Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS
ISSN 2237-8642

MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO MARANHÃO: EVOLUÇÃO, TENDÊNCIAS E PROJEÇÕES FUTURAS

Climate change in Maranhão: evolution, trends, and future projections

Cambio climático en Maranhão: evolución, tendencias y proyecciones futuras

Juarez Mota Pinheiro
Universidade Federal do Maranhão
juarez.mp@ufma.br

Irecer Portela Figueirêdo Santos
Universidade Federal do Maranhão
irecer.pfs@ufma.br

Resumo: A pesquisa analisa os impactos das mudanças climáticas ao longo de 60 anos dos elementos atmosféricos de temperatura e pluviosidade no estado do Maranhão e identifica cenários futuros. A região Norte e Nordeste do Brasil passam por um intenso processo de desmatamento, queimadas e de expansão agrícola acelerada, exigindo estudos que revelem a proporcionalidade de suas alterações climáticas e projeção de cenários futuros que auxiliem na tomada de decisões. No Maranhão, em função da sua posição geográfica, extensão territorial, diversidade de biomas, de ecossistemas e de importância no contexto do MATOPIBA torna-o um caso representativo e exemplificador de indicação do que está acontecendo em termos de mudanças climáticos no norte e nordeste do Brasil. Foram realizados pesquisas bibliográficas e de coleta de dados nos institutos de pesquisas INMET, FIOCRUZ e INPE/CPTEC, produzindo mapas e gráficos estatísticos que identificaram as alterações que estão se processando. Os resultados encontrados demonstraram, de forma inequívoca, que nos últimos 60 anos no Maranhão já ocorreu um aumento de sua temperatura média em +0,9 °C e uma redução em seus volumes de chuvas anuais que variaram de -250 mm a -600 mm a depender de sua localização territorial. Quanto aos cenários futuros, utilizando dados de estudos produzidos por modelos desenvolvidos pela FIOCRUZ e do INPE/CPTEC, para os próximos 25 e 50 anos, os resultados também foram muito preocupantes e reveladores, sua temperatura continuará a aumentar de forma significativa, podendo chegar a +5,4°C e uma redução de até -32% do volume de suas chuvas anuais, os estudos indicaram para realidades climáticas sérias e preocupantes em um cenário futuro próximo, o que irá provocar repercussões muito negativas para diversas atividades agrícolas e econômicas com consequências diretas no desenvolvimento social.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas. Maranhão. Temperatura. Pluviosidade

Abstract: This research intend to analyze the impacts of climatic changes over a timespan of sixty years of atmospheric components of temperatura and rainfall in the state of Maranhão, allowing some forecastings for a near future. The North and Northeast regions of Brazil have undergone an intense deforestation process, wildfires, and accelerated agricultural expansion, demanding studies to measure how it impacts on overall climate changes and to extrapolate the most probable future scenarios, which could help on current decision making on this issue. Maranhão, due to its unique geographical location, territorial extension, bioma and ecosystem diversity, and its importance in the MATOPIBA context, is a significant and illustrative case study of some trends that have happened in climate changes in the North and Northeast areas of Brazil. Bibliographic researches were carried out and data gathering in government research institutes like INMET, FIOCRUZ and INPE/CPTEC, allowing us to produce maps and statistical graphs that identify climate changes currently under its way. The obtained results shown, in an unambiguous way, that in the last sixty years the average temperature has risen +0,9°C and a decrease in the pluviometric indexes between -250 and 600mm, depending on the focused location. Regarding future scenarios, based on the sampled data from FIOCRUZ and INPE/CPTEC, in the next 25 and 50 years, we got some worrying and terrifying prospects that point to a temperature rise in the order of +5,4°C and a rainfall decrease in the order of -32%, compared to the current climatic parameters, which will have highly negative repercussions for various agricultural and economic activities, with direct consequences on social development.

Keywords: Climate Change. Maranhão. Temperature. Rainfall.

Resumen: La investigación analiza los impactos del cambio climático a lo largo de 60 años en los elementos atmosféricos de temperatura y precipitación en el estado de Maranhão, y identifica escenarios futuros. Las regiones Norte y Noreste de Brasil han pasado un intenso proceso de deforestación, incendios forestales y gran expansión agrícola, lo que exige estudios que revelen la magnitud de sus alteraciones climáticas y la proyección de escenarios futuros que apoyen la toma de decisiones. Maranhão, debido a su posición geográfica, extensión territorial, diversidad de biomas y ecosistemas, y su importancia en el contexto del MATOPIBA, se convierte en un caso representativo y ejemplar de lo que está ocurriendo en términos de cambios climáticos en el norte y noreste de Brasil. Se realizaron investigaciones bibliográficas y recopilación de datos en los institutos del gobiertno INMET, FIOCRUZ e INPE/CPTEC, produciendo mapas y gráficos estadísticos que identificaron las alteraciones que se están desarrollando. Los resultados encontrados demostraron, de forma inequívoca, que en los últimos 60 años Maranhão ya ha experimentado un aumento de su temperatura media de +0,9 °C y una reducción en sus volúmenes de lluvias anuales que varían entre -250 mm y -600 mm, dependiendo de la ubicación específica en analysis. En cuanto a los escenarios futuros, utilizando datos de estudios elaborados con modelos desarrollados por FIOCRUZ e INPE/CPTEC para los próximos 25 y 50 años, los resultados también fueron muy preocupantes y reveladores. Se espera que la temperatura continúe aumentando de forma significativa, pudiendo alcanzar hasta +5,4 °C, y que las lluvias se reduzcan hasta un -32% de su volumen anual. Los estudios indican realidades climáticas graves y preocupantes en un futuro cercano, lo que provocará repercusiones muy negativas en diversas actividades agrícolas y económicas, con consecuencias directas para el desarrollo social.

Palabras clave: Cambio Climático. Marañón. Temperatura. Lluvia. Temperatura. Pluviosidad.

Submetido em: 31/01/2025
Aceito para publicação em: 20/06/2025
Publicado em: 03/07/2025

1. INTRODUÇÃO

A humanidade no seu processo de ocupação do espaço está, ano após ano, consciente e inconscientemente, alterando o ambiente que habita, de modo que suas ações estão comprovadamente afetando os mecanismos de equilíbrio e funcionamento do clima. O relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023) sugere que as evidências disponíveis indicam fortemente a influência das emissões causadas pelo homem, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento acelerado, corroborando com o aquecimento global. O documento também aponta que, dos 1,1°C de aumento na temperatura média global observados desde a era pré-industrial, menos de 0,1°C poderiam ser atribuídos a fatores naturais, como atividades vulcânicas ou variações na intensidade solar.

O Brasil, com uma ampla gama de biomas como a Caatinga (10,1%), a Floresta Amazônica (49,5%), o Cerrado (23,3%), passando pela Mata Atlântica (13%), o Pantanal (1,8%) e os Pampas (2,3%) (IBGE, 2019) e com a existência de diversos ecossistemas sensíveis e fundamentais para a sustentabilidade da vida, torna o país especialmente sensível aos efeitos das mudanças climáticas, o que pode afetar a biodiversidade, os recursos hídricos, a agricultura, a saúde pública e sua infraestrutura.

Um dos principais impactos das mudanças climáticas em todo o território brasileiro é o aumento da temperatura média. Isso pode desencadear e levar a promoção de eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes e constantes, como por exemplo o aumento da ocorrência de ondas de calor mais intensas e prolongadas, que por sua vez, afeta a saúde das pessoas, especialmente em regiões urbanas.

Além disso, o aumento da temperatura global contribui para a elevação do nível do mar, ameaçando áreas costeiras e cidades litorâneas que é onde se concentram a maior parte da população nordestina e brasileira. Segundo Marengo e Valverde (2007) para o Nordeste, a tendência é de redução de chuvas acompanhada de aumento da temperatura para finais do século XXI. Destaca-se também em suas pesquisas, o aumento da velocidade dos ventos em situações extremas, causadas por variações bruscas de pressão atmosférica.

Outro impacto considerável das mudanças climáticas no território brasileiro são as alterações nos padrões de chuva, promovendo "a intensificação de secas em algumas regiões, chuvas mais intensas e irregulares em outras" (Costa, *et al.*, 2020, p. 153). Isso pode acarretar

sérias consequências para a agricultura, impactando a produção de alimentos, a economia e a segurança alimentar. Além disso, pode comprometer a infraestrutura, gerando repercussões significativas para toda a população, especialmente para os grupos mais vulneráveis.

O bioma da Floresta Amazônica, é apontado como um dos maiores sumidouros de carbono do planeta e tem sofrido com o acelerado processo de desmatamento, degradação essa, que se torna um dos representantes geradores de impacto das mudanças climáticas no Brasil e no Mundo. O desmatamento e as queimadas, impulsionados, principalmente pela expansão agropastoril, liberam grandes quantidades de carbono na atmosfera, contribuindo para o aumento das concentrações de gases de efeito estufa e, consequentemente, para o aquecimento global (Nobre, *et al.*; 2016).

A importância de identificar os principais impactos das mudanças climáticas no território brasileiro exige atenção imediata e ação decisiva. Como um dos países mais ricos em biodiversidade e recursos naturais do mundo, o ‘’Brasil possui uma posição privilegiada, mas, paradoxalmente, figura entre as nações mais vulneráveis aos efeitos do aquecimento global.” (Boulton *et al.* 2022, p. 272). Essa vulnerabilidade, associada à dimensão continental e à diversidade de biomas, torna crucial o entendimento aprofundado dos riscos climáticos, pois somente através dele será possível desenvolver estratégias eficazes de adaptação e mitigação. A compreensão desses impactos é essencial para garantir a preservação dos ecossistemas e, consequentemente, assegurar a qualidade de vida não apenas das gerações atuais, mas também das futuras. Ignorar essa realidade significaria comprometer não apenas o meio ambiente, mas também a estabilidade econômica e social do país, colocando em risco o bem-estar de toda a população brasileira.

