

PPGEO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM GEOGRAFIA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



**AS CHUVAS NA REGIÃO DE PLANEJAMENTO SUDOESTE DE MATO GROSSO:
interrelações entre padrões, variabilidades, tendências e ritmos**

GOÂNIA – GO
2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Adilson Ribeiro de Araújo

3. Título do trabalho

“AS CHUVAS NA REGIÃO DE PLANEJAMENTO SUDOESTE DE MATO GROSSO:
interrelações entre padrões, variabilidades, tendências e ritmos”

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Diego Tarley Ferreira Nascimento, Professor do Magistério Superior**, em 28/01/2026, às 11:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adilson Ribeiro De Araújo, Discente**, em 28/01/2026, às 15:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5939780** e o código CRC **A7657F7F**.

ADILSON RIBEIRO DE ARAÚJO

**AS CHUVAS NA REGIÃO DE PLANEJAMENTO SUDOESTE DE MATO GROSSO:
interrelações entre padrões, variabilidades, tendências e ritmos**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de concentração: Natureza e Produção do Espaço.

Linha de Pesquisa I: Análise Ambiental e Tratamento da Informação Geográfica.

Orientador: Prof. Dr. Diego Tarley Ferreira Nascimento

GOIÂNIA - GO
Dezembro, 2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Araújo, Adilson Ribeiro de
AS CHUVAS NA REGIÃO DE PLANEJAMENTO SUDOESTE DE MATO
GROSSO: interrelações entre padrões, variabilidades, tendências e ritmos
[manuscrito] / Adilson Ribeiro de Araújo. - 2025.
210 f.: il. 2025

Orientador: Prof. Dr. Diego Tarley Ferreira Nascimento
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos
Socioambientais (Iesa), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Goiânia, 2025.
Ilustrações.
Apêndice.
Bibliografia.
Inclui: siglas, mapas, símbolos, tabelas, gráfico.

1. Precipitação. 2. Variabilidade Climática. 3. Tendências Pluviométricas.
4. Análise Rítmica. 5. Sistemas Atmosféricos.

I. Nascimento, Diego Tarley Ferreira, orient. II. Título.

CDU 911.2



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS

ATA DE DEFESA DE TESE

Ata nº 71/2025 da sessão de Defesa de Tese de **Adilson Ribeiro de Araújo** que confere o título de Doutor **Geografia**, na área de concentração em **Natureza e Produção do Espaço**.

Aos doze dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e cinco, a partir das **08:00** horas, **por meio de videoconferência**, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada **“AS CHUVAS NA REGIÃO DE PLANEJAMENTO SUDOESTE DE MATO GROSSO: interrelações entre padrões, variabilidades, tendências e ritmos”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Diego Tarley Ferreira Nascimento (PPGEO/IESA)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora **Nubia Beray Armond (Indiana University Bloomington)**, membro titular externo; Professor Doutor **Pedro Augusto Breda Fontão (UFPR)**, membro titular externo, Professora Doutora **Gislaine Cristina Luiz (PPGEO/IESA)**, membro titular interno; Professor Doutor **Washington Silva Alves (UEG)**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do **trabalho**. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Diego Tarley Ferreira Nascimento (PPGEO/IESA)**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, **aos doze dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e cinco**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Diego Tarley Ferreira Nascimento, Professor do Magistério Superior**, em 02/02/2026, às 14:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Pedro Augusto Breda Fontão, Usuário Externo**, em 02/02/2026, às 14:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **WASHINGTON SILVA ALVES, Usuário Externo**, em 03/02/2026, às 06:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gislaine Cristina Luiz, Professora do Magistério Superior**, em 04/02/2026, às 10:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ronan Eustaquio Borges, Coordenador de Pós-Graduação**, em 04/03/2026, às 10:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5949898** e o código CRC **7FDC3009**.

Referência: Processo nº 23070.056626/2025-17

SEI nº 5949898

Dedico esta pesquisa com imenso carinho e gratidão à minha amada avó (Ana de Oliveira) e à minha mãe (Jocélia Ribeiro), que são as pessoas mais importantes e amadas da minha vida. Através deste projeto, pude vivenciar um momento excepcional de intenso aprendizado, proporcionando valiosas contribuições para o meu desenvolvimento profissional.

AGRADECIMENTOS

Expresso a minha profunda gratidão a Deus pelas oportunidades concedidas e por guiar o meu caminho, colocando, em minha vida, pessoas abençoadas que sempre me orientaram com respeito e dedicação.

Agradeço ao amigo Antônio Gomes pelo apoio nas fases desafiadoras do doutorado; e ao Rodrigo Dutra, pela amizade construída ao longo da jornada, pelas contribuições acadêmicas e pela hospitalidade em Goiânia. Sou também grato aos professores Dr. Lucas Pereira Soares (IFPA), Dr. Victor da Assunção Borsato (Unespar) e ao Me. Thales Ernildo de Lima, pelas valiosas colaborações e pelo apoio técnico, especialmente na área de Geoestatística e Rítmica.

Sou grato aos amigos e colegas de turma do doutorado no IESA/UFG 2021-1: Profa. Dra. Almerinda Auxiliadora de Souza, Prof. Dr. Evandro André Félix; e ao Rodrigo Marciel Soares Dutra, pela companhia durante toda a formação.

Expresso a minha gratidão ao Professor Dr. Diego Tarley Ferreira Nascimento, pela orientação na construção, no andamento e na reorganização desta tese.

Agradeço à revisora Professora Dra. Maira Fátima de Oliveira Nobre, que revisou os meus textos desde o mestrado e continuou contribuindo com a escrita ao longo do doutorado. Sua ajuda foi fundamental para a realização desta pesquisa.

Agradeço, profundamente, aos professores Dr. Charlei Aparecido da Silva e Dr. Pedro Augusto Breda Fontão, que, generosamente, participaram da banca de qualificação, cujos inestimáveis esclarecimentos, ajustes e observações foram fundamentais para aprimorar e enriquecer o presente estudo.

Sou grato à Escola Estadual Deputado Dormevil Faria não só pela cooperação e pelo fornecimento de documentos, assim como pelo envio de relatórios durante o período do doutorado.

Agradeço ao Governo do Estado de Mato Grosso e à Secretaria de Estado de Educação (Seduc) por possibilitarem a Licença de Qualificação, de extrema importância para a conclusão deste trabalho, tendo permitido o afastamento temporário de minhas atividades de ensino.

Expresso a minha gratidão à Marinha do Brasil pelo fornecimento das Cartas Sinóticas; à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; ao Instituto Nacional de Meteorologia; e ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial pelo acesso ao banco de dados utilizado nesta pesquisa.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste estudo.

Quando enunciamos que o clima de um lugar (espaço) é resultante do comportamento dinâmico mais habitual ou recorrente da atmosfera, cronologicamente desenvolvido (tempo) sobre aquele dado lugar, teremos o problema de definir que lugar é este (Monteiro, 1999, p. 10).

Se no domínio meteorológico a preocupação com os padrões dentro do ritmo de sucessão são importantes ao aprimoramento da previsão, no domínio geográfico, eles constituem um meio de compreensão da sucessão habitual que caracteriza o clima, que não exclui o registro dos padrões extremos. Análises geográficas desde tipo trazem um valioso subsídio à caracterização climática regional (Monteiro, 1965, p. 178).

Homenagem ao professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro
(*in memoriam*)

RESUMO

Compreender padrões, variabilidade e tendências da precipitação é essencial para interpretar a dinâmica climática em regiões onde alterações no regime de chuvas impactam dimensões socioeconômicas e ambientais. Na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso (RPSMT), que abrange Cerrado, Floresta de Transição Amazônica e Pantanal, a pluviosidade reflete a atuação dos sistemas atmosféricos e processos contemporâneos ligados às transformações ambientais e ao uso da terra. Partiu-se da hipótese de desarticulação climática do regime pluviométrico regional, indicada por maior irregularidade interanual, pela intensificação de secas prolongadas e pelo aumento de eventos extremos. O objetivo geral foi analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação na RPSMT, identificando padrões, tendências e suas relações com os sistemas atmosféricos que estruturam o ritmo climático. A variabilidade interanual foi avaliada entre 2000 e 2022, enquanto tendências e extremos foram analisados de 1980 a 2022. O ritmo climático foi examinado pela precipitação diária de duas estações meteorológicas, em três anos-padrão (2011, 2014 e 2020), representativos de condições habitual, chuvosa e seca, considerando a atuação e participação de mEc, ZCAS, mTc, mP e mTa. A pesquisa ancorou-se na Climatologia Geográfica, integrando análises estatísticas, geoestatísticas e rítmicas, com dados de 42 estações pluviométricas da ANA e duas estações meteorológicas do Inmet, processados em *Excel*, *linguagem R*, *Past* e *Jamovi*. Falhas foram preenchidas por Ponderação Regional e validadas por Dupla Massa ($r^2 > 0,996$). Aplicaram-se estatísticas descritivas, testes *Shapiro-Wilk*, *Mann-Kendall*, *Pettitt* e *Kruskal-Wallis*, além de correlação de *Spearman* e definição de anos-padrão por *quantis*. As séries foram agrupadas em três áreas homogêneas por análise multivariada, e os padrões espaciais foram mapeados por IDW e Krigagem Ordinária. Índices de extremos (ETCCDMI/OMM) foram calculados com o *RClimDex*. A gênese da precipitação foi identificada pela análise rítmica com dados diários, cartas sinóticas e imagens MODIS/GOES. Os resultados evidenciaram forte sazonalidade e heterogeneidade espacial. Entre 2000 e 2022, a média anual foi 1.425 mm, com 83% das chuvas concentradas entre novembro e abril, e gradiente latitudinal com máximos na transição Amazônia-Cerrado (1.995 mm) e mínimos na área pantaneira (1.148 mm). A variabilidade interanual foi moderada (CV = 29%), com 56% de anos habituais, 22% chuvosos (2014, 1.775 mm) e 22% secos (2020, 1.058 mm). De 1980 a 2022, observou-se o aumento de dias secos consecutivos (CDD) e da intensidade diária (SDII), associados à redução de dias chuvosos (CWD) e da precipitação total (PRCPTOT), além de quebras de homogeneidade entre 2000 e 2007, indicando instabilidade crescente. A análise rítmica demonstrou que em 2011 (habitual), alternaram-se mEc (36%) e ZCAS (48%), responsáveis por cerca de 80% das chuvas convectivas; em 2014 (chuvoso), mEc (65%) e ZCAS (25%) intensificaram a convecção, inclusive no inverno; em 2020 (seco), a supressão da mEc e a maior influência de mTc (22%) e mP (18%) prolongaram a estiagem, com 128 dias secos consecutivos. Em síntese, a precipitação na RPSMT apresenta sazonalidade marcada, heterogeneidade espacial e intensificação da variabilidade interanual, sustentando a hipótese de desarticulação climática e oferecendo subsídios ao planejamento territorial e à gestão ambiental em cenário de emergências climáticas.

Palavras-chave: Precipitação; Variabilidade Climática, Tendências Pluviométricas; Análise Rítmica; Sistemas Atmosféricos.

ABSTRACT

Understanding patterns, variability, and trends in precipitation is essential for interpreting climatic dynamics in regions where changes in rainfall regimes impact socioeconomic and environmental dimensions. In the Southwest Planning Region of Mato Grosso (RPSMT), which encompasses Cerrado, Amazonian Transition Forest, and Pantanal, rainfall reflects the operation of atmospheric systems and contemporary processes linked to environmental transformations and land use. The hypothesis posited was one of climatic disarticulation of the regional pluviometric regime, indicated by greater interannual irregularity, intensification of prolonged droughts, and increased extreme events. The general objective was to analyse the spatiotemporal variability of precipitation in the RPSMT, identifying patterns, trends, and their relationships with the atmospheric systems that structure climatic rhythm. Interannual variability was evaluated between 2000 and 2022, whilst trends and extremes were analysed from 1980 to 2022. Climatic rhythm was examined through daily precipitation from two meteorological stations across three standard years (2011, 2014, and 2020), representative of habitual, wet, and dry conditions, considering the operation and participation of mEc, ZCAS, mTc, mP, and mTa. The research was anchored in Geographic Climatology, integrating statistical, geostatistical, and rhythmic analyses, with data from 42 ANA rainfall stations and two Inmet meteorological stations, processed in Excel, R language, Past, and Jamovi. Gaps were filled using Regional Weighting and validated by Double Mass ($r^2 > 0.996$). Descriptive statistics, Shapiro-Wilk, Mann-Kendall, Pettitt, and Kruskal-Wallis tests were applied, alongside Spearman correlation and standard year definition by quantiles. The series were grouped into three homogeneous areas through multivariate analysis, and spatial patterns were mapped using IDW and Ordinary Kriging. Extreme indices (ETCCDMI/WMO) were calculated with RClimDex. Precipitation genesis was identified through rhythmic analysis with daily data, synoptic charts, and MODIS/GOES imagery. Results evidenced strong seasonality and spatial heterogeneity. Between 2000 and 2022, the annual average was 1,425 mm, with 83% of rainfall concentrated between November and April, and a latitudinal gradient with maxima in the Amazon-Cerrado transition (1,995 mm) and minima in the Pantanal area (1,148 mm). Interannual variability was moderate ($CV = 29\%$), with 56% habitual years, 22% wet years (2014, 1,775 mm), and 22% dry years (2020, 1,058 mm). From 1980 to 2022, an increase in consecutive dry days (CDD) and daily intensity (SDII) was observed, associated with reduced rainy days (CWD) and total precipitation (PRCPTOT), alongside homogeneity breaks between 2000 and 2007, indicating growing instability. Rhythmic analysis demonstrated that in 2011 (habitual), mEc (36%) and ZCAS (48%) alternated, accounting for approximately 80% of convective rainfall; in 2014 (wet), mEc (65%) and ZCAS (25%) intensified convection, including during winter; in 2020 (dry), suppression of mEc and greater influence of mTc (22%) and mP (18%) prolonged drought, with 128 consecutive dry days. In summary, precipitation in the RPSMT presents marked seasonality, spatial heterogeneity, and intensification of interannual variability, supporting the hypothesis of climatic disarticulation and providing inputs for territorial planning and environmental management in a climate emergency scenario.

Key-Words: Precipitation; Climatic Variability; Pluviometric Trends; Rhythmic Analysis; Atmospheric Systems.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Relevância, Problemática e Hipóteses	16
1.2 Objetivos Geral e Específicos	17
1.3 Estrutura da Tese	18
2 TIPIFICAÇÃO SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL DA ÁREA EM ESTUDO	20
2.1 Dinâmicas Regionais e Desafios Socioambientais	20
2.2 Elementos Ambientais da Regionais	24
2.2.1 Unidades Geomorfológicas	24
2.2.2 Caracterização dos Biomas e Vegetação	28
2.2.3 Características Climáticas Regionais	32
2.3 Massas de Ar e a Interação da Pluviosidade Regional	37
2.4 Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra (1985-2022)	43
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICO	49
3.1 Conceitos e Evolução da Climatologia Geográfica	49
3.2 Fundamentos da Climatologia Geográfica Brasileira	53
3.3 Padrões, Variabilidades e Tendências Pluviométricas	57
3.4 Abordagens do Ritmo Climático e Anos-Padrão	60
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E RECURSOS APLICADOS	63
4.1 O Método e as Etapas da Pesquisa	63
4.2 Fontes de Dados	64
4.3 Tratamento Estatístico Pluviométrico: Preenchimento de Falhas e Agrupamento	66
4.4 Análise Estatísticas Descritiva	70
4.5 Modelagens e Validação na Geoestatística	76
4.6 Cálculo dos Índices de Tendência Pluviométrica	79
4.7 Método de Seleção dos Anos-Padrão para Análise do Ritmo das Chuvas	83
4.8 Tratamento de Dados e Elaboração dos Gráficos de Análise Rítmica	85
5 PADRÕES, VARIABILIDADES E TENDÊNCIAS DAS CHUVAS	88
5.1 Médias Anuais, Sazonais e Mensais das Chuvas	88
5.1.1 Áreas homogêneas das chuvas	93

5.2 Variabilidade dos Totais Anuais, Sazonais e Mensais de Precipitação (2000-2022)	95
5.2.1 Variação das chuvas em Anos Habituais	104
5.2.2 Variação das Chuvas em Anos Chuvosos	107
5.2.3 Variação das Chuvas em Anos Secos	110
5.3 Tendências das Chuvas na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso	114
6 GÊNESE E RITMO DAS CHUVAS	123
6.1 Ano-Padrão Habitual (2011)	123
6.1.1 Atuação e participação dos sistemas atmosféricos no ano-padrão habitual (2011)	125
6.1.2 Ritmo climático no ano-padrão habitual (2011)	128
6.2 Ano-Padrão Chuvoso (2014)	132
6.2.1 Atuação e participação dos sistemas atmosféricos no ano-padrão chuvoso (2014)	134
6.2.2 Ritmo climático no ano-padrão chuvoso (2014)	136
6.3 Ano-Padrão Seco (2020)	141
6.3.1 Atuação e participação dos sistemas atmosféricos no ano-padrão seco (2020)	142
6.3.2 Ritmo climático no ano-padrão seco (2020)	145
6.4 Síntese da atuação e participação dos sistemas atmosféricos entre os anos-padrão	150
CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	155
REFERÊNCIAS	160
APÊNDICES	186

1 INTRODUÇÃO

A compreensão da dinâmica espaço-temporal dos fenômenos climáticos é fundamental para o planejamento territorial e a gestão ambiental, especialmente diante das emergências climáticas globais. As variações na precipitação implicam a qualidade e a disponibilidade hídrica, afetando os usos múltiplos da água, a saúde humana, o funcionamento dos ecossistemas e as atividades econômicas (Prado, 2024). Em regiões sob rápidas transformações ambientais e intensas pressões antrópicas, aprofundar o conhecimento sobre o comportamento pluvial torna-se essencial para subsidiar análises de riscos, vulnerabilidades e uso sustentável do território.

Historicamente, a relação entre sociedades e ambiente sempre dependeu da capacidade de adaptação às condições naturais. A transição do nomadismo para a vida sedentária intensificou essa dependência, tornando o conhecimento do meio físico imprescindível para fixação, produção e organização cotidiana. À medida que ampliaram sua capacidade de transformar o entorno, as sociedades passaram a lidar com os riscos da variabilidade climática. Assim, o clima consolidou-se como elemento estruturante da ocupação do espaço geográfico.

Nesse percurso, o determinismo ambiental presente nas reflexões de Hipócrates lançou uma das primeiras bases conceituais da Geografia ao relacionar condições físicas e organização humana. Embora posteriormente criticado, esse pensamento contribuiu para reconhecer o clima como elemento decisivo para a vida social. Com o avanço das ciências, o clima passou a ser compreendido não apenas como força externa e imutável, mas como fenômeno passível de análise, interpretação e planejamento. Contudo, as emergências climáticas contemporâneas – intensificadas por múltiplos fatores, entre eles, os antrópicos – reafirmam a sua centralidade ao modificar ciclos hidrológicos, alterar regimes atmosféricos e reconfigurar dinâmicas socioambientais em múltiplas escalas (Artaxo, 2020; Ripple, 2024).

Nesse contexto, insere-se esta tese, voltada ao estudo da precipitação na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso (RPSMT). A investigação fundamenta-se na concepção de clima de Sorre (1951), para quem o clima corresponde à sucessão habitual dos tipos de tempo; e na análise rítmica de Monteiro (1971). Esses referenciais permitem compreender o clima como fenômeno integrado, cujas gênese e variabilidade resultam da interação entre mecanismos atmosféricos e a sua expressão espacial.

A articulação entre as abordagens Tradicional, Dinâmica e Geográfica respalda-se na premissa de que a compreensão plena do clima exige integração. Monteiro (1971) ressalta que “as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissolivelmente ligadas à gênese”, refletindo a circulação atmosférica na sucessão dos tipos de tempo. Nascimento, Silva

e Silva (2024) consideram a análise rítmica como primordial para captar, simultaneamente, a variabilidade e os processos formadores. Soma-se a isso o conceito de variabilidade climática que, ao explicar os ciclos e conectar-se às emergências climáticas, elucida a natureza do fenômeno e amplia sua aplicação à Climatologia Geográfica (Nascimento-Júnior, 2017). Diante desse arcabouço, investigar a gênese e a variabilidade pluvial no Sudoeste mato-grossense torna-se indispensável para o conhecimento regional. Apesar do progresso obtido, as grandes abordagens climatológicas ainda apresentam limitações. A Climatologia Tradicional contribui para a caracterização estatística, mas fragmenta os elementos climáticos. A Climatologia Dinâmica privilegia a gênese dos sistemas atmosféricos, porém dedica menor atenção aos tipos de tempo. A Climatologia Geográfica busca integrar essas perspectivas ao interpretar como os sistemas atmosféricos se articulam espacialmente para produzir o ritmo climático.

Segundo Sant'Anna Neto (2008), essa abordagem consolidou-se no Brasil ao incorporar a análise rítmica de Monteiro (1971), enfatizando a gênese dos fenômenos e a sua interação no espaço sob influência antrópica, articulando-se à base epistemológica da Geografia e às relações entre processos atmosféricos e geográficos. No entanto, Sant'Anna Neto (2002) destaca ser necessária a compreensão dos mecanismos de *feedback* e na construção de cenários prospectivos. Tais limitações reiteram a importância de estudos que integrem a explicação processual, a interpretação espacial e a análise temporal.

Diante dessas demandas, esta pesquisa adota a Climatologia Geográfica Brasileira como arcabouço teórico-metodológico. Essa perspectiva transcende a descrição estatística ao incorporar mecanismos atmosféricos, ritmos temporais, padrões espaciais e processos ambientais a fim de abarcar tanto a habitualidade quanto os extremos. Tal abordagem mostra-se particularmente apropriada para caracterizar a distribuição das chuvas e interpretar as dinâmicas do regime pluvial na RPSMT.

A região distingue-se pela elevada complexidade socioambiental, resultante da interface entre os biomas Cerrado, Floresta de Transição Amazônica e Pantanal, acrescida de intensa expansão agropecuária. O seu mosaico paisagístico e as suas condições fisiográficas – situada na porção oeste do Mato Grosso, em contato direto com Rondônia, Mato Grosso do Sul e Bolívia – influenciam a circulação atmosférica e os processos hidrológicos (Fetter; Oliveira; Steinke, 2018). Essa condição de transição ecológica e fronteira agrícola torna a RPSMT particularmente sensível à variabilidade climática, com oscilações pluviométricas capazes de afetar atividades sociais, produtivas e ecológicas. Assim, a análise da precipitação contribui não apenas para o conhecimento climatológico regional, mas também para o entendimento de zonas de tensão ambiental e ocupacional no contexto das emergências climáticas.

A investigação da variabilidade espaço-temporal das chuvas estrutura-se a partir de duas séries históricas complementares. A série 2000-2022, mais consistente em cobertura de dados, permite identificar padrões recentes de variabilidade e distribuição. A série 1980-2022 possibilita examinar tendências de longo prazo. Para a análise rítmica, foram selecionadas as estações de Cáceres e Comodoro, representativas da expansão agropecuária e adequadas para captar alterações regionais. Portanto, entender o comportamento pluvial nessas localidades serve para interpretar os seus efeitos sobre as atividades humanas e antecipar implicações de flutuações extremas.

Por fim, ao articular variabilidades, tendências e inter-relações entre precipitação, sistemas atmosféricos e dinâmicas regionais, esta pesquisa pretende suprir lacunas na caracterização climática, especialmente quanto às taxas de precipitação. Espera-se aprimorar a compreensão das condições climáticas no Sudoeste de Mato Grosso, fornecer base de dados robusta para pesquisas futuras e subsidiar estratégias de mitigação e adaptação frente às instabilidades do clima regional.

1.1 Relevância, Problemática e Hipóteses

Compreender e identificar a variabilidade da precipitação em regiões específicas do Brasil é essencial para identificar padrões climáticos regionais, analisar suas causas e consequências e oferecer dados relevantes para previsões meteorológicas mais precisas. Além disso, o estudo pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias de adaptação e mitigação das emergências climáticas, contribuindo para a gestão de recursos hídricos e o planejamento territorial.

O estudo justifica-se pela necessidade de se compreender a variabilidade espaço-temporal da pluviosidade e sua relação com os sistemas atmosféricos que atuam na região. A área de estudo possui duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, influenciadas pelo sistema de monção que opera sobre a América do Sul e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (Alves; Eidt, 2021). A região abrange vinte e dois municípios situados entre três biomas brasileiros: Cerrado, Floresta de Transição Amazônica e Pantanal, com características geomorfológicas que variam de Planalto à Depressão, além das Planícies pantaneiras.

Embora estudos anteriores (Neves et al., 2013; Araújo et al., 2020) assinalem para as variações significativas nos índices pluviométricos da Região Sudoeste de Mato Grosso, não detalham a dinâmica das massas de ar e dos demais sistemas atmosféricos. Dessa forma, permanece a lacuna sobre o modo como esses fatores influem o regime e a variabilidade das

chuvas. Ademais, persiste a ausência de estudos que integrem, de maneira articulada, a variabilidade espaço-temporal da pluviosidade, a atuação dos sistemas atmosféricos e a perspectiva rítmica do clima, o que limita a compreensão da gênese dos eventos pluviais e dos possíveis sinais de desarticulação climática no Sudoeste de Mato Grosso. A pesquisa pretende preencher essa lacuna, fornecendo uma análise abrangente que auxilie na formulação de políticas públicas para a gestão hídrica e a prevenção de desastres ambientais, além de contribuir para o planejamento socioeconômico da região.

A análise espaço-temporal da pluviosidade e dos sistemas atmosféricos no RPSMT é fundamental diante das recentes mudanças na cobertura e no uso da terra, que pode alterar diretamente os padrões de chuva. Essas transformações se propagam para áreas mais amplas – Amazônia, Cerrado e Pantanal – e interagem com sistemas atmosféricos regionais modulados por fenômenos oceânico-atmosféricos. Assim, as mudanças locais e os processos de maior escala se combinam, influenciando a distribuição e a dinâmica das precipitações na região.

Convém sublinhar que a Organização Meteorológica Mundial (OMM) recomenda a análise da variabilidade pluviométrica em períodos mínimos de três décadas ou em recortes menores, desde que haja homogeneidade nos dados (Reboita et al., 2012; Reboita; Kruche, 2018; Monteiro, 1991). Assim, foram definidos dois intervalos de análise – 2000-2022 e 1980-2022 – conforme a disponibilidade e a consistência das séries históricas de precipitação. A partir desse contexto, apresentam-se as questões nodais: quais mecanismos atmosféricos moldam o clima regional? Qual é o padrão espaço-temporal da precipitação e como influencia a variabilidade, as tendências e o ritmo climático?

Parte-se da hipótese de que a precipitação na RPSMT apresenta sinais de desarticulação climática regional, expressos pela intensificação das secas e pela concentração de eventos extremos, além da variabilidade interanual esperada. Esses padrões indicam possível ruptura nos ritmos de interação entre sistemas atmosféricos e transformações no uso da terra, sugerindo um regime climático em transição, alinhado aos processos contemporâneos da emergência climática.

1.2 Objetivos Geral e Específicos

O objetivo desta pesquisa é analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso, identificando padrões e tendências. Além disso, pretende-se demonstrar a interação entre os sistemas atmosféricos e o ritmo climático visando elucidar a gênese dos tipos de tempo e o ritmo climático da área em estudo.

Os objetivos específicos consistem em:

- ✓ Caracterizar o padrão espacial e temporal da precipitação na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso, considerando diferentes escalas temporais – anual, sazonal e mensal – no período de 2000 a 2022.
- ✓ Analisar a variabilidade interanual da precipitação, bem como a ocorrência de tendências e eventos extremos no período de 1980 a 2022.
- ✓ Analisar o ritmo climático da precipitação, a partir da distribuição espacial e temporal da pluviosidade.
- ✓ Investigar a influência dos sistemas atmosféricos na gênese da precipitação regional, analisando a dinâmica atmosférica associada aos anos-padrão e seus respectivos padrões de distribuição das chuvas.

1.3 Estrutura da Tese

A tese está organizada em seis seções principais e adota uma abordagem interdisciplinar que integra a Análise Geoambiental, a Estatística, o Geoprocessamento e as diferentes linhas da Climatologia (Tradicional, Dinâmica e Geográfica) visando investigar os padrões, a variabilidade, as tendências e os ritmos das chuvas na Região de Planejamento do Sudoeste de Mato Grosso. Após essa breve introdução, a primeira seção traz os fundamentos da pesquisa, justifica a sua relevância diante dos desafios ambientais enfrentados pela região e delimita a problemática central. Também são formuladas as hipóteses e definidos os objetivos, com ênfase na necessidade de compreender os padrões espaciais e temporais das precipitações em uma região marcada por alterações intensas no uso e na cobertura da terra.

A segunda seção apresenta o contexto físico e socioambiental da área de estudo, enfatizando as dinâmicas territoriais associadas ao avanço da fronteira agrícola, ao desmatamento e às pressões sociais. São examinados aspectos de unidades de relevo, a cobertura vegetal e a presença dos biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal. A caracterização climática baseia-se na atuação de sistemas atmosféricos como a ZCAS, as frentes frias e a massa equatorial continental. A análise é complementada pela avaliação das transformações no uso da terra entre 1985 e 2022, articulando essas mudanças à variabilidade pluviométrica observada no período.

Na terceira seção, dedicada à fundamentação teórico-metodológica, são abordados os principais conceitos da Climatologia Geográfica, especialmente aqueles que contemplam a análise de padrões, a variabilidade e o ritmo climático. A vertente brasileira da Climatologia dá

ênfase à integração entre fatores atmosféricos e elementos geográficos. Essa base teórica sustenta a adoção de métodos estatísticos não paramétricos, técnicas de geoestatística e a classificação de anos-padrão (habitual, chuvoso e seco), que orientam a organização e interpretação dos dados.

A quarta seção apresenta os procedimentos metodológicos, descrevendo desde a coleta, tabulação, organização e compilação dos dados pluviométricos até a aplicação de estatísticas descritivas e dos testes de normalidade e homogeneidade, como Shapiro-Wilk, Pettitt, correlação de *Spearman* e Mann-Kendall. A seção também detalha as fontes de dados, as técnicas de processamento e os *softwares* utilizados, bem como os métodos de interpolação espacial adotados, incluindo krigagem e IDW. Além disso, explicita os critérios empregados para a definição dos anos-padrão com base em quantis e os procedimentos para a análise do ritmo das chuvas, desenvolvida a partir de cartas sinóticas e imagens de satélite.

A quinta seção analisa os padrões e a variabilidade das chuvas anuais, sazonais e mensais entre 2000 e 2022, além de apresentar a delimitação de três áreas homogêneas de precipitação. Com base nos dados do *RClimdex*, referentes a dez estações, e em cinco índices do *Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices* (ETCCDI), são examinadas as tendências e os eventos climáticos característicos da região da RPSMT. Ademais, a seção contempla a análise das tendências no período de 1980 a 2022, destacando como os instrumentos analíticos aplicados à dinâmica das precipitações permitem compreender as suas implicações para os aspectos ambientais, paisagísticos e socioeconômicos do Sudoeste mato-grossense.

Na sexta seção, aprofunda-se a análise dos ritmos e padrões climáticos em anos habituais, chuvosos e secos, com foco nas estações de Cáceres e Comodoro. Utilizam-se dados de 2011, 2014 e 2020, acompanhados de gráficos rítmicos que delineiam os diferentes regimes de precipitação. Avaliam-se valores anuais, sazonais e mensais e as suas relações com os principais sistemas atmosféricos, integrando informações meteorológicas, cartas sinóticas e imagens de satélite. O conjunto evidencia, de forma clara, os traços essenciais do comportamento climático regional.

2 TIPIFICAÇÃO SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL DA ÁREA EM ESTUDO

A seção caracteriza a realidade socioeconômica e ambiental do Sudoeste de Mato Grosso, com ênfase na localização geográfica, a dinâmica demográfica e os desafios das atividades sociais. Visto que a RPSMT, de baixa densidade populacional e fortemente voltada para a produção agropecuária, sobretudo de soja e criação bovinas, enfrenta desafios significativos, como desmatamento, degradação e contaminação hídrica e concentração fundiária. Além disso, analisa-se a interação entre clima, relevo, biomas, vegetação e atividades sociais, evidenciando como essas dinâmicas influenciam as mudanças no uso e na cobertura da terra. Também são discutidos os impactos socioambientais resultantes.

2.1 Dinâmicas Regionais e Desafios Socioambientais

Dada a complexidade da ocupação territorial brasileira, marcada por particularidades que acarretam fragmentação interna e distintos padrões de desenvolvimento econômico, conforme ressaltado por Abreu (2001), torna-se fundamental compreender a localização e as características demográficas da área em estudo. Além disso, a divisão territorial de Mato Grosso demanda um planejamento ambiental e espacial que reconheça as notáveis diferenças regionais e as especificidades das microrregiões, como observado por Cebalho et al. (2017).

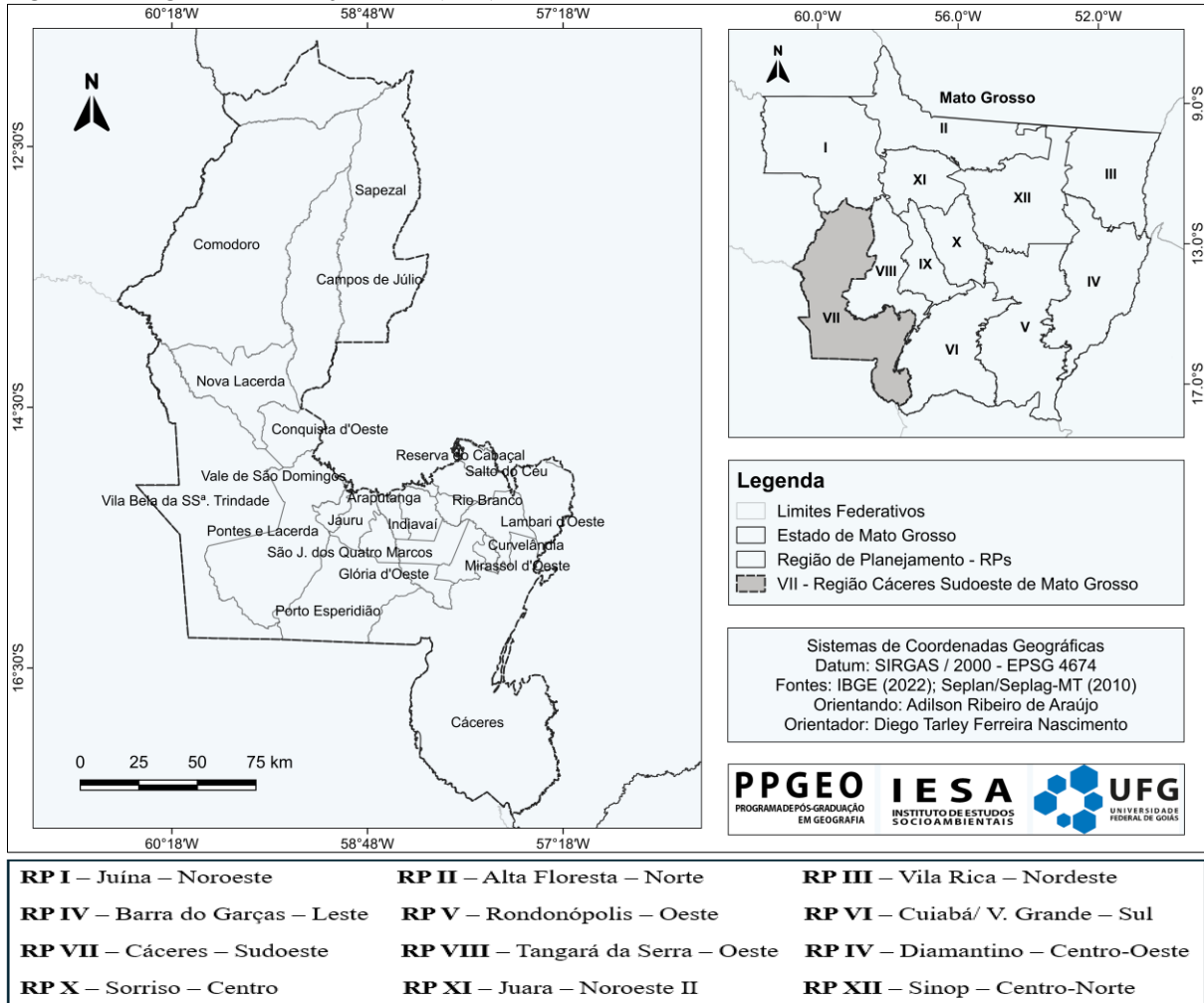
O Estado de Mato Grosso, com uma vasta extensão territorial de 903.208.361 km², revela em sua paisagem uma rica diversidade, que, de acordo com o último censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), totaliza 3.658.649 habitantes, derivando em uma densidade demográfica de 4,05 habitantes por km², ao longo de seus 142 municípios. Segundo o IBGE (2019), a área urbanizada do Estado de Mato Grosso abrange 1.244,20 km², correspondendo a um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,736 (PNUD, 2021).

O Estado de Mato Grosso é dividido em cinco mesorregiões, 22 microrregiões e 12 Regiões de Planejamento (RPs). Este estudo adota a divisão proposta pela Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão (Seplag), considerando especificamente a Região de Planejamento Sudoeste (Região VII). Essa área localiza-se entre as coordenadas 12°00' e 17°30' de latitude Sul e 57°00' e 60°40' de longitude Oeste (Souza; Silva; Neves, 2023), limitando-se ao norte com Estado de Rondônia, a oeste com a Bolívia e ao sul com o Estado de Mato Grosso do Sul.

As Regiões de Planejamento do Estado de Mato Grosso foram definidas segundo o Zoneamento Socioeconômico Ecológico de 2004, cuja regionalização se pautou em critérios

geográficos, socioeconômicos, culturais, históricos, políticos, logísticos, ambientais e de uso da terra. Desse modo, visa integrar as características urbanas e rurais das regiões, estabelecendo áreas de influência e regiões homogêneas de produção (Mato Grosso, 2017), como ilustrado na Figura 1 das RPs.

Figura 1 – Regiões de Planejamento (RPs) do Estado de Mato Grosso.



Fonte: CES/Seplan - MT (2010). Org. Araújo (2024).

A RPSMT apresenta disparidades socioeconômicas marcantes, pois, enquanto alguns municípios possuem forte atividade agrícola e agroindustrial, outros enfrentam carências estruturais significativas, como a falta de acesso a serviços essenciais, empregos e renda. A qualidade de vida, associada à melhoria da renda, mostra-se elevada nas áreas onde há agricultura moderna e infraestrutura desenvolvida, mas, substancialmente inferior nas localidades onde predominam atividades econômicas de menor valor agregado, como a pecuária extensiva (Mato Grosso, 2017).

Além dos desafios econômicos e sociais, a região abriga uma diversidade ambiental expressiva, incluindo áreas pantaneiras, cerrados e amazônicos com rica biodiversidade. No

entanto, essas áreas enfrentam pressões crescentes devido à expansão agropecuária e às mudanças no uso e na cobertura da terra. A diversidade municipal na RPSMT é ampla, abrangendo desde municípios históricos como Vila Bela da Santíssima Trindade e Cáceres até cidades mais recentes, como Sapezal, Campos de Júlio e Nova Lacerda (Mato Grosso, 2017).

A população da RPSMT totaliza 333.933 habitantes (IBGE, 2022), dos quais 75% residem em áreas urbanas e 25% em áreas rurais (Mato Grosso, 2017). A densidade demográfica da região é de 2,85 habitantes por km². A Tabela 1 apresenta dados socioeconômicos detalhados da região, incluindo população, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e área territorial de seus municípios, enfatizando a importância de Cáceres e Pontes e Lacerda como polos econômicos regionais.

Tabela 1 – Caracterização socioeconômica da RPSMT.

Nome Município	População	IDH	Área	Part.	Part.	Densidade
	Total IBGE 2022	IBGE (2010)	Geográfica (km ²) IBGE/2022	(%) área MT	(%) área RPSMT	Demográfica (hab./km ²) IBGE/2022
Araputanga	14.786	0,725	1.639.733	0,2	1,4	9,02
Cáceres	89.478	0,708	24.495.510	2,7	20,9	3,65
Campos de Júlio	8.822	0,744	6.792.808	0,8	5,8	1,30
Comodoro	18.238	0,689	21.485.018	2,4	18,5	0,85
Conquista d'Oeste	3.760	0,718	2.684.676	0,3	2,3	1,40
Curvelândia	4.903	0,690	357.128	0,0	0,3	13,73
Figueirópolis d'Oeste	3.187	0,679	891.448	0,1	0,8	3,58
Glória d'Oeste	2.905	0,710	833.130	0,1	0,7	3,49
Indiavaí	2.213	0,661	592.495	0,1	0,5	3,74
Jauru	8.367	0,673	1.345.411	0,1	1,1	6,22
Lambari d'Oeste	4.790	0,627	1.810.547	0,2	1,5	2,65
Mirassol d'Oeste	26.785	0,704	1.085.486	0,1	0,9	24,68
Nova Lacerda	6.670	0,636	4.780.426	0,5	4,1	1,40
Pontes e Lacerda	52.018	0,703	8.545.292	0,9	7,3	6,09
Porto Esperidião	10.204	0,652	5.835.278	0,6	5,0	1,75
Reserva do Cabaçal	2.122	0,676	1.331.677	0,2	1,2	1,59
Rio Branco	4.535	0,707	539.287	0,1	0,5	8,41
Salto do Céu	3.679	0,666	1.753.378	0,2	1,5	2,10
São José Q. Marcos	17.849	0,719	1.282.763	0,1	1,1	13,91
Sapezal	28.944	0,732	13.614.552	1,5	11,6	2,13
Vale de São Domingos	2.904	0,656	1.901.545	0,2	1,6	1,53
Vila Bela SS ^a Trindade	16.774	0,645	13.484.710	1,5	11,5	1,24
RPSMT	333.933	0,687	117.082.298	12,9	100,0	2,85
Mato Grosso	3.658.813	0,736	903.208.361	100,0	-	4,05

Fontes: IBGE (2022); Seplan (2017). Org. Araújo (2023).

A RPSMT se destaca economicamente por sua produção agropecuária, sendo um dos principais polos agrícolas do estado. O Produto Interno Bruto (PIB) da região foi estimado em R\$ 11,7 bilhões em 2019, representando 8,25% do PIB estadual, sendo Cáceres o município

com maior participação, totalizando R\$ 2,9 bilhões. A ampla produção agrícola regional engloba soja, milho, feijão, algodão, cana-de-açúcar e outros cultivos.

No setor pecuário, os municípios de Cáceres e Vila Bela da Santíssima Trindade lideram em rebanho bovino, totalizando 1.289.441 e 1.049.789 cabeças, respectivamente segundo IDEIA-MT (2024). Apesar de ser um setor econômico fundamental, a pecuária enfrenta desafios significativos em relação à sustentabilidade e à conservação ambiental (Furlanetto; Silva-Neto, 2022).

A agropecuária representa 13,5% do PIB agropecuário estadual (Mato Grosso, 2017) e, entre 2004 e 2009, a economia da região cresceu 16,4%, próximo ao índice estadual de 21,2%. Além disso, em 2024, Mato Grosso registrou um número superior a 31,5 milhões de cabeças de rebanho bovino (IDEIA-MT, 2024). No contexto do setor de exportações, a RPSMT teve um papel relevante com 10,6% do total exportado pelo estado em 2011. Apesar do dinamismo econômico, a região apresenta um IDH médio de 0,687, com variações entre os municípios, como Lambari d'Oeste (0,627) e Campos de Júlio (0,744) (IBGE, 2012).

A expansão agrícola na RPSMT gerou severas implicações socioambientais acarretando a perda de 47.264 km² de vegetação nativa no Cerrado até 2015, o equivalente a 12,9% da área estadual (Mato Grosso, 2017). Em municípios como Figueirópolis d'Oeste e Indiavaí, mais de 89% da vegetação foi substituída por pastagens e monoculturas (Mato Grosso, 2017; Ramos et al., 2018). Entre 1985 e 2018, a agropecuária ampliou áreas cultivadas e pastagens em detrimento dos ambientes naturais, reduzidos em 23,8% (Souza; Silva; Neves, 2023). Esse avanço intensificou conflitos fundiários e desigualdades socioeconômicas, reforçando a necessidade de políticas que conciliem crescimento agropecuário e conservação ambiental.

Outro impacto relevante reside no uso intensivo de agrotóxicos, visto que Mato Grosso encontra-se entre os estados que mais os consomem, com aplicação média de 12 L/ha/ano – valor cinco vezes superior à média nacional (Barros, 2018). Além disso, o estado lidera o consumo no país, com cerca de 207 milhões de litros aplicados nas lavouras (Silva et al., 2019). A contaminação dos recursos hídricos se configura como um problema grave, como evidenciado pelo Córrego das Pitas (Araputanga), onde os níveis de nitrato na água foram cinco vezes superiores ao limite permitido pelo Conama (Stefanello et al., 2015; Stefanello e Souza, 2018).

A concentração fundiária tem sido outro fator de tensão na região, exacerbando conflitos por terras. Em Sapezal, comunidades quilombolas enfrentam invasões de fazendeiros (Silva et al., 2019), enquanto indígenas Chiquitanos em Vila Bela da Santíssima Trindade sofrem com a exploração ilegal de madeira em seus territórios (Carvalho, 2015). Paralelamente, o

crescimento urbano acelerado, impulsionado pelo êxodo rural, tem sobrecarregado a infraestrutura urbana e, por conseguinte, aumentado o desemprego e dificultado o acesso a serviços básicos. Diante desse cenário, revela-se imprescindível a implementação de políticas públicas que conciliem o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade socioambiental, promovendo benefícios efetivos à população. A implementação de práticas agrícolas regenerativas, como a rotação de culturas e a recuperação de matas ciliares, pode mitigar esses impactos ambientais.

Além disso, a regularização fundiária de territórios de povos originários e quilombolas deve ser priorizada para garantir a segurança dessas comunidades e possibilitar suas inserções em cadeias produtivas sustentáveis, caso as desejem. Investimentos em infraestrutura e saneamento básico em áreas vulneráveis também são primordiais para assegurarem um desenvolvimento regional equitativo. Devido ao fato de emergências climáticas se tornarem cada vez mais evidentes, a adoção de um modelo socioeconômico resiliente e sustentável comprova-se crucial para garantir a vida não só das populações locais, mas de um espectro maior, como a preservação dos recursos naturais (Nunes et al., 2016).

O Sudoeste de Mato Grosso exemplifica o contraste entre o avanço agropecuário e os desafios socioambientais. Embora a região seja vital para a economia do estado, enfrenta custos elevados, como a perda de biodiversidade, a contaminação hídrica e a segregação de comunidades tradicionais. As mudanças no uso e na cobertura da terra, por exemplo, não apenas alteram padrões de precipitação e tendências climáticas, mas também ampliam vulnerabilidades ambientais. A ciência e o conhecimento tradicional podem oferecer bases para algumas soluções, como práticas agrícolas regenerativas e gestão participativa de territórios.

2.2 Elementos Ambientais Regionais

Além dos aspectos territoriais, sociais e econômicos, deve-se observar as unidades geomorfológicas, biomas, vegetação e unidades climáticas regionais fundamentais para a compreensão integral do espaço-temporal. Por outro lado, a relação entre os elementos ambientais reforça a complexidade e a interdependência dos sistemas naturais. Portanto, nos subtópicos a seguir explorou-se criteriosamente cada uma das características ambientais que compõem a área de estudo.

2.2.1 Unidades Geomorfológicas

Compreender as unidades geomorfológicas de uma região configura-se como algo indispensável para a gestão ambiental e o planejamento territorial, pois permite identificar atributos morfométricos, suas interações com a natureza e os processos que as modelam. Isso possibilita avaliar riscos ambientais, como enchentes e erosões; e planejar o uso sustentável da terra, promovendo a conservação ambiental e o desenvolvimento socioeconômico (Souza; Souza; Silva, 2014).

O relevo exerce influi fortemente sobre a distribuição das chuvas, em especial por causa do efeito orográfico. Barreiras naturais podem canalizar ou bloquear massas de ar, alterando a circulação atmosférica e a quantidade de precipitação em diferentes áreas, em que as de maior altitude favorecem o resfriamento adiabático do ar úmido, resultando na formação de nuvens e chuvas mais intensas no lado a barlavento. Em contrapartida, no lado a sotavento, o ar desce, aquece e perde umidade, reduzindo os índices pluviométricos (Nascimento, 2016; Santos et al., 2023).

Na escala regional, a dinâmica atmosférica é influenciada por grandes compartimentos geomorfológicos, como o Planalto Brasileiro e a Planície Amazônica, que formam corredores de umidade e acentuam os contrastes climáticos, sobretudo devido aos efeitos orográficos e à continentalidade (Soares, 2023). Na região, em estudo, observa-se uma diversidade topográfica, inclusive planaltos, depressões e planícies. Segundo o documento técnico de Mato Grosso (2017), a topografia local é formada por quatro grandes unidades morfológicas: Sedimentos da Bacia do Paraguai, Planície Fluvial do Rio Paraguai, Depressão do Paraguai e áreas alagáveis do Pantanal. Outros elementos incluem o Cinturão Orogênico Paraguai-Araguaia, a Depressão do Alto Paraguai, a Depressão do Guaporé e os Planaltos Residuais do Alto Guaporé, entre outros.

Entre as unidades geomorfológicas elencadas na Figura 2 e exibidas na tabela a seguir, ressalta-se o Planalto dos Parecis, localizado na porção norte da região de estudo, englobando a faixa entre a Reserva do Cabaçal e Comodoro. Nesse ambiente, predominam os Sistemas Denudacionais, caracterizados por diferentes níveis de controle estrutural (Carvalho, 2015). A Tabela 2 apresenta as unidades geomorfológicas e suas respectivas áreas.

Tabela 2 – Unidades Geomorfológica da região Sudoeste do Estado de Mato Grosso.

Nome da Unidade (legenda)	Área (m ²)	Percentual (%)
Pantanal do Corixão Grande	9.316,77	7,95
Pantanal do Poconé	871,49	0,74
Pantanal do Uberaba - Mandioré	1,92	0,00
Planície Amazônica	877,50	0,75
Planícies e Pantanaís do Guaporé	7.219,78	6,16

Planícies e Pantanaís dos Rios Paraguai - Cuiabá	5.099,45	4,35
Planícies e Terraços Fluviais	153,57	0,13
Chapada dos Parecis	15.247,92	13,01
Planalto dos Parecis	26.687,78	22,78
Depressão Cuiabana	1.233,40	1,05
Depressão do Alto Paraguai	14.252,73	12,16
Planaltos Residuais do Guaporé	4.312,26	3,68
Província Serrana	3.062,92	2,61
Depressão do Guaporé	19.086,15	16,29
Patamar Dissecado dos Parecis	2.325,95	1,98
Serras do Roncador - Salto do Céu	1.180,27	1,01
Superfície Dissecada de Jauru	5.241,42	4,47
Corpo d'água	1.005,84	0,86

Fonte: IBGE (2017). Org. Araújo (2023).

Na região Sudoeste do estado, a Depressão do Rio Guaporé é registrada nos municípios de Vila Bela da Santíssima Trindade e Pontes e Lacerda, além de se estender de Porto Esperidião até o município de Comodoro. Ao Leste, na Depressão do Alto Paraguai, essa ocorrência se estende, abrangendo as cidades de Cáceres e Jauru. A topografia dessa área possui uma variabilidade considerável: ao sul, predominam as planícies aluviais; enquanto ao norte, observam-se morros e colinas caracterizados por suaves dissecções (Camargo, 2011).

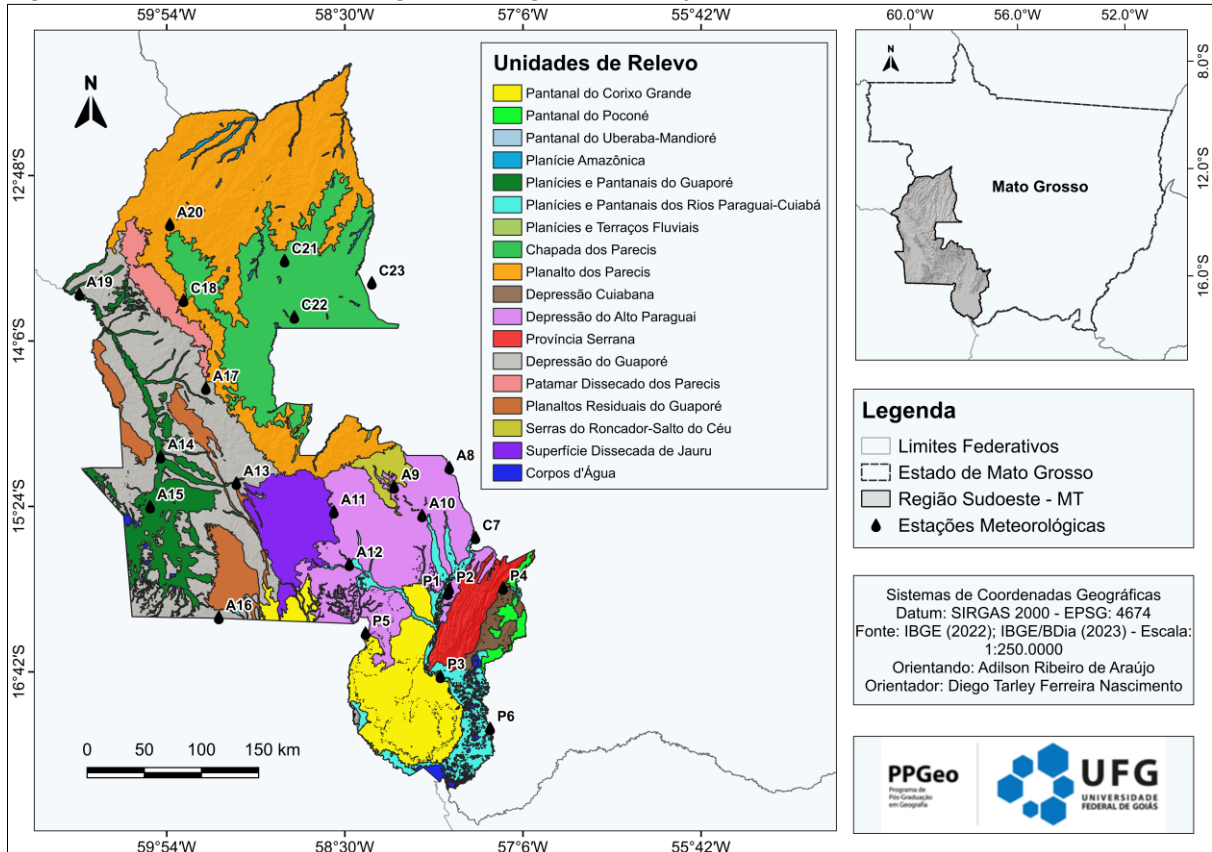
Por outro lado, na região Sudoeste, a Província Serrana, mais restrita em área, localiza-se ao sul, com parte do território no município de Cáceres. Os vestígios de Alto Guaporé em Vila Bela da Santíssima Trindade são distribuídos em duas principais áreas: uma a oeste e outra situada entre os municípios de Nova Lacerda e Conquista d'Oeste, ambos mantendo registros desta unidade geográfica (Mato Grosso, 2017).

