

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO MUNICÍPIO DE
PETROLINA– PE ENTRE OS ANOS DE 1973-2021**

ANALYSIS OF CLIMATE VARIABILITY FOR THE CITY OF PETROLINA (PERNAMBUCO, BRAZIL)
BETWEEN THE YEARS 1973-2021

Franciele de Oliveira Pimentel

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências.
Av. Antônio Carlos nº 6.627
Pampulha, 31270-90, Belo Horizonte, MG – Brasil
franpimentel@cefetmg.br

Wellington Lopes Assis

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências.
Av. Antônio Carlos nº 6.627
Pampulha, 31270-90, Belo Horizonte, MG – Brasil
assisw@gmail.com

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo analisar a variabilidade da precipitação e da temperatura no município de Petrolina (PE) dentro de um recorte temporal de 48 anos (1973-2021). Foi aplicada a classificação de anos-padrão para verificar quanto os fenômenos oceânico-atmosféricos de curto prazo como ENOS e Dipolo do Atlântico contribuíram para as anomalias climáticas observadas no período. Para a realização da pesquisa, foram utilizados dados da estação meteorológica do INMET 82983 e da estação agrometeorológica da Embrapa Semiárido. Os dados foram tabulados no *software* Excel onde foram realizados tratamentos estatísticos, criação de gráficos e tabelas, e aplicação do teste de Mann Kendall com a finalidade de analisar a existência de tendências significativas na série histórica. O teste indicou tendência de diminuição da precipitação e aumento das médias térmicas. Os resultados evidenciaram uma expressiva variabilidade nos totais pluviométricos do município. O estudo também confirmou que nem todos os episódios de seca estiveram associados ao El Niño, e nem todos o anos que a precipitação esteve acima do esperado esteve relacionado com a La Niña. Entretanto, a maioria dos episódios de El Niño tiveram relação com os anos secos. Além disso, o estudo demonstrou que os episódios de ENOS associados ao Dipolo do Atlântico potencializaram a variabilidade climática e as ocorrências de anos fora do padrão dito “habitual”.

Palavras-chave: Variabilidade; Petrolina; Temperatura e Precipitação.

ABSTRACT

This article aims to analyze the variability of precipitation and temperature for the city of Petrolina (PE) during the period of 48 years (1973-2021). It was applied the classification of standard years methodology to verify how short-term oceanic-atmospheric phenomena such as ENSO and Atlantic Dipole contributed to the climatic anomalies observed in the period studied. To carry out this research, data from the INMET 82983 meteorological station and the Embrapa Semiárido agrometeorological station were used. The data were tabulated in Excel software and statistical treatments were performed, graphs and tables were created, and the Mann Kendall test were applied to analyze the existence of significant trends in the historical series. The test indicated a tendency of decreasing precipitation and increasing thermal averages. The results showed an expressive variability in the total rainfall in the city researched. The study also confirmed that not all drought episodes were associated with El Niño and all years with rainfall higher than expected were not related to La Niña. However, most El Niño episodes were related to dry years. In addition, the study also demonstrated that ENSO episodes associated with the Atlantic Dipole contributed to the climate variability and the occurrence of period of years different from the “usual” pattern.

Keywords: Variability; Petrolina; Temperature and Precipitation.

1. Introdução

É sabido que o clima do semiárido brasileiro apresenta acentuada variabilidade climática, tanto espacial quanto temporal, evidentemente na má distribuição da precipitação. Nesta região a preocupação com as mudanças climáticas se tornam mais emergente, sobretudo por apresentar enorme irregularidade na distribuição da precipitação. Tal fato, faz com que muitos estudos sejam

realizados enfocando os diversos mecanismos responsáveis pela variabilidade das chuvas. No entanto, a temperatura por não apresentar variações tão acentuadas, não é muito estudada.

De acordo com a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) os critérios para a delimitação do semiárido brasileiro é a precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm; índice de aridez de Thornthwaite e Mather igual ou inferior a 0,50 e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano. Dadas estas características, 1.262 municípios dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais fazem parte dessa delimitação. Entre eles está o município de Petrolina, que se encontra conurbada com a cidade de Juazeiro na Bahia. Os dois municípios vizinhos são os principais integrantes da Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento (RIDE) do Polo Petrolina e Juazeiro, que vem se destacando na produção intensiva de fruticultura irrigada, sobretudo a partir da década de 60 quando o Governo Federal realizou maciços investimentos em perímetros irrigados no Nordeste (AZEVEDO; ALVES, 2010).

A combinação das alterações do clima na forma de ausência ou escassez de chuva, acompanhada de altas temperaturas e altas taxas de evaporação com competição por recursos hídricos, afeta principalmente população mais vulnerável do semiárido do Nordeste (MARENGO *et al*, 2011). Segundo Ab´Saber (2003), é a região com condições de semiaridez mais povoada no mundo.

Dessa forma , analisar a variabilidade climática de determinada área vem se tornando cada vez mais importante, sobretudo quando parte das atividades econômicas são altamente dependentes da disponibilidade dos recursos hídricos, como é o caso do município de Petrolina (PE).

O entendimento sobre os mecanismos de controle oceânico e produtores de tempo no semiárido brasileiro, perpassa pelos fenômenos de larga escala que afetam o clima local. Estes mecanismos são fundamentais, devendo ser incorporados aos estudos climáticos. Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo analisar a variabilidade da precipitação e da temperatura no município de Petrolina dentro de um recorte temporal de 48 anos (1973-2021) e verificar o quanto os fenômenos oceânico-atmosféricos de curto prazo como ENOS e Dipolo do Atlântico contribuem para essa variabilidade.

1.1. Fenômeno ENOS e o Dipolo do Atlântico

O fenômeno oceânico-atmosférico El Niño/Oscilação Sul, designado pela sigla ENOS, se trata do aquecimento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical, que se estende

desde costa do Peru até o oeste do Pacífico. Enquanto a Oscilação Sul, seria uma resposta aérea do El Niño, se configurando como uma anomalia na pressão atmosférica tropical (ARAGÃO, 1998). O maior aquecimento da temperatura superficial do mar (TSM) condiciona menor pressão atmosférica, conseqüentemente diminuindo a atuação dos ventos alísios. Além disso, há uma mudança na posição do ramo ascendente da circulação geral de Walker no Pacífico Equatorial que se desloca para o Pacífico Equatorial Leste, dividindo-se dois ramos subsidentes: um na região do Nordeste e parte da Amazônia Oriental e outro próximo a Indonésia. O ar descendente dos altos níveis da troposfera inibe a formação de nuvens nas áreas citadas, fato que vai contribuir para ocorrências de seca no Nordeste e parte da Amazônia (ARAGÃO, 1998; FERREIRA; MELO, 2005; NÓBREGA; SANTIAGO, 2014).

A La Niña, fenômeno de oposição ao El Niño, se trata do resfriamento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical, e sua consequência é o aumento da pressão atmosférica e potencialização dos ventos alísios, fato que favorece o aumento da precipitação no Nordeste e Amazônia.

O fenômeno ENOS apesar de muito investigado nas últimas décadas, ainda gera muitas controvérsias quanto a sua origem e registros da sua influência física são descritos em relatos de viajantes conquistadores desde século XVI (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2009).

Assim como o ENOS, o Dipolo do Atlântico é um fenômeno oceano-atmosférico caracterizado por uma mudança anômala na TSM do Oceano Atlântico Tropical, responsável por modificar a circulação da célula de Hadley. Enquanto as águas do Oceano Atlântico Tropical Norte estão mais quentes e as águas do Oceano Atlântico Tropical Sul estão mais frias, há movimentos subsidentes de ar frio e seco dos altos níveis da Troposfera, inibindo a formação de nuvens sobre o Nordeste, fenômeno denominado de Fase Positiva do Dipolo. Quando ocorre o contrário, as águas do Oceano Atlântico Norte estão mais frias do que o Atlântico Tropical Sul, de modo que movimentos ascendentes de ar quente favorecem a formação de nuvens sobre o Nordeste, sendo essa, a Fase Negativa do Dipolo (ARAGÃO, 1998; NÓBREGA *et al*, 2016). Essa anomalia na TSM causará influência direta na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o principal produtor de chuvas da Região Nordeste durante os meses mais chuvosos (MOLION; BERNARDO, 2002).