Segundo Pinheiro (2023), o território maranhense destaca-se como uma faixa de transição morfoclimática entre o semiárido nordestino e o clima tropical equatorial do norte do Brasil. Essa posição geográfica confere ao Maranhão um papel emblemático na compreensão dos efeitos das mudanças climáticas no Brasil em climas tropicais quentes e úmidos. Sua diversidade de biomas e ecossistemas exige uma investigação aprofundada sobre os impactos atuais e os cenários futuros gerados por essas alterações climáticas.

Com uma vasta extensão territorial de 331.936,949 quilômetros quadrados, o Maranhão é o segundo maior estado do Nordeste, representando 3,9% do território brasileiro (IBGE, 2023). Seu território abriga uma grande diversidade de biomas, incluindo o Cerrado

(64%), a Amazônia (35%), a Caatinga (1%) (EMBRAPA, 2016) e a maior extensão de manguezais do Brasil, com 505 mil hectares, conforme o Atlas dos Manguezais do Brasil (ICMBio, 2018). Esses ecossistemas ricos e sensíveis apresentam uma interdependência complexa entre seus recursos naturais e as atividades humanas.

Do ponto de vista econômico, o Maranhão é um dos quatro estados que compõem o MATOPIBA (acrônimo de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), e uma das principais fronteiras agrícolas do Brasil. A expansão agrícola acelerada nessas regiões, impulsionados pela pecuária intensiva, a agricultura de exportação e a agroindústria sempre na busca por novas terras agricultáveis, levanta questões sobre a vulnerabilidade da natureza e a sustentabilidade ambiental desses estados frente às mudanças climáticas (Souza, 2019). Dado o contexto único do Maranhão, caracterizado por sua diversidade de biomas e ecossistemas e sua inserção na fronteira agrícola do MATOPIBA, torna-se relevante investigar as mudanças climáticas neste território.

Identificar as mudanças nos padrões climáticos locais é fundamental para subsidiar estudos sobre seus impactos na biodiversidade, nos recursos hídricos e na produtividade agrícola. Essas análises podem apoiar o desenvolvimento de estratégias adaptativas que promovam a sustentabilidade e fortaleçam a resiliência socioambiental do estado.

2. METODOLOGIA

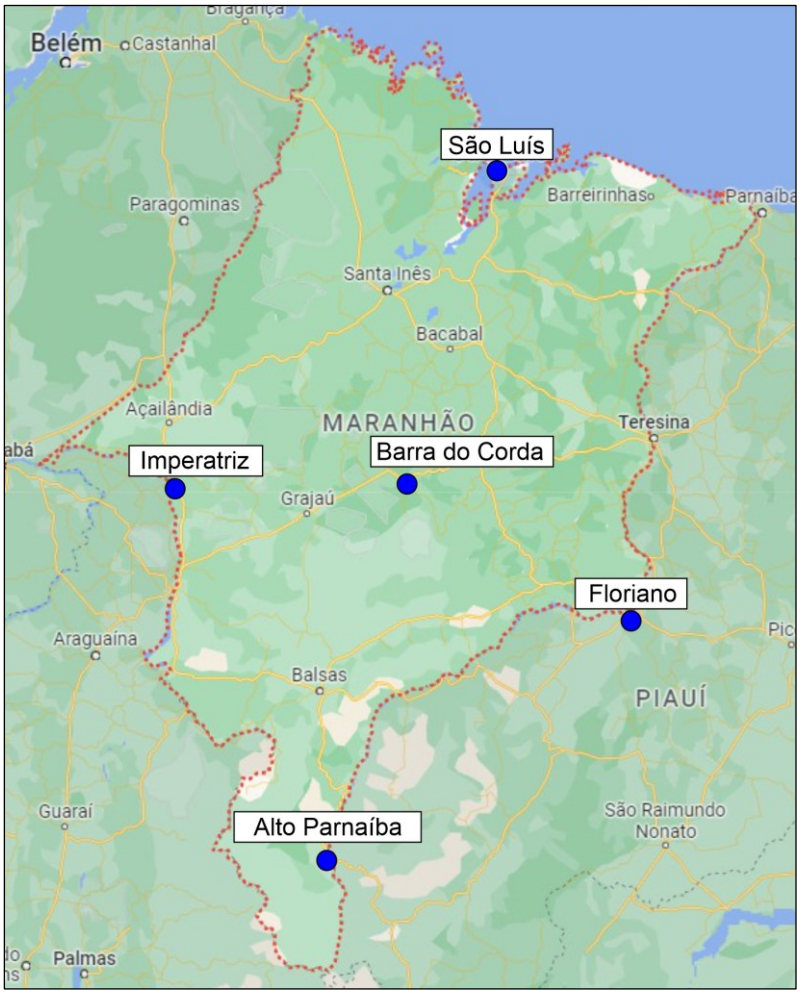
2.1. Procedimentos Metodológicos

Para alcançar os objetivos da pesquisa, inicialmente foram realizados levantamentos bibliográficos com o intuito de compreender o estado da arte sobre mudanças climáticas e identificar lacunas de conhecimento no contexto do Maranhão. Em seguida, foram coletados dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) com o objetivo de identificar as ocorrências pretéritas do clima em seus aspectos de temperatura e pluviosidade no Maranhão, para isto foram utilizadas informações geradas pela Normal Climatológica (1961 a 1990) e (1991 a 2020), representando 60 anos de dados pesquisados.

Para verificar e comprovar a realidade numa escala local das mudanças climáticas em curso, foram escolhidos cinco municípios representativos de cinco mesorregiões do estado do Maranhão para análise, foram eles: São Luís - MA (norte); Alto Parnaíba - MA (sul); Imperatriz

- MA (oeste); Barra do Corda (central) e Floriano - PI (leste), a escolha de Floriano no Piauí ocorreu em função da presença da estação meteorológica do INMET com seus dados mais completos, e também de sua proximidade de fronteira com o Maranhão, (Figura 1). Para esses dados coletados não foi necessário nenhum tratamento estatístico de complementação de falhas.

Figura 1 – Mapa de localização das estações meteorológicas do INMET com 60 anos de dados coletados



Fonte: Organizado pelos autores (2024)

Após a fase de investigação que identificou a evolução da temperatura e pluviosidade no Maranhão nos últimos 60 anos, foram elaborados mapas de temperatura e precipitação, para cenários futuros com projeção de 25 anos, a partir dos modelos desenvolvidos pela FIOCRUZ, por meio do programa Sistema de Vulnerabilidade Climática (SisVuClima) e do INPE/CPTEC que produziu e publicou seus estudos para cenários futuros do clima brasileiro

através do documento Atlas de Cenários Climáticos Futuros para o Brasil (2007) utilizando os modelos Eta/CPTEC; RegCM3 e HadRM3P para cenários futuros de 50 anos em ocorrência de baixa e alta emissão.

Os dados foram processados e espacializados por meio de mapas temáticos e gráficos de séries temporais, permitindo uma visualização clara e detalhada de suas tendências climáticas, da proporção de sua variabilidade ao longo do tempo e de suas perspectivas em cenários futuros. Esse processo revelou padrões e impactos das mudanças climáticas na região, como alterações na distribuição das chuvas e aumento das temperaturas, fornecendo subsídios para a formulação de políticas públicas e estratégias de adaptação.

3. IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO NORDESTE BRASILEIRO

A evolução dos estudos científicos sobre as mudanças climáticas e seus impactos no Nordeste brasileiro (NEB) tem avançado significativamente nas últimas décadas. Pesquisas iniciais focavam na descrição dos fenômenos climáticos e suas variabilidades regionais, enquanto trabalhos mais recentes utilizam modelos climáticos regionais e projeções futuras para avaliar cenários de risco, integrando aspectos socioeconômicos e ambientais (FERREIRA *et al.* 2018; IPCC, 2021). Essa evolução metodológica tem permitido um melhor entendimento dos impactos e a formulação de estratégias de mitigação e adaptação mais eficazes.

As mudanças climáticas têm alterado significativamente os padrões de temperatura e pluviosidade no NEB, região particularmente vulnerável devido à sua alta variabilidade climática e dependência de sistemas meteorológicos complexos. Estudos recentes apontam para um aumento médio da temperatura na região, variando entre 1,5°C e 4°C até o final do século, dependendo do cenário de emissões (MARENGO *et al.* 2020). Em outro artigo de grande impacto Silva *et al.* (2021), demonstrou que há uma tendência clara de elevação das temperaturas médias anuais entre 1,0 °C e 2,0 °C até o fim do século, com destaque para o crescimento da frequência e intensidade de ondas de calor durante os meses mais quentes. Essas pesquisas são corroboradas por Martínez e Santos (2020), que, em uma análise comparativa internacional, identificam o NEB como um dos pontos críticos em relação ao aumento térmico e à exposição a extremos climáticos.

Além do aumento da temperatura, os padrões de pluviosidade também apresentam mudanças expressivas. Projeções indicam uma redução na precipitação, especialmente no semiárido, com intensificação de eventos extremos, como secas prolongadas e chuvas torrenciais (SILVA *et al.* 2021). De acordo com Gonzáles *et al.* (2022), observa-se uma tendência de redução nas chuvas durante a estação chuvosa, acompanhada de uma maior irregularidade na distribuição das precipitações ao longo do ano. Essa mudança agrava a frequência de secas prolongadas e intensas, que impactam negativamente a agricultura de sequeiro, especialmente em áreas já vulneráveis, como o semiárido nordestino. Ainda González *et al.* (2022) destacam que a intensificação de eventos extremos, como chuvas concentradas em curtos períodos e estiagens severas, ampliam os riscos de desastres ambientais e perdas econômicas.

Essa constatação da crescente diminuição da pluviosidade e aumento da temperatura já impactam a disponibilidade hídrica, afetando diretamente a agricultura e os ecossistemas naturais. No MATOPIBA (região que engloba partes do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), principal fronteira agrícola do país, essas mudanças podem reduzir a produtividade de culturas como soja e milho, essenciais para a economia regional (ASSAD *et al.* 2018). A agricultura familiar, que depende fortemente de chuvas regulares, enfrenta riscos ainda maiores, com potencial aumento da insegurança alimentar e migração rural-urbana (ALVES *et al.* 2019). A economia regional, fortemente dependente da atividade agropecuária, também será afetada. Estudos como o de Almeida e Freitas (2022) apontam que, caso não sejam adotadas medidas de adaptação, o Produto Interno Bruto (PIB) agrícola da região poderá encolher entre 5 % e 10 % até 2040.