A geomorfologia influi diretamente a distribuição das chuvas, sobretudo nas regiões de serras e cuevas, onde os efeitos orográficos são acentuados (Santos; Fontão; Souza, 2020). O relevo atua como um modulador da circulação atmosférica, interferindo na temperatura, umidade e formação de padrões climáticos locais (Jardim, 2017). A formação das chuvas orográficas ocorre quando o ar úmido é forçado a ascender ao encontrar barreiras e/ou elevações topográficas, levando ao resfriamento adiabático, formação de nuvens e ocorrência de precipitação na face a barlavento. Em correspondência, na face a sotavento, o ar sem umidade desce e aquece, condicionando um local mais quente e seco. Além da altitude, características como inclinação, extensão e orientação das vertentes influenciam a incidência da radiação solar, interagindo com elementos como vegetação e condições climáticas locais (Aderaldo; Nery, 2017).

Desse modo, a região Sudoeste do Mato Grosso apresenta aspectos geomorfológicos (Figura 2), que engloba desde planaltos até planícies, que influi diretamente a distribuição de

chuvas, com áreas orográficas gerando padrões pluviométricos distintos em relação aos territórios de topografia nivelada. Essa interação entre relevo e clima revela-se imprescindível para se entender as ameaças ambientais, possibilitando uma gestão ambiental com planejamento territorial mais eficaz.

Figura 2 – Unidades Geomorfológicas da Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso.



Fonte: IBGE (2021-2022). Org. Araújo (2024).

A topografia da região Sudoeste de Mato Grosso exerce influência direta na distribuição das chuvas, conforme esclarecem Santana et al. (2007). Em áreas de chapadas e planaltos, os volumes pluviométricos são mais elevados, como explicado anteriormente. Os autores chamam a atenção que a topografia não apenas determina a variação espacial das chuvas, como também modula a sua irregularidade, atuando como um fator crítico na organização hidroclimática regional.

Neves (2016) complementa essa perspectiva ao afirmar que a topografia local desempenha um papel central na formação e no direcionamento das correntes de ar. Regiões montanhosas, por exemplo, funcionam como barreiras naturais, induzindo o resfriamento adiabático do ar úmido e favorecendo chuvas orográficas. Já em áreas planas, a ausência de obstáculos permite a livre circulação de massas de ar, reduzindo a intensidade das precipitações.

Essa dinâmica explica contrastes pluviométricos entre municípios situados em diferentes altitudes, como estudado por Neves et al. (2013).

Além disso, a altitude está associada a temperaturas mais amenas, afetando as médias mensal e anual, como verificado em municípios localizados mais elevados que apresentam menor variação térmica (Neves et al., 2013). Em síntese, a interação entre relevo e clima suscita modificações em ecossistemas e atividades humanas, demonstrando ainda que o volume de chuvas em determinada área pode estar diretamente ligado à topografia, afetando a disponibilidade de recursos hídricos.

2.2.2 Caracterização dos Biomas e Vegetação

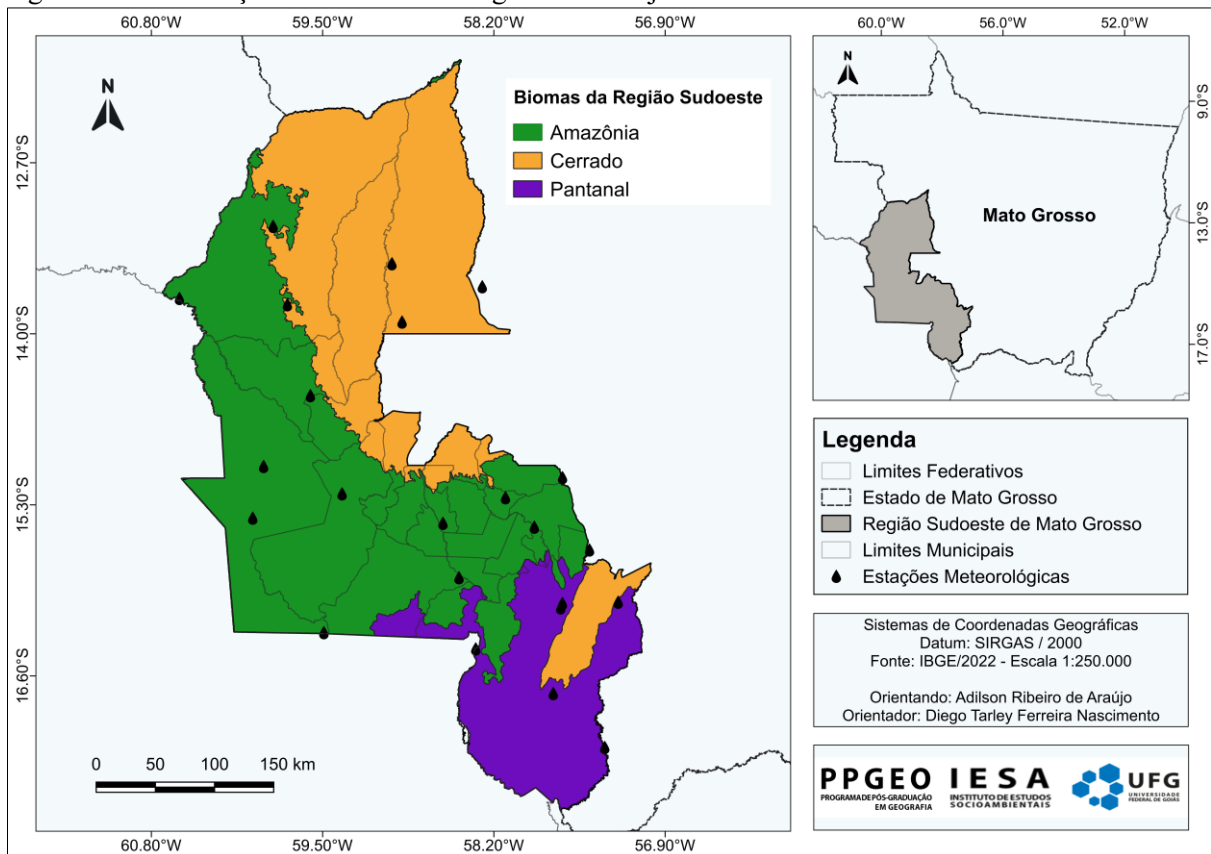
A relação intrínseca entre clima e vegetação constitui a base para a compreensão dos biomas, conforme mencionado por Marengo (2007). As variações na intensidade da radiação solar influem diretamente no equilíbrio térmico da superfície terrestre, afetando padrões de circulação atmosférica, disponibilidade de umidade e, conseqüentemente, a distribuição das formações vegetais. Essa dinâmica climática, aliada a fatores geomorfológicos e históricos, define os limites e as características dos biomas, unidades ecológicas que refletem a interação entre o ambiente físico e os seres vivos. No contexto brasileiro, o Estado de Mato Grosso emerge como um exemplo emblemático dessa complexidade, abrigando três biomas principais – Amazônia, Cerrado e Pantanal –, cada um com particularidades climáticas, ecológicas e socioeconômicas que merecem análise detalhada.

Já enfatizada por Souza et al. (2013), a diversidade territorial de Mato Grosso é notável. Além disso, a extensão geográfica situa-se em uma zona de transição entre domínios morfoclimáticos distintos na classificação de Ab'Saber (1967). A região Sudoeste do estado, por exemplo, engloba áreas do Pantanal mato-grossense, trechos de Cerrado e faixas de floresta tropical úmida amazônica. Essa convergência de biomas resulta em uma paisagem heterogênea, marcada por planaltos, depressões e planícies, que sustentam ecossistemas interligados e processos ecológicos únicos. A interação entre relevo, clima e vegetação não somente molda a biodiversidade local, bem como influencia atividades humanas, como a agropecuária e o extrativismo, que dependem dos recursos ambientais disponíveis.

A distribuição dos biomas na região Sudoeste de Mato Grosso é assimétrica, de acordo com dados oficiais (Mato Grosso, 2017; Mato Grosso, 2012; Neves et al., 2013; Miranda, 2017), a Amazônia ocupa 58% da área, predominando em 64% dos municípios; seguida pelo Pantanal, com 24%; e pelo Cerrado, com 17%. Essa disposição reflete a influência de fatores

como altitude, tipo de solo e regime pluviométrico. O Pantanal, por exemplo, localiza-se numa planície aluvial sujeita a ciclos anuais de cheias e secas, enquanto o Cerrado ocupa áreas de planalto com solos profundos e drenagem eficiente. A Amazônia, por sua vez, estende-se por regiões de floresta densa e terras baixas, onde a pluviosidade elevada sustenta ecossistemas perenemente úmidos. A Figura 3 ilustra essa distribuição, destacando a coexistência dos três biomas e suas áreas de transição, que abrigam espécies adaptadas a condições ambientais específicas.

Figura 3 – Distribuição dos biomas na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso.



Fonte: IBGE (2022). Org. Araújo (2024).

A interdependência ecológica dentro de cada bioma revela um aspecto crítico, pois, componentes como solo, água, flora e fauna mantêm relações simbióticas, portanto, qualquer perturbação em um desses elementos pode desencadear efeitos em cascata. Moreno e Higa (2017) alertam que intervenções humanas inadequadas, como desmatamento, queimadas e expansão de monoculturas, alteram não apenas a cobertura vegetal, como também processos hidrológicos e climáticos. No Pantanal, por exemplo, a retirada da vegetação ripária compromete a estabilidade dos rios, aumentando o assoreamento e reduzindo a capacidade de retenção de água durante as cheias. Na Amazônia, a fragmentação florestal interfere na umidade atmosférica, afetando padrões de chuva locais e regionais. Essas alterações evidenciam a

fragilidade dos ecossistemas e a necessidade de abordagens integradas para o manejo sustentável.

O Cerrado, bioma que ocupa 17% da região, efetua um papel vital na moderação climática e na sustentabilidade hídrica. De acordo com Nascimento e Novais (2020), o seu clima tropical sazonal – com estações seca e chuvosa bem definidas – favorece a adaptação de espécies vegetais às variações de umidade. Formações como savanas arbóreas, campos limpos e florestas de galeria são comuns, cada uma com estratégias específicas para sobreviver à estiagem. A vegetação do Cerrado também atua na recarga de aquíferos, filtrando a água das chuvas e alimentando bacias hidrográficas vitais para a agricultura e o abastecimento humano e animal. No entanto, a expansão desordenada do agronegócio tem convertido grandes áreas desse bioma em pastagens e lavouras, reduzindo a sua capacidade de regeneração e aumentando a vulnerabilidade a secas prolongadas.

O Pantanal, por seu turno, é marcado por uma dinâmica hidrológica única. Marcuzzo, Rocha e Melo (2011) relatam que os índices pluviométricos variam significativamente dentro do bioma, com maiores volumes no leste e nordeste e menores no centro. Essa sazonalidade sustenta uma biodiversidade adaptada a ciclos de inundação e seca, como aves migratórias e peixes que dependem das cheias para a reprodução. Contudo, eventos climáticos extremos – como secas prolongadas ou chuvas torrenciais – têm se intensificado, conforme pontuado por Nunes et al. (2016). Em 2020, incêndios sem precedentes consumiram cerca de 30% do Pantanal, destruindo *habitats* e liberando quantidades massivas de carbono na atmosfera. Tais crises evidenciam a sensibilidade do bioma a mudanças no regime de chuvas e a urgência de políticas de prevenção e manejo adaptativo, com ênfase particular nos eventos climáticos extremos.

A Amazônia mato-grossense, embora menos extensa do que em estados vizinhos, é relevante para a regulação climática regional e global. Caracterizada por florestas tropicais úmidas, apresenta temperaturas médias entre 25°C e 27°C e pluviosidade anual de 2.000 a 4.000 mm, concentrados principalmente em áreas elevadas do Oeste (Coutinho, 2016). A vegetação inclui desde igapós – florestas inundadas por meses – até matas de terra firme, nunca alagadas. Esses ambientes abrigam espécies endêmicas e estoques significativos de carbono, mas enfrentam pressões crescentes. Silva-Júnior et al. (2018) identificaram alterações nos padrões de chuva, com eventos extremos de seca e inundação associados ao desmatamento e ao aquecimento global. O avanço da fronteira agrícola, aliado à grilagem de terras, tem fragmentado a floresta, diminuindo sua capacidade de manter os ciclos hidrológicos e a biodiversidade.

Os impactos antrópicos nos biomas de Mato Grosso mostram-se alarmantes tendo em vista os dados obtidos do MapBiomas (2023) que revelam o fato de que, nas últimas três décadas, o Pantanal perdeu 81,7% de sua superfície de água, a Amazônia 5,5%, e o Cerrado 2,6%. Em todo o estado, a redução totalizou 33%, com municípios como Cáceres e Poconé registrando os maiores declínios. Essas perdas estão diretamente associadas à expansão agropecuária, que impermeabiliza o solo e reduz a infiltração de água; e ao desmatamento, que diminui a evapotranspiração – processo essencial para a formação de chuvas. Albuquerque e Lopes (2016) ressaltam que a remoção da vegetação nativa altera microclimas, eleva temperaturas locais e reduz a umidade do ar. Em regiões como o Cerrado, onde a agricultura depende de chuvas regulares, essas mudanças ameaçam a produtividade e a segurança alimentar.

A vegetação, além de sustentar a biodiversidade, regula a dinâmica pluviométrica através da evapotranspiração. Neves (2016) explica que as plantas liberam umidade na atmosfera, que condensa e forma nuvens de chuva. Florestas densas, como as amazônicas, funcionam como “bombas d’água”, reciclando até 75% da precipitação local. A cobertura vegetal também mantém a umidade do solo e modera temperaturas, criando microclimas estáveis. Quando essa vegetação é removida, o solo exposto perde água rapidamente e o ar seco inibe a formação de chuvas, levando a ciclos de seca mais intensos. Carvalho e Nery (2018) afirmam que a sazonalidade climática, a precipitação, sobretudo, está intrinsecamente vinculada à sazonalidade vegetativa. No Cerrado, por exemplo, as plantas desenvolvem raízes profundas e folhas caducas para sobreviverem à estiagem reportando estratégias, contudo, que são comprometidas pela fragmentação do *habitat*.

A fitogeografia da região Sudoeste de Mato Grosso reflete essa complexidade. De acordo com o MMA (2010), a vegetação inclui formações como Floresta Estacional Decidual Submontana, Savana Arborizada com floresta-de-galeria e Vegetação Secundária com Palmeiras. O Parque Estadual Serra Ricardo Franco, por exemplo, abriga ecossistemas em transição entre Cerrado e Amazônia, com espécies raras e ameaçadas. No entanto, a expansão urbana e a conversão de áreas naturais em pastagens têm degradado corredores ecológicos essenciais para a conectividade entre *habitats*.

A ausência de políticas públicas eficazes agrava esses desafios, pois embora a região esteja situada em uma zona de transição entre três biomas críticos: Pantanal, Cerrado e Amazônia, faltam mecanismos integrados de gestão territorial. Ab’Saber (1967) já alertava para a necessidade de planejamento que considerasse os domínios morfoclimáticos, mas décadas de expansão econômica desregulada priorizaram o próprio crescimento ao invés de pensar a

sustentabilidade. O resultado enfim expõe um cenário de conflitos entre atividades produtivas e conservação, com avanço do desmatamento, contaminação de rios por agrotóxicos e perda acelerada de *habitats*. Estudos como os de Hierro et al. (2016) mostram que alterações nos padrões de chuva na Amazônia estão associadas ao desequilíbrio no ciclo hidrológico, com impactos negativos que se espalham a outras regiões do país. Assim, a relação entre vegetação e clima, portanto, é bidirecional. Enquanto o clima determina a distribuição das formações vegetais, a vegetação modula variáveis climáticas locais e regionais.

Enfim, os contrastes pluviométricos refletem a diversidade ecossistêmica da região. Enquanto o Pantanal, com sua planície aberta, recebe menos chuva; o Cerrado e a Amazônia apresentam padrões distintos, influenciados pelo relevo, pela vegetação e pela circulação atmosférica. Portanto, os biomas exercitam um papel primordial no equilíbrio climático, na manutenção dos recursos hídricos e no suporte às atividades socioeconômicas da RPSMT.

2.2.3 Características Climáticas Regionais

É essencial reconhecer que o clima não está confinado às fronteiras das unidades federativas ou regiões do Brasil, visto que as dinâmicas atmosféricas transcendem as delimitações geográficas. Baseando-se nos conceitos de Köppen e utilizando critérios como temperatura, precipitação e a sua distribuição ao longo das estações do ano, Bernardes (1951) desenvolveu uma classificação dos climas brasileiros em cinco zonas distintas: Equatorial, Tropical Zona Equatorial, Tropical Nordeste Oriental, Tropical Brasil Central e Temperado. Esta classificação é notável pela ampla cobertura das zonas climáticas que delimita (Nascimento; Oliveira; Luiz, 2016). Na área de estudo em questão, predominam dois tipos climáticos: o Equatorial e o Tropical do Brasil Central, ambos situados nas zonas intertropicais.

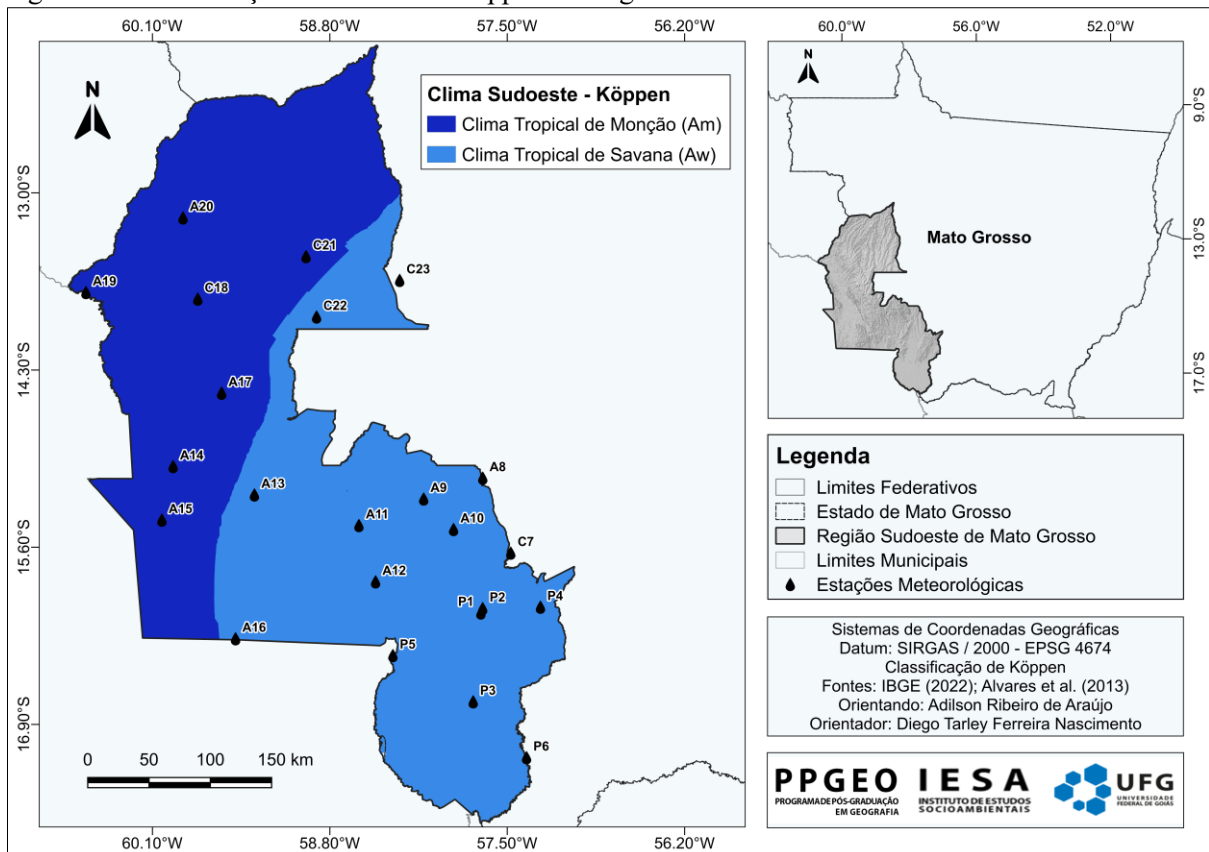
Neste sentido, essa área é influenciada de forma significativa pelo clima mesotérmico e por suas variações, englobando o clima subúmido das depressões e pantanais; o clima úmido dos baixos planaltos e depressões; e o clima quente e úmido característico da fachada meridional dos planaltos. Além de ser possível distinguir não só o clima subequatorial continental úmido no Planalto do Parecis, bem como o clima úmido de altitude presente em maciços isolados. As temperaturas na região variam entre 21,3°C e 25,8°C, com um período de estiagem que ocorre de maio a setembro e um período chuvoso de novembro a abril (Mato Grosso, 2017).

O estudo das características climáticas de uma região é decisivo para o entendimento de suas dinâmicas ambientais e para o planejamento de atividades econômicas e agropecuárias.

No contexto do Estado de Mato Grosso, duas classificações climáticas de eficaz aplicação prática sobressaem: a classificação de Köppen e a de Zoneamento Socioeconômico-Ecológico (ZSEE/MT, 2018). Neste estudo, a ênfase recai na classificação climática de Köppen, amplamente utilizada em estudos climatológicos, que categoriza o clima a partir de valores médios da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica (Chierice, 2013).

Na região Sudoeste de Mato Grosso, esta classificação identifica dois climas, a saber: Clima Tropical de Monção (*Am*) e o Clima Tropical de Savana (*Aw*), que é caracterizado por verões quentes e úmidos e invernos secos (Alvares et al., 2013; Camargo, 2011; Moreno Higa, 2017; Tarifa, 2011). Essa tipificação pormenoriza os padrões climáticos locais e as suas variações sazonais, imprescindível para o planejamento de atividades agrícolas e outras práticas econômicas (Figura 4).

Figura 4 – Classificação Climática de Köppen na Região Sudoeste de Mato Grosso.



Fonte: Alvares et al., (2013). Org. Araújo (2023).

Ambas as classificações são complementares e decisivas para o entendimento abrangente do clima da RPSMT. A seguir, será explorada a aplicação na caracterização climática da região, com ênfase inicial na classificação de Köppen e, na sequência, na identificação das unidades climáticas segundo essa classificação, bem como em suas variações sazonais e implicações para o planejamento regional.

A classificação climática de Köppen categoriza a região como *Am* (Monção) e *Aw* (Savana Tropical). Enquanto *Am* combina calor constante com breves períodos secos (1-3 meses); *Aw* apresenta maior contraste, com verões chuvosos e invernos semiáridos (4-5 meses secos), moldando ecossistemas e atividades humanas (Camargo, 2011; Tarifa, 2011). Os Sistemas Convectivos de Mesoescala, como essa tipologia, transcendem a mera descrição ao converter dados climáticos em ferramentas analíticas.

Na região Sudoeste de Mato Grosso, predomina o clima Tropical de Monção (*Am*) e Tropical de Savana (*Aw*). No verão, o clima é quente e úmido ou semiúmido, com temperaturas médias acima de 22°C; enquanto no inverno é seco e ameno, com temperaturas médias abaixo de 18°C (Tarifa, 2011). A classificação também indica que a região tem uma estação seca no inverno, com precipitação abaixo de 60 mm; e uma estação úmida no verão, com chuvas superiores a 150 mm. A precipitação média anual varia de 1.600 mm a 2.000 mm em regiões de planaltos e chapadas (Quadro 1).

Quadro 1 – Classificação climática de Köppen para RPSMT.

Classificação de Köppen			
Código (Letras)	Tipo de Clima	Ação climática	Caracterização
Am	Tropical de Monção	Quente úmido (1 a 3 meses secos)	A – Clima tropical chuvoso
			Am – Clima tropical de monção
Aw	Tropical de Savana Tropical	Quente semiúmido (4 a 5 meses secos)	Aw – Clima tropical chuvoso e Clima de savana

Fonte: Adaptado de Higa e Moreno (2017). Org. Araújo (2023).

Na classificação de Köppen, os Climas de Monção e de Savana têm uma estação seca, sobretudo no outono e inverno; e uma estação chuvosa na primavera e no verão, com índices pluviométricos variando de 1.000 mm a 1.400 mm. Esta região inclui o Alto do Guaporé, o Pantanal e a Depressão do Alto Paraguai. Durante o inverno, há ocorrência da chamada frente fria, que proporciona temperaturas amenas em toda a região, especialmente em locais com elevações mais altas (Moreno; Higa, 2017; Tarifa, 2011).

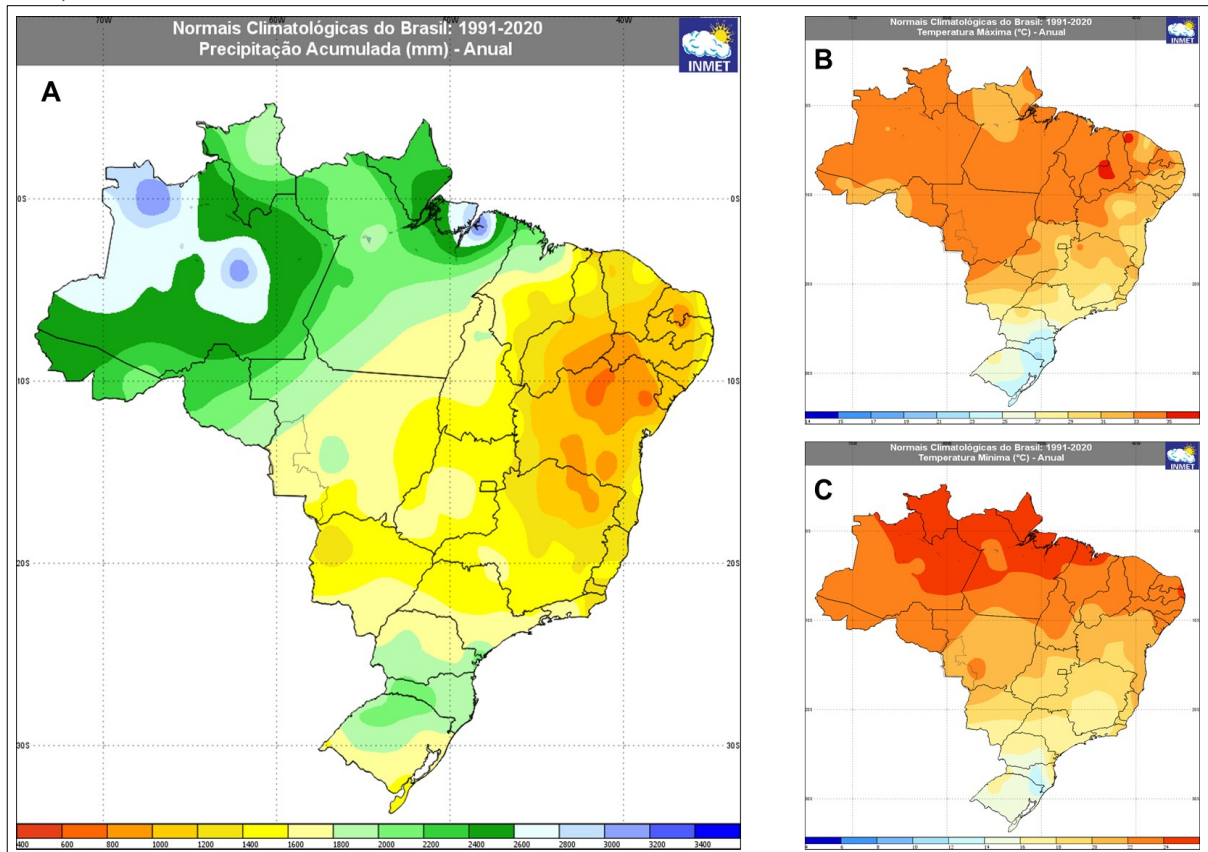
Na visão de Oliveira (2024), as temperaturas em Mato Grosso são influenciadas pelos seguintes aspectos: continentalidade, latitude, relevo e altitude, com sazonalidades marcantes. Extremos históricos registram máximas de 40°C a 42°C em nordeste e no Pantanal, e mínimas de 0°C nas chapadas do centro-sul (Nimer, 1979; Alves, 2009). Os climogramas do Inmet, calculados para o período de 1991 a 2020, indicam médias anuais de 33°C para a temperatura máxima e 22°C para a mínima, conforme Figura 5. Quanto às chuvas, o norte do estado apresenta médias anuais superiores a 2.750 mm, influenciado por sistemas amazônicos, enquanto a área compreendida pelo Pantanal registra menos de 1.250 mm de média anual,

refletindo a redução da circulação perturbada de oeste de norte a sul e de oeste a leste (Nimer, 1979; Alves, 2009).

De fato, o clima Tropical de Savana (*Aw*), na concepção de Zavattini (2009), é caracterizado por estações secas e de chuvas concentradas, influenciado pela atuação sazonal de diferentes massas de ar. Em concordância, Tres et al. (2016) detalham que, em Mato Grosso, esse clima apresenta estação chuvosa de novembro a abril e seca de maio a outubro, com temperaturas médias acima de 18 °C e precipitação inferior a 60 mm no mês mais seco.

A fim de comparar as variações mensais entre as tipologias climáticas no Sudoeste de Mato Grosso, utilizam-se gráficos de precipitação e de temperaturas máxima e mínima referentes a duas estações meteorológicas, localizadas respectivamente ao norte e ao sul da área de estudo, em razão de sua distribuição espacial: Cáceres, representando o clima Tropical de Savana (*Aw*), e Comodoro, correspondente à tipologia de clima Tropical de Monção (*Am*).

Figura 5 – Normais climatológicas precipitações (A) e temperaturas máxima (B) e mínima (C) (1991-2020).

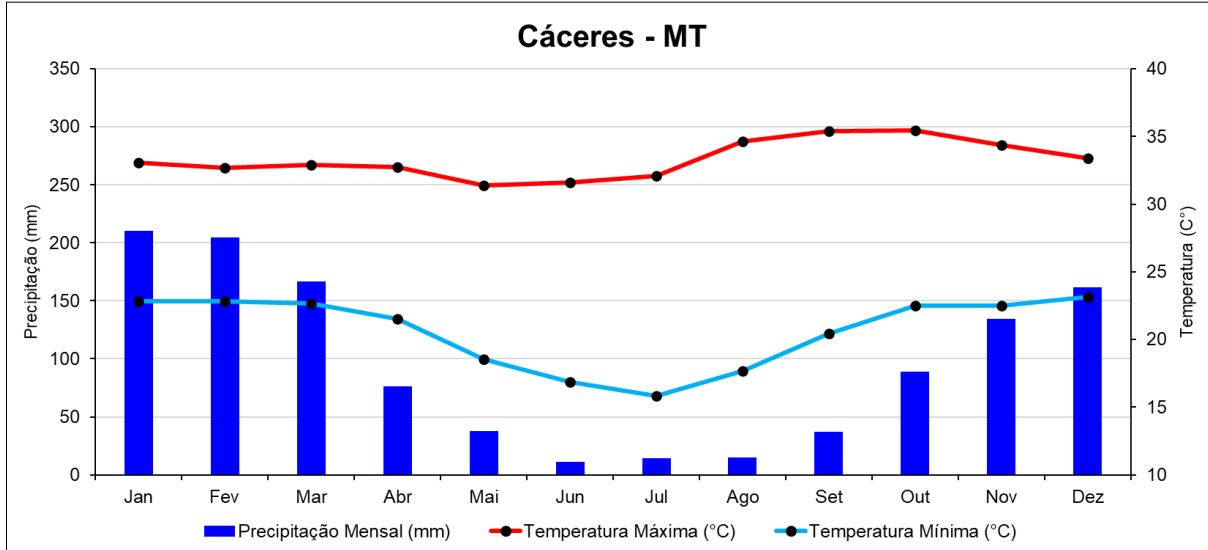


Fonte: Inmet (1991-2020). Org. Araújo (2025).

No primeiro caso, correspondente ao clima Tropical de Savana (*Aw*) na estação meteorológica de Cáceres, a maior temperatura máxima média mensal observada foi 35,4 °C, registrada nos meses de setembro e outubro. As temperaturas mínimas médias, por sua vez,

mantêm-se em torno de 15,8°C no mês de julho. Do ponto de vista pluviométrico, verifica-se uma precipitação média anual de 1.150,6 mm, correspondendo a uma média mensal acumulada de 95,9 mm, conforme representado no climograma da Figura 6.

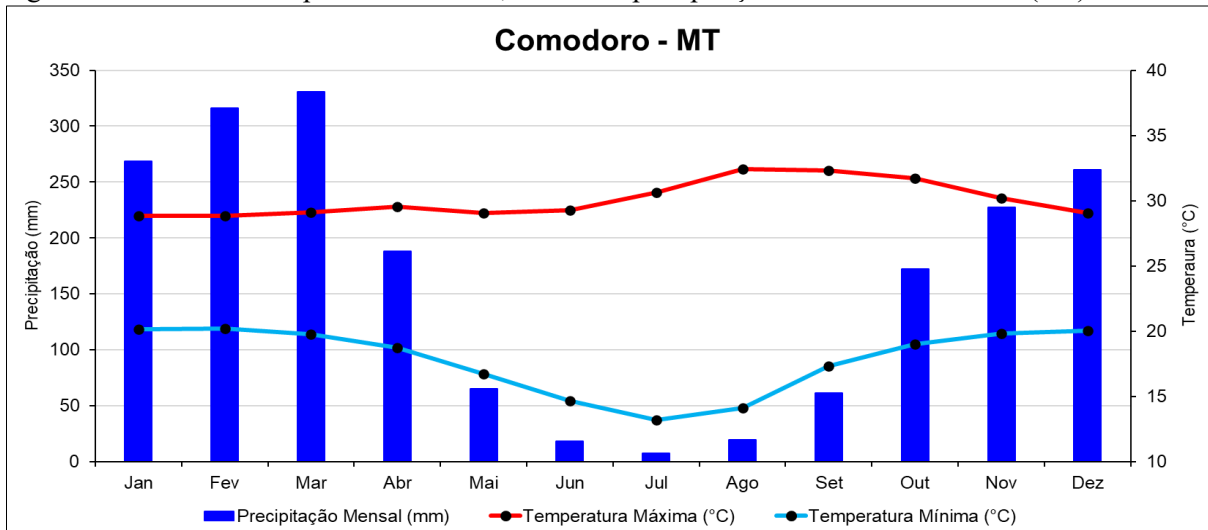
Figura 6 – Médias de temperatura máxima, mínima e precipitação em Cáceres-MT (*Aw*).



Fonte: ANA (2020); Inmet (2020). Org. Araújo (2025).

Por sua vez, no clima Tropical de Monção (*Am*) em Comodoro, a precipitação apresenta-se ainda mais elevada, totalizando 1.936,4 mm no acumulado anual e 161,3 mm na média mensal. Em contraposição a esse acréscimo pluviométrico, o regime térmico revela condições moderadamente mais amenas, com temperatura máxima média de 32,4 °C, cujo pico ocorre no mês de agosto. As temperaturas mínimas médias mantêm-se em torno de 13,2 °C, registradas no mês de julho. Esses padrões térmicos e pluviométricos estão sintetizados no climograma exibido na Figura 7, com séries históricas de 2000 a 2022.

Figura 7 – Médias de temperatura máxima, mínima e precipitação em Comodoro - MT (*Am*).



Fonte: ANA (2020); Inmet (2020). Org. Araújo (2025).

Desse modo, a RPSMT, classificada pelas tipologias de clima Tropical de Monção (*Am*) e de Savana Tropical (*Aw*), apresenta contrastes climáticos marcantes, com verão chuvoso e período de estiagem ameno na primavera e mais acentuado na segunda tipologia. As temperaturas extremas diferem entre o Pantanal, as chapadas e as áreas centrais. A precipitação também é desigual, sendo maior no clima *Am*, ao norte (Amazônia); e menor no *Aw*, no Pantanal, refletindo a redução da circulação de oeste (Nimer, 1979; Alves, 2009). Nessa perspectiva, utilizaram-se dados da ANA (2022) e do Inmet (2022) alertam para se considerar os padrões de chuvas na região por se tratar de um aspecto essencial tanto ao planejamento de atividades sociais como à preservação de áreas protegidas. Dessa forma, a integração dessas informações serve para minimizar problemas ambientais em consonância com as classificações climáticas regionais.

2.3 Massas de Ar e a Interação da Pluviosidade Regional

A Climatologia Geográfica estuda a dinâmica dos sistemas atmosféricos, com ênfase na interação entre massas de ar, relevo e fenômenos de larga escala, imprescindíveis para compreender a diversidade climática do Brasil. As massas de ar – grandes volumes de ar com características homogêneas de temperatura, umidade e pressão – são determinantes na formação dos padrões climáticos regionais. Originadas em áreas uniformes, como oceanos ou extensões continentais, elas adquirem propriedades termo-higrométricas da superfície subjacente e, ao se deslocarem, modificam as condições atmosféricas locais. Essa dinâmica é analisada por meio de ferramentas como o Índice de Participação das Massas de Ar, proposto por Monteiro (1964), que auxilia na classificação climática e na identificação de padrões sazonais (Zavattini, 2009; Marques, 2018).

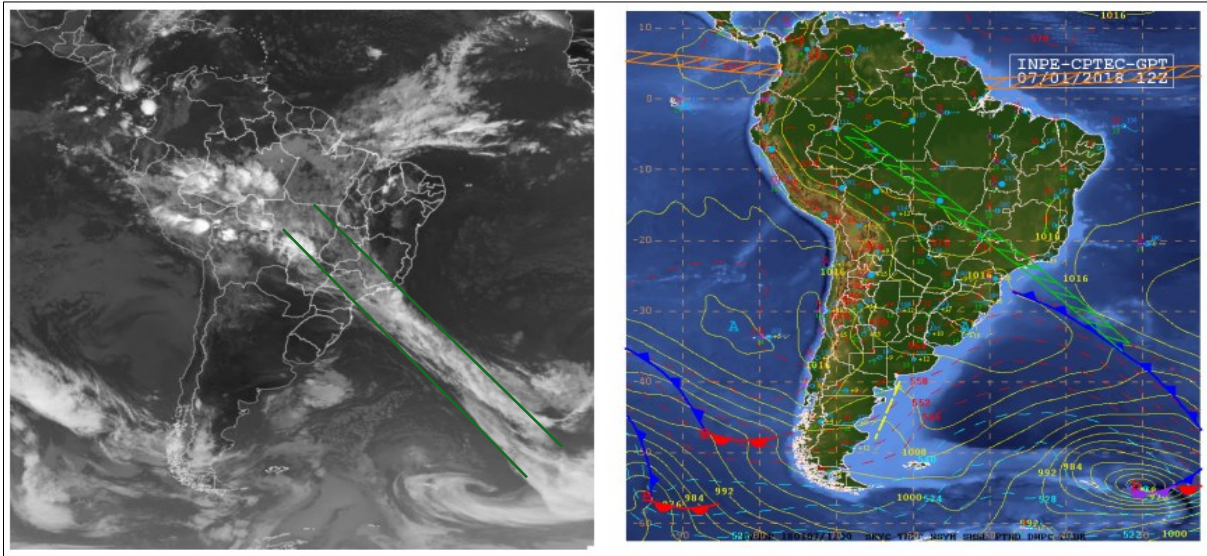
No contexto brasileiro, cinco massas de ar sobressaem: a Equatorial Continental (*mEc*), a Equatorial Atlântica (*mEa*), a massa Tropical Atlântica (*mTa*), a massa Tropical Continental (*mTc*) e a massa Polar Atlântica (*mPa*). Cada uma apresenta características específicas, moldadas por suas origens e trajetórias. A *mEc*, por exemplo, origina-se na Amazônia, sendo quente e úmida, e é fundamental para as chuvas intensas no verão do Centro-Oeste e Norte do país. Já a *mPa*, fria e úmida, forma-se próxima à Patagônia e avança para o Brasil Meridional, provocando quedas bruscas de temperatura e sistemas frontais no inverno (Monteiro, 1963; Borsato; Massoquim, 2020). A interação entre essas massas e o relevo de formação – como a Cordilheira dos Andes, que direciona fluxos de ar – cria padrões pluviométricos distintos, como

as chuvas orográficas no Planalto dos Parecis e a estiagem no sertão nordestino (Maitelli, 1994; Fedorova; Levit; Carvalho, 2007).

A mTa, originada do anticiclone semifixo do Atlântico Sul, caracteriza-se por ser quente e úmida. Todavia, o fato de se formar em uma zona de alta pressão faz com que a umidade advinda da evaporação do oceano Atlântico fique retida nas camadas inferiores dessa massa de ar, vindo a precipitar até a sua transposição sobre a Serra do Mar. Desse modo, no interior do continente essa massa de ar repercute tempo quente e seco. Sua atuação é favorecida durante o verão, em virtude do aquecimento do Hemisfério Sul e expansão do centro de ação na qual tem origem a mTa. Apesar de sua umidade ser decisiva para a agricultura no Centro-Oeste, a sua estabilidade pode inibir chuvas convectivas em períodos secos.

Por outro lado, a mTc, quente e seca, formada na Depressão do Chaco, está associada a ondas de calor e estiagens no Sul e Centro-Oeste, especialmente no verão. A sua interação com a mPa gera sistemas frontais, responsáveis por chuvas frontais no Sul do Brasil (Nimer, 1966; Borsato; Collischonn, 2017). Assim, a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) é uma banda persistente de nebulosidade formada pela convergência da umidade amazônica com sistemas dinâmicos tropicais e subtropicais, que se estende do sul da Amazônia ao sudeste do Brasil, desempenhando papel essencial nas chuvas de verão do Centro-Oeste (Figura 8).

Figura 8 – Visão Sinótica da Zona de Convergência do Atlântico Sul.



Fonte: Escobar-INPE (2019). Org. Araújo (2023).

Segundo Luiz (2012), sua origem resulta da junção da ZCIT, da Alta da Bolívia (AB), dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e de sistemas frontais. Assim, a ZCAS associa-se principalmente ao Jato de Baixos Níveis (JBN) e à mEc, formando um corredor persistente de nebulosidade. Sua persistência, frequentemente superior a quatro dias, está ligada

à estabilidade da Frente Polar Atlântica (FPA) e à atuação desses sistemas tropicais (Silva, 2009; Inmet, 2022). Eventos extremos, como enchentes em Vila Velha (ES) ou secas na Região Nordeste, estão relacionados à intensidade e ao posicionamento da ZCAS, cuja previsão mostra-se útil tanto para a gestão agrícola quanto a gestão hidrelétrica (Marchioro; Silva; Correa, 2016; Barcellos; Quadro, 2019).

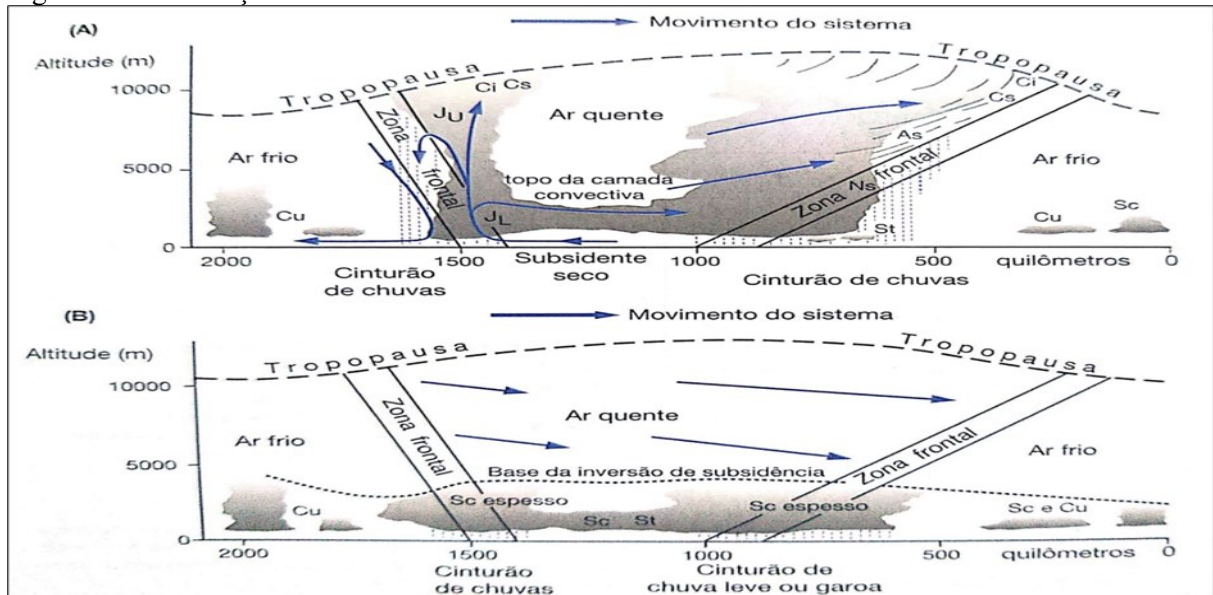
A atuação da ZCAS durante eventos de *El Niño/La Niña* varia conforme o tipo de evento: canônico ou Modoki. No *El Niño/La Niña* canônico, caracterizado por anomalias positivas/negativas de temperatura da superfície do mar (TSM) concentradas na região Niño 3.4 (centro-leste do Pacífico equatorial), intensifica-se a célula de alta pressão sobre a Amazônia/Centro do Brasil, inibindo a ZCAS. Já no *El Niño/La Niña* Modoki, com anomalias deslocadas para a região Niño 4 (centro-oeste), a circulação de Walker é alterada, resultando em posicionamento e intensidade distintos da ZCAS.

As variações globais, como *El Niño* e *La Niña*, modulam essa dinâmica: em anos de *La Niña*, a ZCAS tende a se intensificar, elevando o risco de chuvas torrenciais e inundações, enquanto o *El Niño* pode suprimir sua atuação e favorecer estiagens prolongadas (Braga; Ambrizzi, 2022). Outros fenômenos, como ENOS, OMJ e sua conexão com a América do Sul via PSA, também influenciam o padrão e a intensidade das massas de ar sobre o Brasil Central, especialmente aquelas responsáveis pelo transporte de umidade, como a mEc e a própria ZCAS. Analisar o ritmo das chuvas requer considerar esses sistemas e ainda outros, como o Dipolo do Atlântico e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), cujas fases quente e fria, variando em ciclos de 20 a 30 anos, podem intensificar ou enfraquecer o ENOS (Kayano; Andreoli, 2009).

Os sistemas frontais, resultantes do encontro entre massas de ar frias (mPa) e quentes (mTc ou mTa), também são fundamentais, produzindo chuvas frontais no Sul e Sudeste e ocasionando friagens no Pantanal que afetam a pecuária e os ecossistemas locais (Santos et al., 2013; Pinto et al., 2018). Além disso, ações humanas como o desmatamento na Amazônia e no Cerrado reduzem a evapotranspiração, alterando a formação de chuvas convectivas e o balanço energético regional. A intensificação de eventos climáticos extremos e a projeção de impactos regionalizados – como secas e enchentes em diferentes regiões do Brasil – evidenciam a necessidade de enfrentar essas consequências. Somadas ao aquecimento global, essas mudanças exigem modelos climáticos mais precisos para estimar cenários como o aumento de secas no Nordeste e de chuvas extremas no Sul (Blank, 2015; Gomes-Júnior, 2021).

A Figura 9 ilustra a formação desses sistemas e destaca o papel das frentes frias, que no inverno avançam até o Nordeste, gerando chuvas esparsas, e no verão interagem com a ZCAS, intensificando eventos extremos no Sudeste (Zavattini, 2009; Vanhoni-Jorge, 2015).

Figura 9 – A Formação de um Sistema Frontal.



Fonte: Barry e Chorley (2013). Org. Araújo (2023).

Em síntese, a dinâmica pluviométrica da região Centro-Oeste do Brasil, especialmente em Mato Grosso, deriva da interação entre sistemas atmosféricos, características geográficas e fenômenos de escala continental e global. Essa integração complexa influencia os padrões climáticos e a distribuição das chuvas na região. A compreensão dessa variabilidade exige uma abordagem integrada, que considere não apenas elementos mensuráveis, como temperatura e precipitação, como também a influência de massas de ar, relevo, vegetação e atividades sociais. A extensa latitude da América do Sul, que abarca desde zonas equatoriais até latitudes médias, combinada com a diversidade geográfica – como a Cordilheira dos Andes, planaltos e planícies –, cria uma heterogeneidade climática marcante. Enquanto o norte do continente é influenciado por sistemas equatoriais úmidos, com padrões sazonais bem definidos: verões chuvosos e invernos secos (Santos, 2000; Reboita et al., 2012).

No Centro-Oeste brasileiro, a pluviosidade é regulada por quatro massas de ar principais, cada uma com características termo-higrométricas específicas. A mEc, originária da Amazônia, transporta umidade e calor para o interior do continente, sendo responsável pelas chuvas intensas no verão. A mTa, advinda do oceano, reforça a precipitação nas áreas próximas ao litoral. Já a mPa, fria e seca, domina no inverno, inibindo a formação de chuvas e contribuindo para a estiagem. Finalmente, os sistemas frontais, associados ao encontro dessas massas, modulam transições sazonais e eventos extremos, como tempestades e veranicos (Nimer, 1989; Borsato; Mendonça, 2015). A interação entre esses sistemas e a forma de relevo da região – com altitudes variando entre 400 e 800 metros – amplifica contrastes pluviométricos. Enquanto o norte do Mato Grosso, sob a influência direta da Amazônia, registra

médias anuais acima de 2.750 mm, o Sul, próximo ao Pantanal e ao Cerrado, apresenta precipitações mais irregulares, muitas vezes abaixo de 1.000 mm (Marcuzzo; Melo; Rocha, 2011; Souza et al., 2013).

O ciclo anual de chuvas no Mato Grosso divide-se em duas estações bem definidas. A estação chuvosa, de novembro a abril, é dominada pela atuação da mEc e de sistemas de baixa pressão continental, que favorece a convergência de umidade. Janeiro e fevereiro são os meses mais úmidos, com médias pluviométricas superiores a 150 mm, especialmente em o norte do estado. Já a estação seca, de maio a setembro, é marcada pela influência da mPa e do anticiclone subtropical do Atlântico Sul, que inibe a formação de nuvens. Nesse período, as precipitações caem para menos de 80 mm, com mínimos históricos no Cerrado. Períodos de transição, como abril e setembro, são caracterizados por irregularidades, como os *veranicos* – breves estiagens que interrompem as chuvas e desafiam a agricultura, principal atividade econômica da região (Nimer, 1989; Marcuzzo; Cardoso; Faria, 2012).

A Região Sudoeste de Mato Grosso apresenta particularidades climáticas adicionais. Classificada como Tropical Quente Semiúmido (*Aw* na escala de Köppen), a área possui uma estação seca de quatro a cinco meses (abril a setembro) e chuvas concentradas no verão, com médias anuais entre 1.600 mm e 1.800 mm. Essa variabilidade é atribuída de fatores locais, como a feição geográfica e a altitude, dos quais influenciam a distribuição das chuvas. Por exemplo, áreas elevadas próximas ao planalto dos Parecis recebem precipitações mais intensas devido ao efeito orográfico, enquanto as planícies pantaneiras registram índices menores (Tarifa, 2011; ZSEE/MT, 2018).

As anomalias climáticas, como secas prolongadas ou chuvas excessivas, estão frequentemente associadas à predominância de determinadas massas de ar. Episódios de estiagem costumam ocorrer sob a atuação persistente da mTc e da mTa, enquanto chuvas intensas resultam da convergência entre a mEc e a ZCAS. Essas relações são identificadas por meio de análises de correlação entre dados históricos de chuva – geralmente mensais, anuais ou referentes ao número de dias chuvosos – e índices de fenômenos climáticos, como ENOS ou ODP. Contudo, a chuva não é um dado paramétrico nem apresenta comportamento exato, de modo que a influência desses fenômenos se manifesta sobretudo no ritmo de distribuição, na frequência e na intensidade diária das precipitações.

Sistemas atmosféricos de larga escala continuam sendo centrais para entender a variabilidade climática regional. O anticiclone do Atlântico Sul, por exemplo, atua como um regulador térmico e pluviométrico, enquanto a ZCAS – fenômeno que conecta umidade amazônica a sistemas frontais do Sul – mostra-se essencial para as chuvas de verão no Centro-

Oeste. A interação entre escalas planetárias (como a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT) e locais (como brisas e efeitos de relevo) revela a necessidade de abordagens multidisciplinares que integrem Meteorologia, Climatologia e Geografia Física (Barros; Balero, 2012; Reboita et al., 2012).

A carência histórica de dados meteorológicos de longo prazo na região Centro-Oeste dificulta a identificação de tendências climáticas claras. Estudos como o realizado por Marcuzzo, Melo e Rocha (2011), ao analisar séries históricas de 1977 a 2006, chamou a atenção para a irregularidade pluviométrica e a ocorrência frequente de anos secos. Essa lacuna de informações limita a capacidade de projetar cenários, especialmente num contexto de alterações ambientais globais. Autores como Monteiro (1951) e Nimer (1989) enfatizam que investigações climatológicas devem partir de uma base geográfica sólida, considerando a interação entre atmosfera, relevo e atividades humanas.

A proposta de Monteiro (1973), fundamentada em seus trabalhos anteriores (1964, 1969), orienta a análise dos sistemas atmosféricos atuantes na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso, destacando o papel central das massas de ar na definição do clima. Para compreender a dinâmica atmosférica regional, o estudo considera a atuação da ZCAS, além das principais massas de ar que influenciam a região, conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação e Origem das Massas de Ar, Sistema Frontal e ZCAS.

Tipo	Origem	Critério de Classificação
Sistema Frontal	Grandes movimentos atmosféricos em latitudes médias, envolvendo o contraste entre massas de ar.	Classificado pelo movimento relativo das massas de ar: Fria (frio empurra quente), Quente (quente avança sobre frio), Oclusa (frio alcança quente) e estacionária (sem movimento).
mPa	Anticiclone Polar migratório no Oceano Atlântico ao sul da América do Sul.	Baixas temperaturas e alta pressão atmosférica. Precede a passagem de frente fria, com alta pressão sinótica.
mTa	Anticiclone do Atlântico Sul (sistema de alta pressão em latitudes tropicais).	Alta pressão (isóbaras do leste/nordeste). Temperaturas e umidade relativa elevadas (características tropicais).
mTc	Sistema de baixa pressão do Chaco (leste dos Andes), resultante de depressões térmicas e orográficas.	Baixa pressão (fluxos do oeste). Ar seco e quente, baixa umidade, alta temperatura máxima e céu limpo.
mEc	Alto Amazonas, com alta umidade, temperaturas elevadas e forte instabilidade convectiva.	Aumenta no Brasil continental no verão. Fluxos de circulação secundários mudam para o sudeste brasileiro.
ZCAS	Fusão de massas de ar úmido do Atlântico Sul e da Amazônia, causada pela interação de sistemas de alta e baixa pressão.	Faixa de nuvens que se move de leste a oeste, caracterizada por chuvas intensas e frequentes no sudeste do Brasil durante o verão austral.

Fontes: Monteiro (1969, 1973); Zavattini e Boin (2013); Fontão (2018). Org. Araújo (2024).

Diante dessa complexidade, o monitoramento contínuo – com redes de estações meteorológicas e tecnologias de sensoriamento remoto – e a elaboração de modelos climáticos regionalizados tornam-se urgentes. Tais ferramentas são primordiais para orientar políticas públicas voltadas à agricultura sustentável, gestão de recursos hídricos e prevenção de desastres, como enchentes e secas. Além disso, estratégias de adaptação devem considerar não apenas as dinâmicas atmosféricas, bem como as particularidades socioeconômicas da região, onde a produção de grãos e a pecuária dependem diretamente do regime de chuvas (Marcuzzo; Cardoso; Faria, 2012; Borsato; Mendonça, 2015).

