RGe ISSN: 2177-3246

CLIMA E DINÂMICA CLIMÁTICA NA RESERVA BIOLÓGICA DO GURUPI, NO ESTADO DO MARANHÃO

CLIMATE AND CLIMATE DYNAMICS IN THE GURUPI BIOLOGICAL RESERVE, IN THE STATE OF MARANHÃO

CLIMA Y DINÁMICA CLIMÁTICA EN LA RESERVA BIOLÓGICA DE GURUPI, EN EL ESTADO DE MARANHÃO

10.56238/revgeov17n4-138

Guilherme de Araújo Almeida
Graduando em Geografia
Instituição: Universade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)
E-mail: guilherme.almeida@uemasul.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-2806-9400

Liriane Gonçalves Barbosa
Doutorado em Geografia
Instituição: Universade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL)
E-mail: liriane.barbosa@uemasul.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6998-3362

RESUMO
Este trabalho apresenta os resultados de pesquisas iniciais sobre o clima e a dinâmica climática na Reserva Biológica (REBIO) do Gurupi, no Estado do Maranhão. O estudo justifica-se pela necessidade de dados que subsidiem a gestão, o manejo da biodiversidade e a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas na UC. O objetivo do trabalho foi analisar o clima e a dinâmica climática da REBIO Gurupi por meio da análise de um conjunto de dados sequenciais de 30 anos (normais climatológicas), visando caracterizar os elementos definidores do clima local e gerar um banco de dados climáticos que subsidie o manejo e o monitoramento da biodiversidade da UC. A metodologia consistiu na coleta de dados climatológicos (1994–2024) via plataforma GIOVANNI/NASA, processados com ferramentas de geoprocessamento. Foram gerados climogramas, balanços hídricos e o Índice de Precipitação Padronizado (SPI). Os resultados indicam uma estação chuvosa definida entre janeiro e abril (picos > 250 mm em março) e uma estação seca de junho a outubro, com deficiência hídrica acentuada. A temperatura manteve estabilidade anual, com umidade relativa elevada (78% a 81%). O SPI revelou variabilidade interanual significativa, com secas prolongadas (2005–2007; 2012–2016) e anos de excesso pluvial (2009; 2018), evidenciando instabilidade no regime de chuvas. Conclui-se que a compreensão da dinâmica climática da REBIO Gurupi é vital para o manejo adaptativo e a conservação ambiental. O monitoramento contínuo, aliado ao sensoriamento remoto, oferece subsídios essenciais para políticas públicas e a preservação do último grande remanescente de floresta amazônica no Maranhão.

Palavras-chave: Dinâmica Climática. Índice de Precipitação Padronizado. REBIO Gurupi. Maranhão.

ISSN: 2177-3246

ABSTRACT
This work presents the results of initial research on the climate and climate dynamics in the Gurupi Biological Reserve (REBIO), in the State of Maranhão. The study is justified by the need for data to support the management and control of biodiversity and the mitigation of the effects of climate change in the protected area. The objective of the work was to analyze the climate and climate dynamics of the Gurupi REBIO through the analysis of a 30-year sequential dataset (climatological normals), aiming to characterize the defining elements of the local climate and generate a climate database to support the management and monitoring of the biodiversity of the protected area. The methodology consisted of collecting climatological data (1994–2024) via the GIOVANNI/NASA platform, processed with geoprocessing tools. Climographs, water balances, and the Standardized Precipitation Index (SPI) were generated. The results indicate a defined rainy season between January and April (peaks > 250 mm in March) and a dry season from June to October, with marked water deficit. The temperature remained stable annually, with high relative humidity (78% to 81%). The SPI revealed significant interannual variability, with prolonged droughts (2005–2007; 2012–2016) and years of excessive rainfall (2009; 2018), evidencing instability in the rainfall regime. It is concluded that understanding the climatic dynamics of the Gurupi Biological Reserve is vital for adaptive management and environmental conservation. Continuous monitoring, combined with remote sensing, offers essential support for public policies and the preservation of the last large remnant of Amazon rainforest in Maranhão.

Keywords: Climate Dynamics. Standardized Precipitation Index. Gurupi Biological Reserve. Maranhão.

RESUMEN
Este trabajo presenta los resultados de una investigación inicial sobre el clima y la dinámica climática en la Reserva Biológica Gurupi (REBIO), en el estado de Maranhão. El estudio se justifica por la necesidad de datos que apoyen la gestión y el control de la biodiversidad y la mitigación de los efectos del cambio climático en el área protegida. El objetivo del trabajo fue analizar el clima y la dinámica climática de la REBIO Gurupi mediante el análisis de un conjunto de datos secuenciales de 30 años (normales climatológicas), con el fin de caracterizar los elementos definitorios del clima local y generar una base de datos climática para apoyar la gestión y el monitoreo de la biodiversidad del área protegida. La metodología consistió en la recopilación de datos climatológicos (1994–2024) a través de la plataforma GIOVANNI/NASA, procesados con herramientas de geoprocesamiento. Se generaron climogramas, balances hídricos y el Índice de Precipitación Estandarizado (IPE). Los resultados indican una estación lluviosa definida entre enero y abril (picos > 250 mm en marzo) y una estación seca de junio a octubre, con un marcado déficit hídrico. La temperatura se mantuvo estable anualmente, con una alta humedad relativa (78% a 81%). El Índice de Precipitación Estandarizado (IPE) reveló una variabilidad interanual significativa, con sequías prolongadas (2005-2007; 2012-2016) y años de precipitaciones excesivas (2009; 2018), lo que evidencia inestabilidad en el régimen de lluvias. Se concluye que comprender la dinámica climática de la Reserva Biológica Gurupi es vital para la gestión adaptativa y la conservación ambiental. El monitoreo continuo, combinado con la teledetección, ofrece un apoyo esencial para las políticas públicas y la preservación del último gran remanente de selva amazónica en Maranhão.

Palabras clave: Dinámica Climática. Índice de Precipitación Estandarizado. Reserva Biológica Gurupi. Maranhão.

1 INTRODUÇÃO

Para entender a dinâmica do clima e a variabilidade climática é preciso considerar como princípios fundamentais o **ritmo climático**, que expressa os sucessivos estados da atmosfera, abrangendo eventos habituais e as variações e desvios que geram diferentes graus de distorções até atingirem padrões extremos, o **regime dos elementos climáticos** que apontam, por meio do ritmo, as variações anuais expressas em suas particularidades mensais, consideradas em sucessivos anos e os **eventos climáticos habituais e excepcionais** nas suas inter-relações com a superfície terrestre e a sociedade em relação aos seus impactos e à dinâmica atmosférica que os geram (Monteiro, 1971).

Uma diversidade de estudos relacionados ao clima e sua dinâmica se baseia na ideia do encadeamento sucessivo e contínuo dos eventos climáticos e dos tempos atmosféricos (ritmo climático) a partir de dados mensurados dos elementos climáticos (temperatura, precipitação, umidade, vento e pressão atmosférica) e de modelos dos sistemas atmosféricos (massas de ar, frentes, etc.), usando técnicas e modelos de análise da sucessão diária dos tipos de tempo.

A análise do ritmo climático permite conhecer o regime sazonal dos elementos climáticos, os mecanismos que controlam o sistema climático em diferentes escalas temporais e espaciais e definir padrões climatológicos (normais climatológicas), facilitando a identificação de tendências, anomalias e extremos climáticos, e a detecção de mudanças climáticas. Isso é possível aplicando diferentes tipos de modelos e técnicas (Machado e Gonzales, 2021; Silva *et al* 2021; Junges e Tonietto, 2022; Siqueira *et al,* 2024; Silva e Cabral Junior, 2025) de análise de séries históricas meteorológicas.