A agricultura familiar, por sua vez, é o setor mais exposto e com menor capacidade de resposta às mudanças climáticas. Souza *et al.* (2020) mostram que a maioria dos pequenos produtores depende exclusivamente da agricultura de subsistência, sem acesso adequado à tecnologias de irrigação, seguros climáticos ou assistência técnica. A escassez de chuvas, combinada ao aumento das temperaturas, compromete diretamente a segurança alimentar local e contribui para o êxodo rural e o aprofundamento das desigualdades sociais.

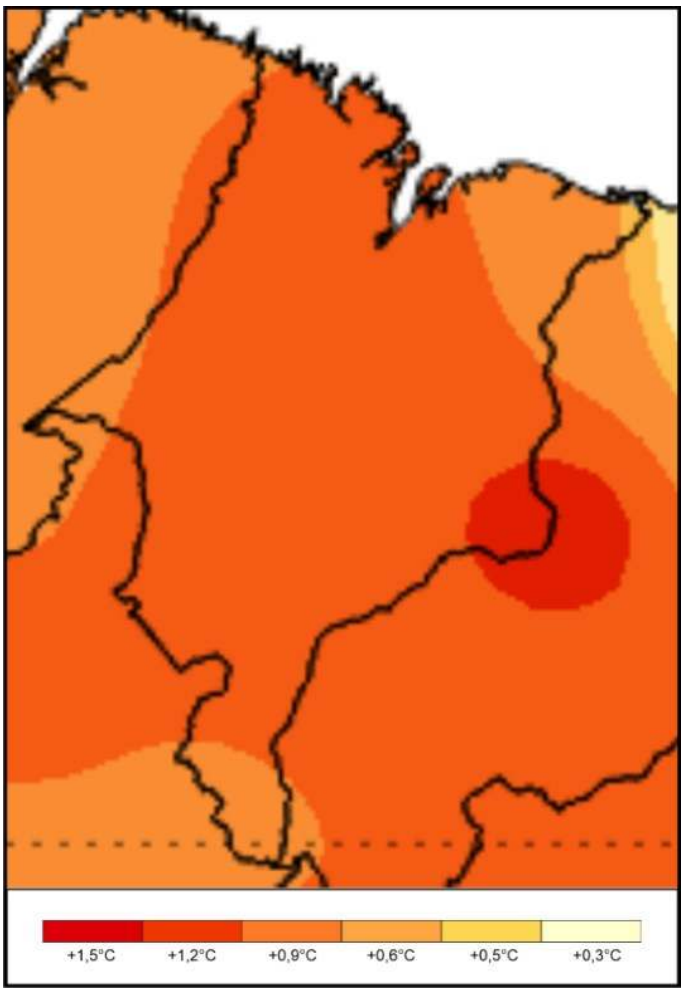
Diversos estudos científicos nacionais e internacionais de alto impacto vêm evidenciando o aumento contínuo das temperaturas médias e extremas, bem como

alterações importantes nos regimes de chuva, o que compromete diretamente a segurança hídrica, alimentar e econômica de todo o NEB.

4. O MARANHÃO E SUAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS PRETÉRITAS

A análise da evolução climática histórica do estado do Maranhão evidenciou um padrão consistente de aumento térmico em todo o território. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) elaborou vários mapas comparativos de variáveis meteorológicas, abrangendo as Normais Climatológicas dos períodos de 1961 a 1990 e 1991 a 2020. Entre esses mapas, destaca-se o de temperatura do ar, que utiliza dados coletados ao longo de 60 anos. A Figura 2 apresenta esse aumento da temperatura ao longo do tempo.

Figura 2 – Mapa comparativo entre as Normais Climatológicas (1961-1990 vs. 1991-2020) na Temperatura Média Compensada no estado do Maranhão



Fonte: INMET (2024) – Organização autores (2024).

É possível identificar um aumento da temperatura em todo o estado do Maranhão, com destaque na sua porção leste, em que foram constatados um aumento médio da temperatura de +1,5 °C ao longo dos últimos 60 anos. Em toda a sua extensão territorial verifica-se um aumento médio da temperatura de +0,9 °C. São registros que constatam que a temperatura, em todo o território maranhense, está em um processo crescente de aumento da temperatura.

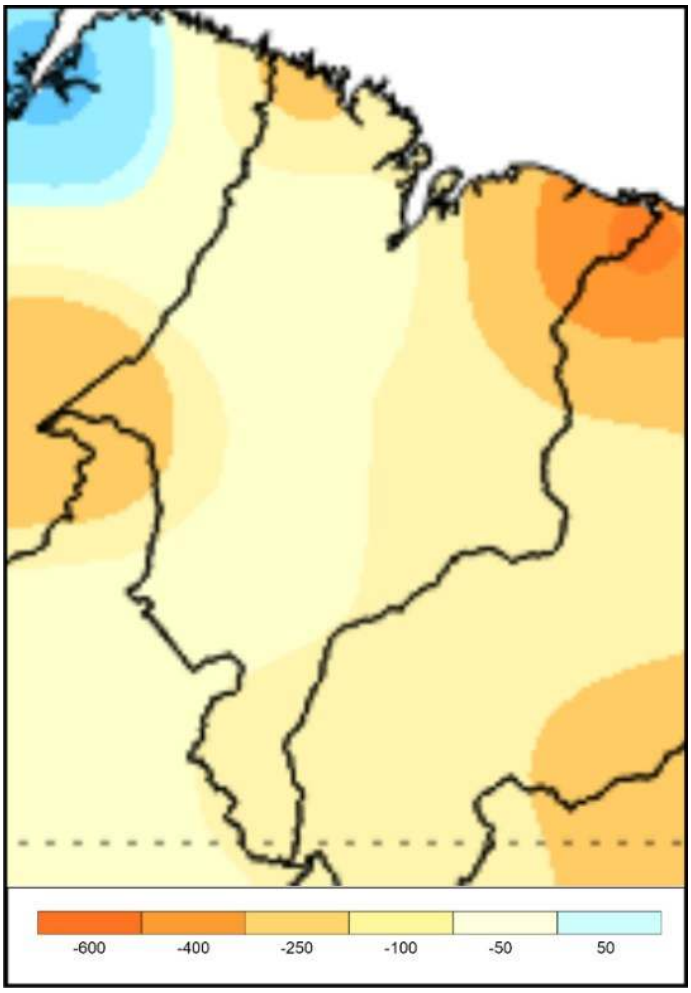
Com um incremento médio de +0,9 °C na temperatura do ar na maior parte de seu território, ao longo dos últimos 60 anos, evidencia que as mudanças climáticas estão afetando não apenas o clima, mas também os padrões de vida da população e nos ecossistemas existentes.

Esse aumento térmico pode impactar a agricultura, um dos pilares da economia maranhense, gerando desafios na produção de alimentos, especialmente em cultivos sensíveis às variações de temperatura. A redução da produtividade agrícola pode levar ao aumento da insegurança alimentar, afetando diretamente as comunidades mais vulneráveis e aumentando a pobreza. De acordo com o IPCC (2021, p. 135) “prevê-se que o aquecimento global altera os padrões de circulação atmosférica, levando a mudanças na velocidade dos ventos e nas trajetórias das tempestades”. Dessa forma, é de se esperar que o aumento da temperatura intensifique a ocorrência de eventos extremos, comprometendo diretamente o desenvolvimento econômico.

Ademais, esse aumento da temperatura no estado do Maranhão pode exacerbar as desigualdades existentes, criando um cenário em que as populações mais pobres, que são geralmente as mais afetadas pelas mudanças climáticas, enfrentarão maiores dificuldades em se adaptar às novas condições. Outra situação social esperada são as migrações forçadas, resultando em tensões, desestabilização de comunidades rurais com consequências diretas de impacto na urbanização acelerada das cidades. Portanto, são muito impactantes a revelação deste aumento de +0,9°C da temperatura média, apontando que haverá aumento das consequências negativas para a promoção da inclusão social e econômica da população maranhense.

Quanto à precipitação pluviométrica no Maranhão, o INMET também produziu um mapa comparativo entre suas normais que envolve 60 anos de dados coletados. E o resultado também é preocupante conforme pode-se observar na Figura 3.

Figura 3 – Mapa comparativo entre as Normais Climatológicas (1961-1990 vs. 1991-2020) da Pluviosidade no estado do Maranhão



Fonte: INMET (2024) – Organizado pelos autores (2024)

Ao se analisar as informações apresentadas, o mapa demonstra uma significativa diminuição nos índices pluviométricos em todo o território maranhense, com variações espaciais marcantes. A região nor-nordeste apresenta a redução mais acentuada, registrando diminuições superiores a 600 mm anuais - valores particularmente preocupantes. Na porção leste do estado, observam-se as menores variações pluviométricas, enquanto na área pertencente à Amazônia Legal maranhense os registros são ainda mais alarmantes, com reduções entre 400 mm e 250 mm anuais.

Em síntese, os dados coletados ao longo de seis décadas revelam um cenário crítico: o Maranhão vem experimentando reduções pluviométricas que variam de 250 mm a 600 mm anuais. Como destacam Marengo *et al.* (2021), "as mudanças nos padrões de precipitação no Nordeste brasileiro representam um dos impactos mais severos das mudanças climáticas na

região, com implicações diretas para os ecossistemas e a segurança hídrica". Essa drástica alteração no regime de chuvas configura-se como um grave problema multidimensional, com repercussões ambientais, sociais e econômicas que exigem atenção imediata dos gestores públicos e a implementação urgente de medidas mitigatórias.

A diminuição das chuvas no estado do Maranhão traz consigo uma série de consequências que afetam profundamente os setores agrícola, social e econômico da região. No âmbito agrícola, a escassez de água compromete a produção de culturas essenciais, como soja, arroz, milho e feijão, levando a uma redução significativa na produtividade agrícola. Essa situação não apenas gera insegurança alimentar, mas também eleva os preços dos alimentos, impactando diretamente as famílias mais vulneráveis. Com efeito, ainda agrava problemas existentes, como a pobreza e a desigualdade. Comunidades rurais, que dependem da agricultura para sua subsistência, podem ser forçadas a migrar em busca de melhores condições de vida, resultando em tensões sociais e sobrecarga nas áreas urbanas. Além disso, pode afetar a saúde pública, uma vez que a disponibilidade de água potável se torna limitada, aumentando o risco de doenças hídricas.