Em síntese, o padrão, a variabilidade pluviométrica e o ritmo climático do Centro-Oeste, especialmente no Sudoeste de Mato Grosso, resultam da interação entre fatores naturais e antrópicos. Compreender essa dinâmica atmosférica exige uma abordagem ampla, que alinhe as análises isoladas, integrando diferentes escalas temporais – de eventos pontuais a tendências seculares – e espaciais – desde processos locais até influências globais.

2.4 Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra (1985-2022)

As alterações no território podem ser influenciadas pelas ações humanas, pois surgem da interação com elementos naturais e suas mudanças constantes, cujos impactos podem levar à perda de vegetação nativa, brejos, matas ciliares e corpos d'água. Dentre as ações sociais impactantes, ressaltam-se práticas como desmatamento ilegal, mineração, atividades agropecuárias, criação de animais, além de atividades turísticas, construção de novas infraestruturas rurais e urbanas, ou seja, relacionadas ao uso e à ocupação da terra (Almeida, 2013; Veiga; Silva, 2018; Petrişor; Sirodoev; Ianoş, 2020).

Assim, para a obtenção de informações precisas, deve-se compreender a diferença entre a cobertura e o uso da terra, por serem termos distintos. Segundo Brown et al., (2014), o uso da terra está relacionado às atividades humanas que modificam a superfície terrestre para obter benefícios, enquanto a cobertura da terra está relacionada à composição e à estrutura da superfície terrestre. Os autores frisam a importância de distinguir esses dois conceitos para entender a relação entre as atividades humanas e o ambiente natural. (Anderson et al., 1979; Bie et al., 1996; Meyer; Turner II, 1996; Bossard et al., 2000; Briassoulis, 2002; Lambin; Geist, 2008; Brown, 2014).

As paisagens são intensamente alteradas pelas ações humanas, pois respondem pela interação entre os elementos naturais e as atividades antrópicas, que dinamizam o espaço geográfico (Santos, 2014). Essas paisagens referem-se à combinação de elementos naturais e

humanos que compõe um determinado espaço geográfico, incluindo as suas formas, funções, dinâmicas e os seus processos (Felicio, 2021). A utilização da terra é amplamente debatida devido ao impacto das atividades humanas no espaço geográfico, sobretudo em relação à substituição de vegetação nativa por usos e atividades antrópicas (Almeida, 2013; Veiga; Silva, 2018; Petrișor; Sirodoev; Ianoș, 2020). Desse modo, Leite e Rosa (2012) reforçam que compreender a dinâmica do uso e da cobertura da terra é essencial para a gestão e o planejamento ambiental para o adequado e necessário ordenamento territorial.

Neste viés, o recurso do sensoriamento remoto e de geoprocessamento, amparado sobretudo pela iniciativa do Projeto MapBiomias, é necessário para analisar as alterações na paisagem, oferecendo um panorama histórico cada vez mais pormenorizado da ocupação do território e dos impactos ambientais decorrentes. Desde o seu lançamento em 2015, o MapBiomias tem mapeado sistematicamente o uso e a cobertura da terra em todo o território nacional, utilizando séries temporais de imagens *Landsat* que são validadas por amostras de *pixels* e revisadas por intérpretes independentes. Esta plataforma colaborativa fornece uma série histórica de 1985 até 2022, na coleção 8.0; e os dados estruturados obtidos servem para formular estratégias para enfrentar as alterações ambientais verificadas nas superfícies terrestres do Brasil (Freitas; Cavalcante; Braz, 2023).

Todavia, vale mencionar a existência na (RSMT) de atividades históricas de extração de ouro, poaia-ipecacuanha, borracha e madeira desde a colonização. Além do desenvolvimento da pecuária, iniciada em Cáceres, que visava atender à guerra do Paraguai (1864-1870), principalmente com a produção de charque (Lobato et al., 2010). O contexto dos programas Polonoroeste (Programa Integrado de Desenvolvimento do Noroeste do Brasil) e da Codemat (Coordenadoria Nacional de Defesa do Meio Ambiente do Trabalho), especialmente nos municípios de Sapezal e Campos de Júlio (Galvão, 2013; Moreno; Higa, 2017). Tal dinâmica, resultado de um processo intenso de conversão da cobertura vegetal em usos e atividades agropecuárias, infraestruturas urbanas e de escoamento da produção, desfigurou a paisagem original (Lobato et al., 2010; Ferreira, 2014; Moreno; Higa, 2017; Mato Grosso, 2017), promovendo um aumento populacional significativo (Cochev et al., 2013).

Diante desse cenário, por intermédio dos dados do MapBiomias foi possível mapear a transformação da cobertura e do uso da terra na área estudada. Os resultados apontam uma redução drástica das áreas naturais entre 1985 e 2022, com os biomas Cerrado e Pantanal liderando as perdas, seguidos por uma diminuição expressiva dos corpos d'água. Em contrapartida, o Bioma Amazônia apresentou menor degradação, provavelmente em função da

proteção conferida por reservas indígenas. Em 2022, a diminuição acumulada de recursos hídricos já refletiu implicações críticas no equilíbrio ecológico regional.

Destaca-se ainda a expansão da agricultura na área em estudo, ao avançar de 234.293 hectares em 1985 para 1.026,166 (ha) em 2022 representou um aumento de 338% na área plantada. Análogo à área de pastagem, cujo crescimento, nesses anos, atingiu 187,5% em 2022, ou seja, totalizou 2.339,117 hectares. A área não vegetada na região Sudoeste também apresentou um crescimento substancial, de 162,34 km² em 1985, ultrapassou os 650 km² em 2022, isto é, representou um aumento de mais de 300%. Esses dados são válidos para se entender a dinâmica de uso e cobertura da terra e as implicações ambientais para a região em estudo (Tabela 3).

Tabela 3 – A variabilidade espaço-temporal de uso e cobertura das terras na área em estudo.

Nº	Nome da Classe	ID	1985		2022		A/R
			Km ²	%	Km ²	%	
1	Floresta Natural	1	77.528,16	66,04	54.185,86	46,15	30,1
2	Formação Natural Não Florestal	10	18.685,34	15,92	14.489,32	12,34	22,5
3	Pastagem	15	12.470,24	10,62	35.861,45	30,54	187,5
4	Agricultura	18	2.342,93	2,00	10.261,66	8,74	337,9
5	Área não Vegetada	22	162,34	0,14	650,52	0,55	300,7
6	Corpos d'Água	26	6.211,14	5,29	1.962,15	1,67	68,8
Soma da área das classes em (Km ²) e (%)			117.400,15	100	117.410,96	100	---

Fonte: MapBiomias (2022). Org. Araújo (2024).

Em 2022, a região registrou uma redução de 30,1% de sua Floresta Natural em comparação a 1985, totalizando a perda de 2.334.220 hectares. No mesmo período, a Formação Natural Não Florestal diminuiu 419.602 hectares, o que representa um declínio de 22,7%. Os corpos d'água, especialmente no Pantanal, apresentaram queda superior a 68%, correspondendo a 424.899 hectares, além de uma redução contínua das áreas inundadas ao longo de todo o ano, sem variações sazonais (MapBiomias, 2022).

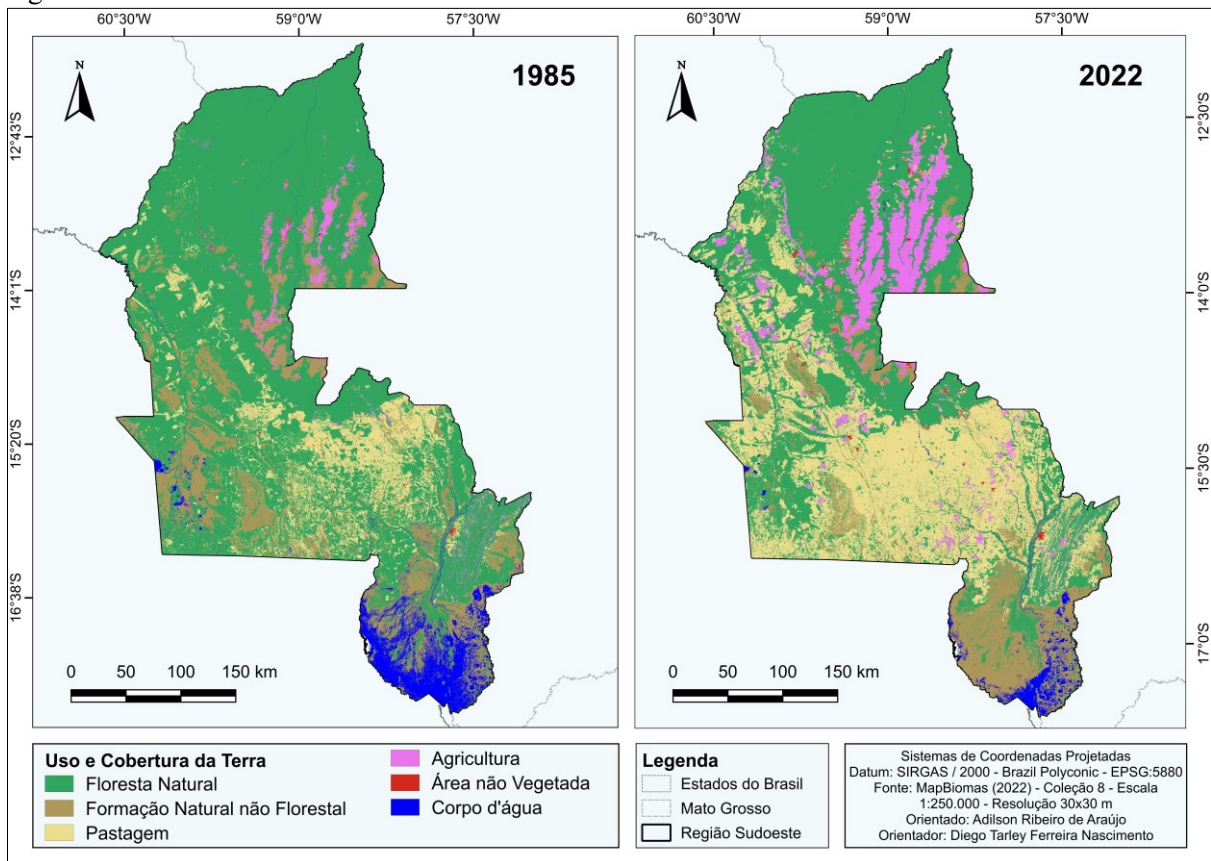
Nesse contexto, as principais categorias antrópicas – agricultura e pastagem – mantêm forte tendência de expansão, impulsionadas pela crescente demanda por alimentos e por políticas públicas que favoreceram esse avanço em 2022. As atividades agrícolas alcançaram cerca de 10.261,66 km², enquanto as pastagens totalizaram 35.831,45 km². Como observam Calegari et al. (2010), práticas inadequadas de manejo em pastagens podem compactar o solo, expor superfícies e intensificar o desmatamento. Complementarmente, Ribeiro e Bourscheidt (2024) identificaram aumentos expressivos em áreas de pastagens, zonas urbanas e plantações de soja, acompanhados de redução nas áreas florestais e savânicas.

Seguindo essa trajetória, Souza, Silva e Neves (2023) projetam que, caso o cenário atual persista, agricultura e pastagem continuarão crescendo até 2030. A agricultura anual poderá atingir 11.697,87 km² (9,97%) e a pastagem 38.750,43 km² (33,01%) já em 2025. Mantida a tendência para 2030, as classes de Área Natural, Agricultura e Pastagem podem alcançar 56%, 12% e 41%, respectivamente.

Entre os 22 municípios da RPSMT, Campos de Júlio e Sapezal se destacam pela expansão agrícola voltada a monoculturas exportadoras, recentemente integradas a sistemas pecuários em escala maior. Comodoro também se sobressai por sua forte vinculação à agricultura e à pecuária (Souza; Silva; Neves, 2023).

Ao longo dos últimos 38 anos, a área analisada sofreu reduções marcantes em suas formações naturais: queda de 30,1% na Floresta Natural, de 22,2% na Formação Natural Não Florestal e de 68,4% nos corpos d'água. Em contraste, as pastagens cresceram 187,5%, superando, em 2022, a extensão das formações naturais não florestais. Essas transformações no uso da terra estão apresentadas na Figura 10.

Figura 10 – A dinâmica de uso e cobertura das terras na RPSMT nos anos de 1985 e 2022.



Fonte: Projeto MapBiomas (2022). Org. Araújo (2024).

A dinâmica de uso e cobertura da terra na área de estudo de 117.400,03 km² baseou-se em dados do projeto MapBiomas, reclassificados em seis categorias por meio do *Semi-*

Automatic Classification Plugin e do *Landscape Statistic*, garantindo uma reorganização precisa dos *pixels*. A reclassificação obteve 95% de confiança entre os dados de referência e os classificados. A Tabela 4 demonstra a quantificação dos resultados em quilômetros quadrados, hectares e percentuais, evidenciando a evolução e redistribuição do uso da terra na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso ao longo dos anos analisados.

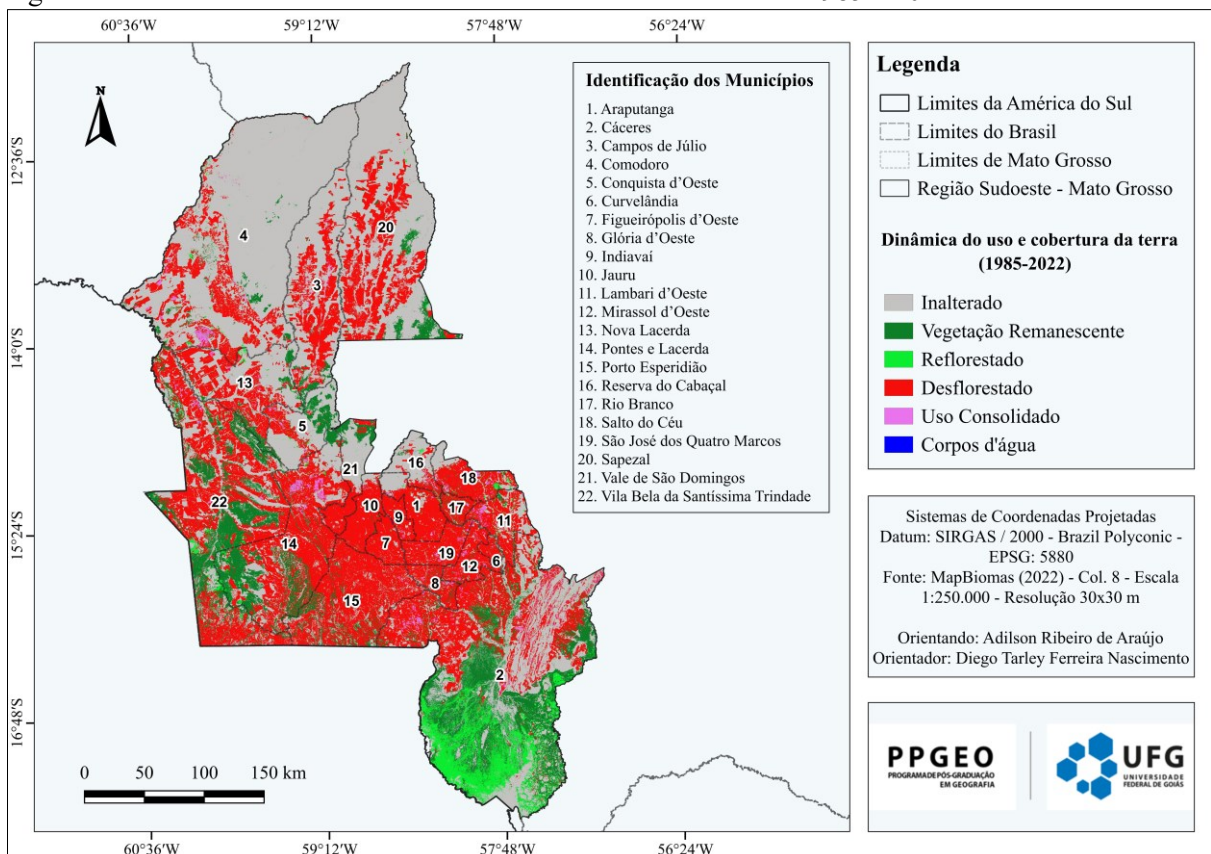
Tabela 4 – Total da área e percentuais de cada classe.

Reclassificação	Área (km ²)	Área (ha)	%
Inalterado	53.320,66	5.332,07	45,4
Desflorestado	43.713,85	4.371,39	37,2
Vegetação Remanescente	13.857,78	1.385,78	4,4
Reflorestado	5.178,48	517,85	1,1
Uso Consolidado	1.320,05	132,00	11,8
Corpos d'Água	9,194	0,92	0,01
Total da área de estudo	117.400,03	11.740,01	100

Fonte: MapBiomias (2022). Org. Araújo (2024).

Portanto, de 1985 a 2022, a região Sudoeste era composta principalmente pela classe Inalterado, representando 45,4% do total da área. No entanto, a região também apresenta uma taxa alta de deflorestamento de 37,2% no período analisado, que provoca uma preocupação significativa para a conservação florestal da região, conforme ilustrado na Figura 11.

Figura 11 – A dinâmica de uso e cobertura da terra na RPSMT entre 1985 e 2022.



Fonte: Projeto MapBiomias (2022). Org. Araújo (2024).

Para Alves (2001), a degradação ambiental causada pelo desflorestamento ocorre com frequência em áreas próximas a regiões abertas, acarretando a contínua redução e, em alguns casos, até mesmo o esgotamento das áreas de cobertura vegetal e das áreas de reserva legal. Ainda se observou que as áreas reflorestadas representaram apenas 4,4% do uso total da terra, enquanto os demais usos da terra, inclusive áreas urbanas, construção de estradas e outros empreendimentos, compõem 1,1% da região analisada. Vale mencionar a escassez de corpos d'água, que constituem apenas 0,01% do total da área estudada de 9.194 km². Isto mostra a crítica necessidade de se proteger e conservar os cursos hídricos para assegurar a sustentabilidade das atividades sociais na região a longo prazo.

Nota-se ainda um acentuado fluxo direcionado para a classe Agricultura em 2022, originado principalmente da perda de área Floresta Natural e da Formação Natural Não Florestal entre 1985 e 2022. Trata-se de um fenômeno ligado ao processo de intensificação agrícola na região Sudoeste. Além disso, ocorreu uma ampla conversão de áreas florestais para pastagens e agricultura, destacando uma mudança na dinâmica de uso e nas características locais. A classe Corpos d'Água também sofreu alterações prejudiciais devido ao aumento das áreas de pastagens e agricultura, o que contribui na degradação de matas ciliares, essenciais para a manutenção dos recursos hídricos.

Desse modo, percebe-se que a RPSMT entre 1985 e 2022 foi palco de uma drástica redução na Floresta Natural, na Formação Natural Não Florestal e nos Corpos d'Água, enfatizando a crítica necessidade de proteção e conservação dos cursos hídricos. Por outro lado, houve um aumento substancial nas áreas dedicadas à agricultura, às pastagens e às áreas não vegetadas, refletindo a intensificação das atividades agropecuárias. Este cenário de transformações agudas sugere uma pressão contínua sobre as paisagens locais, com implicações diretas para a biodiversidade e a sustentabilidade das atividades econômicas na região. A reclassificação dos dados ofereceu uma nova visão sobre a distribuição dos usos da terra e sublinha a urgência de implementar estratégias de gestão ambiental que equilibrem desenvolvimento e conservação.

As observações indicam forte redução das áreas de Floresta e Corpos d'Água, em contraste com a expansão das lavouras temporárias (soja, milho e algodão) e das pastagens na região. Isso evidencia a necessidade de estratégias de manejo e conservação para proteger os recursos naturais e sustentar as atividades sociais no longo prazo. O monitoramento contínuo é essencial para avaliar os impactos ambientais e sociais, e o MapBiomas contribui ao aprimorar a qualidade das informações sobre mudanças no uso e na cobertura da terra no Sudoeste.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

Nesta seção apresenta-se a fundamentação teórico-metodológica da Climatologia Geográfica e a sua evolução, a distinção com a Meteorologia e a relação entre clima e superfície terrestre, considerando escalas temporais amplas e dinâmicas atmosfera-superfície. Além de contrapor métodos tradicionais baseados em médias e abordagens dinâmicas, como, por exemplo, a análise rítmica de Monteiro (1971), que examina a sucessão diária dos estados atmosféricos e sistemas regionais. Além da exploração da Climatologia Geográfica e da Análise Rítmica, enfatizam-se os padrões, a variabilidade e as tendências pluviométricas, destacando-se, por fim, a importância do ritmo climático para compreender os fenômenos atmosféricos a partir dos anos-padrão.

3.1 Conceitos e Evolução da Climatologia Geográfica

O desenvolvimento das ciências atmosféricas, como a Climatologia e a Meteorologia, seguiu um caminho semelhante ao da Astronomia e da Geografia. Historicamente, essas ciências que exploravam os céus e os ares estavam interligadas com os conhecimentos antigos, desde o século VI a.C. até o século XVIII d.C. Foi somente com a organização do conhecimento científico na Europa, entre os séculos XVIII e XIX, que houve a especialização das áreas, resultando na distinção entre os estudos relacionados à atmosfera terrestre.

O estudo de Climatologia serve para entender as dinâmicas ambientais em diferentes escalas, influenciando processos pedológicos e geomorfológicos, hidrológicos, a vegetação, e a cobertura vegetal e o uso da terra. Originada da Geociências, a Climatologia se distingue por sua ênfase nas escalas temporais mais longas, considerando sazonalidades e características atmosféricas específicas. Neste contexto, a Climatologia Geográfica avança ao incorporar a Climatologia sintética, focando em variáveis complexas e interdependentes. Este ramo prioriza a análise rítmica e explora as interações entre a paisagem, o território e os elementos climáticos.

No que tange à variabilidade pluviométrica, esta foi amplamente discutida, em particular sobre a distribuição e tendência das chuvas nos climas regionais. A precipitação, em seu padrão, variabilidade e tendências, é imprescindível não só para compreender as emergências climáticas regionais, assim como planejar atividades econômicas dependentes de recursos hídricos. Ainda no escopo da Climatologia Geográfica, ressalta-se a técnica de análise rítmica proposta por Monteiro (1973), aplicada para distinguir os tipos de tempo atmosférico, com valores observados em estações meteorológicas (automáticas ou convencionais). O objetivo dessa

técnica reside em caracterizar o clima de uma região a partir da circulação atmosférica regional, ponderando sobre a influência da latitude.

Em face disso, corroboram ainda Barros e Souza (2021), pois consideram a análise rítmica um instrumento fundamental para a investigação climática por proporcionar uma compreensão tanto de padrões climáticos quanto dos processos subjacentes que influenciam a dinâmica de uma região. Além de ser primordial para entender a atmosfera e os seus impactos socioambientais, essa técnica mostra-se útil para as projeções climáticas em setores como a agropecuária e a gestão hídrica.

Ao explorar os conceitos e a evolução da Climatologia, deve-se reconhecer sua conexão intrínseca com a Geografia Física, onde é frequentemente categorizada. No entanto, sua relação estende-se também à Geografia Humana, devido à sua interação com a superfície terrestre e ao foco na análise das distribuições e tendências espaço-temporais da variabilidade pluviométrica. Por sua vez, Conti (2001) observa que a Geografia tem historicamente lidado com dicotomias, como a divisão entre geografia física e humana ou geografia sistemática e regional. Portanto, para citar suas palavras: “essas fronteiras cada vez mais se enfraquecem e se diluem e isso é metodologicamente enriquecedor” (Conti, 2001, p. 91).

Sorre (1984) argumenta que, ao avaliar a realidade terrestre nos âmbitos físico, biológico e humano, o geógrafo deve priorizar o aspecto espacial. Isso envolve desde a análise de simples relações causais até os componentes mais intrincados da Geografia. Interessante mencionar que, a partir dos estudos de Sorre (1951), a Climatologia adquiriu impulso e ocorreu uma evolução conceitual. Neste aspecto, o clima passou a ser definido como “a série de estados atmosféricos acima de um lugar e em sua sucessão habitual” (Sorre, 1984, p. 10). Esse enfoque renovado realçou as interações entre os diversos elementos climáticos, ou seja, demonstrando-lhe a dinamicidade. De acordo com Barros e Zavattini (2009), a Climatologia Geográfica adotou uma perspectiva dinâmica, tendo o ritmo como o seu principal paradigma.

Barros e Zavattini (2009) introduzem a Climatologia Sintética como uma abordagem estreitamente vinculada à Meteorologia Dinâmica, cuja perspectiva analisa o complexo atmosférico em segmentos individualizados voltados para os conflitos inerentes a cada segmento. Tal abordagem pode servir para compreender as causas dos fenômenos climáticos e suas sequências de eventos.

Desse modo, Nimer (1966) estabelece uma distinção evidente entre a Climatologia Dinâmica e a Tradicional, a qual tende a analisar os elementos atmosféricos de forma isolada, enquanto a Climatologia Dinâmica volta-se ao estudo de massas de ar e as interações entre estas e a superfície terrestre. Por seu turno, Ribeiro (2000, p. 47) chama a atenção para se investigar

aspectos específicos da Climatologia Dinâmica, como: “circulação atmosférica, a atuação dos centros de ação e de sistemas tais como os anticiclones, as depressões, as massas de ar e as frentes, com os fatos do tempo e do clima”. De fato, ao se estudar a origem, dinâmica e variabilidade desses fenômenos, busca-se compreender a manifestação e o impacto no ambiente e nas populações.

Numa sequência lógica, para Pédelaborde (1991), a Climatologia aborda as características da atmosfera em contato com a superfície terrestre e a sua distribuição espacial, tendo como base a ciência meteorológica com dois domínios de estudo, ou seja, a Meteorologia Descritiva Tradicional e a Meteorologia Dinâmica. O autor evidencia o dinamismo atmosférico, pois, somente a partir disso é possível pautar o estudo sobre as condições climáticas.

Nas palavras de Pédelaborde (1991, p. 23, tradução livre)¹ “[...] desde que englobe a totalidade dos tipos, calcula sua frequência e como se sucedem durante um longo período, irá restaurar a verdadeira atmosfera do qual Sorre fala”.² De acordo com Pédelaborde, as respostas dos ambientes vivos têm pouco a ver com médias, mas se submetem às condições reais de tempo, duração e sucessão.

Assim como a Meteorologia, a Climatologia possui dois domínios: a Climatologia Tradicional ou Analítico-Separatista e a Climatologia Dinâmica ou Sintética (Barros; Zavattini, 2009; Ferreira, 2012). Por sua vez, Monteiro (1963, p. 172) afirma que a “atitude analítica separatista resultou no conceito hanniano do clima, já superados graças, na maioria, à brilhante revisão do conceito geográfico de clima proposto por Maximilien Sorre”. Resultando, portanto, na importância do ritmo como uma “série dos estados atmosféricos em sucessão habitual, tão necessária ao conceito de um tempo real como é o da Geografia” (Monteiro, 1963, p. 172).

Contudo, oportuno lembrar que não apenas a dinâmica do clima merece atenção, mas ambas as vertentes devem ser consideradas e abordadas com igual relevância. Pinna explica que, ao se estudar o clima, deve-se desfrutar dessas vertentes da ciência, pois não se deve propor somente

[...] uma “Climatologia Clássica” (sintético-estatística), baseada apenas no exame dos valores médios, a uma “Climatologia Moderna”, baseada apenas na consideração dos eventos meteorológicos e da dinâmica da atmosfera, já que a “Climatologia Moderna” deve ser dinâmica e estatística ao mesmo tempo (Pinna, 1977, *apud* Zavattini, 2014, p. 230).³

¹ “[...] so too does climate describe particular combinations of atmospheric properties”.

² “[...] à condition qu’elle embrasse la totalité des types, qu’elle calcule leur fréquence et la façon dont ils se succèdent au cours d’une longue période, restituera l’ambiance vraie dont parle Sorre”.

³ “[...] una “Climatologia Classica” (sintetico-statistica), basata solo sull’esame dei valori medi, a una “Climatologia Moderna”, fondata soltanto sulla considerazione delle vicende meteorologiche e della dinamica dell’atmosfera, poiché la “Moderna Climatologia” deve essere dinamica e statistica insieme”.

No entanto, “Mario Pinna, um grande nome da Geografia Italiana, preferiu abandonar os ensinamentos de Sorre e as argumentações de Pédelaborde” da Climatologia Dinâmica (Zavattini, 2014, p. 232), diferente de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, geógrafo que expandiu esse conceito no âmbito da Climatologia Geográfica brasileira. Contudo, outros pesquisadores adotam perspectivas distintas, reconhecendo a definição do clima conforme a visão de Sorre, que propôs não só a melhoria do que considerou como imperfeições do método separativo, bem como à categoria do método sintético (massas de ar e dos tipos de tempo) de Pédelaborde, além de consagrar o método da “análise rítmica” (Zavattini, 2014).

Diante destas abordagens climatológicas fundamentadas na ciência meteorológica, Barros e Zavattini (2009, p. 260) discorrem que “o tratamento dinâmico não invalida nem substitui o tradicional, mas representa, sim, um complemento necessário ao aprofundamento dos conhecimentos climatológicos da terra. Por sua vez, Monteiro (1969, p. 14) esclarece que “as duas técnicas de análise, que devem andar juntas, assumem atitudes diferentes em suas projeções no tempo e no espaço”. Ante a relevância de ambos os métodos de pesquisa citados, isto é, o tradicional e o sintético, nos estudos climatológicos, a pesquisa se desenvolve com ênfase na dinâmica climática, “o estudo científico de como e por que o clima muda”⁴ (Cook, 2013, *apud* Mauelshagen, 2014, p. 16, tradução livre). Portanto, “a dinâmica do sistema climático resulta de uma complexidade na interação de fatores internos e forças externas (variáveis)” [...] (Mauelshagen, 2014, p. 17).

Nas palavras de Hepach (2022, p. 8), “Mudanças no clima significam mudanças na compreensão do mundo”. O autor completa serem semelhantes às alterações gramaticais do clima, transformação no modo de vida. Ainda esclarece que “A mudança climática se revela como um fenômeno por novos climas que escapam à compreensão imediata, pois os climas antigos (e seus correspondentes modos de vida) tornam-se efêmeros”⁵ (Hepach, 2022, p. 12).

A Climatologia Descritiva, apesar de suas contribuições, apresenta algumas limitações. Primeiro, pois tende a ser mais descritiva do que explicativa. Ao enfatizar as médias sugere, erroneamente, uma atmosfera estática, quando se trata, na realidade, de um sistema dinâmico. Além disso, adota períodos de 30 a 35 anos para calcular as médias dos elementos climáticos, o que pode não refletir nuances mais curtas e dinâmicas. Essa abordagem muitas vezes ignora as interações, não fornecendo uma compreensão clara dos mecanismos ativos na atmosfera. A classificação climática, relacionada a esta abordagem, sugere uma atmosfera estática com

⁴ “the scientific study of how and why climate changes”.

⁵ “Climate change reveals itself as a phenomenon by new climates eluding immediate comprehension, as old climates (and their corresponding ways of life) turn ephemeral.”

“limites” claros entre os climas. No entanto, ao analisar a transição entre climas distintos, percebe-se que as emergências climáticas ocorrem gradualmente, com alterações progressivas dos elementos climáticos ao longo do tempo e que não há uma divisão nítida entre diferentes climas.

Sob a ótica de Barros e Zavattini (2009), embora não haja uma lista explícita das principais bases conceituais, é evidente a ênfase dada por esses autores à compreensão clara das definições de “tempo” e “clima”. Neste aspecto, exortam a necessidade de se adotar estratégias que revelem o perfil climático autêntico de cada região. Além de enfatizarem a importância de explorar e incorporar novas abordagens no estudo climático, já que os métodos tradicionais se mostram incompletos e falham em capturar o dinamismo intrínseco dos fenômenos climáticos e suas sequências reais de estados.

A Climatologia Moderna, também conhecida como dinâmica, dedica-se a explicar e descrever os fenômenos atmosféricos. Observa-se que jamais, na história da Meteorologia e da Climatologia Dinâmica, houve um período em que o conhecimento sobre a composição, o comportamento e o funcionamento da atmosfera tenha alcançado tamanha precisão científica. Conforme pontua Horn (2018), a ciência climática propiciou um entendimento sobre a dinâmica intrínseca da atmosfera e sobre as influências antropogênicas.

Sanches e Pereira (2020, p. 27) reforçam que “Os climas são estados dinâmicos e de constantes mudanças na atmosfera que interagem com os oceanos e continentes em diferentes escalas de tempo e de espaço”. Segundo os autores, o objetivo dos estudos climáticos é representar os sistemas atmosféricos em termos de seus valores médios e verificar a sua evolução ao longo de períodos específicos. Embora a Climatologia Dinâmica possua a própria relevância, ela não substitui a Climatologia Tradicional, por isso, convém reconhecer a interdependência e a complementaridade entre esses dois enfoques climatológicos.

A Climatologia, combinada com abordagens tradicionais e/ou modernas, procura uma compreensão precisa da atmosfera, as suas emergências climáticas e os seus impactos na superfície terrestre e na sociedade. Em face da crescente relevância dessas mudanças, é essencial uma perspectiva dinâmica e atualizada. A Climatologia do ritmo, que tem sido objeto de pesquisa, destaca a necessidade de adaptação e inovação para enfrentar os desafios climáticos.

3.2 Fundamentos da Climatologia Geográfica Brasileira

Ao se discutir a Climatologia no Brasil, especialmente no âmbito da Climatologia Geográfica, é impossível não mencionar o pesquisador dessa ciência no país, o Professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro que não apenas aprimorou o conceito, mas também destacou a análise dos fenômenos climáticos sob a perspectiva dessa Climatologia. Inspirado, sobretudo, nos estudos de Sorre, Serra, Ratisbona, Nimer, Monteiro. Zavattini (2014, p. 224) expõe: “foi Monteiro quem buscou no conceito sorreano de clima o apoio necessário à proposição de um novo paradigma, a ‘análise rítmica’ em climatologia”, além de prestar imensurável contribuição para os estudos de clima urbano.

Ainda conforme Fontão (2018, p. 21), “ao difundir ao longo de várias décadas de trabalho novos pressupostos teóricos no âmbito da Climatologia que irão influenciar várias gerações de pesquisadores”, ainda que a Climatologia Geográfica monteriana continue sendo periférica na Climatologia produzida por geógrafos. Nessa perspectiva, Ribeiro e Sartori (2012, p. 118) reiteram a “abordagem dinâmica do clima é um dos avanços nos estudos desenvolvidos pela Climatologia Geográfica Brasileira, já que incorpora e busca a noção de ritmo climático”. Por conseguinte, Zangalli-Júnior (2020) destaca o estudo da dinamicidade do clima, uma vez que a abordagem se concentra nos processos atmosféricos e não somente nos estados médios. Essa perspectiva contrasta com a chamada Climatologia Estática devido à análise de sucessões e ao encadeamento dos tipos de tempo no seu ritmo, compreendido em sequências habituais e excepcionais. Em síntese, visão sorreana dos fenômenos atmosféricos parte da gênese dos fenômenos e não apenas do seu estado.

O estudo do clima é imprescindível tendo em vista o significativo impacto nas atividades humanas e nos sistemas atmosféricos, conforme mencionado. Ribeiro e Sartori (2012, p. 118) argumentam: “o clima, ou mais precisamente o tempo atmosférico, é o principal fator ou elemento natural a exercer influência sobre as diversas atividades humanas”. Nesse contexto, o ritmo climático é indispensável para compreender fenômenos locais, *i.e.*, clima local e o microclima, de relevância para a Climatologia, pois o clima influencia a organização humana, seus aspectos econômicos e socioculturais, tanto em âmbitos globais quanto regionais, conectando fenômenos atmosféricos à realidade das populações. No nível microclimático, a análise permite determinar variações nos fluxos de energia e a dinâmica das interações entre os sistemas ambientais, sobretudo em estudos realizados próximos à superfície ou em áreas de menor extensão. Nas palavras textuais de Ribeiro (1993, p. 2), “[...] nível macroclimático é a interação entre a radiação solar, a curvatura da Terra e os seus movimentos de rotação e translação”.

Desse modo, a análise rítmica não se trata tão somente de detectar mudanças nos elementos climáticos, bem como justificá-las. A abordagem da Climatologia Dinâmica vai além da simples obtenção de médias, pois se basear somente nisso pode obscurecer as alterações reais, comprometendo a interpretação das séries temporais. A amplitude dessa perspectiva permite compreender os fenômenos climáticos, como também os antecipar, possibilitando um planejamento mais efetivo para atender às demandas decorrentes desses fenômenos. Ao se afastar de uma abordagem meramente descritiva, como a tradicional, enriquece-se a compreensão do clima, ampliam-se as oportunidades para superar limitações metodológicas e obter o detalhamento de dinâmicas climáticas.

A Climatologia tem fornecido dados que aprimoram a compreensão a respeito da dinâmica climática, alicerça-se na teoria geral de sistemas terrestres complexos, evidencia alterações no ecossistema e engloba subsistemas, como a criosfera, hidrosfera, pedosfera e atmosfera. Em particular, destaca-se a influência da biosfera nas condições atmosféricas (Ribeiro, 1993; Masuelshagen, 2014).

Nessa esteira, Douguedroit (2005, p. 17, tradução livre) chama o modelo baseado na interação entre cinco elementos da atmosfera e que opera como um sistema aberto de “estado do sistema climático”.⁶ Estes elementos incluem a própria atmosfera e os quatro canais de comunicação da superfície terrestre que estão em contato direto com a base atmosférica⁷. Portanto, “o funcionamento deste sistema não é uma questão de Climatologia, mas da física determinista da atmosfera” (Douguedroit, 2005, p. 17, tradução livre)⁸. A autora esclarece que a funcionalidade desse sistema não é algo relacionado à Climatologia, mas à Física determinista.

Sob esse enfoque, deve-se reavaliar a definição de clima como “estado do sistema climático”, visto que este conceito engloba e identifica diversas condições atmosféricas, sejam individuais, mensais, sazonais ou anuais. Essas condições incluem médias, variações e outras estatísticas relacionadas não apenas à atmosfera, como também aos dados oceânicos, criosféricos e aos da superfície terrestre. “Uma definição lógica de clima seria, portanto, a descrição estatística completa do estado do sistema climático interno durante um período

⁶ “celui de l'état du système climatique”

⁷ “l'atmosphère et aux quatre milieux de l'épiderme terrestre au contact avec la base de l'atmosphère”.

⁸ “Le fonctionnement de ce système ne relève pas de la climatologie mais d'une physique, actuellement déterministe, de l'atmosphère”.

específico, juntamente com uma descrição do estado do sistema externo” (Douguedroit, 2005, p. 17, tradução livre)⁹.

Para Hepach (2022), conceituar o clima meramente como um resultado de medição ou um objeto modelado computacionalmente restringe a verdadeira essência a uma entidade limitada. O clima, em sua experiência, pode ser compreendido de uma maneira mais ampla e transversal. Desse modo, pode ser descrito como um equilíbrio entre o definido e o indefinido, manifestando-se através das nuances da sazonalidade climática. Para o autor, (Hepach, 2022, p. 7) [...] “o clima também descreve combinações particulares de propriedades atmosféricas”.

De acordo com Ferreira (2012), há uma definição do clima como a súpula dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera em qualquer lugar da superfície terrestre. Enquanto Oliveira et al. (2011) preconizam que o clima é uma categoria de análise geográfica que procura entender os fenômenos atmosféricos através de seus elementos, como temperatura, pressão, umidade e precipitação. Essa análise também leva em consideração a influência dos processos naturais e sociais no território, com ênfase na origem e no ritmo dos sistemas atmosféricos.

Na concepção de Sorre, contudo, o clima compreende um ambiente atmosférico constituído por uma série de sistema da atmosfera de um determinado lugar em sucessão habitual (Sant’Anna Neto, 2003; Ferreira, 2012). Válido ressaltar que o ritmo consolidado pelo “método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo” teve inúmeras dificuldades de se enquadrar em suas pesquisas entre os geógrafos franceses (Pédelaborde, 1970, p. 24). No Brasil, o surgimento da linha de pesquisa em Climatologia Geográfica e a contribuição metodológica da análise rítmica dos tipos de tempo e a aclamação de Monteiro (1973) baseada no padrão do ritmo não enfrentaram o mesmo problema e obtiveram reconhecimento científico por parte da academia e de órgãos governamentais (Zavattini, 2000).

Sant’Anna Neto (2008) chama a atenção para o fato do clima influenciar diariamente a sociedade. Quando se interpreta esse conceito no contexto de um território específico, o clima não deve ser considerado meramente como um componente natural. Na verdade, ele emerge como resultado da interação entre elementos naturais e sociais, influenciando tanto a paisagem quanto a vida das pessoas que ali residem. O clima no território está relacionado à ideia de que a repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre se dá num território transformado e produzido pela sociedade, de maneira desigual e apropriado segundo os interesses dos agentes sociais. Ainda afirma que a dimensão social deve ser incorporada na

⁹ “A logical definition of climate would therefore be the complete statistical description of the state of the internal climatic system over a specific period, together with a description of the state of the external system”.

interpretação do clima sob a perspectiva de análise geográfica, o que implica compreender o modo como as ações humanas e as transformações históricas dos territórios afetam e são afetadas pelo clima. O autor exorta que sejam reconhecidas as [...] “leis físicas, mas, também, pelo significado de sua repercussão nas relações entre a sociedade e a natureza, mediadas pela ação dos agentes sociais, que produzem espaços concretos nos mais variados níveis de segregação e vulnerabilidade” (Sant’Anna Neto, 2008, p. 52).

Portanto, o enfoque deve ser nos estudos na Climatologia Geográfica, que supera a mera observação das condições climáticas, pois inclui a interação social com o território e a natureza, alargando o escopo de análise para englobar as dinâmicas entre o clima, a sociedade e o ambiente natural. Nessa premissa, a análise rítmica, alicerçada na abordagem de Monteiro, torna-se obrigatório. Monteiro (1991, p. 131) discorre “[...] exatamente aquela de poder sintonizá-lo às demais dinâmicas das outras esferas: dos processos hidrológicos, geomorfológicos, biológicos e os antrópicos”. A partir do ritmo como um indicador para a análise do clima, a ocorrência de eventos climáticos adversos pode ser prevista e detectada.

No entanto, se tais previsões não corresponderem às observações desses eventos, pode haver consequências extremas e a sociedade pode não estar preparada para enfrentá-las. Neste sentido, ao afirmar o “ritmo como a essência geográfica do clima” (Monteiro, 1991, p. 131), diferente de alguns pensadores já mencionados, trilhou pela análise rítmica. Monteiro, considerado o fundador da Escola Brasileira Climatologia, encorajou vários pesquisadores a explorarem o dinamismo climático através da periodicidade e sucessão dos sistemas atmosféricos, valiosas para a aplicação de variáveis socioambientais.

É indiscutível o papel do clima na vida humana, influenciando atividades diárias e moldando sistemas econômicos e socioculturais. Neste aspecto, a abordagem da Climatologia Dinâmica precisa ir além das médias tradicionais para entender as verdadeiras crises climáticas. Como visto, Monteiro defendeu a essência geográfica do clima, enfatizando a análise rítmica, visto que vinculada à interação de sociedade, território e natureza, permite a análise, previsão e preparação para os eventos climáticos adversos; e, por isso, adota-se não apenas a análise dos padrões, da variabilidade e das tendências, bem como do ritmo climático, considerando os anos-padrão.

3.3 Padrões, Variabilidades e Tendências Pluviométricas

A compreensão dos padrões pluviométricos fundamenta não só a análise de impactos ambientais, socioeconômicos, assim como a gestão de recursos hídricos. Em relação a esta, a

precipitação determina a disponibilidade de água, influenciando diretamente setores como agricultura, pecuária e conservação da biodiversidade. Em regiões como o sul da Amazônia, estudos de Arvor et al. (2020) evidenciam alterações significativas nos padrões de chuva, como o atraso no início da estação chuvosa e a intensificação de precipitações extremas. Essas mudanças estão intimamente ligadas ao desmatamento e à expansão agrícola, que alteram a dinâmica local de evapotranspiração e a formação de nuvens. Por exemplo, a substituição de áreas florestais por pastagens reduz a umidade atmosférica, comprometendo a regularidade das chuvas e aumentando a vulnerabilidade a secas (Coutinho et al., 2018).

A Climatologia clássica, tradicionalmente centrada em médias históricas, mostra limitações ao mascarar eventos extremos, como secas prolongadas ou chuvas torrenciais. Fontão e Zavattini (2019) explicam que a análise qualitativa, combinada com métodos quantitativos mostra-se primordial para capturar a complexidade dos padrões pluviométricos. Ferramentas como Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) permitem mapear a distribuição espacial das chuvas, identificando áreas críticas onde a variabilidade é mais acentuada. Na Amazônia, por exemplo, a perda de cobertura florestal altera os padrões locais, mas afeta regiões distantes, devido à interrupção dos “rios voadores”, corredores de umidade que transportam vapor d’água da floresta para outras partes do continente (Silva, 2009).

A variabilidade pluviométrica reflete a interação entre fatores climáticos locais e fenômenos de escala global. Fenômenos como *El Niño* e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) exercem influência marcante, desencadeando secas severas em algumas regiões e inundações em outras. Durante eventos de *El Niño*, por exemplo, o aquecimento anômalo das águas do Pacífico equatorial altera a circulação atmosférica, suprimindo chuvas em o Nordeste brasileiro e intensificando-as no Sul (Blain, 2010). Já a ODP, com ciclos de 20 a 30 anos, modula padrões de temperatura e precipitação em escalas continentais, impactando ecossistemas e atividades humanas.

Esse processo ilustra como mudanças no uso do solo alteram regimes climáticos locais, com repercussões regionais. Técnicas geostatísticas, como a krigagem ordinária, são empregadas para mapear a variabilidade espacial das chuvas, classificando os anos como “secos”, “chuvosos” ou “habitais” (Fontão; Zavattini, 2019). Na Zona da Mata nordestina, a análise de *quantis* revela flutuações interanuais críticas para o planejamento agrícola. Por exemplo, Pereira, Moura e Lucena (2020) identificaram anos com precipitações com 40% abaixo da média, correlacionados a perdas expressivas na produção de cana-de-açúcar, sublinhando a relação entre pluviosidade e sustentabilidade econômica.

A variabilidade também está associada a eventos extremos, como secas e enchentes, que causam danos substanciais. Na região semiárida do Nordeste, secas prolongadas afetam milhões de pessoas, limitando o acesso à água para consumo humano, animal e irrigação. Por outro lado, enchentes no Sudeste e Sul do país resultam em deslizamentos de terra e perdas materiais, exigindo estratégias de adaptação baseadas em dados climáticos robustos (Gomes, 2019). A integração de séries históricas com modelos climáticos permite antecipar esses eventos, embora desafios persistam devido à escassez de estações meteorológicas em áreas remotas.

As tendências pluviométricas referem-se a alterações de longo prazo na distribuição, intensidade e frequência das chuvas. Sanches (2019) utiliza métodos estatísticos não paramétricos, como o teste de Mann-Kendall, para identificar tendências significativas em séries históricas. Esse método é preferido por sua robustez diante de dados não normais e *outliers*, comum em séries pluviométricas. Complementarmente, o índice *RClimdex* permite quantificar mudanças em extremos climáticos, como chuvas acima de 40 mm/dia, que têm aumentado em regiões tropicais devido ao aquecimento global.

Na Amazônia Legal Brasileira,¹⁰ Luiz-Silva et al. (2025) identificam a redução das chuvas nas porções leste e sul associada ao aumento da evapotranspiração e à fragmentação florestal. Paralelamente, eventos de calor extremo tornam-se frequentes, com temperaturas ultrapassando 40°C. Essas tendências resultam da combinação entre fatores naturais, como a atuação da ZCAS, e fatores antrópicos, como a urbanização e o desmatamento. A ZCAS, responsável por até 60% das chuvas de verão no Centro-Oeste, apresenta variações de intensidade influenciadas pela temperatura do Atlântico e pela cobertura vegetal remanescente (Sanches, 2019), além de sofrer modulações por fenômenos de teleconexão.

Estudos sobre a região Sudoeste de Mato Grosso destacam a influência de sistemas frontais e da urbanização na modificação dos regimes de chuva. Souza e Nascimento (2020) utilizaram técnicas multifractais para analisarem séries pluviométricas de cinquenta anos, identificando um aumento de 15% na intensidade das chuvas de verão, associado à expansão de áreas urbanas, que alteram a rugosidade do solo e provocam a formação de ilhas de calor. Paralelamente, a Climatologia Dinâmica tem sido empregada para entender como teleconexões climáticas, como a Oscilação de Madden-Julian, modulam a variabilidade sazonal (Pereira et al., 2018).

Estudos como os realizados por Arvor et al. (2017) e Luiz-Silva et al. (2025) robustecem a necessidade de políticas públicas que equilibrem desenvolvimento socioeconômico e

¹⁰ A Amazônia Legal Brasileira foi instituída pela Lei nº 1.806, em 1953, engloba a totalidade dos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e uma parte do Estado do Maranhão.

conservação ambiental. A implantação de sistemas de alerta para secas e enchentes, combinada com práticas agrícolas sustentáveis (como o plantio direto e a recuperação de áreas degradadas), pode mitigar impactos. Além disso, o fortalecimento das redes de monitoramento meteorológico em áreas remotas aperfeiçoa a qualidade dos dados e a precisão das projeções sobre padrões, variabilidades e tendências climáticas regionais.

3.4 Abordagens do Ritmo Climático e Anos-Padrão

A compreensão do clima como fenômeno dinâmico se aprofundou com o conceito de ritmo climático, superando visões estáticas baseadas em médias. Nessa esteira, Hann (1908, p. 16) definia o clima como “o estado médio da atmosfera em um ponto da superfície terrestre”, reduzindo-o a médias de variáveis como temperatura e precipitação, o que ignorava a variabilidade temporal. Emmanuel de Martonne (1909) avançou ao analisar qualitativamente os tipos de tempo, reconhecendo a variação dos fenômenos meteorológicos. Max Sorre, na década de 1950, consolidou a ideia de clima como uma “sequência recorrente de estados atmosféricos” (Sorre, 1950, p. 32), integrando as interações entre seres humanos, vegetação e condições geográficas.

No Brasil, a Climatologia Dinâmica foi impulsionada por Adalberto Serra e Leandro Ratisbona, que incorporaram métodos das escolas de Bergen e Chicago, respectivamente, focados na Meteorologia Sinótica. Essas contribuições culminaram na obra de Monteiro, que, na década de 1970, formulou o paradigma do ritmo climático no campo da Climatologia Geográfica. Na qual propôs que o clima deveria ser estudado como uma sucessão contínua de tipos de tempo, influenciada, por sua vez, pela circulação atmosférica regional e fatores locais, como relevo e urbanização. Por este motivo, desenvolveu a análise rítmica, metodologia que decompõe elementos climáticos (pressão, temperatura, precipitação) em unidades diárias, permitindo associar variações a sistemas atmosféricos específicos. Essa abordagem exigia a observação detalhada de séries temporais e a identificação de padrões recorrentes, como secas no Nordeste ou chuvas intensas no Sudeste, vinculando-os a mecanismos como a ZCIT ou a frentes polares.

A análise rítmica emprega instrumentos como o gráfico de análise rítmica, que integra dados diários de umidade relativa, nebulosidade, vento e sistemas atmosféricos atuantes. Essa representação permite visualizar a sequência dos estados atmosféricos ao longo do ano e identificar períodos dominados por massas de ar específicas, como a Massa Tropical Atlântica ou a Massa Polar Atlântica. Para Monteiro (1971), somente a escala diária revela a dinâmica

climática real, pois eventos extremos – como veranicos (curtas estiagens) ou chuvas torrenciais – ficam ocultos em médias mensais ou anuais. A metodologia inclui ainda a seleção de anos-padrão, definidos como períodos que representam condições climáticas típicas ou atípicas. Assim, um ano-padrão “seco” pode apresentar precipitações 30% abaixo da média histórica, enquanto um ano “chuvoso” exibe anomalias positivas. Esses anos servem como amostras comparativas, permitindo avaliar como as variações na circulação atmosférica influenciam os ecossistemas e as atividades humanas.

A definição de anos-padrão baseia-se em critérios estatísticos rigorosos. Em virtude disso, Tavares (1976) propôs três categorias principais: seco, habitual e chuvoso, classificadas conforme desvios de precipitação em relação à média. Posteriormente, Galvani e Luchiarri (2012) expandiram essa classificação para incluir categorias como “superúmido” e “superseco” para contemplar eventos extremos. Métodos como a análise de componentes principais e o agrupamento estatístico são adotados a fim de identificar padrões em séries temporais longas. Nessa linha, Schröder (1956) desenvolveu os pluviogramas, ou seja, gráficos que decompõem a distribuição mensal de chuvas, ressaltando os meses críticos. O Quadro 3, adaptado por Nascimento, Souza e Silva (2019), ilustra essa abordagem, categorizando meses de acordo com a contribuição percentual para o total anual de precipitação.

Quadro 3 – Distribuição de classe, faixa de percentual e simbologia para os pluviogramas.

Classe	Faixa percentual de precipitação	Simbologia
Mês mais seco do ano	(menor valor mensal do ano)	
Mês muito seco	Menor que 2%	
Mês seco	Entre 2 e 3,9 %	
Mês de transição	Entre 4,0 e 8,2 %	
Mês chuvoso	Entre 8,3 e 12,4 %	
Mês muito chuvoso	Maior que 12,5 %	
Mês mais chuvoso do ano	(maior valor mensal do ano)	

Fonte: Schröder (1956), com adaptações de Nascimento et al. (2019). Org. Araújo (2023).

Essa classificação ajuda a identificar padrões sazonais, como a estação chuvosa no Cerrado ou a seca no Sertão nordestino. Vasques em seu estudo (2017) aplicou o desvio quartílico para separar eventos habituais de excepcionais. Em três etapas: organização de dados, cálculo da mediana (Q2) e divisão por quartis, ele demonstrou que anos com precipitações abaixo do primeiro quartil (Q1) são considerados “secos”, enquanto aqueles acima do terceiro quartil (Q3) são “chuvosos”.

Nesse diapasão, Santos, Fontão e Souza (2020) utilizaram desvios absolutos em relação à média histórica para categorizarem os anos-padrão na Amazônia e identificaram a correlação dos anos “supersecos” com intensificações do *El Niño*, que suprime as chuvas na região. Por

outro lado, anos “superúmidos” coincidem com *La Niña*, fenômeno que reforça a ZCIT, aumentando precipitações. Essas análises são valiosas para a gestão de recursos hídricos, pois orientam a construção de reservatórios e as políticas de irrigação.

A análise rítmica e os anos-padrão também são aplicados em contextos urbanos. Em São Paulo, estudos utilizando pluviogramas revelaram que a urbanização alterou o ritmo climático local, com aumento de ilhas de calor e chuvas intensas concentradas em períodos curtos. Monteiro (1981) alertou que eventos fora dos padrões habituais, como tempestades com mais de 100 mm em 24 horas, têm impactos catastróficos em áreas densamente povoadas, causando enchentes e deslizamentos. A análise rítmica permite mapear esses fenômenos, vinculando-os a sistemas como frentes frias ou ZCAS, e propor medidas de adaptação, como drenagem urbana eficiente.

Apesar dos êxitos obtidos, os desafios persistem tendo em vista a escassez de estações meteorológicas em regiões remotas, como a Amazônia, o que, sem dúvida, limita a qualidade das séries temporais. Além disso, diferenciar oscilações naturais, como ciclos decadais, e de crises climáticas estruturais, como, por exemplo, aquecimento global, exige séries históricas extensas e modelos computacionais complexos. Autores como Sant’Anna Neto (2003) elucidam que a Climatologia Geográfica brasileira precisa integrar dados de sensoriamento remoto e técnicas de *big data* para superar essas limitações.