2. Caracterização da Área de Estudo

O município está localizado na margem esquerda do baixo-médio Rio São Francisco, sudoeste do estado de Pernambuco, localizado nas coordenadas 9°23'19.0"S e 40°31'24.0"W, altitude média de 380 metros. (Fig. 1). Faz parte da sub-região nordestina denominada Sertão.

Ab'Saber (2003) argumenta que a grande complexidade paisagística e climática da região está no fato da mesma se apresentar rodeada por áreas úmidas, e não secas como no restante das áreas semiáridas do mundo.

É um dos mais importantes polos agroindustriais brasileiros, destacando-se especialmente na produção e exportação de frutas para vários países (Embrapa Semiárido). De acordo com o IBGE, a população estimada para 2021, é de 359.327 habitantes.

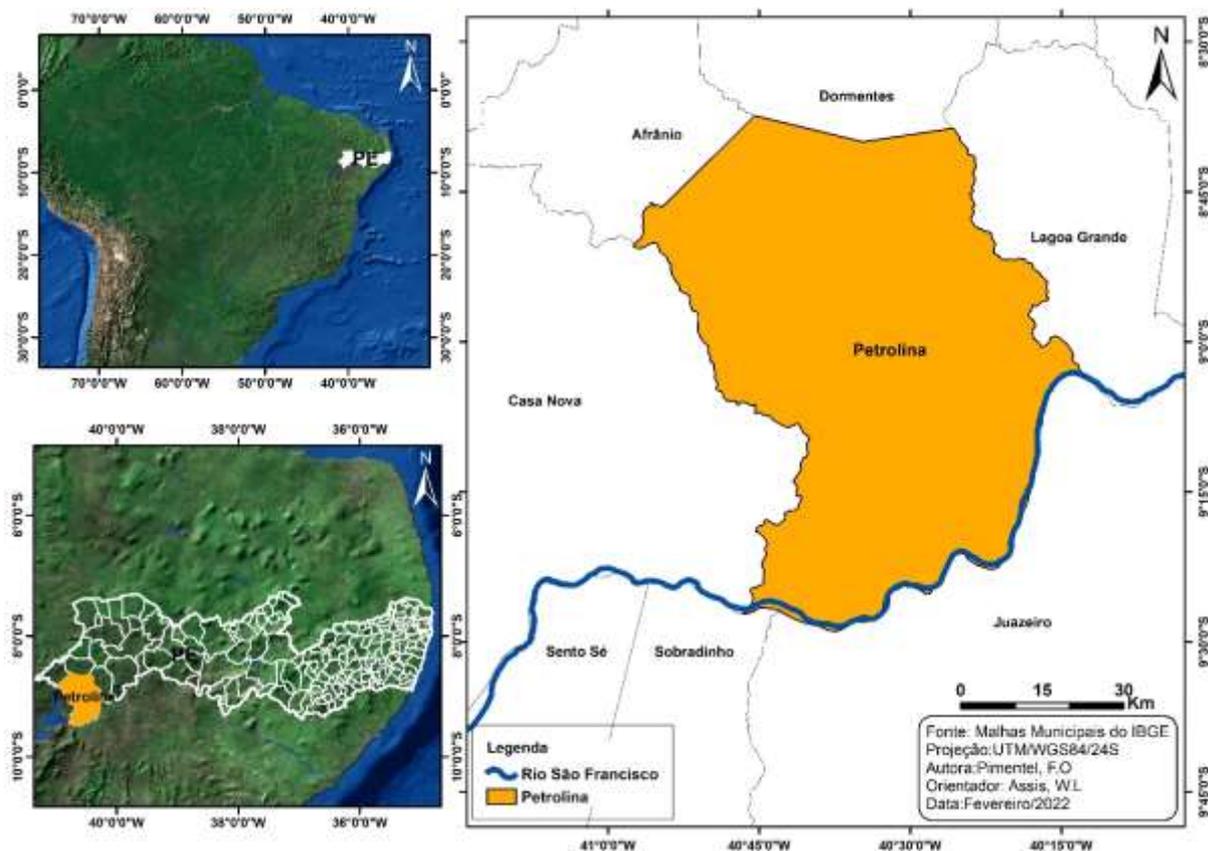


Figura 1. Mapa da Localização do Município de Petrolina – PE. Fonte: Organizado pelos autores

O relevo de Petrolina de acordo com a CODEVASF (2004) pode ser classificado como suavemente ondulados e variam em uma altitude de 274 a 500 metros de altitude. A parte mais rebaixada se encontra no sul do município, justamente no vale do Rio São Francisco.

Para caracterização climática do município de Petrolina foram utilizados os dados fornecidos pelas Normais Climatológicas do INMET de 1991-2020. Dessa forma, a partir dos gráficos presentes na figura 2, foi possível analisar a condições climáticas que o município tem evidenciado ao longo dos últimos anos.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) explicam que a distribuição das temperaturas no Brasil segue um padrão latitudinal de distribuição, associada a incidência da radiação solar no globo terrestre. O município de Petrolina por estar localizado em uma latitude baixa apresenta elevada incidência solar ao longo do ano e consequentemente, temperaturas médias anuais acima dos 26°C. O período de estiagem e o período de chuvas são bem demarcados climatologicamente. Pode ser visualizado na figura 2d que as chuvas se iniciam no mês de novembro e se mantêm até o mês de abril, justamente quando os mecanismos de grande e meso escala atuam diretamente nas condições de tempo da região, como é o caso da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