No Brasil, são amplamente aplicados os modelos de Balanço Hídrico Climatológico (BHC) (Gomes, 2005; Passos *et al*, 2017; Silva et al, 2022; Silva e Cabral Junior, 2025) e o Índice de Precipitação Padronizado (SPI- *Standardized Precipitation Index*) (Silva *et al*, 2021; Barros *et al*, 2021; Qaisrani *et al*, 2022; Pereira *et al,* 2023; Lopes *et al*, 2024; de Gois *et al*, 2024) para descrever condições secas e úmidas em múltiplas escalas de tempo. O BHC calcula entradas (precipitação) e saídas (evapotranspiração) de água no solo com base em médias históricas de precipitação e temperatura e, na capacidade de armazenamento de água no solo, utilizando, com frequência o método de Thornthwaite & Mather (1955) para calcular o armazenamento, a deficiência e o excedente de água.

O Índice Padronizado de Precipitação (SPI), desenvolvido por Mckee *et al*., (1993; 1995), quantifica o déficit ou o excesso de precipitação em diferentes escalas de tempo, requerendo apenas a precipitação como variável de entrada. Essa característica torna o SPI uma valiosa ferramenta para os estudos de disponibilidade hídrica, sejam eles de curta ou longa duração (Hayes *et al*., 1999), no monitoramento da estiagem.

Neste sentido, este trabalho ancorou-se na modelagem das variações sazonais e anomalias climáticas, com o objetivo de analisar o clima e a dinâmica climática da Reserva Biológica (REBIO) Gurupi, no Maranhão, por meio da análise de dados sequenciais de 30 anos (normais climatológicas)

de temperatura, precipitação e umidade, visando caracterizar os elementos definidores do clima local e gerar um banco de dados climáticos que subsidie o manejo e o monitoramento da biodiversidade da UC.

O trabalho é relevante em dois aspectos principais: a REBIO Gurupi representa um dos últimos remanescentes significativos de Floresta Amazônica no estado do Maranhão e sua área sofre pressão direta da expansão da fronteira agrícola do MATOPIBA e; compreender como o ritmo climático se comporta nessa transição ecológica é fundamental para prever vulnerabilidades ambientais e estratégias de conservação a longo prazo.

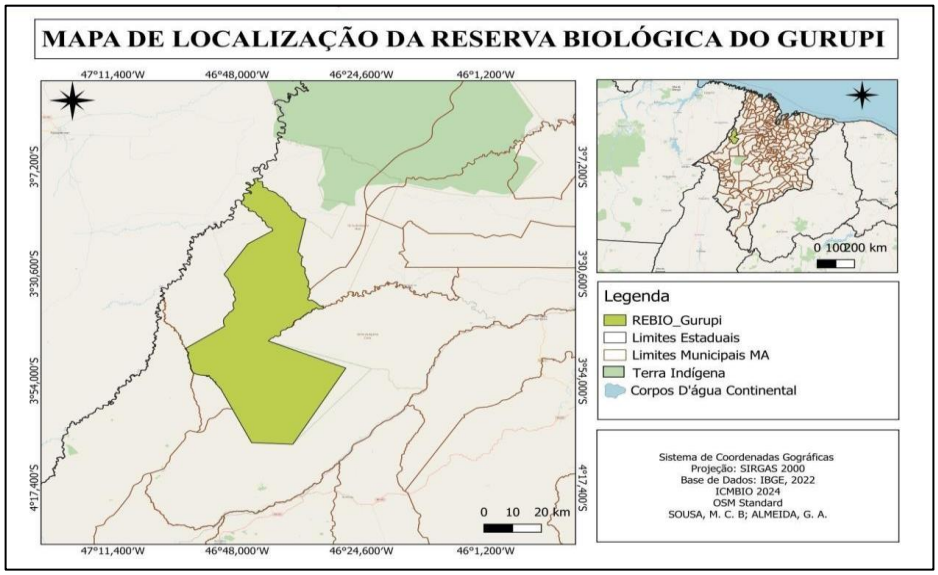
2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área do estudo foi a Reserva Bbiológica do Gurupi (REBIO), que foi criada por meio do Decreto 95.614, de 11 de janeiro de 1988, com a finalidade de preservar remanescentes da Amazônia no Estado do Maranhão. Até então, era parte da Reserva Florestal do Gurupi.

A REBIO está localizada no oeste do Estado (figura 1), abrangendo parte dos municípios de Centro Novo do Maranhão, Bom Jardim e São João do Carú, e limite a oeste o Rio Gurupi. Possui uma área aproximada de 271.197,51 hectares e integra o Centro de Endemismo de Belém, formado de um mosaico de Áreas prioritárias para a conservação (ICMBIO, 2012).

Figura 1 - mapa de localização da REBIO Gurupi



Fonte: Autores, 2025.

A Reserva Biológica do Gurupi configura-se como uma das mais importantes áreas protegidas da Amazônia Oriental, reunindo ecossistemas ricos em biodiversidade e desempenhando papel fundamental na manutenção dos serviços ecossistêmicos regionais. Com cerca de 271 mil hectares,

integra o Centro de Endemismo Belém e representa uma importante fronteira ecológica entre a Amazônia e o Cerrado, o que confere à área características climáticas e biológicas singulares.

Do ponto de vista climático, a REBIO Gurupi localiza-se em uma área de transição entre a Amazônia e o Cerrado, sendo fortemente influenciada pela atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), dos sistemas convectivos amazônicos e, em menor intensidade, de incursões de frentes frias (Marengo e Fisch, 2021). Essa posição geográfica confere à unidade um regime climático complexo, em que a sazonalidade e os episódios de anomalias estão diretamente associados a esses sistemas atmosféricos.

A região está sujeita a pressões ambientais significativas, incluindo desmatamento, queimadas e mudanças no uso do solo, fatores que podem alterar drasticamente o equilíbrio ecológico e climático. Nesse contexto, compreender a dinâmica climática da REBIO Gurupi, por meio de análises rítmicas e estudo de estados atmosféricos habituais, é fundamental para orientar o planejamento ambiental, fortalecer a gestão da unidade e subsidiar políticas públicas voltadas à conservação e à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

2.2 DADOS DA PESQUISA

Essa pesquisa foi desenvolvida baseada nos princípios da Climatologia Geográfica (Zavattini e Boin, 2013; Monteiro, 1971), quanto à análise temporal da variabilidade sazonal, relacionando séries históricas dos elementos definidores do clima da REBIO Gurupi, por meio do tratamento estático e dinâmico. Foram utilizados dados de séries históricas do período de 1998 a 2024 obtidas através da plataforma GIOVANNI da NASA.

Devido à limitação de acesso a dados provenientes das estações meteorológicas da região para aquisição das Normais Climatológicas e séries históricos, recorreu-se aos dados disponibilizados pela plataforma GIOVANNI. Na região onde está localizada a REBIO há uma baixa cobertura Estações Meteorológicas e as que existem apresentam lacunas temporais de dados, o que compromete a continuidade dos registros, enquanto outras mensuram apenas um número reduzido de variáveis climáticas. Nesse contexto, o uso do GIOVANNI tornou-se uma alternativa viável, uma vez que fornece informações abrangentes, já validadas em pesquisas anteriores e reconhecidas pela confiabilidade e precisão (Peixoto e Robrini, 2024; Silva Soza *et al,* 2023; Bernardy *et al*, 2022; Kamaludin *et al*, 2022; Feitosa e Oliveira, 2020; Couto *et al*, 2020).

Para a obtenção dos dados na plataforma GIOVANNI/NASA, foram seguidos procedimentos preliminares que envolveram, inicialmente, a delimitação da Unidade de Conservação (UC) no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC). Em seguida, essa delimitação foi inserida no programa Google Earth, possibilitando a identificação dos pares de coordenadas (latitude norte/sul e longitude leste/oeste), posteriormente utilizados como referência para a extração dos dados na

plataforma GIOVANNI.