Em síntese, o ritmo climático e os anos-padrão oferecem uma estrutura metodológica robusta para entender a dinâmica atmosférica em suas múltiplas escalas. A análise rítmica, ao decompor o clima em unidades diárias, revela como sistemas globais e locais interagem, gerando padrões como secas no Nordeste ou chuvas intensas no Sudeste. Já os anos-padrão, ao categorizar períodos históricos, fornecem bases para projetar cenários futuros e desenvolver estratégias adaptativas.

A relevância dessas abordagens manifesta-se em aplicações que vão da agricultura,¹¹, onde a identificação de anos “secos” orienta o desenvolvimento de culturas mais resistentes, à gestão urbana, em que o mapeamento de chuvas extremas subsidia infraestruturas resilientes, e à conservação ambiental, ao auxiliar na proteção de biomas vulneráveis, como, por exemplo, a Amazônia.

¹¹ Nota-se a agricultura também compreendida como soberania alimentar.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E RECURSOS APLICADOS

Esta seção descreve a metodologia aplicada para analisar o padrão, a variabilidade, a tendência e o ritmo das chuvas na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso, indicando as fontes de dados, as técnicas de processamento e tratamento estatístico, os *softwares* empregados e as análises realizadas.

4.1 O Método e as Etapas da Pesquisa

A metodologia científica estabelece sistemática e logicamente os métodos empregados nas ciências, os fundamentos, a validade e a relação com as teorias científicas. O método científico, portanto, organiza dados primários de modo estruturado para auxiliar na formulação de conclusões. Segundo Gil (2008), os procedimentos metodológicos são essenciais para o êxito de qualquer pesquisa ao passo que Lakatos e Marconi (2017) argumentam que, embora toda ciência utilize métodos científicos, nem todo estudo que os aplica pode ser considerado científico.

Sob essa perspectiva, esta pesquisa realizou a espacialização de dados pluviais na referida Região, analisando os padrões, as variabilidades, as tendências e o ritmo das chuvas, considerando ainda a atuação e participação dos sistemas atmosféricos e o recorte amostral dos anos-padrão. Desse modo, o estudo foi alicerçado sobre os fundamentos teórico-metodológicos da abordagem tradicional e dinâmico da ciência climatológica, compreendendo, assim, o método analítico da investigação.

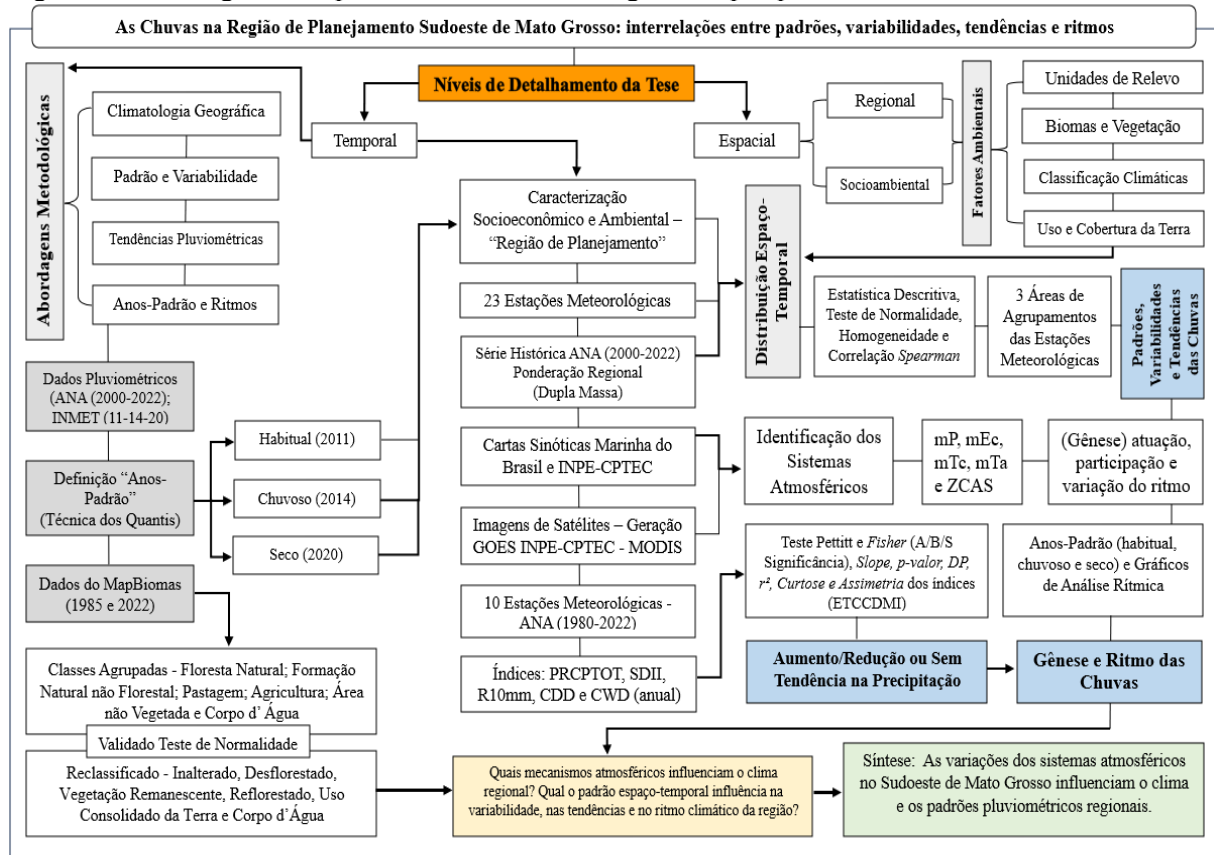
Portanto, a pesquisa respaldou-se em obras clássicas e recentes, tais como: Sorre (1951), Schröder (1956), Monteiro (1969; 1971; 2000), Pédelaborde (1991), Sant'Anna Neto (2000; 2001; 2003; 2008), Zavattini (2000), Zandonadi (2009; 2013), Zavattini e Boin (2013), Nascimento (2016), Silvestre (2016), Alves (2023), Oliveira (2024) entre outros. Em face disso, Monteiro (1971; 1973; 1991; 2000), trata-se de uma referência inequívoca da Climatologia Geográfica no Brasil, propôs a análise rítmica como método para compreender a sucessão habitual e excepcional dos tipos de tempo, estabelecendo o ritmo climático. Deve-se, portanto, recorrer à circulação atmosférica para a adequada compreensão da complexidade climática de determinada localidade. Todavia, o próprio autor lembra que:

A abordagem dinâmica não pretende invalidar ou substituir aquela analítico-separatista tradicional, de caráter eminentemente estático. É um complemento necessário ao aprimoramento dos conhecimentos climatológicos do globo. As duas técnicas de análise, que deve andar juntas, assumem atitudes diferentes em suas

projeções no tempo e no espaço. Acreditamos que a verdadeira compreensão da síntese climática de um lugar advirá do equilíbrio entre os dois tratamentos (Monteiro, 1969, p. 14).

Desse modo, o presente estudo se alicerça em ambas as abordagens da Climatologia (tradicional e dinâmico), para proceder com a análise de padrões, variabilidade, tendências e ritmos das chuvas na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso (Figura 12).

Figura 12 – Fluxograma de procedimentos metodológicos da pesquisa.



Fonte: Org. Araújo (2025).

O fluxograma detalha as etapas e procedimentos da pesquisa. A pesquisa foi estruturada em seis etapas sucessivas e complementares: 1) definição e caracterização socioeconômica, ambiental e climática da área de estudo; 2) coleta, tabulação e tratamento dos dados (meteorológicos, imagens de satélite e cartas sinóticas); 3) interpolação, modelagem e validação dos dados de precipitação; 4) organização de representações gráficas e cartográficas e análise dos padrões e variabilidades das precipitações; 5) análise estatística descritiva e testes de homogeneidade, normalidade e de tendências; e 6) elaboração de mapas e gráficos de análise rítmica. Nos tópicos seguintes são descritas as fontes, as técnicas empregadas para o tratamento e o processamento de dados e as respectivas análises empenhadas na tese.

4.2 Fontes de Dados

A pesquisa iniciou-se com a organização de um Banco de Dados Geográficos (BDG) com a finalidade de armazenar e estruturar os dados secundários referentes à Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso (RPSMT). Os dados foram obtidos a partir de órgãos federais, tais como IBGE, ANA e Inmet, além do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), do Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil, Cptec e INPE.¹²

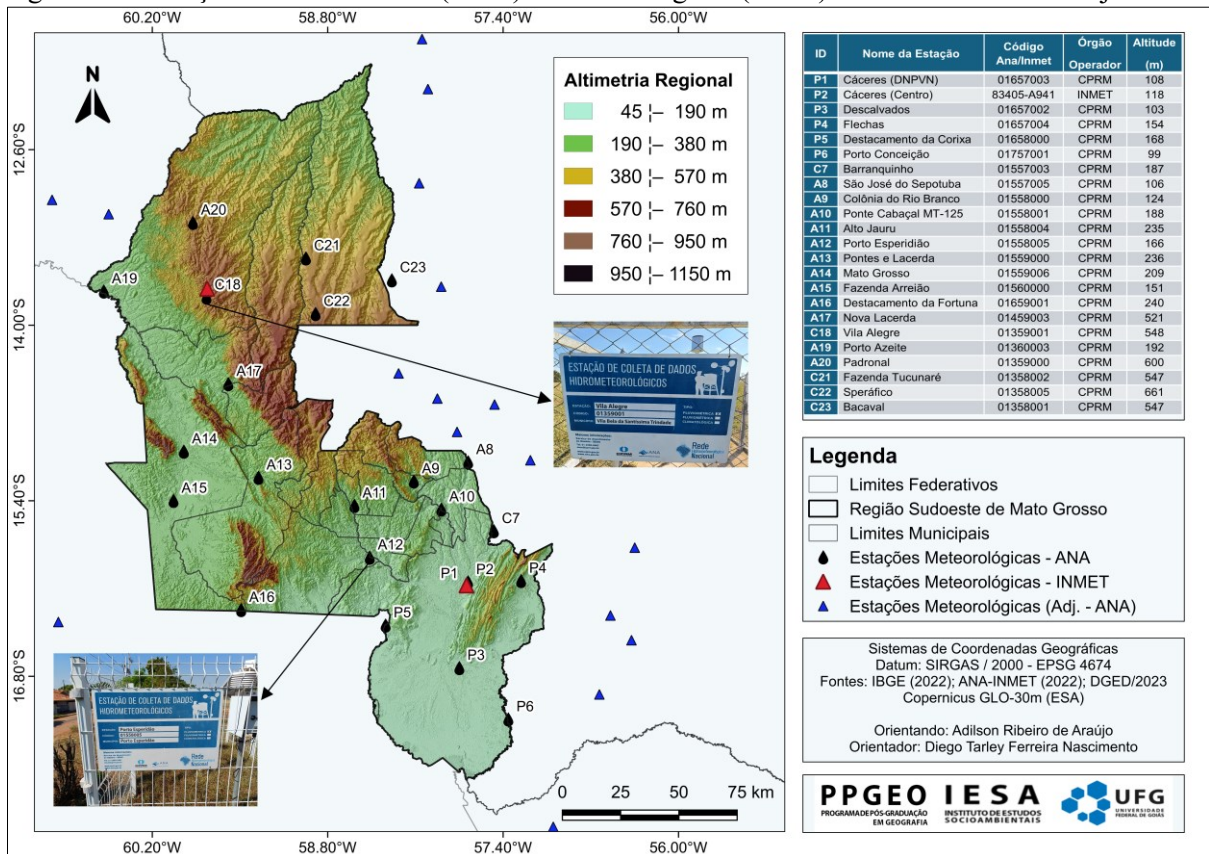
Os dados pluviométricos foram obtidos a partir de estações administradas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Na área de estudo e adjacências, foram identificadas 144 estações da ANA, das quais 42 foram selecionadas após rigorosa revisão da qualidade e consistência da série de dados disponíveis, sendo que 23 delas se encontram no interior da RPSMT e 19 em seu entorno. Os dados foram coletados pela plataforma Hidroweb, processados no *software* Hidro 1.4 e armazenados em planilhas do *Microsoft Excel* 2021.

Em virtude do período de início da aquisição de dados na maioria das estações de medição, uma série temporal unificada foi construída abrangendo os anos de 2000 a 2022 (abrangendo 23 anos) com relação aos padrões de precipitação e suas variabilidades associadas. Medições diárias também foram coletadas para as variáveis como precipitação, temperaturas máximas e mínimas, umidade relativa, pressão atmosférica e velocidade e direção dos ventos, obtidas de duas estações automatizadas administradas pelo Inmet: Cáceres (A941) e Comodoro (A913), em conjunto com a estação convencional localizada em Cáceres (83405). Os conjuntos de dados foram recuperados do Banco de Dados Meteorológicos do Inmet e, posteriormente, organizados e processados utilizando planilhas do Excel. A escolha da série temporal dos dados (2000-2022) correspondeu à disponibilidade das estações pluviométricas da ANA por garantirem a quantidade suficiente de registros para as análises estatísticas. Apesar da existência de dados brutos na Hidroweb, não foram incluídos os anos de 2023 e 2024, para evitar a reformulação completa de interpolações espaciais e demais processamentos já realizados.

A Figura 13 delinea a distribuição geográfica das 42 estações pluviométricas empregadas neste estudo, categorizadas por bioma (Amazônia - A, Cerrado - C, Pantanal - P), ilustrando uma maior densidade nas regiões leste e norte, enquanto a área oeste (adjacente à Bolívia) e a região sul (Pantanal) apresentam uma escassez relativa, que é parcialmente compensada pela presença das estações San Inácio de Velasco, na Bolívia, e de Amolar, em Mato Grosso do Sul.

¹² O BDG foi organizado em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) especificamente, empregando os *softwares* ArcGIS® 10.8 e QGIS (versões 3.16, 3.22, 3.34 e 3.40).

Figura 13 – Estações Pluviométricas (ANA) e Meteorológicas (Inmet) da área em estudo e adjacentes.



Fontes: IBGE (2022); ANA-Inmet (2022). Org. Araújo (2024).

Oportuno relatar a dificuldade enfrentada na etapa de aquisição e organização dos dados, especialmente devido à rarefeita e desigual distribuição da rede de estações no país, assim como pela inconsistência dos dados. A respeito do primeiro aspecto, a WMO sugere a ocorrência de 6,3 estações por 100 km², mas, conforme Duarte e Sentelhas (2020), no Brasil há apenas 0,001 estações por 100 km². Souza et al. (2013, p. 35) reforçam que as medições meteorológicas em Mato Grosso são particularmente escassas.

4.3 Tratamento Estatístico Pluviométrico: Preenchimento de Falhas e Agrupamento

Conforme mencionado anteriormente, os dados mensais e diários de precipitação foram organizados em planilhas do *software Microsoft Excel 2021*, para realização do processamento e tratamento estatístico. Diante da existência de lacunas e inconsistências na série de dados, inicialmente foram testadas diferentes técnicas de preenchimentos, em um primeiro momento, a partir dos métodos de regressão linear simples (RLS) e regressão múltipla (RLM), utilizando estações vizinhas com histórico robusto e menor número de falhas, conforme recomendações de Zandonadi (2013), Farias, Francisco e Senna (2017) e Araújo et al. (2023). Contudo, ambas

as técnicas não apresentaram correlação estatística significativa entre a precipitação da estação com falhas e as demais, inviabilizando, portanto, o seu uso para preenchimento de dados.

Neste sentido, foi averiguado o método de preenchimento com uso da técnica de Ponderação Regional, que considera estações meteorológicas situadas em condições geoambientais semelhantes. Para essa avaliação de similaridade, adotaram-se as seguintes características: topografia, vegetação, altitude e declividade, priorizando as três mais próximas dentro de um raio de 150 km e com menos falhas. Alves (2023) lembra que as estações selecionadas devem possuir série histórica mínima de dez anos e altitudes similares, visto que o relevo influencia no padrão pluviométrico. Assim, para preencher as lacunas nas séries históricas pluviométricas, anual e mensal, aplicou-se o método de Ponderação Regional, fundamentado na correlação entre estações próximas e análise de consistência (Tucci, Bertoni, 2014; Araújo et al., 2023). Por sua vez, a equação de Barbosa-Júnior (2000) foi utilizada Equação 1:

$$P_x = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{P_x}{P_a} P_a + \frac{P_x}{P_b} P_b + \frac{P_x}{P_c} P_c \right) \quad (1)$$

Onde:

P_x – precipitação do posto a ser estimada pela técnica;

P_a , P_b e P_c – as precipitações observadas entre os três postos vizinhos correspondentes ao ano (ou ao mês) em que deve realizar o preenchimento;

P_{a1} , P_{b2} e P_{b3} – referem-se à precipitação média das três estações circunvizinhas;

P_c – a precipitação média do posto a ser estimado.

O método exigiu coeficiente de correlação mínimo de 0,700 (Barbosa et al., 2005; Pruski et al., 2004), neste caso, selecionando estações em um raio de 100 km. Assim, comparado aos resultados das regressões lineares simples e múltipla, os da PR mostraram-se superiores. Não obstante, Castro et al. (2010) reiteram a necessidade de homogeneização do ciclo de dados e de análise estatística mais rigorosa. Por essa razão, a validação combinou Ponderação Regional e Curva de Dupla Massa, assegurando maior precisão aos e confiabilidade nos resultados.

Na validação dos dados preenchidos pelo método de Ponderação Regional (PR) que utilizou a Dupla Massa (DM), os coeficientes de ajuste linear (r^2) resultaram próximos a 0,999 na maioria das 23 estações analisadas, confirmando a alta consistência entre dados

estimados e observados (Bier; Ferraz, 2017; Araújo et al., 2023). A técnica também identificou homogeneidade regional, com r^2 variando entre 0,996 e 0,999, como exibida na Tabela 5:

Tabela 5 – Estações Meteorológicas e coeficiente de ajuste linear da curva dupla massa anual.

ID	Nome do Posto	Código estação (ANA)	Extensão de análise (anos)	r^2 ajuste linear curva dupla massa
P1	Cáceres (DNPVN)	01657003	23	0,999
P2	Cáceres (Centro)	83405-A941	23	0,999
P3	Descalvados	01657002	23	0,999
P4	Flechas	01657004	23	0,999
P5	Destacamento da Corixa	01658000	23	0,997
P6	Porto Conceição	01757001	23	0,999
C7	Barranquinho	01557003	23	0,999
A8	São José do Sepotuba	01557005	23	0,999
A9	Colônia Rio Branco	01558000	23	0,999
A10	Ponte Cabaçal, MT - 125	01558001	23	0,999
A11	Alto Jauru	01558004	23	0,999
A12	Porto Esperidião	01558005	23	0,999
A13	Pontes e Lacerda	01559000	23	0,999
A14	Mato Grosso	01559006	23	0,999
A15	Fazenda Areião	01560000	23	0,999
A16	Destacamento Fortuna	01659001	23	0,998
A17	Nova Lacerda	01459003	23	0,996
C18	Vila Alegre	01359001	23	0,999
A19	Porto Azeite	01360003	23	0,998
A20	Padronal	01359000	23	0,999
C21	Fazenda Tucunaré	01358002	23	0,997
C22	Speráfico	01358005	23	0,999
C23	Bacaval	01358001	23	0,999

Fonte: ANA (2022). Org. Araújo (2022).

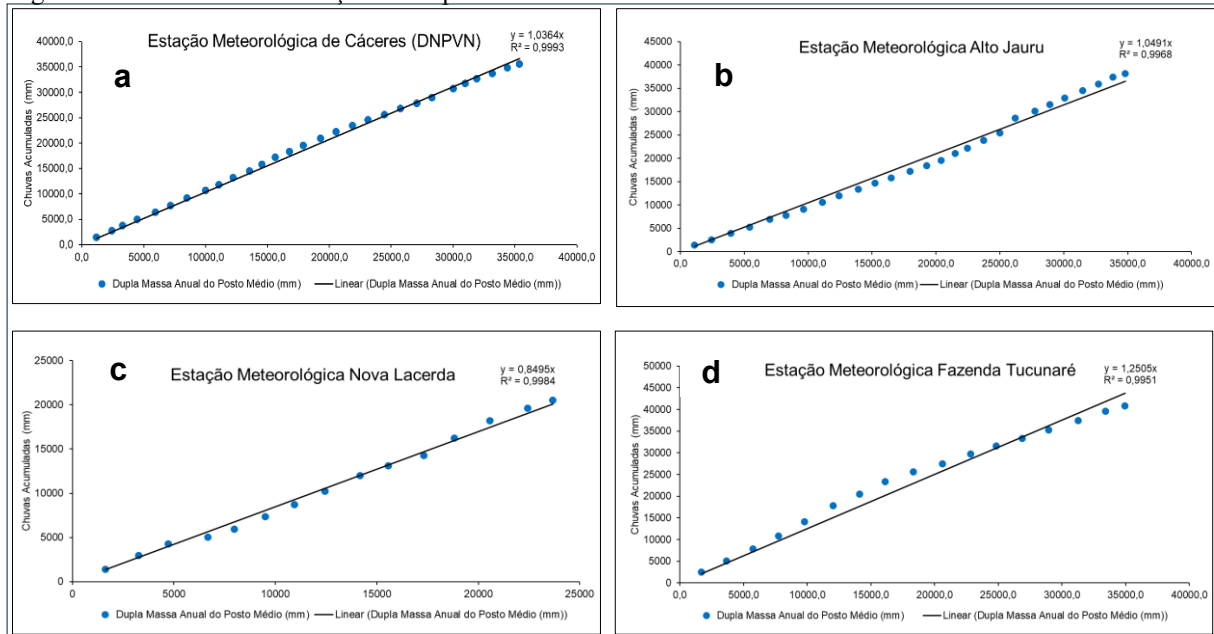
A análise dos gráficos gerados pelo método da *Dupla Massa* (Figura 14) corrobora a confiabilidade dos dados tratados. Ao correlacionar estações principais com estações de apoio por meio de diagramas de dispersão, observou-se uma distribuição próxima à linha de tendência ascendente, o que indica proporcionalidade e forte correlação entre as séries. Essa consistência reforça a validade dos padrões pluviométricos identificados, os quais são essenciais para as análises subsequentes dos dados.

A aplicação da técnica de Dupla Massa demonstrou a consistência dos dados pluviométricos através do alinhamento dos pontos em linha reta nos gráficos de dispersão, conforme observado por Silvestre (2016), Mello, Kohls, Oliveira (2017) e Araújo et al. (2023). Esse padrão gráfico indica uma relação linear entre as variáveis, refletindo dados consistentes e comparáveis ao longo do tempo. Araújo et al. (2023) chamam a atenção que o alto coeficiente de determinação ($r^2 > 0,970$) comprova a precisão do modelo e a confiabilidade dos dados inclusive após o preenchimento das falhas.

A eficiência do método de Ponderação Regional foi confirmada nas quatro correlações analisadas (complementadas na Tabela 5), com r^2 próximos de 1, evidenciando homogeneidade

superior a 97% entre as 23 estações avaliadas. De acordo com Silvestre (2016), esse método integra a análise da consistência com a variabilidade espacial, ponderando a relevância das estações vizinhas. Interessante mencionar que a maioria das estações pluviométricas da área de estudo apresenta falhas nos registros. Portanto, para garantir a consistência dos dados e viabilizar uma análise mais robusta sobre os padrões e a variabilidade da precipitação, aplicaram-se os métodos de Ponderação Regional (PR) e Dupla Massa (DM).

Figura 14 – Gráficos de validação da Dupla Massa na área em estudo.



Nota de Falhas Corrigidas: a) Cáceres (DNPVN) por: Flechas (48km), Ponte Cabaçal (71km) e Porto Esperidião (86km); b) Alto Jauru por: Porto Esperidião (48km), Rio Branco (56km) e Ponte Cabaçal (75km); c) Nova Lacerda por: Pontes e Lacerda (87km), Vila Alegre (79km) e Mato Grosso (70km); d) Fazenda Tucunaré por: Padronal (100km), Vila Alegre (93km) e Speráfico (50km).

Fonte: ANA (2022). Org. Araújo (2025).

A etapa seguinte compreendeu o agrupamento das 23 estações pluviométricas a partir da análise multivariada, que resultou em três áreas homogêneas (Silvestre, 2016). O método utilizou o teste U de Mann-Whitney para comparação entre grupos e o teste de Kruskal-Wallis (com *pós-teste de Dunn*, $\alpha=5\%$) para a análise dos padrões espaciais e temporais de precipitação (Borg; Groenen, 2005). Os dados foram processados no *software Past*, gerando o dendrograma representado pela Figura 15, que ilustra a formação dos *clusters*. A técnica baseou-se na distância euclidiana, calculada pela Equação 2:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2}$$

(2)

Onde:

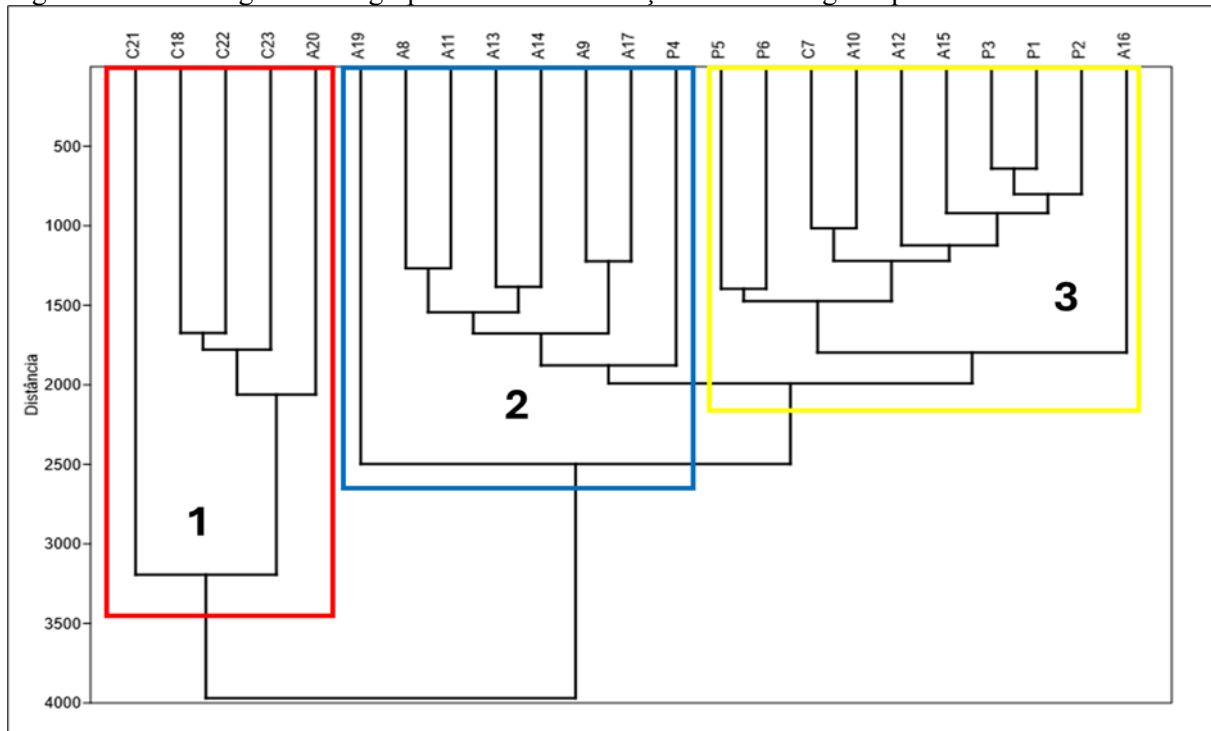
X_i = São os “i” valores do Grupo A;

X_j = São os “j” valores do Grupo B;

p = é a quantidade de valores a serem comparados.

O dendrograma evidencia padrões espaciais distintos nos agrupamentos de municípios da RPSMT. Os três *clusters* principais identificados (1, 2 e 3) revelam uma organização geográfica clara: o *Cluster 1* (azul) engloba municípios do norte e sudoeste; o *Cluster 2* (verde) concentra-se na porção central; e o *Cluster 3* (amarelo) predomina no sul e leste, demonstrando gradientes pluviométricos longitudinais no território.

Figura 15 – Dendrograma do agrupamento das 23 estações meteorológicas/pluviométricas.



Fonte: *Past 5.2. Org. Araújo (2023)*.

A técnica empregada confirmou-se como instrumento imprescindível para a segmentação de dados climáticos, subsidiando decisões precisas em estudos hidrológicos. Posteriormente, procederam-se à organização e análise das estatísticas descritivas, complementando a abordagem multivariada e a validação das séries históricas pluviométricas.

4.4 Análise Estatística Descritiva

A análise estatística descritiva serviu, principalmente, para analisar os padrões e as variabilidades anuais, mensais e sazonais (verão, outono, inverno e primavera) das

precipitações na Região Sudoeste de Mato Grosso. Esta etapa envolveu medidas de tendência central, dispersão, assimetria, normalidade e correlação, além de testes para identificar tendências temporais. As principais análises estatísticas foram realizadas com o suporte dos *softwares* R e *Microsoft Excel*®. Por sua vez, o *Jamovi* (versão 2.4.14) foi empregado para a obtenção de algumas estatísticas descritivas, além do teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e das matrizes de correlação *Spearman*. O *XLSTAT*™ foi utilizado para realizar o teste de homogeneidade (Pettitt) e o *software Past* (versão 5.2.2) auxiliou a análise de dados não paramétricos e agrupamentos (conglomerados ou análise de *cluster*¹³).

A média aritmética foi a principal medida de tendência central empregada na análise dos padrões de precipitação, representando o valor central das séries temporais. Por sua vez, a análise da variabilidade usou o cálculo do desvio padrão (DP) e do coeficiente de variação (CV), pois enquanto o DP mede a dispersão absoluta dos dados em torno da média, o CV expressa a dispersão relativa, permitindo comparações entre diferentes conjuntos de dados ou períodos (Medeiros et al., 2016; Casaroli et al., 2018; Costa; Blanco, 2018). Por conseguinte, classificou-se o *Coefficiente de variação* da seguinte forma:

- ✓ $CV \leq 15\%$ - Variabilidade baixa (ex.: estações em regiões planas com chuvas regulares);
- ✓ $15\% < CV < 30\%$ - Variabilidade moderada (ex.: áreas de transição entre biomas);
- ✓ $CV \geq 30\%$ - Variabilidade alta (ex.: regiões montanhosas ou próximas a corpos d'água).

Ainda foi calculado o Coeficiente de Determinação (r^2). Para calcular o coeficiente de correlação de Pearson (r), utiliza-se a seguinte Equação (3):

$$r = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{[\sum(x_i - \bar{x})^2 * \sum(y_i - \bar{y})^2]}} \quad (3)$$

Onde x_i e y_i representam os valores individuais das variáveis x e y , respectivamente; e \bar{x} e \bar{y} são as médias dessas variáveis.

Em conjunto com o Coeficiente de Correlação de Pearson (r), com vistas a verificar a precisão e a capacidade dos modelos de expressar a variabilidade dos dados, o coeficiente de determinação (r^2) é obtido elevando ao quadrado o coeficiente de correlação de Pearson (r) na seguinte Equação 4:

¹³ Técnica com o objetivo de agrupar objetos similares em conjuntos ou *clusters*.

$$r^2 = r * r \quad (4)$$

Este valor indica a proporção da variabilidade na variável dependente explicada pela variabilidade na variável independente.

Também foi observada a assimetria (AS) para identificar desvios da normalidade. Por outro lado, o teste de normalidade das séries foi realizado através do método de Shapiro-Wilk no *software Jamovi*, que compara a distribuição dos dados com uma curva normal teórica para os dados. As hipóteses foram:

- ✓ H_0 – Os dados seguem distribuição normal ($p > 0,05$);
- ✓ H_a – Os dados não são normais ($p \leq 0,05$).

O teste de normalidade Shapiro-Wilk é amplamente adotado para verificar se os dados seguem uma distribuição normal, pois se trata de uma premissa fundamental em diversas análises estatísticas (Oliveira, 2019). Para as amostras pequenas ($n \leq 30$), esse teste é considerado mais preciso e sensível a desvios *sutis* em comparação com outros, Minaki (2024) utilizou tanto o teste de Shapiro-Wilk quanto o de Lilliefors, uma adaptação do Kolmogorov-Smirnov, e observou que, na maioria dos casos, os resíduos apresentaram distribuição normal, permitindo o uso da regressão linear simples para a análise de tendências.

Neste sentido, 43% das estações analisadas rejeitaram H_0 ($p < 0,05$), indicando distribuições não normais, resultado esperado em séries pluviométricas que, frequentemente, incluem eventos extremos. Desta forma, procedeu-se com a realização do teste de Mann-Kendall, amplamente empregado em estudos de tendências estatísticas como descrito por Pinheiro, Graciano e Severo (2013). Este avalia a presença de tendência monotônica (crescente ou decrescente) em uma série de dados Y_i com N termos ($i = 1, \dots, N$), o teste envolve o cálculo da estatística S especificado na Equação 5.

$$s = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sgn}(Y_j - Y_i) \quad (5)$$

Onde:

$$\text{sgn}(Y_j - Y_i) = \begin{cases} +1, & \text{se } Y_j - Y_i > 0, \\ 0, & \text{se } Y_j - Y_i = 0, \\ -1, & \text{se } Y_j - Y_i < 0. \end{cases}$$

A variância da estatística S é calculada considerando empates (valores iguais) na série, conforme a Equação 6:

$$Var(s) = \frac{N(N-1)(2N+5) - \sum_t t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (6)$$

em que t_p representa o número de empates em cada grupo de valores iguais.

Por fim, o valor padronizado de S , denominado estatística Z , é obtido para avaliar a significância da tendência, Equação 7:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}, & se S > 0, \\ 0, & se S = 0, \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}, & se S < 0. \end{cases} \quad (7)$$

Os valores de Z positivos indicam tendência crescente; e, os negativos, tendência decrescente, sendo o nível de significância de 5% definido com base nos valores críticos da distribuição normal padrão. Além do princípio do teste não paramétrico de Mann-Kendall, cuja aplicação serviu para avaliar a tendência temporal nas séries de dados das estações selecionadas. As hipóteses testadas foram as seguintes: H_0 - Ausência de tendência e H_1 - presença de tendência monotônica (crescente e decrescente).

- ✓ $Z < -1,96$ – Tendência negativa (rejeição de H_0);
- ✓ $-1,96 \leq Z \leq 1,96$ – Sem tendência (H_0 válida), não rejeitar H_0 ;
- ✓ $Z > 1,96$ – Tendência positiva (rejeição de H_0).

O teste de Mann-Kendall, recomendado pela OMM, trata-se de um método não paramétrico amplamente usado em Hidrologia e Climatologia para identificar tendências monotônicas em séries temporais, sem exigir normalidade dos dados e sendo robusto a *outliers* (Ayanlade; Atai; Jegede, 2019; Baldo, 2021; Brito et al., 2022). Sua estatística S compara diferenças entre valores sequenciais, permitindo detectar variações em precipitação e dias chuvosos (Souza et al., 2020; Lima; Penner, 2024).

O teste de Pettitt, derivado do Mann-Whitney, é indispensável para identificar pontos de mudança em séries pluviométricas e detectar alterações nas tendências climáticas (Cera; Ferraz, 2015; São José et al., 2022). A título de exemplo, pode identificar uma transição de

variáveis entre distribuições normais, como de $N(0,1)$ para $N(0,3)$. O teste localiza rupturas específicas ao calcular a mediana M da série temporal (Equação 8) X_1, X_2, \dots, X_n , e determinar o ponto de ruptura K , onde a soma dos *ranks* acima e abaixo da mediana é maximizada (Back, 2001). Assim, o teste de Pettitt é essencial para detectar mudanças significativas em séries de precipitação.

Ainda no âmbito dos procedimentos estatísticos, foi empregada a correlação de *Spearman* (r_s), uma medida não paramétrica usada como alternativa à correlação de Pearson. Essa escolha deve-se à ausência de normalidade na distribuição dos dados, sendo a técnica adequada para avaliar associações monotônicas entre as variáveis analisadas. Calculada pela Equação 9:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (9)$$

Onde d_i é a diferença entre os *ranks* de x_i e y_i , cuja interpretação segue:

- ✓ $0,6 \leq |r_s| \leq 1$ – Correlação forte (ex.: relação entre altitude e precipitação);
- ✓ $0,3 \leq |r_s| < 0,6$ – Correlação moderada (ex.: temperatura e evaporação);
- ✓ $0 < |r_s| < 0,3$ – Correlação fraca (ex.: umidade relativa e vento).

No *software Jamovi*, a matriz de correlação entre 42 estações revelou $r_s = 0,780$ entre Porto Azeite e Comodoro, indicando sincronia pluviométrica devido à proximidade geográfica. Para amostras grandes ($n = 42$), o valor crítico de r_s foi calculado como a Equação 10:

$$\text{Valor crítico} = \pm 1,96 \sqrt{42 - 1} = \pm 0,314 \quad (10)$$

As correlações acima de $|0,314|$ foram consideradas estatisticamente significativas ($\alpha = 0,05$). Na região de rejeição ($r_s \geq 0,314$) destacou relações relevantes, como $r_s = 0,520$ entre precipitação e cobertura vegetal no Pantanal.

A correlação de *Spearman* foi utilizada para identificar tendências nas séries temporais de precipitação, sem exigir pressupostos sobre a distribuição dos dados (Avino et al., 2024). O método também foi aplicado para analisar relações não lineares entre a duração média, o *déficit* de secas e a profundidade da precipitação, sendo uma alternativa ao coeficiente de Pearson, por considerar a correlação entre *rankings* das variáveis (Majid; Fethi, 2024). Além de detectar tendências em diferentes regiões, o teste demonstra ser eficaz para avaliar relações, inclusive quando não são perfeitamente lineares, proporcionando uma compreensão mais ampla da variabilidade climática da região.

Os *quantis*, também chamados de *percentis*, são extraídos de dados ordenados e dividem a distribuição em intervalos iguais, sendo básicos para se estabelecer os anos-padrão. Isensee, Pinheiro e Detzel (2021) utilizaram essa abordagem para modelarem as séries temporais hidrológicas, enfatizando a identificação de valores extremos, como vazões máximas. A posição do quantil Q_p é calculada conforme a Equação 11:

$$Q_p = Y_i + (p \cdot (N + 1) - 1) \times [Y_{(i+1)} - Y_{(i)}] \quad (11)$$

Onde:

Q_p = valor do quantil correspondente à probabilidade p ;

$Y_{(i)}$ = valor ordenado da amostra na posição i ;

N = número total de observações;

p = probabilidade associada ao quantil (por exemplo, 0,25; 0,50; 0,75).

Assim, para a análise pluviométrica, consideram-se:

Q_{25} (ou P25) – anos secos (25% menores valores);

Q_{50} (ou P50) – anos habituais (valor central da distribuição);

Q_{75} (ou P75) – anos chuvosos (25% maiores valores).

Essa técnica permite estimar valores que provavelmente serão superados em determinado período, sendo essencial para a análise de eventos extremos na hidrologia (Isensee, Pinheiro e Detzel, 2021). Com efeito, Lima et al. (2023) enfatizam a validade de sua aplicação na análise da variabilidade espacial, especialmente para descrever voçorocas na bacia do rio Pandeiros, auxiliando na identificação de padrões geomorfológicos e litológicos. Acrescente-se que, ao ser combinada com métodos, como a Máxima Verossimilhança (MLE), a técnica dos *quantis* melhora a precisão e robustez das estimativas.

O Teste de Fisher identifica a sazonalidade pela maior frequência no espectro de potência, com significância avaliada pelo teste G . Para Silva, Souza e Azevedo (2012), a verificação da significância estatística é fundamental na análise de tendências climáticas, sendo expressa por valores de *p-value* que indicam a confiabilidade dos resultados. A transformação Z de Fisher assegura que a correlação (r) siga uma distribuição normal, sendo útil para a avaliação de componentes sazonais em séries temporais. A Equação 12 expressa essa transformação:

$$z = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right) \quad (12)$$

O Teste de Fisher foi utilizado para identificar a sazonalidade por meio da frequência de maior valor no espectro de potência (Menezes-Filho, 2020), com a significância avaliada pelo teste G . A transformação Z de Fisher garante que a correlação (r) siga a distribuição normal, essencial na análise sazonal. A regressão linear múltipla, proposta por Tabony (1983), como método de preenchimento de falhas com base na correlação entre estações, como destacado por Bier e Ferraz (2017). Em paralelo, o cálculo mensal classifica as estações vizinhas pelo coeficiente Z e intervalo de confiança de 95%. Desse modo, diferentes técnicas estatísticas foram obtidas pelos testes de *Mann-Kendall*, *Shapiro-Wilk*, *quantis* e *Fisher*, sendo a última utilizada apenas como exemplo para a definição da quantidade de classes na interpolação, enquanto as demais foram aplicadas para compreender os padrões e a variabilidade da precipitação e tendências na investigação.

4.5 Modelagens e Validação na Geoestatística

A ação humana, por meio da urbanização, de mudanças no uso da terra e de alterações paisagísticas, altera os padrões espaciais e a variabilidade temporal das chuvas, com repercussões ambientais e socioeconômicas adversas (Aerts et al., 2018; Medeiros et al., 2021). Em áreas com poucos postos de medição local de dados se tornam extremamente importantes modelagens espaciais e técnicas de geoestatística para inferência de informações e quantificar incertezas (Isaaks; Srivastava, 1989; Vieira, 2000; Huang et al., 2021).

Bastante empregado em estudos da Climatologia, a técnica de interpolação se baseia na inferência e extrapolação espacial de dados pontuais, valendo-se em diferentes métodos, tais como o *Inverse Distance Weighting* (IDW), a Regressão Simples/Múltipla e a *Krigagem Ordinária* (Xavier; King; Scanlon, 2016). Portanto, a escolha do interpolador adequado exige uma análise criteriosa da natureza dos dados e de sua distribuição espacial, evitando homogeneizações inadequadas (Perin et al., 2015; Silva et al., 2018).

O IDW, por exemplo, baseia-se na premissa de que valores próximos geograficamente tendem a ser similares, permitindo estimar atributos em locais não demonstrados a partir de pontos vizinhos (Macedo, 2019). Conforme Gomes, Zaidan e Rocha (2022), esse método, embora simples, é eficaz ao integrar amostras centrais e ponderar distâncias. De fato, mostrou-se eficiente em certas aplicações, como disposto por Silva et al. (2008) e Macedo (2019), sendo escolhido no estudo para representar a variação espacial das tendências de precipitação (valores de *p-valor*) em estações selecionadas para essa finalidade. No entanto, ao aplicá-lo para representar as variabilidades anuais, mensais e sazonais das chuvas na RPSMT, o IDW não

produziu resultados eficazes devido ao maior número de pontos, sendo levado em consideração o emprego do método de krigagem ordinária como melhor alternativa.

A krigagem corresponde a um método geoestatístico que prevê valores em locais não amostrados via ponderação de dados espaço-temporais. A sua variante universal (USK) incorpora tendências lineares, aprimorando a precisão em áreas com dados esparsos. A técnica usa autocorrelação e covariáveis, aplicando-se à correção de vieses, como em estudos isotópicos de precipitação (Erdélyi et al., 2023; Ruff; Himmelbauer, 2025), fundamenta-se na teoria das variáveis regionalizadas, pressupondo uniformidade estatística na variação espacial (Araújo; Barros; Dutra, 2023). Apesar de eficaz, alerta-se para erros associados à qualidade dos dados, exigindo validação rigorosa do método.

Desse ponto de vista, a escolha entre krigagem simples e ordinária baseou-se no percentual entre desvio padrão e média: valores abaixo de 10% indicavam krigagem simples, enquanto acima de 10% (como observado em todos os anos da série), recomendava-se a Ordinária (Landim, 2000). O Índice de Dependência Espacial (IDE), desenvolvido por Zimback (2001), que classifica a dependência espacial da concentração ou uniformidade da precipitação durante período. Esse índice permite identificar o quanto a chuva se distribui de forma homogênea ou concentrada em determinados períodos sazonais. A expressão do IDE é dada pela Equação 13:

$$IDE = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{12} \left| \frac{P_i}{P_t} - \frac{1}{12} \right| \quad (13)$$

Onde:

P_i = precipitação média do mês i ;

P_t = precipitação total anual;

$\frac{1}{12}$ = fração correspondente à distribuição uniforme mensal da precipitação durante o ano.

$IDE_2 = 0$ independência espacial ou efeito pepita puro (nula);

$IDE_2 \leq 25\%$ fraca dependência espacial (fraca);

$25\% < IDE_2 < 75\%$ moderada dependência espacial (moderada);

$75\% \leq IDE_2 \leq 100\%$ forte dependência espacial (forte).

O valor de IDE varia de 0 a 1, sendo: $IDE \approx 0 \rightarrow$ distribuição uniforme das chuvas durante o ano; $IDE \approx 1 \rightarrow$ distribuição altamente concentrada em poucos meses (forte sazonalidade).

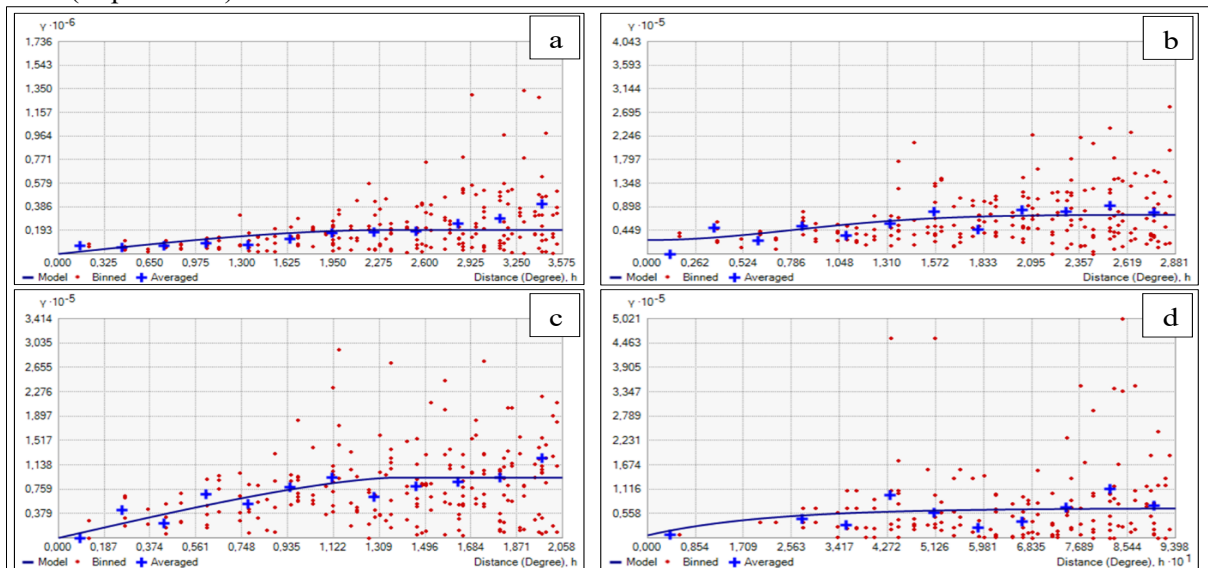
Antes da interpolação, *outliers* foram removidos segundo critérios de *boxplot* (valores além de 1,5 vezes o intervalo interquartil) (Jardim; Moura, 2018), excluindo até 10% dos dados de quatro estações pluviométricas coletados ao longo de 23 anos. Essa etapa reduziu distorções, normalizando a série temporal (Paulino et al., 2022; Ferreira; Mattos, 2021). A acurácia da interpolação foi validada por métricas como RMSE (Equação 14) e BEM (Equação 15). Sendo ideal MBE próximo de zero (Alves; Vecchia, 2011). O modelo com menor diferença entre RMSE e Erro Médio Padrão (ASE) foi selecionado como mais preciso (Furtado; Pereira; Castro, 2017).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2} \quad (14)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - O_i) \quad (15)$$

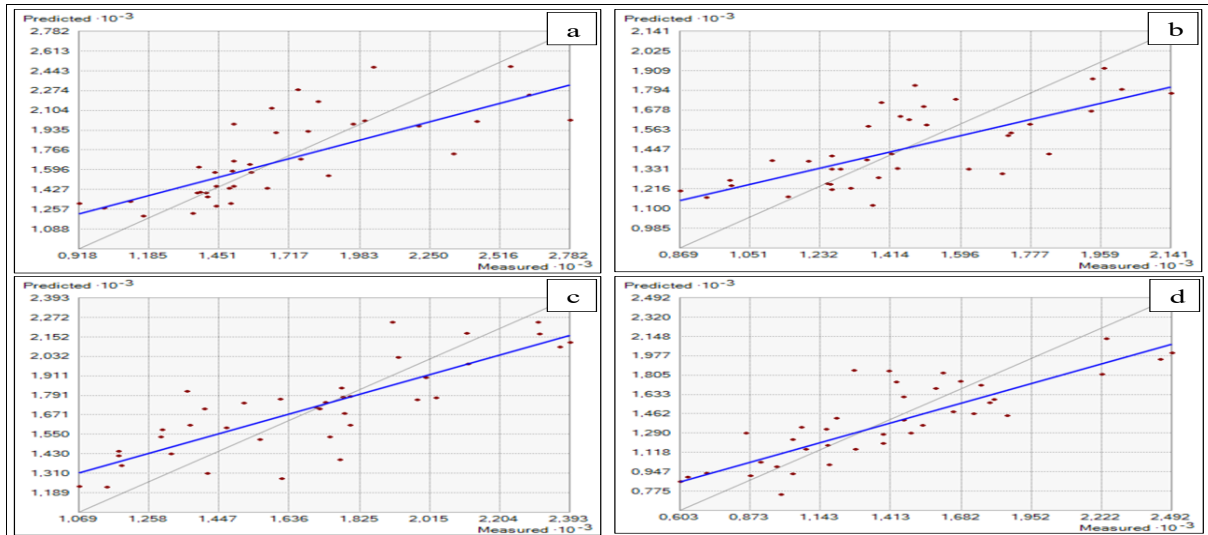
Exemplos de semivariogramas e validação cruzados (Figuras 16 e 17) ilustram a dependência espacial e anisotropia dos dados, indispensáveis para atribuir pesos adequados e garantir estimativas confiáveis em áreas não amostradas (Cressie, 1991; Yamamoto; Landim, 2015). Essa abordagem combinou rigor matemático e adaptação contextual, reforçando a Krigagem como ferramenta vital para análises climáticas. Além de representar os parâmetros utilizados na interpolação, sendo *circular*, *esférico*, *exponencial* e *gaussiano*.

Figura 16 – Semivariogramas anos: (a) 2006 (Esférico); (b) 2007 (Gaussiano); (c) 2014 (Circular) e (d) 2022 (Exponencial).



Fonte: ArcGis 10.8. Org. Araújo (2024).

Figura 17 – Validação Cruzadas anos: (a) 2006 (Esférico); (b) 2007 (Gaussiano); (c) 2014 (Circular); e (d) 2022 (Exponencial).



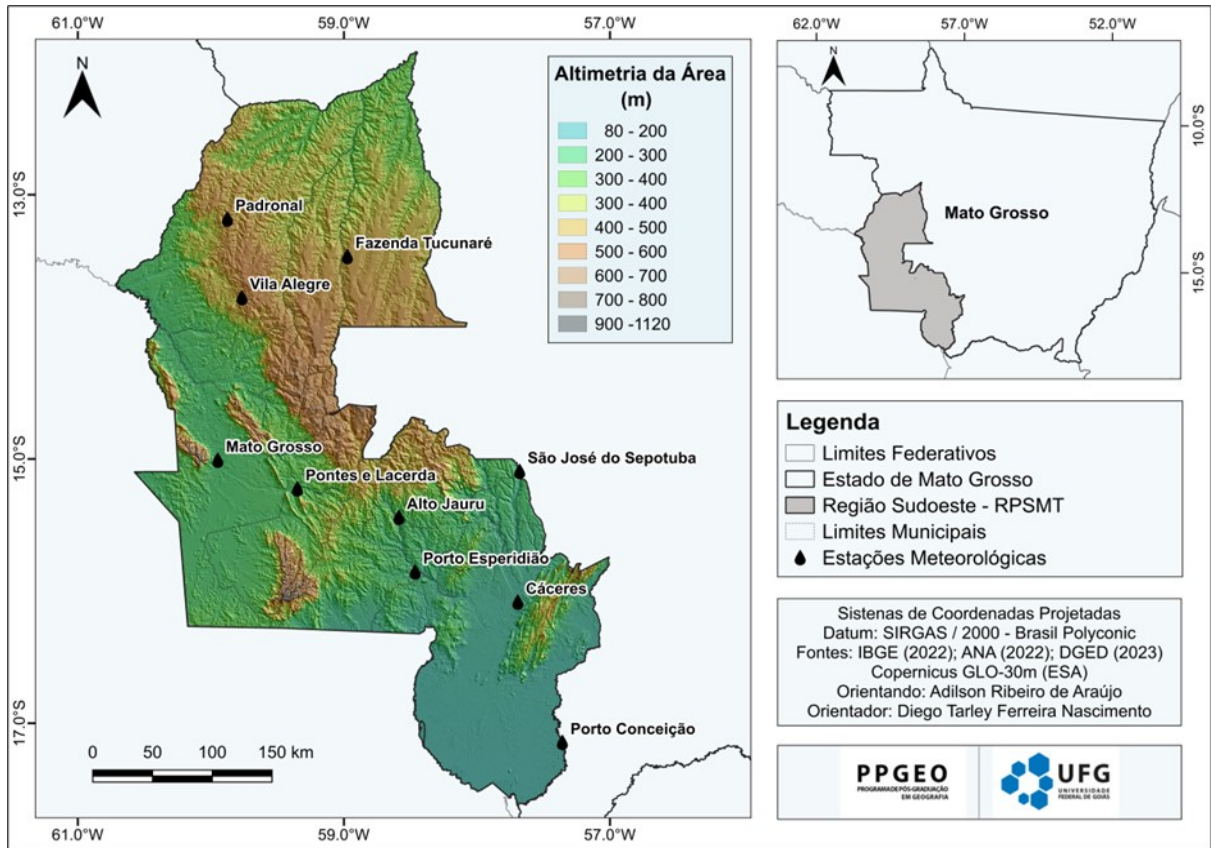
Fonte: ArcGis 10.8. Org. Araújo (2024).

Para analisar a variabilidade pluviométrica da RPSMT (2000-2022), foram gerados mapas de precipitação anual, sazonal e mensal com dados da ANA. Após a análise de normalidade e validação cruzada, em alguns casos, quatro das 42 estações pluviométricas foram excluídas para corrigir discrepâncias. No entanto, o método IDW foi aplicado apenas a dez estações na área de estudo; e nenhuma estação foi removida na análise da tendência pluviométrica. A *Krigagem Ordinária*, implementada no ArcGIS, permitiu criar cartas de isoietas, representando a distribuição espacial da chuva no Sudoeste de Mato Grosso. A abordagem geoestatística, com realce para a análise variográfica, mostrou-se valiosa para entender a variabilidade da precipitação.

4.6 Cálculo dos Índices de Tendência Pluviométrica

Para a análise das tendências das chuvas na área em estudo foram empregados dados diários para dez estações da ANA, compreendendo a série temporal definida anteriormente, de 1980 a 2022 (Figura 18). Foram priorizadas estações distribuídas nos três biomas (Pantanal, Cerrado e Amazônia) e duas bacias hidrográficas (Paraguai e Amazônica) presentes na área em estudo, assegurando a heterogeneidade espacial. O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a normalidade dos dados, mas inconsistências foram identificadas devido a falhas e ao uso do código -99,9, contudo, sem comprometer a plotagem no *software RClimdex*. Este *software* também suporta a configuração de índices adicionais com parâmetros personalizados pelo usuário (Zhang; Yang, 2004).