Economicamente, as consequências são igualmente severas. A queda na produção agrícola impacta a economia local, reduzindo a renda dos agricultores e afetando a cadeia produtiva que depende da agropecuária. A diminuição da oferta de alimentos pode levar a um aumento nas importações, desequilibrando a balança comercial e afetando a economia do estado como um todo. Portanto, a diminuição das chuvas no Maranhão não é apenas uma questão ambiental, mas um desafio complexo que requer atenção e medidas efetivas para mitigar seus impactos em todas as esferas da vida da população.

4.1. Evolução das condições atmosféricas de temperatura e precipitação em escala local

Identificar como se apresenta a evolução das condições atmosféricas de temperatura e precipitação ao nível local é essencial para constatar em que proporção os níveis de impacto estão sendo geradas pelas mudanças climáticas na escala regional e global. Esse tipo de análise, também exerce um papel importante na identificação de tendências e variações que

podem influenciar diretamente os ecossistemas, as atividades humanas e a qualidade de vida das populações em sua situação de vivência. Em um cenário em que as alterações climáticas se tornam cada vez mais evidentes, entender as dinâmicas locais permite prever impactos futuros e formular estratégias de adaptação mais eficazes.

Esse tipo de análise também fornece informações capazes de alertar setores como a saúde pública, a gestão de desastres naturais e o planejamento urbano, especialmente em regiões onde eventos extremos, como secas, ventos fortes ou chuvas intensas, estão se tornando recorrentes.

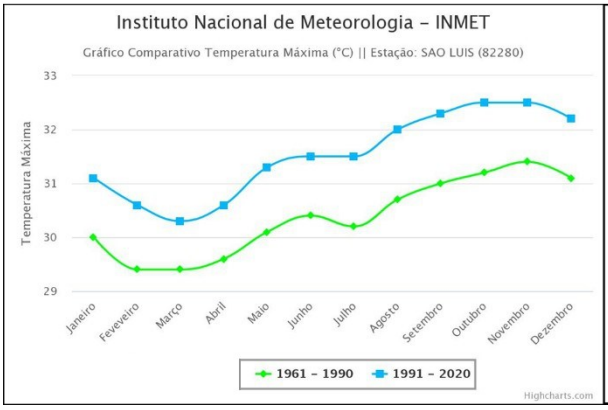
A análise das realidades climáticas locais ajuda a desmistificar padrões climáticos complexos e a identificar vulnerabilidades específicas de cada parte da região. Essa abordagem possibilita a criação de políticas públicas mais assertivas e embasadas em dados concretos, promovendo o desenvolvimento sustentável e a resiliência efetiva das comunidades.

4.1.1. São Luís - Norte

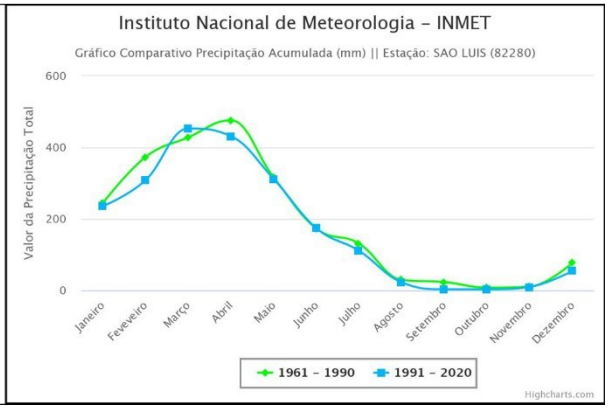
A partir dos gráficos da Figura 4 da comparação da Normal Climatológica - (1961 a 1990) e (1991 – 2020) é possível identificar a evolução da temperatura e da precipitação em São Luís, indicando que sua temperatura está aumentando e suas chuvas estão diminuindo em volume total com o passar dos anos.

Figura 4 – Gráfico da variação da Temperatura média e da Precipitação Pluviométrica mensal de 60 anos em São Luís/MA da Normal Climatológica (1961 a 1990) e (1991 – 2020)

TEMPERATURA



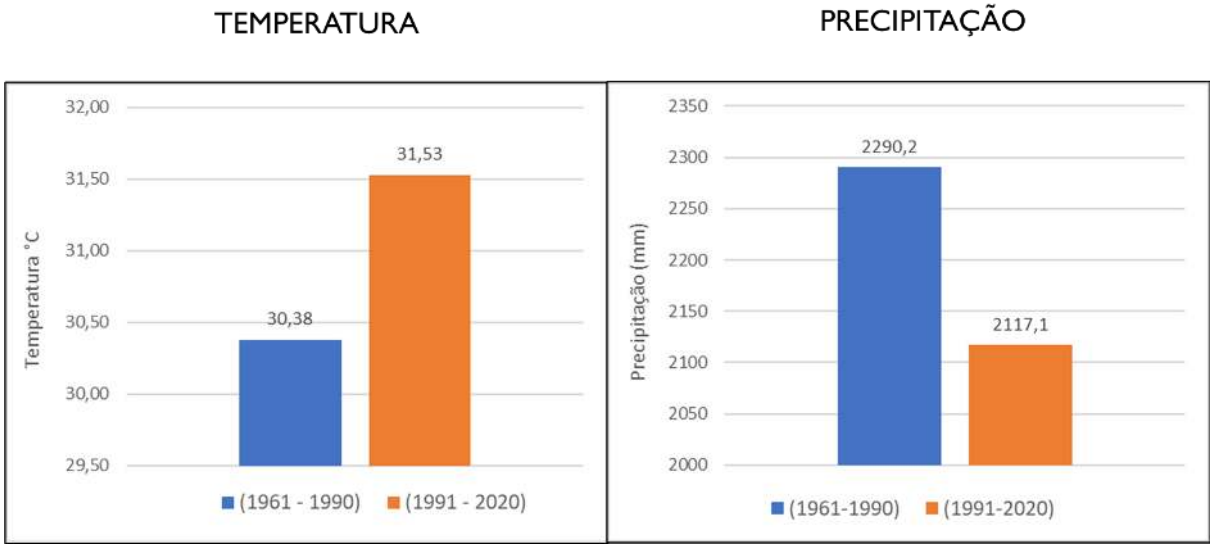
PRECIPITAÇÃO



Fonte: INMET (2024) – Organizado pelos autores (2024)

Quando se observa os valores de média anual da temperatura e de seu volume total de chuvas na comparação das Normais Climatológicas fica ainda mais evidente a proporcionalidade das variações de aumento da temperatura em +1,1°C e de diminuição das precipitações em -173,1 mm ao longo desses 60 anos de dados coletados, (Figura 5).

Figura 5 - Gráfico da variação da Temperatura média e volume total da Precipitação (chuvas) na comparação entre as Normais Climatológicas (1961 a 1990) e (1991 a 2020) - São Luís MA



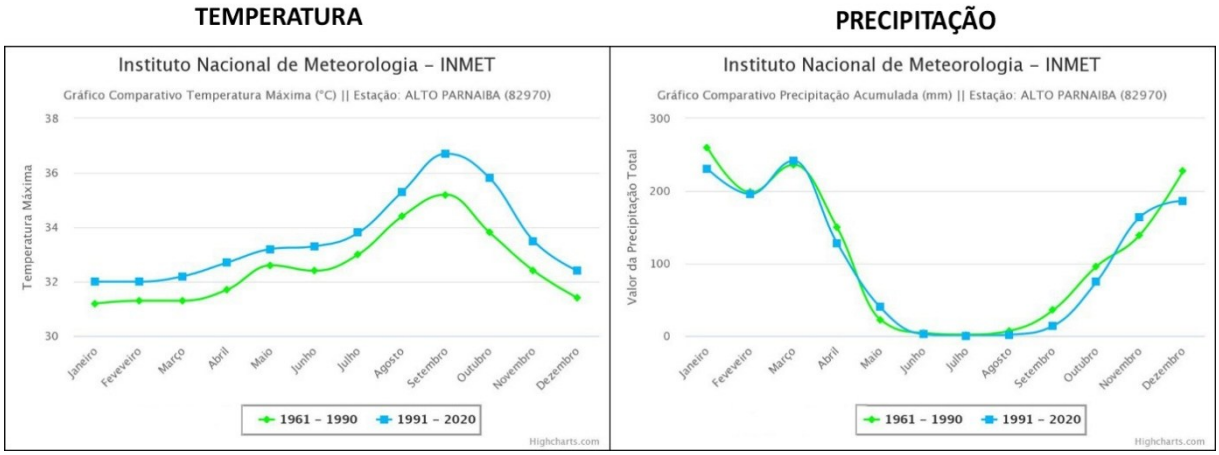
Fonte: INMET (2024) – Organizado pelos autores (2024)

Os valores identificados no gráfico acima, demonstram que em São Luís, norte do Maranhão, tem registrado aumento de temperatura e diminuição do volume das precipitações nos últimos 60 anos de dados coletados, valores que apontam para uma realidade que necessita de planejamento do espaço geográfico

4.1.2. Alto Parnaíba – Sul

O sul do Maranhão, como se pode observar na figura 6, também apresenta variação de aumento da sua temperatura e diminuição gradual das chuvas ao longo dos anos.

