

VARIABILIDADE CLIMÁTICA ESPAÇO - TEMPORAL DA TEMPERATURA DO AR NO ESTADO DO MARANHÃO: ELABORAÇÃO DE CARTOGRAFIA CLIMATOLÓGICA REGIONAL

Brenda Soares da Silva Nunes da Costa ¹

Leticia Moura Ferreira ²

Luiza Moraes Leite ³

Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias ⁴

Paulo Zidane Ferreira da Silva ⁵

RESUMO

A temperatura é uma das variáveis meteorológicas com uma importância indiscutível, pois é um agente condicionante de atividades humanas diárias e está relacionada ao bem-estar social, à saúde e principalmente ao conforto térmico. Desta forma, a presente pesquisa busca ampliar o conhecimento acerca das dinâmicas climáticas do Estado do Maranhão, a partir das condições de tempo e clima no que confere ao campo térmico (temperatura máxima - T_{máx}), bem como a participação do fenômeno ENOS, no comportamento plurianual de tais condições, com a formatação de uma base cartográfica digital. Para tal finalidade realizou-se um estudo para o lastro temporal de 1989 a 2018, das médias mensais de T_{máx}, com a utilização dos dados de 12 estações convencionais do Maranhão e 4 estações do Piauí do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que por conseguinte foram adaptados no programa *Excel* para organização das informações em planilhas e espacializados no *software* livre *Qgis* versão 3.10.1 para elaboração de trinta mapas temáticos. Os resultados apontaram que as médias de T_{máx} foram irregulares, onde o setor Noroeste teve as menores médias e os setores Leste, Centro e Sul as maiores. Os meses de maio a dezembro são os mais quentes com 33,39°C de média e os considerados de temperatura mais amena são de janeiro a abril, com média de 31,43°C. A ocorrência do fenômeno El Niño, nos anos de 1991, 1992, 1997, 1998, 2007, 2015 e 2016, influenciou diretamente nos baixos índices de precipitação e aumento das temperaturas, ocasionando efeitos negativos diversos no Maranhão.

Palavras-chave: Climatologia Geográfica, Cartografia, Tempo e Clima.

ABSTRACT

The Temperature is one of the meteorological variables with indisputable importance, as it is a conditioning agent of daily human activities and is related to social well-being, health and mainly thermal comfort. In this way, the present research seeks to improve the scientific knowledge about the

*Este artigo é proveniente de Projeto de Iniciação Científica que analisou o Campo Termodinâmico do Estado do Maranhão para os anos de 1989 a 2018, no qual foi financiado pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, brendanunes690@gmail.com;

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão -UEMA, leticiamouferreira@gmail.com;

³ Graduada em Geografia pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, leitemoraes@outlook.com;

⁴ Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia - Rede BIONORTE, Professor Assistente I da Universidade Estadual do Maranhão -UEMA ; luizjorgedias@hotmail.com;

⁵ Graduado em Geografia pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, zidanefsilva@hotmail.com .

climatic dynamics of the State of Maranhão, from the weather and climate conditions in what it confers to the thermal field (maximum temperature), as well as the participation of the ENOS phenomenon, in its phases in the multiannual behavior of such conditions, with the formatting of a digital cartographic base. For this purpose, a study was carried out for the temporal ballast from 1989 to 2018, of the monthly and annual averages of Tmax, using data from 12 conventional stations in Maranhão and 4 stations in Piauí the National Institute of Meteorology (INMET), which consequently adapted in the *Excel* program to organize information in spreadsheets and spatialized in the free software *Qgis* version 3.10.1 to create of thirty maps Themed. The results showed that the Tmax averages were irregular, where the Northwest sector had the lowest averages and the East, Center and South sectors the highest. The months from May to December are the hottest with an average of 33.39°C and those considered to have the mildest temperatures are from January to April, with an average of 31.43°C. The occurrence of the El Niño phenomenon, in the years 1991, 1992, 1997, 1998, 2007, 2015 and 2016, directly influenced the low levels of precipitation and increased temperatures, causing various negative effects in Maranhão.

Keywords: Geographical Climatology, Cartography, Weather and Climate.

INTRODUÇÃO

Pesquisas voltadas a análise da variabilidade climática de longa escala temporal são de grande relevância para ações de gestão ao enfrentamento de ocorrências de fenômenos climáticos extremos, principalmente relacionados as variáveis térmicas, nos quais exercem forte influência nas atividades agrícolas e no conforto térmico da população. Logo, de acordo com Ayoade (1996) para compreender o comportamento de elementos climáticos são necessárias observações de dados estatísticos de uma dada região de no mínimo 30 anos.

Prontamente, neste trabalho as observações da variabilidade do clima são direcionadas ao Campo Térmico, com ênfase na temperatura máxima (Tmáx). Segundo Mendonça e Danni – Oliveira (2007, p.49), “a temperatura do ar é a medida do calor sensível nele armazenado, comumente dada em graus Celsius ou Fahrenheit e medida por termômetros”. Como resultado, “as temperaturas máxima e mínima correspondem, respectivamente, ao maior e menor valor registrado no período considerado; ou seja, máxima/mínima pode ser diária, semanal, mensal, sazonal, anual ou decenal” (Mendonça; Danni – Oliveira, 2007, p.50).

Os fatores controladores deste elemento sobre a superfície da terra, está condicionado a quantidade de insolação recebida, a natureza da superfície, a distância de corpos hídricos, o relevo, a natureza dos ventos predominantes e as correntes oceânicas (Ayoade, 1996, p.52). Tendo em vista esses fatores, esta pesquisa também buscar compreender as interferências das teleconexões oceano-atmosfera nas condições de temperatura do ar no estado do Maranhão, sobretudo, para anos de atuação do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS).

Diante do exposto, o estudo em questão tem como objetivo compreender as dinâmicas climáticas do Estado do Maranhão para o lastro temporal de 1989 a 2018, a partir das condições de tempo e clima no que confere ao campo térmico (temperatura máxima), bem como a



participação do fenômeno ENOS, em suas fases positiva e/ou negativa no comportamento plurianual de tais condições em território maranhense com a formatação de uma base cartográfica digital.

Para isto, esta pesquisa contou com o auxílio da base de dados fornecida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo utilizadas as informações de 16 estações meteorológicas, compreendendo os estados do Maranhão e Piauí, dentro de uma escala temporal de 30 anos (1989 a 2018), visando uma análise mais detalhada, nos quais os dados passaram por um processo de tabulação e criação de arquivos no formato *shapefiles*, tendo a finalidade de reproduzir uma cartografia de abrangência climatológica regional.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Maranhão está localizado na região Nordeste do Brasil sobre as coordenadas 01° 01' a 10° 21' de latitude Sul (S) e 41° 48' a 48° 40' de longitude Oeste (W), onde faz divisa com os estados do Piauí ao Leste, com o Pará a Oeste e com o Tocantins ao Sul, conforme a Figura 1. Sua extensão territorial é de aproximadamente 333.365,6 km², com uma população estimada de 6.775.805 habitantes (IBGE, 2022) que se encontram distribuídos em 217 municípios.