Figura 18 – Localização das estações meteorológicas da ANA para as tendências de precipitação.



Fonte: Org. Araújo (2024).

A análise da tendência das chuvas se baseou no cálculo dos índices desenvolvidos pelo *Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices* (ETCCDMI) da Organização Mundial de Meteorologia (OMM), para detectar tendências e eventos extremos climáticos em séries temporais (Karl; Nicholls; Ghazi, 1999; Peterson et al., 2001). Dentre os 27 índices relacionados à temperatura e à precipitação apresentados pelo ETCCDMI/OMM, foram efetivamente empregados no presente estudo apenas 5, relacionados ao parâmetro precipitação, conforme exibido no Quadro 4.

Quadro 4 – Índices climáticos de precipitação pluviométrica diária na área em estudo.

Índice	Nome do Indicador	Equação	Definição	Unidade
PRCPTOT	Precipitação total anual em dias úmidos	$= \sum_{i=1}^1 RR_{IJ} \quad (16)$	Precipitação total anual nos dias úmidos ($RR \geq 1\text{mm}$)	mm
SDII	Índice simples de intensidade diária	$= \frac{\sum_{w=1}^W RR_{wj}}{w} \quad (17)$	Precipitação média para dias com chuva ($RR \geq 1 \text{ mm}$)	mm/dia ¹
CDD	Dias Consecutivos Secos	$RR_{ij} < 1\text{mm} \quad (18)$	Número máximo de dias consecutivos com precipitação inferior ($RR \geq 1\text{mm}$)	dias
CWD	Dias Consecutivos Úmidos	$RR_{ij} > 1\text{mm} \quad (19)$	Número máximo de dias consecutivos com precipitação superior ($RR \geq 1 \text{ mm}$)	dias
R10mm	Número de dias com precipitação superior a 10 mm	$RR_{ij} \geq 10 \text{ mm} \quad (20)$	Número de dias no ano com precipitação ($RR_{IJ} \geq 10\text{mm}$)	dias

Fonte: ETCCDMI (2022). Org. Araújo (2024).

Os índices CDD e CWD quantificam, respectivamente, a duração dos períodos secos e chuvosos, considerando-se um limiar diário ≥ 1 mm. O índice PRCPTOT representa a precipitação total anual acumulada. Por sua vez, o índice R10mm contabiliza o número de dias com precipitações superiores a 10 mm, ao passo que o SDII calcula a média diária da precipitação considerando apenas os dias com volume pluviométrico ≥ 1 mm. Tais índices constam na literatura científica internacional (Manton et al., 2001; Vicent et al., 2005; Alexander et al., 2006; Haylock et al., 2006; Toreti; Desiato, 2008; Herrera; Pinzón, 2012; Skansi et al., 2013; Wang et al., 2017; Rahman; Senkbeil; Kellings, 2023) etc.; e nacional (Santos et al., 2006; Rebello et al., 2008; Santos et al., 2009; Almeida, 2012; Silva et al., 2015; Almeida et al., 2016; Zandonadi et al., 2016; Silva; Montenegro; Souza, 2017; Neves, 2018; Silva; Ely; Fortin, 2020; Nascimento, 2021), entre outros.

O cálculo dos índices foi realizado na interface *RClimDex*, integrada à linguagem computacional R (versão 4.4.1), utilizando as Equações de 16 a 20 apresentadas no Quadro 3. Esse procedimento seguiu as recomendações de Zhang e Yang (2004) e Zhang et al. (2005), posteriormente complementadas por Lima e Armond (2022), que indicam o uso do código -99,9 para representar falhas ou ausências nos dados. O *script RClimDex* gera automaticamente os níveis de significância empregados na análise das tendências dos índices. Resultados com significância ao nível de 5% ($p \leq 0,05$) foram classificados como de “alta significância”, e aqueles com 10% ($p \leq 0,10$) como de “boa significância” (Miola; Miot, 2021; Bastos et al., 2023). As tendências identificadas foram categorizadas em seis grupos, de acordo com sua presença e direção (positiva ou negativa), ou ausência de significância estatística, denominadas “sem significância”.

O *RClimdex* gera, para todos os índices, estatísticas como tendência linear (método dos mínimos quadrados), nível de significância (*p-valor*), coeficiente de determinação (r^2), erro padrão e gráficos anuais (Souza; Azevedo, 2012). Além disso, nos resultados geoestatísticos foram interpolados para os valores extremos através do método de Ponderação pela Distância Inversa (IDW), acarretando um erro quadrático médio (EQM) de 0,215. Com base nesses dados, foram elaborados mapas temáticos da espacialização dos resultados e uma tabela com as tendências anuais, considerando *p-valor*, coeficiente angular (*Slope*) e direção da tendência em cada estação.

De mesmo modo, o teste de Shapiro-Wilk foi aplicado, por intermédio do *software* Jamovi, para verificar a normalidade dos dados, conforme demonstrado pela Equação 21. O teste Shapiro-Wilk é amplamente adotado para verificar se os dados seguem uma distribuição normal, pois se trata de uma premissa fundamental em diversas análises estatísticas (Oliveira,

2019). Para as amostras pequenas ($n \leq 30$), esse teste é considerado mais preciso e sensível a desvios sutis em comparação com outros.

$$SW = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (21)$$

Onde:

W = estatística do teste de Shapiro-Wilk;

$Y_{(i)}$ = valores ordenados da amostra (do menor para o maior);

\bar{Y} = média amostral;

a_i = coeficientes calculados a partir da média e covariância dos valores esperados das ordens de uma amostra de tamanho n proveniente de uma distribuição normal padrão. Com significância do teste que é obtida através do *valor-p*:

H_0 – Se $p > 0,05 \rightarrow$ não se rejeita a hipótese de normalidade;

H_a – Se $p \leq 0,05 \rightarrow$ rejeita-se a hipótese de normalidade, distribuição não normal.

A análise estatística ainda compreendeu o teste de Pettitt (1979), derivado do Mann-Whitney, fundamental para identificar pontos de mudança em séries pluviométricas e detectar tendências climáticas (Cera; Ferraz, 2015; São José et al., 2022). O teste localiza rupturas específicas ao calcular a mediana M da série temporal (Equação 22) X_1, X_2, \dots, X_n , e determinar o ponto de ruptura K , onde a soma dos *ranks* acima e abaixo da mediana é maximizada (Back, 2001).

Além disso, recorreu-se à análise de assimetria e curtose para identificar eventos extremos na região Sudoeste de Mato Grosso. A assimetria expressa o desvio da distribuição em relação à média, indicando concentração à direita ($Sk > 0$, *anos chuvosos*), à esquerda ($Sk < 0$, *anos secos*) ou simetria ($Sk \approx 0$). Trata-se de um parâmetro fundamental para caracterizar as séries de precipitação e avaliar a inclinação da distribuição, especialmente em estudos sobre extremos climáticos (Back; Bonfante, 2021; Bonfante, 2021; Queiroz; Chaudhry, 2006). O cálculo de assimetria (*Skewness*) encontra-se apresentado na Equação 23:

$$S = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^3 \quad (23)$$

Onde:

n = número de observações (anos de dados).

x_i = valor da observação (por exemplo, total anual de chuva).

\bar{x} = média dos valores.

s = desvio-padrão amostral.

Por sua vez, a curtose avalia a extensão da concentração dos dados em relação à média, indicando o modo ou a “elevação” da distribuição. Com efeito, Queiroz e Chaudhry (2006) examinaram a “massa” das caudas de distribuição, fornecendo informações sobre o potencial de ocorrência de eventos extremos mais graves. Quando elevada ($k > 3$ – *leptocúrtica*), indica uma distribuição mais pontiaguda, com forte concentração de valores próximos à média e maior ocorrência de extremos. Em contrapartida, a curtose baixa ($k < 3$ – *platicúrtica*) revela uma distribuição mais plana, com valores mais dispersos e menor frequência de extremos. Já a curtose normal ($k = 3$ – *mesocúrtica*) apresenta formato semelhante ao da distribuição normal, com equilíbrio entre valores centrais e extremos. O cálculo da curtose (*Kurtosis*, K) é expresso na Equação 24:

$$k = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (24)$$

O expoente 4 mede o grau da concentração dos valores ao redor da média, bem como a espessura dos apêndices (extremos). Onde a *Se* $K > 3$: distribuição *leptocúrtica* (pontiaguda, com caudas longas); *Se* $K = 3$: mesocúrtica (semelhante à normal) e *Se* $K < 3$: *platicúrtica* (plana, com caudas curtas).

Sendo considerados diversos parâmetros, inclusive o coeficiente angular da regressão linear, a significância estatística (*p-valor*), o coeficiente de determinação (r^2), o erro padrão, o coeficiente de assimetria, o desvio padrão, a curtose e o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Os dados foram organizados em planilhas; e, em seguida, analisados no *software R*, com o uso do *RClimDex* para a geração dos índices climáticos. Em seguida, aplicou-se a geoestatística para a espacialização dos resultados, o que possibilitou a análise das tendências das chuvas na área em estudo.

4.7 Método de Seleção dos Anos-Padrão para a Análise do Ritmo das Chuvas

Na implementação da metodologia de recorte para a identificação de anos-padrão, três anos distintos foram extraídos do conjunto de dados de precipitação abrangendo uma estrutura temporal de 23 anos (2000-2022), que exemplifica diversas circunstâncias típicas e atípicas de chuvas (úmidas e áridas) pertinentes à região em exame. Em consonância, portanto, com os princípios delineados na análise rítmica apresentada por Monteiro (1971): típica, seca e chuvosa. Esse processo de seleção foi baseado em registros de precipitação derivados de 23

estações de observação meteorológica, que abrangiam o RPSMT e 19 estações adicionais situadas em locais vizinhos, anteriormente mencionado.

Para a seleção dos anos-padrão foram, inicialmente, testados alguns métodos consagrados para classificação de anos habituais e excepcionais das chuvas, como os de Schröder (1956) e Tavares (1976), empregados por Zandonadi (2013), Souza e Silva (2013), Borsato e Mendonça (2015), Nascimento, Souza-Neto e Nunes (2015) e Nascimento; Souza; Silva (2019), como exemplos.

Todavia, optou-se por empregar no presente estudo o método inicialmente proposto por Pinkayan (1966) por estabelecer as ordens *percentis* de cinco classes de precipitação $p = 0,15, 0,35, 0,65$ e $0,85$, permitindo a categorização dos acumulados anuais de precipitação em cinco categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso. A técnica de *quantis* é comumente utilizada na literatura para selecionar anos-padrão representativos de séries históricas, permitindo comparações climáticas mais precisas e evitando distorções (Nascimento, Souza-Neto, Nunes, 2015; Silvestre, 2016; Santos et al., 2016; Nguyen-Huy et al., 2022). Além disso, Rocha e Nascimento (2018) corroboram sua relevância para as análises climáticas, uma vez que permite a divisão dos dados em subgrupos uniformes conforme a distribuição de probabilidade.

Posteriormente, Xavier, Silva e Rebello (2002) validaram sua eficácia na classificação das alturas pluviométricas, a partir do estabelecimento dos percentis: P0,5 (representando os 5% anos muito secos); P0,5 a P0,25 (referente aos anos tendentes a seco); P0,25 a P0,75 (abrangendo 50% dos registros anuais, portanto, os habituais); P0,75 a P0,95 (correspondem aos anos tendentes a chuvosos); e P0,95 (indicando os 5% anos muito chuvosos). Contudo, para uma simplificação da análise, essas cinco classes foram condensadas em apenas três, a saber: habitual, seco (incluindo as classes de muito seco e tendente a seco) e chuvoso (agregando as classes de tendente a chuvoso e muito chuvoso).

Dentre os anos-padrão, 2011, observou-se a segunda maior proporção de condição habitual entre as 23 estações meteorológicas. Por esse motivo, tal ano foi escolhido como representativo da condição habitual, refletindo a regularidade do regime de chuvas e servindo como referência para comparação com os regimes excepcionais. Não obstante, o ano de 2014 foi selecionado para representar a condição chuvosa, uma vez que 42% das estações foram classificadas como chuvosas. Em contraste, o ano de 2020 representou a condição de seca, pois 30% das localidades foram, assim, classificadas, caracterizando um cenário de *déficit* hídrico generalizado na região. A Figura 19 ilustra os intervalos dos totais anuais de precipitação

calculados para a definição da condição habitual e excepcionalmente seca ou chuvosa para cada uma das estações selecionadas.

Figura 19 – Classificação dos totais anuais em classe referentes aos anos-padrão habitual, chuvoso e seco.

Nome das Estações	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Cáceres (DNPVN)	1138,9	1313,8	1028,6	1056,3	1154,5	1080,7	1366,3	1262,9	1325,8	1323,8	1338,3	1282,9	1326,9	1215,5	1716,9	941,8	950,1	1238,4	1248	943,5	918,1	1196,5	909,5
Cáceres (Centro)	1130,9	1361,2	973,9	1262	1135,6	1199,1	1404,2	1283,2	1325,8	1255,4	1346,5	1230,2	950,3	1210,9	1710,1	696,2	611,7	1180,9	1233,5	941,5	992,1	992,4	1036,7
Descalvados	1237,0	1305,2	969,2	843,4	1154,6	1004,3	1162,4	1384	1450,1	1300,6	977,4	1355,9	1088,1	1032,1	1770,4	926	1042,7	1338,3	1248,4	1006,1	808,7	1104,7	873,8
Flechas	1447	1366,7	1470,7	1110,7	1107,9	1064,6	1437,2	1431,2	1294,8	1194	1151,4	1174,9	1027,7	1181,3	1784,9	1413	1265	1168,7	1742,2	806,7	985,4	1480	2351,5
Destacamento da Corixa	1141,6	957,2	884,8	1342,5	1074,5	1351,2	1349,9	1251,7	1604,1	1271,5	950,6	1087,6	1276,4	1157,7	1289,2	420	584,1	977,1	692,6	380,8	860,1	1121,1	1175,3
Porto Conceição	1029	1035,6	927,7	942,6	1099,1	808,9	1012,4	1365,3	1259,6	1389,2	1260,3	1123,2	1229	613	1174,2	619,8	852,2	971,9	1225	577,9	704,4	903,5	629,2
Barranquinho	1198	1140,3	1397,9	1389,2	1309,9	1418,1	1501,2	1416,5	1362,3	1340,4	970,9	1297,2	1204,1	1056	2178,3	1217,3	1235,6	1455,6	1455,6	1137,9	1049,1	1142,8	1276,5
São José do Sepotuba	1561,1	1350,2	1470,7	1454,4	1259	1559,2	1862,5	1823,8	1477,1	1785,9	1245,7	1601,2	1593,5	1735,1	1800,7	1400,9	1427	1661,5	1498,7	1185,3	926,9	1499,7	1458,9
Colônia Rio Branco	1548,7	1803,3	1253,5	1682,0	1605,1	1256,2	1568,2	1351	1240	1200,1	803	1374,4	1549,9	1576,9	1801,4	1488,8	1368,6	1692,1	1469,9	1404,8	1070,9	1178,8	1166,2
Ponte Cabedal MT-125	1337,6	1316,4	1276,3	1452,8	1389,8	1247,9	1569,1	1260,8	1219,0	1238,9	1194,4	1418,8	1001	948,4	1408	1185,2	1169,8	1336,8	1273,2	1176,5	1042,9	1353,9	1036,5
Alto Jauru	1322,5	1412,9	1437,3	1402	1395,8	1167,4	1507	1256,8	1086,7	1527,3	1129,3	1612	1595,2	2346,7	1464,1	1427,1	1356,3	1573,2	1403,3	1488,8	822,5	1233,3	1382,2
Porto Esperidião	1314,7	1203	1224,8	1349,6	998,4	1197,6	1374,9	1261,1	900,3	851,8	797,1	1043,9	1291,8	1069,3	1415,3	764,2	921,9	1138,8	1077,6	748,9	736,5	1279,3	1168,6
Pontes e Lacerda	1220	1181,4	1012,4	1491,4	1145,6	1205,6	1401,2	1107,9	1186,3	1800,1	926,5	1378,8	1356,9	1356,6	1554,1	1113,9	1299,4	1325,8	1486,8	1900,7	1144,1	1594,6	1486,9
Mato Grosso	1252,3	1130,9	1132,1	1118,8	1111,9	1256,6	1485,5	1704,8	1167,3	1628,1	1160,2	1417,2	1171,9	1378,7	1746,5	1031,1	2114,5	1507,6	1461,5	1464,8	1216,5	1018,6	1533,4
Fazenda Areião	1100,4	1261,8	1107,8	827,7	953,1	1129,5	1496,1	1201,8	1048,6	1247,3	1072,9	1037,2	1123,9	1068,0	1365,7	783,7	1132,5	1214,6	1032,2	985,4	790,8	966,9	1068,8
Destacamento da Fortuna	1377,7	1531,9	722,7	1707,5	1815	1252,3	1109,9	1147,6	1141,3	2018,5	774,3	1092,5	1293,7	554,3	1180,9	779,4	1100,6	1562,9	1204,4	1209,5	891,4	1156,8	1087,8
Nova Lacerda	1491,2	2245,4	1060	1457,9	1648,2	1308,6	1369,2	1583,7	1284,5	787,6	878,5	1441,1	1361,3	1512,5	1767,8	1094,7	1170,1	1935,9	2010,7	1401,4	888,9	1543	1586
Vila Alegre	1827,4	1937,7	1983,5	2175,3	1605,2	1847,1	2003,9	2140,7	2008,9	2420,7	1849,1	1752,9	2241,9	1735,4	1915,1	2056,9	1824,8	1717	2297,4	2228,8	1304,6	1825,1	1758,8
Porto Azeite	1435,2	1129,1	1395,8	1395,2	1363,1	1326,1	1667,4	1388,7	1580	1865,9	1413,9	1263,8	1409	1651,9	2942	1877,1	1160,2	1624,9	1774,7	2070,2	1095,7	1098,8	1793
Padronal	2125	2246	1915,5	2315,4	1841,6	2197,5	2553,7	1938,5	2511,3	2021	2069	2140,4	2378,7	2533,8	2365,7	2218,7	2151,8	2354,9	2214,4	2325,9	1651,3	2110,5	1676,8
Fazenda Tucunaré	1751,8	1962,7	1787,5	1811,3	2159,1	2508,9	2782,1	2958,9	3283,2	3737	2657,5	2875,6	2257,5	1808,9	2306	1859,6	1687,3	1979,7	2191,4	2095,6	1304	1803,1	2223,7
Sperafico	1537,4	1715,8	1443,6	2105,6	1734,6	1848,9	1646,8	1932,1	1589,1	2353,2	2337,2	2083,9	2070,9	2561,5	2392,8	1804,7	1916,1	2084,2	2451	1877,2	1647,9	1753,2	1267,4
Bacaval	1554,9	1656,1	1620,8	1690,2	1555,6	1529,6	1748,7	1497,6	1810,5	1788,1	1535	1639,9	1509,5	1913,4	1776,7	1521	2121,3	2010,6	2121,4	1727,8	1497,6	1692,2	1614,7
Média Anual	1394,8	1460,2	1282,5	1451,5	1374,7	1381,1	1581,7	1519,6	1484,2	1623,7	1297,3	1466,3	1448,2	1444,3	1775,1	1245,3	1324,5	1524,0	1557,1	1351,6	1058,7	1349,9	1372,3
Mediana Anual	1337,6	1350,2	1253,5	1402,0	1309,9	1256,6	1496,1	1384,0	1325,8	1389,2	1180,2	1374,4	1326,9	1356,6	1767,8	1185,2	1235,6	1507,6	1461,5	1209,5	992,1	1233,3	1276,5
Máximo	2125,0	2246,0	1983,5	2315,4	2199,1	2508,9	2782,1	2958,9	3283,2	3737,0	2657,5	2875,6	2378,7	2961,5	2942,0	2218,7	2151,8	2354,9	2451,0	2325,9	1651,3	2110,5	2351,5
Mínimo	1029,0	957,2	722,7	827,7	953,1	808,9	1012,4	1107,9	900,3	787,6	774,3	1037,2	950,3	554,3	1174,2	420,0	584,1	971,9	692,6	380,8	704,4	903,5	629,2
Amplitude	1096,0	1288,8	1260,8	1487,7	1206,0	1700,0	1769,7	1851,0	2382,9	2949,4	1883,2	1838,4	1428,4	2007,2	1767,8	1798,7	1567,7	1383,0	1758,4	1945,1	946,9	1207,0	1722,3
Desvio Padrão	261,8	366,8	333,3	397,3	317,7	391,4	410,5	418,1	523,2	626,5	497,7	427,2	412,8	541,0	431,4	487,9	453,5	369,5	462,7	541,8	270,4	325,9	416,2
Coefficiente de Variação	18,8	25,1	26,0	27,4	23,1	28,3	26,0	27,5	35,3	38,6	38,4	29,1	28,5	37,5	24,3	39,2	34,2	24,2	29,7	40,1	25,5	24,1	30,3
Anos-Padrão		HABITUAL						CHUVOSO						SECO									

Fonte: ANA (2022). Org. Araújo (2023).

Portanto, a seleção dos anos de 2011, 2014 e 2020 como padrões para os regimes habitual, chuvoso e seco, respectivamente, baseia-se no predomínio dessas condições entre as estações e na clara distinção dos volumes de precipitação observados em cada um desses anos. Assim, os ajustes metodológicos realizados foram essenciais para garantir uma análise robusta da precipitação anual, sazonal e mensal. A utilização de planilhas facilitou a organização dos dados e a seleção dos anos-padrão, além de contribuir para a elaboração de mapas, tabelas e gráficos. Esses instrumentos se mostraram decisivos para aprimorar a compreensão dos padrões de chuva na região, proporcionando uma base sólida para futuras análises pluviométricas.

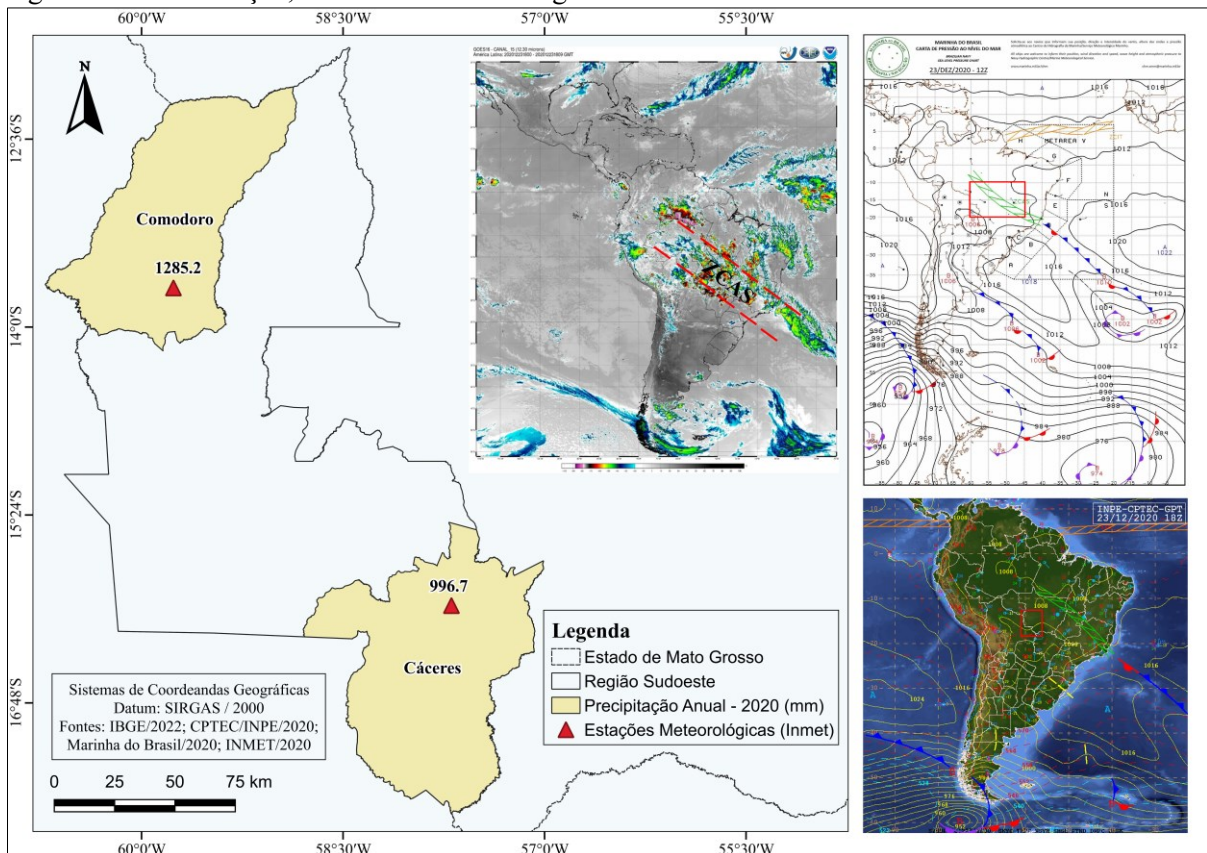
4.8 Tratamento de Dados e Elaboração dos Gráficos de Análise Rítmica

A última etapa dos procedimentos metodológicos, envolveu, efetivamente, a análise rítmica proposta por Monteiro (1964, 1971, 1973), consagrada perante a abordagem da Climatologia Geográfica, conforme respaldam Zavattini e Boin (2013), Borsato (2016), e Borsato e Massoquim (2020). Devido ao fato de buscar a percepção do “encadeamento,

sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados” (Monteiro, 1976, p. 30), a análise rítmica compreende a escala diária, a partir do recorte amostral de três anos-padrão, no presente estudo, os anos de 2011 (habitual), 2014 (chuvoso) e 2020 (seco).

Por esse motivo, foram empregados dados diários das estações meteorológicas de Cáceres (A941) e Comodoro (A913), administradas pelo Inmet, para a elaboração dos gráficos e a respectiva análise rítmica. A seleção das estações se baseou na representatividade dos dois tipos climáticos presentes na área em estudo: *Aw* (Cáceres) e *Am* (Comodoro), como demonstrado no capítulo de caracterização da área em estudo. A Figura 20 exhibe a localização das estações meteorológicas do Inmet utilizadas nessa etapa e exemplifica a atuação da ZCAS em 23 de dezembro de 2020, evidenciada pela interpretação conjunta da carta sinótica e das imagens de satélite, que registram a nebulosidade típica do fenômeno.

Figura 20 – Localização, cartas sinóticas e imagem de satélite do dia 23 de dezembro de 2020.



Fonte: IBGE (2022); MB (2020); Cptec-INPE (202); Inmet (2020). Org. Araújo (2024).

A Climatologia Geográfica e a análise rítmica requerem compreender a dinâmica atmosférica em escala diária, identificando a atuação dos sistemas atmosféricos na gênese dos tipos de tempo. Assim, esta etapa consistiu na elaboração dos gráficos de análise rítmica e na identificação dos sistemas sinóticos atuantes na área de estudo durante os três anos-padrão

(habitual, seco e chuvoso). Além dos dados diários de temperatura, precipitação, umidade, pressão e vento, foram analisadas 2.192 cartas sinóticas da Marinha do Brasil para reconhecer frentes, a Zona de Convergência do Atlântico Sul e massas de ar (mP, mEc, mTc e mTa). Paralelamente, cerca de 4.384 cartas e imagens de satélite nas faixas visível e infravermelha do GOES foram utilizadas para distinguir padrões de nebulosidade e temperatura do topo das nuvens associados aos diferentes sistemas e condições sinóticas.

Na identificação da ZCAS considerou sua persistência mínima de quatro dias, o alinhamento noroeste-sudeste e elevados valores de umidade atmosférica; frentes frias foram determinadas por gradientes térmicos e transições sinóticas, enquanto as massas de ar foram classificadas com base em padrões termo-higrométricos e na circulação regional.

Além disso, nesta classificação das nuvens, utilizaram-se os produtos MOD06-L2 e MYD06-L2 dos sensores MODIS (Terra e Aqua/Nasa), que fornecem a espessura ótica (COT) e a pressão no topo (CTP), parâmetros aplicados ao modelo ISCCP-D1 para distinguir nuvens altas, médias e baixas. Essa confiabilidade integra a de Kotarba (2015) que encontrou forte correlação entre ISCCP e MODIS ($\rho = 0,872$), sendo ainda maior nos períodos quentes ($\rho \geq 0,940$); enquanto Liang et al. (2017) demonstraram que a combinação dos dois métodos gerou estimativas consistentes da altura da base das nuvens com alta correlação ($r^2 = 0,860$).

Para melhor compreensão da dinâmica atmosférica e sua participação na distribuição das chuvas e na gênese e variação dos diferentes tipos de tempo, foram organizadas algumas representações cartográficas com a incorporação de cartas sinóticas e imagens de satélites de episódios característicos da atuação de distintos sistemas atmosféricos.

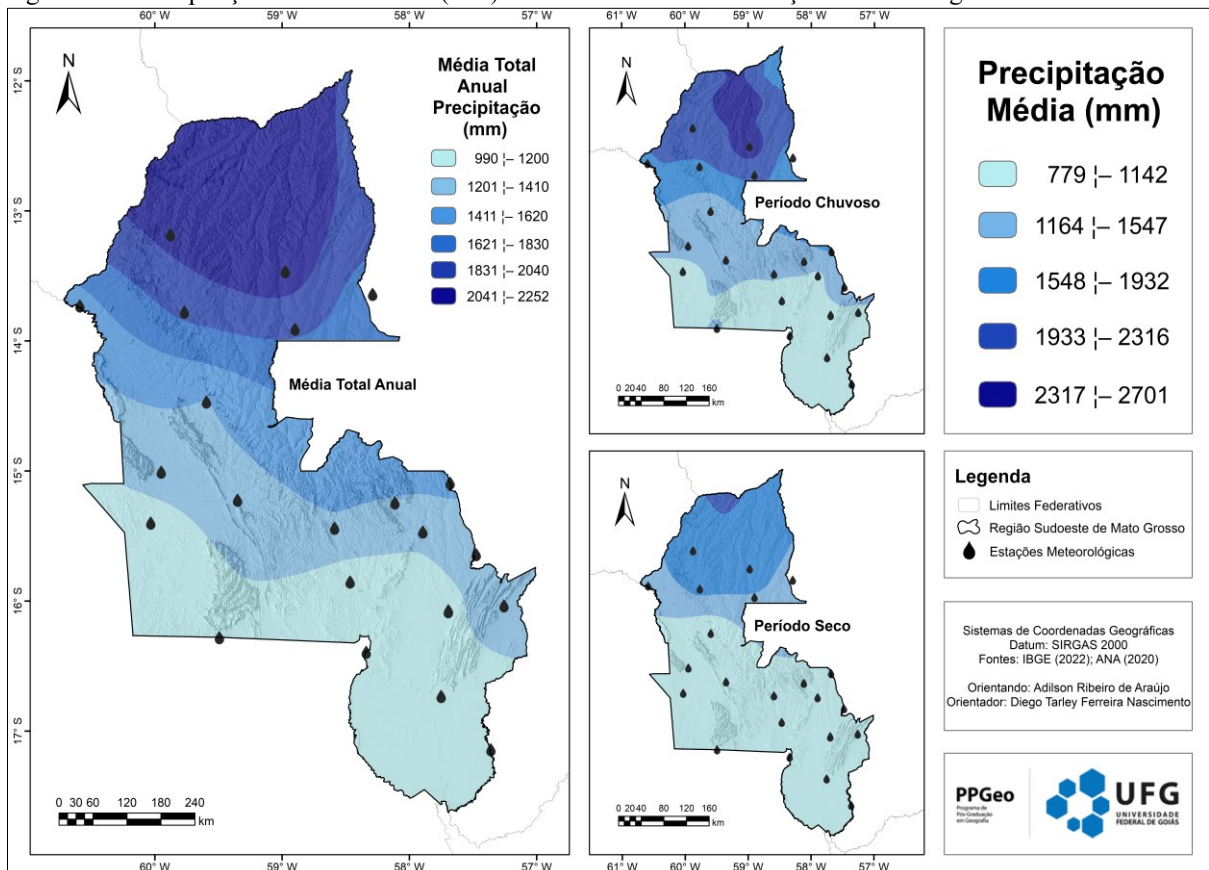
5 PADRÕES, VARIABILIDADES E TENDÊNCIAS DAS CHUVAS

A seção traz os resultados da investigação relacionados à descrição dos padrões e das variabilidades anuais, sazonais e mensais das chuvas na área em estudo entre o período de 2000 a 2022, e das tendências entre os anos de 1980 a 2022. Os resultados deste capítulo visam, sobretudo, demonstrar como a dinâmica das precipitações expressa os aspectos ambientais e paisagísticos e afeta as atividades socioeconômicas da Região de Planejamento do Sudoeste do Mato Grosso.

5.1 Médias Anuais, Sazonais e Mensais das Chuvas

A partir da análise da série histórica de dados provenientes das 23 estações meteorológicas distribuídas na RPSMT, abrangendo o período de 2000 a 2022, verificou-se uma média anual regional de precipitação de 1.424,7 mm, a partir do tratamento estatístico com ponderação regional e validação pelo método da dupla massa para o preenchimento de falhas), ilustrado na Figura 21.

Figura 21 – Precipitação de média anual (mm) entre 2000 e 2022 nas estações meteorológicas da RPSMT.



Fontes: IBGE (2022); ANA (2022). Org. Araújo (2025).

Embora o empregado da média aritmética não seja tão usual na abordagem da Climatologia Geográfica, o seu uso pode ser justificado por se constituir uma variável indispensável para a parametrização, servindo como referência para o comportamento habitual e excepcional dos parâmetros climáticos, como defendido por Monteiro (1973) e enfatizado por Nascimento (2016).

Constata-se, portanto, que os maiores volumes pluviométricos concentram-se na Área 1 (norte/nordeste), onde predomina a unidade de relevo das Chapadas dos Parecis. Essa região, caracterizada como zona de transição entre o Cerrado e a Floresta Amazônica, apresentou médias nas cinco estações homogêneas variando entre 1.701 e 2.251 mm, resultando em uma média geral de 1.994,8 mm. Vale destacar que a média da Área 1 foi 40% superior à média regional.

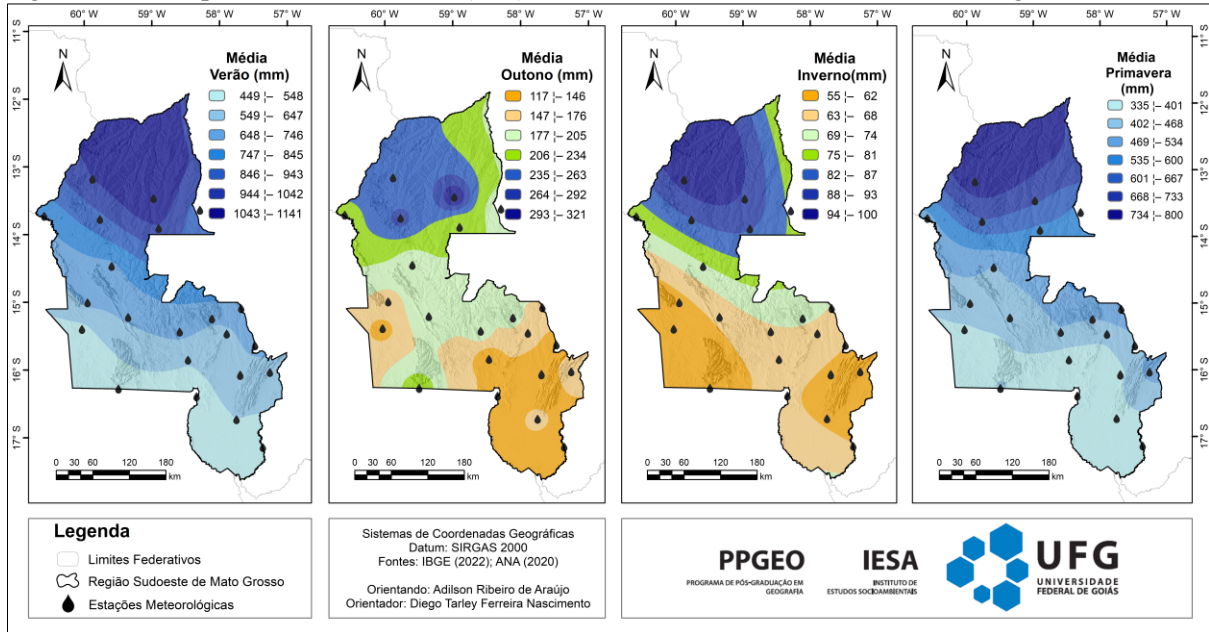
Por outro lado, totais anuais na área central variaram entre 788 e 2.942 mm e média de 1.414,8 mm, onde há ocorrência da Depressão do Guaporé. Por sua vez, os menores volumes de precipitação concentram-se na área 3 (sul/sudoeste), particularmente nas zonas do Pantanal – com média anual variando entre 833,4 e 1.520,9 mm. Por meio dos mapas anteriores à Figura 21 que representam o período chuvoso e seco, observa-se a expressiva concentração de chuvas na porção norte (Área 1) em ambas as estações, com valores que podem ultrapassar 2.454 mm no período chuvoso.

Durante o período seco, nota-se uma redução significativa da precipitação em toda a RPSMT, com os maiores valores alcançando os 2.102 mm, e predomínio de totais inferiores a 1.336 mm. Embora a diferença entre as regiões seja menos acentuada em relação ao período chuvoso, ainda se verifica uma queda expressiva nas áreas do sul, onde os totais podem chegar a cerca de 761 mm. Ao compararem as médias anuais dos períodos seco (1.268 mm) e chuvoso (1.626 mm), nota-se que a média do período seco é 22% inferior à do período chuvoso. Dessa forma, o norte da região permanece mais úmido em ambas as estações, apesar da redução significativa durante a estação seca. Em contrapartida, o sul apresenta uma diminuição acentuada das precipitações, tornando-se mais vulnerável à estiagem, especialmente na Área 1, de domínio pantaneiro.

As condições climáticas da região Sudoeste de Mato Grosso exibem padrões de precipitação sazonal pronunciados, com um acúmulo significativo de chuvas ocorrendo entre os meses de novembro e março, e uma notável deficiência de abril a outubro, devido à variabilidade na eficácia dos sistemas atmosféricos. Como demonstrado pelos mapas da Figura 22, durante os meses de verão, os volumes de precipitação atingem o seu ápice, variando entre 449 e 1.141 mm e exibindo semelhante gradiente descendente em sentido norte-sul observado

anteriormente. A temporada de outono testemunha um declínio acentuado na precipitação com uma faixa de 117 a 321 mm.

Figura 22 – Precipitação média sazonal (mm) entre 2000 e 2022 nas estações meteorológicas da RPSMT.



Fontes: IBGE (2022); ANA (2022). Org. Araújo (2025).

O inverno é a estação mais seca do regime pluviométrico, com totais entre 55 e 100 mm, marcados pela predominância de massas de ar seco e pela menor atuação de sistemas frontais, configurando um padrão sazonal recorrente. Na primavera, a precipitação recomeça gradualmente, com quantidades que variam de 335 a 800 mm, exibindo uma distribuição espacial semelhante à do verão, significando a recuperação hidrológica e o início das atividades agrícolas, particularmente na Área 1 da região.

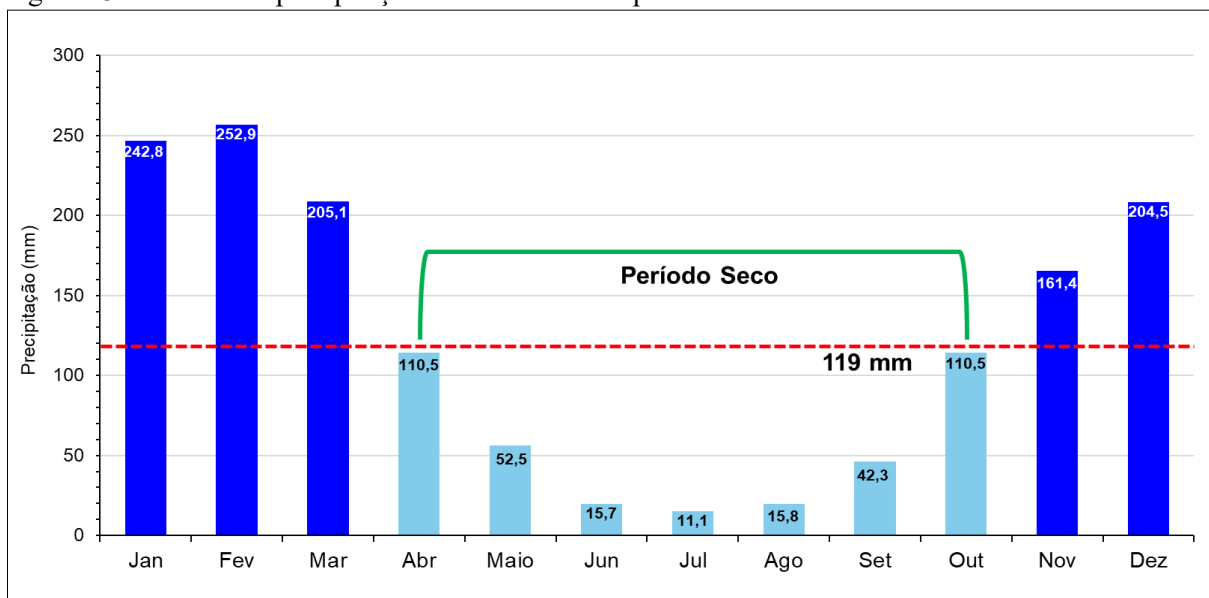
Portanto, o padrão espacial e temporal da precipitação na região elucida uma pronunciada sazonalidade e influência latitudinal, com a porção norte sendo mais úmida, especialmente no verão e na primavera, enquanto isso, no setor sul exibe condições mais secas, particularmente no inverno, localidade do domínio de planície pantaneira.

Na sequência, as médias mensais de precipitação registradas na área em estudo ao longo dos 23 anos analisados evidenciaram um regime climático com duas estações bem definidas: uma chuvosa, de novembro a março, com médias que variam entre 161,4 mm (em novembro) e 252,9 mm (em fevereiro), e outra seca, de abril a outubro, destacando-se julho como o mês mais seco, com apenas 11,1 mm. Embora ocorram precipitações em todos os meses, a diferença entre os períodos é acentuada; o período chuvoso concentra cerca de 75% do total anual de chuva. Segundo Marcuzzo, Oliveira e Cardoso (2012), esse período mais úmido corresponde à primavera e ao verão, enquanto a seca predomina no outono e inverno. Dessa forma, percebe-

se a importância da variação da precipitação média mensal ao longo do ano, especialmente para a área em estudo, que destaca as duas estações climáticas.

Além disso, a Figura 23 ilustra a precipitação média mensal no período analisado, juntamente com a distribuição percentual dessa média em relação ao total anual. Observa-se que o verão e a primavera se destacam como os períodos mais chuvosos para o Sudoeste mato-grossense. Nesse contexto, a precipitação média mensal durante os meses do período seco corresponde a apenas 8,3% da média anual, ou seja, é 91,7% inferior à média registrada no período chuvoso.

Figura 23 – Valores de precipitação média mensal no período analisado.

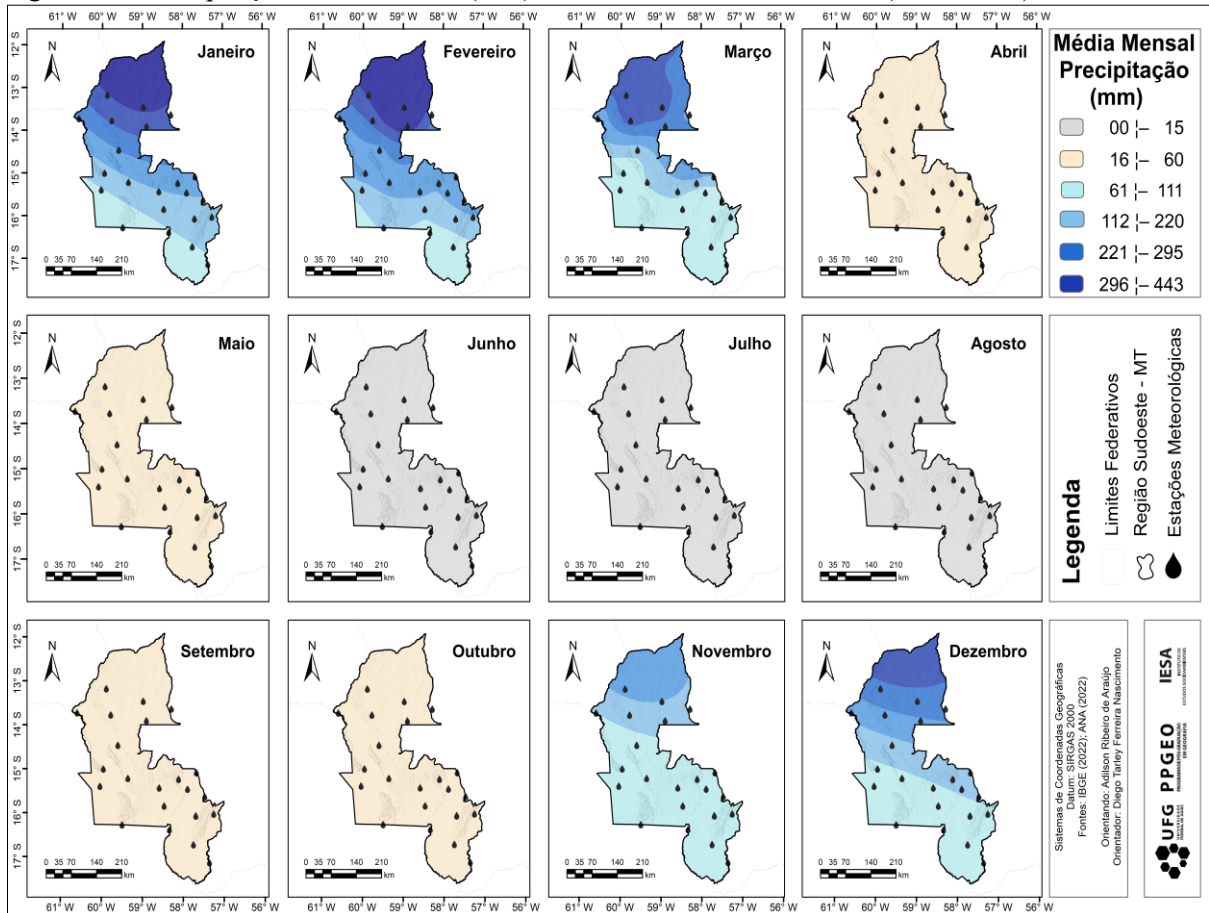


Fonte: ANA (2022). Org. Araújo (2025).

O período seco da área estudada ocorre entre abril e outubro, totalizando sete meses de estiagem. Os meses de junho, julho, agosto compreendem o trimestre consecutivo mais seco, com destaque para o mês de julho, como o mais seco – apenas 11,1 mm de média mensal. Abril e outubro são considerados meses de transição entre os períodos chuvoso e seco.

A espacialização da precipitação média mensal (Figura 24) evidencia a clara distinção entre os períodos chuvoso e seco na região. No período chuvoso (janeiro a março e novembro a dezembro), as maiores precipitações concentram-se nas porções norte e nordeste, especialmente em áreas de maior altitude, como as Chapadas e Planaltos dos Parecis, e na faixa de transição entre o Cerrado e a Floresta Amazônica. Na área central, a média é ligeiramente menor, abrangendo unidades como os Planaltos Residuais, a Depressão do Guaporé e a Superfície Dissecada de Jauru e outros. No sul da região, ocorrem os menores volumes de chuva registrados nas estações meteorológicas.

Figura 24 – Precipitação média mensal (mm) da RPSMT na série histórica (2000-2022).



Fontes: IBGE (2022); ANA (2022). Org. Araújo (2025).

No período seco (abril a outubro), a precipitação diminui drasticamente na região. Abril ainda apresenta acumulados mais elevados ao norte, entre 138,7 mm e 202,6 mm, mas a partir de maio a maioria da área registra menos de 101 mm. Entre junho e agosto, a estiagem é mais intensa, com chuvas mínimas ou ausentes, especialmente no sul, onde os totais raramente ultrapassam 58 mm. Setembro mantém o clima seco, enquanto em outubro as chuvas retornam ao norte, com volumes entre 98 mm e 175 mm, contrastando com a porção sul, que permanece seca.

Compreender os padrões anuais, sazonais e mensais de precipitação é essencial tanto para a agricultura quanto para a pecuária (Vanhoni-Jorge, 2015), pois a distribuição das chuvas influi diretamente o planejamento do uso dos recursos hídricos (Medeiros et al., 2016) e a gestão agrícola (Cardoso; Quadro; Bonetti, 2020). Estudos recentes mostram que integrar valores pluviométricos com cobertura vegetal auxilia na gestão ambiental, reduzindo riscos de inundações urbanas e promovendo adaptação agrícola em áreas vulneráveis (Correia et al., 2024; Mukhlis et al., 2024). Autores como Silva e Oliveira (2017), Back e Cadorin (2020), e

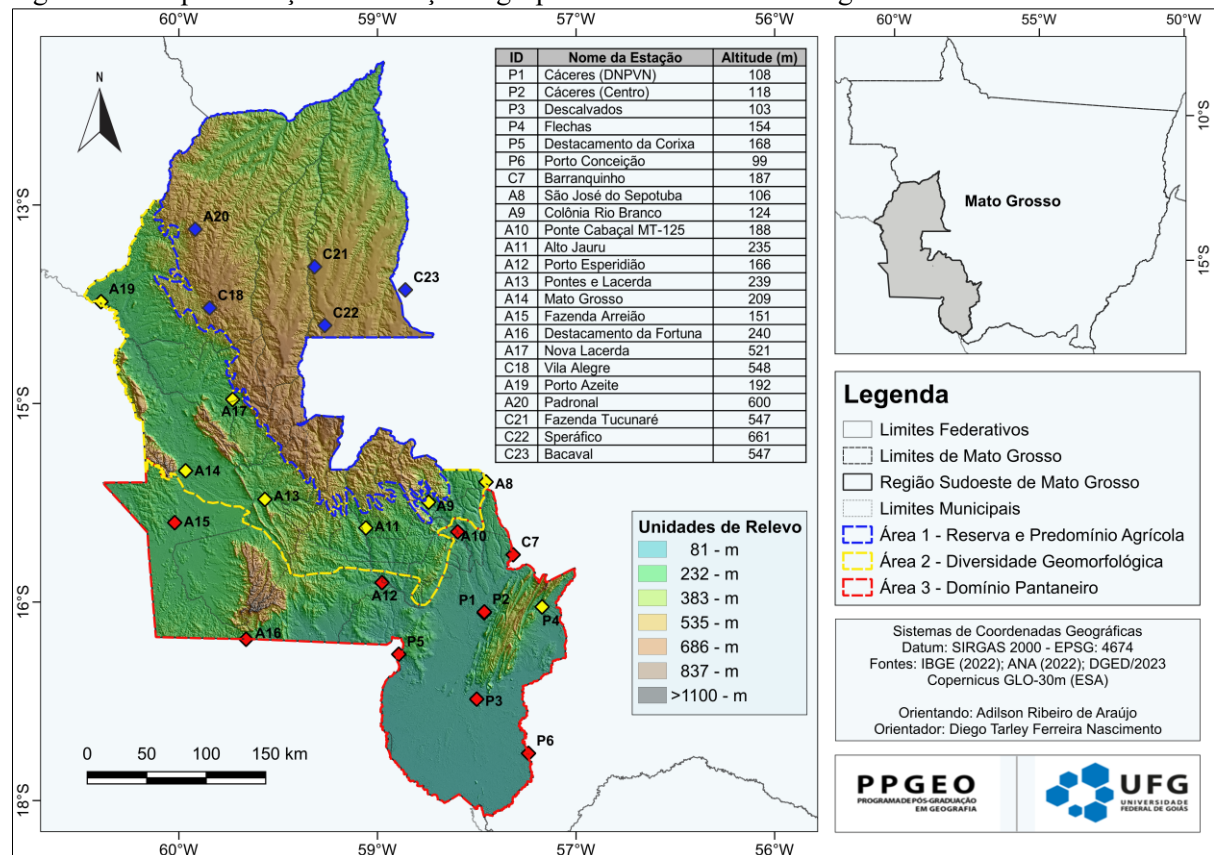
Abreu, Sobrinha e Brandão (2017) evidenciam esses dados para caracterizarem a variabilidade da precipitação, identificarem eventos extremos e preverem os impactos.

A variação sazonal e espacial da precipitação reitera a importância de compreender os padrões pluviométricos locais. A região apresenta forte sazonalidade, com chuvas intensas no início do ano e um período seco prolongado no outono e inverno. Há contrastes regionais nítidos: norte e nordeste são mais úmidos na primavera e no verão; enquanto sul e sudoeste são mais secos, sujeitos a estiagens prolongadas que favorecem queimadas no período seco. O tópico seguinte aborda as características das áreas homogêneas de chuva na área em estudo.

5.1.1 Áreas homogêneas das chuvas

A fim de identificar padrões espaciais da distribuição das precipitações e a delimitação de áreas homogêneas na área em estudo, foi empregada a técnica de agrupamento hierárquico, que identifica similaridades entre séries temporais sem predefinir o número de grupos (Santos et al., 2013; Mello; Leite, 2017). A Figura 25 demonstra o ponto de corte do dendrograma definido a partir das características topográficas locais (Baldo, 2006).

Figura 25 – Espacialização das estações agrupadas em três áreas na Região Sudoeste de Mato Grosso.



Obs.: A (Amazônia); C (Cerrado); P (Pantanal). Fontes: IBGE/ANA (2022); ESA (2023). Org. Araújo (2024).

Essa abordagem garante que os agrupamentos reflitam as especificidades das condições ambientais da região. Essa abordagem, respaldada por Menezes; Fernandes; Rocha (2015) e Silvestre (2016), resultou na formação de três áreas homogêneas na RPSMT, que seguem faixas latitudinais em sentido norte/sul, descritas na sequência, com base na delimitação geográfica e nas condições de vegetação, ocupação e uso do solo e do relevo.

Área 1 – Reserva Indígena e Predomínio Agrícola (norte): estações de Vila Alegre, Speráfico, Bacaval, Padronal e Fazenda Tucunaré, abriga uma das maiores concentrações de reservas indígenas (62,4%) do Estado de Mato Grosso e caracteriza-se por áreas de agricultura intensiva, inseridas no domínio do Cerrado e numa faixa de transição com a Floresta Amazônica. Essa área está situada sobre as unidades geomorfológicas da Chapada e do Planalto dos Parecis, além do Patamar Dissecado dos Parecis e Planície Amazônica. A área apresenta, em sua maior parte, relevo plano a suavemente ondulado. Assim, para elucidar essa homogeneidade, a Tabela 6 exibe as médias mensais e anuais de precipitação registradas nas cinco estações meteorológicas situadas na Área 1 da região de estudo.

Tabela 6 – Área 1: médias de precipitação mensais e anuais (mm) das cinco estações meteorológicas.

ID	Nome da Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
C18	Vila Alegre	268,6	316,3	327,1	187,9	65,0	18,8	7,4	19,3	61,8	174,9	227,1	259,0	1933,0
A20	Padronal	367,5	347,9	325,5	170,7	53,2	19,8	6,0	16,2	74,1	170,5	290,5	325,7	2167,7
C21	Fazenda Tucunaré	371,4	443,2	327,2	202,6	100,2	18,3	7,1	22,4	82,6	152,2	236,3	288,4	2251,8
C22	Speráfico	372,8	373,3	287,7	142,0	54,9	7,6	13,0	21,1	62,4	127,6	187,9	269,3	1919,8
C23	Bacaval	298,8	315,7	256,1	138,7	35,4	9,1	7,2	14,5	50,0	119,8	212,5	243,7	1701,4

Fonte: ANA (2022). Org. Araújo (2025).