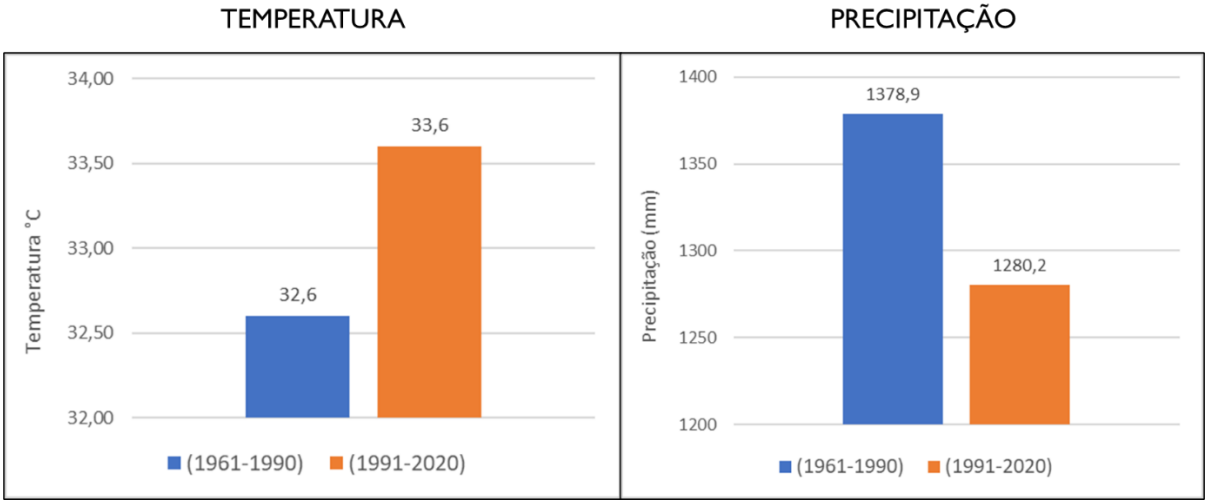
Figura 6 - Gráfico da variação da Temperatura média e da Precipitação (chuvas) mensal em 60 anos de Alto Parnaíba/MA da Normal Climatológica (1961 a 1990) e (1991 – 2020)



Fonte: INMET (2024) – Organizado pelos autores (2024)

Quando se observa os totais de diferença da variação constata-se que a temperatura aumentou na proporção em +1°C e uma diminuição média da precipitação das chuvas em -98,7 mm para todo o sul do estado, (Figura 7).

Figura 7 - Gráfico da variação da Temperatura média e volume total da Precipitação (chuvas) na comparação entre as Normais Climatológicas (1961 a 1990) e (1991 a 2020) – Alto Parnaíba/MA

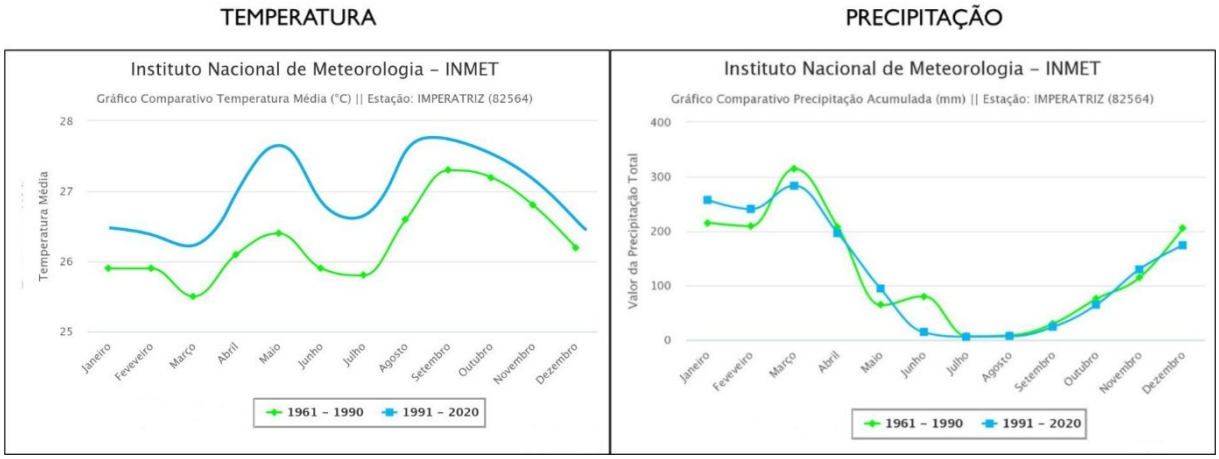


Fonte: INMET (2024) – Organizado pelos autores (2024)

4.1.3. Imperatriz – Oeste

A oeste do Maranhão, em Imperatriz, o quadro que se apresenta é o mesmo, isto é, aumento da temperatura e diminuição da pluviosidade em comparação entre as Normais Climatológicas identificadas na Figura 8.

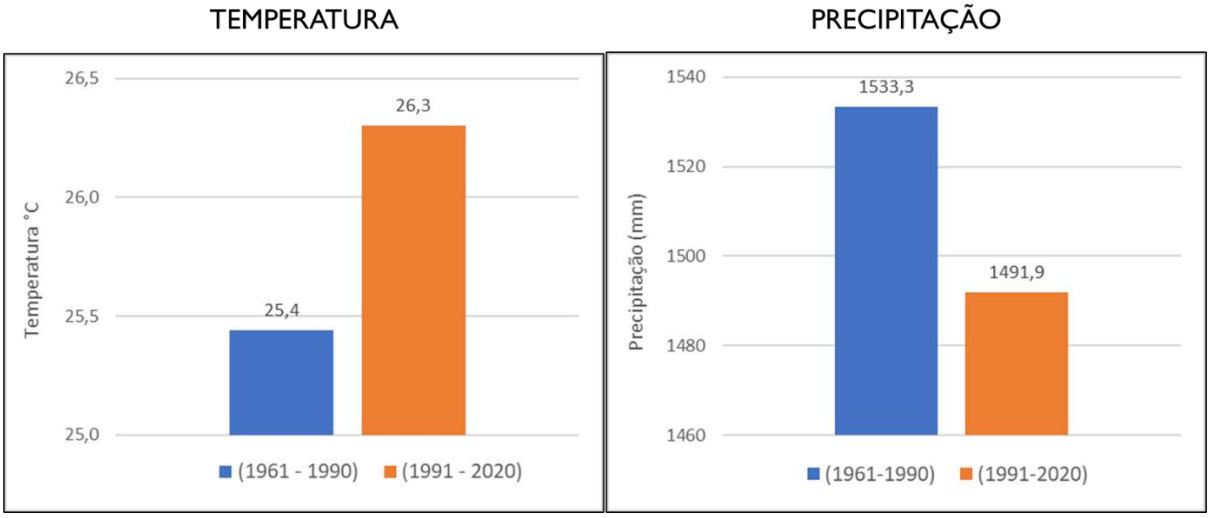
Figura 8 - Gráfico da variação da Temperatura média e da Precipitação (chuvas) mensal de 60 anos em Imperatriz MA - Normal Climatológica (1961 a 1990) e (1991 a 2020)



Fonte: INMET (2024) - Organizado pelos autores (2024)

Constatando os seus valores comparativos, as variações ficam ainda mais evidentes, como mostra a Figura 9, onde sua temperatura média aumentou em +0,9°C e suas chuvas tiveram uma diminuição média de -41,4 mm em 60 anos de dados coletados.

Figura 9 - Gráfico da variação da Temperatura média e volume total da Precipitação (chuvas) na comparação entre as Normais Climatológicas (1961 a 1990) e (1991 a 2020) – Imperatriz/MA



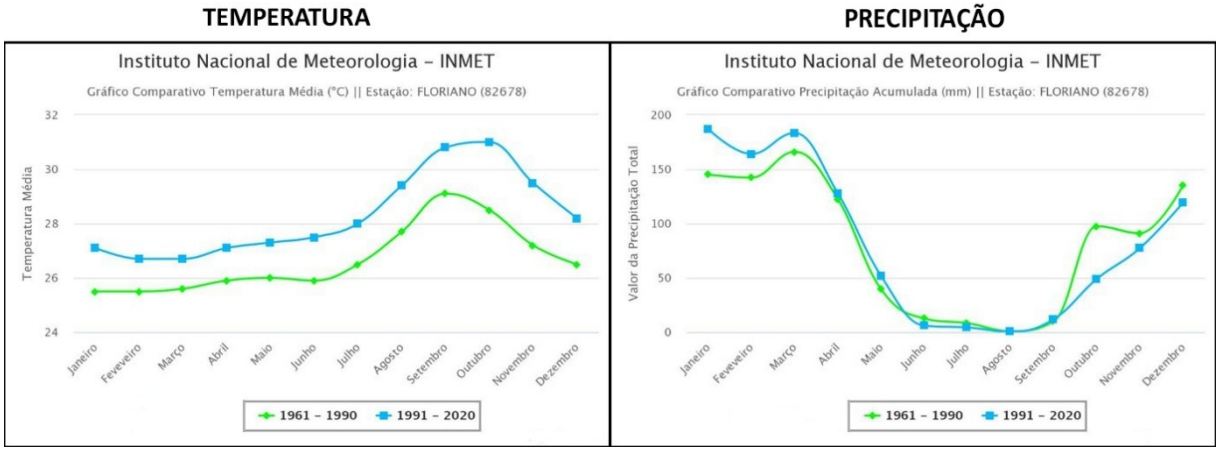
Fonte: INMET (2024) – Organizado pelos autores (2024)

4.1.4 Floriano PI – Leste

Para identificar as variações de temperatura e precipitação (chuvas) a leste do Maranhão, utilizou-se os gráficos da figura 10, em que foram utilizados os dados da estação

localizada na divisa entre o Maranhão e o Piauí no município de Floriano, os dados apresentaram resultados um pouco diferentes das outras regiões do Maranhão.