Na plataforma GIOVANNI/NASA, a extração dos dados climáticos ocorreu a partir da inserção das coordenadas geográficas correspondentes aos limites norte, sul, leste e oeste da área de estudo. Com base nessas informações, o sistema gerou uma cena espacial cobrindo toda a região delimitada. Para cada variável climática, os valores de cada píxel da imagem foram processados e integrados, resultando em uma média regional interpolada, o que possibilitou maior precisão e praticidade no tratamento dos dados. Dessa forma, foi possível compilar séries históricas das variáveis precipitação, temperatura, pressão atmosférica e umidade relativa do ar, que foram organizados em planilha Excel para serem analisadas.

2.3 ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados foram organizados em planilha Excel em acumulados e médias diárias e mensais para a análise simples e aplicação do Indice de Precipitação Padronizado (SPI), estando representados em gráficos simples e Balanço Hídrico Climatológico utilizando as variáveis de temperatura e precipitação, de acordo com o método de Thornthwaite e Mather (1995), usando a planilha versão 2.1 de Tommaselli (2001). Com a aplicação do BHCN foi possível obter, além do balanço hídrico, climograma e dados de excedente e déficit hídrico ao longo do ano.

Para a aplicação do Índice de Precipitação Padronizado (SPI) foi utilizado o software Drought Index and Monitoring System (DIMES), desenvolvido por Blain, Rolim e Brunini (2005) em acumulados mensais de precipitação.O Índice Padronizado de Precipitação (SPI), desenvolvido por Mckee *et al*., (1993; 1995), quantifica o déficit ou o excesso de precipitação em diferentes escalas de tempo. Essa característica torna o SPI uma valiosa ferramenta para todos os estudos de disponibilidade hídrica, sejam eles de curta ou longa duração (Hayes et al., 1999), no monitoramento da estiagem.

O Índice de Precipitação Padronizado (SPI) é calculado com base em dados históricos de precipitação, os quais são ajustados a uma distribuição de probabilidade e transformada em uma distribuição normal, de modo que o valor médio do SPI para uma determinada região e período seja igual a zero (Edwards e McKee, 1999) em uma escala de valores que varia de $\geq 2{,}00$ a $\leq -2{,}00$. Assim, o SPI foi aplicado para medir as anomalias de precipitação nas escalas temporais de 3, 6 e 12 meses, a partir da inserção dos dados de precipitação, mês e ano no programa, permitindo identificar eventos de seca e chuva excessiva em diferentes períodos na região, conforme os valores ilustrados na tabela a seguir.

Tabela 1 – Valores do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) e Categorias dos períodos secos ou chuvosos.

Valores do SPI	Categorias
≥ 2,00	Chuva Extrema
1,50 a 1,99	Chuva Severa
1,00 a 1,49	Chuva Moderada
0,50 a 0,99	Chuva Leve
0,49 a − 0,49	Normal
−0,50 a − 0,99	Seca Leve
−1,00 a − 1,49	Seca Moderada
−1,50 a − 1,99	Seca Severa
≤ −2,00	Seca Extrema

Fonte: Adaptado de McKee, Doesken e Kleist (1993). Org.: Autores (2024).

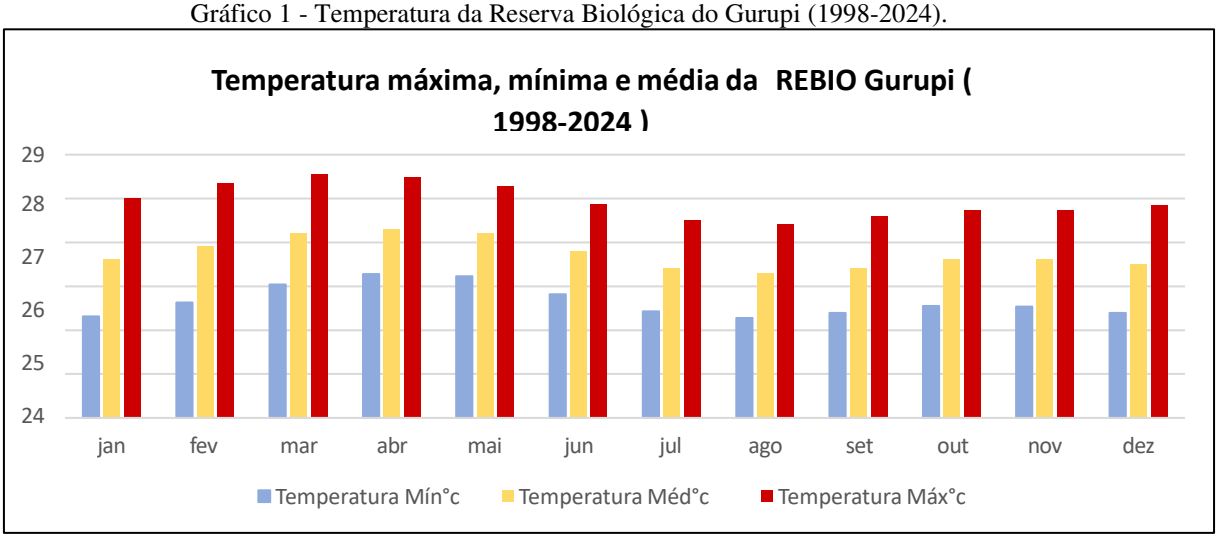
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na pesquisa estão expressos nos gráficos de temperatura mínima, média e máxima (gráfico 1), umidade relativa do ar, (gráfico 2), climograma das variáveis precipitação e temperatura (figura 3), balanço hídrico (figura 4 e 5), seguido dos gráficos contendo o Índice de Precipitação Padronizado (SPI) nas escalas temporais de 3,6 e 12 meses (gráficos 6,7 e 8).

O gráfico 1 apresenta a variação mensal das médias de temperatura mínima, média e máxima na Reserva Biológica do Gurupi (1994–2024). Observa-se que as temperaturas máximas oscilam entre aproximadamente 27,5 °C e 28,5 °C ao longo do ano, com os valores mais elevados concentrando-se entre fevereiro e abril, período associado ao auge da estação chuvosa. As temperaturas médias variam entre cerca de 26 °C e 27 °C, acompanhando a tendência das máximas, mas com menor amplitude. Já as temperaturas mínimas se mantêm entre 24 °C e 25,5 °C, apresentando comportamento mais estável durante todo o período analisado.

Nota-se que entre junho e agosto as temperaturas máximas sofrem leve redução, coincidindo com o período seco e de maior déficit hídrico, o que pode estar relacionado à menor cobertura de nuvens e maior perda de calor noturna. A partir de setembro, observa-se um gradativo aumento das temperaturas máximas e médias, que persistem elevadas até o final do ano. Esse padrão indica um regime térmico tipicamente tropical úmido, com pequena amplitude térmica anual, refletindo a localização amazônica da área de estudo.

