecimento dos fenômenos naturais, principalmente as chuvas. Entender as mudanças ou as variabilidades desse elemento se faz necessário para que o gerenciamento das políticas sociais no âmbito da mitigação surta efeito concreto pelos tomadores de decisão.

O município de Cabaceiras, na Paraíba, é conhecido popularmente como a cidade mais seca do Brasil, com média de precipitação um pouco acima de 300 mm. Entretanto, entre 17 e 18 de março de 2008, as chuvas intensas ocorridas superaram os 200 mm em 24 horas, aproximando-se da média anual

de longo prazo (ADRIANO et al., 2008), tornando ainda mais necessária uma compreensão da variabilidade climática da localidade, especialmente da precipitação.

Desse modo, a proposta dessa pesquisa justifica-se pelas condições naturais em que se encontra a área de estudo e seus arredores; ou seja: Cabaceiras, Taperoá e Monteiro, na Paraíba, estão inseridas em uma região tida como “polígono das secas”, caracterizada por clima do tipo semiárido (BSh), e analisar a variabilidade do fenômeno torna-se essencial a partir de uma série histórica.

Pelo exposto, parte-se da seguinte indagação: Ocorreu no período entre 1911 e 2022 aumento ou diminuição nos índices pluviométricos para estes municípios? Quais os efeitos para a sociedade de modo geral? Como amenizar esses efeitos a partir da utilização de políticas públicas?

Com essas indagações, o artigo tem como objetivo analisar a variabilidade ou as possíveis mudanças climáticas no tocante à precipitação dos últimos 112 anos, e levantar uma reflexão sobre os resultados obtidos para a sociedade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e fonte de dados

Os municípios de Cabaceiras, Taperoá e Monteiro estão localizados na mesorregião da Borborema e na microrregião do cariri paraibano (Figura 1). Monteiro é o município em que nasce o Rio Paraíba, e Taperoá leva o nome de um dos principais rios afluentes da bacia do Rio Paraíba. As precipitações ocorridas em ambas as cidades são de extrema importância para a recarga do segundo maior reservatório da Paraíba, o açude Epitácio Pessoa, responsável pelo abastecimento de mais de 18 municípios do cariri e do agreste paraibano, que somados chegam a quase 2 milhões de pessoas. Cabaceiras localiza-se vizinho ao município de Boqueirão, onde está localizado o açude Epitácio Pessoa.

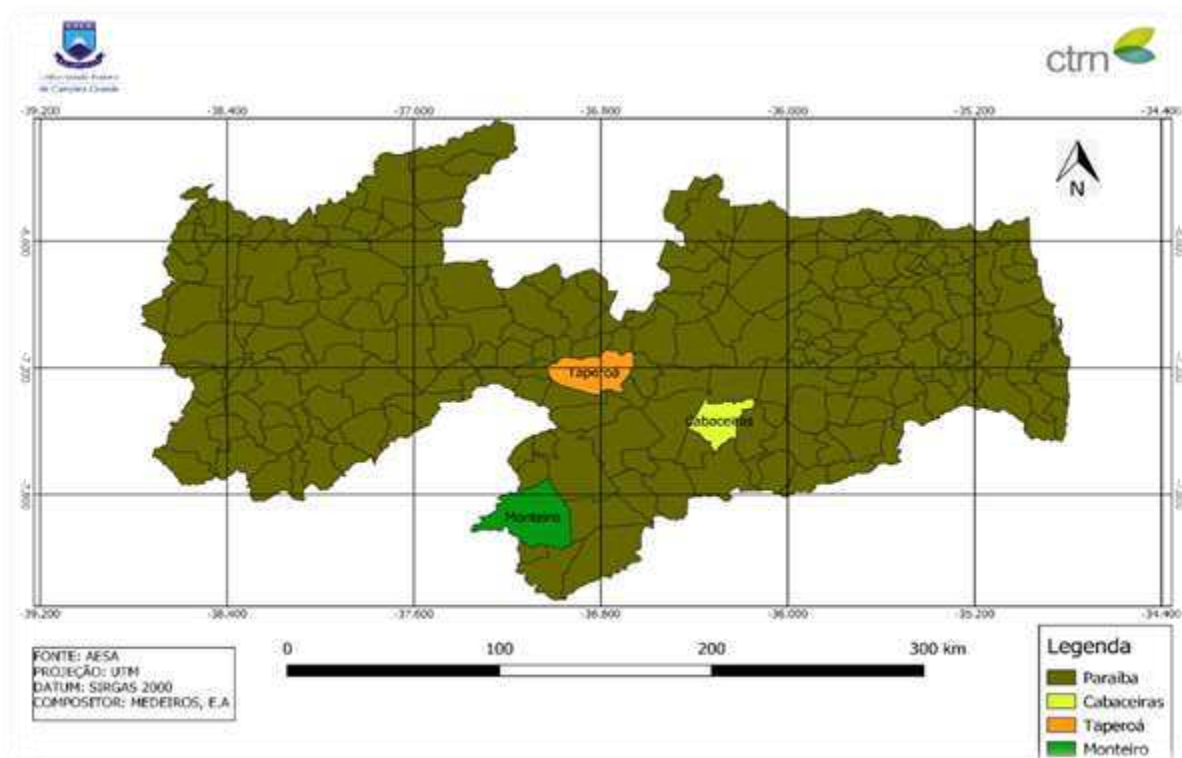


Figura 1.

Localização geográfica dos municípios de Cabaceiras, Taperoá e Monteiro, na Paraíba.

As cidades foram escolhidas para esta pesquisa devido às suas localizações estratégicas no cariri paraibano, e por serem três das poucas cidades a possuírem dados de precipitações diários e mensais com uma série histórica que permita uma análise superior a 30-60 anos, tornando-se o resultado mais confiável e fidedigno para examinar as possíveis variabilidades ou mudanças climáticas.

Para realização desta pesquisa foram utilizados dados de precipitação mensais e anuais provenientes das redes de monitoramento da Agência Nacional de Águas (ANA), a extinta Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e da Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba (AESA) para o período de janeiro de 1911 a dezembro de 2022 em Monteiro, Taperoá e Cabaceiras. Em Monteiro é verificada uma ausência de dados entre os anos de 1993 a 1986 coincidindo com o período do monitoramento da SUDENE na localidade, entretanto o mesmo posto pluviométrico voltou as suas medições em janeiro de 1994 sob a gerência da AESA.

Para as análises de eventos extremos diários de precipitação e número de dias com chuvas foram utilizados dados a partir de janeiro de 1926 até dezembro 2020 por apresentarem menos falhas, permitindo uma análise consistente entre as cidades, Os pluviômetros estão localizados nas zonas urbanas das cidades (Figura 2).



Figura 2. Localização dos pluviômetros instalados em Cabaceiras (A), Taperoá (B) e Monteiro (C). Fonte: ANA.

Para as localidades da pesquisa foram calculadas as médias e medianas mensais e anuais, e médias, medianas e desvio padrão médio na escala decadal, além da utilização de dados diários para quantificar o número de dias com chuva e os eventos de chuvas em 24 horas ≥ 50 mm < 100 mm e ≥ 100 mm por décadas.

A pesquisa foi realizada em três etapas, do planejamento aos resultados detalhados no fluxograma abaixo na figura 3:

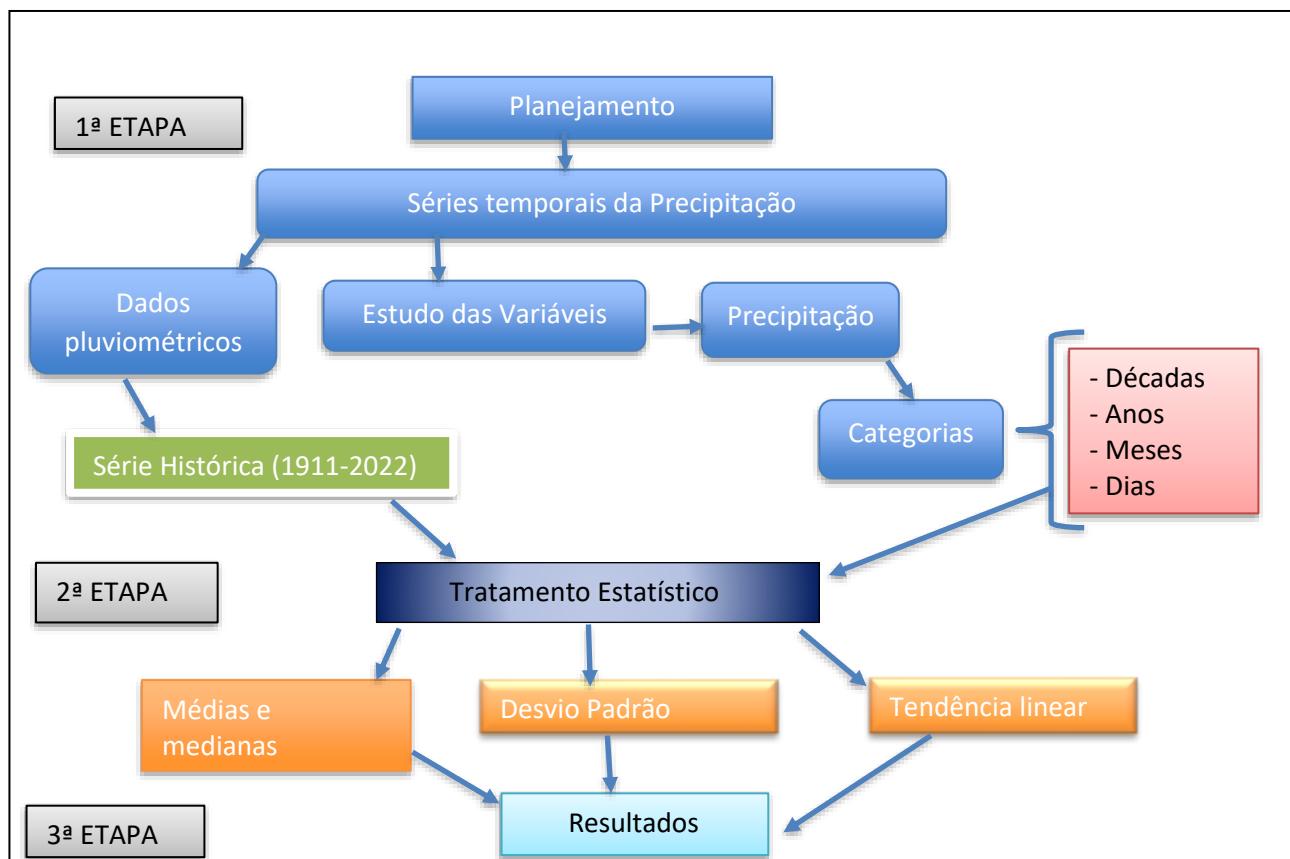


Figura 3 Fluxograma da pesquisa.

Climatologia

A climatologia da precipitação mostra que as chuvas se concentram no primeiro semestre do ano. A quadra mais chuvosa vai de fevereiro a maio (Figura 4), condizendo com o período da atuação da ZCIT no semiárido brasileiro (FRANCA, 2011). Anualmente são esperados 348,6 mm em média para Cabaceiras, 572 mm em Taperoá e 609,3 mm para Monteiro.

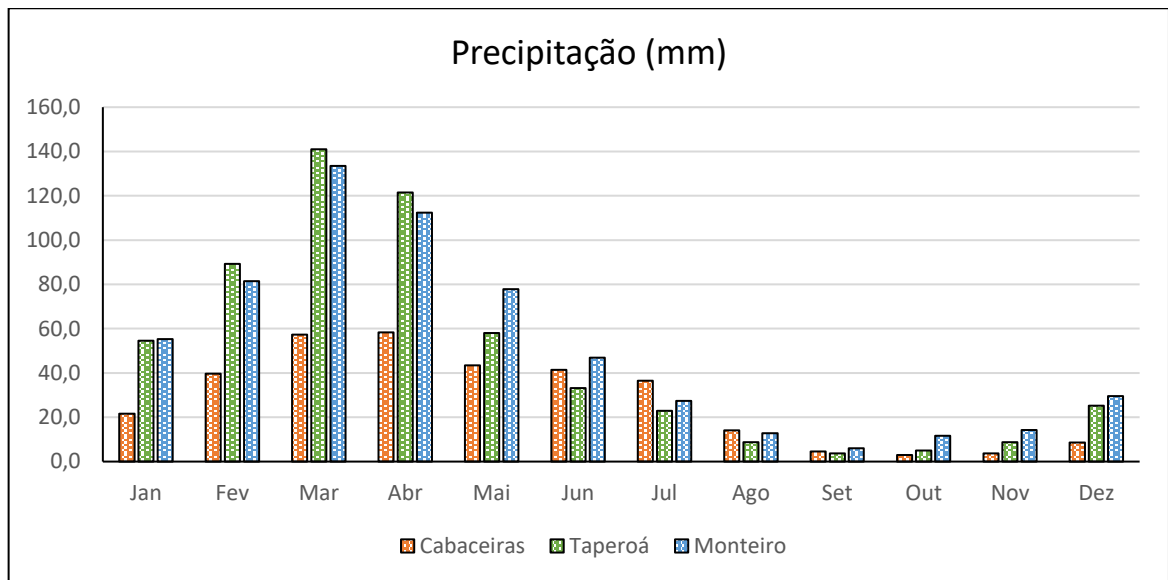


Figura 4. Médias mensais da precipitação em Cabaceiras, Taperoá e Monteiro para o período de janeiro 1911 dezembro de 2022.

Março é o mais chuvoso em Taperoá e Monteiro, com média de 141 e 133 mm respectivamente, enquanto Cabaceiras tem sua maior média registrada em abril, com 57,3 mm. Setembro é o mês mais seco em Taperoá e Monteiro enquanto em Cabaceiras outubro é o mais seco.

Em Cabaceiras por 3 vezes o mês de janeiro teve registro de chuvas acima de 100 mm (1992, 2002 e 2004). Em fevereiro, por 4 vezes apresentou acumulados superiores a 150 mm (1934, 1978 e 2004), em março por 4 vezes as chuvas foram acima de 200 mm (1935, 1981, 2008 e 2020), e em abril por 3 vezes as chuvas ficaram acima de 200 mm (1935, 1977 e 1989).

Em Taperoá por 3 vezes o mês de janeiro teve chuva superior a 200 mm (1914, 2002, 2004 e 2022), em fevereiro por 5 vezes as chuvas superaram 250 mm. (1913, 1917, 1945, 1985 e 2019), em março as chuvas superaram os 300 mm por 12 vezes (1913, 1917, 1947, 1948, 1960, 1961, 1968, 1995, 2006, 2008, 2020 e 2022), e em abril as chuvas superaram os 300 mm por 8 vezes (1913, 1924, 1950, 1973, 1985, 2009, 2011 e 2018).

Em Monteiro por 4 vezes janeiro apresentou acumulados acima dos 200 mm (1914, 1924, 2004 e 2011), fevereiro teve por 2 vezes acumulados superiores a 250 mm (1924 e 1985), em março por 8 vezes o acumulado superou os 300 mm (1920, 1921, 1924, 1925, 1926, 1935, 1948 e 2020), e em abril por 4 vezes o acumulado superou os 300 mm (1916, 1924, 1944 e 1984).

Na análise do desvio padrão médio (Figura 5), percebe-se que a irregularidade é presente durante todos os meses da quadra chuvosa, com desvios positivos ou negativos, próximos, igual e majoritariamente superiores às média mensal da Figura 4.

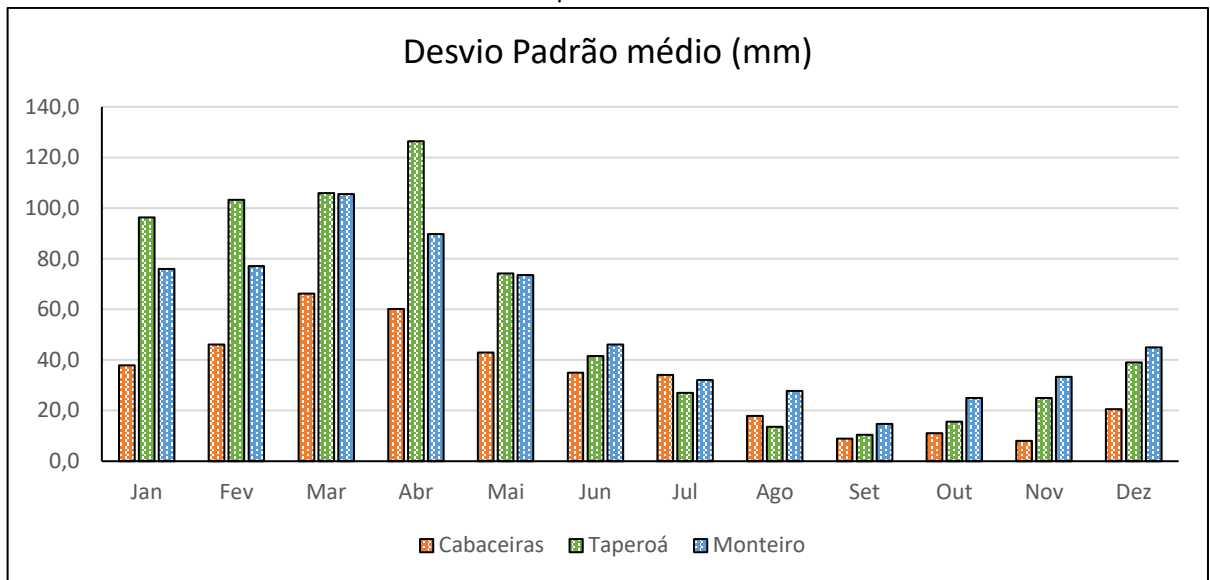


Figura 5. Desvio padrão mensal da precipitação nas cidades de Cabaceiras, Taperoá e Monteiro para o período de janeiro 1911 a dezembro de 2022.