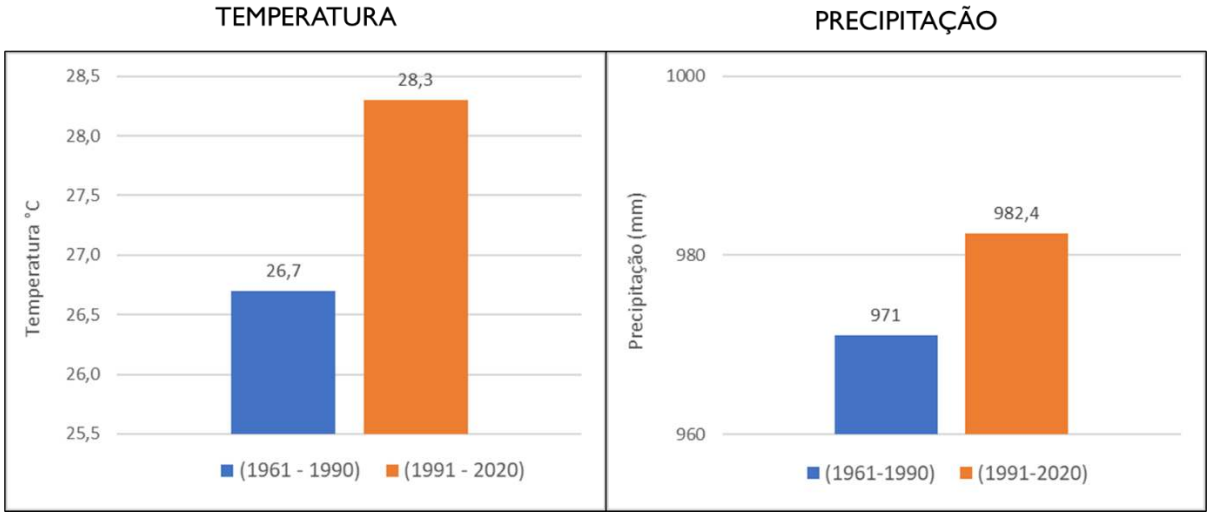
Figura 10 - Gráfico da variação da Temperatura média e da Precipitação (chuvas) mensal de 60 anos em Floriano PI - Normal Climatológica (1961 a 1990) e (1991 a 2020)



Fonte: INMET (2024) – Organizado pelos autores (2024)

Quando se analisa os gráficos é possível perceber o aumento da temperatura média de +1,6°C nesses 60 anos de dados coletados, porém as precipitações foram maiores, isto é, ocorreu uma evolução positiva do volume de chuvas em +11,4 mm (Figura 11).

Figura 11 - Gráfico da variação da Temperatura média e volume total da Precipitação (chuvas) na comparação entre as Normais Climatológicas (1961 a 1990) e (1991 a 2020) – Floriano/PI

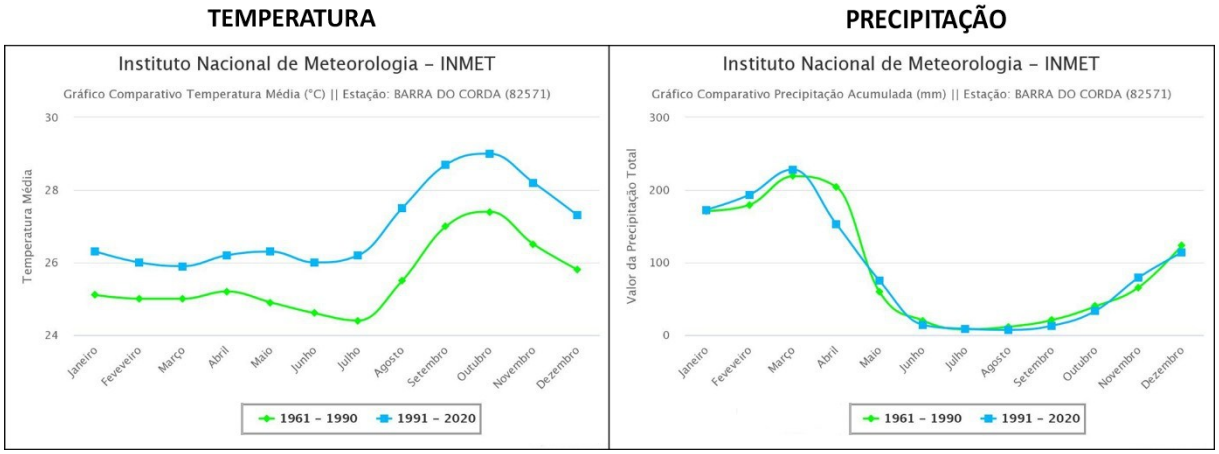


Fonte: INMET (2024) – Organizado pelos autores (2024)

4.1.5 Barra do Corda - Central

Quando se analisa os dados na parte central do Maranhão, no município de Barra do Corda os valores encontrados acompanham o que se identificou em outras regiões, aumento da temperatura e diminuição da pluviosidade ao longo dos anos (Figura 12).

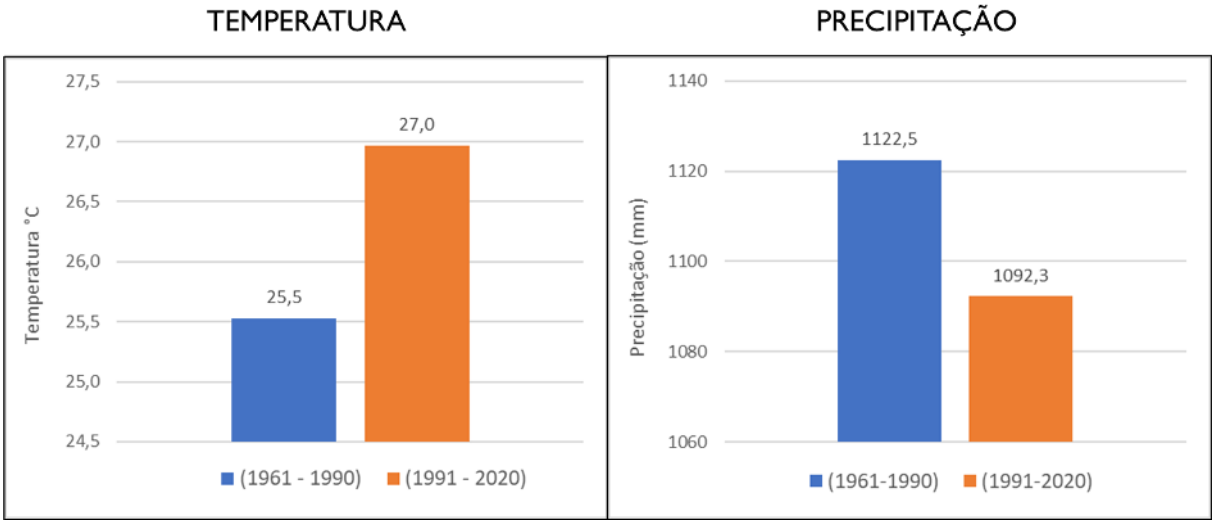
Figura 12 - Gráfico da variação da Temperatura média e da Precipitação (chuvas) mensal de 60 anos em Barra do Corda MA - Normal Climatológica (1961 a 1990) e (1991 a 2020).



Fonte: INMET (2024) – Organizado pelos autores (2024)

Os dados identificados mostram uma realidade de aumento médio da temperatura em +1,5°C e diminuição da pluviosidade média de -30,2 mm em 60 anos de dados coletados conforme podem ser observadas no gráfico da Figura 13.

Figura 13 - Gráfico da variação da Temperatura média e volume total da Precipitação (chuvas) na comparação entre as Normais Climatológicas (1961 a 1990) e (1991 a 2020) - Barra do Corda/MA



Fonte: INMET (2024) – Organizado pelos autores (2024)

O aumento da temperatura média e a diminuição da precipitação registrados nos comparativos dos últimos 60 anos, é constatado localmente em todas as mesorregiões do Maranhão, e trazem indicativos de consequências graves para o desenvolvimento social e econômico do estado. A agricultura, pode sofrer quedas na sua produtividade, aumentando a insegurança alimentar e elevando os preços dos alimentos, o que afeta especialmente as famílias mais vulneráveis. Economicamente, a necessidade de insumos externos e tecnologias de irrigação pode aumentar os custos de produção, tornando a economia local mais vulnerável.

5. INDICADORES DE CENÁRIOS FUTUROS DA TEMPERATURA E DAS CHUVAS NO TERRITÓRIO MARANHENSE

Os cenários do clima futuro foram desenvolvidos com base em modelos climáticos e dados científicos. Os modelos climáticos fornecem informações fundamentadas em evidências sobre as tendências climáticas futuras, auxiliando a comunidade científica a entender e comunicar as repercussões dos efeitos das mudanças climáticas. Produzir cenários do clima futuro é essencial para subsidiar o planejamento na tomada de decisões, como também na formulação de políticas em relação às mudanças climáticas. Eles permitem a antecipação de riscos, avaliação de impactos, embasamento científico e engajamento público, contribuindo para uma abordagem mais proativa e sustentável diante dos desafios climáticos globais de seu devir.

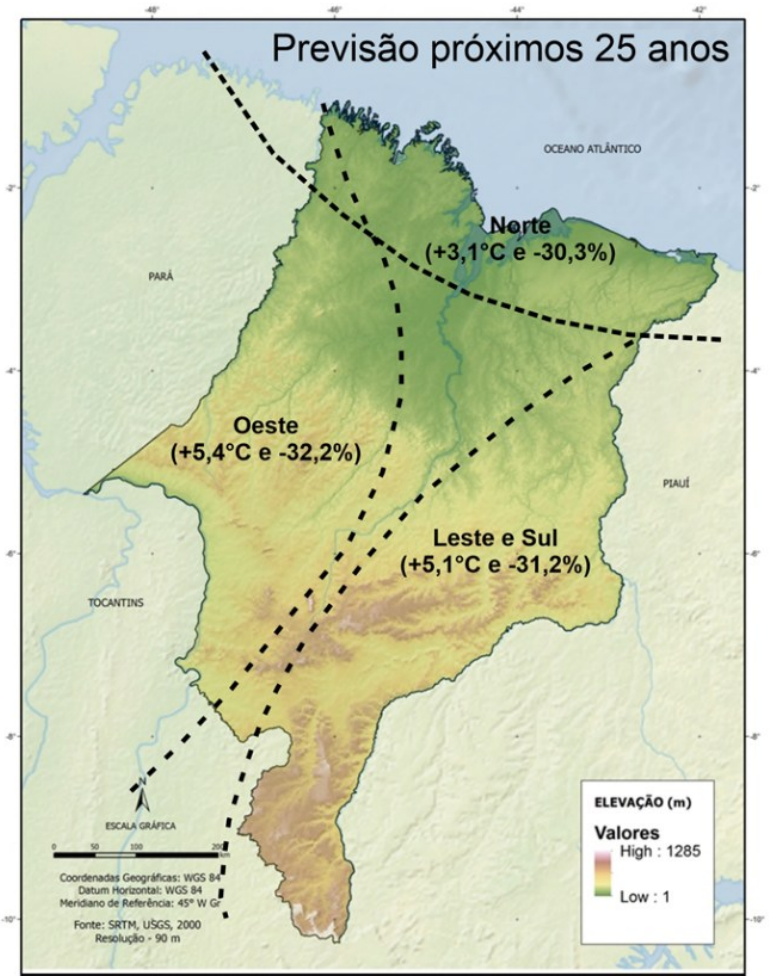
5.1 Cenários produzidos pelo modelo SisVuClima/FIOCRUZ para o Maranhão

O modelo produzido pela FIOCRUZ por meio do programa Sistema de Vulnerabilidade Climática (SisVuClima), criado pelo Instituto Fiocruz em 2014, é um sistema de vigilância climática em saúde que busca monitorar a relação entre as condições climáticas e a saúde humana.