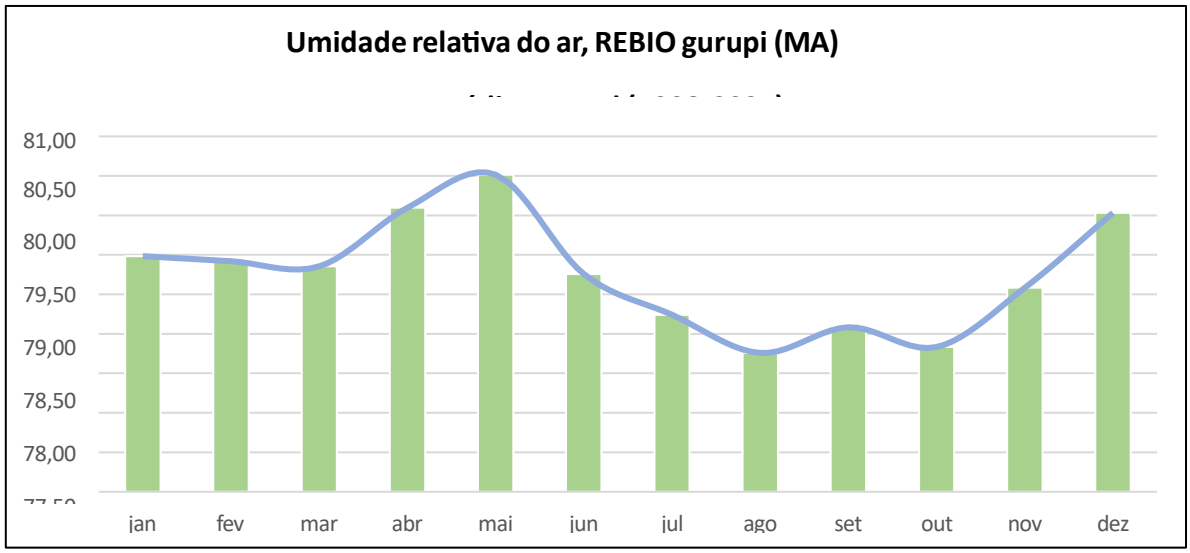
Gráfico 1 - Temperatura da Reserva Biológica do Gurupi (1998-2024).



Fonte: GIOVANNI, 2025. Org.: Autores, 2025.

O gráfico 2 apresenta a variação mensal da umidade relativa do ar na UC. Observa-se que a umidade mantém valores elevados durante todo o ano, variando entre 78% e 81%. Os meses de abril e maio registram os maiores índices médios, próximos a 80,5%, coincidindo com o período mais chuvoso. Já os menores valores ocorrem entre agosto e outubro, com médias ligeiramente inferiores a 79%, refletindo o período mais seco. Essa oscilação sazonal evidencia a influência do regime pluviométrico no comportamento da umidade relativa.

Gráfico 2 - Umidade relativa do ar da REBIO Gurupi.



Fonte: GIOVANNI, 2025. Org.: Autores, 2025.

O climograma apresenta a precipitação mensal (P) e a temperatura média mensal (T) ao longo de um ano, evidenciando a relação entre esses dois elementos climáticos. Analisando os dados de precipitação, observa-se um pico considerável entre os meses de janeiro e março, com valores superiores a 250 mm de chuva, sendo o mês de maior intensidade de chuvas. Após esse período, os índices de precipitação diminuem significativamente, atingindo os menores valores nos meses de

junho, julho e agosto, com precipitações muito baixas, abaixo de 50 mm. A partir de setembro, nota-se um um aumento da precipitação, dando início ao período chuvoso.

Em relação à temperatura, o climograma revela que os meses de junho, julho e agosto apresentam as menores temperaturas, com valores em torno de 20°C, enquanto no início do ano, especialmente em janeiro e fevereiro, as temperaturas são mais elevadas, ultrapassando os 25°C, e começa a cair a partir de março, atingindo seu ponto mais baixo no meio do ano.

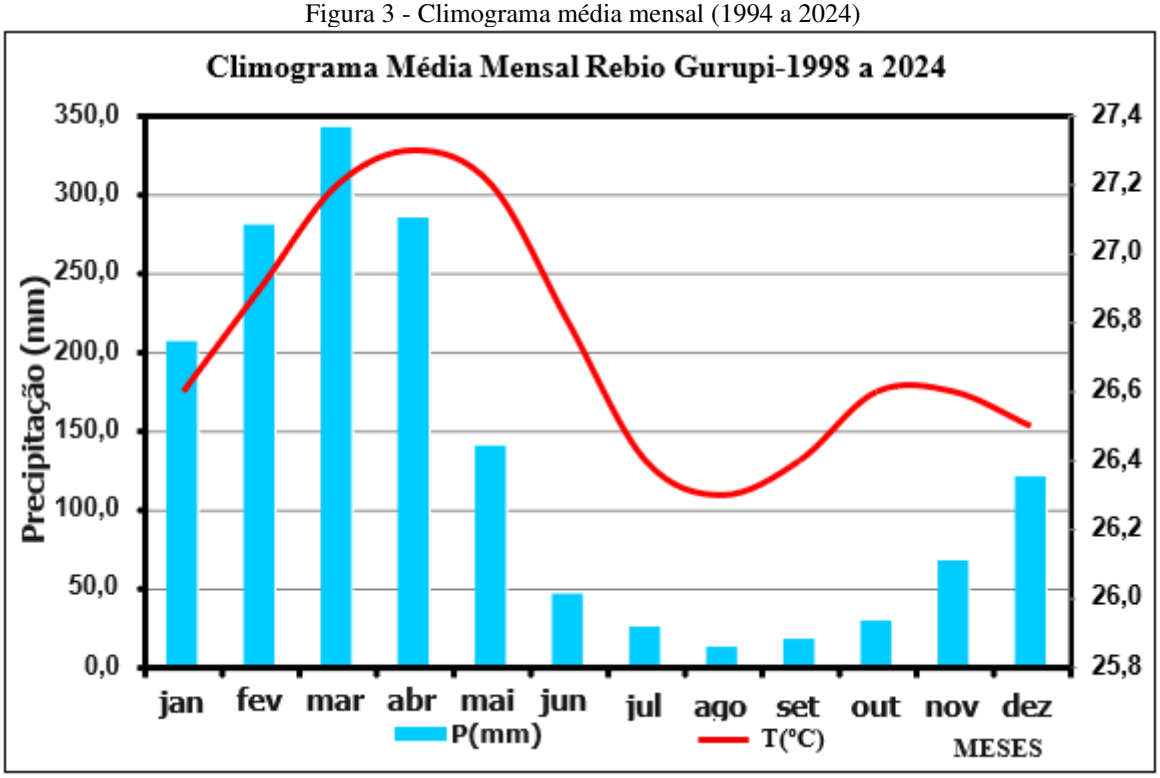
Este gráfico indica uma clara relação entre precipitação e temperatura, apresentando um padrão associado a um regime climático de estação chuvosa no primeiro semestre do ano e estação seca no segundo semestre. Essa variação de temperatura e precipitação é típica de regiões com clima tropical, com um claro delineamento das estações úmida e seca.

O gráfico da Figura 2 apresenta o extrato do balanço hídrico médio mensal (1998– 2024) da Reserva Biológica do Gurupi, evidenciando os valores médios de excedente (EXC) e deficiência hídrica (DEF) em milímetros. Nos primeiros meses do ano (janeiro a abril) predominam valores positivos, caracterizando excedente hídrico expressivo. O pico ocorre em março (190,5 mm), seguido por fevereiro (143,4 mm) e abril (136,6 mm), indicando recarga intensa do solo e elevada disponibilidade de água, típica do período chuvoso regional.

A partir de maio, observa-se transição para condições deficitárias, com pequeno déficit (-0,5 mm) que se intensifica progressivamente de junho a outubro. Os valores máximos de deficiência ocorrem em setembro (-109,0 mm) e outubro (-109,4 mm), refletindo o auge da estação seca, quando a evapotranspiração excede a precipitação e compromete o armazenamento de água no solo.