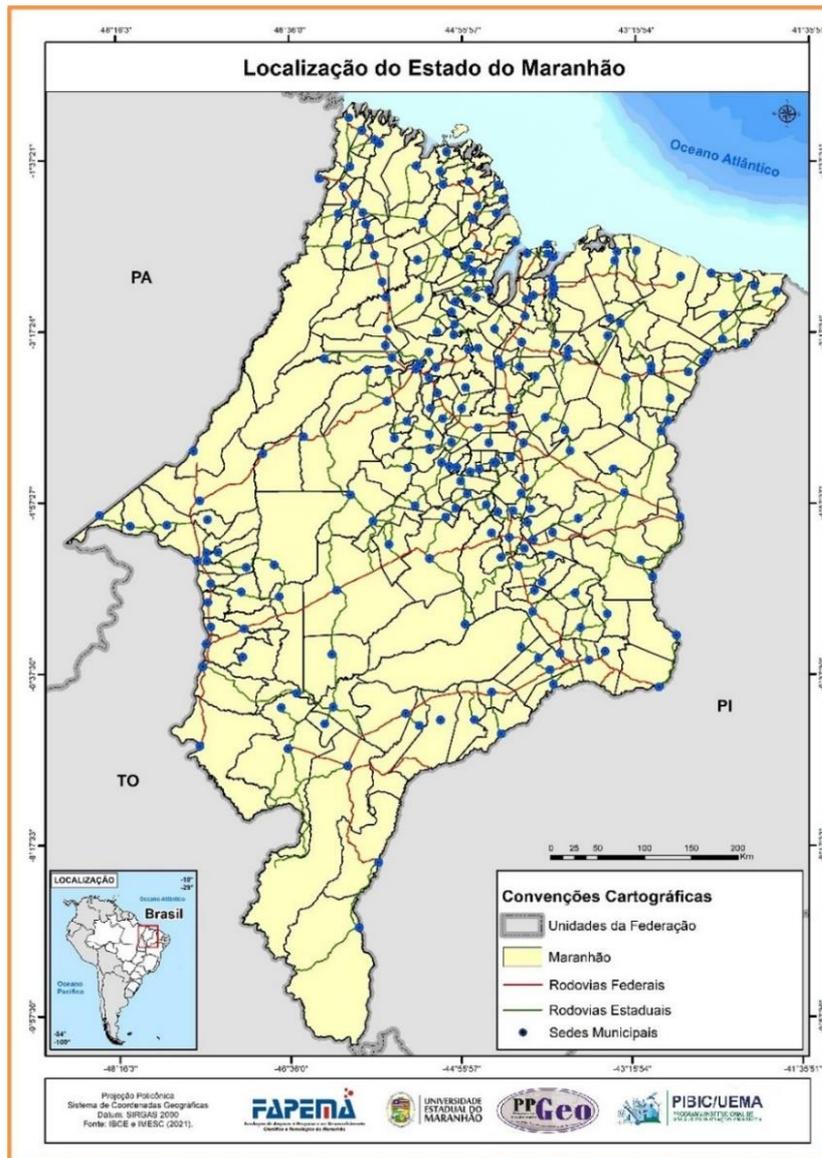
No que se refere a caracterização climática da área de estudo, pode-se dizer que se constitui em uma região de transição climática entre o clima semiárido (baixa pluviosidade e altas temperaturas) e o clima equatorial (úmido e alto índice pluviométrico) e, devido a esse fator, há uma forte sazonalidade climática na distribuição de precipitação sob o território maranhense (Nascimento; Braga et al., 2017, p. 375).

Os principais sistemas produtores do clima maranhense estão associados à atuação dos Oceanos Atlântico e Pacífico, logo, observa-se que sua grande extensão territorial no sentido latitudinal contribui anualmente para a atuação de diferentes sistemas meteorológicos, sendo estes: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (Nascimento; Braga et al., 2017). Além destes, se destacam as massas de ar Equatorial Continental (mEc) e massa Equatorial Atlântica (mEa) (ambas são massas de ar quente e úmida) onde geram grandes instabilidades troposféricas, responsáveis pelo aumento da nebulosidade e precipitações (Lima; Dias, 2015, p.26).





Figura 1- Mapa de Localização do Estado do Maranhão.



Fonte: Elaboração Própria (2021).

O CAMPO TERMODINÂMICO: Temperatura Máxima °C

Segundo Ayoade (1998) a temperatura é o movimento das moléculas, a partir de sua velocidade, em que quanto mais rápido é sua locomoção, mais elevada será a temperatura, tomando-se assim frequentemente como base o grau de calor que um corpo possui. Assim, a temperatura é a condição que determina o fluxo de calor que passa de uma substância para outra, no qual o calor desloca-se de um corpo de maior temperatura para outro com menor temperatura (Torres; Machado, p.31, 2008).

Deste modo, a temperatura máxima é a mais elevada temperatura verificada em certo local durante um dado intervalo de tempo, enquanto a temperatura mínima, são as mais baixas observadas em certo intervalo de tempo (Silva, 2006). Já Correa (2011) afirma que a

temperatura do ar pode ser definida como a medida do calor sensível nele armazenado sendo normalmente dada através de graus Celsius, Fahrenheit ou Kelvin e medida por termômetros.

As observações de temperatura do ar à superfície podem ser feitas a partir dois tipos de análises, sendo estas a sinótica e a climatológica. As análises sinóticas de temperatura do ar à superfície são feitas a partir de uma altura de 1,25 a 2,00 m acima do terreno, e são observações realizadas através das estações integrantes da rede sinótica mundial (Varejão, 2006).

Ainda, Varejão (2006) destaca que as observações climatológicas são interessantes, pois suas observações da temperatura do ar levam em consideração a hora solar média local, porque há uma grande discrepância devido ao fato do sol ser o principal responsável pelo comportamento temporal da temperatura do ar. No âmbito brasileiro, grande parte das observações de temperatura do ar são obtidas através das observações feitas pelas estações meteorológicas e a orientação da previsão do tempo (aplicação sinótica).

VARIABILIDADE CLIMÁTICA ASSOCIADA AO FENÔMENO ENOS

Desde o final da última década do século XX, diversos estudos climáticos têm direcionado as suas análises para um fenômeno que tem gerado grandes impactos na sociedade em anos de ocorrências, que é o El Niño Oscilação Sul (ENOS), nos quais as consequências dos efeitos das fases do fenômeno são sentidas em escala global.

O ENOS é uma anomalia positiva da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), sendo constituído de dois componentes, o oceânico, denominado El Niño (EN) e o atmosférico a Oscilação Sul (OS) (Molin, 2017, p.1).

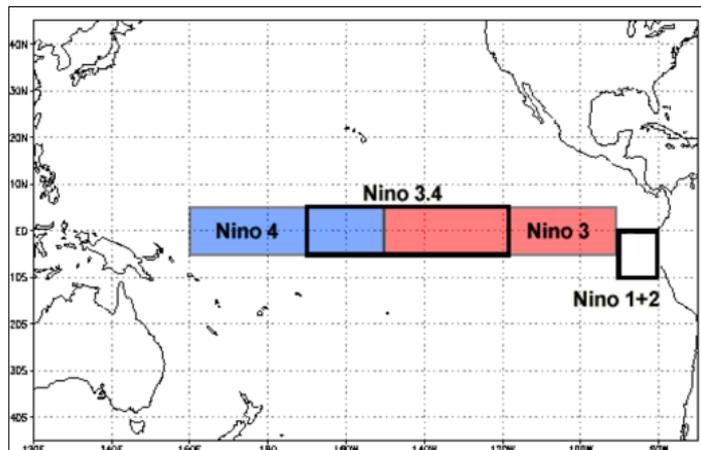
Assim sendo, o ENOS possui duas fases, uma quente denominada de El Niño e uma fria chamada de La Niña. Para Molin (2017) a fase quente é caracterizada pelo aquecimento anormal das águas do Pacífico e a fria pelo seu resfriamento, com características opostas ao do El Niño. De acordo com Marengo (2007, p.32) “o fenômeno El Niño pode ser caracterizado como cíclico, mas não possui um período estritamente regular, reaparecendo no intervalo de dois a sete anos”.

O monitoramento da variação da TSM do Oceano Pacífico é operado pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), que tem o objetivo de realizar previsões sobre as fases do ENOS. Para tal finalidade é utilizado o Índice de Oscilação Sul (IOS), sendo o índice de Pressão Atmosférica e da Temperatura da Superfície do Mar (TSM). O IOS é calculado a partir da diferença da pressão de dois lugares, o Tahiti e Darwin, que está associado

ao enfraquecimento ou intensificação dos ventos alísios sobre o Oceano Pacífico Equatorial (Santos; Filho; Brito, 2010. p.1).

Segundo Ferreira et al. (2017, p.1) esse monitoramento utiliza os índices baseados na medição da TSM das regiões do Niño, sendo o Niño 1+2, Niño 3.4 e Niño 4, que são anomalias presentes em diferentes regiões do oceano Pacífico Equatorial, como demonstra a Figura 2.

Figura 2- Áreas de monitoramento da TSM no oceano Pacífico.



Fonte: FUNDAJ (2018).

No Brasil, os impactos do El Niño dependendo da região têm manifestações diferentes, nos anos de 1997/98 (terceiro maior da história, chamado de Topex / Poseidon) apresentou fortes chuvas, ocasionando enchentes na região Sul, já na região Norte, esse evento provocou uma forte estiagem afetando a disponibilidade hídrica. No Nordeste, houve maior intensificação da seca, devido ser uma área com um regime de chuvas abaixo da média principalmente no sertão, causando problemas alimentares e de saúde devido à escassez de água (Marengo, 2007, p.33).