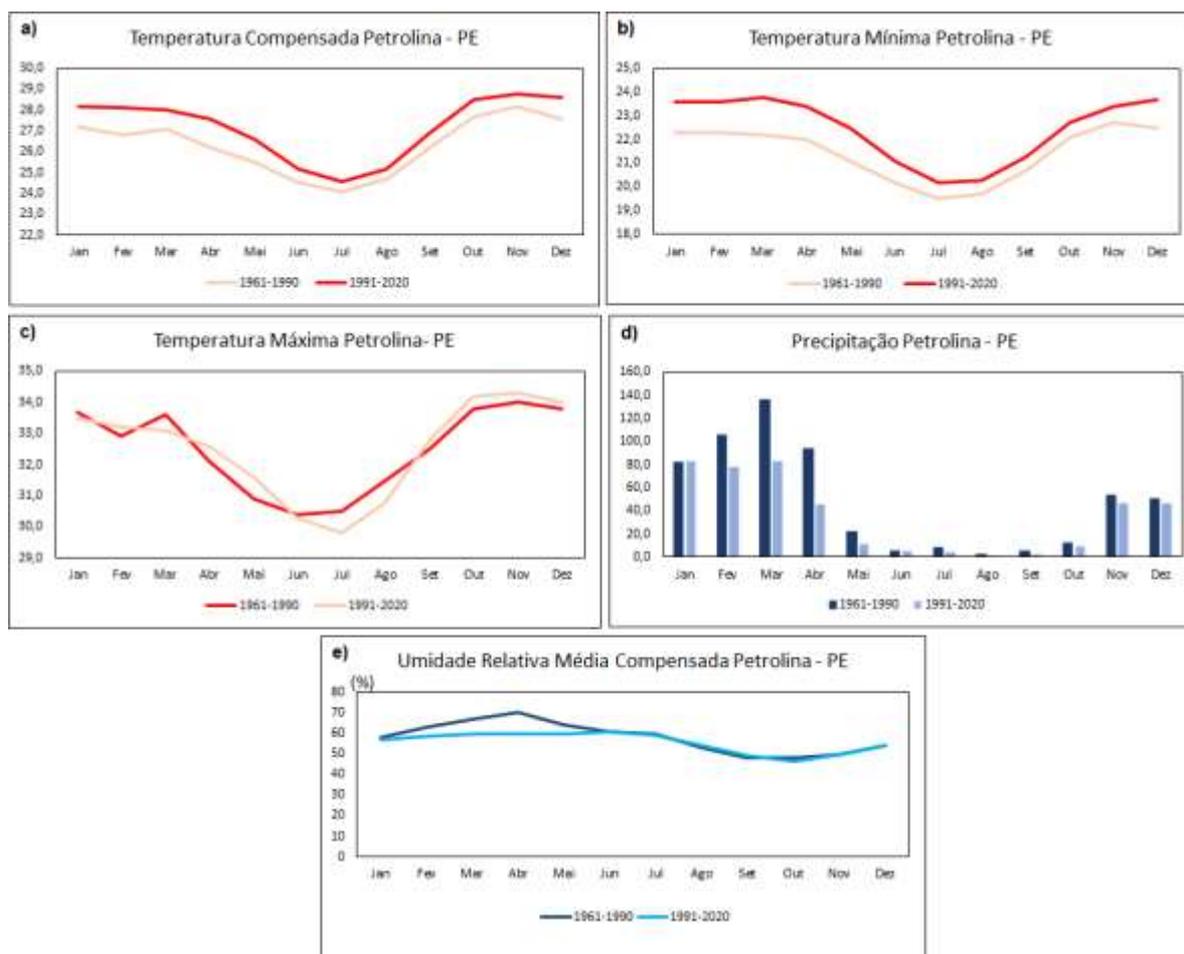


Figura 2. Gráficos das Normais Climatológicas (1961-1990) - (1991-2020). **Fonte:** Organizado pelos autores.

A partir de Maio, uma inversão de subsidência na baixa troposfera devido ao domínio da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) impede a formação de chuvas isoladas, mantendo na escassez os totais pluviométricos (MELO *et al*, 2013).

De acordo com a classificação de Köppen, a região apresenta um clima BSh do tipo semiárido. A vegetação predominante é a caatinga, este domínio morfoclimático se configura

especialmente de maneira esparsa ou fechada, dependendo das condições pluviométricas e do grau de antropização do local (REBOITA *et al*, 2016).

3. Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos iniciais foram a aquisição e tratamento dos dados de temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média compensada e precipitação do município de Petrolina (PE) junto ao site do INMET, estação meteorológica convencional 82983. Apesar do município contar com uma série de dados desde 1910, estes, apresentaram anos consecutivos com falhas. Dessa forma optou-se pelos dados a partir de 1974 até 2021. Para suporte ao preenchimento de eventuais falhas foram utilizados os dados da Estação Agrometeorológica Bebedouro da Embrapa Semiárido, localizada no município de Petrolina e situada a 40 km da estação do INMET. Esta estação, passou a operar a partir de 1975. Os dados da estação agrometeorológica estão disponíveis no site da Embrapa Semiárido e foram fundamentais para este estudo, sobretudo para o ano de 1985 em que estação do INMET não operou.

Os dados foram organizados em planilhas no software Excel onde foram feitos o preenchimentos das falhas através de regressão linear simples. Em seguida, utilizou-se o recurso da tabela dinâmica para o cálculo das médias anuais e mensais das temperaturas máxima, mínima e compensadas, além dos totais mensais e anuais da precipitação. Na sequência, foram aplicadas as estatísticas básicas descritivas como média, mediana, desvio padrão e amplitude das amostras.

Para a classificação dos anos padrão foi aplicado a metodologia dos quartis, gráfico *Box Plot*, proposta por Galvani e Luchiarri (2005). A metodologia consiste em dividir os valores da série analisada em 5 classes. Primeiramente classifica-se os 5% maiores e menores valores da série, em seguida os valores que se encontrarem entre o valor mínimo e o 1º quartil (Q1), depois entre o 1º quartil e o 3º quartil que serão os valores considerados habituais (Q2), e para finalizar (Q3) entre o 3º quartil e o valor máximo. Esse procedimento foi adotado para classificar os valores anuais de precipitação e das temperaturas máxima, mínima e média compensada (Tab.1).

Tabela 1. Intervalos utilizados para classificação da Precipitação e Temperatura.

Precipitação Anual (mm)	Classificação
5% dos menores valores da série	Muito Seco
5% dos maiores valores da série	Muito Chuvoso
Entre o valor mínimo e o 1º quartil	Seco
Entre o 1º quartil e o 3º quartil	Habitual
Entre o 3º quartil e o valor máximo	Chuvoso
Temperatura Média Anual (°C)	Classificação
5% dos menores valores da série	Frio
5% dos maiores valores da série	Quente
Entre o valor mínimo e o 1º quartil	Moderadamente Frio
Entre o 1º quartil e o 3º quartil	Habitual
Entre o 3º quartil e o valor máximo	Moderadamente Quente

Fonte: Adaptado de Galvani e Luchiari (2005).

Na tabela 2 estão organizadas as classes de frequência, os intervalos, a frequência observada e esperada para cada classificação dos anos padrão, referente as temperaturas máxima, média compensada, mínima e a precipitação.

Tabela 2. Classificação dos intervalos de Temperatura e Precipitação.

Temperatura Máxima (°C)					
	Classes de Frequências	Intervalos	Freq.Obs	Freq.Esp	Freq. Esp. Rel.
Frio	Mínimo≤Frio≥P5	30,2-30,9	3	5%	3
Moderadamente Frio	P5≤ M. Frio≥25	31,0-31,8	8	20%	10
Habitual	25≤Habitual≥50	31,9-32,6	25	50%	23
Moderadamente Quente	50≤M.Quente≥75	32,7-33,2	9	20%	10
Quente	75≤Quente≥Máximo	< 33,3	4	5%	3
	Total	-	49	100%	49
Temperatura Média Compensada (°C)					
	Classes de Frequências	Intervalos	Freq.Obs	Freq.Esp	Freq. Esp. Rel.
Frio	Mínimo≤Frio≥P5	24,8-25,4	3	5%	3
Moderadamente Frio	P5≤ M. Frio≥25	25,5-26,1	7	20%	10
Habitual	25≤Habitual≥50	26,2-27,0	21	50%	23
Moderadamente Quente	50≤M.Quente≥75	27,1-27,7	13	20%	10
Quente	75≤Quente≥Máximo	< 27,8	5	5%	3
	Total	-	49	100%	49
Temperatura Mínima (°C)					
	Classes de Frequências	Intervalos	Freq.Obs	Freq.Esp	Freq. Esp. Rel.
Frio	Mínimo≤Frio≥P5	20,5-20,9	4	5%	3
Moderadamente Frio	P5≤ M. Frio≥25	21,0-21,6	8	20%	10
Habitual	25≤Habitual≥50	21,7 22,4	19	50%	23
Moderadamente Quente	50≤M.Quente≥75	22,5-22,9	13	20%	10
Quente	75≤Quente≥Máximo	< 23,0	5	5%	3
	Total	-	49	100%	49
Precipitação (mm)					
	Classes de Frequências	Intervalos	Freq.Obs	Freq.Esp	Freq. Esp. Rel.
Muito Seco	Mínimo≤Muito Seco≥P5	141,1-147,4	3	5%	3
Seco	P5≤ Seco≥25	202 -334,4	9	20%	10
Habitual	25≤Habitual≥50	354-559,2	24	50%	23
Chuvoso	50≤Chuvoso≥75	641,4 -702	10	20%	10
Muito Chuvoso	75≤Muito Chuvoso≥Máximo	747 - 1023,5	3	5%	3
	Total	-	49	100%	49

Fonte: Organizado pelos autores.

Os gráficos anuais de precipitação, temperaturas mínima, média compensada e máxima, foram confeccionados no próprio Excel no formato Box Plot. A vantagem desse tipo de gráfico, conforme explica Silvestre *et al* (2013), é fornecer uma visualização rápida da distribuição dos dados e se a distribuição é simétrica a caixa encontra-se equilibrada com a mediana se posicionando no centro da mesma.

Os dados utilizados para organizar a tabela de correlação com os fenômenos oceânico-atmosféricos foram retirados do site do CPTEC/INPE, que traz o método de classificação em fraco, moderado e forte do site do NOAA (*National Oceanic e Atmospheric Administration*), além de

consultas bibliográficas como a de Oliveira *et al.* (2020), Silva (2017), Nóbrega e Santiago (2014). O site da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos) forneceu os anos de ocorrência do Dipolo do Atlântico.