Embora seja comum os meses da estação seca não terem registros de chuvas significativas, em dezembro de 1975 Cabaceiras teve um acumulado de 157 mm. Já nos registros de Taperoá, encontram-se outubro de 2010 com acumulado mensal de 111,9 mm, novembro de 1949 com acumulado de 213 mm e dezembro de 1972 com acumulado de 168,6 mm. No histórico de Monteiro foram registrados 160,8 mm em outubro de 2010, 246,5 mm em novembro de 1949 e 203,5 mm em dezembro de 1963. Esses dados mostram que até mesmo na estação seca pode haver eventos expressivos de precipitação. A Figura 6 demonstra os valores máximos absolutos registrados por mês em cada município.

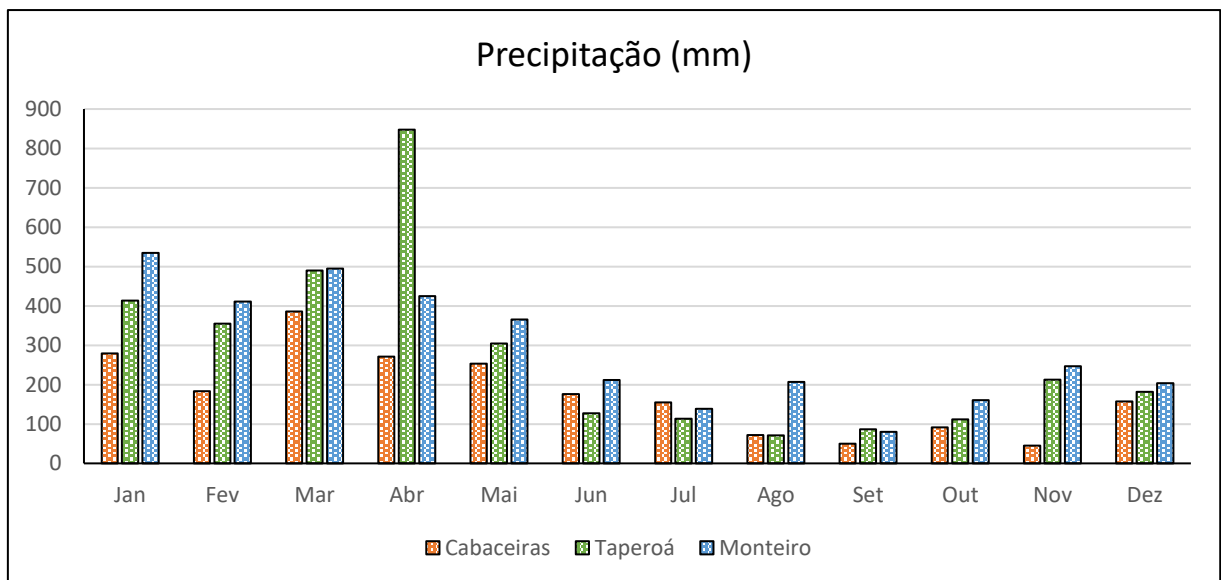


Figura 6. Precipitação máxima absoluta registrada para cada mês nas cidades de Cabaceiras, Taperoá e Monteiro para o período de janeiro 1911 a dezembro de 2022.

Análises em décadas

Analisando o histórico em décadas percebe-se uma grande variação ao longo do último século. Em Cabaceiras, a variação chegou a 428,7 mm (ou 709%) entre a década mais seca (1950) e a década mais chuvosa (2000). A mediana também variou seguindo a tendência da média, entretanto foi maior na década de 1960. A variação do desvio padrão superou ou igualou a média na maioria das décadas

indicando que mesmo em décadas secas pode haver anos chuvosos ou em décadas chuvosas pode haver anos muito secos, como observado na Figura 7.

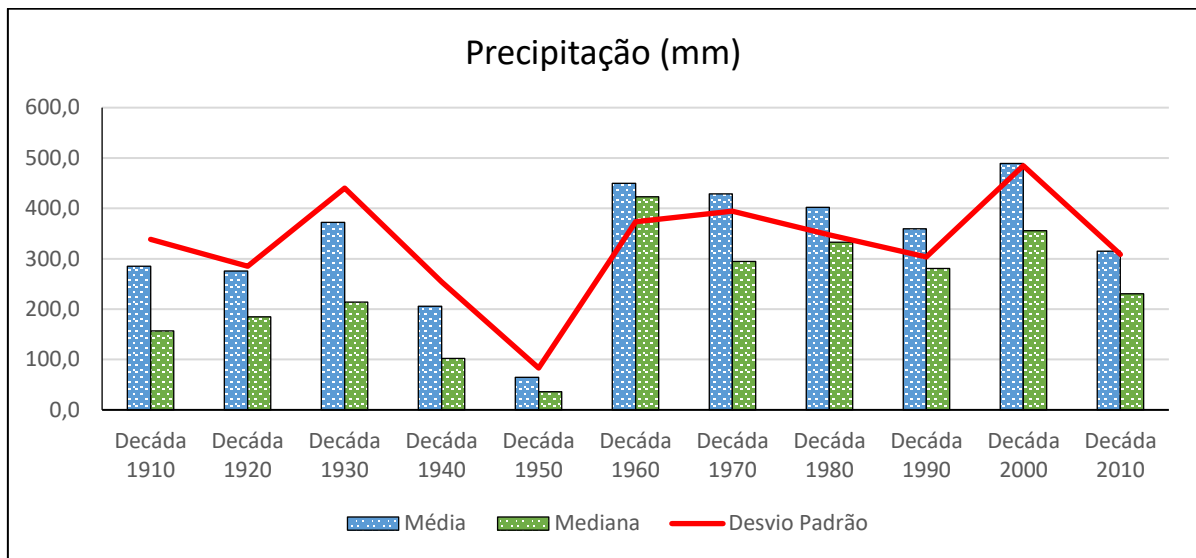


Figura 7. Médias, medianas e desvio padrão em Cabaceiras para as décadas entre 1911 e 2020.

Em Taperoá, a variação das médias entre a década mais seca e a mais chuvosa foi de 361 mm, ou 89%, e assim como em Cabaceiras, a década de 1950 também foi a mais seca. Entretanto a década mais chuvosa foi 1910, com uma diferença de apenas 6 mm para a década de 2000. A mediana também seguiu a tendência da média, porém o pico ocorreu na década de 1970. O desvio padrão teve variação acima ou próximo das médias das décadas, com destaque para a década 1940, que possui um desvio extremamente significativo, como observado na Figura 8.

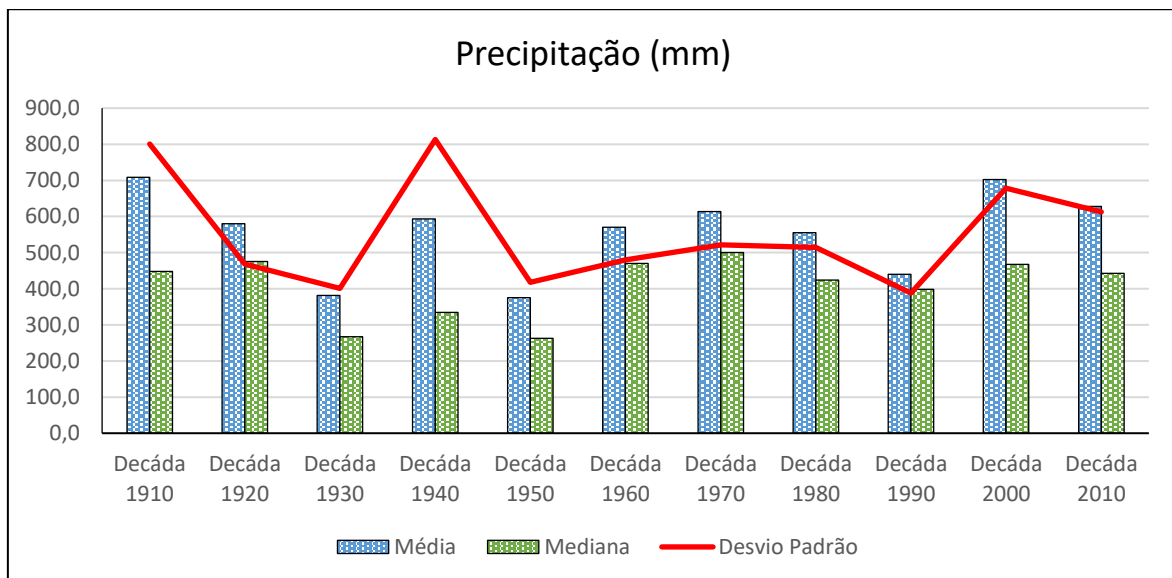


Figura 8. Médias, medianas e desvio padrão em Taperoá para as décadas entre 1911 e 2020.