No Maranhão, os efeitos do ENOS positivo são os mais diversos, no último forte El Niño (2015-2016) o estado sofreu com vários problemas relacionados a falta de chuvas, sobretudo com a seca dos principais rios da Baixada Maranhense, perda de produção agrícola e aumento das médias de temperatura do ar e dos totais de focos de queimadas. Em anos de La Niña, no estado são recorrentes impactos opostos ao do El Niño, com chuvas acima da média histórica, inundações e temperaturas mais amenas.

METODOLOGIA

Para a execução deste trabalho foi realizada pesquisa bibliográfica sobre os temas percorridos através de consultas em livros, artigos, teses e em *sites* de notícias. Doravante, no

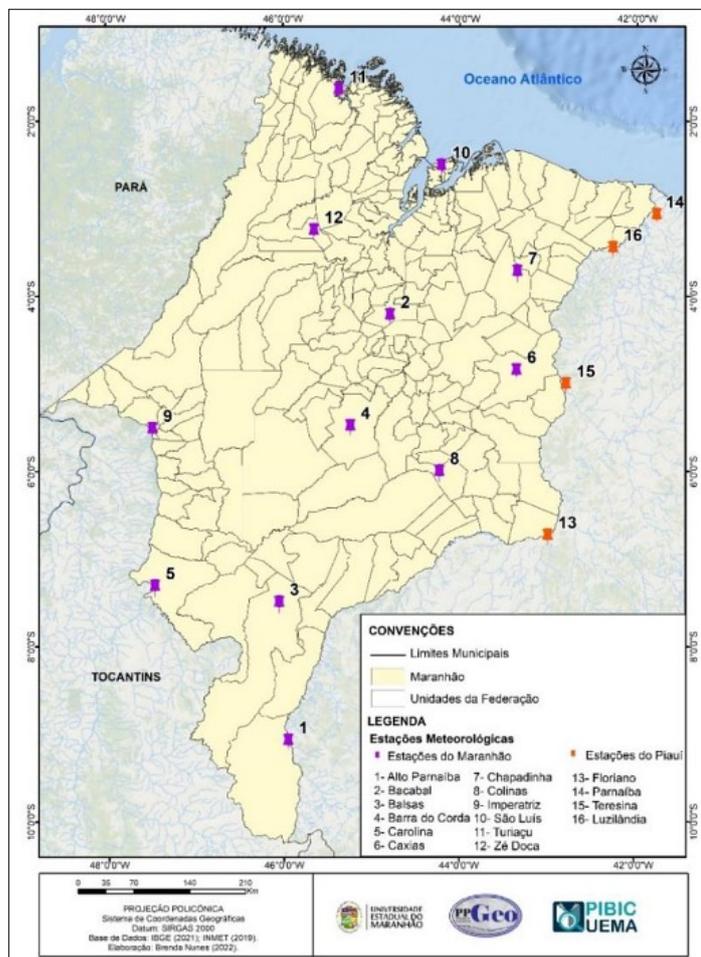
que compreende ao banco de dados de temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$) mensal e anual ($^{\circ}C$), foram utilizados os referentes as estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) por meio do acesso ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). No total, foram empregadas 16 estações, sendo 12 para o estado do Maranhão e 4 estações do Piauí (para o preenchimento de vazio territoriais de dados meteorológicos), conforme a Figura 3.

Desta maneira, as estações do Maranhão estão dispostas da seguinte forma:

- a) **Bioma Amazônico:** Bacabal, São Luís, Turiaçu e Zé Doca.
- b) **Bioma Cerrado:** Alto Parnaíba, Balsas, Barra do Corda, Caixas, Chapadinha, Colinas, Carolina e Imperatriz.

As estações meteorológicas do Piauí, são: Teresina, Luzilândia, Floriano e Parnaíba. Por conseguinte, foram operados os *downloads* dos dados mensais de $T_{m\acute{a}x}$ datada a partir de 01/01/1989 até 31/12/2018. Todas as informações foram organizadas no programa *Excel* em formato (.xlsx), totalizando 16 planilhas.

Figura 3- Mapa de localização das estações meteorológicas.



Fonte: Elaboração Própria (2021).



Posteriormente, realizou-se os cálculos das médias mensais e anuais da variável através de fórmulas estatísticas e em seguida os dados foram exportados para ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) com a finalidade de produzir arquivos shapefiles de extensão vetorial do tipo ponto para elaborar os mapas climáticos.

Os mapas temáticos foram elaborados no *software* livre Qgis versão 3.10.1 com base no método de Interpolação, que de acordo com Silveira (2020) consiste na estimativa de grandezas desconhecidas com base em valores conhecidos, desse modo, é possível construir um novo dado para áreas com déficit de valores.

Desta forma, utilizou-se a Interpolação por Ponderação do Inverso das Distâncias (*Inverse Distance Weighting -IDW*) que é um artifício interpolador exato, que parte do pressuposto de que as coisas mais próximas entre si são mais parecidas do que as mais distantes. Assim, “para predizer um valor para um local não medido, o IDW usará os valores amostrados à sua volta, que terão um maior peso do que os valores mais distantes” (Jacob; Young, 2006, p.8). Destarte, como algumas áreas do território maranhense não possuem cobertura meteorológica, a partir desta técnica de geoprocessamento foi possível estabelecer estimativas de T_{máx} para estas áreas. Por tanto, foram produzidos 30 mapas anuais de T_{máx} para o estado do Maranhão.

Por conseguinte, visando analisar as variações de TSM do Oceano Pacífico Equatorial, utilizou-se os dados de IOS (Índice de Oscilação Sul) referentes aos registros de 1989 a 2018, disponibilizados pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). A partir dos valores de IOS podem ser definidas três fases, sendo: **Neutralidade** = $- 0,5^{\circ}\text{C} < T^{\circ}\text{C} < + 0,5^{\circ}\text{C}$; **El Niño** = $> 0,5^{\circ}\text{C}$ e **La Niña** = $< - 0,5^{\circ}\text{C}$. Desse modo, a partir das observações dos valores de IOS foi possível definir os anos que registraram El Niño ou La Niña e verificar se nesses respectivos anos houve implicações do fenômeno nas médias de temperatura. Desta forma, a Figura 4 apresenta tais valores de IOS, no qual os períodos quentes estão assinalados pela cor vermelha (El Niño) e os frios pela cor azul (La Niña), com base no limite de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (NOAA,2021).



Figura 4 - Registro histórico dos valores de IOS para o Oceano Pacífico.

1989	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	FILHO	ONDE	NDJ
1990	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
1991	0,4	0,3	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,8	1,2	1,5
1992	1,7	1,6	1,5	1,3	1,1	0,7	0,4	0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,1
1993	0,1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,6	0,3	0,3	0,2	0,1	0,0	0,1
1994	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	1,0	1,1
1995	1,0	0,7	0,5	0,3	0,1	0,0	-0,2	-0,5	-0,8	-1,0	-1,0	-1,0
1996	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5
1997	-0,5	-0,4	-0,1	0,3	0,8	1,2	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4	2,4
1998	2,2	1,9	1,4	1,0	0,5	-0,1	-0,8	-1,1	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6
1999	-1,5	-1,3	-1,1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,1	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	FILHO	ONDE	NDJ
2000	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,7	-0,7
2001	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3
2002	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,1
2003	0,9	0,6	0,4	0,0	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
2005	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,8
2006	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,1	0,0	0,1	0,3	0,5	0,8	0,9	0,9
2007	0,7	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,1	-1,3	-1,5	-1,6
2008	-1,6	-1,5	-1,3	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	-0,2	-0,4	-0,6	-0,7
2009	-0,8	-0,8	-0,6	-0,3	0,0	0,3	0,5	0,6	0,7	1,0	1,4	1,6
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	FILHO	ONDE	NDJ
2010	1,5	1,2	0,8	0,4	-0,2	-0,7	-1,0	-1,3	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
2011	-1,4	-1,2	-0,9	-0,7	-0,6	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,0	-1,1	-1,0
2012	-0,9	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	0,0	0,2	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,2
2013	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3
2014	-0,4	-0,5	-0,3	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7
2015	0,5	0,5	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,2	2,4	2,6	2,6
2016	2,5	2,1	1,6	0,9	0,4	-0,1	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,6
2017	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	-0,1	-0,4	-0,7	-0,8	-1,0
2018	-0,9	-0,9	-0,7	-0,5	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9	0,8

Fonte: NOAA (2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Estado do Maranhão, entre 1989 a 2018, o padrão de temperatura máxima (T_{máx}) apresentou irregularidade. O setor Noroeste teve as menores médias anuais de T_{máx}, enquanto os setores Leste, Centro e Sul registraram as maiores. Ao longo do ano, os meses de maio a dezembro são os mais quentes com 33,39°C de média e os considerados de temperatura mais baixas são de janeiro a abril, com média de 31,43°C.