Área 2 – Diversidade Geomorfológica (centro): área marcada por diversidade de relevo – planaltos, depressões, planícies e zonas de transição fitofisionômica junto as estações meteorológicas de Flechas, São José de Sepotuba, Colônia Rio Branco, Alto Jauru, Pontes e Lacerda, Mato Grosso, Nova Lacerda e Porto Azeite. O relevo oferece declividades que variam de plano a escarpado. Nos últimos anos, a região tem sofrido com o desflorestamento e a expansão agropecuária. Na Tabela 7, são destacadas as médias climatológicas, mensais e anuais, referentes a oito estações meteorológicas da Área 2 da região.

Tabela 7 – Área 2: médias de precipitação mensais e anuais (mm) das oito estações meteorológicas.

ID	Nome da Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
P4	Flechas	194,7	227,1	181,3	91,6	67,1	14,2	13,1	6,2	36,7	118,0	167,0	207,2	1324,2
A8	São José do Sepotuba	262,3	247,7	233,0	92,9	45,6	15,5	11,5	15,8	42,7	140,2	177,6	221,3	1506,0
A9	Colônia Rio Branco	216,2	233,0	214,5	116,2	58,9	18,4	8,2	25,8	50,0	103,9	179,2	186,7	1411,0
A11	Alto Jauru	227,2	244,8	209,8	110,9	69,3	11,2	13,7	17,9	38,4	117,0	140,7	205,6	1406,5
A13	Pontes e Lacerda	218,0	252,7	196,1	131,6	46,0	14,6	9,4	20,1	33,6	89,3	147,7	174,7	1333,8
A14	Mato Grosso	252,3	261,3	157,0	86,6	58,2	23,0	11,3	12,6	39,9	102,6	144,0	208,3	1356,9
A17	Nova Lacerda	253,1	255,9	208,6	123,0	56,4	8,4	8,7	6,3	43,4	115,4	142,4	205,8	1427,3
A19	Porto Azeite	267,1	262,9	227,8	148,4	55,8	15,2	20,6	13,3	35,7	98,4	189,3	217,6	1552,2

Fonte: ANA (2022). Org. Araújo (2025).

Área 3 – Domínio Pantaneiro (sul): compreende, principalmente, o Pantanal mato-grossense, mas também zonas de transição entre os três biomas, no contexto das estações de Cáceres (DNPVN e Centro), Descalvados, Destacamento da Corixa, Barranquinho, Ponte Cabaçal, Porto Conceição, Porto Esperidião, Destacamento da Fortuna e Fazenda Areião. A área abrange diferentes unidades geomorfológicas, com relevo variando entre plano, suavemente ondulado e trechos com maior ondulação e escarpas. A área tem sido afetada por queimadas frequentes e pela expansão da pecuária sobre seus ecossistemas. A Tabela 8 apresenta as dez estações meteorológicas localizadas na Área 3, caracterizada por planícies pantaneiras e expansão da pecuária no Pantanal mato-grossense, juntamente com suas respectivas médias mensais e anuais de precipitação.

Tabela 8 – Área 3: médias de precipitação mensais e anuais (mm) das dez estações meteorológicas.

ID	Nome da Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
P1	Cáceres (DNPVN)	234,6	206,7	175,1	68,5	39,6	10,7	14,3	10,9	36,7	82,9	132,7	180,0	1192,9
P2	Cáceres (Centro)	209,6	204,1	166,2	75,6	37,4	10,3	13,4	14,4	36,6	88,2	133,6	161,3	1150,6
P3	Descalvados	207,6	178,1	162,4	81,6	51,0	18,0	14,1	22,0	33,5	86,9	135,3	169,7	1160,1
P5	Destacamento da Corixa	184,1	186,8	144,1	77,8	37,4	20,1	7,2	14,1	28,9	88,6	111,4	151,6	1052,2
P6	Porto Conceição	169,8	158,4	140,0	62,2	46,5	24,0	19,4	13,0	22,7	80,2	103,2	150,6	990,1
C7	Barranquinho	251,5	261,0	175,6	62,1	44,6	14,1	9,9	11,4	29,7	96,8	131,4	222,8	1310,9
A10	Ponte Cabaçal MT-125	212,8	241,5	164,2	92,8	45,4	12,0	11,2	21,8	37,3	91,3	142,4	181,7	1254,5
A12	Porto Esperidião	207,3	195,9	152,2	65,4	39,8	14,1	12,1	12,7	33,5	87,5	124,8	147,3	1092,6
A15	Fazenda Areião	169,7	205,4	140,3	81,3	41,6	12,8	9,2	12,1	25,5	100,0	120,5	169,3	1087,7
A16	Destacamento da Fortuna	167,9	197,1	145,1	132,5	60,9	31,0	7,9	19,2	37,3	110,0	139,2	156,8	1204,8

Fonte: ANA (2022). Org. Araújo (2025).

As três áreas homogêneas do Sudoeste em Mato Grosso comportam características distintas e foram nomeadas conforme o regime de precipitação, refletindo aspectos geoambientais e socioeconômicos de peso. Observa-se um comportamento espacial heterogêneo do regime pluviométrico na área de estudo, que se relaciona com a existência de diferentes unidades climáticas (Araújo et al. 2023). Para melhor compreensão da variação espaço-temporal das chuvas na área em estudo, o tópico seguinte compreende a análise das médias mensais e anuais de precipitação entre 2000 e 2022 na região.

5.2 Variabilidade dos Totais Anuais, Sazonais e Mensais de Precipitação (2000-2022)

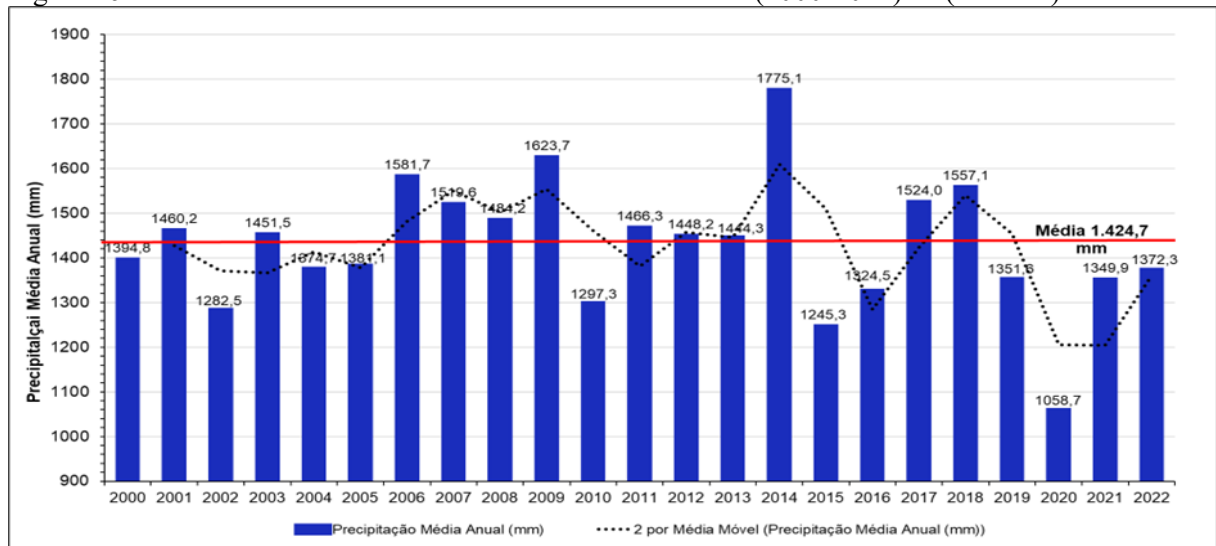
Após demonstrar os padrões e a homogeneidade das chuvas, os resultados são direcionados, nesta seção, à variabilidade desse parâmetro climático na área de estudo. Por essa razão, foram empregados desde técnicas estatísticas descritivas (médias, medianas, amplitudes, desvios padrão, assimetria e coeficientes de variação), métodos geoestatísticos (*Krigagem* e *IDW*) até testes estatísticos não paramétricos (Shapiro-Wilk, Mann-Kendall e *Spearman*).

Durante o período de 2000 a 2022, a média anual de precipitação na área em estudo anual é de 1.424,7 mm, com mediana de 1.330,2 mm, com amplitude de 1.663 mm e desvio

padrão de 421,1 mm – o que expressa a variabilidade inerente do parâmetro em questão. A distribuição temporal do total anual das chuvas apresentou assimetria positiva (65%) e leve achatamento (curtose de 134,3), indicando uma tendência para valores extremos elevados.

A avaliação da variabilidade da precipitação partiu da comparação da variação dos totais anuais em relação à média, conforme verificado na Figura 26 a seguir, o que reflete a grande variabilidade interanual do parâmetro climático, como enfatizado por Aquino et al. (2021). Na série temporal, houve a ocorrência de 12 anos com médias anuais de precipitação acima da média, em comparação com os outros 11 abaixo da média. Em suma, nota-se que o ano de 2014 foi o mais úmido da série histórica, com total anual de 1.775,1 mm, seguido pelos anos de 2009 (1.623 mm), 2006 (1.581 mm) e 2018 (1.557 mm). Por sua vez, o ano mais seco foi 2020, com média de precipitação anual de apenas 1.058 mm, com destaque também para os anos de 2015 (1.245 mm), 2002 (1.282 mm) e 2010 (1.297 mm).

Figura 26 – Gráfico dos totais anuais e média da série histórica (2000-2022) na (RPSMT).



Fonte: ANA (2022). Org. Araújo (2025).

A análise sazonal e mensal da precipitação entre 2000 e 2022, ilustrada pelo pluviograma, revelou o período de maior incidência de chuvas concentrado entre dezembro e março (primavera-verão), caracterizando esses meses como chuvosos. Os meses de abril e de maio e outubro foram definidos como de transição, enquanto junho, julho, agosto e setembro (outono-inverno) representaram o período de estiagem.

No entanto, o pluviograma ilustrado na Figura 27 permite vislumbrar ainda uma característica relevante da variabilidade das chuvas, na medida em que, durante certos anos, as durações dos intervalos chuvosos e secos exibam alterações. Esse fenômeno pode ser exemplificado pelos casos observados nos anos de 2004, 2005 e 2015, em que a estação chuvosa

se prolonga até o mês de junho, bem como no ano de 2002, quando o início da estação chuvosa avançou para o mês de agosto.

Figura 27 – Pluviograma de médias mensais e totais anuais na distribuição de precipitação (2000-2022) na RPSMT.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	
2000	186,6	255,7	251,8	114,7	12,5	2,9	27,4	16,2	47,7	105,6	206,4	167,2	1394,8	
2001	271,7	232,0	183,9	70,1	57,0	14,7	22,7	8,6	60,7	100,9	200,9	237,0	1460,2	
2002	179,8	290,4	155,5	88,5	60,0	2,5	15,4	37,8	38,7	89,7	107,8	216,6	1282,5	
2003	258,8	207,1	254,5	122,7	33,7	17,3	1,2	27,6	66,9	124,1	137,8	199,8	1451,5	
2004	209,8	269,6	134,5	104,0	64,1	16,1	38,2	9,1	34,6	124,3	178,0	192,5	1374,7	
2005	302,1	175,6	196,4	77,4	47,2	15,3	0,9	7,5	68,2	110,7	149,4	230,3	1381,1	
2006	259,2	269,4	226,3	179,4	39,7	2,4	14,9	6,0	70,0	157,7	106,6	250,1	1581,7	
2007	342,3	249,6	181,3	97,4	36,8	1,9	19,9	1,2	17,2	146,6	210,3	215,1	1519,6	
2008	354,3	209,3	219,5	148,0	40,3	6,7	0,4	27,4	24,4	110,1	118,8	225,2	1484,2	
2009	197,3	277,2	271,4	163,2	54,4	22,0	29,4	25,8	65,4	105,2	180,1	232,3	1623,7	
2010	256,9	309,5	190,6	61,9	42,6	1,3	1,9	2,9	14,6	114,4	162,8	138,0	1297,3	
2011	325,7	279,3	272,1	111,0	16,2	12,6	0,8	10,7	29,6	88,6	138,5	181,2	1466,3	
2012	229,9	231,6	200,5	113,9	93,4	38,7	1,5	0,9	53,4	83,9	196,9	203,5	1448,2	
2013	249,4	243,1	172,1	110,0	52,6	57,3	22,4	3,5	46,6	147,5	134,3	205,4	1444,3	
2014	244,3	343,1	287,8	127,2	153,9	21,9	31,2	6,0	59,5	106,5	173,3	220,2	1775,1	
2015	159,6	220,2	182,0	169,9	84,6	9,3	12,3	9,1	37,8	101,2	129,3	130,0	1245,3	
2016	232,1	191,8	189,5	86,8	35,6	20,9	0,2	52,6	51,5	86,3	158,4	218,9	1324,5	
2017	226,1	287,9	226,0	132,4	64,7	10,6	0,2	32,2	18,7	101,5	187,3	236,4	1524,0	
2018	307,7	280,8	194,5	102,6	45,3	19,2	1,4	8,7	42,3	137,1	253,5	163,9	1557,1	
2019	197,5	228,4	187,2	145,8	49,5	2,8	4,6	17,5	38,7	102,2	167,7	209,7	1351,6	
2020	147,9	306,7	134,7	62,5	90,3	8,4	2,5	1,5	15,3	79,1	58,7	164,0	1071,7	
2021	202,6	192,1	184,4	102,7	21,9	14,4	0,1	12,7	31,2	87,1	259,4	241,4	1349,9	
2022	243,2	266,4	220,4	49,0	12,3	42,2	6,3	37,7	39,8	132,1	97,1	225,8	1372,3	
Proporção da precipitação mensal em relação à anual	<2%			2 a 3,9%			4 a 8,2%			8,3 a 12,4%			12,5 a 25%	

Fonte: ANA (2022). Org. Araújo (2025).

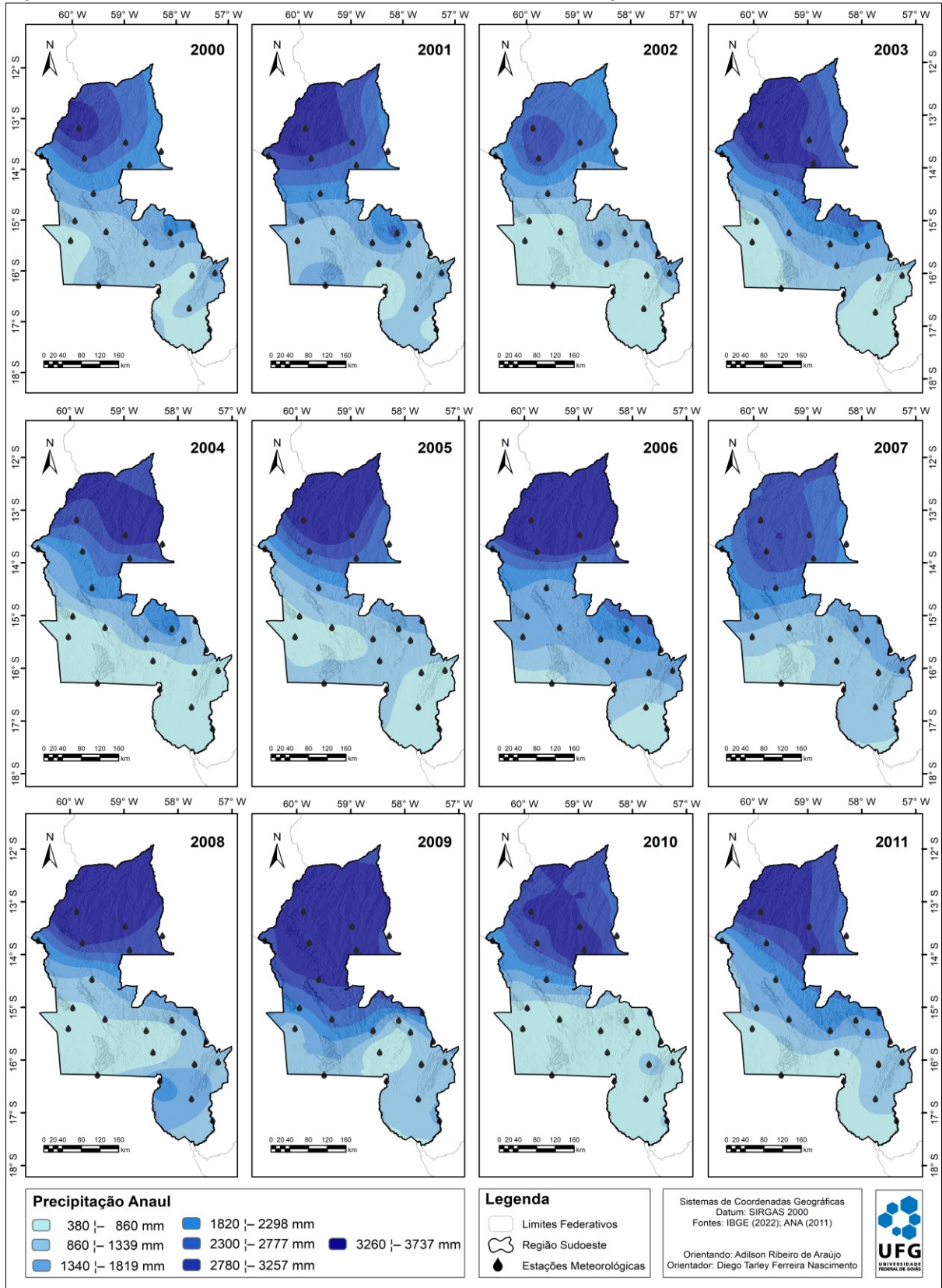
No entanto, o pluviograma da Figura 27 permite ainda perceber uma característica relevante da variabilidade das chuvas, na medida em que, durante certos anos, as durações dos intervalos chuvosos e secos exibem alterações. Esse fenômeno pode ser exemplificado pelos casos observados nos anos de 2004, 2005 e 2015, em que a estação chuvosa se prolongou até o mês de junho, bem como no ano de 2002, quando o início da estação chuvosa avançou para o mês de agosto.

As figuras 28 e 29 revelam uma considerável variação espaço-temporal da precipitação anual entre os anos 2000 e 2022, com os menores registros (de 380 a 860 mm) nas regiões sul e sudoeste da área de estudo, correspondendo à área 3 homogênea (domínio do Pantanal), particularmente durante anos caracterizados por eventos moderados do *El Niño*, como 2005 e 2010.

Os maiores registros de precipitação (2.780 a 3.737 mm) ocorreram ao norte da RPSMT, na Área Homogênea 1, correspondente à Chapada dos Parecis, caracterizada por vegetação de savana arborizada com floresta de galeria e agricultura de culturas cíclicas e de intensa atividade agrícola. Os maiores registros foram identificados nos anos 2004 e 2009, quando a precipitação anual ultrapassou 2.300 mm. Esses elevados volumes ao norte da RPSMT podem ser atribuídos

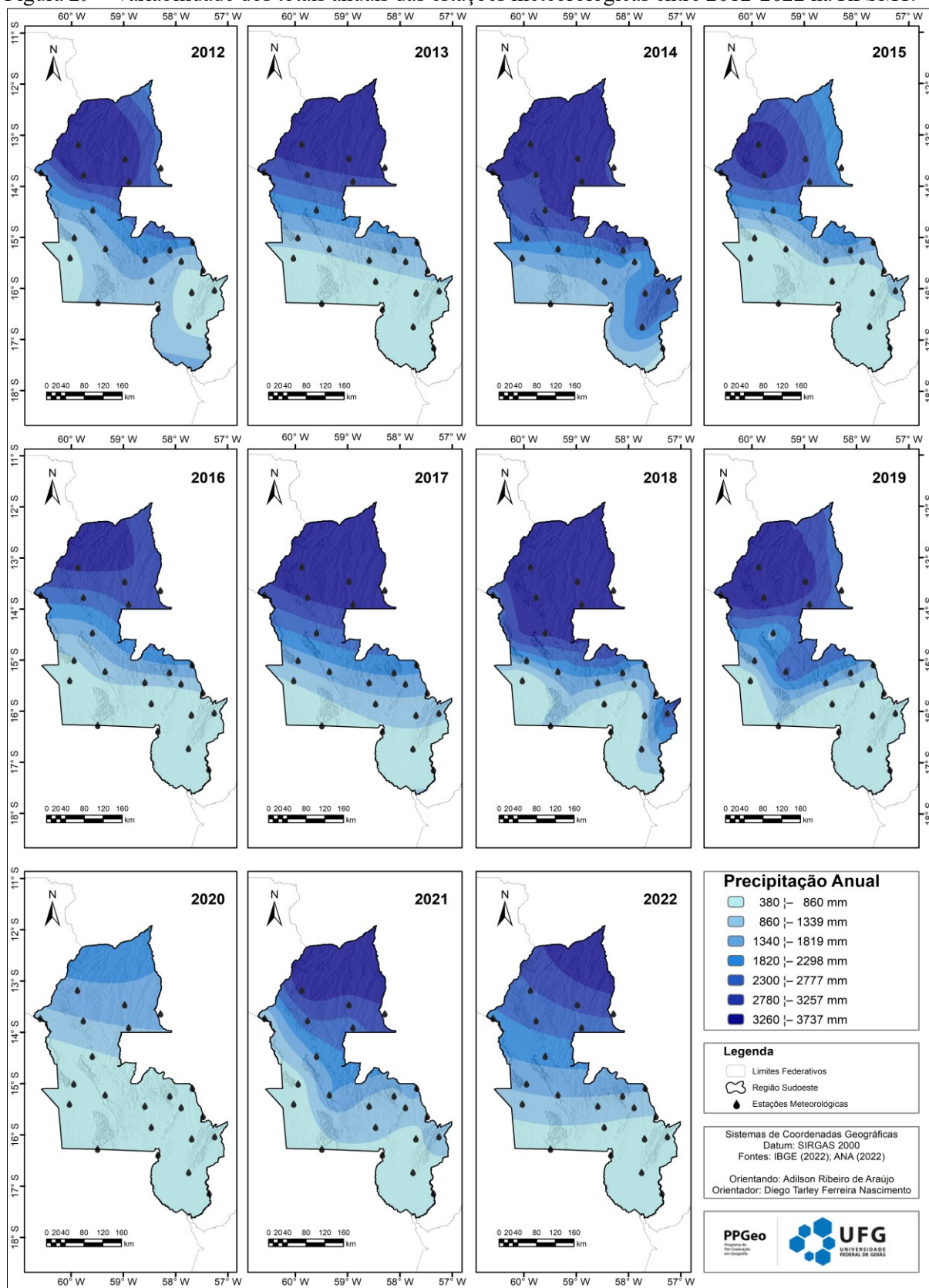
à maior influência de sistemas atmosféricos produtores de chuva, como a mEc e a ZCAS, originários da Região Norte do Brasil.

Figura 28 – Variabilidade dos totais anuais das estações meteorológicas entre 2000-2011 na RPSMT.



Fonte: ANA (2011). Org. Araújo (2025).

Figura 29 – Variabilidade dos totais anuais das estações meteorológicas entre 2012-2022 na RPSMT.



Fonte: ANA (2022). Org. Araújo (2025).

A variabilidade das precipitações chuvas é inerente ao parâmetro climático em questão, com coeficiente de variação de 29%. A análise da série histórica revela padrões distintos: a)

entre 2000 e 2003 observou-se maior homogeneidade espacial, com mais de 60% da região compreendendo registros entre 860-1.819 mm/ano; b) de 2006 a 2008 expandiu-se a área com condições secas (< 860 mm); e c) no período de 2009 a 2011 registrou-se intensificação das chuvas, com pico máximo em 2009 na estação Fazenda Tucunaré, coincidindo com eventos de *La Niña*. A análise estatística mostrou distribuições não normais, com assimetria positiva (0,5-2,3) e elevada curtose (até 6,03) em anos extremos, além de *outliers*, reforçando a sensibilidade regional às oscilações climáticas.

O ano de 2014 destacou-se como o mais chuvoso, com média de 1.775 mm e máximo de 2.942 mm registrado na estação Porto Azeite. Por sua vez, o ano de 2020 foi o mais seco, com média de 859 mm. Essa amplitude revela a marcante heterogeneidade espacial e temporal das chuvas na região, confirmada pelos elevados desvios padrão (370 mm e 812 mm) e coeficientes de variação superiores a 40% em anos como 2015 e 2019. A maior amplitude pluviométrica na série foi 1.767,8 mm, observada justamente entre os anos de 2014 e 2020. Em 2009, houve maior dispersão dos dados (erro padrão de 130,6), contrastando com 2020, que apresentou menor dispersão (DP de 270 mm e variância de 73.110 mm²).

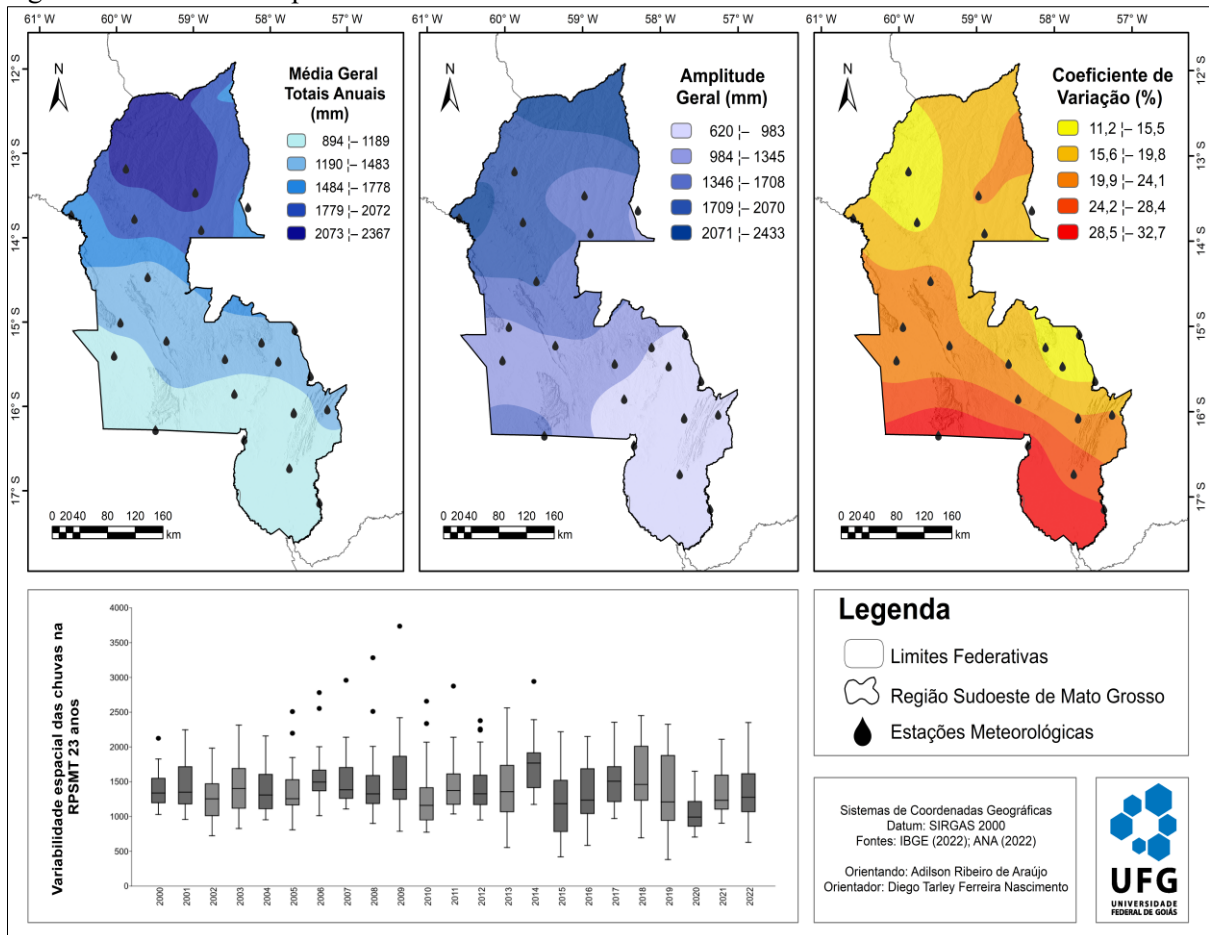
Os coeficientes de assimetria e curtose também mostraram variação significativa: em 2005, a assimetria foi 1.527 e a curtose de 24.339, indicando forte desvio da normalidade. Já em 2020, os valores foram próximos da normalidade (assimetria de 0,962 e curtose de 0,246), sugerindo menor influência de *outliers*. Anos como 2000, 2010, 2011 e 2012 exibiram assimetria positiva, com médias superiores às medianas; conforme verificado em 2011, com média de 1.466 mm e mediana de 1.374 mm. A distorção nos dados demonstra a alta variabilidade interanual, com amplitude de 1.839 mm e desvio padrão de 427 mm em 2011, compatível com eventos climáticos rigorosos. O teste de Shapiro-Wilk confirmou 44% não normalidade em anos como 2005 ($p = 0,003$) e 2007 ($p < 0,001$), enquanto em 2002 ($p = 0,425$) e 2015 ($p = 0,647$), os dados exibiram distribuição próxima à normal, evidenciando heterogeneidade ao longo do período.

Portanto, embora a média geral represente o comportamento médio na RPSMT, a elevada variabilidade interanual exige análises complementares, como investigação de tendências e decomposição sazonal. Para Souza (2019), essas são essenciais para compreender a dinâmica hidrológica regional. A assimetria positiva e o fato de 49% dos registros estarem acima da média reforçam a frequente ocorrência de chuvas excepcionais, demandando monitoramento contínuo das anomalias climáticas. A falta de normalidade em parte dos dados indica limitações no uso de métodos paramétricos convencionais, exigindo abordagens robustas, como testes não paramétricos ou transformações estatísticas. Além disso, a

variabilidade espacial entre as estações impõe desafios quanto à consistência dos dados e ao cumprimento dos pressupostos estatísticos.

A avaliação complementar por meio de *boxplot* presente na Figura 30 mostrou a estabilidade relativa da mediana e a variação significativa na amplitude interquartil, com recorrência de *outliers*, confirmando a presença de eventos extremos, como demonstrado também por Machado et al. (2021).

Figura 30 – Dinâmica espacial dos totais anuais da RPSMT entre 2000 a 2022.



Fontes: IBGE (2022); ANA (2022). Org. Araújo (2025).

A matriz de correlação de *Spearman* (Tabela 9) foi usada para avaliar a associação entre os totais anuais de precipitação nas estações meteorológicas do Sudoeste de Mato Grosso, exibindo padrões temporais complexos dessa variabilidade. Desse modo, as correlações variaram de fracas (0,225), encontradas em poucas combinações como 2001-2009 e 2003-2010, até moderadas e fortes (máximo de 0,906) nas demais. A maioria foi estatisticamente significativa ($p < 0,05$ a $p < 0,001$), indicando relações consistentes entre anos próximos de 2002-2006 com 0,906 e distantes o de 2003-2015 com 0,683, provavelmente influenciadas por fenômenos climáticos de larga escala ou mudanças no uso do solo.

Tabela 9 – Matriz de correlação de *Spearman* para a RPSMT (2000-2022).

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2000	1																						
2001	0,761	1																					
2002	0,771	0,540	1																				
2003	0,814	0,708	0,550	1																			
2004	0,757	0,793	0,472	0,848	1																		
2005	0,715	0,450	0,608	0,793	0,651	1																	
2006	0,739	0,491	0,906	0,618	0,530	0,731	1																
2007	0,682	0,488	0,709	0,419	0,483	0,636	0,625	1															
2008	0,511	0,321	0,495	0,427	0,444	0,680	0,521	0,694	1														
2009	0,434	0,225	0,398	0,599	0,542	0,597	0,497	0,418	0,529	1													
2010	0,366	0,288	0,596	0,281	0,328	0,441	0,640	0,659	0,696	0,600	1												
2011	0,734	0,660	0,702	0,712	0,746	0,661	0,722	0,694	0,537	0,560	0,582	1											
2012	0,730	0,582	0,593	0,780	0,698	0,681	0,613	0,485	0,474	0,644	0,391	0,698	1										
2013	0,685	0,565	0,712	0,617	0,540	0,641	0,736	0,595	0,502	0,501	0,574	0,778	0,814	1									
2014	0,672	0,426	0,728	0,480	0,541	0,650	0,720	0,781	0,674	0,434	0,540	0,618	0,546	0,673	1								
2015	0,818	0,584	0,880	0,683	0,688	0,638	0,870	0,647	0,534	0,542	0,562	0,770	0,712	0,771	0,834	1							
2016	0,758	0,560	0,790	0,661	0,585	0,640	0,774	0,655	0,351	0,539	0,443	0,826	0,630	0,749	0,637	0,819	1						
2017	0,833	0,741	0,645	0,803	0,880	0,763	0,712	0,657	0,504	0,568	0,429	0,841	0,777	0,766	0,710	0,806	0,804	1					
2018	0,811	0,627	0,780	0,698	0,678	0,672	0,731	0,799	0,607	0,530	0,591	0,834	0,673	0,784	0,833	0,890	0,822	0,820	1				
2019	0,710	0,544	0,609	0,780	0,752	0,665	0,719	0,494	0,393	0,727	0,450	0,792	0,749	0,733	0,636	0,836	0,798	0,856	0,800	1			
2020	0,633	0,443	0,640	0,701	0,592	0,741	0,730	0,596	0,583	0,623	0,594	0,708	0,500	0,653	0,719	0,767	0,788	0,703	0,805	0,781	1		
2021	0,798	0,714	0,697	0,796	0,637	0,612	0,591	0,507	0,464	0,404	0,349	0,755	0,692	0,640	0,495	0,684	0,671	0,657	0,759	0,620	0,600	1	
2022	0,686	0,366	0,708	0,508	0,373	0,593	0,621	0,583	0,433	0,395	0,326	0,499	0,515	0,634	0,626	0,715	0,656	0,534	0,749	0,630	0,600	0,596	1
	Forte		Moderado		Fraco																		

Fontes: ANA (2021); Jamovi 2.4.14. Org. Araújo (2025).

A Tabela 9 realça o ano de 2015, com várias correlações acima de 0,800, sugerindo maior continuidade nos padrões pluviométricos. No entanto, as correlações fracas, como entre 2001 e 2009 (0,225), podem estar associadas a fatores locais, como, por exemplo, desmatamento. De acordo com Araújo e Nascimento (2024), houve o aumento de 337% nas áreas agrícolas e 187% nas pastagens na região entre 1985 e 2022, reforçando a influência dessas mudanças sobre o clima local. As correlações entre os 23 anos analisados apresentaram significância estatística, frisando-se que 58% delas foram moderadas, com valores entre 0,400 e 0,699. Correlações fortes, superiores a 0,700, corresponderam a 36% dos casos, enquanto apenas 6% foram classificadas como fracas, com valores abaixo de 0,399. Esses resultados traduzem as mudanças ambientais graduais ao longo da série histórica.

A ausência de normalidade dos dados, confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$ na maioria dos casos), justifica o uso de métodos não paramétricos, como a correlação de *Spearman* e o teste de Mann-Kendall. A aplicação deste mostrou tendências espaciais na precipitação nos anos de 2006, 2014, 2018 e 2020. Entre esses, 2006, 2018 e 2020 tiveram tendências positivas e estatisticamente significativas ($p < 0,05$), indicando aumento espacial consistente da chuva. Em 2014, apesar da tendência positiva, ela não foi significativa ($p \approx 0,164$), sugerindo padrão crescente inconclusivo.

Os anos com assimetria positiva, como 2011 (1,926), evidenciaram influência de *outliers*, com discrepância entre média e mediana. Essa distorção é corroborada pela alta amplitude e pelo desvio padrão elevado, fatores compatíveis com eventos climáticos extremos ou alterações no uso da terra. A estratificação dos dados demonstra a coexistência de padrões

estáveis – com fortes correlações entre anos consecutivos – e flutuações abruptas, como entre 2009 e 2001. A assimetria no erro-padrão (0,481) e a consistência das correlações significativas apoiam a hipótese de que fatores regionais, como a expansão agrícola e a fragmentação de biomas, intensificam a variabilidade interanual, em consonância com Medeiros et al. (2021).

Com base na média de tendência central, 65% da variabilidade moderada da precipitação são explicados pelas zonas de transição entre biomas, enquanto os 35% restantes, associados à variabilidade elevada, estão associados aos fatores geomorfológicos, como altitude e corpos d’água. Além disso, 22% da série mostraram assimetria neutra, sinalizando certa homogeneidade entre as estações; 26% apresentaram assimetria positiva, relacionada a inundações extremas; e 52% exibiram assimetria moderada, vinculada aos eventos isolados de seca pluviométrica.

A análise da matriz de correlação entre os 23 anos revelou alta variabilidade anual e espacial nos totais pluviométricos, com predominância de correlações fortes e moderadas. Foram identificados anos com precipitações excepcionalmente altas e outros com volumes bastante reduzidos legitimando a necessidade de monitoramento contínuo e estratégias de manejo dos recursos hídricos.

Além da simples comparação com a média aritmética anual, a análise da variabilidade das chuvas foi realizada a partir dos anos classificados como habituais e excepcionalmente secos ou chuvosos. A partir da aplicação da técnica dos *quantis*, a Tabela 10 demonstra que cerca de 56 % dos anos da série temporal foi classificado como “habitual”, ao passo que 44% foram classificados como seco ou chuvoso, como demonstrado pela tabela na sequência.

Tabela 10 – Quantidade de anos seco, habitual e chuvoso, regime de chuvas e definição três anos-padrão (%) na RPSMT.

Quantidade de anos-padrão			Prop. Regime das chuvas (%)			Ano	Ano-Padrão		%	
Ano	Seco	Habitual	Chuvoso	Seco	Habitual		Chuvoso			
2000	2	18	3	8,7	78,3	13,0	2000	habitual	18	78,3
2001	4	13	6	17,4	56,5	26,1	2001	habitual	13	56,5
2002	11	11	1	47,8	47,8	4,3	2002	Seco	11	47,8
2003	4	11	8	17,4	47,8	34,8	2003	habitual	11	47,8
2004	7	12	4	30,4	52,2	17,4	2004	habitual	12	52,2
2005	5	16	2	21,7	69,6	8,7	2005	habitual	16	69,6
2006	1	11	11	4,3	47,8	47,8	2006	chuvoso	11	47,8
2007	4	10	9	17,4	43,5	39,1	2007	habitual	10	43,5
2008	4	11	8	17,4	47,8	34,8	2008	habitual	11	47,8
2009	4	6	13	17,4	26,1	56,5	2009	chuvoso	13	56,5
2010	10	8	5	43,5	34,8	21,7	2010	seco	10	43,5
2011	2	17	4	8,7	73,9	17,4	2011	habitual	17	73,9
2012	4	12	7	17,4	52,2	30,4	2012	habitual	12	52,2
2013	6	11	6	26,1	47,8	26,1	2013	habitual	11	47,8
2014	0	6	17	0,0	26,1	73,9	2014	chuvoso	17	73,9
2015	13	9	1	56,5	39,1	4,3	2015	seco	13	56,5
2016	7	14	2	30,4	60,9	8,7	2016	habitual	14	60,9
2017	1	11	11	4,3	47,8	47,8	2017	chuvoso	11	47,8

2018	1	14	8	4,3	60,9	34,8	2018	habitual	14	60,9
2019	10	10	3	43,5	43,5	13,0	2019	seco	10	43,5
2020	22	1	0	95,7	4,3	0,0	2020	seco	22	95,7
2021	7	12	4	30,4	52,2	17,4	2021	habitual	12	52,2
2022	9	9	5	39,1	39,1	21,7	2022	seco	9	39,1

Fonte: ANA (2022). Org. Araújo (2023).

A partir da predominância da condição de habitualidade e excepcionalidade na área em estudo, 13 anos foram classificados como habituais e 10 como excepcionais, sendo quatro chuvosos (2006, 2009, 2014 e 2017) e seis secos (2002, 2010, 2015, 2019, 2020 e 2022). Na seção posterior é realizada a análise direcionada aos anos com características habituais e excepcionais, com intuito de obter uma melhor compreensão da variabilidade e dinâmica pluviométrica no Sudoeste mato-grossense.

5.2.1 Variação das Chuvas em Anos Habituais

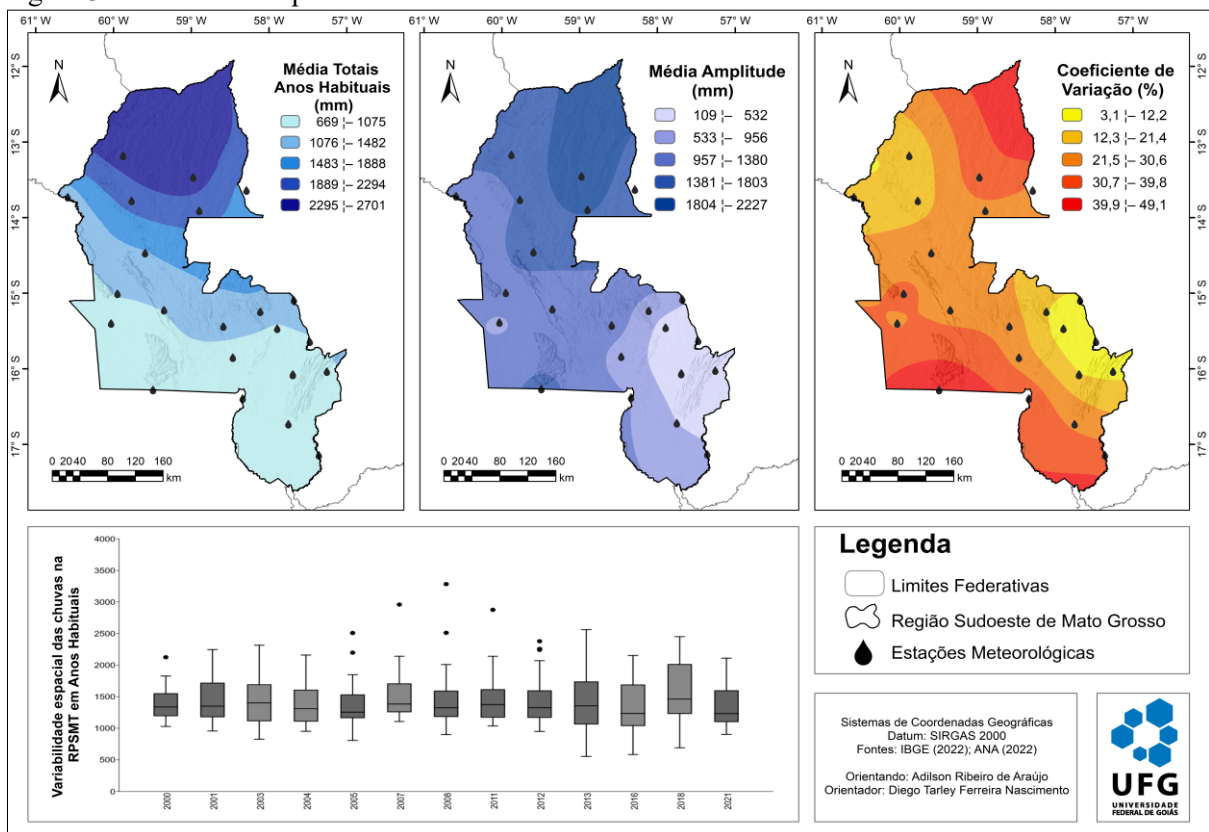
Este tópico contempla a análise da variação espaço-temporal dos totais anuais de precipitação na RPSMT, entre os anos-padrões definidos como habituais. Com efeito, A média anual de precipitação nos anos habituais variou entre 1.041 e 2.347 mm, e média de 1.435,1 mm. Nos anos habituais, o maior registro de precipitação anual foi 3.283, e mínimo de 554 mm nas estações meteorológicas da RPSMT. A porção norte/noroeste da área em estudo apresenta, sistematicamente, os maiores volumes pluviométricos, com média de 1.820 mm, enquanto a região meridional registra valores inferiores. Essa disparidade evidencia a influência do relevo e da zona de transição entre Cerrado e Amazônia, cujas características refletem a unidade do Planalto Sedimentar dos Parecis. Essa unidade corresponde principalmente às áreas pediplanadas, superfícies tabulares erosivas e interflúvios igualmente tabulares, com altitude em torno de 600 metros, sob a atuação de sistemas atmosféricos provenientes da Região Norte do país, conforme observado por Tarifa (2011), Fontão, Zavattini (2019) e Félix et al. (2020).

Além disso, os mapas da Figura 31 indicam maior amplitude dos totais anuais de precipitação no centro-norte e maiores coeficientes de variação ao sul da área em estudo, indicando considerável variabilidade e heterogeneidade. Na análise das médias dos anos habituais por intervalos da série histórica, verificou-se uma variação significativa entre os períodos analisados. Entre 2000 e 2005, a precipitação média foi 1.412 mm, enquanto no intervalo subsequente, de 2007 a 2013, observou-se um leve aumento, atingindo 1.472 mm. Já o intervalo mais recente, de 2016 a 2021, a média pluviométrica apresentou uma ligeira redução, totalizando 1.410 mm. Dentre esses intervalos, 2007 (2.959 mm) e 2008 (3.283 mm)

foram anos de precipitação excepcionalmente elevada, refletindo a marcante variabilidade pluviométrica ao longo da série histórica avaliada.

O *boxplot* que complementa a análise, observam-se variações interanuais expressivas nos anos habituais, marcadas por *outliers* e dispersão ampliada e intervalos como 2007 (2.958,9 mm) e 2008 (3.283,2 mm). Anos como 2003, 2013 e 2018 sobressaem-se devido à maior heterogeneidade, com 2013 apresentando valores mínimos significativamente baixos e máximos elevados. Por outro lado, 2000, 2004 e 2008 mostram menor dispersão, com intervalos interquartis reduzidos, indicando maior concentração dos dados em torno da mediana.

Figura 31 – Dinâmica espacial dos totais anuais da RPSMT em anos habituais.



Fontes: IBGE (2022); ANA (2021). Org. Araújo (2025).

A demonstração da variação dos totais anuais de precipitação nos anos-padrão habitual nas estações selecionadas no estudo, as quais assinalam para a intrínseca variação desse parâmetro, inclusive para os anos classificados como “habituais”. Essa variação, dentre os anos categorizados sob a mesma condição (habitual/excepcional), é demonstrada por Armond e Sant’Anna Neto (2017) e por Nascimento e Costa (2020). À título de exemplo, em 2008, os elevados volumes de precipitação anual de precipitação registrados em estações do norte/nordeste, como Padronal (2.511,3 mm), contrastaram com totais anuais mais baixos no Sul, como Porto Esperidião (900,3 mm).

A variabilidade das chuvas é corroborada não apenas pelos elevados desvios padrão registrados em anos como de 2008 (523 mm) e 2013 (541 mm), mas também pelos coeficientes de variação, entre 35% e 37% (Figura 32). Assim, a presença de assimetria positiva em estações como Ponte Cabaçal (MT-125), com média de 1.261 mm e mediana de 1.273 mm, confirma a influência de *outliers* de alta precipitação, distorcendo a média – um padrão típico de distribuições com cauda alongada à direita. Embora a não normalidade fosse esperada, a maioria das estações demonstrou aderência à distribuição normal nos anos habituais.

Contudo, as exceções ocorreram em Cáceres (Centro), Alto Jauru e Mato Grosso, uma vez que o teste de Shapiro-Wilk indicou *p-valores* (< 0,05). Assim, observou-se que 54% dos dados exibiram distribuição normal e, evidenciando que, mesmo em anos “habituais”, há variabilidade interanual significativa. Portanto, a “normalidade” pluviométrica na região é um conceito dinâmico, pois condicionado a fatores climáticos regionais e locais.

Figura 32 – Pluviograma da variabilidade dos totais anuais dos anos **habituais** na série histórica (RPSMT).

Pluviograma de Anos Habituais														
ID	Nome das Estações	2000	2001	2003	2004	2005	2007	2008	2011	2012	2013	2016	2018	2021
P1	Cáceres (DNPVN)	1138,9	1313,8	1056,3	1154,5	1080,7	1262,9	1325,8	1282,9	1326,9	1215,5	950,1	1248,0	1196,5
P2	Cáceres (Centro)	1130,9	1361,2	1262,0	1135,6	1199,1	1283,2	1325,8	1230,2	950,3	1210,9	611,7	1233,5	992,4
P3	Descalvados	1237,0	1305,2	843,4	1154,6	1004,3	1384,0	1450,1	1355,9	1088,1	1032,1	1042,7	1248,4	1104,7
P4	Flechas	1447,0	1366,7	1110,7	1107,9	1064,6	1431,2	1294,8	1174,9	1027,7	1181,3	1265,0	1742,2	1480,0
P5	Destacamento da Corixa	1141,6	957,2	1342,5	1074,5	1351,2	1251,7	1604,1	1087,6	1276,4	1157,7	584,1	692,6	1121,1
P6	Porto Conceição	1029,0	1055,6	942,6	1099,1	808,9	1365,3	1259,6	1123,2	1229,0	613,0	852,2	1225,0	903,5
C7	Barranquinho	1198,0	1140,3	1389,2	1309,9	1418,1	1416,5	1362,3	1297,2	1204,1	1056,0	1235,6	1455,6	1142,8
A8	São José do Sepotuba	1561,1	1350,2	1454,4	1259,0	1559,2	1823,8	1477,1	1601,2	1593,5	1735,1	1427,0	1498,7	1499,7
A9	Colônia Rio Branco	1548,7	1803,3	1682,0	1605,1	1256,2	1351,0	1240,0	1374,4	1549,9	1576,9	1368,6	1469,9	1178,8
A10	Ponte Cabaçal MT-125	1337,6	1316,4	1452,8	1389,8	1247,9	1260,8	1219,0	1418,8	1001,0	948,4	1169,8	1273,2	1353,9
A11	Alto Jauru	1322,5	1412,9	1402,0	1395,8	1167,4	1256,8	1086,7	1612,0	1595,2	2346,7	1356,3	1403,3	1233,3
A12	Porto Esperidião	1314,7	1203,0	1349,6	998,4	1197,6	1261,1	900,3	1043,9	1291,8	1069,3	921,9	1077,6	1279,3
A13	Pontes e Lacerda	1220,0	1181,4	1491,4	1145,6	1205,6	1107,9	1186,3	1378,8	1356,9	1356,6	1299,4	1486,8	1594,6
A14	Mato Grosso	1252,3	1130,9	1118,8	1111,9	1255,6	1704,8	1167,3	1417,2	1171,9	1378,7	2114,5	1461,5	1018,6
A15	Fazenda Arreião	1100,4	1261,8	827,7	953,1	1129,5	1201,8	1048,6	1037,2	1123,9	1068,0	1132,5	1032,2	966,9
A16	Destacamento da Fortuna	1377,7	1531,9	1707,5	1815,0	1252,3	1147,6	1141,3	1092,5	1293,7	554,3	1100,6	1204,4	1156,8
A17	Nova Lacerda	1491,2	2245,4	1457,9	1648,2	1308,6	1583,7	1284,5	1441,1	1361,3	1512,5	1170,1	2010,7	1543,0
C18	Vila Alegre	1827,4	1937,7	2175,3	1605,2	1847,1	2140,7	2008,9	1752,9	2241,9	1735,4	1824,8	2297,4	1825,1
A19	Porto Azeite	1435,2	1129,1	1395,2	1363,1	1326,1	1388,7	1560,0	1263,8	1409,0	1651,9	1160,2	1774,7	1098,8
A20	Padronal	1215,0	2246,0	2315,4	1841,6	2197,5	1938,5	2511,3	2140,4	2378,7	2533,8	2151,8	2214,4	2110,5
C21	Fazenda Tucunaré	1751,8	1962,7	1811,3	2159,1	2508,9	2958,9	3283,2	2875,6	2257,5	1808,9	1687,3	2191,4	1803,1
C22	Speráfico	1537,4	1715,8	2105,6	1734,6	1848,9	1932,1	1589,1	2083,9	2070,9	2561,5	1916,1	2451,0	1753,2
C23	Bacaval	1554,9	1656,1	1690,2	1555,6	1529,6	1497,6	1810,5	1639,9	1509,5	1913,4	2121,3	2121,4	1692,2
Média		1394,8	1460,2	1451,5	1374,7	1381,1	1519,6	1484,2	1466,3	1448,2	1444,3	1324,5	1557,1	1349,9
Mediana		1337,6	1350,2	1402,0	1309,9	1255,6	1384,0	1325,8	1374,4	1326,9	1356,6	1235,6	1461,5	1233,3
Desvio-padrão		261,8	366,8	397,3	317,7	391,4	418,1	523,2	427,2	412,8	541,0	453,5	462,7	325,9
Máximo		2125,0	2246,0	2315,4	2159,1	2508,9	2958,9	3283,2	2875,6	2378,7	2561,5	2151,8	2451,0	2110,5
Mínimo		1029,0	957,2	827,7	953,1	808,9	1107,9	900,3	1037,2	950,3	554,3	584,1	692,6	903,5
Amplitude		1096,0	1288,8	1487,7	1206,0	1700,0	1851,0	2382,9	1838,4	1428,4	2007,2	1567,7	1758,4	1207,0
Variação		68533	134575	157825	100942	153236	174831	273681	182494	170487	292804	205614	213978	106195
Curtose		1,38	-0,0423	0,0143	-0,0631	2,43	5,53	6,03	4,51	0,455	0,0216	-0,447	-0,609	-0,391
Coefficiente de Assimetria		1,07	0,92	0,512	0,784	1,53	2,13	2,29	1,93	1,17	0,608	0,482	0,424	0,687
Coefficiente de Variação (%)		18,8	25,1	27,4	23,1	28,3	27,5	35,3	29,1	28,5	37,5	34,2	29,7	24,1
Coefficiente de Determinação (r²)		0,398	0,316	0,449	0,442	0,423	0,252	0,213	0,324	0,421	0,312	0,507	0,499	0,366
Shapiro-Wilk (p-valor)		0,096	0,025	0,339	0,076	0,003	<,001	<,001	<,001	0,004	0,215	0,133	0,158	0,124
Teste de Mann-Kandell		0,003	0,044	0,000	0,007	0,001	0,113	0,443	0,009	0,002	0,008	0,002	0,003	0,011
Legenda	Extremamente seco	Seco	Habitual tendente seco	Habitual	Habitual tendente a chuvoso	Chuvoso	Extremamente chuvoso							

Fonte: ANA (2021). Org. Araújo (2025).

A matriz de correlação de *Spearman* (Tabela 11) reforça essa complexidade temporal, visto que as correlações moderadas a fortes, como verificado nos anos de 2011 e 2018 ($r = 0,834$), podendo ocorrer alteração climática. Ao passo que as correlações mais fracas, como as ocorre entre 2001 e 2008 ($r = 0,321$), evidenciam rupturas causadas por anomalias de redução

e/ou aumentos de chuvas. Do total, 61,5% foram moderadas, 36% fortes e apenas 2,6% fracas, com predominância de padrões estáveis com exceções relevantes.

Tabela 11 – Matriz de correlação *Spearman* entre os anos habituais da RPSMT.