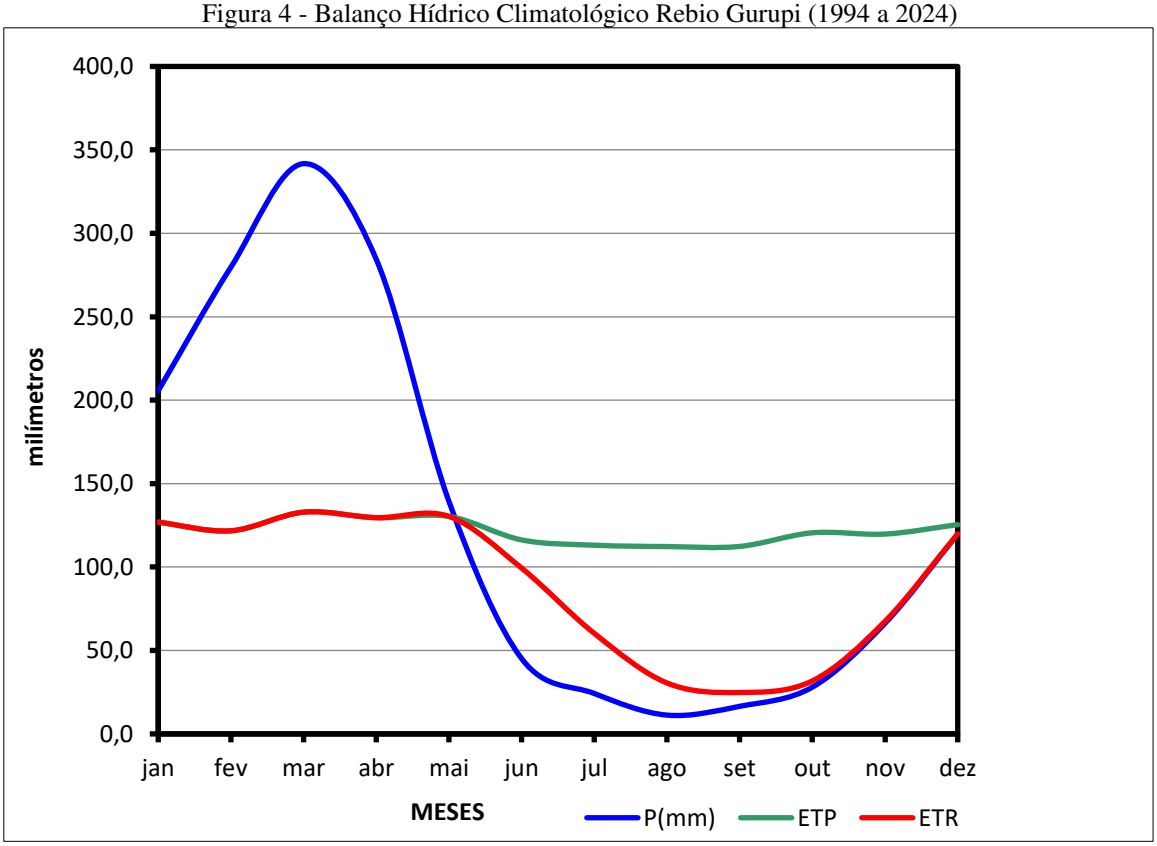
Esse padrão sazonal demonstra a alternância entre períodos de excesso e déficit hídrico, característica marcante do clima local, e fornece subsídios para compreender a dinâmica hidrológica e orientar estratégias de manejo ambiental na unidade de conservação.

Figura 3 - Climograma média mensal (1994 a 2024)



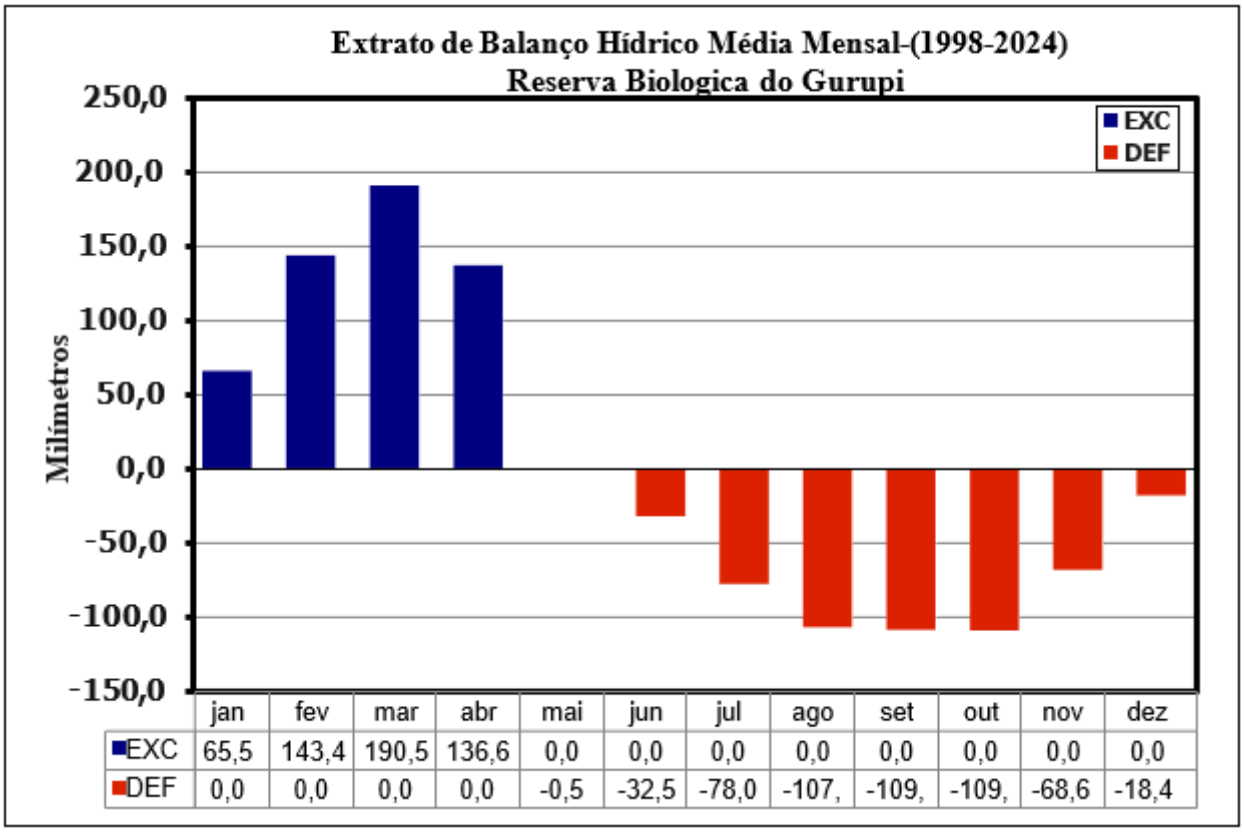
Fonte: GIOVANNI, 2025. Org.: Autores, 2025.

Figura 4 - Balanço Hídrico Climatológico Rebio Gurupi (1994 a 2024)



Fonte: GIOVANNI, 2025. Org.: Autores, 2025.