Em Monteiro a década mais chuvosa foi em 1920, e diferente de Cabaceiras e Taperoá, a década mais seca ocorreu em 1930, a diferença entre as décadas foi em torno de 489,6 mm, ou 133%. A mediana seguiu a tendência da média com seu pico positivo na década de 1920, porém o pico negativo ocorreu na década de 1950. O desvio padrão foi semelhante à Cabaceiras e Taperoá: seguiu próximo, em torno e acima da média das décadas (Figura 9).

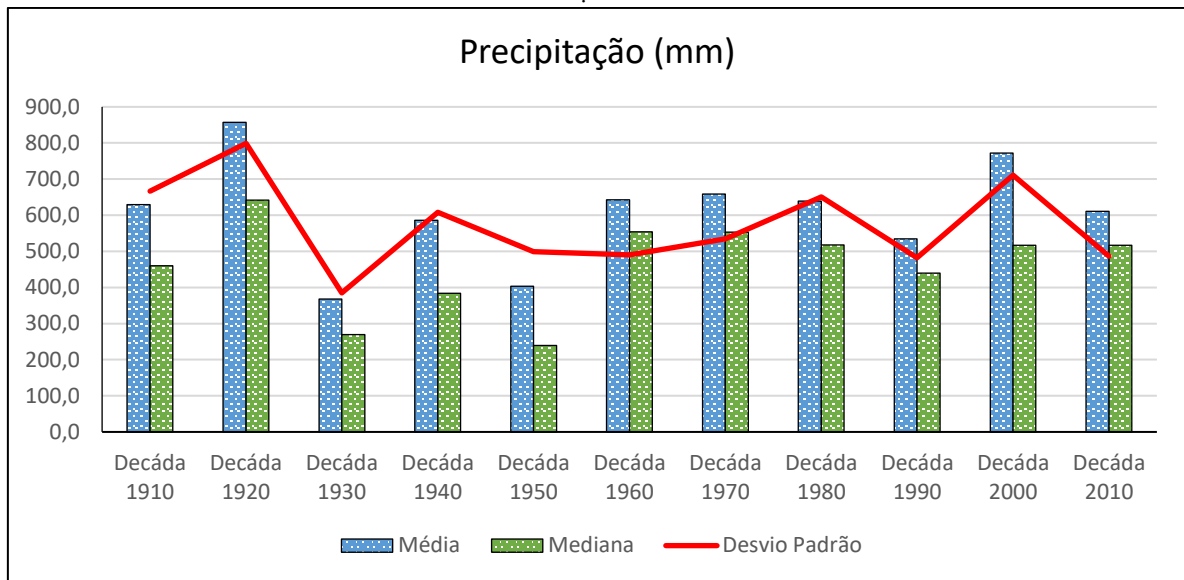


Figura 9. Médias, medianas e desvio padrão em Monteiro para as décadas entre 1911 e 2020.

Observou-se que por 5 vezes os acumulados anuais ficaram mais de 50% abaixo da média anual (1915, 1919, 1932, 1983 e 1990), e por 9 vezes os acumulados superaram os 50% acima da média anual (1934, 1940, 1985, 1989, 2008, 2009, 2011, 2020 e 2022).

Extremos por décadas

Ao analisar os anos mais secos e chuvosos por décadas em Cabaceiras, verificou-se que o ano mais chuvoso ocorreu na década de 2000, e os anos mais secos apresentaram uma tendência linear positiva, significando um aumento das precipitações gerais ao longo do século (Figura 10).

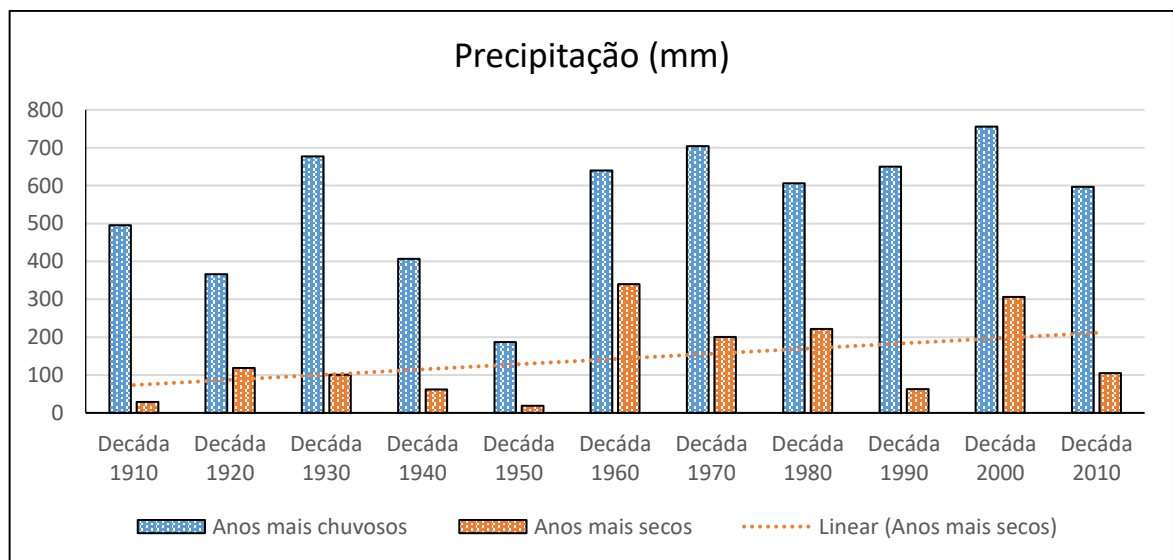


Figura 10. Anos mais chuvosos e mais secos de cada década e tendência linear para anos mais secos em Cabaceiras durante o período de 1911 a 2020.

Em Taperoá, o ano mais chuvoso ocorreu na década de 1910, entretanto o segundo ano mais chuvoso ocorreu na década de 2010, enquanto a tendência linear dos anos mais secos oscilou levemente para o negativo, significando que a grande variabilidade continua persistindo ao longo das décadas com anos muitos chuvosos e muito secos na mesma década (Figura 11).

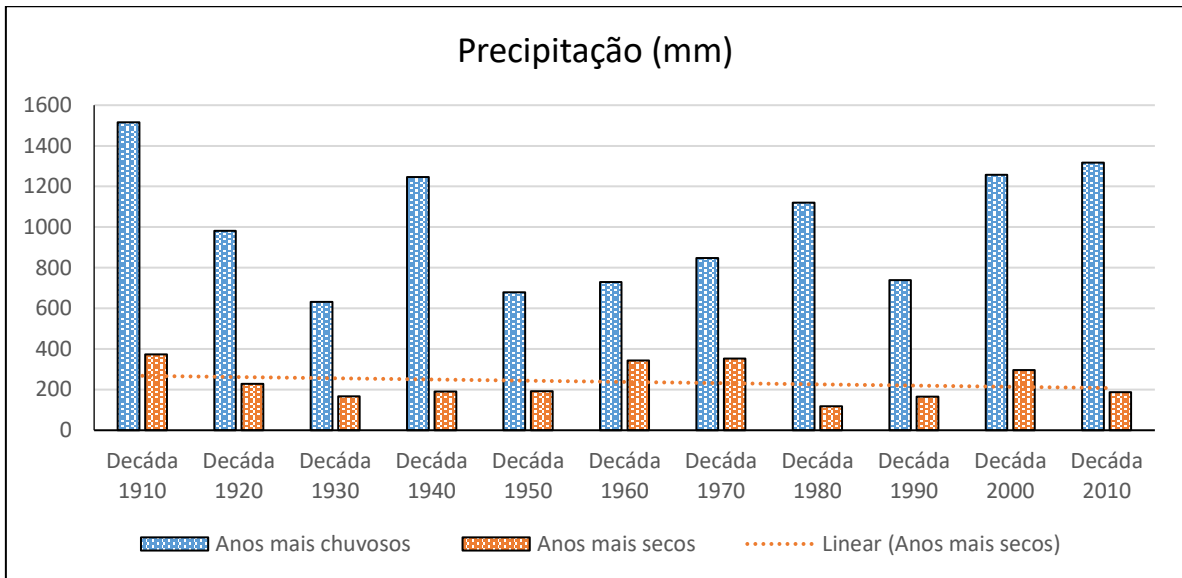


Figura 11. Anos mais chuvosos e mais secos de cada década e tendência linear para anos mais secos em Taperoá durante o período de 1911 a 2020.