Ao final, foi feita uma análise de tendência da série histórica com o objetivo de identificar se houve aumento ou diminuição dos totais pluviométricos e das médias térmicas. Para tal, foi utilizada a reta de regressão linear contida no Excel e em seguida aplicado o teste de Mann-Kendall (MK). O teste de Mann-Kendall é um teste não paramétrico, isto é, para dados distribuídos não normalmente. Tem sido comumente usado para avaliar a significância das tendências em séries temporais hidrometeorológicas como temperatura e precipitação (YUE *et al.*, 2002).

O teste de Mann-Kendall é dado através da seguinte equação:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_i - x_j)$$

Em que:

n é o número de anos utilizados na série analisada;

x_i e x_j são os valores anuais de precipitação, temperaturas média compensada, mínima e máxima;

$$\text{Sgn}(x_i - x_j) = \begin{cases} 1 & \text{se } x_i - x_j > 0 \\ 0 & \text{se } x_i - x_j = 0 \\ -1 & \text{se } x_i - x_j < 0 \end{cases}$$

A variância de S, Var(S) será calculada por:

$$\text{Var}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g tp(tp-1)(2tp+5)]$$

Por fim, S e Var(S), são utilizados para o cálculo da estatística Z, na seguinte condição:

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\text{Var}(S)^{\frac{1}{2}}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\text{Var}(S)^{\frac{1}{2}}} & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

Quando os valores encontrados de Z são positivos, indicam tendências crescentes, se são negativos, tendências decrescentes e se Z=0, não existe tendência na série analisada. O valor de Z é utilizado para testar a hipótese nula (H0), isto é, que não existe nenhuma tendência. Para analisar se a tendência é de fato significativa, ao adotar o nível de significância de $\alpha = 0,05$ o valor

de Z deve ser maior ou igual a 1,96 para tendências de acréscimo, e menor ou igual 1,96 para tendência de decréscimos.

4. Resultados e Discussões

4.1. Variabilidade da Temperatura Máxima, Mínima e Média e a relação com os fenômenos ENOS e Dipolo do Atlântico

Comparando as normais climatológicas de 1961-1990 e 1991-2020, é possível observar que houve um aumento das temperaturas médias e mínimas para todos os meses (Fig.2a, Fig. 2b e Fig. 2c) . Já para as temperaturas médias houve declínio para os meses de inverno e aumento para os meses de verão.

É explicado por Sant´anna Neto (2003) que as precipitações se apresentam mais irregulares do que as temperaturas. Para os parâmetros térmicos existe um forte componente sazonal relacionado a radiação solar, que dita uma marcha anual mais ou menos bem definida. Corroborando essa afirmação, as temperaturas mínimas, máximas e médias compensadas apresentaram pequenas variações ao longo da série analisada. A temperatura máxima para o município variou de 30,2°C a 33,7°C para os anos analisados, enquanto a temperatura média mínima esteve entre 20,5°C e 23,2°C. Já a temperatura média compensada esteve entre 24,8°C e 28,1°C (Fig. 3).

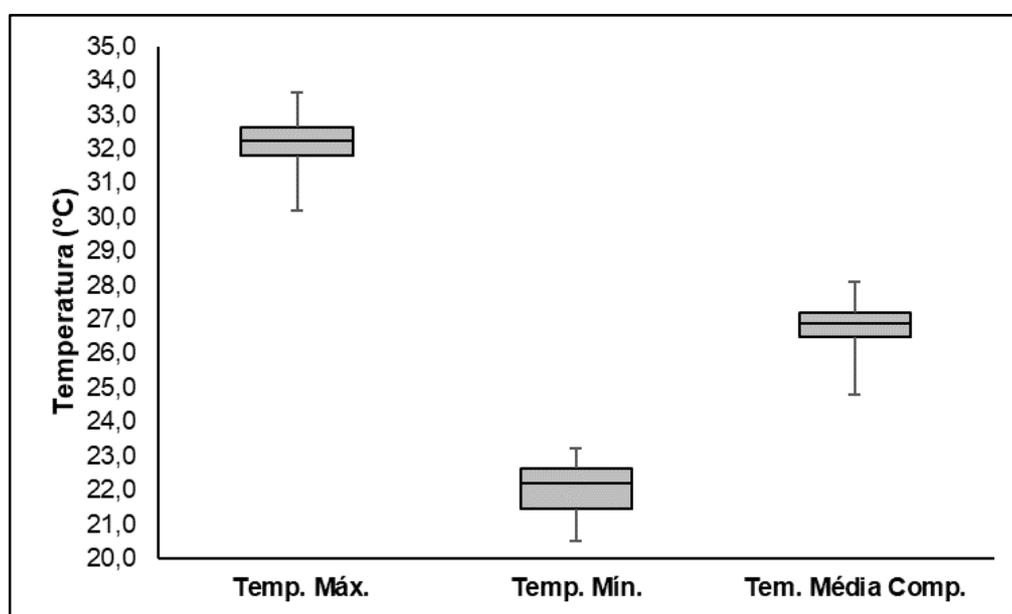


Figura 3. Gráfico das temperaturas máxima, mínima e média entre 1973-2021. Fonte: Organizado pelos autores.

A distribuição das temperaturas mensais mínimas, máximas e médias compensadas também demonstraram baixa amplitude. Os meses mais quentes foram justamente os de primavera e verão entre outubro e janeiro, enquanto os meses de junho, julho e agosto foram os que apresentaram os menores valores (Fig. 4).

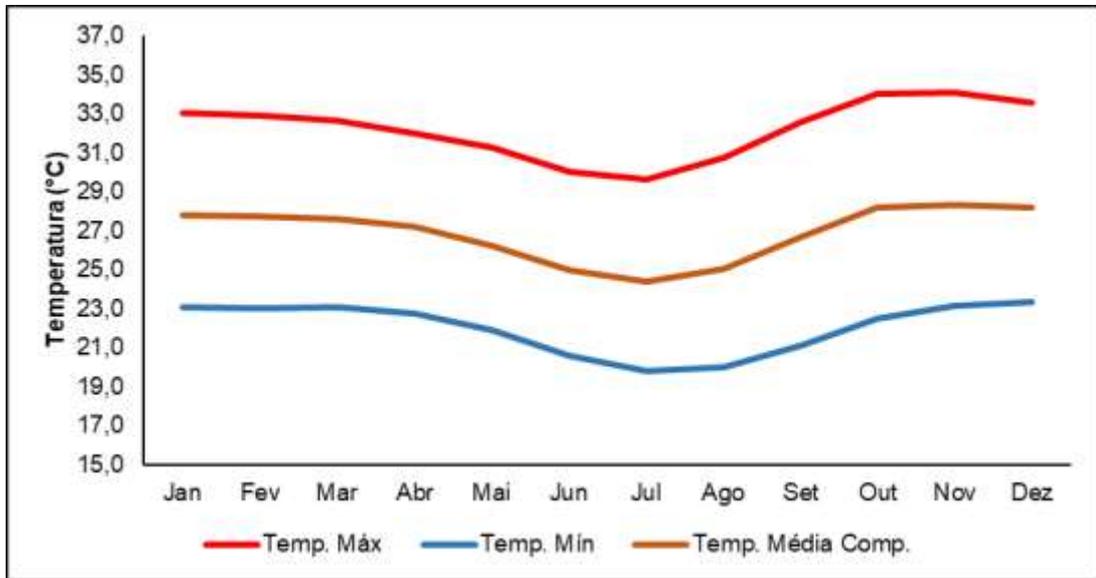


Figura 4 Gráfico com a Distribuição Mensal da Temperatura Máxima e Mínima em Petrolina (1973-2021). **Fonte:** Organizado pelos autores.

A tabela 3 demonstra que os meses com os maiores desvio padrão estão no período da primavera e verão, já as maiores amplitudes térmicas são encontradas no outono e no inverno.