Figura 5 - Extrato de banco hídrico média mensal



	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
EXC	65,5	143,4	190,5	136,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DEF	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	-32,5	-78,0	-107,	-109,	-109,	-68,6	-18,4

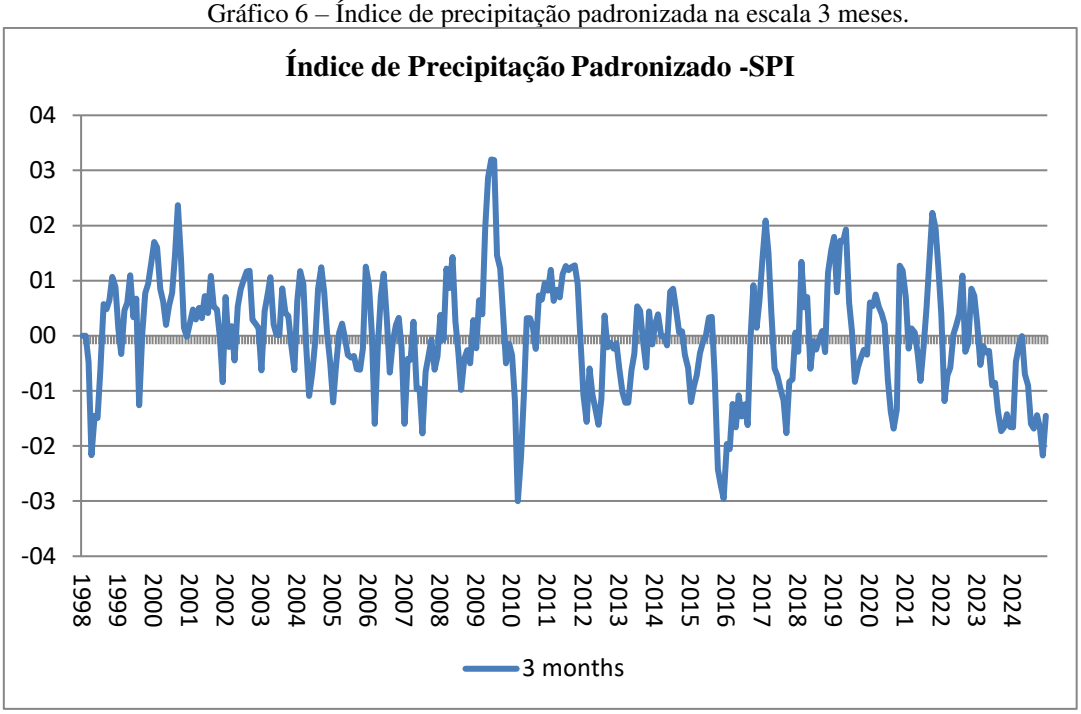
Fonte: GIOVANNI, 2025. Org.: Autores, 2025.

Quanto à variabilidade das anomalias, analisadas por meio do Índice de Precipitação Padronizado (SPI), calculado para as escalas de 3, 6 e 12 meses (gráficos 6,7 e 8) entre 1998 e 2024, os dados evidenciam elevada variabilidade climática, com alternância recorrente entre períodos secos e úmidos. No SPI de 3 meses, predominam oscilações rápidas, com secas severas (2000–2010) e excessos de precipitação (2008, 2018), além de maior irregularidade após 2015.

A escala de 6 meses suaviza variações de curto prazo, mas confirma secas moderadas a severas no início dos anos 2000 e maior instabilidade no período recente, sendo útil para avaliar impactos na agricultura e reservatórios.

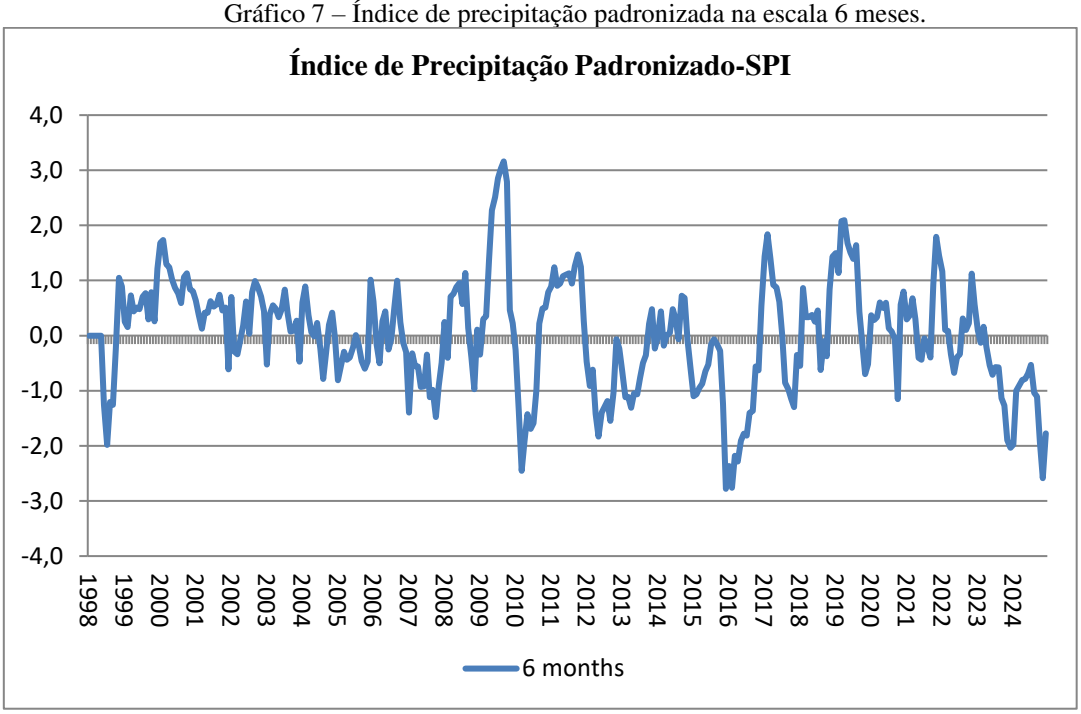
Já o SPI de 12 meses, destaca tendências de longo prazo, como estiagens prolongadas (2005–2007; 2012–2016) e períodos úmidos (2009, 2018), além de indicar persistente déficit hídrico entre 2020 e 2024. Assim, a análise integrada demonstra um regime pluviométrico instável, com implicações relevantes para a gestão hídrica, planejamento agrícola e prevenção de riscos ambientais, como queimadas.

Gráfico 6 – Índice de precipitação padronizada na escala 3 meses.



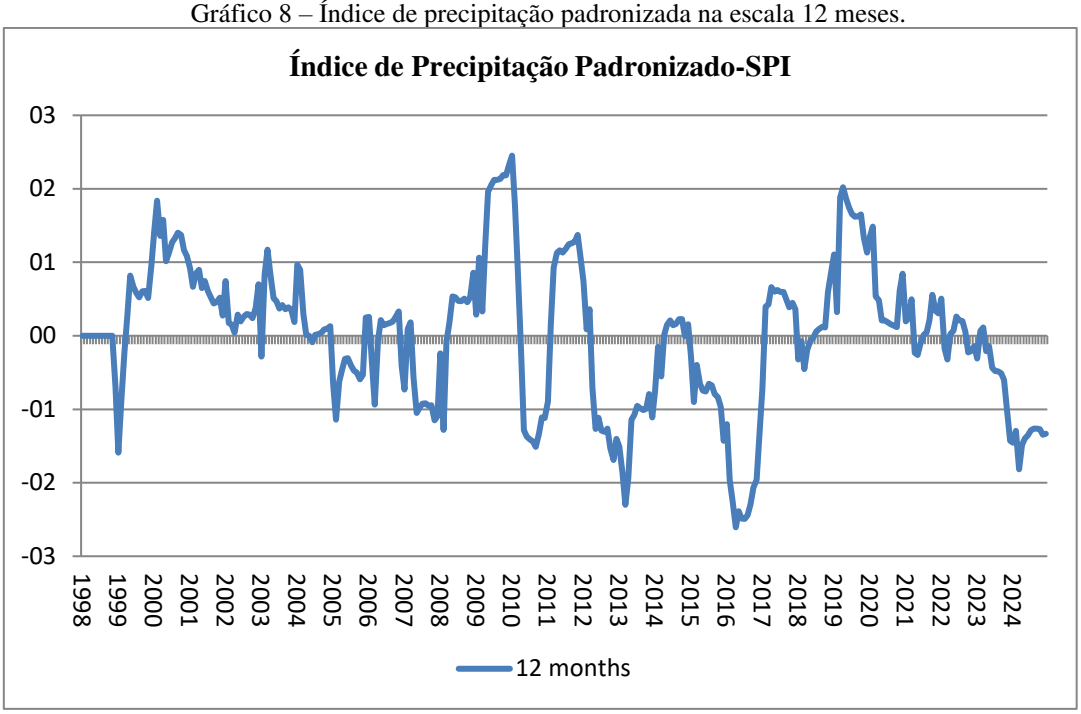
Fonte: GIOVANNI, 2025. Org.: Autores, 2025.