Monteiro apresentou o ano mais chuvoso na década de 1920, entretanto foi vista uma estabilidade entre anos chuvosos desde a década de 1970. Os anos secos apresentaram uma tendência linear ligeiramente positiva (Figura 12).

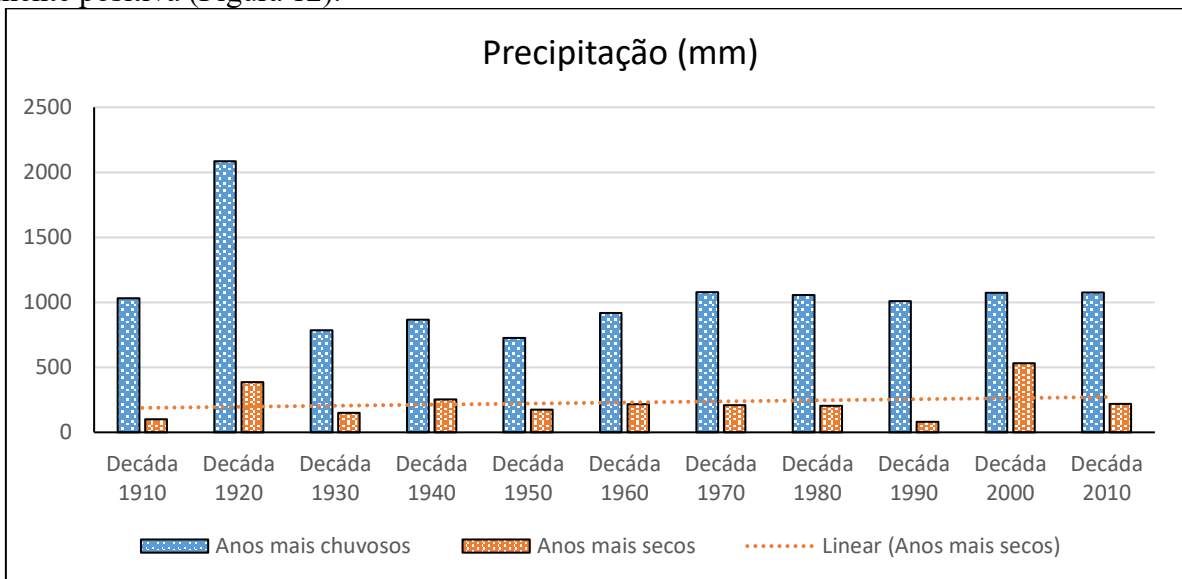


Figura 12. Anos mais chuvosos e mais secos de cada década e tendência linear para anos mais secos em Taperoá durante o período de 1911 a 2020.

3.3 Tendências anuais

Ao analisar toda a série histórica de Cabaceiras, a tendência linear demonstra um aumento das precipitações, com destaque para o ano de 2022, o ano mais chuvoso de toda a série, acumulando 810,9 mm(ou seja, 143,2% acima da média). O segundo ano mais chuvoso ocorreu em 1964, com 775,5 mm (Figura 13).

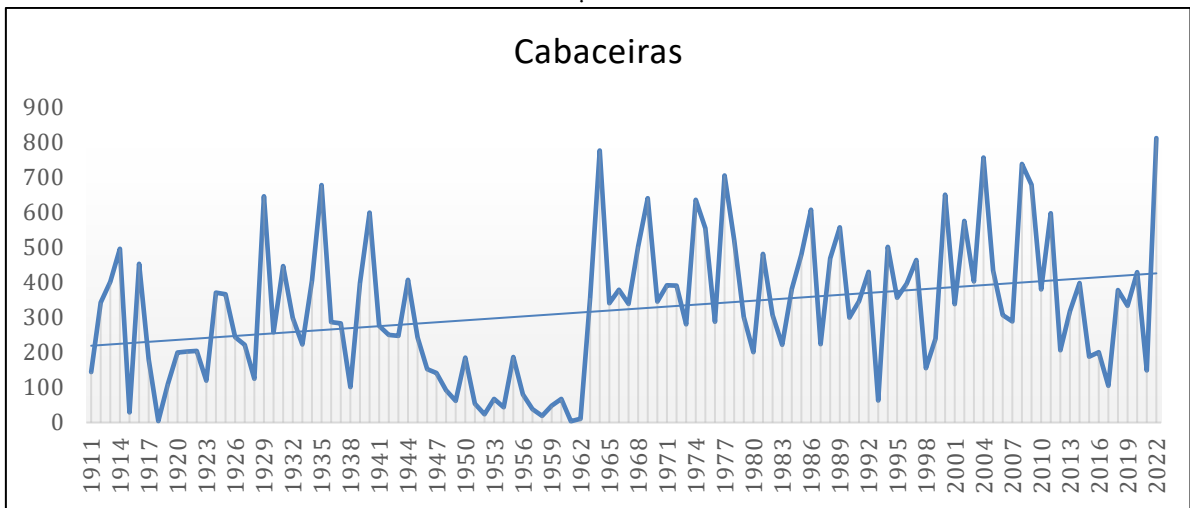


Figura 13. Precipitação anual observada em Cabaceiras para o período de janeiro de 1911 até dezembro de 2022.

Em Taperoá, a tendência linear também demonstra um aumento das precipitações, com destaque para o ano de 2011, que foi o mais chuvoso com 1317,5 mm (ou seja, 130,1% acima da média) (Figura 14).

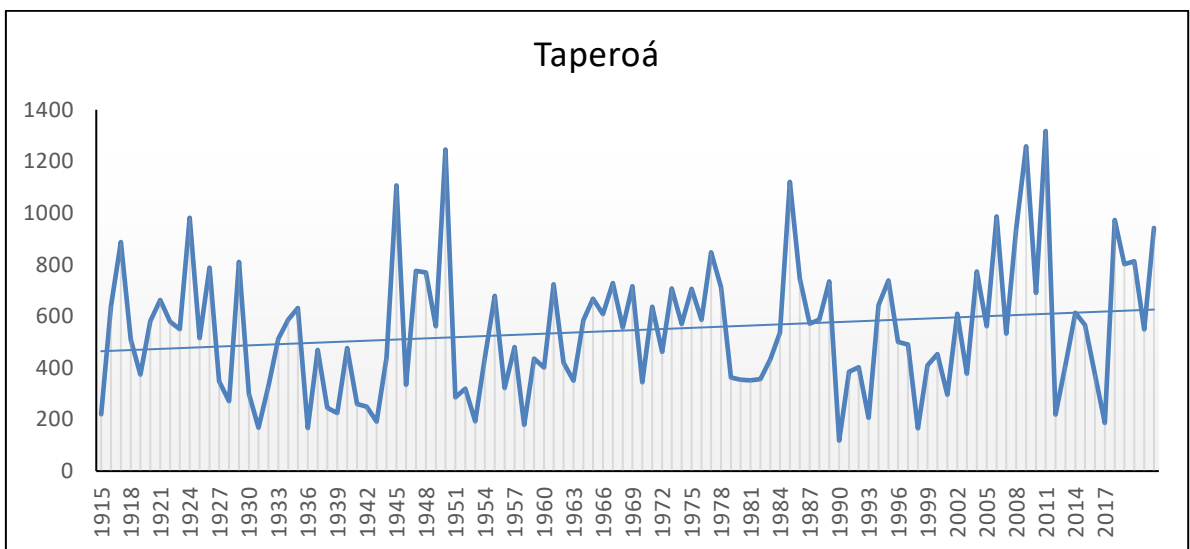


Figura 14. Precipitação anual observada em Taperoá para o período de janeiro de 1911 até dezembro de 2022.

Em Monteiro o ano em destaque é 1924, quando choveu 2085,1 mm (ou seja, 241,7% acima da média). A tendência linear demonstrou estabilidade, sem tendências significativas ao longo das décadas (Figura 15), apesar de haver uma falha no banco de dados entre 1986 e 1993.