Anos	2000	2001	2003	2004	2005	2007	2008	2011	2012	2013	2016	2018	2021
2000	—												
2001	0,761***	—											
2003	0,814***	0,708***	—										
2004	0,757***	0,793***	0,848***	—									
2005	0,715***	0,450*	0,793***	0,651***	—								
2007	0,682***	0,488*	0,419*	0,483*	0,636**	—							
2008	0,511*	0,321	0,427*	0,444*	0,680***	0,694***	—						
2011	0,734***	0,660***	0,712***	0,746***	0,661***	0,694***	0,537**	—					
2012	0,730***	0,582**	0,780***	0,698***	0,681***	0,485*	0,474*	0,698***	—				
2013	0,685***	0,565**	0,617**	0,540**	0,641***	0,595**	0,502*	0,778***	0,814***	—			
2016	0,758***	0,560**	0,661***	0,585**	0,640**	0,655***	0,351	0,826***	0,630**	0,749***	—		
2018	0,811***	0,627**	0,698***	0,678***	0,672***	0,799***	0,607**	0,834***	0,673***	0,784***	0,822***	—	
2021	0,798***	0,714***	0,796***	0,637**	0,612**	0,507*	0,464*	0,755***	0,692***	0,640***	0,671***	0,759***	—

Nota. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001. Fontes: ANA (2021); Jamovi 2.4.14. Org. Araújo (2025).

Para Oliveira (2024), a variabilidade pluviométrica em Mato Grosso está associada à localização geográfica e aos sistemas atmosféricos atuantes, com suporte de técnicas estatísticas como regressão múltipla, que ajustaram os dados para maior precisão espacial. Souza-Júnior (2024) se reporta às correlações significativas entre uso do solo e temperaturas do ar e de superfície em Cajazeira, Paraíba, reiterando a validade da análise estatística para a compreensão de relações ambientais no estudo.

Em síntese, a análise estatística aliada às representações gráficas mostra que a “normalidade” pluviométrica em anos habituais não é uniforme, variando conforme a localização das estações. Embora alguns dados indiquem estabilidade, há padrões não homogêneos entre anos e localidades estudados.

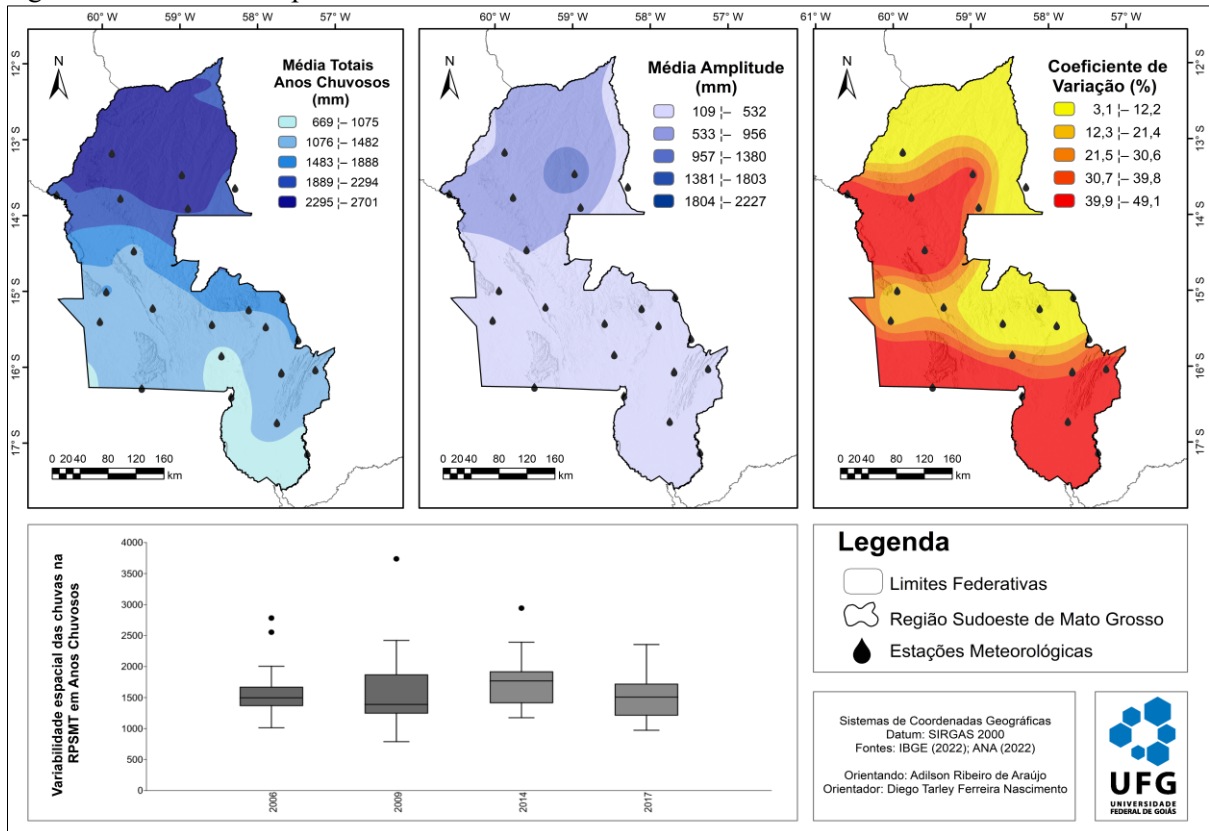
5.2.2 Variação das Chuvas em Anos Chuvosos

Em relação aos anos-padrão chuvosos, a média de precipitação foi 1.626,2 mm, com valores máximo e mínimo de 3.737 mm (Estação da Fazenda Tucunaré) e 787,6 mm (Estação Porto Conceição), respectivamente. Esse valor médio é 14% superior em relação aos anos habituais, com o valor máximo apresentando um aumento ainda mais expressivo, de 42%. Como demonstrado pela Figura 34, os menores acumulados (787-1.365 mm) concentram-se no sul e sudoeste. Por outro lado, os maiores volumes de precipitação durante o período chuvoso, variando entre 2.253 e 2.696 mm, ocorrem na região noroeste, evidenciando um gradiente crescente de precipitação na direção sul-norte, influenciado pela topografia das Chapadas dos Parecis, pelas transições entre biomas e pela atuação dos sistemas atmosféricos.

A amplitude pluviométrica (diferença entre valores máximos e mínimos) é mais elevada ao norte da região (> 1.757 mm), refletindo a ocorrência de eventos extremos. Nas áreas central e sudeste, as amplitudes são menores (109-1.148 mm), sugerindo uma distribuição mais homogênea, apesar dos volumes totais reduzidos mesmo em anos chuvosos. O coeficiente de variação exibe valores elevados ($> 28\%$) no sudeste e leste, indicando maior instabilidade interanual e menor previsibilidade climática. Em contrapartida, nas regiões central e setentrional, onde o CV% varia entre 13% e 18%, verifica-se maior estabilidade na distribuição das chuvas.

A análise *boxplot* dos totais anuais de precipitação nos anos chuvosos (Figura 33) destaca 2009 e 2014 pela maior variabilidade e presença de mais elevados *outliers*, como o registro acima de 3.600 mm em 2009. Em contraste, 2006 e 2017 apresentaram distribuições mais concentradas e menores registros extremos.

Figura 33 – Dinâmica espacial dos totais anuais da RPSMT em anos chuvosos.



Fontes: IBGE (2022); ANA (2014). Org. Araújo (2025).

Esses resultados mostram que, mesmo em anos chuvosos, há significativa variabilidade espacial das precipitações na RPSMT, como também verificado para os anos-habituais. Tal dinâmica reflete a influência conjunta de fatores locais, como relevo e transição entre biomas,

e de sistemas atmosféricos regionais, que modulam precipitação, sazonalidade e tipos climáticos (Bonini, 2019; Nóbrega et al., 2019; Silva, 2018).

Além dos acumulados anuais de precipitação registrado em cada estação nos anos chuvosos, a Figura 34 mostra os parâmetros estatísticos que reforçam as diferenças entre estes anos. Em 2014, observam-se a maior média (1.775 mm) e mediana (1.768 mm), uma baixa assimetria (0,931) e a normalidade não rejeitada ($p = 0,073$), indicando poucos extremos. Por sua vez, 2009 foi o ano mais variável, com elevados desvio padrão (627 mm), amplitude (2.949 mm), assimetria (1,82) e curtose (4,96), com uma distribuição *leptocúrtica* e normalidade rejeitada ($p = 0,002$), evidenciando extremos (*outliers*). Os anos 2006 e 2017 apresentaram perfis intermediários, sendo 2006 com média de 1.582 mm, assimetria positiva (1,68) e curtose (3,28), e 2017 com menor variabilidade (DP = 370 mm), distribuição mais simétrica (assimetria = 0,490) e normalidade mantida ($p = 0,499$).

Figura 34 – Pluviograma da variabilidade dos totais anuais dos anos **chuvosos** na série histórica (RPSMT).

Pluviograma de Anos Chuvosos							
ID	Nome das Estações	2006	2009	2014	2017		
P1	Cáceres (DNPVN)	1366,3	1323,8	1716,9	1238,4		
P2	Cáceres (Centro)	1404,2	1255,4	1710,1	1180,9		
P3	Descalvados	1162,4	1300,6	1770,4	1338,3		
P4	Flechas	1437,2	1194	1784,9	1168,7		
P5	Destacamento da Corixa	1349,9	1271,5	1289,2	977,1		
P6	Porto Conceição	1012,4	1389,2	1174,2	971,9		
C7	Barranquinho	1501,2	1340,4	2178,3	1455,6		
A8	São José do Sepotuba	1862,5	1785,9	1800,7	1661,5		
A9	Colônia Rio Branco	1568,2	1200,1	1801,4	1692,1		
A10	Ponte Cabaçal MT-125	1569,1	1238,9	1408	1336,8		
A11	Alto Jauru	1507	1527,3	1464,1	1573,2		
A12	Porto Esperidião	1374,9	851,8	1415,3	1138,8		
A13	Pontes e Lacerda	1401,2	1800,1	1554,1	1325,8		
A14	Mato Grosso	1485,5	1628,1	1746,5	1507,6		
A15	Fazenda Arreião	1496,1	1247,3	1365,7	1214,6		
A16	Destacamento da Fortuna	1109,9	2016,5	1180,9	1562,9		
A17	Nova Lacerda	1369,2	787,6	1767,8	1935,9		
C18	Vila Alegre	2003,9	2420,7	1915,1	1717		
A19	Porto Azeite	1667,4	1865,9	2942	1624,9		
A20	Padronal	2553,7	2021	2365,7	2354,9		
C21	Fazenda Tucunaré	2782,1	3737	2306	1979,7		
C22	Speráfico	1646,8	2353,2	2392,8	2084,2		
C23	Bacaval	1748,7	1788,1	1776,7	2010,6		
Média		1581,7	1623,7	1775,1	1524,0		
Mediana		1496,1	1389,2	1767,8	1507,6		
Desvio-padrão		410,5	626,5	431,4	369,5		
Máximo		2782,1	3737,0	2942,0	2354,9		
Mínimo		1012,4	787,6	1174,2	971,9		
Amplitude		1769,7	2949,4	1767,8	1383,0		
Varição		168572	392535	186106	136563		
Curtose		3,28	4,96	1,05	-0,382		
Coefficiente de Assimetria		1,68	1,82	0,931	0,49		
Coefficiente de Variação (%)		26,0	38,6	24,3	24,2		
Coefficiente de Determinação (r²)		0,310	0,337	0,187	0,593		
Shapiro-Wilk (p-valor)		0,001	0,002	0,073	0,499		
Teste de Mann-Kandell		0,007	0,006	0,064	0,000		
Legenda	Extremamente seco	Seco	Habitual tendente seco	Habitual	Habitual tendente a chuvoso	Chuvoso	Extremamente chuvoso

Fonte: ANA (2017). Org. Araújo (2025).

A análise de correlação de *Spearman* (Tabela 12) entre os anos chuvosos demonstrou padrões distintos na distribuição espacial das chuvas. Os anos de 2006 e 2014 exibiram a correlação mais forte (0,720), assinalando padrões espaciais de precipitação bastante similares.

Tabela 12 – Matriz de correlação *Spearman* entre os anos chuvosos da RPSMT.

Anos	2006	2009	2014	2017
2006				
2009	0,497*			
2014	0,720***	0,434*		
2017	0,712***	0,568**	0,710***	

Nota. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$. Fontes: ANA (2017); Jamovi 2.4.14. Org. Araújo (2025).

Relações igualmente consistentes foram verificadas entre 2006-2017 (0,712) e 2014-2017 (0,710), indicando a continuidade nos regimes de chuvas nos intervalos. O ano de 2009 apresentou correlações moderadas, com a mais significativa ocorrendo em 2017 (0,568) e mais fracas em 2006 (0,497) e 2014 (0,434). Dessa forma, os resultados indicam que os anos de 2006, 2014 e 2017 tiveram padrões pluviométricos espaciais semelhantes; enquanto 2009 se destacou por características distintas, provavelmente devido a fatores atmosféricos específicos. Isso evidenciou uma complexa variabilidade interanual da precipitação, mesmo em períodos classificados como chuvosos, refletindo os mecanismos climáticos atuantes na região.

5.2.3 Variação das Chuvas em Anos Secos

De modo geral, a média pluviométrica nos anos secos foi 1.267,9 mm. Em comparação com os anos habituais e chuvosos, as reduções observadas foram de 12% e 22%, respectivamente. Os anos-padrão secos no Sudoeste de Mato Grosso apresentaram padrões de precipitação marcadamente heterogêneos, com realce para 2020 como o período mais crítico, quando se registrou o mínimo histórico de 381 mm na estação do Destacamento da Corixa, localizada no setor sul da região.

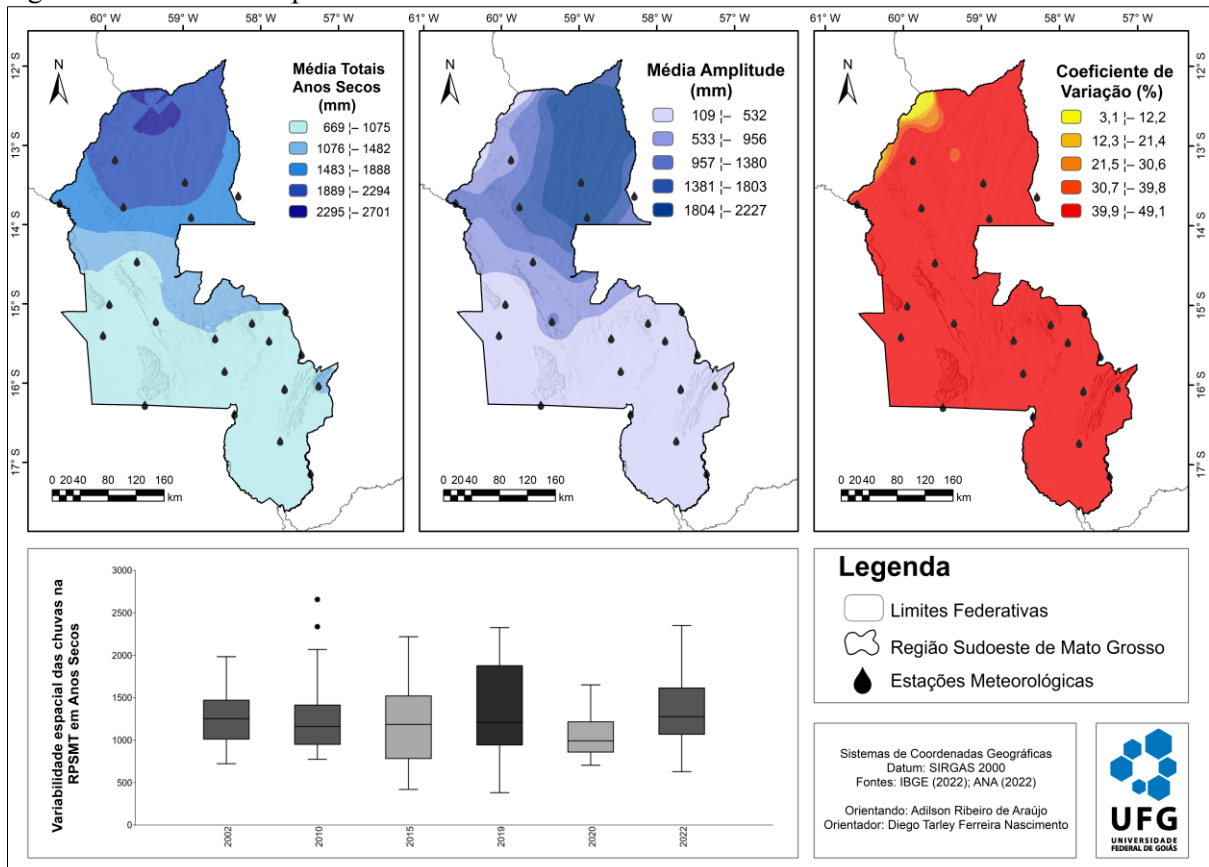
Conforme verificado, a região pluviométrica 1 e 3, caracterizada pelo predomínio agrícola, normalmente mais úmida e Pantanal, registrou volumes reduzidos de precipitação durante os anos secos, com máximos de 2.657,5 mm e mínimos de 380,8 mm. Nos anos chuvosos e habituais, esses valores foram consideravelmente mais elevados: os máximos atingiram 3.737 mm e 3.283 mm, enquanto os mínimos chegaram a 788 mm e 554 mm, respectivamente.

Chaves, Souza e Freitas (2020) esclarecem que durante anos muito secos, municípios como Jauru e Araputanga foram severamente afetados, impactando diretamente a agricultura e o abastecimento hídrico (Figura 35). O INPE (2020) apontou um aumento de 210% nos focos de incêndio especificamente no bioma Pantanal no ano de 2020, em comparação com o mesmo período do ano anterior, evidenciando os efeitos em cascata decorrentes do *déficit* hídrico naquele ano.

Assim como nos demais casos, nos anos secos também se verifica forte variabilidade espacial da precipitação no Sudoeste de Mato Grosso, com o sul registrando mínimos históricos, como os 380,8 mm em 2019, enquanto o norte e o Sudeste exibem volumes significativamente maiores em determinados anos. Em consonância com o estudo, Silva (2023) alerta para a acentuada variabilidade espacial e temporal dos anos secos, com 2019 registrando os mínimos históricos. De forma semelhante, Vieira (2025) forte variabilidade espacial e mínimos de precipitação em anos secos; Alves, Souza e Oliveira (2025) relacionam esses extremos ao *El Niño* na Bacia Amazônica.

Por sua vez, a variação temporal, resulta da maior atuação da Massa Tropical Atlântica em anos mais secos, que reflete numa maior inibição de entrada de sistemas produtores de chuvas de origem (Sette, 2005; Borsato; Mendonça, 2015), além da atuação irregular de massas polares e sistemas de monção (Wanderley; Nóbrega, 2022). Esses aspectos evidenciam a variação espacial e a variabilidade temporal inclusive em anos secos, e reforça a necessidade de estratégias adaptativas para as atividades agropecuárias e a gestão dos recursos hídricos, devido aos impactos decorrentes (Araújo; Rocha, 2022; Nascimento; Silva; Silva; 2024) (Figura 35).

Figura 35 – Dinâmica espacial dos totais anuais da RPSMT em anos secos.



Fontes: IBGE (2022); ANA (2022). Org. Araújo (2025).

Os mapas expostos na figura 35 demonstram elevados valores para o coeficiente de variação nos anos-padrão seco, o que reforça a heterogeneidade temporal e espacial em comparação ao regime habitual e chuvoso. As regiões sudeste e leste exibem CVs superiores a 21%, indicando maior variabilidade interanual, enquanto as zonas central e norte apresentam valores entre 22% e 17%, sugerindo maior regularidade.

O gráfico de *boxplot* apresentado revela uma expressiva variabilidade temporal entre os anos secos. Em 2019, observou-se a maior dispersão de dados, com amplitude superior a 2.000 mm, demonstrando intensa heterogeneidade das chuvas. Em contraste, 2020 apresentou condições mais homogêneas, com baixas medianas. Quanto aos anos de baixa pluviosidade, 2010 e 2015 mostram características intermediárias, com medianas em torno de 1.500 mm e uma variação moderada. Por sua vez, em 2022 houve tanto o aumento da dispersão como a ocorrência de valores extremos, evidenciando chuvas isoladas associadas a um quadro de seca pluviométrica. A presença de *outliers*, especialmente em 2019 e 2022, reporta acumulados consideráveis, inclusive em anos secos, a Figura 36 ilustra a variação.

Figura 36 – Pluviograma da variabilidade dos totais anuais dos anos secos na série histórica (RPSMT).

Pluviograma de Anos Secos							
ID	Nome das Estações	2002	2010	2015	2019	2020	2022
P1	Cáceres (DNPVN)	1028,6	1338,3	941,8	943,5	918,1	909,5
P2	Cáceres (Centro)	973,9	1346,5	696,2	941,5	992,1	1036,7
P3	Descalvados	969,2	977,4	926	1006,1	808,7	873,8
P4	Flechas	1470,7	1151,4	1413	806,7	985,4	2351,5
P5	Destacamento da Corixa	884,8	950,6	420	380,8	860,1	1175,3
P6	Porto Conceição	927,7	1260,3	619,8	577,9	704,4	629,2
C7	Barranquinho	1397,9	970,9	1217,3	1137,9	1049,1	1276,5
A8	São José do Sepotuba	1470,7	1245,7	1400,9	1185,3	926,9	1458,9
A9	Colônia Rio Branco	1253,5	803	1488,8	1404,8	1070,9	1166,2
A10	Ponte Cabaçal MT-125	1276,3	1194,4	1185,2	1176,5	1042,9	1036,5
A11	Alto Jauru	1437,3	1129,3	1427,1	1488,8	822,5	1382,2
A12	Porto Esperidião	1224,8	797,1	764,2	748,9	736,5	1168,6
A13	Pontes e Lacerda	1012,4	926,5	1113,9	1900,7	1144,1	1486,9
A14	Mato Grosso	1132,1	1160,2	1031,1	1464,8	1216,5	1533,4
A15	Fazenda Arreião	1107,8	1072,9	783,7	985,4	790,8	1068,8
A16	Destacamento da Fortuna	722,7	774,3	779,4	1209,5	891,4	1087,8
A17	Nova Lacerda	1060	878,5	1094,7	1401,4	888,9	1586
C18	Vila Alegre	1983,5	1849,1	2056,9	2228,8	1304,6	1758,8
A19	Porto Azeite	1395,8	1413,9	1877,1	2070,2	1095,7	1793
A20	Padronal	1915,5	2069	2218,7	2325,9	1651,3	1676,8
C21	Fazenda Tucunaré	1787,5	2657,5	1859,6	2095,6	1304	2223,7
C22	Speráfico	1443,6	2337,2	1804,7	1877,2	1647,9	1267,4
C23	Bacaval	1620,8	1535	1521	1727,8	1497,6	1614,7
Média		1282,5	1297,3	1245,3	1351,6	1058,7	1372,3
Mediana		1253,5	1160,2	1185,2	1209,5	992,1	1276,5
Desvio-padrão		333,3	497,7	487,9	541,8	270,4	416,2
Máximo		1983,5	2657,5	2218,7	2325,9	1651,3	2351,5
Mínimo		722,7	774,3	420,0	380,8	704,4	629,2
Amplitude		1260,8	1883,2	1798,7	1945,1	946,9	1722,3
Variação		111143	247717	238080	293546	73110	173223
Curtose		-0,283	1,74	-0,695	-0,814	0,246	0,473
Coefficiente de Assimetria		0,527	1,470	0,346	0,233	0,962	0,664
Coefficiente de Variação (%)		26,0	38,4	39,2	40,1	25,5	30,3
Coefficiente de Determinação (r²)		0,277	0,282	0,387	0,603	0,443	0,214
Shapiro-Wilk (p-valor)		0,425	0,002	0,647	0,586	0,038	0,471
Teste de Mann-Kandell		0,053	0,245	0,013	0,000	0,005	0,003
Legenda	Extremamente seco	Seco	Habitual tendente seco	Habitual	Habitual tendente a chuvoso	Chuvoso	Extremamente chuvoso

Fonte: ANA (2022). Org. Araújo (2025).

A variação dos totais anuais de precipitação nos anos secos, entre as diferentes estações meteorológicas. O ano de 2010 se salienta por ter registrado o máximo valor de acumulado ano, de 2.657 mm, na Fazenda Tucunaré. No ano de 2019 percebe-se o menor valor de acumulado mensal, de 380 mm, na estação Destacamento da Corixa. Além disso, vale mencionar a considerável variação da amplitude dos acumulados mensais ao longo dos anos secos, com

maior amplitude justamente em 2019 (1.945 mm) e menor no ano seguinte, 2020 (946 mm), reforçando, portanto, a variabilidade das chuvas, até no mesmo regime pluviométrico (seco).

Sobressaem-se particularmente os anos de 2002 e 2015, com a maior correlação (0,880), indicando uma similaridade expressiva em seus padrões espaciais de precipitação. Essa similaridade também é observada, em menor intensidade, entre 2015 e 2019 (0,836), demonstrando uma continuidade nos fatores climáticos nesses períodos.

Em contrapartida, o ano de 2010 exibiu uma correlação fraca e não significativa estatisticamente (0,326), distinguindo-se dos demais períodos. Apesar disso, mostrou relações moderadas em 2002 (0,596) e 2020 (0,594). O ano de 2020 teve um padrão intermediário, apresentando correlações significativas com todos os anos analisados, variando de 0,600 a 0,781 (Tabela 13). Isso sugere um comportamento intermediário entre os extremos observados nos anos de 2002/2015 e o comportamento distinto de 2010.

Tabela 13 – Matriz de correlação *Spearman* entre os anos secos da RPSMT.

Anos	2002	2010	2015	2019	2020	2022
2002	—					
2010	0,596**	—				
2015	0,880***	0,562**	—			
2019	0,609**	0,450*	0,836***	—		
2020	0,640**	0,594**	0,767***	0,781***	—	
2022	0,708***	0,326	0,715***	0,630**	0,600**	—

Nota. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001. Fontes: ANA (2022); Jamovi 2.4.14. Org. Araújo (2025).

As correlações notáveis referentes ao ano 2019 com os anos 2015 e 2020 atestam as características pluviométricas intermediárias entre esses períodos. Por sua vez, o ano de 2022 trouxe uma dinâmica climática singular, com forte correlação com 2002 (0,708) e 2015 (0,715), mas sem relação significativa com 2010. Oliveira et al. (2023) reiteram essa perspectiva, além de chamarem a atenção sobre as correlações entre chuvas e parâmetros climáticos que apresentam intensidades variadas, classificadas como fortes, moderadas ou negativas.

Neste sentido, as correlações superiores a 0,700 indicam atuação similar de sistemas climáticos específicos, enquanto correlações baixas ou não significativas refletem mecanismos atmosféricos distintos. Isso confirma a complexidade do regime pluviométrico inclusive em contextos de escassez hídrica. No âmbito geral, 53% das correlações foram moderadas, 40% fortes e apenas 7% fracas, indicando a influência dos sistemas atuantes e as características próprias da zona de transição entre os biomas da região.

Desse modo, os resultados mostram que os anos secos não se caracterizam por padrões pluviométricos uniformes, mas, em fato, por uma considerável variabilidade espacial e temporal das precipitações. Essa heterogeneidade destaca a complexidade dos regimes

climáticos e reforça a necessidade de estratégias eficazes para monitorar e enfrentar a escassez hídrica, considerando as incertezas e disparidades regionais nos volumes e na distribuição das chuvas.

5.3 Tendências das Chuvas na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso

A análise dos índices de detecção de tendência de eventos climáticos extremos calculados para o período de 1980 a 2022 para as dez estações localizadas na Região de Planejamento do Sudoeste do Mato Grosso revelou padrões das chuvas variados. A Tabela 14 apresenta os valores de *p-valor* marcados em negrito devido à significância estatística entre 5% e 10%, além dos coeficientes angulares (*slope*) com variação entre valores negativos e positivos.

Com predominância de tendências positivas para o número de dias secos consecutivos (CDD) em todas as estações e para a intensidade diária da chuva (SDII) na maioria das estações, com exceção da estação Padronal e Vila Alegre. Isso sugere períodos mais longos de seca intercalados por episódios de precipitação intensa. Assim, os resultados corroboram com os estudos de Siqueira et al. (2024) notam tendências positivas do SDII em cerca de 80% da região do Matopiba, ao passo que Hoffman et al. (2021) encontram semelhante cenário (aumento do período seco quanto à intensificação dos eventos extremos de chuvas) no Cerrado.

Tabela 14 – Tendências e significância dos índices climáticos na RPSMT.

ETCCDMI		CDD		CWD		PRCPTOT		SDII		R10mm	
Estações	Trends	Slope	p-valor	Slope	p-valor	Slope	p-valor	Slope	p-valor	Slope	p-valor
Cáceres (DNPVN)	No Trend	0,228	0,008	-0,114	0,00	-3918	0,07	0,349	0,016	-0,032	0,66
Porto Conceição	Increasing	0,514	0,061	-0,062	0,082	-4318	0,62	0,156	0,027	-0,113	0,567
São J. do Sepotuba	No Trend	0,588	0,115	-0,175	0,002	-6,98	0,182	0,144	0,016	-0,234	0,106
Alto Jauru	Increasing	0,183	0,001	-0,09	0,002	-3372	0,228	0,149	0,00	-0,207	0,013
Porto Esperidião	Increasing	0,175	0,018	-0,053	0,017	-2859	0,13	0,165	0,00	-0,078	0,189
Pontes e Lacerda	No Trend	0,257	0,023	-0,078	0,023	-5864	0,019	0,05	0,033	-0,189	0,014
Mato Grosso	No Trend	0,226	0,302	-0,054	0,01	2516	0,267	0,112	0,00	0,062	0,443
Vila Alegre	Increasing	0,246	0,156	-0,051	0,384	-2,28	0,623	-0,014	0,803	-0,02	0,896
Padronal	Increasing	0,298	0,394	0,137	0,179	6236	0,206	-0,044	0,196	0,22	0,258
Fazenda Tucunaré	No Trend	0,351	0,221	-0,135	0,026	4337	0,626	0,383	0,00	-0,071	0,762

Nota Slope: Tendências positivas em verde e negativas em vermelho; ausência de significância estatística sem grifo, com boa significância em cinza-claro ($p\text{-valor} > 0,02 < 0,05$) e alta significância em cinza-escuro ($p\text{-valor} \leq 0,01$).

Fonte: ANA (2022). Organizado pelos autores (2024).

Em contrapartida, os índices CWD, PRCPTOT e R10mm mostraram tendências negativas na maioria das estações, exceto para Padronal, Mato Grosso e Fazenda Tucunaré,

indicando redução tanto dos dias chuvosos quanto em relação ao volume diário e anual de precipitação. Esses resultados sugerem uma redução da frequência de chuvas, alteração da sazonalidade e menor aporte hídrico, em consonância com os resultados reportados por Costa et al. (2020); Hoffman et al. (2021; 2024); Farinosi et al. (2019); Kostopoulou e Giannakopoulos (2023); Neves et al. (2024) e Siqueira et al. (2024).

Observa-se alta significância estatística, superior a 70%, sobretudo nos índices SDII e CWD, o último foi expressivo na maioria das estações, evidenciando a intensificação das secas e a variabilidade climática regional. Já a boa significância teve percentual de apenas 10% para os demais índices, com exceção do SDII. Em contraste, os índices PRCPTOT e R10mm apresentaram idêntico percentual, embora ausente de significância estatística. Já os demais índices não evidenciaram resultados tão expressivos, permanecendo em percentuais entre 20% e 50%, o que reflete a variabilidade inerente ao parâmetro climático analisado, especialmente quanto à variação dos totais anuais e à distribuição intra-anual das chuvas, como averiguado por Nascimento e Costa (2020).

Portanto, observou-se tendência positiva no índice CDD em todas as estações, especialmente em Cáceres ($slope = 0,228$; $p = 0,008$), Porto Esperidião ($0,175$; $p = 0,018$) e Pontes Lacerda ($0,257$; $p = 0,023$), indicando aumento consistente na duração dos períodos secos e intensificação das estiagens. O coeficiente de determinação (r^2), variando entre 2% e 22%, revelou que as tendências explicam parte significativa da variabilidade dos dados, com menor representatividade em Padronal ($r^2 = 2\%$) e maior consistência observada em Alto Jauru ($r^2 = 22\%$).

O índice apresentou assimetria positiva e curtoses levemente negativas, indicando distribuições homogêneas, porém com anos de seca excepcionalmente longa, caracterizando um comportamento climático irregular e extremo. O teste de Shapiro-Wilk obteve valores de $p > 0,05$ em estações como Cáceres, Porto Conceição e Padronal, sugerindo normalidade estatística para tais; contudo, a hipótese de normalidade foi rejeitada para as demais, apesar de algumas séries exibirem desvios por eventos extremos.

Essa variabilidade é exemplificada pelo evento extremo de 2011, quando Porto Conceição registrou 166 dias consecutivos sem chuva, contrastando com os 22 dias mínimos em Padronal – oscilações norte-sul que evidenciam a influência dos sistemas atmosféricos regionais (Serra; Ratisbona, 1942; Monteiro, 1951; Neves, 2018; Borsato e Massoquim, 2020a). Os resultados corroboram com Novais (2019), que observou padrão semelhante do índice CDD no Cerrado. Hofmann (2024) distinguiu um aumento progressivo na duração dos períodos secos, enquanto Reis et al. (2025) demonstraram tendência de crescimento do CDD em outubro

e dezembro, com possíveis implicações para a agricultura que, representou uma expansão de 338% entre 1985-2022 na região Sudoeste de Mato Grosso (Araújo; Nascimento, 2024).

Em contraste, o índice CWD revelou tendências negativas e estatisticamente significativas na maioria das estações (exceto Padronal), com destaque para Alto Jauru ($-0,090$; $p=0,002$). Isso indica uma redução na continuidade das sequências chuvosas e um encurtamento da estação chuvosa em algumas áreas, especialmente no sudoeste e sul da RPSMT. Tal cenário sugere menor persistência das chuvas e maior duração das secas, condizente com uma crescente irregularidade pluviométrica. Em contrapartida, o índice SDII apresentou tendência positiva na maioria das estações, refletindo chuvas menos frequentes e mais curtas, porém de maior intensidade.

A análise estatística reforça esses padrões: os coeficientes de determinação (r^2 entre 5% e 37%) indicam uma boa aderência. As distribuições de CWD exibiram assimetrias positivas e curtoses elevadas – notadamente em Alto Jauru (2,84 e 9,36), onde também se observou a maior assimetria e curtose geral –, evidenciando a concentração de precipitação em poucos anos de chuvas extremas. A não-normalidade foi confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,001$, exceto Mato Grosso), sinalizando anomalias associadas aos anos de precipitação prolongada.

Desse modo, os valores médios de CWD em Padronal variaram entre 5 dias (mínimo) e 35 dias (máximo). A estação apresentou o menor erro padrão, indicando maior consistência na média de dias secos, enquanto a estação de Mato Grosso registrou o menor desvio padrão, refletindo um regime mais homogêneo de dias secos consecutivos. Embora o centro da região tenha registrado aumento nos dias consecutivos de chuva, o padrão geral aponta para redução da pluviosidade e maior variabilidade temporal.

O índice PRCPTOT apresentou grande variabilidade interanual, com valores entre 578 mm em Porto Conceição (2019) e 3.737 mm em Fazenda Tucunaré (2009), evidenciando amplitude expressiva e tendência de redução da precipitação a partir dos anos 2000. Esses extremos refletem oscilações marcadas entre fases secas e úmidas, com maior variabilidade nas áreas de predominância agrícola e no domínio pantaneiro, contrastando com o padrão mais constante dos milímetros diários. Essa dinâmica expressa influências locais e de sistemas atmosféricos, como a ZCAS e a Oscilação Madden-Julian (MJO), cuja variabilidade é modulada pela Oscilação *El Niño*-Sul (ENOS) (Grimm, 2011; Alves et al., 2022), indicando uma tendência a padrões de precipitação mais extremos na região.

O PRCPTOT manifestou um declínio próximo da significância em Cáceres (coeficiente angular de -3.918 mm) e queda significativa em Pontes e Lacerda (-5.864 mm), reforçando a redução da pluviosidade acumulada no centro e sul da RPSMT. Nas demais estações, *p-valores*

acima de 0,05 sugerem ausência de tendência estatisticamente relevante. Com baixos coeficientes de determinação (r^2 entre 3% e 11%) e altos desvios padrão refletem a variabilidade anual típica de regiões tropicais com regimes sazonais intensos.

Os arranjos de PRCPTOT exibiram assimetrias leves e curtoses positivas, indicando predomínio de valores próximos à normalidade, mas com ocorrências de anos excepcionalmente secos ou chuvosos. O teste de Shapiro-Wilk mostrou um leve desvio de normalidade em quase todas as séries, corroborando a presença de eventos episódicos que distorcem a média, sem alterar substancialmente a tendência de estabilidade pluviométrica.

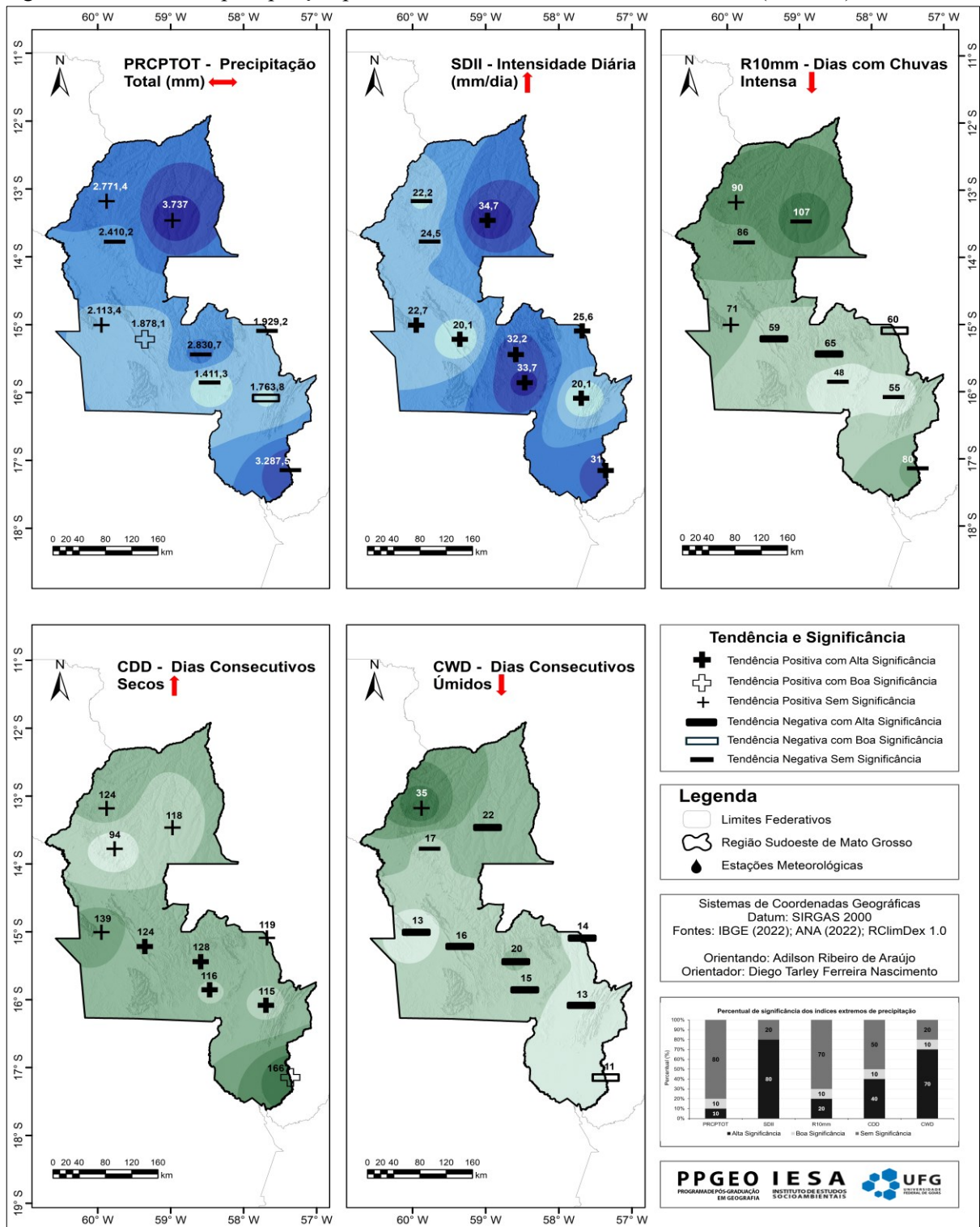
Contudo, confirma-se a intensificação de episódios de chuva breve e severa, especialmente após 2015. Os extremos também se manifestam no R10mm, com máximo de 107 dias em Fazenda Tucunaré (2009) e mínimo de 19 dias em Porto Conceição (2019), consolidando a percepção de eventos cada vez mais concentrados em períodos curtos. Em comparação, o CDD atingiu 166 dias, enquanto o CWD reduziu-se somente a dois dias em várias estações nos anos recentes, ressaltando o aumento de períodos prolongados de seca e a ruptura da sequência sazonal das chuvas.

O índice R10mm, que contabiliza dias com chuva intensa acima de 10 mm, mostrou tendência de decréscimo estatisticamente significativa em Alto Jauru, com reta de inclinação de $-0,207$ e p -valor de $0,013$; e, em Pontes e Lacerda, com inclinação menor ($0,189$) e p -valor de $0,014$ –, indicando redução da frequência de eventos fortes, embora com volumes mais concentrados. Essa diminuição do R10mm, associada ao aumento do SDII, revela um padrão de chuvas mais intensas e pontuais, porém menos recorrentes.

Ainda com valores inferiores do r^2 (2% a 12%) sugerem tendências *sutis*, mas coerentes com a variabilidade regional. Ordenamentos de R10mm apresentaram assimetrias negativas e curtoses leves, indicando dispersões moderadas e redução gradual na frequência de chuvas fortes. Valores positivos de assimetria, como em Porto Conceição (2,7) e Fazenda Tucunaré (0,928), sinalizam a predominância de anos com poucos eventos extremos e ocorrência esporádica de anos muito chuvosos; já os negativos, como em Padronal (-0,835) e Cáceres (-0,500), refletem distribuições mais concentradas em torno da média. A elevada curtose em Porto Conceição (9,69) evidencia a presença de valores extremos acentuados, enquanto estações com curtoses próximas de zero, como Alto Jauru (-0,054), denotam para maior homogeneidade pluviométrica.

A Figura 37 apresenta a significância estatística, os extremos diários, os volumes de precipitação e a distribuição espacial obtida por interpolação geoestatística (IDW) na Região Sudoeste.

Figura 37 – Índices de precipitação pluvial na série histórica da área em estudo (RPSMT).



Fontes: IBGE (2022); ANA (2022). Organizado pelos autores (2025).

Em relação ao R10mm, as frequências mínimas variaram de 19 dias (Porto Conceição) a 46 (Vila Alegre); e as máximas alcançaram 107 dias (Fazenda Tucunaré), mostrando amplitude interanual e relativa uniformidade na ocorrência de eventos intensos. Os maiores desvios padrão foram observados em Fazenda Tucunaré (14,9), Padronal (13) e Porto

Conceição (13), revelando alta oscilação anual, enquanto Porto Esperidião (6,37) e Sepotuba (6,52) indicaram menor variabilidade. O teste de normalidade apresentou *p*-valores próximos de 0,1, sugerindo comportamento parcialmente normal, porém sujeito a flutuações em anos anômalos, o que reforça o caráter instável das precipitações intensas na região.

Em relação ao índice simples de intensidade diária (SDII), observou-se um comportamento marcado por tendências positivas e altamente significativas em 80% das estações, indicando que, embora ocorram menos dias chuvosos, sua intensidade tende a ser maior. As estações de Alto Jauru (*p*<0,001), Porto Esperidião (*p*<0,001), Sepotuba (*p*=0,016) e Fazenda Tucunaré (*p*<0,001) apresentaram reta de inclinação positivos expressivos e valores de coeficiente determinante (*r*²) de até 57% nesta última, evidenciando aumento consistente da intensidade média diária das chuvas. Essa tendência indica a acumulação de grandes volumes de chuvas em intervalos curtos, elevando a probabilidade de inundações e enxurradas em áreas específicas. A Tabela 15 expõe os parâmetros estatísticos aplicados à validação dos índices de extremos climáticos da região.

Tabela 15 – Parâmetros estatísticos dos índices de precipitação nas estações meteorológicas da RPSMT.

ETCCDMI	CDD						CWD					
	Erro Padrão	Coef. r ²	Assimetria	Desvio Padrão	Curtose	Shapiro-W	Erro Padrão	Coef. r ²	Assimetria	Desvio Padrão	Curtose	Shapiro-W
Cáceres	0,228	18,6	0,438	24,4	-0,849	0,047	0,025	37,4	0,822	2,52	0,768	0,016
Porto Conceição	0,514	16,5	1,14	36	0,811	0,034	0,034	14,4	1,12	2,36	1,52	0,025
S. J. Sepotuba	0,588	8,9	0,358	27,3	-1,17	0,06	0,050	31	0,892	2,67	0,363	0,025
Alto Jauru	0,183	22,3	0,145	22	0,488	0,716	0,028	18,2	2,84	3,42	9,36	<,001
Porto Esperidião	0,175	12,9	0,634	21,3	0,353	0,146	0,021	13,2	1,5	2,67	3,8	0,002
Pontes e Lacerda	0,257	10,7	0,296	26,3	-0,585	0,168	0,033	10,7	1,05	2,38	1,96	0,002
Mato Grosso	0,226	2,4	0,834	26,1	0,656	0,098	0,020	14,3	0,562	2,13	0,385	0,064
Vila Alegre	0,246	6,8	0,667	14,1	0,623	0,273	0,058	2,6	0,978	3,26	0,754	0,017
Padronal	0,298	2,1	1,05	20	1,97	0,036	0,100	5,21	1,05	6,82	0,993	0,01
Faz. Tucunaré	0,351	4,4	0,392	23	-0,502	0,51	0,058	13,7	1,65	4,02	4,39	<,001

ETCCDMI	PRCPTOT						SDII					
	Erro Padrão	Coef. r ²	Assimetria	Desvio Padrão	Curtose	Shapiro-W	Erro Padrão	Coef. r ²	Assimetria	Desvio Padrão	Curtose	Shapiro-W
Cáceres	2,1	9	0,162	216	0,35	0,886	0,019	15,6	0,427	1,84	-0,127	0,706
Porto Conceição	8,583	1,2	3,1	575	12	<,001	0,065	22,2	0,512	4,44	0,114	0,916
S. J. Sepotuba	5,1	6,5	-0,506	233	0,263	0,553	0,056	19,7	0,434	2,82	-0,446	0,25
Alto Jauru	2,76	3,1	2,41	324	11	<,001	0,035	27,9	0,388	4,91	0,769	<,001
Porto Esperidião	1,85	5,5	-0,579	194	-0,556	0,087	0,035	34,9	0,414	5,21	5,84	<,001
Pontes e Lacerda	2,41	11,4	0,089	245	-0,701	0,788	0,023	9,6	0,361	2,35	0,992	<,001
Mato Grosso	2,24	2,8	0,709	262	0,549	0,113	0,023	35,4	0,393	3,31	-0,457	0,009
Vila Alegre	4,59	0,8	-0,054	255	-0,025	0,841	0,057	0,200	0,421	3,2	0,963	0,044
Padronal	4,84	4,7	-0,542	329	0,657	0,54	0,033	4,9	0,393	2,25	1,33	0,344
Faz. Tucunaré	8,815	0,7	0,87	568	0,562	0,041	0,057	56,8	0,393	5,68	-1,11	0,107

ETCCDMI	R10mm					
	Erro Padrão	Coef. r ²	Assimetria	Desvio Padrão	Curtose	Shapiro-W
Cáceres	0,071	0,600	-0,5	6,67	0,95	0,499
Porto Conceição	0,194	1,7	2,7	13	9,69	<,001
S. J. Sepotuba	0,140	9,4	-0,082	6,52	0,43	0,528
Alto Jauru	0,080	12,5	0,077	8,48	-0,054	0,859
Porto Esperidião	0,058	4,2	-0,159	6,37	-0,827	0,498
Pontes e Lacerda	0,074	12,3	-0,472	7,25	0,381	0,107
Mato Grosso	0,080	1,3	0,546	9,51	0,657	0,529
Vila Alegre	0,150	0,100	0,668	8,3	1,43	0,128
Padronal	0,191	3,7	-0,535	13	0,674	0,049
Faz. Tucunaré	0,232	0,300	0,928	14,9	1,13	0,027

Fonte: Rclimdex 1.0; Software Jamovi versão 2.4 (2023). Organizados pelos autores (2025).

Nota-se também que o índice SDII apresentou elevados desvios padrão e curtoses positivas em algumas estações, caracterizando ordenamento *leptocúrticas* e sinalizando anos com picos de intensidade pluviométrica superiores à média histórica. Embora a distribuição seja relativamente equilibrada, Porto Esperidião, com curtose positiva acentuada, sobressaiu-se pelos picos mais pronunciados de precipitação. A assimetria positiva observada na maioria das

estações reforça a ocorrência de eventos extremos eventuais, responsáveis por distorções nas médias e por um regime de chuvas mais concentrado.

Para o teste de Shapiro-Wilk que comprovou *p-valores* inferiores a 0,05 em cinco estações, confirmando a normalidade dos dados, enquanto nas demais – situadas ao norte e ao sul da região – essa hipótese foi rejeitada. Tais áreas, influenciadas pela intensa atividade agrícola e pelo domínio pantaneiro, refletem a presença de *outliers* climáticos associados ao aumento dos eventos convectivos. O índice variou entre 10 e 35 mm/dia, demonstrando recente elevação na intensidade das chuvas, com máximos de 34,7 mm/dia na Fazenda Tucunaré (2022) e mínimos de 9,9 mm/dia em Porto Esperidião (1993).

Para o SDII, o teste assinalou mudanças em Porto Esperidião e Pontes e Lacerda com *p-valor* de 0,009 e Mato Grosso com o *valor-p* de 0,043, com rupturas entre 2014 e 2017, correspondendo a episódios de chuvas mais concentradas e eventos extremos isolados. No índice R10mm, as quebras significativas ocorreram em Sepotuba e na Fazenda Tucunaré, entre 2007 e 2010, período de forte irregularidade pluviométrica. Já os índices CWD e CDD tiveram padrões heterogêneos: a homogeneidade foi mantida na maior parte das séries, mas com rupturas pontuais do CDD em Cáceres ($p=0,009$), indicando uma reorganização da duração das secas no início dos anos 2000.

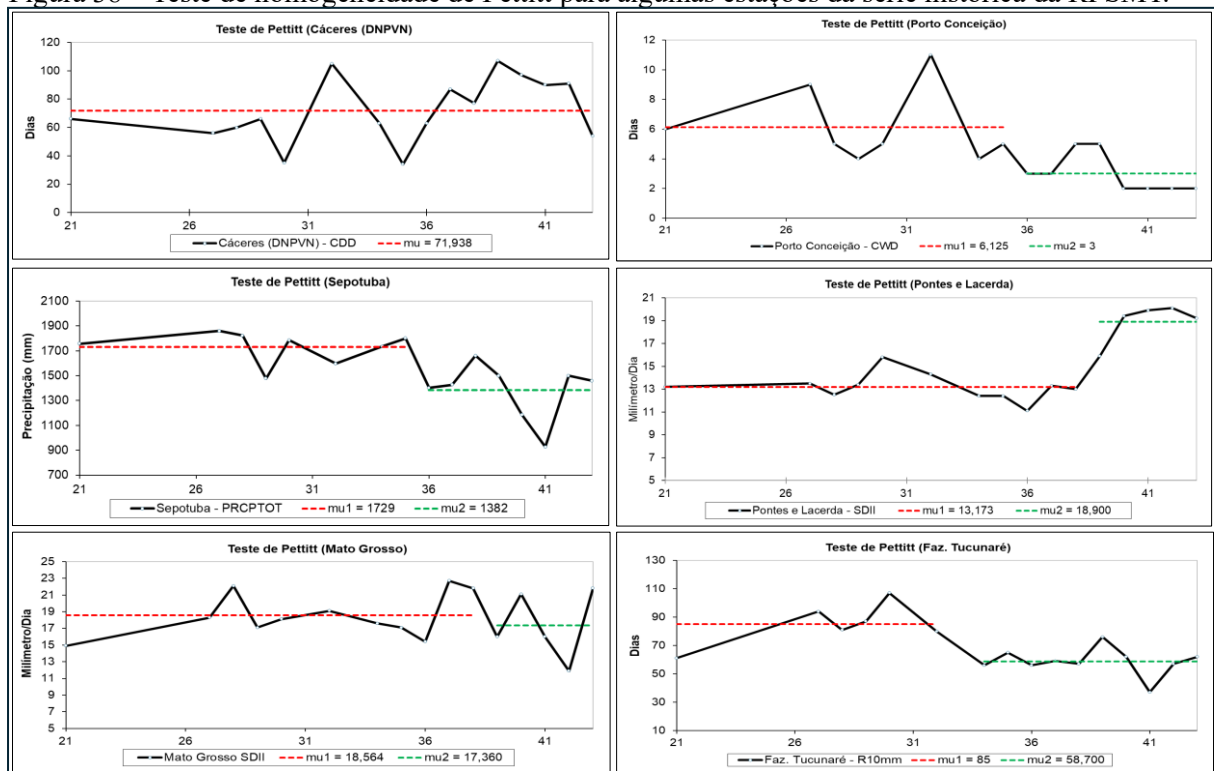
Assim, a análise da série temporal indicou poucas discontinuidades, com ênfase para as estações Fazenda Tucunaré (CDD), Porto Conceição e Padronal (CWD), sugerindo efeitos de condições locais ou emergências climáticas e/ou no uso da terra. Nos totais anuais de precipitação (PRCPTOT), Porto Conceição e São José do Sepotuba tiveram rupturas estruturais, indicando possíveis influências regionais. O índice de intensidade média diária (SDII) demonstrou um comportamento heterogêneo nas estações de Porto Esperidião, Pontes e Lacerda e Mato Grosso. Já o índice de dias com chuva intensa (R10mm) registrou discontinuidades nas estações de São José do Sepotuba e da Fazenda Tucunaré, contrastando com a homogeneidade nas demais.

O teste não paramétrico de Pettitt, ao identificar pontos de mudança significativos na mediana das séries temporais, permitiu detectar rupturas em diferentes períodos dos dados analisados. A análise de homogeneidade revelou quebras relevantes no índice PRCPTOT, com *p-valores* de 0,013 para Cáceres; 0,049 para Porto Conceição; e 0,005 para Sepotuba, concentradas entre 2000 e 2007, período caracterizado por intensos eventos secos na RPSMT, decorrentes de bloqueios atmosféricos ou da inibição da ZCAS.

Os resultados do teste de homogeneidade de Pettitt destacaram Padronal e Fazenda Tucunaré, com médias anuais de 68 e 69 dias (≥ 10 mm), enquanto Porto Conceição registrou

apenas 33 dias. Os testes de normalidade apontaram ausência de distribuição normal em várias séries, e a presença de *outliers* confirmou a influência de eventos extremos. Identificaram-se duas fases distintas: uma transição para padrões mais secos no início dos anos 2000 e outra, a partir de 2010, marcada pelo aumento da intensidade das chuvas pontuais. Regionalmente, o centro e o oeste da RPSMT (Cáceres, Pontes e Lacerda) tornaram-se mais secos e suscetíveis a *déficits* hídricos, enquanto o noroeste e nordeste (Padronal, Fazenda Tucunarê) passou a registrar chuvas mais concentradas e extremas. Conforme ilustrado na Figura 38, com base nesses resultados.

Figura 38 – Teste de homogeneidade de Pettitt para algumas estações da série histórica da RPSMT.



Fontes: ANA (2022); *Software XLSTAT versão 1.0* (2025). Organizado pelos autores (2025).