Gráfico 7 – Índice de precipitação padronizada na escala 6 meses.



Fonte: GIOVANNI, 2025. Org.: Autores, 2025.

Gráfico 8 – Índice de precipitação padronizada na escala 12 meses.



Fonte: GIOVANNI, 2025. Org.: Autores, 2025.

Nota-se, ainda, que mesmo nos meses mais secos os valores permanecem altos, caracterizando um ambiente úmido típico de áreas de floresta. Os resultados reforçam a importância do monitoramento climático para compreender padrões ambientais em unidades de conservação. Esses dados podem subsidiar estudos sobre mudanças climáticas e manejo ecológico da área voltado para a prevenção de queimadas.

Os dados também demonstram que os anos de 2005–2007 e 2012–2016, marcados por estiagens prolongadas, coincidem com episódios de El Niño, fenômeno que historicamente intensifica a seca na Amazônia (Kaiano e Andreoli, 2021; Morengo e Fisch, 2021).

Em estudo realizado com a finalidade de entender a dinâmica temporal e espacial do fogo e e sua relação com variáveis climáticas e com o uso e cobertura da terra no interior da Rebio Gurupi Freire (2021) constatou tendência de aumento da ocorrência dos incêndios nas áreas de floresta, em particular de floresta secundária, nos meses e anos com baixa quantidade de chuva ou déficit hídrico e altas temperaturas, destacadamente o ano de 2016.

Por outro lado, o excesso de precipitação em 2009 e 2018 estar associado a episódios de La Niña (Kaiano e Andreoli, 2021; Morengo e Fisch, 2021), o que reforça a importância de considerar a variabilidade climática em escala global na interpretação do ritmo climático local.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do estudo permitiram identificar padrões sazonais bem definidos de precipitação, temperatura e umidade na Reserva Biológica do Gurupi, fundamentais para compreender os ciclos de seca e umidade na região. Mesmo diante das limitações relacionadas à escassez de estações

meteorológicas locais, o uso da plataforma GIOVANNI/NASA mostrou-se uma ferramenta eficaz para obtenção e análise de séries históricas climáticas, assegurando confiabilidade aos resultados.

As informações levantadas são essenciais para subsidiar a gestão ambiental da unidade, sobretudo no que se refere ao manejo de recursos hídricos, à conservação da biodiversidade e ao planejamento de ações voltadas à mitigação dos impactos das mudanças climáticas. Além disso, os resultados fornecem suporte a estratégias de manejo adaptativo, fortalecendo políticas públicas voltadas à preservação dos ecossistemas e ao controle de riscos ambientais, como queimadas associadas aos períodos de estiagem prolongada ou eventos extremos de precipitação.

A análise da dinâmica climática da REBIO consistiu na interpretação integrada das séries temporais, observando não apenas valores médios mensais, mas também a sucessão de episódios de precipitação e estiagem, e a identificação de situações excepcionais ao longo da série (1998–2024), permitindo destacar as descontinuidades do regime climático sazonal.

Os resultados evidenciam um padrão climático típico de regiões tropicais úmidas, com forte sazonalidade na precipitação e relativa estabilidade térmica.O climograma mostrou uma estação chuvosa bem definida entre janeiro e abril e um período seco de junho a outubro. Essa alternância entre excedente e déficit hídrico, reforçada pelo balanço hídrico, confirma o comportamento descrito por Monteiro (1971) e influencia processos como recarga do solo e disponibilidade de água.

O Índice de Precipitação Padronizado (SPI) reforça a variabilidade intra e interanual da precipitação. O SPI de curto prazo revelou oscilações rápidas, enquanto as escalas de médio e longo prazo indicaram estiagens prolongadas, especialmente entre 2012 e 2016, e déficits persistentes nos anos recentes. Esses resultados sugerem instabilidade crescente do regime pluviométrico, o que compromete a resiliência dos ecossistemas locais. Períodos de seca intensa reduzem a disponibilidade hídrica e aumentam a vulnerabilidade a queimadas, enquanto excessos pluviométricos podem desencadear processos erosivos.

Quanto à temperatura, os dados indicam pequena amplitude térmica anual, refletindo a localização amazônica e a umidade atmosférica como regulador térmico. A leve redução das máximas durante o período seco sugere influência de menor cobertura de nuvens e maior perda de calor noturna.

A umidade relativa mantem-se elevada durante todo o ano, oscilando apenas alguns pontos percentuais entre os períodos chuvoso e seco. Mesmo nos meses de menor precipitação, os índices permaneceram acima de 78%, caracterizando um ambiente perenemente úmido. Esse padrão confirma a importância da cobertura florestal para manutenção da umidade atmosférica e sugere que alterações no uso do solo podem repercutir negativamente nesse equilíbrio.

De modo geral, a integração dos resultados mostrou-se eficiente para compreender a dinâmica climática da REBIO Gurupi. Ao articular modelos de representação da precipitação, temperatura, umidade e balanço hídrico, evidenciaram-se padrões sazonais e variações interanuais que moldam o

funcionamento ecológico da unidade.

Os resultados oferecem subsídios importantes para o planejamento ambiental e manejo adaptativo dos recursos naturais e contribui como base para investigações futuras sobre a dinâmica climática da Amazônia Oriental, destacando a relevância do monitoramento contínuo e da integração de dados de sensoriamento remoto com análises climatológicas para aprimorar o entendimento dos processos ambientais em áreas protegidas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho contou com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), por meio da concessão de bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

ARMOND, N. B.; SANT'ANNA NETO, J. L. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidades para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 20, 2017.

BARROS, V. da S.; GOMES, V. K. I.; SILVA JÚNIOR, I. B. da; SILVA, A. S. V. da; SILVA, A. S. A. da; BEJAN, L. B.; STOSIC, T. Análise de tendência do índice de precipitação padronizado em Recife–PE. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8, 2021. Disponível em: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17458.

BERNARDY, R.; DADALT, T. A.; PISKE, A. D.; LEANDRO, D.; GADOTTI, G. I.; CORRÊA, L. B.; GATTO, D. A.; NADAL, A. Avaliação das consequências da pandemia de COVID-19 na qualidade do ar no Rio Grande do Sul com uso da plataforma GIOVANNI- NASA. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais,* V.13, N.9, P.15-26, DOI: https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.009.0002.

BLAIN, G, C; ROLIM, G, D, S; BRUNINI, O. DIMES–Software para cálculo e interpretação do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) em visual basic for application em ambiente MSExcel. In: V Congresso Brasileiro de Agroinformática-SBI-AGRO. Londrina.2005. Disponível emC:\Users\20240000147\Downloads\DIMES-_SOFTWARE_FOR_CALCULATION_AND_INTERPRETATION.pdf.Acesso em: out. de 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – CNUC*. Brasília, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt- br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/areas-protegidas/plataforma-cnuc-1. Acesso em: 26 set. 2025.

BRASIL. Decreto nº 95.614, de 11 de janeiro de 1988. *Cria a Reserva Biológica do Gurupi e dá outras providências. Brasília: Presidência da República*, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d95614.htm. Acesso em: 26 set. 2025.

COSTA, J. G. J.; MOURA, G. B. A.; LOPES, P. M. O.; GIONGO, P. R.; BRITO, J. I. B. Assessment of desertification in the Brazilian semiarid region using time series of climatic and biophysical variables. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 16, n. 6, p. 3424- 3444, 2023. DOI: 10.26848/rbgf.v16.6.p3424-3444.