O sistema criado seguiu os seguintes parâmetros, composto por três módulos, de cadastro de informações para o cálculo dos indicadores, geração dos índices e subíndices e a

visualização de resultados por meio de mapas temáticos e gráficos. Vale ressaltar que o Maranhão foi um dos primeiros estados a terem seus cenários futuros do clima gerados pelo modelo SisVuClima/FIOCRUZ. O modelo inicialmente projetou os cenários futuros, em uma previsão de 25 anos, e identificou aumento da temperatura e diminuição da pluviosidade em todo o território maranhense com variações significativas dependendo da região, figura 14.

Figura 14 - Mapa de cenários futuros, de 25 anos, da temperatura (°C) e pluviosidade (%) no território maranhense através do programa SisVuClima da Fiocruz/MMA



Fonte: SisVuClima/FIOCRUZ (2014) – Organizado pelos autores (2024)

Os valores apresentados, em uma previsão para 25 anos futuros, indicam que a oeste, leste e sul do maranhão as temperaturas deverão ficar acima de 5°C e a norte do estado acima de 3°C e uma diminuição da precipitação na ordem de mais de 30% das chuvas por todo o território. São valores alarmantes e que necessitam ser acompanhados com bastante atenção pelos gestores públicos.

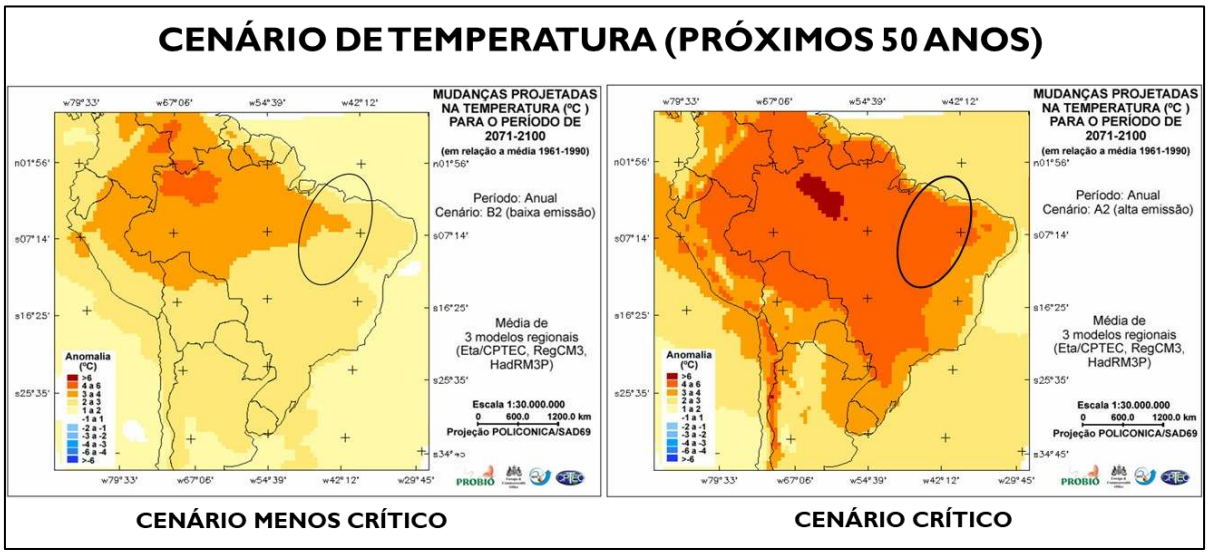
As projeções de aumento significativo das temperaturas e redução das chuvas no Maranhão nos próximos 25 anos trarão graves consequências socioeconômicas, especialmente para setores vulneráveis. A escassez hídrica e o calor extremo comprometerão a agricultura e a pecuária, reduzindo a segurança alimentar e a renda no campo, enquanto o estresse térmico afetará a saúde pública, aumentando doenças relacionadas ao calor e sobrecarregando o sistema de saúde. Economicamente, a produtividade laboral pode cair em setores expostos ao calor, e a redução dos recursos hídricos pressionará a indústria e o abastecimento urbano, ampliando desigualdades.

Para promover resiliência, o poder público deve investir em políticas adaptativas, como a modernização da infraestrutura hídrica (cisternas, dessalinização e reuso de água), a implementação de sistemas de alerta precoce para secas e ondas de calor, e o incentivo a práticas agrícolas sustentáveis, como cultivos tolerantes à seca. Programas de educação ambiental e capacitação de comunidades rurais são essenciais para reduzir vulnerabilidades, assim como o planejamento urbano com áreas verdes e construções termicamente eficientes. A integração dessas ações em políticas intersetoriais, com participação comunitária, será necessária para mitigar os impactos e garantir adaptação equitativa.

5.2 Cenários futuros produzidos pelo INPE/CPTEC para o Brasil e o Maranhão

O INPE/CPTEC produziu nos seus estudos para previsões do futuro do clima brasileiro o documento “Atlas de Cenários Climáticos Futuros para o Brasil”. Nele são apresentados vários cenários com previsões de projeções climáticas de precipitação e temperatura para todo o Brasil para a segunda metade do século XXI, utilizando para isso modelos regionais, nos cenários de baixas emissões (otimista - IPCC-B2) e de altas emissões (pessimista - IPCC-A2). Para identificar esses estudos de cenários climáticos para o Maranhão para os próximos 50 anos, destacamos os mapas a seguir na Figura 15 de temperatura e os mapas da Figura 16 para precipitações. O destaque no mapa de forma circular é referente a área territorial do Maranhão.

Figura 15 – Mapas de cenários futuros de temperatura produzidos pelo INPE/CPTE no documento Atlas de Cenários Climáticos Futuros para o Brasil, em destaque o Maranhão.



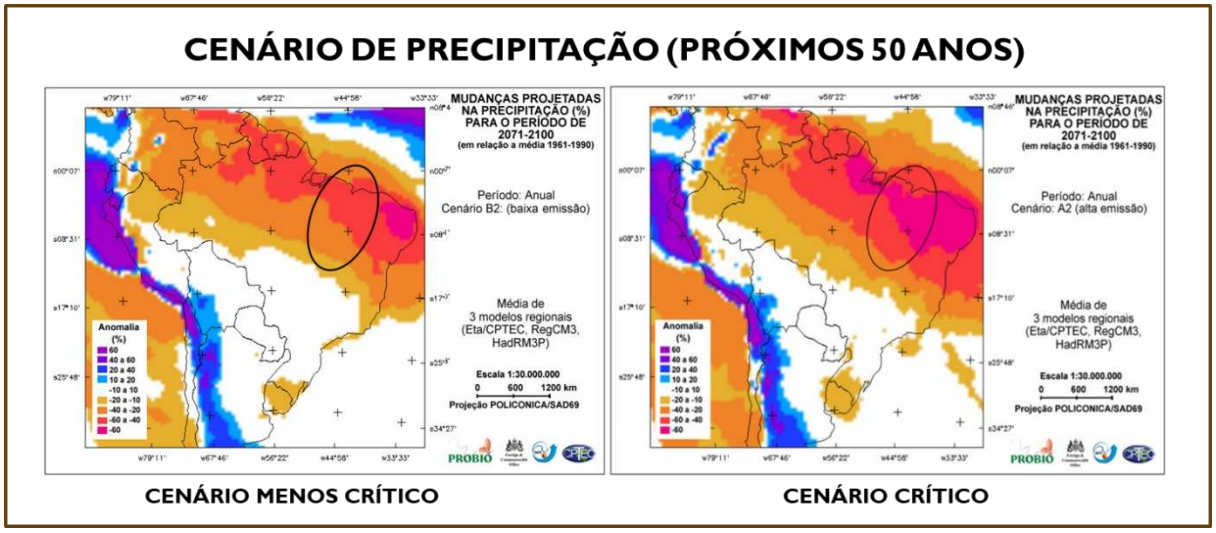
Fonte: INPE/CPTE – Organizado pelos autores (2024)

Podemos destacar que tanto no cenário menos crítico quanto no cenário crítico são identificados aumento médio da temperatura do ar no Maranhão, as variações apontam que poderá ocorrer aumento na ordem de +2°C a até +4°C em um cenário menos crítico e de +3°C a +6°C em um cenário mais crítico.

O aumento da temperatura no Maranhão (entre +2°C e +6°C) trará graves impactos socioeconômicos e para aumentar a resiliência, o poder público deve investir em infraestrutura adaptativa (como arborização urbana e irrigação eficiente), fortalecer sistemas de alerta para ondas de calor e promover agricultura climática-inteligente, aliado a políticas de educação ambiental e inclusão social para proteger as populações mais vulneráveis.

Quanto aos cenários futuros para a precipitação das chuvas no Maranhão para os próximos 50 anos, o quadro que se apresenta é também alarmante e se apresenta com a necessidade de bastante atenção, tanto para o Maranhão quanto para o Brasil (Figura 16).

Figura 16 - Mapa de cenários futuros das precipitações (chuvas) produzidos pelo INPE/CPTE no documento Atlas de Cenários Climáticos Futuros para o Brasil, em destaque o Maranhão.