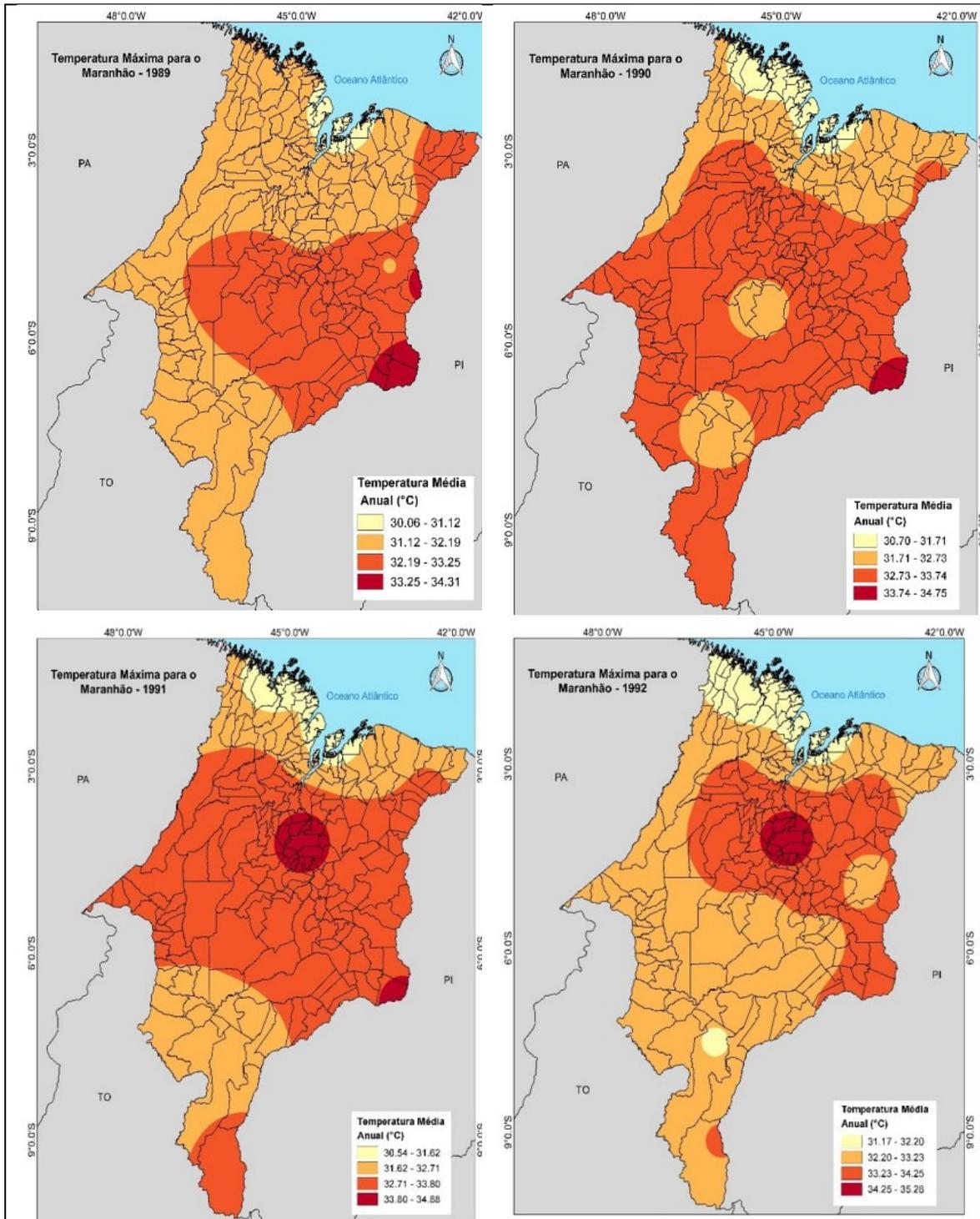
No primeiro decênio, correspondente aos anos de 1989 a 1998 houve a ocorrência de dois episódios de El Niño, o primeiro de 1991 – 1992 e o segundo de 1997 – 1998, ambos de magnitude forte. Ao analisar os dados de T_{máx} para este período, conforme as Figuras 5, 6 e 7, verificou-se que nos respectivos anos as médias foram superiores as observadas em época de neutralidade. Desde modo, em 1991 a variação de T_{máx} foi entre 30°C a 34°C, no ano de 1992 apresentou médias entre 31,17°C a 35,28°C, em todo o estado foram registradas médias de temperaturas em relação aos anos neutros.

O ano de 1994 também foi quente, com temperaturas entre 30,83°C a 34,19°C, principalmente nos setores Centro e Sudeste. Entre os anos de 1995 - 1996, o estado foi em sua maioria acometido por médias elevadas de temperatura, principalmente na porção Oeste nas



proximidades com o Bico do Papagaio, a Leste na divisa com o Piauí, com oscilação da temperatura do ar entre 32,36° a 34,15°C, com exceção da região litorânea que se manteve com as menores máximas variando entre 31,12 ° C a 32,05° C. Para os anos de 1997 e 1998, as médias apresentaram ritmo semelhante, com 31,39°C a 34,01°C e 31,79° C a 35,09° C, respectivamente, sendo o setor Leste com as maiores Tmáx.

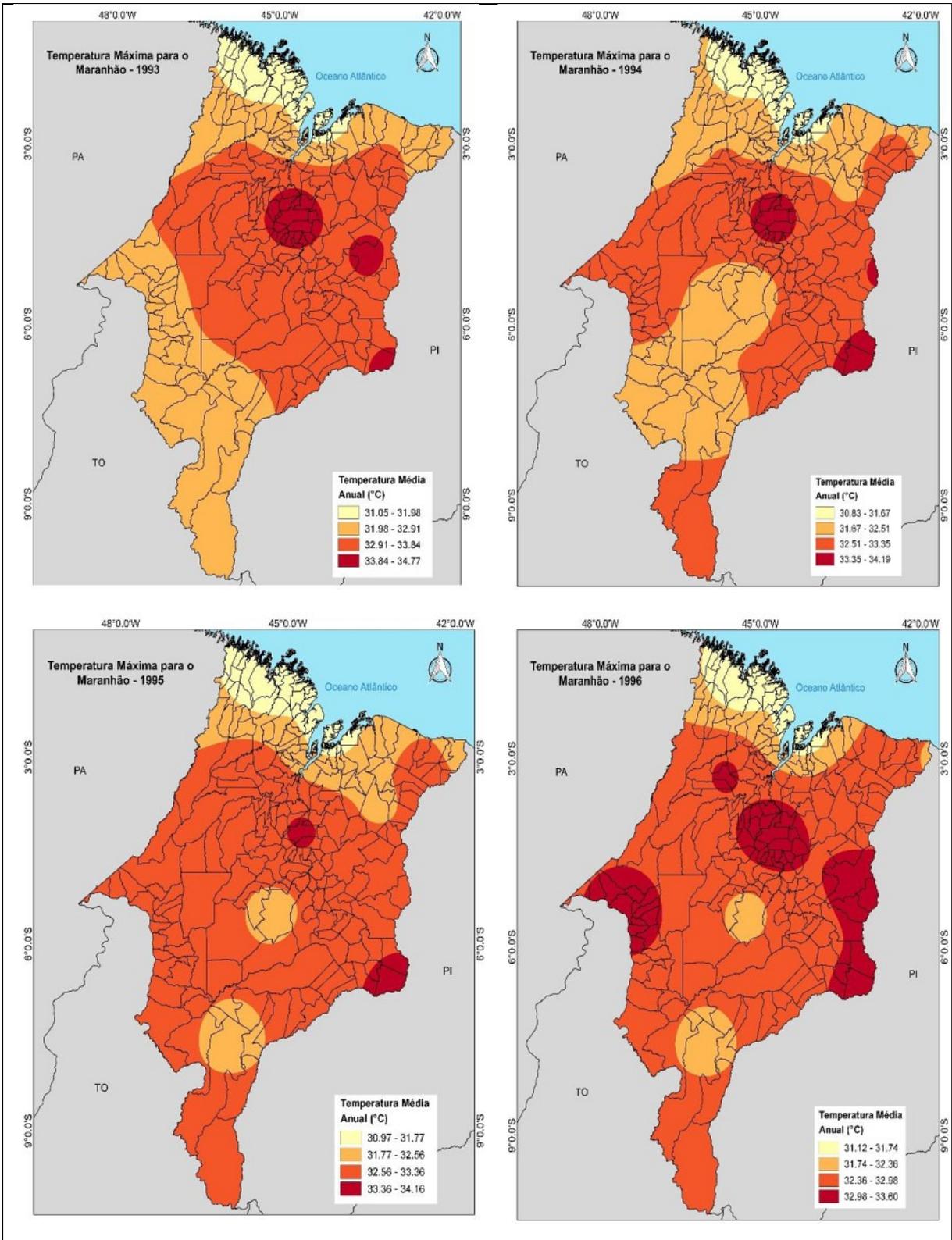
Figura 5- Temperatura Máxima para o Estado do Maranhão de 1989 a 1992.