Tabela 3. Estatística Descritiva da Distribuição da Temperatura Máxima, Mínima e Média

T Máx (°C)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	33,1	32,9	32,6	32,0	31,3	30,0	29,6	30,8	32,6	34,0	34,1	33,6
Máximo	35,8	35,8	35,6	35,2	33,7	31,6	31,2	32,2	34,6	35,7	36,6	35,9
Mínimo	30,1	29,0	29,5	28,8	28,1	27,8	26,6	29,1	30,6	31,6	32,0	29,2
Desvio Padrão	1,3	1,6	1,5	1,5	1,3	0,8	0,9	0,7	0,9	0,8	1,1	1,6
Amplitude Térmica	5,7	6,8	6,1	6,4	5,6	3,8	4,6	3,1	4,0	4,1	4,6	6,7
Mediana	33,2	33,1	32,7	32,1	31,4	30,2	29,7	30,9	32,6	34,0	34,2	34,0
T Mín (°C)												
Média	23,1	23,0	23,1	22,8	21,9	20,6	19,8	20,0	21,1	22,5	23,2	23,3
Máximo	24,7	24,7	25,0	24,5	23,8	22,0	21,0	21,1	22,5	23,9	24,8	24,8
Mínimo	21,0	20,6	20,3	20,4	19,1	17,6	17,4	18,0	19,3	19,7	20,6	21,5
Desvio Padrão	0,9	1,1	1,1	1,0	1,1	1,0	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9
Amplitude Térmica	3,7	4,1	4,7	4,1	4,7	4,4	3,6	3,1	3,2	4,2	4,2	3,4
Mediana	23,2	23,1	23,1	22,9	22,1	20,9	20,1	20,1	21,1	22,6	23,1	23,3
T Média Comp. (°C)												
Média	27,7	27,6	27,4	27,0	26,1	24,9	24,3	25,1	26,7	28,2	28,5	28,1
Máximo	30,2	30,2	30,3	29,7	28,4	26,3	25,5	26,4	28,3	29,6	30,9	30,3
Mínimo	25,7	24,6	23,4	24,4	24,1	22,7	22,3	23,5	25,0	26,3	26,6	24,6
Desvio Padrão	1,1	1,3	1,4	1,2	1,0	0,8	0,8	1,1	1,4	0,7	0,9	1,3
Amplitude Térmica	4,5	5,6	6,9	5,3	4,3	3,6	3,2	2,9	3,3	3,3	4,3	5,7
Mediana	27,9	27,9	27,5	27,0	26,1	25,0	24,3	25,1	26,7	28,1	28,6	28,2

Fonte: Organizado pelos autores

Na figura 5 é possível visualizar uma tendência de aumento das temperaturas máxima, mínima e média compensada ao longo dos 48 anos analisados através da reta de regressão linear. Os resultados do teste de Mann Kendall para as Tmax, Tmin e Tmédia indicou valores de Z iguais a 4,6; 5,9 e 5,5 respectivamente. Todos valores superiores a zero e superiores ao nível de significância, apontando elevação nas temperaturas.

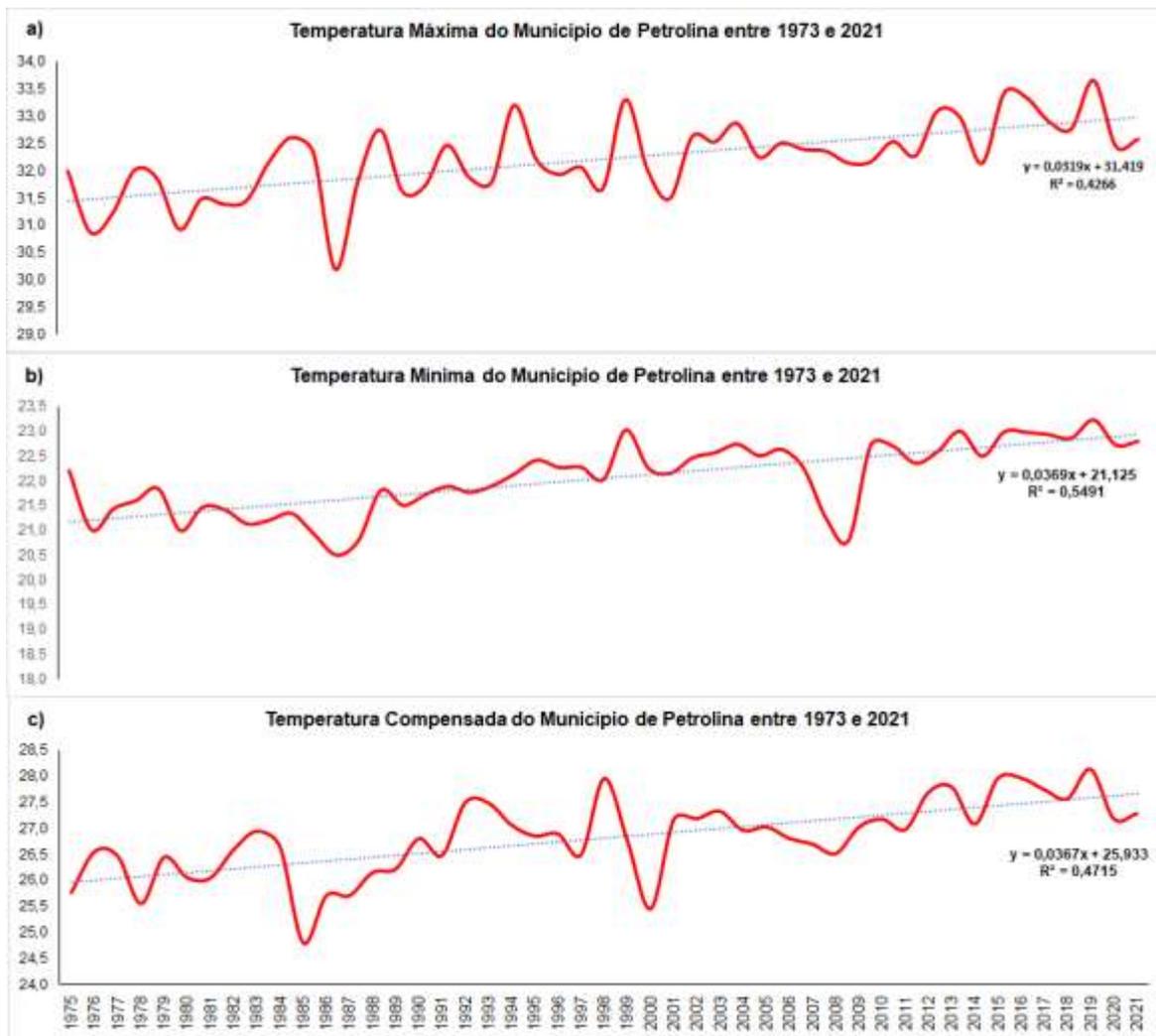


Figura 5. Gráfico das temperaturas máxima (a), mínima (b) e média compensada (c) entre 1973 e 2021.
Fonte: Organizado pelos autores.

Os anos classificados como “frios” foram aqueles que apresentaram intervalo entre 20,5°C e 20,9°C (temperatura mínima), 30,2°C e 30,9°C (temperatura máxima) e 24,8 e 25,4 (temperatura média compensada); os “anos moderadamente frios” no intervalo de 21,0°C e 21,6°C (temperatura mínima), 31,0°C e 31,8°C (temperatura máxima) e 25,5 e 26,1 (temperatura média compensada); os “anos habituais” aqueles entre 21,7°C e 22,4°C (temperatura mínima), 31,9°C e 32,6°C (temperatura máxima) e 26,2°C e 27,0°C (temperatura média compensada); os “anos moderadamente quentes” entre 22,5°C e 22,9°C (temperatura mínima), 32,7°C e 33,2°C (temperatura máxima) e 27,1 e 27,7 (temperatura média compensada). Os anos “quentes” foram aqueles acima de 23°C (temperatura mínima), 33,3°C (temperatura máxima) e 27,8°C (temperatura média compensada). (Tab. 4).

De acordo com a tabela 4, a partir de 2012 as médias térmicas se tornaram mais elevadas e praticamente todos os anos foram classificados como quentes e moderadamente quentes. Tal comportamento pode ser explicado pela diminuição da precipitação, acarretando menor capacidade de arrefecimento do ar.