Fonte: INPE/CPTE – Organizado pelos autores (2024)

Os cenários que se apresentam para as precipitações no estado do Maranhão indicam que nos próximos 50 anos estas irão diminuir no seu volume. Em um cenário de baixas emissões, isto é, um cenário menos crítico os valores identificados mostram uma diminuição na ordem de -20% a -40% de chuvas dependendo da parte territorial e em um cenário crítico de altas emissões os valores são de -40% a -60% de chuvas no território maranhense.

Com um aumento de temperatura, que pode variar de +2°C a +6°C, aliado a uma redução das chuvas em uma média de 30%, são cenários climáticos que podem provocar impactos devastadores, especialmente em sociedades carentes e territórios estratégicos para o Brasil. Esses efeitos repercutem de maneira intensa nas dimensões social, econômica e ambiental, com consequências de longo alcance.

Nas sociedades mais vulneráveis, a insegurança alimentar torna-se uma realidade ainda mais severa. A escassez de água compromete a produção agrícola, agravando a fome e a desnutrição em comunidades que já vivem em situação de precariedade. A saúde pública também é diretamente afetada, com o aumento de doenças relacionadas ao calor e a escassez de água, à falta de saneamento básico e à proliferação de vetores, como mosquitos transmissores de dengue e malária. Além disso, a ausência de recursos para adaptação às mudanças climáticas intensifica as desigualdades sociais, deixando as populações vulneráveis ainda mais marginalizadas.

No contexto territorial, o Maranhão por ser uma área de transição entre a Amazônia e o semiárido nordestino enfrenta desafios específicos. Na sua parte amazônica, o aumento da temperatura e a redução das chuvas aceleram o desmatamento e a savanização, comprometendo a biodiversidade e o papel da floresta na regulação climática do Maranhão, do Brasil e do mundo. Essa degradação também afeta o ciclo hidrológico, prejudicando a agricultura e os recursos hídricos de outras regiões do país.

Os recursos naturais são imprescindíveis para a sobrevivência e o bem-estar da sociedade humana, sendo ainda mais vitais para as comunidades indígenas e ribeirinhas, cuja existência está profundamente ligada ao equilíbrio ambiental. Essas populações, que dependem diretamente da terra, dos rios e das florestas para manter seus modos de vida, enfrentam severas consequências diante das mudanças climáticas. A leste de seu território, no Maranhão semiárido nordestino, secas prolongadas comprometem diretamente a agropecuária familiar, aumentando a pobreza e forçando a migração para áreas urbanas. Corroborando significativamente os riscos de desertificação o que ocasionaria impactos muito severos para a população e na economia local.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada sobre a realidade climática no território maranhense, abrangendo valores pretéritos e projeções futuras, realizadas por institutos renomados, apontam para uma convergência de cenários futuros muito preocupantes tanto de aumento na temperatura média quanto para uma redução drástica no volume das chuvas por todo o seu território. Estas mudanças climáticas apresentam-se como um desafio significativo que demanda atenção imediata.

Os resultados obtidos evidenciam de forma clara que, nos últimos 60 anos, a temperatura média no Maranhão aumentou em +0,9°C, enquanto os volumes anuais de chuva diminuíram entre -250 mm e -600 mm, dependendo da região. Em relação aos cenários futuros, com base em estudos realizados por modelos da FIOCRUZ e do INPE/CPTEC, as projeções para os próximos 25 e 50 anos também são alarmantes: a temperatura poderá aumentar até +5,4°C, e a redução no volume de chuvas anuais poderá chegar a -32%.

A observação dessas alterações sinaliza a urgência de ações efetivas para promover ações de resiliência face aos impactos iminentes. A inação diante desse quadro pode resultar em repercussões mais severas nas atividades econômicas, nos ecossistemas naturais e nas estruturas sociais. É salutar implementar medidas adaptativas e mitigadoras, já que a preservação da sustentabilidade ambiental e da qualidade de vida das comunidades locais depende de ações imediatas.

O cenário atual exige que políticas públicas, práticas agrícolas e estratégias ambientais sejam urgentemente revistas e ampliadas para responder aos impactos climáticos no Maranhão. A construção de um futuro sustentável para a região depende de medidas coordenadas e efetivas já no presente.

As repercussões desses impactos não se limitam ao Maranhão, diretamente afetado, mas têm consequências regionais e nacionais. A segurança hídrica, alimentar e energética do Brasil é colocada em risco, enquanto a instabilidade social gerada poderá sobrecarregar as grandes e médias cidades dos estados federados, pressionando serviços de saúde, habitação e infraestrutura. O país já enfrenta desafios para cumprir compromissos ambientais internacionais, o que pode prejudicar sua imagem e competitividade global.

Dessa forma, o aumento da temperatura e a redução das chuvas não são apenas questões ambientais, mas problemas multidimensionais que exigem ações urgentes e integradas. Mitigar os efeitos das mudanças climáticas e implementar estratégias de adaptação para as populações afetadas são medidas sensíveis e urgentes para garantir o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida no Maranhão e no Brasil.

REFERÊNCIAS

ALCOFORADO, M. J.; OLIVEIRA, S.; SANTOS, J. A. Mudanças climáticas no Nordeste atlântico e impactos regionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 3, p. 317-330, 2012.

ALMEIDA, P. R.; FREITAS, M. F. Projeções de impactos climáticos na agroindústria do MATOPIBA. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 10, p. 45–60, 2022.

ALVES, L. M. *et al.* Vulnerabilidade da agricultura familiar às mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 423-435, 2019.

AMBRIZZI, T. *et al.* **Cenários regionalizados de clima no Brasil para o Século XXI**: projeções de clima usando três modelos regionais. Brasília: MMA/SBF/DCBio, 2007.

ARAUJO, L. S. de *et al.* **Conservação da biodiversidade do Estado do Maranhão**: cenário atual em dados geoespaciais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159940/1/Serie-Documentos-108-Luciana.pdf. Acesso em: 20 set. 2024.

ASSAD, E. D. *et al.* Impactos das mudanças climáticas na agricultura do MATOPIBA. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 6, p. 679-691, 2018.

BOULTON, C. A.; LENTON, T. M.; BOERS, N. Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. **Nature Climate Change**, v. 12, p. 271-278, 2022. DOI: 10.1038/s41558-022-01287-8.

CARVALHO, W. K. M. **Análise de Mudanças Climáticas no Estado do Maranhão**: estudo das temperaturas e radiações solares. 2020. 139 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020.

COSTA, R. L. *et al.* Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. **Weather and Climate Extremes**, v. 28, p. 100-254, 2020.

FERREIRA, N. J.; NÓBREGA, R. L.; NÓBREGA, R. S. **Impactos das mudanças climáticas na agricultura do Nordeste**. In: Agricultura Familiar, Sustentabilidade e Mudanças Climáticas. Brasília: Embrapa, 2014. p. 1-40.

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz. **Manual sistema de vulnerabilidade climática: Sisvuclima**. Disponível em: http://www.sisvuclima.com.br/. Acesso em: 02 out. 2022

GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 331 p.

GONZÁLEZ, P. *et al.* Climate extremes in Brazil's Northeast: projections and impacts. **Journal of Climate**, v. 35, p. 200–216, 2022.

HAMADA, E. *et al.* **Atlas digital dos cenários climáticos futuros projetados para o Brasil com base no Terceiro Relatório do IPCC (2001)**: variáveis de interesse agrícola. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2010.

HAMADA, E. *et al.* Spatial and temporal variability of leaf wetness duration in the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 26-31, 2008.

IBGE. **Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil**. 2019. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/apps/biomas/]. Acesso em: 15 out. 2024

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. **Atlas dos manguezais do Brasil**. Brasília: ICMBio, 2018. 176 p.

IPCC. **Climate change 2001**: the scientific basis. Working Group I to the Third Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 881 p.

IPCC. **Climate Change 2021**: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC (V. Masson-Delmotte *et al.*, Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

IPCC. **IPCC SRES climate scenarios**: the IPCC Data Distribution Centre. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. Disponível em: [http://www.ipcc-data.org/sres/gcm_data.html].

KAYANO, M. T. *et al.* Mudanças climáticas e extremos de precipitação no Nordeste Brasileiro. **International Journal of Climatology**, v. 40, n. 2, p. 1025-1042, 2020.

MARENGO, J. A. *et al.* Mudanças climáticas e seus impactos no Nordeste do Brasil. **Climate Change**, v. 158, n. 3, p. 365-379, 2020.

MARENGO, J. A. *et al.* **Mudanças climáticas em Portugal e no Brasil**: cenários futuros e impactos. Lisboa: Instituto Dom Luiz, 2021.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**. Brasília: MMA, 2006. 212 p.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no século XX e cenário de mudanças de clima para o Brasil no século XXI usando os modelos do IPCC AR4. **Revista Multiciência**, v. 8, p. 5-28, 2007.

MARTÍNEZ, L.; SANTOS, A. Global models and regional impacts: heatwaves in Northeast Brazil. **Climate Dynamics**, v. 54, p. 300–318, 2020.

NAKICENOVIC, N. *et al.* **Special Report on Emissions Scenarios**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

NOBRE, C. A. *et al.* Cenários climáticos para o Nordeste Brasileiro no século XXI. **Earth Systems and Environment**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2016.

NOBRE, C. A. *et al.* **Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm**. PNAS, v. 113, n. 39, p. 10759-10768, 2016. DOI: 10.1073/pnas.1605516113.

PINHEIRO, J. M. *et al.* Identification of climatic patterns and atmospheric dynamics in São Luís, Maranhão. **Revista Geo Ambiente**, Jataí-GO, n. 47, set./dez. 2023.

SILVA, V. P. R. *et al.* Tendências de temperatura e precipitação no semiárido brasileiro. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 143, n. 1, p. 365-377, 2021.

SOUZA, G. V. A.; PEREIRA, M. F. V. P. MATOPIBA: a inteligência territorial estratégica (ITE) e a regionalização como ferramenta. **Revista NERA**, Presidente Prudente, v. 22, n. 47, p. 22-45, 2019.

SOUZA, M. A. *et al.* Agricultura familiar e vulnerabilidade climática. **Estudos Rurais**, v. 6, p. 22–37, 2020.

SUZART, R. M.; COSTA Jr, C. Análise das mudanças climáticas no estado do Maranhão a partir de projeções do modelo ETA/CPTEC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, p. 69-81, 2013.