Fonte: Elaboração Própria (2021).



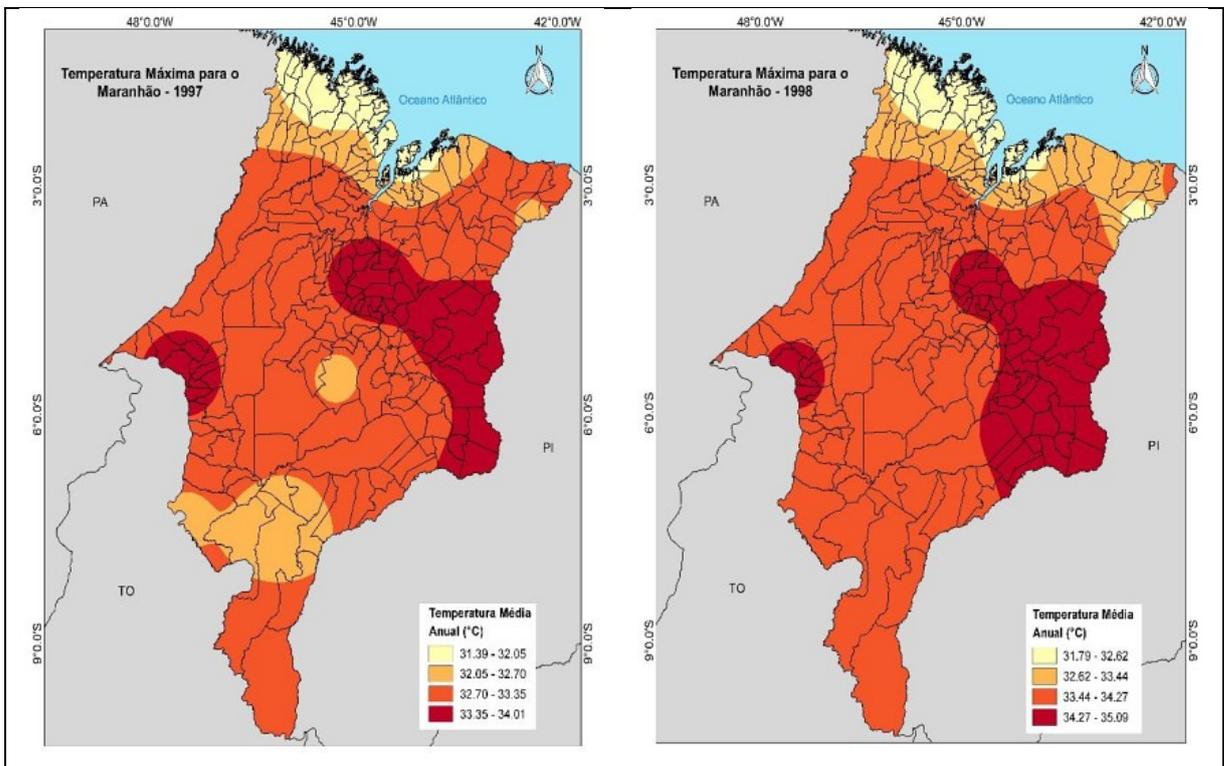
Figura 6 - Temperatura Máxima para o Estado do Maranhão de 1993 a 1996.



Fonte: Elaboração Própria (2021).



Figura 7 - Temperatura Máxima para o Estado do Maranhão de 1997 a 1998.



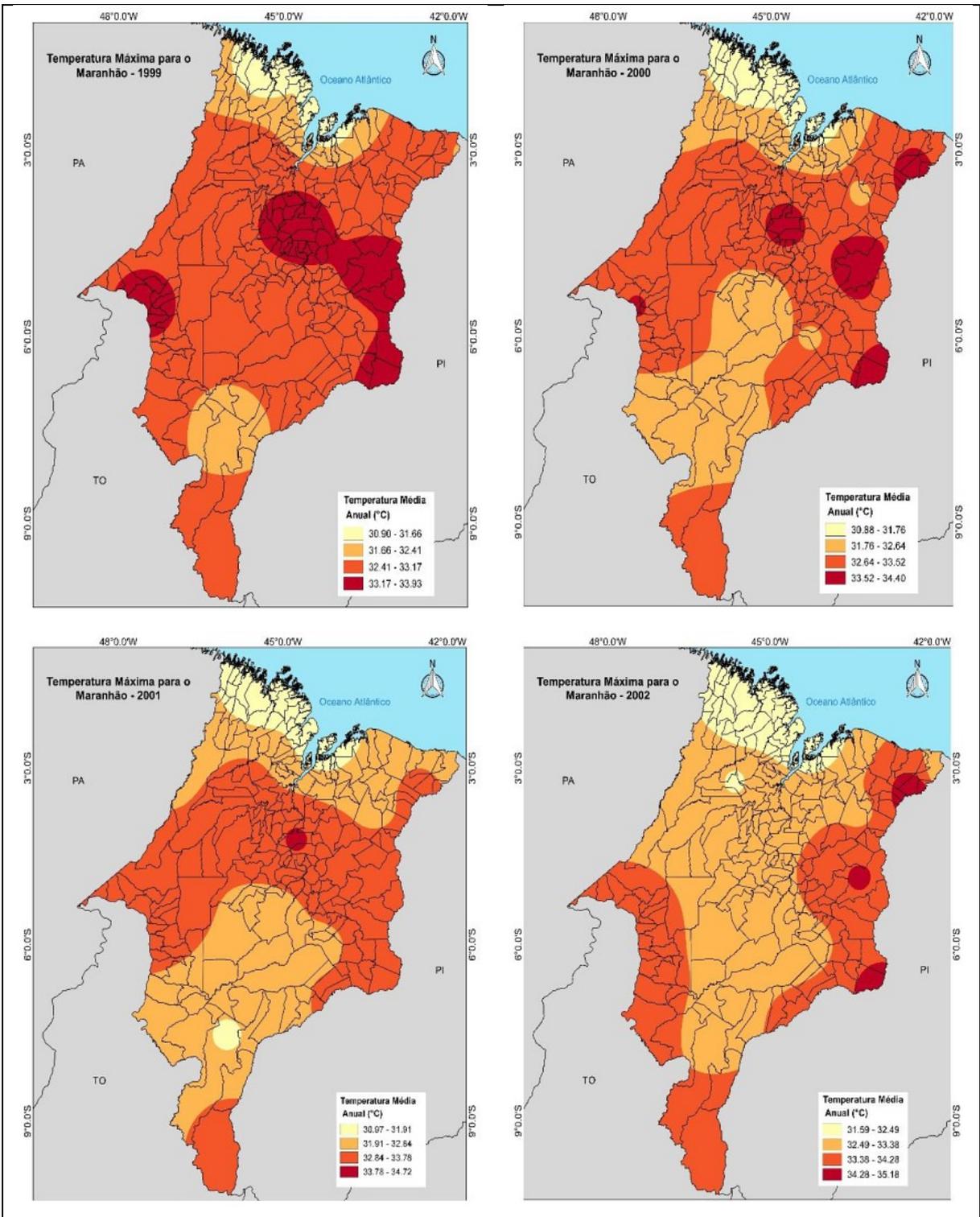
Fonte: Elaboração Própria (2021).