Alguns anos que foram considerados “quentes” (1992, 1998, 2015, 2016 e 2019) tiveram correspondência com o evento El Niño forte e com a fase positiva do Dipolo do Atlântico. Assim como alguns anos classificados como “moderadamente quentes” (1987, 1993, 2002, 2003, 2009 e 2010) também tiveram relação com com El Niño moderado e fraco, mas não tiveram relação com a fase positiva do Dipolo do Atlântico. Os anos de 1974, 1975, 1985 e 1988 considerados “frios e moderadamente frios”, tiveram correspondência com a La Niña e com a fase negativa do Dipolo do Atlântico. Se destacando o ano de 1985 que apresentou as menores temperaturas (máxima, mínima e média compensada).

Em 2007 e 2008, anos com La Niña forte, foram classificados como “habituais” para temperatura máxima e média compensada. Entretanto, a temperatura mínima se comportou como “moderadamente fria” e fria em 2008 sob a fase negativa do Dipolo do Atlântico. Esta observação leva a indícios de que a temperatura mínima pode apresentar maior sensibilidade aos fenômenos oceânicos-atmosféricos.

Tabela 4. Classificação da série térmica (1973-2021) e a ação dos fenômenos ENOS e Dipolo do Atlântico

Ano	Temperatura (°C)			ENOS		Dipolo do Atlântico	Ano	Temperatura (°C)			ENOS		Dipolo do Atlântico
	Máxima	Mínima	Média	EL Niño	La Niña			Máxima	Mínima	Média	EL Niño	La Niña	
1973	32,0	22,2	27,0	Neutro	Forte	Negativo	1997	32,2	22,0	26,5	Forte	Neutra	Positivo
1974	30,9	21,0	25,4	Neutro	Forte	Negativo	1998	33,3	23,0	27,9	Forte	Fraca	Positivo
1975	31,2	21,4	25,8	Neutro	Forte	Negativo	1999	32,0	22,3	26,8	Neutro	Moderada	Negativo
1976	32,0	21,6	26,5	Fraco	Forte	Neutro	2000	31,5	22,1	25,4	Neutro	Moderada	Negativo
1977	31,9	21,8	26,5	Fraco	Neutra	Negativo	2001	32,6	22,5	27,2	Neutro	Neutra	Neutro
1978	30,9	21,0	25,5	Fraco	Neutra	Positivo	2002	32,5	22,6	27,2	Moderado	Neutra	Negativo
1979	31,5	21,5	26,4	Fraco	Neutra	Positivo	2003	32,9	22,7	27,3	Moderado	Neutra	Negativo
1980	31,4	21,4	26,0	Fraco	Neutra	Positivo	2004	32,3	22,5	26,9	Fraco	Neutra	Neutro
1981	31,5	21,1	26,0	Neutro	Neutra	Positivo	2005	32,5	22,6	27,0	Neutro	Neutra	Positivo
1982	32,2	21,2	26,6	Forte	Neutra	Positivo	2006	32,4	22,2	26,8	Fraco	Neutra	Neutro
1983	32,6	21,3	26,9	Forte	Fraca	Positivo	2007	32,4	21,2	26,7	Neutro	Forte	Positivo
1984	32,3	20,9	26,6	Neutro	Fraca	Negativo	2008	32,1	20,8	26,5	Neutro	Forte	Negativo
1985	30,2	20,5	24,8	Neutro	Fraca	Negativo	2009	32,2	22,7	27,0	Fraco	Neutra	Negativo
1986	31,8	20,8	25,7	Moderado	Neutra	Negativo	2010	32,5	22,7	27,2	Fraco	Neutra	Neutro
1987	32,8	21,8	25,7	Moderado	Neutra	Negativo	2011	32,3	22,4	27,0	Neutro	Moderada	Negativo
1988	31,6	21,5	26,1	Moderado	Forte	Negativo	2012	33,1	22,6	27,7	Neutro	Fraca	Positivo
1989	31,7	21,7	26,2	Neutro	Forte	Negativo	2013	33,0	23,0	27,8	Neutro	Neutra	Positivo
1990	32,5	21,9	26,8	Neutro	Neutra	Positivo	2014	32,1	22,5	27,1	Neutro	Neutra	Positivo
1991	31,9	21,8	26,5	Moderado	Neutra	Negativo	2015	33,4	23,0	28,0	Forte	Neutra	Positivo
1992	32,0	21,9	27,5	Forte	Neutra	Positivo	2016	33,3	23,0	28,0	Forte	Neutra	Neutro
1993	33,2	22,1	27,5	Fraco	Neutra	Negativo	2017	32,9	22,9	27,7	Neutro	Fraca	Positivo
1994	32,2	22,4	27,1	Moderado	Neutra	Negativo	2018	32,8	22,9	27,6	Fraco	Fraca	Positivo
1995	31,9	22,3	26,8	Moderado	Fraca	Negativo	2019	33,7	23,2	28,1	Fraco	Neutra	Positivo
1996	32,1	22,3	26,9	Neutro	Fraca	Negativo	2020	32,4	22,7	27,2	Neutro	Moderada	Neutro
							2021	32,6	22,8	27,3	Neutro	Moderada	Neutro

Classificação

Frio	Moderadamente Frio	Habitual	Moderadamente Quente	Quente
------	--------------------	----------	----------------------	--------

Fonte: Organizado pelos autores.

4.2. Variabilidade da Precipitação e a relação com os fenômenos ENOS e Dipolo Atlântico

Comparando as normais climatológicas de 1961-1990 e 1991-2020, em relação a precipitação foi observado uma diminuição para todos os meses, contudo, os meses mais chuvosos (março e abril) foram os que apresentaram maior redução dos totais pluviométricos (Fig.2d).

A série de dados analisada apresentou um desvio padrão de 188,2 mm, o que reforça a variabilidade da distribuição da precipitação ao longos dos anos no município. A precipitação mínima anual encontrada foi de 141,1mm (2012) e a máxima foi de 1023,5mm (1985) (Fig. 6).

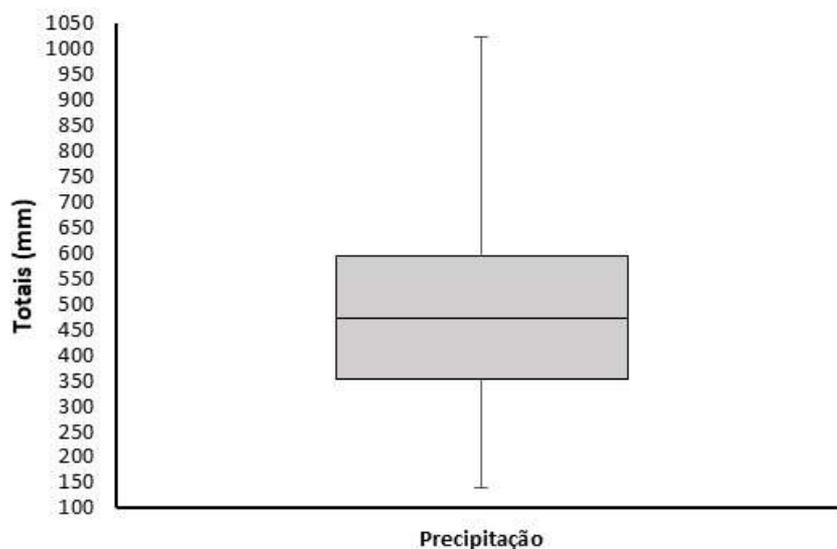


Figura 6. Gráfico da precipitação total anual em Petrolina (PE). **Fonte:** Organizado pelos autores

Em relação a distribuição mensal da precipitação ao longo dos 48 anos (1973-2021), observa-se que os maiores índices são encontrados nos meses de janeiro, fevereiro e março. (Fig. 7a) e (TAB. 5). Ou seja, quando o principal mecanismo produtor de precipitação na região, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), fica recuada no Hemisfério Sul.