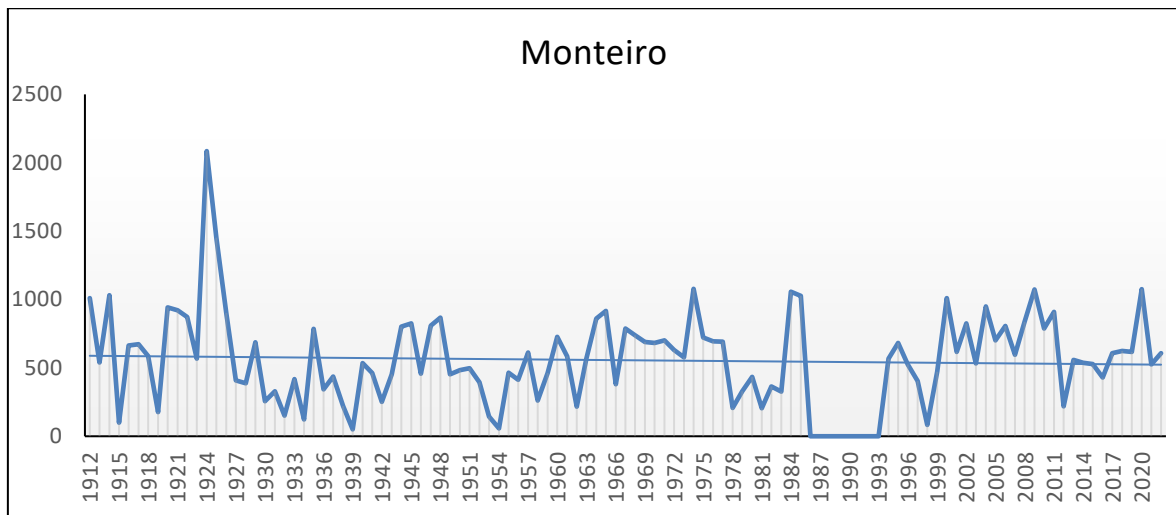


Figura 15. Precipitação anual observada em Monteiro para o período de janeiro de 1911 até dezembro de 2022.

Relação anual com o fenômeno ENOS

Quando analisamos a relação das chuvas anuais com a temperatura do oceano Pacífico central durante as fases frias, neutras e quentes do ENOS, é verificado que, apesar das condições predefinidas de tendências de que em episódios de El Niño (La Niña) as chuvas sejam abaixo (acima) da média, a irregularidade predomina, com registros de anos extremamente secos em episódios de La Niña (1956 e 2012) e de anos chuvosos com episódios de El Niño (1995 e 2010) para a microrregião do Cariri Paraibano (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 1. Relação entre a anomalia de temperatura registrada no oceano Pacífico central (Niño 3,4) para o trimestre fevereiro, março e abril (valores em azul indicam fenômeno La Niña e valores em vermelho indicam fenômeno El Niño; os demais valores significam neutralidade) e o total acumulado anual esperado em relação à média, expresso em percentil para as cidades de Cabaceiras, Taperoá e Monteiro durante a década mais seca.

Anos	Anomalia trimestral de Temperatura no Niño 3,4 (fev-mar-abr)	Cabaceiras	Taperoá	Monteiro
1950	-1,2	55,6%	217,7%	72,0%
1951	-0,2	16,0%	50,0%	73,9%
1952	0,3	7,2%	55,7%	58,8%
1953	0,6	20,1%	33,7%	21,3%
1954	0	13,0%	76,6%	8,6%
1955	-0,7	56,2%	118,6%	69,1%
1956	-0,6	24,0%	56,1%	61,5%
1957	0,4	11,5%	83,8%	90,9%
1958	1,3	5,7%	31,2%	39,0%
1959	0,5	14,6%	76,1%	68,7%
1960	-0,1	20,2%	70,1%	108,0%

Fonte: As temperaturas do oceano Pacífico são disponibilizadas em https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php.

Tabela 2. Relação entre a anomalia de temperatura registrada no oceano Pacífico central (Niño 3,4) para o trimestre fevereiro, março e abril (valores em azul indicam fenômeno La Niña e valores em vermelho indicam fenômeno El Niño; os demais valores significam neutralidade) e o total acumulado anual esperado em relação à média, expresso em percentil para as cidades de Cabaceiras, Taperoá e Monteiro durante a década mais chuvosa.

Anos	Anomalia trimestral da Temperatura no Niño 3,4 (fev-mar-abr)	Cabaceiras	Taperoá	Monteiro
2000	-1,1	195,3%	79,1%	165,6%
2001	-0,4	101,5%	51,6%	101,0%
2002	0,1	172,6%	106,5%	135,1%
2003	0,4	120,9%	65,9%	87,3%
2004	0,2	227,1%	135,0%	155,5%
2005	0,4	130,1%	98,0%	115,0%
2006	-0,6	92,1%	172,3%	132,1%
2007	-0,1	86,6%	93,1%	97,6%
2008	-1,3	221,4%	163,8%	137,2%
2009	-0,6	203,7%	219,8%	175,9%
2010	0,8	114,1%	120,6%	128,9%

Fonte: As temperaturas do oceano Pacífico são disponibilizadas em https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php.

Tabela 3. Relação entre a anomalia de temperatura registrada no oceano Pacífico central (Niño 3,4) para o trimestre fevereiro, março e abril (valores em azul indicam fenômeno La Niña e valores em vermelho indicam fenômeno El Niño; os demais valores significam neutralidade) e o total acumulado anual esperado em relação à média, expresso em percentil para as cidades de Cabaceiras, Taperoá e Monteiro durante os anos mais recentes (2011-2022).

Anos	Anomalia trimestral da Temperatura no Niño 3,4 (fev-mar-abr)	Cabaceiras	Taperoá	Monteiro
2011	-0,9	179,3%	230,1%	149,0%
2012	-0,6	61,9%	38,2%	35,8%
2013	-0,3	95,4%	71,9%	91,5%
2014	-0,3	119,4%	107,1%	87,9%
2015	0,5	56,5%	98,8%	86,3%
2016	1,6	60,3%	65,5%	70,6%
2017	0,1	31,5%	32,6%	99,6%
2018	-0,7	113,6%	169,9%	102,2%
2019	0,7	99,9%	140,1%	101,1%
2020	0,4	128,8%	141,9%	154,5%
2021	-0,8	44,6%	95,8%	75,5%
2022	-1	217,8%	164,6%	87,2%

Fonte: As temperaturas do oceano Pacífico são disponibilizadas em https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php.

Análises diárias

O número de dias com chuva apresentou um aumento em todas as três cidades, seguindo tendências semelhantes ao longo do último século, sendo a década de 1950 com os menos dias com chuvas, corroborando com os resultados já apresentados de ter sido a década mais seca da série (Figura 16).

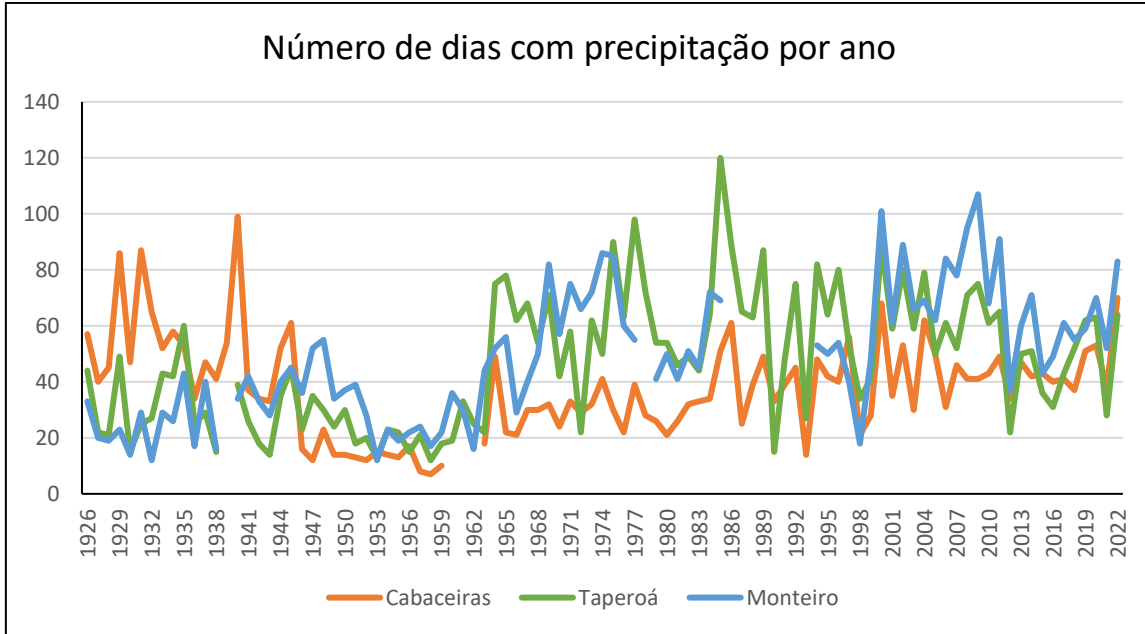


Figura 16. Número de dias com precipitação para o período de janeiro de 1926 a dezembro de 2022 em Cabaceiras (laranja), Taperoá (verde) e Monteiro (azul).

Precipitações Expressivas

Quando são observadas as precipitações mais expressivas em um período de 24 horas durante as décadas, verifica-se que os eventos ≥ 50 mm e < 100 mm seguem uma tendência positiva em Cabaceiras, assemelhando-se às tendências de aumento nas precipitações expressas nas Figuras 13 e 14. A década de 1950 teve as menores ocorrências, enquanto a década 2000 teve as maiores (Figura 17).