O segundo decênio (1999 – 2008) representado nas Figuras 8, 9 e 10, foi marcado por dois eventos de La Niña (1999 – 2000; 2007 – 2008) e por dois acontecimentos de El Niño (2002 – 2003; 2006 – 2007). Ao comparar os anos de neutralidade com os anos que registram as fases do ENOS, não foi observado muita variação, uma vez que esta década foi muito quente, com valores extremos de temperatura, mesmo em anos de La Niña. Em todos os anos deste período, foram apresentadas médias anuais superiores a 30,80°C.

No intervalo de 2003 a 2008, as médias variaram entre 31°C a 38,45°C, sendo o ano de 2005 o mais quente, com oscilação entre 31,89°C a 38,45°C, seguido do ano de 2007 com 31,43°C a 35,12°C. As áreas com as maiores T_{máx} foram as situadas no Centro, Leste, Oeste e Sudeste do Maranhão.



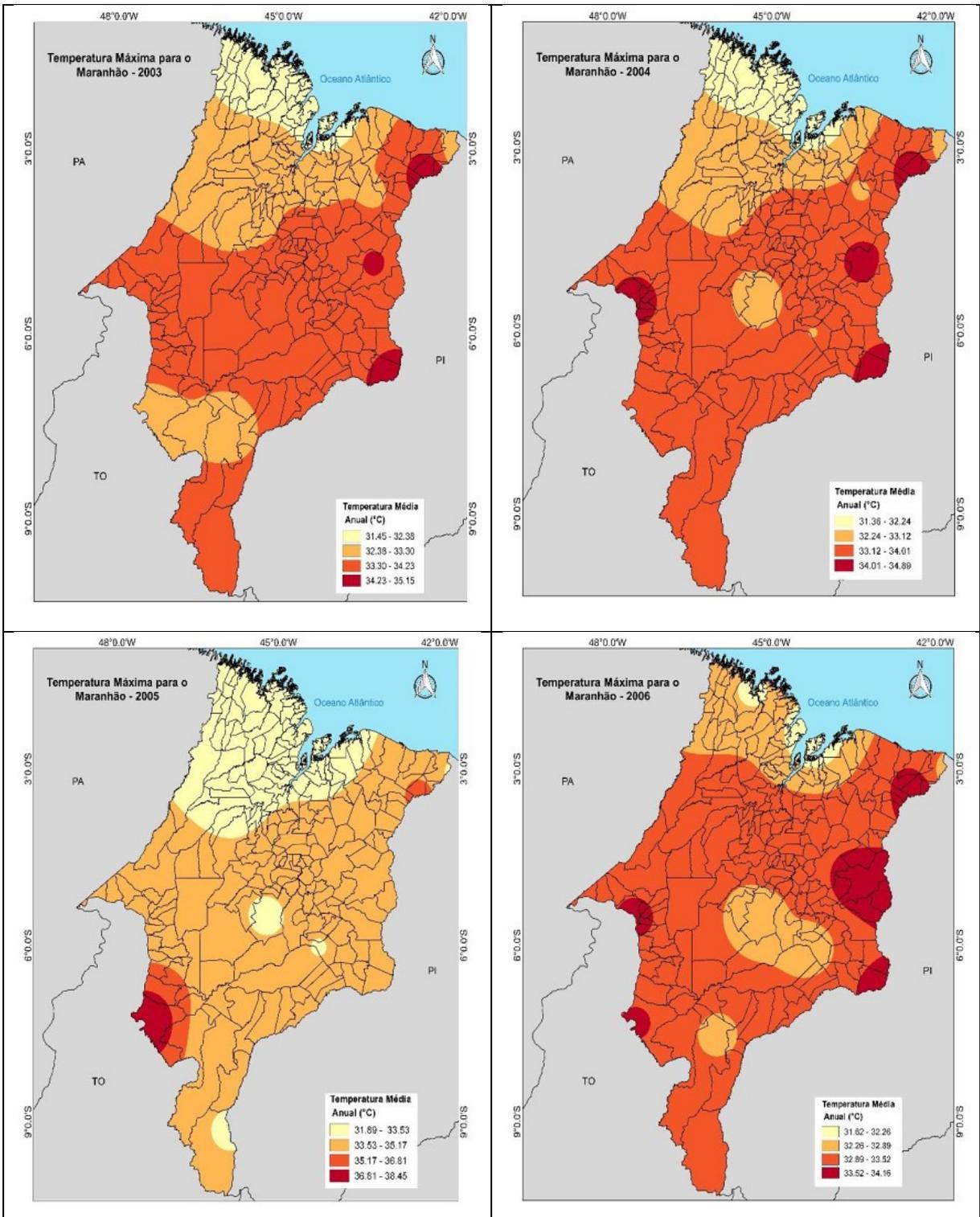
Figura 8 - Temperatura Máxima para o Estado do Maranhão de 1999 a 2002.



Fonte: Elaboração Própria (2021).



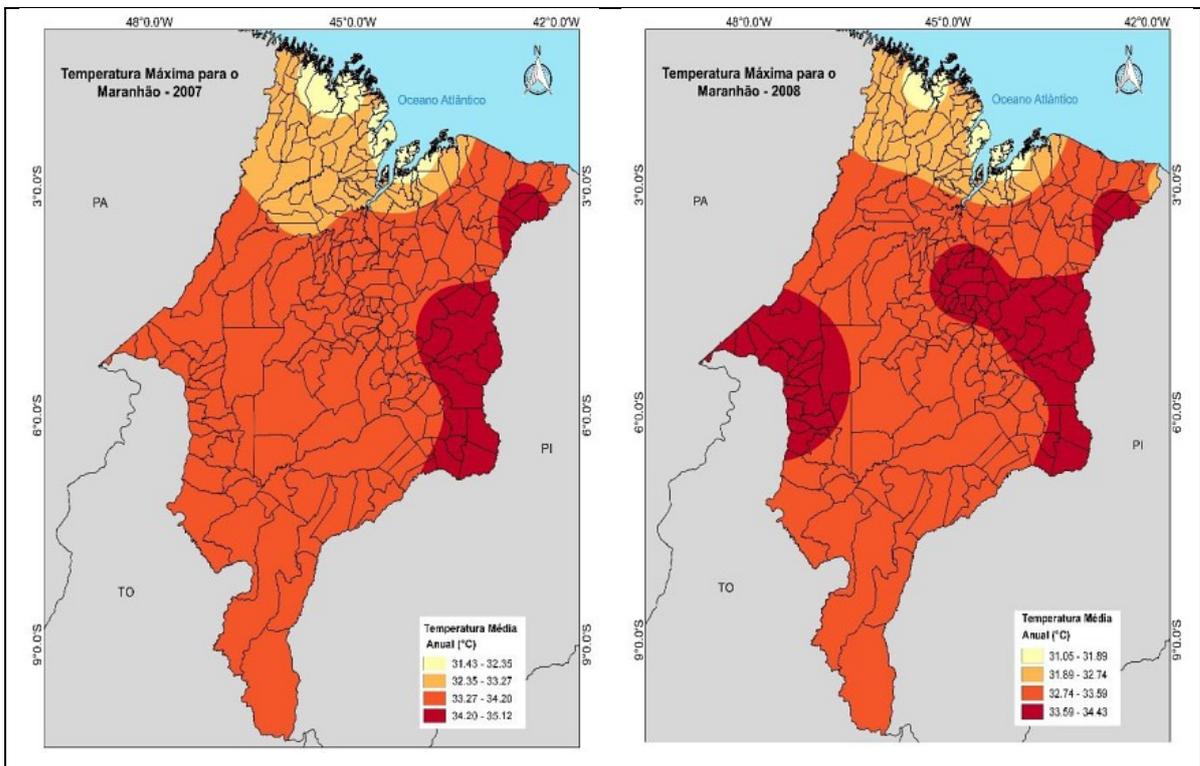
Figura 9 - Temperatura Máxima para o Estado do Maranhão de 2003 a 2006.



Fonte: Elaboração Própria (2021).



Figura 10 - Temperatura Máxima para o Estado do Maranhão de 2007 a 2008.