Analisando o balanço hídrico¹ de Petrolina-PE, em função da maior precipitação, março foi o mês que apresentou menor déficit, menor negativo acumulado e o único mês que teve reposição de água no solo. O que abre condições para planejamento hídrico específico para esse mês. (Fig. 7b). Em todos os meses houve deficiência hídrica e consequentemente nenhum apresentou excedente e nem escoamento.

A partir de maio a precipitação diminui drasticamente para menos de 20mm mensais, inibida pelos movimentos descendentes da ZCIT que durante esse período se localiza no Hemisfério Norte, situação que se prolonga até o mês de novembro e que reforça as condições de semiaridez a qual a região está subordinada.

¹ O cálculo foi feito considerando uma capacidade de armazenamento do solo de 100 mm.

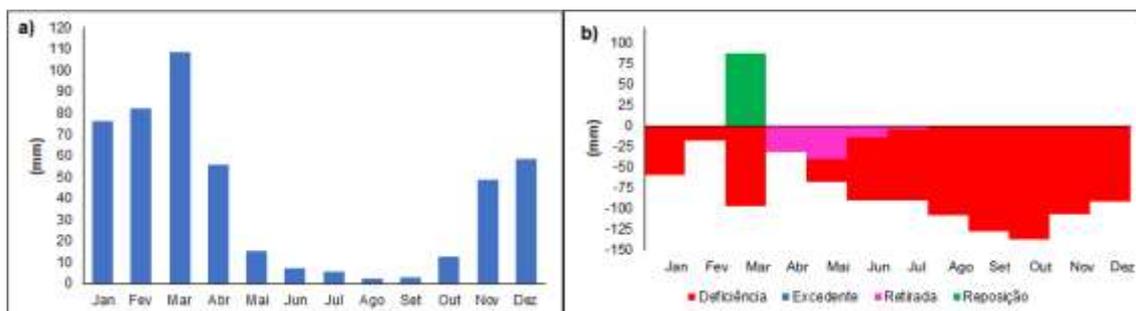


Figura 7. (a) Gráfico com a distribuição mensal da precipitação em Petrolina (1973-2021), (b) Balanço hídrico em Petrolina - **Fonte:** Organizado pelos autores

A tabela 5, que apresenta as estatísticas descritivas, mostra que os meses de maior variabilidade na precipitação ocorrem na primavera e verão do Hemisfério Sul.

Tabela 5. Estatística Descritiva da Distribuição da Precipitação Média Mensal de 1974-2021.

Precipitação (mm)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Média	76,4	82,2	108,4	55,9	15,5	7,1	5,4	2,1	2,8	12,6	48,7	58,2
Máximo	416,8	295,0	346,5	296,5	105,1	62,4	29,8	17,7	20,8	127,4	195,9	404,9
Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Desvio Padrão	84,8	71,1	86,8	58,1	21,2	11,5	7,7	3,1	5,0	25,4	49,3	67,3
Amplitude	416,8	295,0	346,5	296,5	105,1	62,4	29,8	17,7	20,8	127,4	195,9	404,9
Mediana	51,9	56,0	101,4	41,5	4,2	2,6	2,0	0,7	0,4	2,1	36,2	43,3

Fonte: Organizado pelos autores.

Molion e Bernardo (2002) explicam que o Sertão, por sua localização no leste da América do Sul tropical, está submetido a influência de fenômenos meteorológicos que ocasionam características climáticas peculiares. Os pesquisadores afirmam que a condição de semiaridez estaria relacionada a movimentos de subsidência associada ao ramo descendente de uma circulação de Walker e a inversão psicotérmica sobre a região. Ou seja, um sistema de alta pressão que se mantém durante boa parte do ano e impede a chegada de massas de ar úmidas à região.

Pode-se observar que desde 2009 os totais de precipitação tem ficado abaixo da normal climatológica (1961-1990), já em relação a normal (1991-2020) somente os anos 2014, 2020 e 2021 apresentaram totais pluviométricos superiores. Sendo possível visualizar uma tendência a diminuição da precipitação ao longo dos 49 anos analisados através da reta de regressão linear. (Fig. 8).

Ainda comparando as normais climatológicas de 1961-1990 e 1991-2020, em relação a precipitação foi observado uma diminuição para todos os meses, contudo, os meses mais chuvosos (março e abril) foram os que apresentaram maior redução dos totais pluviométricos (Fig.2d). Tal fato deve ser levado em consideração com atenção pelos órgãos de planejamento hídrico e

energético já que os meses que mais sofreram diminuição da precipitação são justamente os que possibilitam a reposição hídrica.

Além da regressão linear ilustrando a tendência á diminuição dos totais pluviométricos anuais, o resultado do Teste de Mann Kendall indicou um valor de Z igual a $-3,2$, ou seja, valores de Z inferior a 0, indica tendência significamente decrescente.

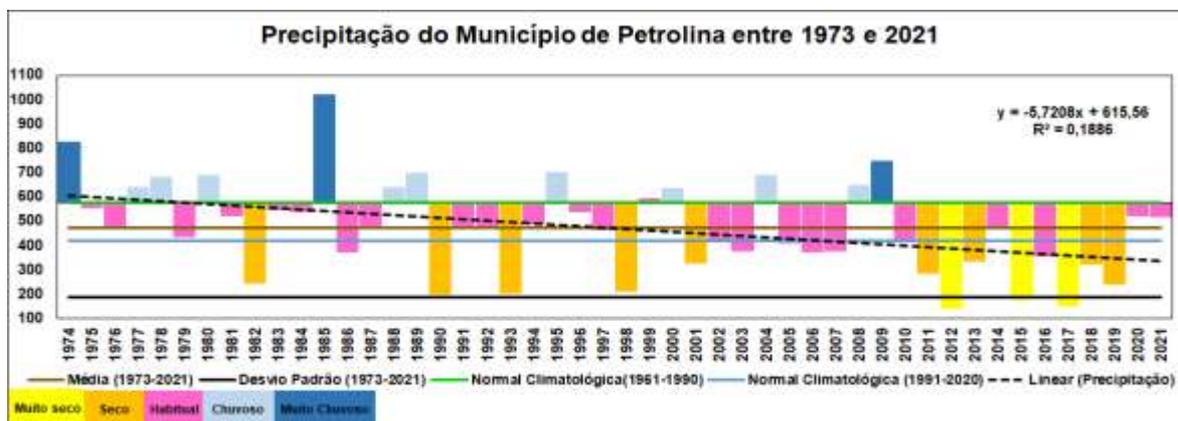


Figura 8. Gráfico da Precipitação entre os anos 1973 e 2021. **Fonte:** Organizado pelos autores

Foram considerados “anos muito secos” aqueles em que a precipitação anual foi igual e inferior a 147,4mm, “anos secos” entre 202,0mm e 334,4mm, “anos habituais” entre 354,0mm e 559,2mm, “anos chuvosos” entre 641,4mm e 702,0mm e “anos chuvosos” aqueles iguais e acima de 747,0mm.

Em relação a variabilidade da precipitação e a influência do fenômeno ENOS e a fase positiva do Dipolo do Atlântico foi possível verificar que os anos considerados “secos” e “muito secos” (1982,1990,1993,1998, 2012, 2013, 2015, 2017, 2018 e 2019) foram correspondentes (Tab. 6). Contudo, os anos 2012 e 2017 que apresentaram os menores valores de precipitações da série (141,1mm e 147,4mm respectivamente), não estiveram sob ação do El Niño, apenas da fase positiva do Dipolo do Atlântico. As exceções foram os anos, 2001 e 2011 que foram considerados anos secos. No entanto, o fenômeno ENOS para esse anos foram neutros e a fase do Dipolo do Atlântico para 2001 estava neutra e 2011 foi negativa.

Para os anos considerados “chuvosos e muito chuvosos” da série analisada houve correspondência com a fase negativa do Dipolo do Atlântico e episódios de La Niña. Se destacando o ano de 1985, o mais chuvoso, da série, e que teve muita influência nas médias térmicas. As exceções foram os anos de 1978 e 1980 que estavam sobre neutralidade da La Nina e sob a fase positiva do Dipolo do Atlântico.