DE GOIS , G. de; TERASSI, P. M. de B.; FREITAS, J. DA S.; SILVA, S. S. Da; SOBRAL, B. S.; PAIVA, R. F. da P. de S.; FALCAO, J. B. Análise da variabilidade interanual da seca via Índice de Precipitação Padronizado (SPI) associada ao El Niño-Oscilação Sul (ENOS) no estado do Acre (AC). *Revista Brasileira De Climatologia*, *35*(20), 574–606. https://doi.org/10.55761/abclima.v35i20.17936

FEITOSA, M. J.R.; OLIVEIRA, C.W. Estudo comparativo dos dados de precipitação do satélite TRMM e postos pluviométricos no estado do Ceará, Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, v. 65, n. 2, p. 239-262, jul./dez. 2020. DOI: https://doi.org/10.15359/rgac.65-2.10.

FREIRE, A. T. G. Entender a dinâmica do fogo para a conservação da Reserva Biológica do Gurupi na Amazônia Oriental. 2021. *Dissertação* (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2021.dispomivel em: https://tedebc.ufma.br/jspui/.

GOMES, S. Ajuste e avaliação de um modelo de balanço hídrico decendial e estudo dos limites de sua utilização em algumas localidades no Estado do Paraná. 2005. *Dissertação* (Mestrado em Ciência

do Solo)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: https://hdl.handle.net/1884/5705.

GOOGLE. *Google Earth Web*. Mountain View, CA: Google, 2025. Disponível em: https://earth.google.com/web. Acesso em: 26 set. 2025.

HAYES, M. J.; SVOBODA, M.D.; WILHITE, D.A.; VANYARKHO, O.V. *Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index*. Bull.Am.Meteorol.So. 80(3): p.429- 438, 1999.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). *Plano de Manejo da Reserva Biológica do Gurupi*. Brasília, 2012. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades- de-biomas/amazonia/lista-de-ucs/rebio-do-gurupi/arquivos/rebio_gurupi.pdf. Acesso em: 26 set. 2025.

JUNGES, A. H.; TONIETTO, J. Caracterização climática da precipitação pluvial e temperatura do ar em Bento Gonçalves e Veranópolis, Serra Gaúcha, Brasil. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v. 30, e027126, 2022. Disponível em: http://dx.doi.org/10.31062/agrom.v30.e027126

KAIANO, M.T.; ANDREOLI, R. V. Clima da Região Nordeste. In: CAVALCANTI, I.F.de A.; FERREIRA, N.J. Clima das regiões brasileiras e variabilidade climática.1 ed.- São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

KAMALUDIN, K. F. M.; JUMIDALI, M. M.; SA'AD, F. N. A.; AMIN, A. R. M. Remote sensing study of the temperature profile over Penang Island using NASA Giovanni system. *ESTEEM Academic Journal*, v. 18, p. 20-30, set. 2022.Disponível em: https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/68059.

LOPES, A. B.; SILVESTRIM, E. G.; VIEIRA, M. R. S., SILVESTRIM, F. G.; LIMA FILHO, A. A. DE; SILVESTRIM, R. G.; SILVA, C. A. DA; SANTANA, G. P. Vulnerabilidade climática em Manaus: uma avaliação dos extremos de precipitação utilizando o Índice de Precipitação Padronizado (SPI), 2002-2023. *Revista Contemporânea*, *4*(3), 2024. Disponível em: https://doi.org/10.56083/RCV4N3-117.

MACHADO, C. S.D.; GONZALEZ, A. Z.D. Variabilidade climática no bioma Cerrado de Mato Grosso durante o período de 1988 a 2018. *Revista Equador*, Teresina, v. 10, n. 2, p. 207–227, 2021. Disponível em: http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador.

MARENGO, J.A.; FISCH, G. Clima da Região Amazônica. In: CAVALCANTI, I.F.de A.; FERREIRA, N.J. Clima das regiões brasileiras e variabilidade climática.1 ed.- São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

MCKEE,T.B.; DOESKEN, N.J. e KLEIST,J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: CONFERENCE ON APPIED CLIMATOLOGY, 8.,1993, Boston**.** *Anais American Meteorological Society,* Boston: PREPRINTS, 1993. p.179 – 184.

MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J. e KLEIST,J. Drought monitoring with multiple times scales. In: CONFERENCE ON APPIED CLIMATOLOGY, 9.,1995, Boston. *Anais American Meteorological Society,* Boston: PREPRINTS, 1995. p.233 – 236.

MONTEIRO, C. A. de F. *Análise rítmica em Climatologia*: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Série Climatologia. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1971.

NASA. *Giovanni – The Bridge Between Data and Science*. Greenbelt, MD: NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), 2024. Disponível em: https://www.earthdata.nasa.gov/data/tools/giovanni. Acesso em: 26 set. 2025.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G.C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-MA. *Revista Scientia Agraria*, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 83–89, jan./mar. 2017. Disponível em:https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6012804

PEREIRA, D. N. B.; MOURA, D. M. B. de; SPECIAN, V.; ALVES, W.S.; ALVES, E. D.L.; BUARQUE, P. F.S. M. Análise de seca hidroclimática a partir do índice de precipitação padronizado à leste da bacia do rio Paranaíba. *Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais*, v. 12, n. 1, p. 108–122, jan./jun. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.31668/revsap.v12i1.13904.

QAISRANIA, Z. N.; NUTHAMMACHOTA, N.; TECHATOA, K.; ASADULLAHB; JATOIC, G. H.; MAHMOODD, B.; AHMEDD, *R.* Drought variability assessment using standardized precipitation index, reconnaissance drought index and precipitation deciles across Balochistan, Pakistan. *Brazilian Journal of Biology*, 2024, vol. 84, 2022. Disponível em : https://doi.org/10.1590/1519-6984.261001.

SANT'ANNA NETO, J. L. O decálogo da climatologia do sudeste brasileiro**.** *Revista Brasileira de Climatologia*, n. 1, v. 1, 2005.

SILVA, A. S. A. da; MENEZES, R. S. C; STOSIC, T. Análise multifractal do índice de precipitação padronizado. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 7, 2021. Disponível em: http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16535.

SILVA, A. D. G. DA; SANTOS, A. L. B. dos; SANTOS, J. M. dos; LUNA, R. L.Balanço hídrico climatológico e classificação climática do estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira De Climatologia*, *30*(18), 798–816. Disponível em**:** https://doi.org/10.55761/abclima.v30i18.15240

SILVA SOZA, R.; GARCÍA MONTANO, H..; HENRÍQUEZ JACOBO, Y. Anomalías de temperaturas a través de la plataforma Giovanni de la NASA y su comparación con las temperaturas registradas en las principales estaciones meteorológicas de Nicaragua, período 2016-2020.*Revista Tierra Earth Journal.* Vol. 3 N° 1, 2023.Disponível em: https://revistas.unan.edu.ni/index.php/Tierra/article/view/3979.

SILVA, J. dos S.; CABRAL JÚNIOR, J. B. (2025). Hidroclimatologia e balanço hídrico climatológico para o estado de Alagoas, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira De Climatologia*, *36*(21), 340–365. https://doi.org/10.55761/abclima.v36i21.18957

SIQUEIRA, M. da S.; SILVA, M. T.; BRITO, J. I. B. de; BRAGA, C. C.; SOUZA, A.C.de; SOUSA, W. G. de. Índices climáticos extremos de precipitação pluvial e temperatura do ar na região do MATOPIBA-Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 17, n. 1, p. 446–464, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.1.p446-464

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. *Climatologia Geográfica*: teoria e prática de pesquisa. Campinas: Alínea, 2013.