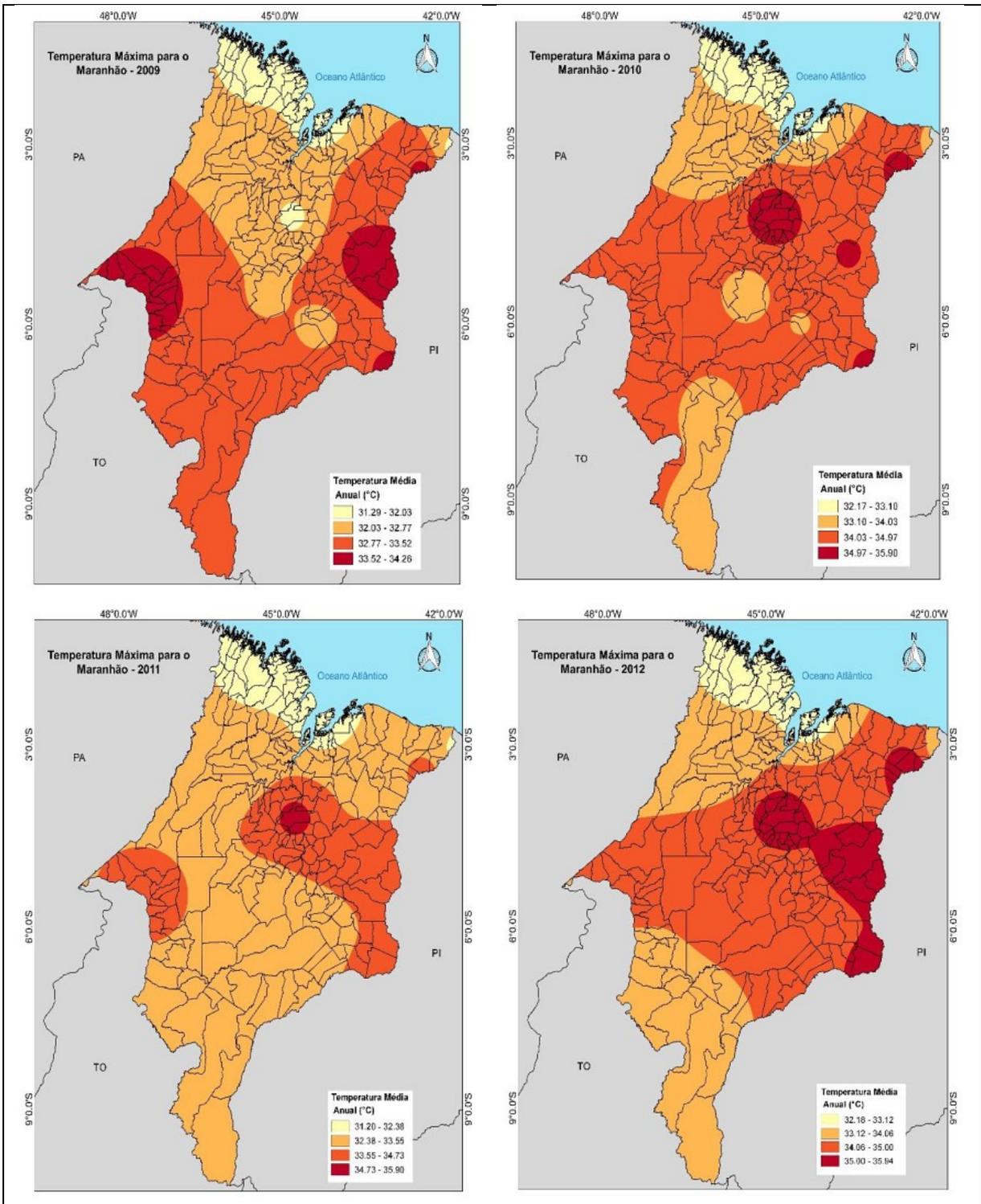
Fonte: Elaboração Própria (2021).

O último decênio (2009 – 2018) foi marcado pela atuação de dois El Niño (2009 -2010; 2015 – 2016) e dois episódios de La Niña (2010 – 2011; 2017 – 2018). Assim como na década anterior, esta mais recente apresentou anomalia positiva na média de T_{máx}, posteriormente, pode-se considerar a mais quente dentre todas analisadas, como destacado nas Figuras 11,12 e 13, no qual, com exceção do ano de 2009, todos os outros anos apresentaram médias de T_{máx} anuais de até 35°C, com destaque para os anos de 2015 que marcou em algumas áreas do setor Leste, próxima à divisa com o Piauí, média de 36,09°C e o ano de 2016 com médias entre 32,51°C a 35,87°C. Nesses respectivos anos foi registrado o El Niño mais forte das últimas décadas, conhecido popularmente como El Mostro.

As condições do El Niño de 2015-2016 afetaram significativamente o comportamento da temperatura do ar e da precipitação no Maranhão, causando redução no volume de chuvas e aumento da temperatura, que provocaram secas moderadas a grave, perda na produção agrícola e grande incidência de focos de queimadas, com 28.436 mil focos em 2015 e 21.789 focos no ano de 2016.



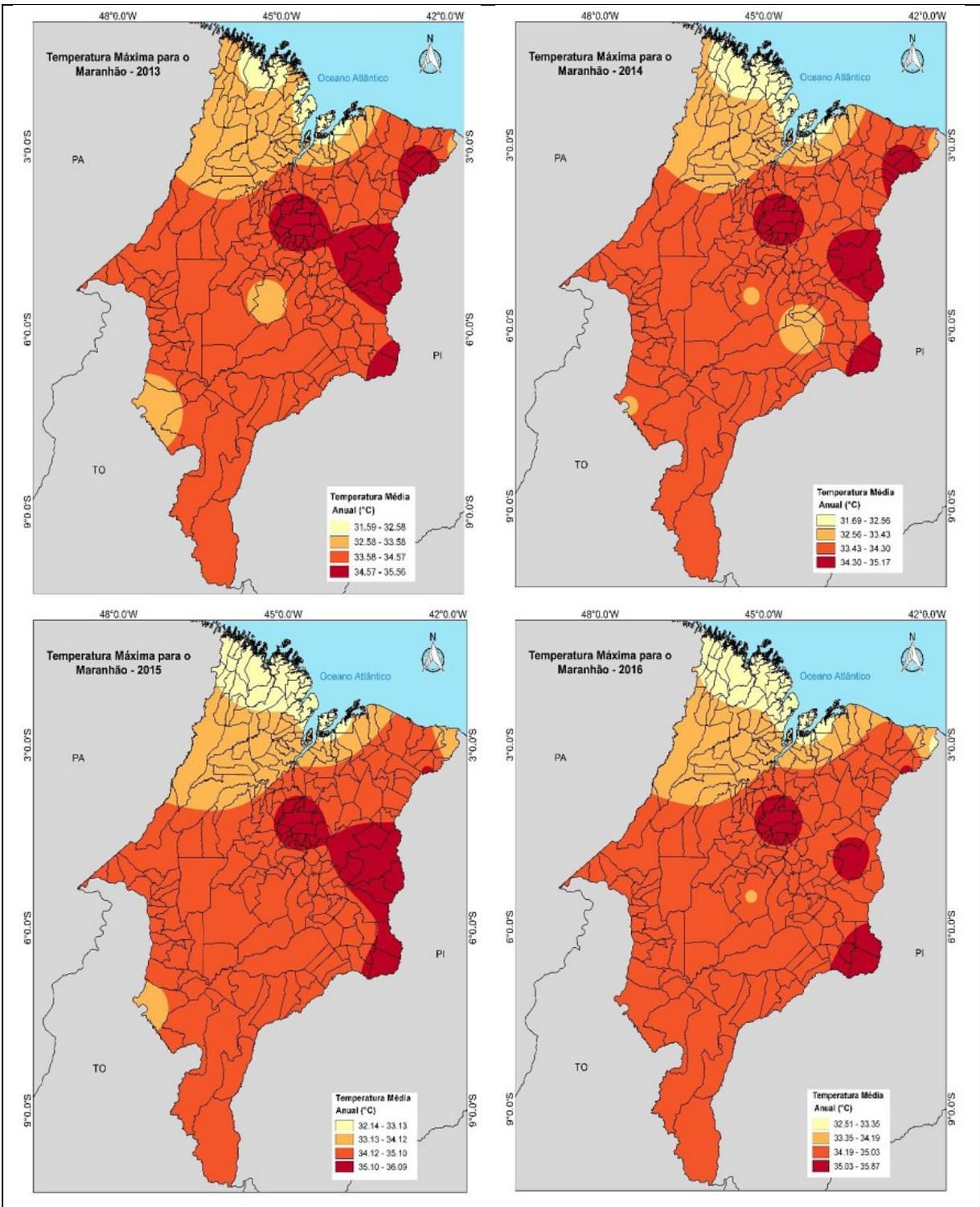
Figura 11 - Temperatura Máxima para o Estado do Maranhão de 2009 a 2012.