Tabela 6. Classificação da série pluviométrica (1973-2021) e a ação dos fenômenos ENOS e Dipolo do Atlântico.

Ano	Precipitação (mm)	ENOS		Dipolo do Atlântico	Ano	Precipitação (mm)	ENOS		Dipolo do Atlântico
		EL Nino	La Nina				EL Nino	La Nina	
1973	655,5	Neutro	Forte	Negativo	1997	462,1	Forte	Neutra	Positivo
1974	824,5	Neutro	Forte	Negativo	1998	211,8	Forte	Fraca	Positivo
1975	551,7	Neutro	Forte	Negativo	1999	595,2	Neutro	Moderada	Negativo
1976	473,1	Fraco	Forte	Neutro	2000	637,3	Neutro	Moderada	Negativo
1977	641,4	Fraco	Neutra	Negativo	2001	328	Neutro	Neutra	Neutro
1978	680,2	Fraco	Neutra	Positivo	2002	421,2	Moderado	Neutra	Negativo
1979	432,2	Fraco	Neutra	Positivo	2003	375,5	Moderado	Neutra	Negativo
1980	690,6	Fraco	Neutra	Positivo	2004	691,4	Fraco	Neutra	Neutro
1981	518,6	Neutro	Neutra	Positivo	2005	408,9	Neutro	Neutra	Positivo
1982	243,3	Forte	Neutra	Positivo	2006	370,3	Fraco	Neutra	Neutro
1983	543,9	Forte	Fraca	Positivo	2007	376	Neutro	Forte	Positivo
1984	537,4	Neutro	Fraca	Negativo	2008	649	Neutro	Forte	Negativo
1985	1023,5	Neutro	Fraca	Negativo	2009	747,7	Fraco	Neutra	Negativo
1986	372	Moderado	Neutra	Negativo	2010	419,5	Fraco	Neutra	Neutro
1987	465,8	Moderado	Neutra	Negativo	2011	282,9	Neutro	Moderada	Negativo
1988	641,5	Moderado	Forte	Negativo	2012	141,1	Neutro	Fraca	Positivo
1989	700,1	Neutro	Forte	Negativo	2013	334,4	Neutro	Neutra	Positivo
1990	197,7	Neutro	Neutra	Positivo	2014	480,7	Neutro	Neutra	Positivo
1991	479,1	Moderado	Neutra	Negativo	2015	175,1	Forte	Neutra	Positivo
1992	468,9	Forte	Neutra	Positivo	2016	354,4	Forte	Neutra	Neutro
1993	202	Fraco	Neutra	Negativo	2017	147,4	Neutro	Fraca	Positivo
1994	487,5	Moderado	Neutra	Negativo	2018	323,6	Fraco	Fraca	Positivo
1995	702	Moderado	Fraca	Negativo	2019	239	Fraco	Neutra	Positivo
1996	537,1	Neutro	Fraca	Negativo	2020	519,2	Neutro	Moderada	Neutro
					2021	517,8	Neutro	Moderada	Neutro

Classificação

Muito Seco	Seco	Habitual	Chuvoso	Muito Chuvoso
-------------------	-------------	-----------------	----------------	----------------------

Fonte: Organizado pelos autores

5. Considerações Finais

Conforme é explicado por Reboita (2014), diversos estudos para a região Norte e Nordeste relacionam o El Niño com a diminuição das precipitações e a La Niña ao aumento. No entanto, a pesquisadora reforça que nem sempre esse padrão é observado. Nesse sentido, o estudo realizado com a série de dados para Petrolina (PE) confirmou que de fato nem todos os episódios de seca estariam associados ao El Niño e nem todos os anos que a precipitação esteve acima do esperado esteve relacionado com a La Niña. Porém, a maioria dos episódios de El Niño tiveram relação com os anos secos. Além disso, quando se analisa os episódios de El Niño associados a fase positiva do Dipolo do Atlântico obtêm-se maior convergência entre os anos considerados “secos” e “muitos secos”. A mesma assertiva se aplica para os anos com a presença da La Niña consorciada a fase

negativa do Dipolo do Atlântico que resultaram em anos considerados “chuvosos” e “muito chuvosos”, como é caso do ano de 1985, o mais chuvoso e o mais frio da série.

Em relação as temperaturas máxima, mínima e média, pôde-se perceber a influência dos fenômenos ENOS e Dipolo do Atlântico. Contudo, a tendência de aumento das médias encontradas após as análises de regressão e o teste Mann Kendal, nos leva a pensar que as temperaturas, além de sofrerem influência do volume de precipitação, estarão fortemente relacionadas as mudanças no uso e ocupação do solo.

A técnica de classificação de “anos padrão” utilizando o método do *Box Plot* foi capaz de fornecer uma visualização rápida sobre a variabilidade da temperatura e da precipitação em Petrolina (PE) e se mostrou viável para a comparação com os fenômenos oceânicos-atmosféricos.

Compreender a variabilidade climática de uma determinada região é essencial para o desenvolvimento de qualquer atividade humana, sobretudo para um manejo racional dos recursos hídricos no que se refere ao planejamento e tomada de decisões.

Referências

AB'SÁBER, A. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ARAGÃO, J. O. R. O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. **Bulletin de l'Institut français d'études andines**, v.27, n.3, p. 839-844, 1998.

AZEVEDO, H. P. L.; ALVES, A; M. Rides: por que criá-las? **Revista Geografias**, v.6, n. 2, p.87-101, jul/dez, 2010.

CPTec. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. El Niño e La Niña. Disponível em <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em 20 de junho de 2022.

CODEVASF- Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba. **Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco ANA/GEF/PNUMA/OEA Subprojeto 4.5C** – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - PBHSF (2004-2013), 150p. 2004.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Estação Agrometeorológica de Bebedouro - Petrolina-PE**. Disponível em: <http://www.cpatia.embrapa.br:8080/index.php?op=eabeb>. Acesso em maio de 2022.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n.1. p. 15-26, 2005.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **O Dipolo de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Tropical**. Fortaleza: FORTALEZA. Disponível em www.funceme.br . Acesso em março de 2022.

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. São Paulo. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**, p. 5701-5710, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/petrolina.html>. Acesso fevereiro de 2022

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990** /Organizadores: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu Guimarães Fortes - Brasília. INMET,465p, 2009.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, A. E.; LACERDA, F. F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro, In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande p.383-422,2011.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, p. 1-10, 2002.

MELO, E. C. S.; SILVA, A. M. R.; CORREIA, M. F. Regimes do vento à superfície na área de Petrolina, submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 229-241, 2013.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência de temperatura na superfície do mar nos Oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Revista Mercator**, v. 13, p. 107-118, 2014.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F.; SOARES, D. B. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 276-292, 2021.

NOAA - NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION . **Dados históricos da Temperatura da Superfície do Mar (TSM)**. Disponível em: <http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em: junho de 2022.

OLIVEIRA, T. A.; TAVARES, C. de M. G.; SANCHES, F.; FERREIRA, C. C. M. Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de Fora-MG no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do box plot. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 26, p.457-478, 2020.

REBOITA, M. S; SANTOS, I. A. Influência de alguns padrões de teleconexão na precipitação no Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 15, p.28-48, 2014.

REBOITA, M. S; RODRIGUES, M; ARMANDO, R. P; FREITAS, C; MARTINS, D; MILLER, G. Causas da semi-aridez no Sertão Nordestino. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, p.254-277, 2016.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudanças, variabilidade, ritmo climático. **Revista Terra Livre**, n. 20, p. 51-64, 2003.

SILVA, J. M. O. Utilização de anos-padrão no estudo da variabilidade pluviométrica no município do Crato-Ceará. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (org.). **Os desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. Campinas: Unicamp, 2017. p. 10. E-book. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/issue/view/75>. Acesso em: abril de 2022.

SILVESTRE, M. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FLORES, E. F. Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à climatologia geográfica. **Revista Formação**, n.20, Vol. 2. p.23-53, 2013.

SUDENE. 2017. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Disponível em : <https://www.gov.br/sudene/pt-br> . Acesso em abril de 2022

YUE, S.; PILON, P.; CAVADIAS, G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, v. 259, p. 254-271, 2002.