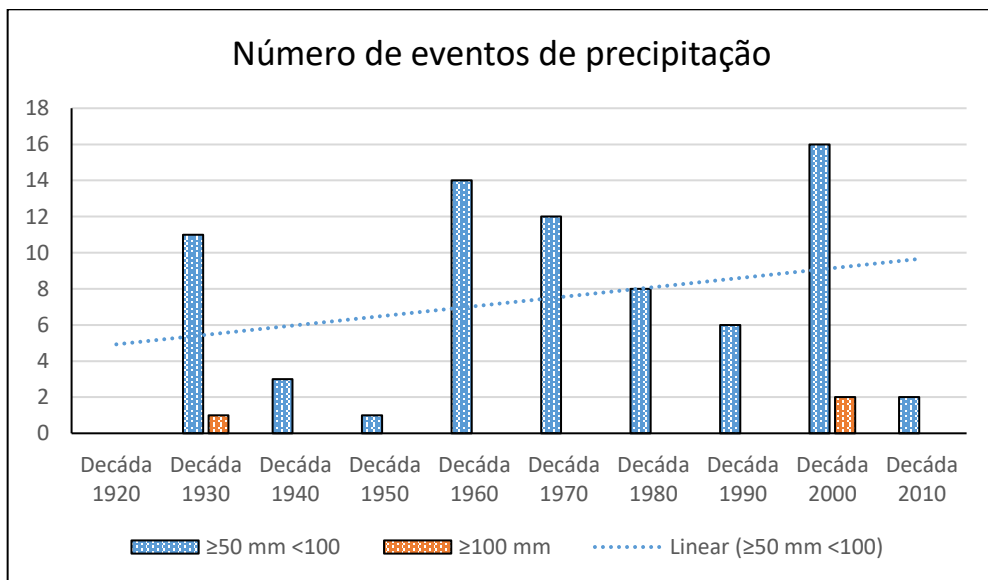


Figura 17. Número de eventos de chuvas em 24 horas ≥ 50 mm e < 100 mm e ≥ 100 mm por décadas e tendência linear para eventos ≥ 50 mm e < 100 mm em Cabaceiras durante o período de janeiro de 1926 a dezembro de 2020.

As precipitações ≥ 50 mm e < 100 mm também seguem uma tendência de crescimento para Taperoá, com maior ocorrência na década de 2000. Entretanto, para eventos ≥ 100 mm, a década de 2010 teve o maior número de ocorrências (Figura 18).

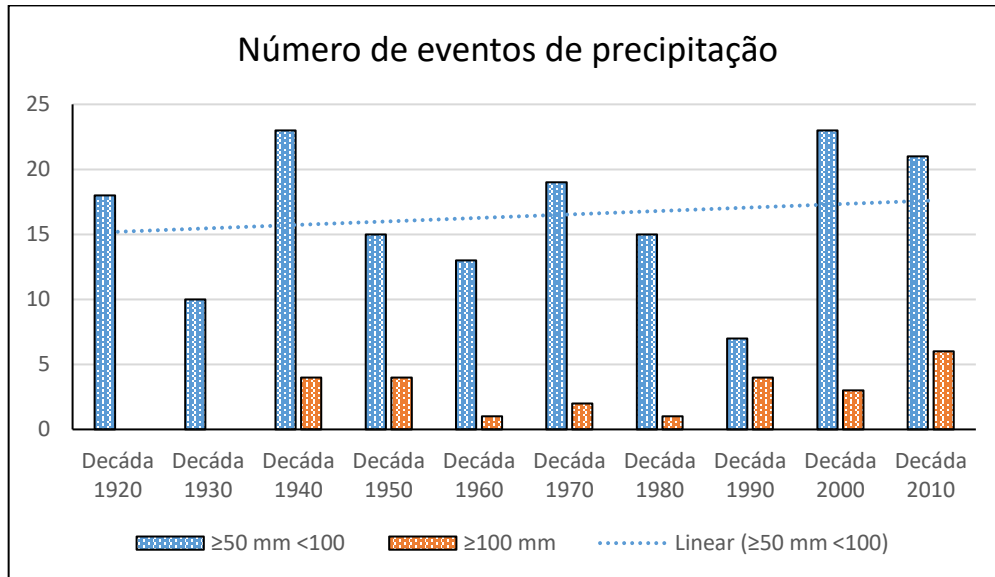


Figura 18. Número de eventos de chuvas em 24 horas ≥ 50 mm e < 100 mm e ≥ 100 mm por décadas e tendência linear para eventos ≥ 50 mm e < 100 mm em Taperoá durante o período de janeiro de 1926 a dezembro de 2020.

Monteiro, de forma semelhante à Cabaceiras e Taperoá, também apresenta tendência de aumento de precipitações ≥ 50 mm e < 100 mm, sendo a década de 2010 com maior ocorrência. As chuvas ≥ 100 mm não tiveram aumento ou diminuição significativa (Figura 19).

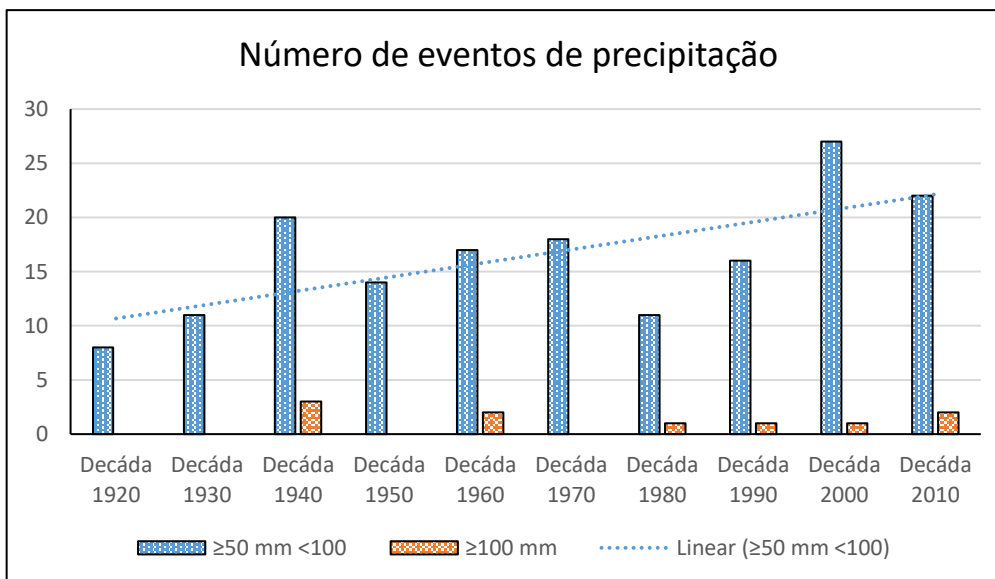


Figura 19. Número de eventos de chuvas em 24 horas ≥ 50 mm e < 100 mm e ≥ 100 mm por décadas e tendência linear para eventos ≥ 50 mm e < 100 mm em Monteiro durante o período de janeiro de 1926 a dezembro de 2020.

Reflexões práticas sobre os resultados

Os resultados mostram a importância de se analisar uma longa série de dados para se falar sobre mudanças climáticas, especialmente no Nordeste brasileiro. Os resultados também demonstraram que as precipitações no cariri paraibano vêm passando por variabilidade de ciclos interdecadais e interanuais corroborando com os resultados encontrados por Molion (2007).

Apesar dos ciclos de altas e baixas nas precipitações, as tendências encontradas são positivas para Cabaceiras e levemente positivas para Taperoá. Apenas Monteiro demonstrou estabilidade ao longo da série, contrariando o dito popular da população local de que as chuvas estão se reduzindo no semiárido paraibano em relação as décadas passadas, embora Costa et al. (2020), em sua pesquisa a nível de Nordeste, encontrou tendências negativas e levemente negativas na maior parte da região.

As tendências de aumento das precipitações e número de dias com chuvas também não podem ser consideradas como mudanças climáticas. É necessário observar o comportamento das próximas décadas para um melhor diagnóstico.

As zonas urbanas precisam estar preparadas para receberem chuvas superiores a 50 e 100 mm em 24 horas, pois são comuns chuvas dessas intensidades acontecerem pelo menos duas vezes ou mais no ano em Taperoá e Monteiro, até mesmo em anos com chuvas abaixo da média. Chuvas nessas intensidades costumam provocar prejuízos materiais para as populações mais vulneráveis, sendo necessário um planejamento urbano que comporte esses altos volumes.