Fonte: Elaboração Própria (2021).



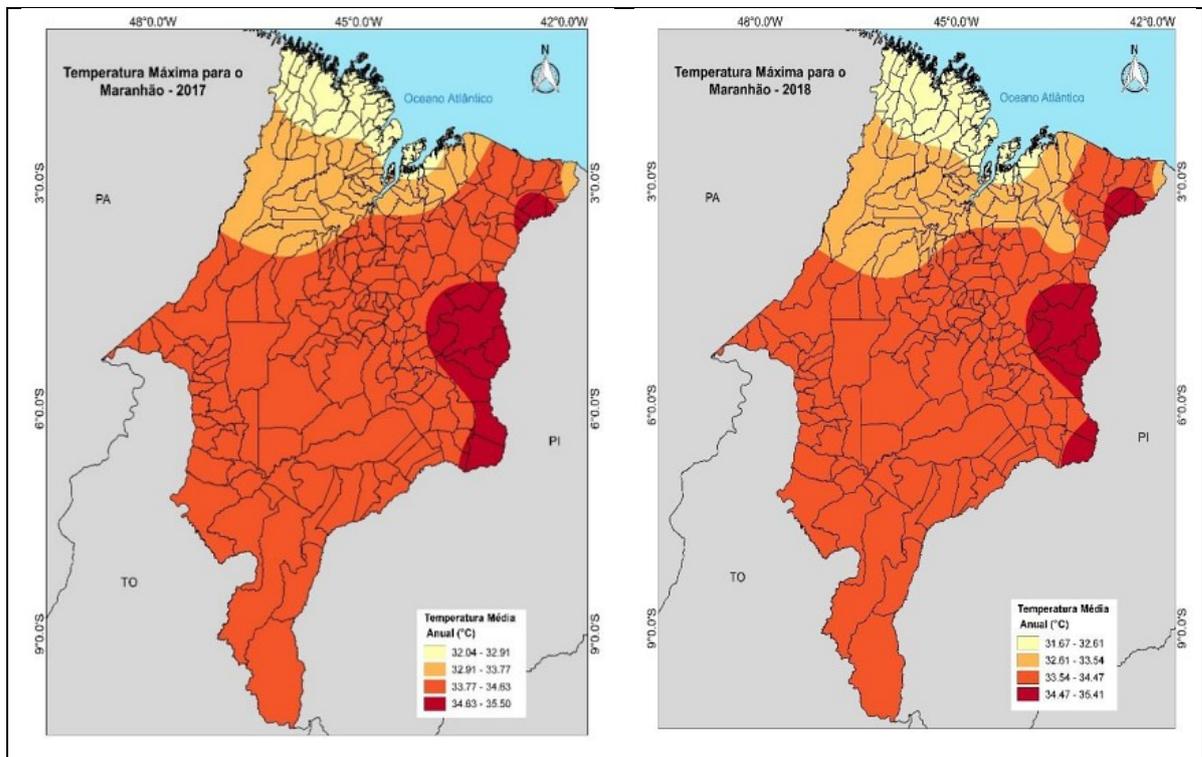
Figura 12 - Temperatura Máxima para o Estado do Maranhão de 2013 a 2016.



Fonte: Elaboração Própria (2021).



Figura 13- Temperatura Máxima para o Estado do Maranhão de 2017 a 2018.



Fonte: Elaboração Própria (2021).

Por tanto, a análise histórica dos dados de temperatura máxima média do ar para o Maranhão mostrou uma tendência gradual do aumento das médias entre os decênios de 1999 – 2008 e 2009 -2018 em torno de 1°C a 2°C, sendo considerado um sinal de alerta para os próximos anos, principalmente diante de projeções para mudanças climáticas, além das preocupações com perturbações atmosféricas causadas por tais alterações ou ainda pelas eventuais ocorrências de El Niño em sua magnitude moderada a forte.

Além dos aspectos já mencionados, os setores Leste, Centro, Oeste e Sul Maranhense também se configuraram como as áreas com maiores médias de T_{máx} em decorrência de outros fatores que controlam a temperatura do ar, como a altitude, a continentalidade (áreas mais distantes do oceano), menor percentagem de nebulosidade, dentre outros fatores regionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados gerados evidenciaram a dinâmica do padrão climático de temperatura máxima do ar para o Maranhão. A partir da cartografia produzida com os dados da série histórica, foi possível apontar as regiões maranhenses que possuem as maiores médias de T_{máx}.

Destaca-se que a área de estudo está sujeita aos efeitos das fases do fenômeno ENOS, sobretudo para a fase positiva, o El Niño.

Á vista disto, os anos de 1991, 1992, 1997, 1998, 2007, 2015 e 2016 foram diretamente influenciados pelo El Niño e marcaram as maiores temperaturas dentro do lastro temporal analisado. Os últimos 20 anos foram considerados os mais quentes, com aumento em torno de 1°C a 2°C nas médias de T_{máx}. Por tanto, a realização desta pesquisa foi de extrema importância para a Climatologia Geográfica do Estado do Maranhão, devido as informações produzidas e que poderão subsidiar outras pesquisas e ações de gestão territorial.

REFERÊNCIAS

AYOADE. J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

CORREA, W. D. S. C. **Comportamento dos elementos climáticos, temperatura e precipitação, no Município de Vitória (ES) no período de 1978 a 2007**, 2011. Disponível em: <<https://geo.ufes.br/sites/geografia.ufes.br/files/field/anexo/Wesley.pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2022.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados - Maranhão**, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma.html>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP-Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa: Dados Históricos - Dados Anuais**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 11 set. 2021.

JAKOB.A; YOUNG. A. **O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas**. XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, Caxambu-MG, 2006. Disponível em: <http://www.nepo.unicamp.br/vulnerabilidade/admin/uploads/producoes/M%C3%A9todosInterpola%C3%A7%C3%A3o.PDF>. Acesso em: 6 jan. 2020.

LIMA, Francinilda Bezerra de; DIAS, L. J. B. **Parâmetros meteoro-climáticos da zona urbana de Imperatriz (MA) entre janeiro de 1961 e dezembro de 2013**: subsídios estatísticos ao planejamento e ordenamento territorial. Relatório final de iniciação científica. Imperatriz: UEMA/FAPEMA, 2015.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo. Oficina de Texto, 2007.

MOLION, Luiz Carlos Baldicero. **A Gênese do El Niño**. Revista Brasileira de Climatologia. 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/51873/33551>. Acesso em: 06 jan. 2021.



NASCIMENTO, Francisco das Chagas Araújo, BRAGA, Célia Campos et al. **Análise Estatística dos Eventos Secos e Chuvosos de Precipitação do Estado do Maranhão.**

Revista Brasileira de Meteorologia, 2017. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v32n3/0102-7786-rbmet-32-03-0375>>.pdf. Acesso: 11. jan. 2022.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA. **Episódios frios e quentes por temporada (IOS).** Disponível em:

https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Acesso: 17 jan. 2021.

SANTOS, Edvância Pereira dos; FILHO, Itomésio Matias, BRITO, José Ivaldo B. de.

Influência do Índice de Oscilação Sul (IOS) e Anomalia do Niños sobre as chuvas no Nordeste Brasileiro. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia 2010. Belém – PA.

Disponível em: http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/538_87068.pdf. Acesso em: 11 fev. 2019.

SILVA.VAREJÃO, M.A. **Meteorologia e Climatologia** Versão Digital 2. Recife, 2006.

Disponível em:

http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf. Acesso em: 10 jan. 2020.

SILVEIRA, R. M. P. **Cartografia temática**, 2020. Curitiba: Contentus, 2020.

TORRES.F; MACHADO.P. **Introdução a Climatologia**. Ubá: Ed. Geographica, 2008.

Disponível em: <https://pt.slideshare.net/ELIZAVETHEQUINTELLA/introduo-climatologia-86784392>. Acesso em: 15 nov. 2019.