A população sertaneja precisa se adequar e compreender que a variabilidade da precipitação é comum, seja mensal ou anual, seja em anos com chuvas abaixo ou acima da média, e que todos os meses da estação chuvosa estão sujeitos a veranicos (intervalos das chuvas) e eventos extremos. Guimarães e Sans (2007) chegaram em conclusão similar quando analisaram uma série de 107 anos para cidades sertanejas da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Nesta compreensão a população caririzeira que depende da agricultura familiar pode fazer seu planejamento anual de uma forma mais segura sem precisar abandonar sua terra com o empirismo equivocado de chuvas cada vez mais escassas em relação às décadas anteriores.

CONCLUSÕES

A precipitação média da série analisada para Cabaceiras é 348,6 mm, para Taperoá é 572 mm e para Monteiro é 609,3 mm. A estação chuvosa concentra-se entre fevereiro e abril, sendo março o mês mais chuvoso. O desvio padrão apresentou-se superior às médias; ou seja, é extremamente variável positivamente e negativamente para os 3 municípios em estudo mesmo dentro da estação chuvosa.

A variabilidade continua presente ao longo do último século nas precipitações dos municípios analisados, sendo as décadas de 1910, 1920 e 2000 as mais chuvosas em média, e as décadas de 1930 e 1950 as mais secas. Os picos positivos de anos com acumulados acima de 1000 mm ocorreram em Taperoá e Monteiro, já os picos negativos abaixo de 100 mm anuais ocorreram nos 3 municípios analisados.

As tendências lineares em décadas dos anos mais secos apresentou-se positiva de 87 para 202 mm em Cabaceiras, negativa de 250 para 210 mm em Taperoá e, em Monteiro, positiva de 220 para 250 mm. Na análise de todo o histórico, anualmente a tendência linear apresentou-se muito positiva para Cabaceiras partindo de 250 mm em média para aproximadamente 400 mm, semelhante a Cabaceiras. Em Taperoá a tendência linear também é positiva, de 450 mm em média para aproximadamente 600 mm. Monteiro apresentou estabilidade semelhante à média da série (609,3 mm).

Na análise em conjunto com a anomalia da temperatura do oceano Pacífico central percebe-se que, apesar das tendências predefinidas para eventos de La Niña e El Niño, a variabilidade se encontra presente, com ocorrências de anos chuvosos em eventos de El Niño e de anos secos em eventos de La Niña, portanto as variações do oceano Atlântico são outro fator determinante para a quadra chuvosa do semiárido.

Quando analisados os dados diários, foi observado um aumento do número de dias com ocorrência de chuvas nos 3 municípios, seguindo a tendência linear da série. A intensidade das chuvas em 24 horas acima de 50 mm apresentou um aumento de 5 para 9 eventos em média por década em Cabaceiras, sendo registrado um pico de 16 eventos na década de 2000. Taperoá apresentou um aumento de 15 para 17 eventos em média, com um pico de 23 na década de 1940 e de 2000, e Monteiro apresentou um aumento de 11 para 22 eventos, com um pico de 27 na década de 2000. Os eventos acima de 100 mm em 24 horas apresentaram estabilidade ao longo das décadas nos 3 municípios.

Analisar a climatologia da precipitação com uma série longa de dados é muito importante para representar um cenário fidedigno da região e para compreender a variabilidade e as mudanças climáticas. Os resultados encontrados, de aumento médio na precipitação, não podem ser consideradas mudanças climáticas, mais sim uma repetição das variabilidades cíclicas já ocorridas ao longo das décadas, fato que não isenta os cuidados da gestão pública e os processos de mitigação dos órgãos responsáveis na prevenção de longas estiagens. Além disso, é necessária a conscientização por parte da população sobre o uso racional da água proveniente das chuvas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, H. A; MEDEIROS, E. A. Variabilidade no regime pluvial em duas mesorregiões da Paraíba e sua relação com o fenômeno El Niño Oscilação Sul. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 177-185, 2017.

ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P.C Variabilidade, tendência, anomalia e mudança climática. **Material didático de uso na disciplina LCE**, v. 30, 2010.

AVEN, Terje; RENN, Ortwin. An evaluation of the treatment of risk and uncertainties in the IPCC reports on climate change. **Risk Analysis**, v. 35, n. 4, p. 701-712, 2015.

AYADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 12 ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2007.

CABRAL JUNIOR, J. B.; LUCENA, R. L. Análise estatística da precipitação e temperatura do ar em ambientes semiáridos. **Entrelugar**, v.13, n.24, 2021.

COELHO, M. S; GAN, M. A.; CONFORTE, J. C. Estudo da variabilidade da posição e da nebulosidade associada à ZCIT do atlântico, durante a estação chuvosa de 1998 e 1999 no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 1, p. 23-34, 2004.

COSTA, R. L. et al. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. **Weather and Climate Extremes**, v. 28, p. 100254, 2020.

FRANCA, R. R. Climatologia das chuvas em Rondônia–período 1981-2011. **Revista Geografias**, p. 44-58, 2015.

GUIMARÃES, D. P; SANS, L. M. Análise temporal da distribuição de chuvas no Sertão Nordeste. **Congr. Bras. Agrometeor**, v. 15, 2007.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, et. al. (org.) **tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficinas de textos, 2009.

LOPES, Renato Francisco Cândido. Efeitos da TSM dos oceanos Atlântico e Pacífico tropicais sobre o vento no Estado da Paraíba. 2022. 68 fl. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2022. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/27222>

MEDEIROS, E. A; ALMEIDA, H. A. Variabilidade no regime pluvial na zona da mata e agreste araibano na estiagem de 2012-2016. **Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**. Campina Grande, 2017

MEDEIROS, Raimundo Mainar De et al.. **Variabilidade de chuvas e demanda de água para o município de cabaceiras – pb**. Anais I CONIDIS... Campina Grande: Realize Editora, 2016. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/24254>>. Acesso em: 02/02/2023 12:53

MELO, J. C. O fenômeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. **Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas**, n. 20, p. 13-21, 1999.

MOLION, L. C. B. Desmistificando o aquecimento global. **Intergeo**, v. 5, p. 13-20, 2007.

MOLION, L. C. B. Gênese do El Niño. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017.

OLIVEIRA, L. L. de.; VIANELLO, R. L.; FERREIRA, N. J. **Meteorologia Fundamental**. Erechim: EdiFAPES, 2001.

PÖRTNER, Hans-Otto et al. Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. **IPCC Sixth Assessment Report**, 2022.

REBELLO, E. R.G; DINIZ. F.A; SILVA, J. F; SALES, N. D; NASCIMENTO, F.A; RAPOSO. K. L; ALVES, D. ADRIANO, I. V. L. **Ocorrência de Chuvas Máximas em Cabaceiras-PB** (Cidade mais SECA do Brasil) e os Eventos de Chuvas Máximas em 24 Horas Ocorridos em Março de 2008. 2008.

REIS, J. S. **Características dinâmicas e termodinâmicas dos vórtices ciclônicos de altos níveis no Nordeste do Brasil**. 2018. Dissertação de Mestrado. Brasil.

RIND, D.; GOLDBERG, R.; RUEDY, R. Change in climate variability in the 21st century. **Climatic change**, v. 14, n. 1, p. 5-37, 1989.

SANTORO, Fernando Paulin. Análise de variabilidade da Zona de Convergência Intertropical através de dados de satélites. 2022. 38 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia do Mar) - Instituto do Mar, Universidade Federal de São Paulo, Santos, 2022.

SENN, M. C. a; FRANÇA, B; PEREIRA, M. F; et al. Impact of Oceanic Oscillations in Annual Trends of Precipitation Extremes in the Paraíba do Sul River Basin Assessed Based on the PSL Daily Gridded Precipitation Dataset, 16 March 2022, PREPRINT (Version 1) available at **Research Square** [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1389704/v1>].

SUN, Ying et al. How often will it rain?. **Journal of Climate**, v. 20, n. 19, p. 4801-4818, 2007.

TORRES, F. T.; MACHADO, P. J. de. O. **Introdução a climatologia**. São Paulo. Cengage Learning, 2011.

VICENT, L. A.; PETERSON, T. C.; BARROS, V. R.; MARINO, M. B.; RUSTICUCCI, M.; CARRASCO, G.; RAMIREZ, E.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; BERLATO, M. A.; GRIMM, A. M. MARENGO, J. A.; MOLION, L.; MONCUNIL, D. F.; REBELLO, E.; ANUNCIAÇÃO, Y. M. T.; QUINTANA J.; SOARES, J. L.; BAEL, J.; CORONEL, G.; GARCIA, J.; TREBEJO, I.; BIDEGAIN, M.; HAYLOCK, M. R.; KAROLY, D. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South American 1960-2000. **Jornal of climate**, 18: 5011-5023; 2005.

YE, X.; LI, X.; XU, C. & ZHANG, Q. Similarity, difference and correlation of meteorological and hydrological drought indices in a humid climate region – the Poyang Lake Catchment China. **Hydrological Res** 47(6): 1211-1223.