Durante o período analisado, verificou-se comportamento complexo dos índices na região Sudoeste de Mato Grosso, com padrões distintos entre as estações. Salienta-se a tendência negativa em Cáceres, associada à alta variabilidade interanual e à oscilação das chuvas, conforme observado por Pizzato et al. (2012). Essa variabilidade deriva da interação de fatores geográficos e sistemas atmosféricos como a mEc, ZCAS, *El Niño* e *La Niña*, que modulam a precipitação (Grimm, 2011; Limberger; Silva, 2016; Rodrigues et al., 2017; Santos, 2018).

Verificou-se ainda o aumento na intensidade das chuvas (SDII) em Alto Jauru e Fazenda Tucunarê, indicando maior concentração de eventos extremos. Em Pontes e Lacerda, com menos de 1% de falhas e 67% de dias secos, a série reforça a sua representatividade climática.

Na Fazenda Tucunaré, sem dados inválidos e com 73% de dias secos, o SDII evidenciou intensificação dos episódios pluviométricos. A elevação simultânea de R10mm e SDII, associada ao aumento de CDD e à redução de CWD e PRCPTOT, aponta menor regularidade e maior concentração de chuvas intensas, ampliando riscos hidrológicos e agrícolas (Marrafon; Reboita, 2020). A correlação positiva entre PRCPTOT e SDII reforça a preocupação com eventos extremos em cenários de queda nos totais anuais, denotando a necessidade de medidas de adaptação climática.

A integração dos índices comprova as emergências climáticas na região Sudoeste de Mato Grosso: intervalos secos estendidos (CDD↑), diminuição da persistência dos dias de precipitação (CWD↓), aumento da intensidade dos eventos de precipitação (SDII↑), declínio na frequência de dias de chuvas fortes (R10mm↓) e constância nos volumes anuais de precipitação (PRCPTOT ↔). Além de observa-se uma transição para um regime climático mais concentrado e extremo, caracterizado por secas mais duradouras e por eventos de chuva de curta duração, porém intensos. Os baixos *valores de p*, juntamente com valores elevados de coeficiente de determinação (r^2), significam transformações sistemáticas que estão correlacionadas com fenômenos globais e práticas do uso da terra. Enfim, o teste de Pettitt mostrou duas épocas hidrológicas distintas e maior irregularidade sazonal na região.

A avaliação da série temporal de precipitação (1980-2022) na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso revelou elevada variabilidade e distintos padrões espaço-temporais entre os índices climáticos. Observou-se o aumento na intensidade diária de chuva (SDII) e na persistência de períodos secos (CDD), com redução de episódios chuvosos contínuos (CWD) na maior parte das estações. Com efeito, esses índices apresentaram maior significância estatística, em consonância com a literatura e os cenários do IPCC, especialmente devido não só ao prolongamento das estiagens, bem como a maior intensidade das chuvas.

Em contraste, CWD, PRCPTOT e R10mm exibiram tendências negativas na maioria das estações, indicando a redução dos dias chuvosos, do volume anual e dos eventos de chuva forte, com significância sobretudo para o CWD. A significância de CDD, CWD e SDII, diante do PRCPTOT, sugere mudanças concentradas na distribuição intra-anual, e não no total anual, além de subperíodos distintos antes e após 2000, reforçando a necessidade de avaliar a homogeneidade da série. Estudos futuros devem incorporar variáveis ambientais (por exemplo, uso da terra e relevo) para aprofundar o conhecimento acerca das dinâmicas climáticas regionais, pois o Sudoeste de Mato Grosso está em transição para um regime climático mais severo, com secas prolongadas e chuvas intensas menos frequentes.

6 GÊNESE E RITMO DAS CHUVAS

Nesta seção, os resultados buscam expressar a gênese e o ritmo das chuvas na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso, a partir do emprego do recorte amostral dos anos-padrão habitual (2011) e excepcionais (chuvoso/2014 e seco/2020) e da análise dos gráficos de análise rítmica, que considera não só a dinâmica da atuação, assim como a participação dos sistemas atmosféricos.

Cabe lembrar que, para a análise rítmica, foram empregados os dados diários das estações meteorológicas de Cáceres e Comodoro, por serem representativas tanto das diferentes tipologias climáticas na área em estudo (Aw e Am), assim como das áreas homogêneas pluviométricas mais divergentes (1 e 3), descritas na seção anterior.

6.1 Ano-Padrão Habitual (2011)

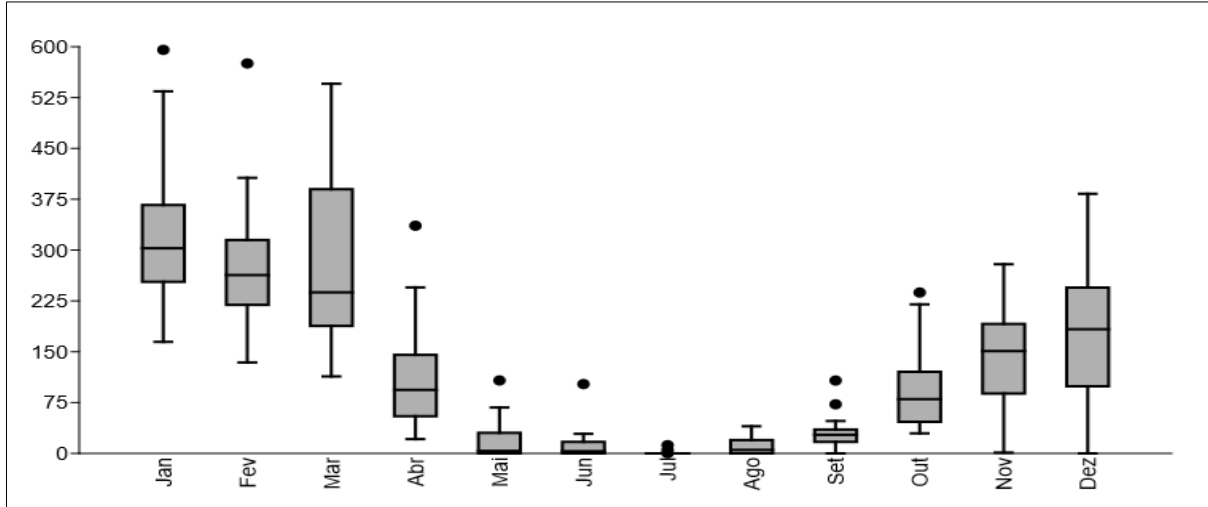
Durante o ano habitual de 2011, os totais anuais de precipitação variaram entre 1.037 mm na estação Fazenda Areião (oeste), próxima ao Parque Serra de Ricardo Franco, e 2.876 mm na estação Fazenda Tucunaré (norte), em Sapezal área de predomínio agrícola. O período seco concentrou-se entre maio e agosto, enquanto o chuvoso ocorreu de outubro a março, tendo sido janeiro o mês mais chuvoso. Entre abril e setembro atuaram como meses de transição; e julho sobressaiu-se como o mês mais seco.

A distribuição de frequência mensal confirma os maiores volumes de precipitação em janeiro, fevereiro, março e dezembro, com março apresentando um total expressivo de 545,4 mm. Neste caso, julho, identificado como o mês mais seco, registrou apenas 17,5 mm de precipitação, sendo sucedido por baixos valores entre maio e setembro, período marcado por assimetria positiva. Em contraste, novembro apresentou assimetria praticamente nula (valor levemente negativo) e o máximo de 279,1 mm, indicando uma distribuição de precipitação quase simétrica. De modo geral, o ano-padrão de 2011 houve o predomínio de assimetria positiva, refletindo irregularidade na distribuição das chuvas, com poucos eventos intensos concentrados e maior precipitação no início e no final do ano.

Conforme evidenciado pelo gráfico de *boxplot* na Figura 39, os valores de precipitação mensal no ano habitual de 2011 demonstraram clara sazonalidade, com os maiores volumes concentrados entre janeiro e março e os menores entre junho e agosto. Os meses mais chuvosos foram janeiro (595,4 mm) e fevereiro (575,4 mm), enquanto julho registrou precipitação quase nula nas estações meteorológicas. Assim sendo, o gráfico *boxplot* ilustra um padrão climático

bem definido, com chuvas concentradas no primeiro trimestre, período seco entre maio e agosto, e recuperação gradual das precipitações a partir da primavera (outubro a dezembro).

Figura 39 – Variação do *boxplot* de precipitação no ano-padrão (2011) da RPSMT.



Fonte: *Software PAST 4.03*. Org. Araújo (2025).

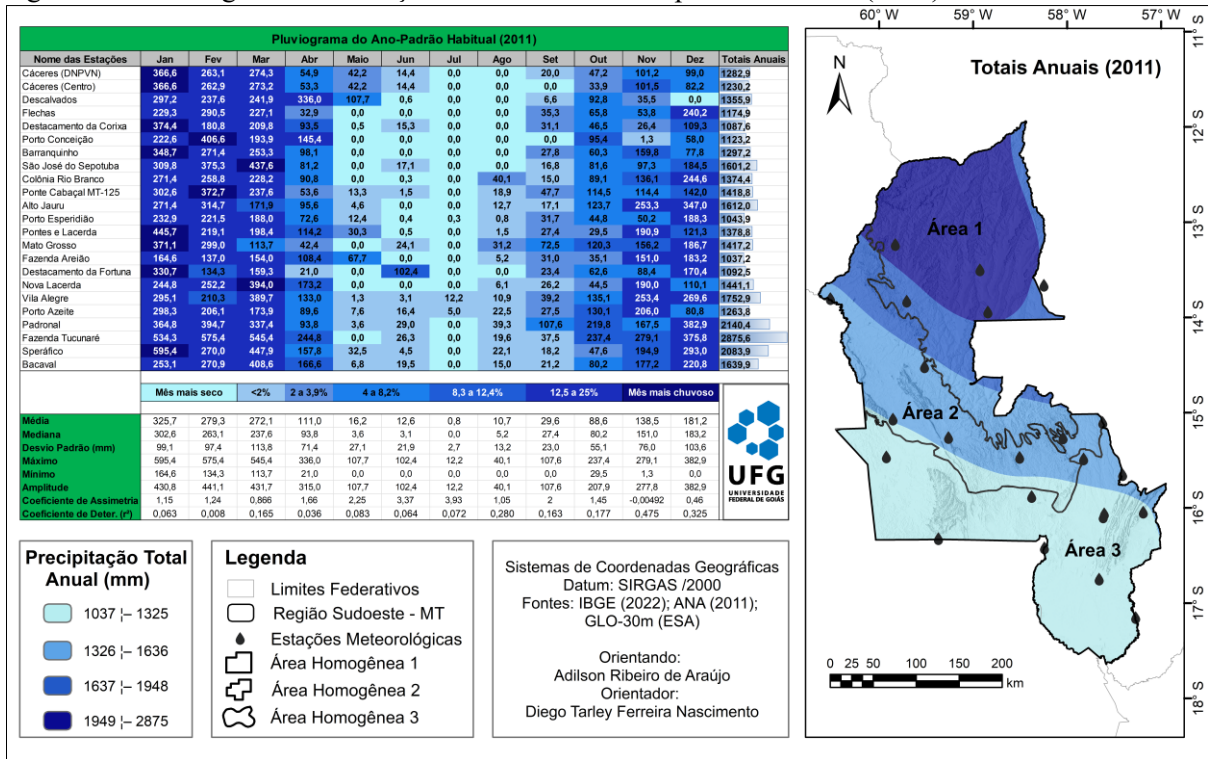
O pluviograma do ano-padrão de 2011 evidencia diferenças espaciais significativas na distribuição pluviométrica entre as estações, refletindo a heterogeneidade climática. Na Área 1, estações de Fazenda Tucunaré e Speráfico registraram os maiores totais anuais, com destaque ênfase para a segunda, que registrou 595,4 mm em janeiro e 2.083,9 mm no ano. Em contraste, estações da Área 3, como Flechas, nas bordas da Província Serrana, e Destacamento da Fortuna, na fronteira com a Bolívia e proximidade do Parque Serra Santa Bárbara – e inserido no bioma do Pantanal do Rio Guaporé –, apresentaram precipitação concentrada em poucos meses, isto ocorreu sobretudo em dezembro e junho, respectivamente, devido ao domínio pantaneiro.

A Área 2, representada pelas estações Ponte Cabaçal e Alto Jauru, teve um padrão sazonal mais equilibrado, embora com variações anuais significativas. Por outro lado, as estações do sul, como Porto Esperidião (vegetação de transição) e Porto Conceição (Pantanal), registraram totais pluviométricos menores e uma estação seca mais pronunciada, com meses próximos a zero precipitação. A mediana e a média mensal confirmam a sazonalidade típica do clima tropical úmido com estação seca no inverno, enquanto a elevada amplitude e o desvio-padrão nos meses de verão (dezembro a março) indicam forte variabilidade espacial, associada à posição geográfica, à altitude e à circulação atmosférica regional.

Isso leva a refletir que a diversidade geográfica das três áreas homogêneas manifesta-se na presença de dois tipos climáticos principais. A área 1, associada ao bioma amazônico, com os maiores volumes anuais de precipitação; a área 2 que demonstra valores intermediários; e, a área 3, situada no domínio pantaneiro, a qual registra os menores totais.

Observa-se ainda que, em um ano de pluviosidade habitual, o volume anual foi ligeiramente superior à média, conforme representado na Figura 40, que ilustra o pluviograma do ano-padrão habitual de 2011. Além disso, a interpolação dos totais anuais apresentou uma relação de dependência espacial de 93%, o que justifica a utilização do interpolador na espacialização da pluviosidade.

Figura 40 – Pluviograma da variação das chuvas em ano-padrão habitual (2011) da RPSMT.



Fonte: ANA (2011). Org. Araújo (2025).

Em suma, os dados comprovaram uma variação significativa das chuvas durante os meses do ano-padrão de 2011, com dispersões expressivas e uma distribuição assimétrica, além de uma normalidade pouco evidente. Essas características enfatizam a complexidade dos padrões climáticos, com a presença de eventos extremos que ocorrem em momentos específicos, e a falta de uniformidade tanto no espaço quanto no tempo, influenciados por sistemas atmosféricos durante as duas estações definidas na região, conforme demonstrado no tópico a seguir.

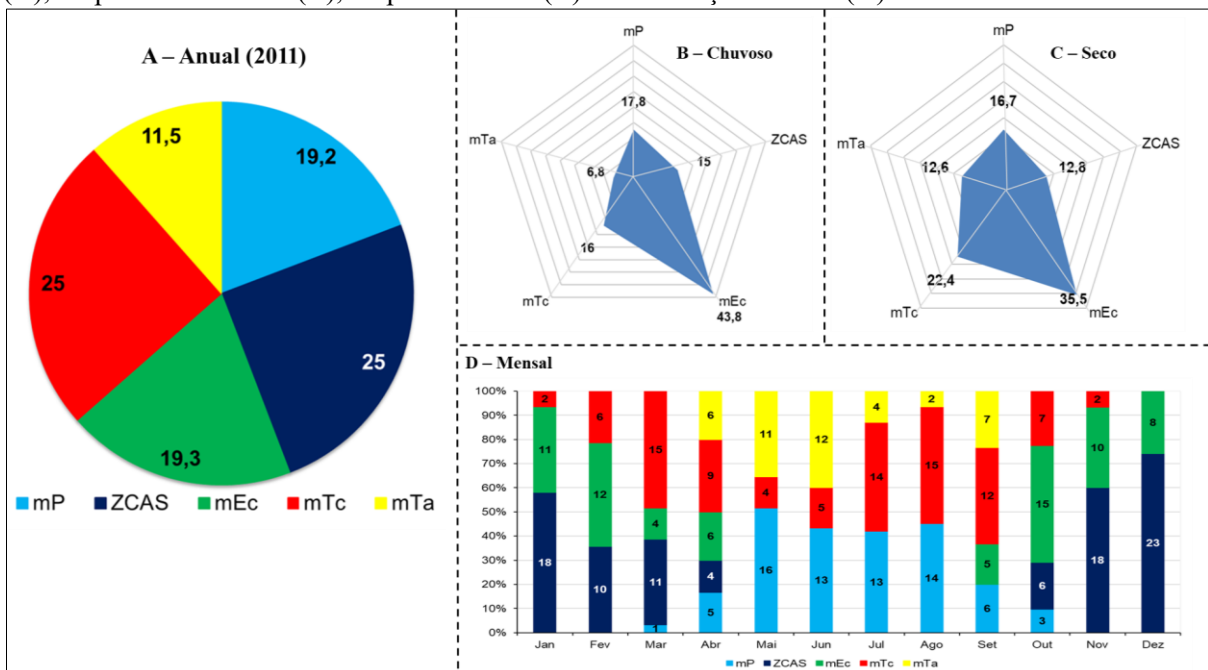
6.1.1 Atuação e participação dos sistemas atmosféricos no ano-padrão habitual (2011)

A análise dos sistemas atmosféricos ao longo do ano de 2011 evidencia a dinâmica climática, ressaltando a influência das massas de ar e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A Massa Tropical Continental (mTc) e a ZCAS atuaram por cerca de metade do

ano (25% cada uma), sendo os principais sistemas responsáveis pela circulação geral e pela definição da sazonalidade climática, caracterizada por um verão e primavera quentes e chuvosos, em contraste com o inverno e o outono secos. Por sua vez, a Massa Equatorial Continental (mEc) e a Massa Polar (mP), com atuação menor (19,2% cada), são consideradas sistemas secundários e perturbadores, pois, geralmente, provocam instabilidade atmosférica e intensificam as chuvas na área analisada.

A Figura 41 exibe a marcante sazonalidade do clima da região marcada nos gráficos de radar das Figuras B e C, que ilustram a distribuição dos sistemas atmosféricos nos períodos chuvoso e seco. Durante a estação chuvosa, a mEc predomina em 43,8% do período, enquanto a ZCAS contribui com 15%, sendo os sistemas responsáveis pelo transporte de umidade e a formação de chuvas na área em estudo. Essa condição é interrompida apenas pela atuação da mP e da Massa Tropical Atlântica (mTa), que atuam cerca de 17,8% e 16% do período, respectivamente. Por sua vez, na estação seca a mEc atua em 35,5% do período, seguida pela mTc, com 22,4%, esta última relacionada à estabilidade atmosférica.

Figura 41 – Atuação anual, sazonal e mensal dos sistemas atmosféricos em 2011 – percentual (%) anual (A), no período chuvoso (B), no período seco (C) e distribuição mensal (D).



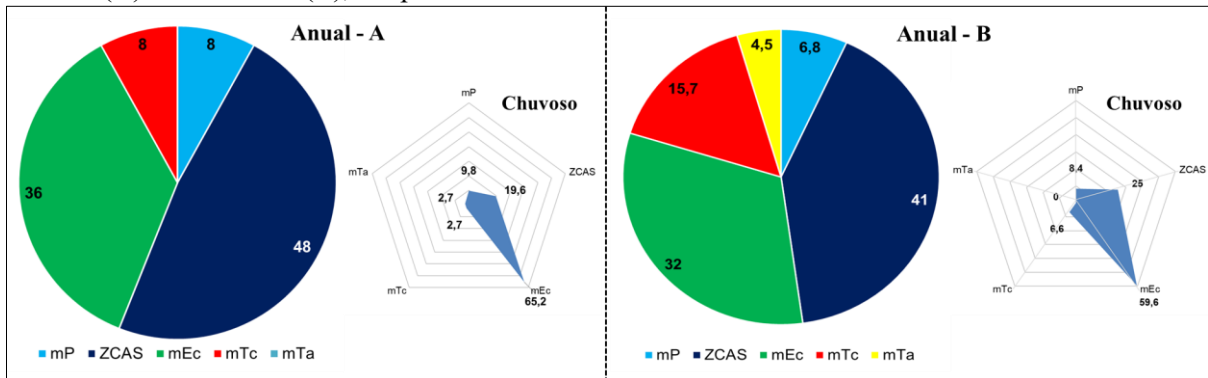
Fonte: Inmet (2011). Org. Araújo (2025).

Nos meses típicos do período chuvoso, janeiro e fevereiro, a mEc e a ZCAS têm acentuada atuação, com percentuais superiores a 70% de cada mês. No auge do período seco, de maio a agosto, a mP predomina, representando mais de 40% dos meses, seguida pela mTc. Nos meses de transição entre os períodos chuvoso e seco, como abril e setembro, observa-se alternância na influência das massas de ar.

Levando em consideração apenas os dias com registro de precipitação, os gráficos radares evidenciam a participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas nas estações de Cáceres e Comodoro. Em 2011, em ambas as localidades, o regime pluviométrico foi decisivamente influenciado pela ZCAS e pela mEc, responsáveis pela maior parte dos episódios chuvosos.

Em Cáceres, essas circulações responderam por cerca de 84% dos eventos, com leve predominância da ZCAS (48%) sobre a mEc (36%), ambas associadas ao transporte de umidade e à formação de chuvas na região. As massas mP e mTc tiveram atuação reduzida, restrita à estabilização da atmosfera e à definição do período seco. De modo geral, nota-se o predomínio da mEc no período chuvoso, conforme Figura 42 (A-B).

Figura 42 - Participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas no ano-padrão de 2011 em Cáceres (A) e Comodoro (B), em percentuais anuais.



Fonte: Inmet (2011). Org. Araújo (2025).

De modo semelhante, em Comodoro, a ZCAS (41%) e a mEc (32%) mantiveram-se como os principais sistemas geradores de precipitação, confirmando o padrão sazonal típico. A mEc apresentou maior influência durante os meses chuvosos (quase 60%), enquanto a ZCAS intensificou a sua participação na primavera e início do verão, modulando a convecção e os volumes pluviométricos. A mTc, embora secundária, mostrou-se mais atuante em Comodoro (até 15%) do que em Cáceres, especialmente nos meses de transição, contribuindo para as chuvas localizadas e o aumento da instabilidade térmica. Já a mP, mais expressiva no inverno, manteve o ar frio e seco, favorecendo a ausência de precipitação em ambos os locais, ainda que com leve predominância em Comodoro, onde se registraram episódios de frio mais intenso.

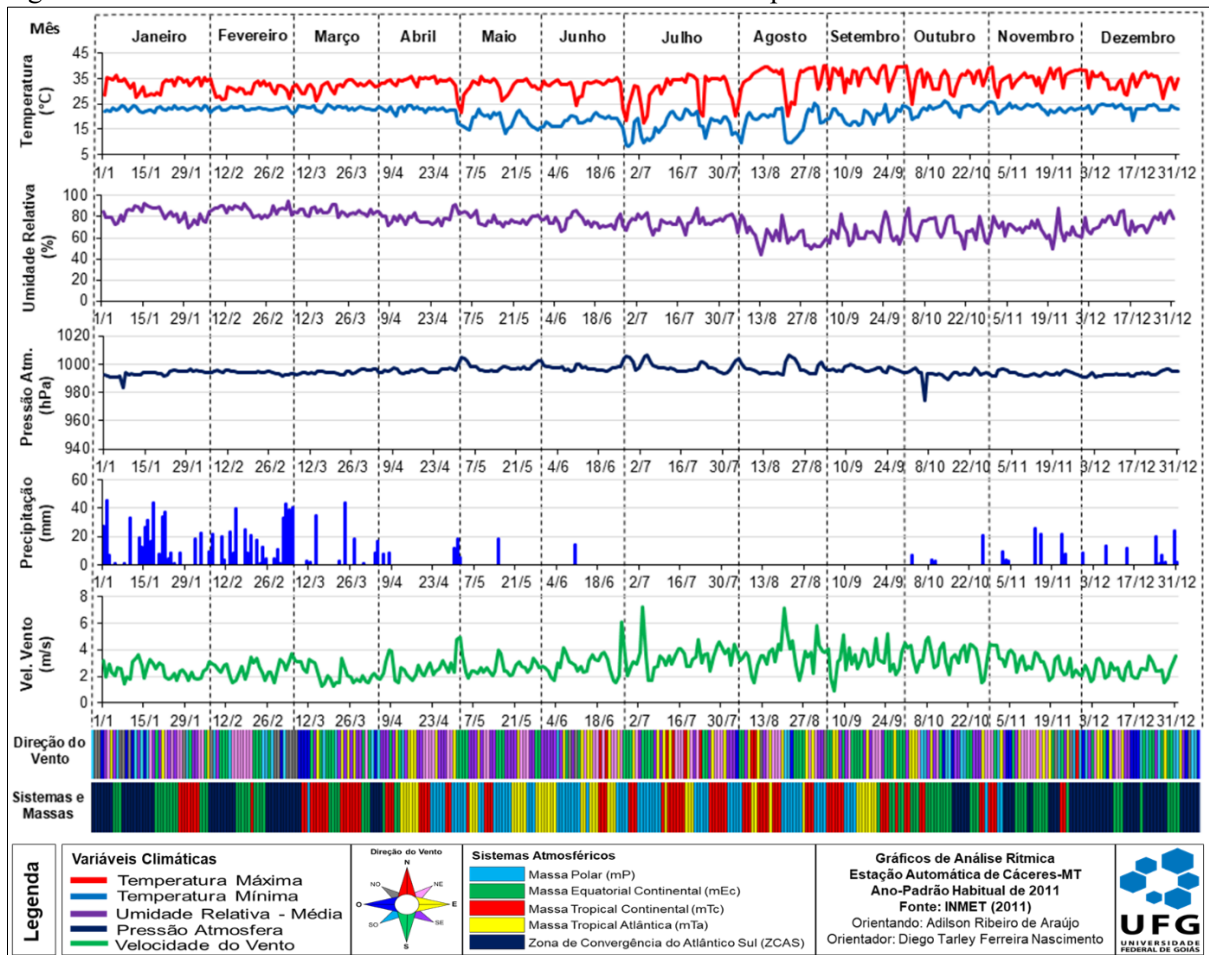
Em síntese, Cáceres e Comodoro compartilham semelhante regime atmosférico, marcado pela alternância entre a mEc e a ZCAS nos meses úmidos e pela mP no período seco. Em Cáceres, a ZCAS predomina na formação das chuvas, enquanto em Comodoro a mEc e a mTc têm maior influência. Essa variação evidencia a complexidade dos sistemas atmosféricos regionais e a sutil, porém relevante, diversidade espacial do regime pluviométrico anual.

6.1.2 Ritmo climático no ano-padrão habitual (2011)

Em Cáceres, o ritmo climático de 2011 expõe a forte sazonalidade entre os períodos chuvoso e seco, com total anual de 1.466,3 mm, ligeiramente acima da média histórica. Esse aspecto é observado por Monteiro (1973), no sentido de que o valor habitual não corresponde, necessariamente, à média aritmética, existindo apenas uma aproximação ou semelhança entre a média abstrata e a realidade dos totais anuais de precipitação.

Conforme verificado pela Figura 43, a concentração de chuvas ocorreu entre dezembro e março, quando a ZCAS e a mEc atuaram de forma contínua, respondendo por mais de 80% da precipitação. No trimestre janeiro-março, a ZCAS foi responsável por 54,8% das chuvas (432,5 mm), e a mEc por 32,8% (259,2 mm). Episódios marcantes ocorreram em 1º e 10 de janeiro e entre 13 e 25, quando o domínio conjunto desses sistemas gerou precipitações intensas e quase diárias.

Figura 43 – Gráfico de análise rítmica em Cáceres durante o ano-padrão habitual de 2011¹⁴.



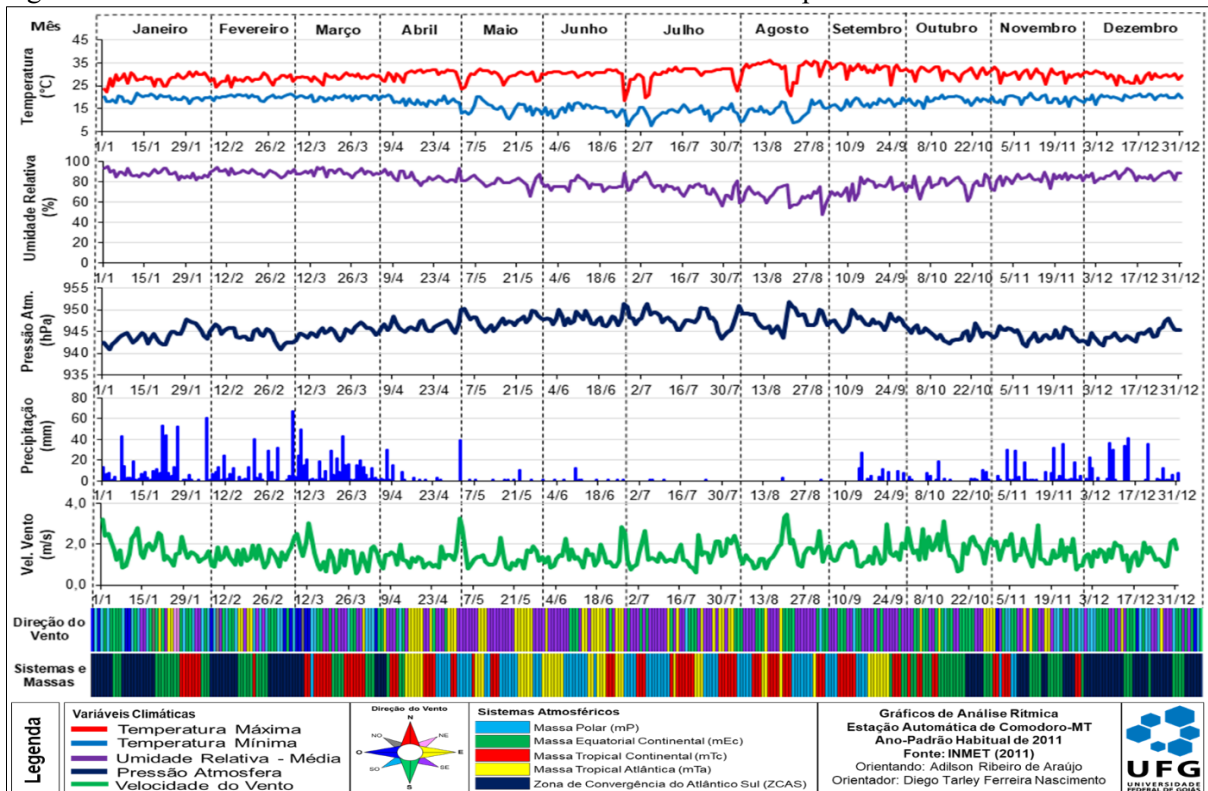
Fonte: Inmet (2011). Org. Araújo (2024).

¹⁴ A visualização dos dados é apresentada no Apêndice I, onde são disponibilizados os gráficos da análise rítmica nas escalas sazonal e mensal, referente à estação meteorológica de Cáceres no ano-padrão de 2011.

Durante o outono e inverno, o regime pluviométrico reduziu-se drasticamente. Entre abril e junho, as massas mP e mTa prevaleceram, trazendo estabilidade atmosférica, quedas de temperatura e totais reduzidos de chuva (109,9 mm no trimestre Junho marcou o início efetivo da estiagem, com mínima de 8,2 °C em 28/06). Nos meses secos (julho a setembro), predominaram a mTc e a mTa, mantendo tempo quente e seco, com amplitudes térmicas elevadas e umidade relativa inferior a 40%. A retomada das chuvas iniciou-se em outubro, intensificando-se em novembro e dezembro, quando a ZCAS e a mEc voltaram a atuar com força, totalizando 217,6 mm, com destaque para 29/11 e 30/12 (24,4 mm).

Em Comodoro, o comportamento anual foi semelhante (Figura 44), mas com totais pluviométricos maiores (2.059 mm) e temperaturas médias ligeiramente inferiores, resultado da altitude superior (cerca de 600 m). O período úmido concentrou-se entre dezembro e março, dominado pela ZCAS e pela mEc, responsáveis por mais de 70% das chuvas do ano. Em janeiro, destacaram-se os dias 11 (199,6 mm) e 21 (144,6 mm), sob intensa atuação da ZCAS. Entre fevereiro e abril, a ZCAS e a ZCOU responderam por mais de 300 mm, enquanto a mTc contribuiu com eventos irregulares. O trimestre chuvoso acumulou 1.049 mm, com março como o mês mais chuvoso.

Figura 44 – Gráfico de análise rítmica em Comodoro durante o ano-padrão habitual de 2011¹⁵.



Fonte: Inmet (2011). Org. Araújo (2025).

¹⁵ A visualização dos dados é apresentada no Apêndice II, onde são disponibilizados os gráficos da análise rítmica nas escalas sazonal e mensal, referente à estação meteorológica de Comodoro no ano-padrão de 2011.

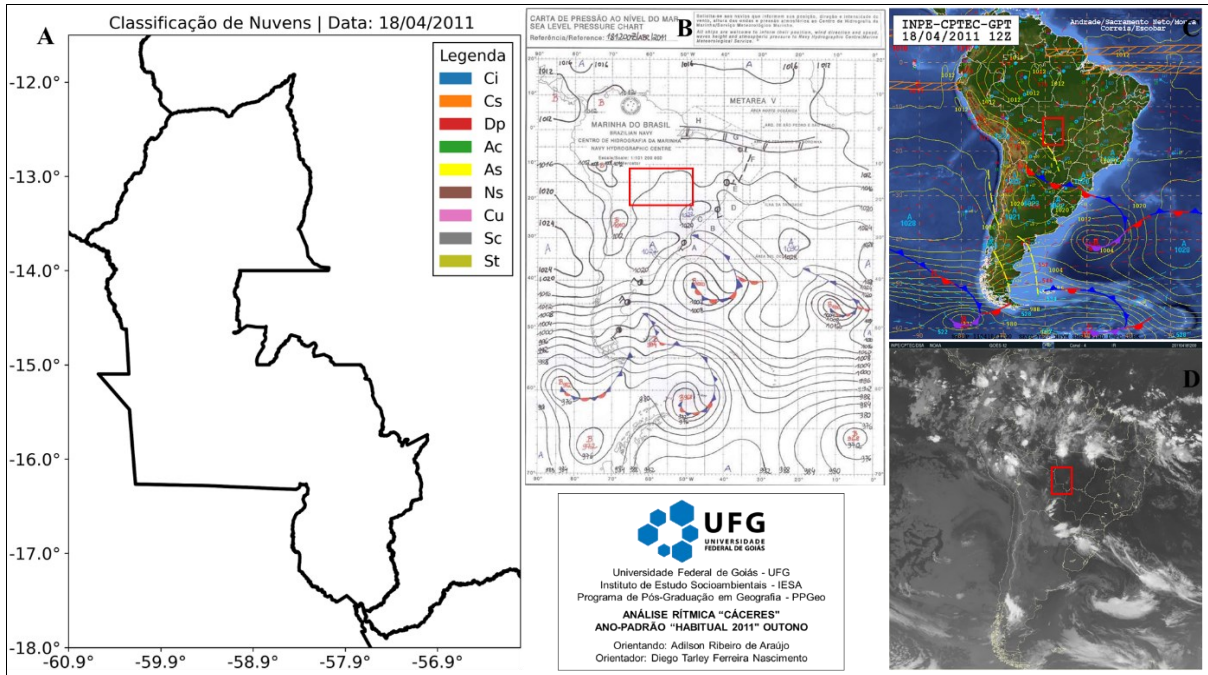
No outono, o predomínio da mP (38,2%) e da mTa marcou a transição para o período seco, com temperaturas mínimas de 7-11°C e baixos índices de umidade (até 28%). No inverno, prevaleceram as massas mTa (50%) e mTc (25%), com chuvas esparsas apenas em julho, agosto e setembro. Apesar da predominância da seca, Comodoro manteve uma ocorrência pontual de precipitação, associada à atuação de sistemas frontais. A partir de outubro, as chuvas retornaram gradualmente, alcançando 527,2 mm no último trimestre, impulsionadas novamente pela ZCAS (296,6 mm; 56,6% dos eventos) e pela mEc (198,2 mm; 37,6%).

Comparando as duas localidades, observa-se ritmo climático sazonal semelhante, com chuvas concentradas no verão e estiagem acentuada no inverno, ambas vigorosamente influenciadas pela ZCAS e pela mEc nos períodos úmidos, e pela mP e mTa nos secos. A diferença está na intensidade e regularidade dessas atuações: Comodoro registra maiores totais anuais e maior persistência da umidade, enquanto Cáceres, em área mais baixa e pantaneira, traz chuvas mais concentradas e irregulares. A mTc é ligeiramente mais atuante em Comodoro, reforçando a sua condição de transição entre a umidade amazônica e o clima tropical continental. Já em Cáceres, a ZCAS desempenha papel mais decisivo na gênese das chuvas intensas, especialmente entre dezembro e março. Assim, o ritmo climático de 2011 confirma a forte sazonalidade regional e a influência integrada dos sistemas atmosféricos tropicais e extratropicais sobre o Sudoeste mato-grossense.

A Figura 45 ilustra a influência da mTa no ritmo e na gênese climática, exemplificada pelo dia 18 de abril, quando se observou pouca nebulosidade e precipitação mínima. Segundo Santos e Souza (2022), a mTa é responsável pela estabilidade atmosférica, comum no período de estiagem na área em apreço. Estudos complementam que essa massa atmosférica se caracteriza por dias estáveis, com cobertura de nuvens inferior a 4/8 do céu e temperaturas próximas da média mensal (Borsato; Mendonça, 2015; Borsato; Massoquim, 2020b).

Nesse dia, as estações meteorológicas de Cáceres e Comodoro exibiram características contrastantes. Em Cáceres, registrou-se maior amplitude térmica, com temperatura mínima de 22,8°C e máxima de 35,5°C, além da maior pressão atmosférica (996,4 hPa) e ausência de chuva. A umidade relativa média foi 77,5%, com ventos predominantes do Sudeste a 2,87 m/s. Já em Comodoro, a temperatura mínima foi inferior (16,8°C), a máxima atingiu 31,9°C, e houve uma pequena precipitação de 0,2 mm. A umidade relativa média ficou em 76,0%, com ventos de menor intensidade (1,4 m/s) provenientes do Leste.

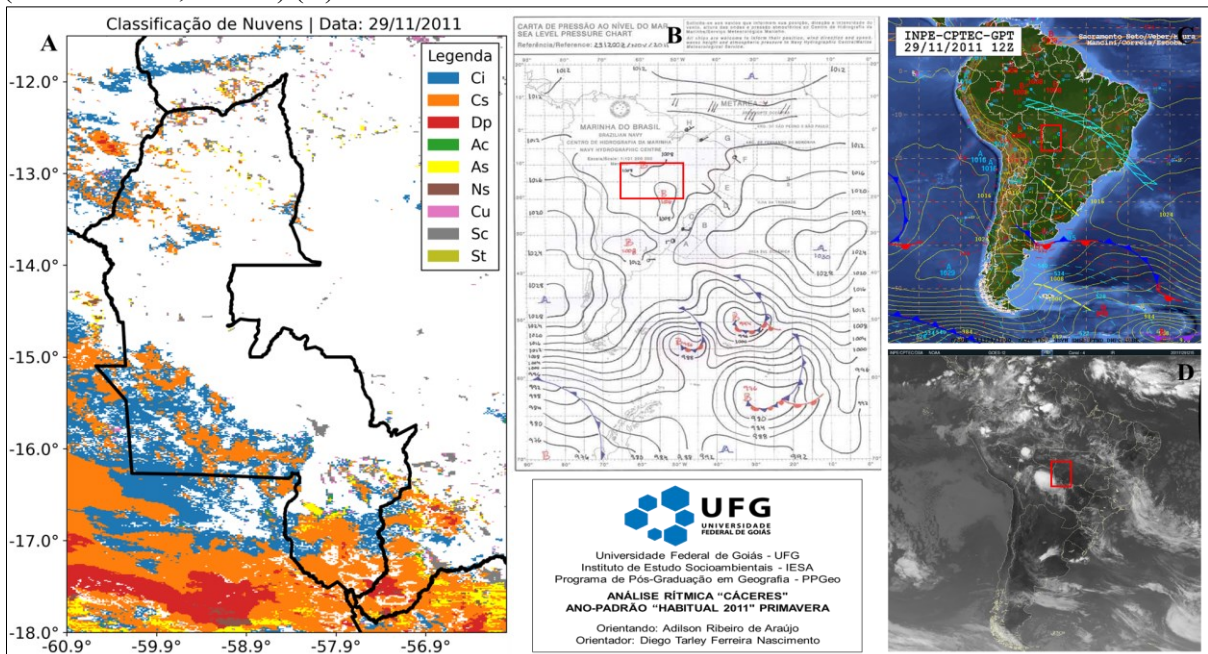
Figura 45 – Classificação de nuvens (A), condições sinóticas (B e C) e imagem de satélite (infravermelho, canal 4) (D) referente ao dia 18 de abril de 2011.



Fontes: NASA/MODIS-MOD06-L2 e MYD06-L2; Marinha do Brasil, INPE/Cptec. Org. Araújo (2025).

A Figura 46 configura um exemplo contrastante ao período de estabilidade atmosférica em abril ao retratar a atuação da ZCAS em 29 de novembro, quando foi registrada a ocorrência de chuva fraca (8,3 mm). Na ocasião, predominavam nuvens altas como *Cirrostratus* e *Cirrus*, especialmente nas regiões central e sul do sudoeste. Também são observadas nuvens *Cumulus* e *Altostratus* em pontos isolados, evidenciando variação na cobertura e indicando uma atmosfera mais instável.

Figura 46 – Classificação de nuvens (A), condições sinóticas (B e C) e imagem de satélite (infravermelho, canal 4) (D) referente ao dia 29 de novembro de 2011.



Fontes: NASA/MODIS-MOD06-L2 e MYD06-L2; Marinha do Brasil, INPE/CPTEC. Org. Araújo (2025).

Ainda as cartas sinóticas indicam ao nordeste do estado, a passagem de uma ZCOU, não foram analisadas, tampouco influenciaram a referida região. Nesse contexto, Cáceres e Comodoro apresentaram padrões distintos de tempo. Em Cáceres, houve forte calor, com temperatura máxima de 39,4°C, baixa umidade relativa (54%) e ausência de chuva. O vento soprava do Leste a 3,77 m/s, e a pressão atmosférica foi 994,4 hPa.

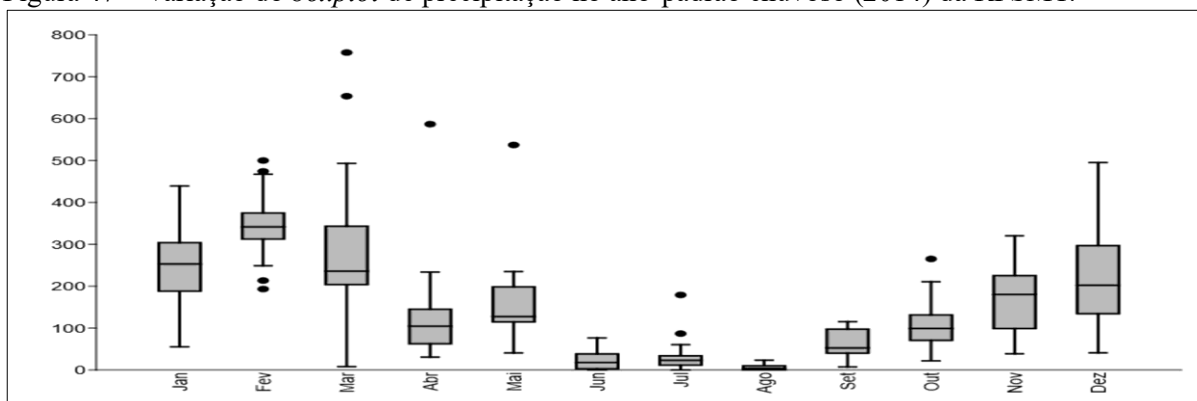
Em Comodoro, a precipitação foi mais expressiva (7,8 mm), com temperatura máxima inferior (32,7°C), umidade mais elevada (71%) e ventos mais fracos, vindos do Sul (2,1 m/s). Em ambas as localidades, predominou a massa de ar mTc, que influenciou as condições meteorológicas observadas.

6.2 Ano-Padrão Chuvoso (2014)

O ano de 2014, caracterizado como um ano de precipitação significativa, exibiu totais anuais de precipitação variando de 1.174,2 mm (Porto Conceição) a 2.942 mm (Porto Azeite). Os eventos de precipitação foram particularmente intensos de janeiro a maio e de setembro a dezembro, definindo assim as características hidrológicas daquele ano. Por outro lado, o período árido foi observado predominantemente entre maio e setembro, consistente com os padrões históricos.

Como demonstrado no gráfico de *boxplot* da Figura 47, o ano chuvoso de 2014 revelou uma distribuição pluviométrica, novamente, caracterizada pela sazonalidade e por uma significativa variabilidade mensal. As maiores médias de precipitação ocorreram em fevereiro (343,1 mm) e março (287,8 mm), enquanto os menores volumes foram registrados em junho e agosto, evidenciando o padrão típico de chuvas concentradas no verão e seco no inverno. Todavia, nota-se aumento inesperado de precipitação no mês de junho (21,9 mm) – em relação à condição habitual.

Figura 47 – Variação do *boxplot* de precipitação no ano-padrão chuvoso (2014) da RPSMT.



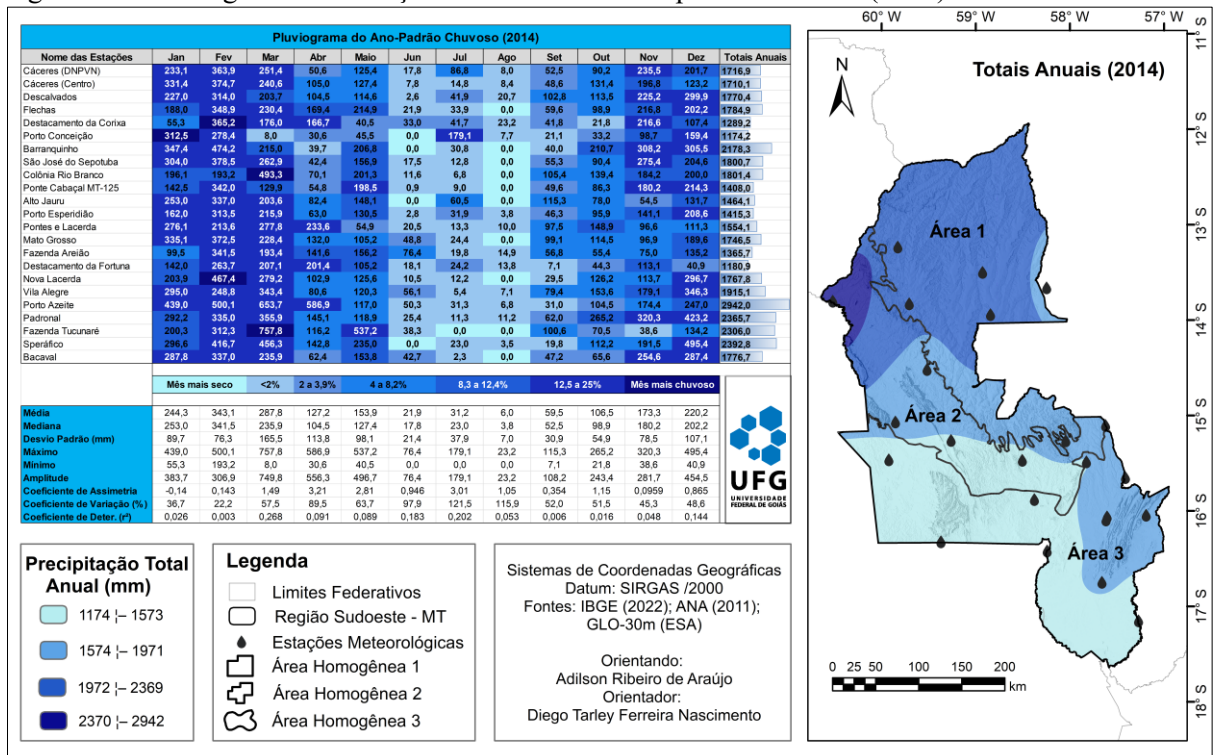
Fonte: Software PAST 4.03. Org. Araújo (2025).

A maior precipitação média foi observada em fevereiro (343,1 mm) e março (287,8 mm), enquanto os menores volumes de chuva foram registrados em junho e agosto, corroborando o padrão convencional de chuvas concentradas no verão e estiagem no inverno. No entanto, um aumento anômalo na precipitação foi observado em junho (21,9 mm), divergindo das condições normativas estabelecidas.

Além disso, a variabilidade espacial da precipitação foi mais acentuada evidência nas amplitudes mensais superiores, como os 750 mm registrados em março, em comparação aos 545 mm observados em 2011. Esse comportamento corrobora a variabilidade intra-anual entre os regimes habituais e excepcionais das chuvas. Ao comparar os anos-padrão de 2011 (habitual) e 2014 (chuvoso), verificou-se que este teve médias de precipitação superiores em todos os meses, exceto em janeiro, enquanto aquele registrou 326 mm contra 244 mm em 2014. O ano de 2011 evidenciou secas mais severas, com registros de 0 mm em julho em diversas estações, enquanto 2014 apresentou chuvas residuais de inverno, como 179 mm em julho na estação de Porto Conceição (Figura 48).

Em 2011, sobressaíram períodos de estiagem mais intensa, com 0 mm em julho em várias estações, enquanto 2014 registrou chuvas residuais de inverno, como os 179 mm verificados em Porto Conceição no mesmo mês. Além disso, esse ano apresentou maior variabilidade mensal como comprovada pelo desvio padrão de 165,5 mm em março.

Figura 48 – Pluviograma da variação das chuvas em ano-padrão chuvoso (2014) da RPSMT.



Fonte: ANA (2014). Org. Araújo (2025).

Por fim, destaca-se que a espacialização dos totais anuais de precipitação para o pluviograma foi realizada através da Krigagem Ordinária, cujo IDE indicou forte dependência espacial e baixo RMSE. Em síntese, 2014 caracterizou-se por maior intensidade pluviométrica e variabilidade regional e mensal em comparação ao padrão mais homogêneo de 2011. Essa divergência confirma o ano excepcional de 2014 como um dos mais chuvoso e heterogêneo da série histórica, comprovando a viabilidade de se considerar a variabilidade interanual e o impacto do uso e da cobertura da terra nas condições pluviométricas da região Sudoeste.

6.2.1 Atuação e participação dos sistemas atmosféricos no ano-padrão chuvoso (2014)

A dinâmica atmosférica no ano chuvoso de 2014 revelou a predominância dos sistemas úmidos, com forte sazonalidade entre os períodos chuvoso e seco. A respeito disso, Neves, Tonello e Bramorski (2020) confirmam o papel da floresta amazônica no transporte de umidade para o Brasil. Por sua vez, Parreira et al. (2021) reportam a evapotranspiração amazônica que libera volumoso vapor d'água, formando nuvens que contribuem claramente para as chuvas em várias regiões do país.

A mEc sobressaiu como o sistema de maior influência ao longo do ano, atuando em 43,8% dos dias, sendo a principal agente responsável pela manutenção da umidade e pela gênese das chuvas convectivas. A mP apresentou participação anual de 18%, com predominância durante o inverno, quando impôs estabilidade atmosférica e temperaturas mais amenas. A mTa teve contribuição de 16%, em especial na transição entre as estações, enquanto a ZCAS respondeu por 15%, reforçando os episódios de precipitação contínua e persistente nos meses mais úmidos. A mTc foi a menos atuante, com 6,8%, limitando-se a eventos esporádicos de instabilidade térmica.

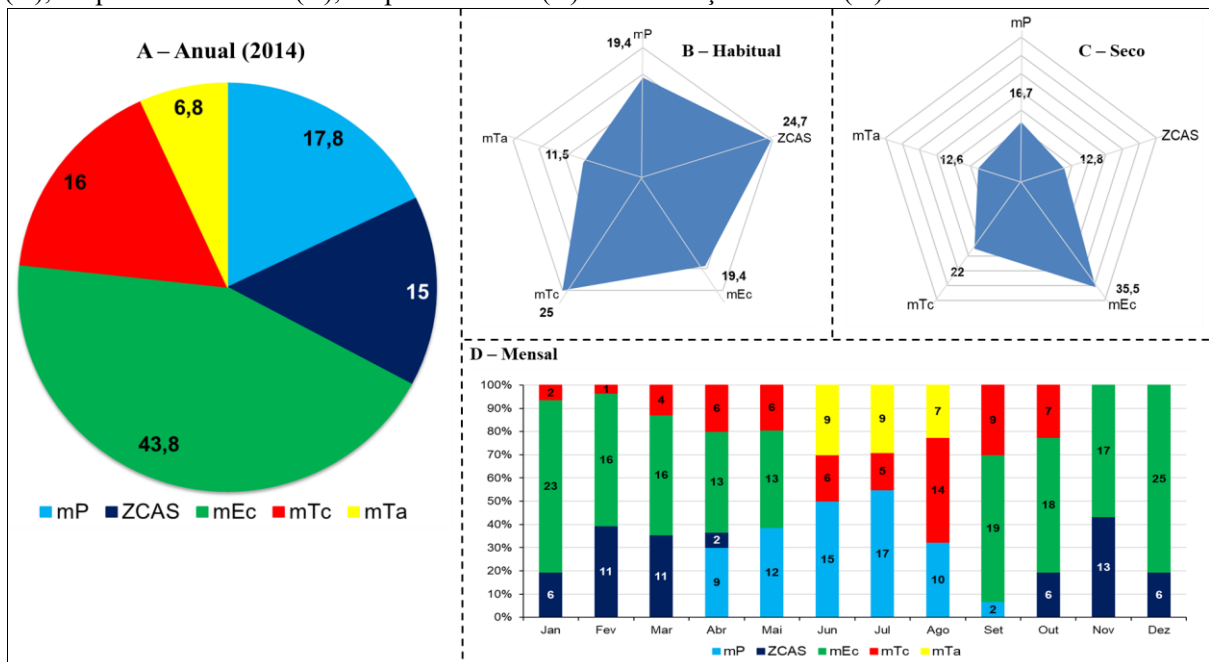
No período chuvoso, a dinâmica atmosférica indica o predomínio da mEc, responsável por 43,8% do período, seguida pela ZCAS (25%), que contribui para o regime de chuvas intensas entre janeiro e março. De acordo com Alves (2023), a mEc repercute sistemas convectivos, a ZCAS promovendo chuvas mais persistentes, enquanto a mTc teve atuação em 25% do período; a mP e a mTa atuaram com menor expressão, com 19,2% e 11,5%, respectivamente.

Por sua vez, no período seco, entre maio e agosto, houve uma reconfiguração do quadro atmosférico: a mEc manteve influência considerável (35,5%), mas cedeu espaço para a mTc (22,4%) e a mP (16,7%), enquanto a ZCAS (12,8%) e a mTa (12,6%) ostentaram as menores

participações do ano, refletindo o enfraquecimento das instabilidades tropicais e o predomínio de condições mais estáveis.

A variação mensal reforça a alternância entre os sistemas. De janeiro a maio, a mEc dominou amplamente, atingindo 54% em janeiro e fevereiro, enquanto a ZCAS respondeu por 20% e as massas mP e mTc tiveram participações discretas (14% e 12%). Entre junho e agosto, a mEc praticamente desapareceu da região, sendo substituída pela mP, que alcançou 43% em junho e 36% em julho, acompanhada pela atuação moderada da mTc (33%) e da mTa (24%). A partir de setembro, iniciou-se o retorno progressivo das instabilidades tropicais, com a mEc recuperando influência (43% em setembro e 57% em dezembro) e a ZCAS intensificando-se gradualmente até novembro, quando passou a atuar de forma mais expressiva no transporte de umidade amazônica (Figura 49).

Figura 49 – Atuação anual, sazonal e mensal dos sistemas atmosféricos em 2014 – percentual (%) anual (A), no período habitual (B), no período seco (C) e distribuição mensal (D).



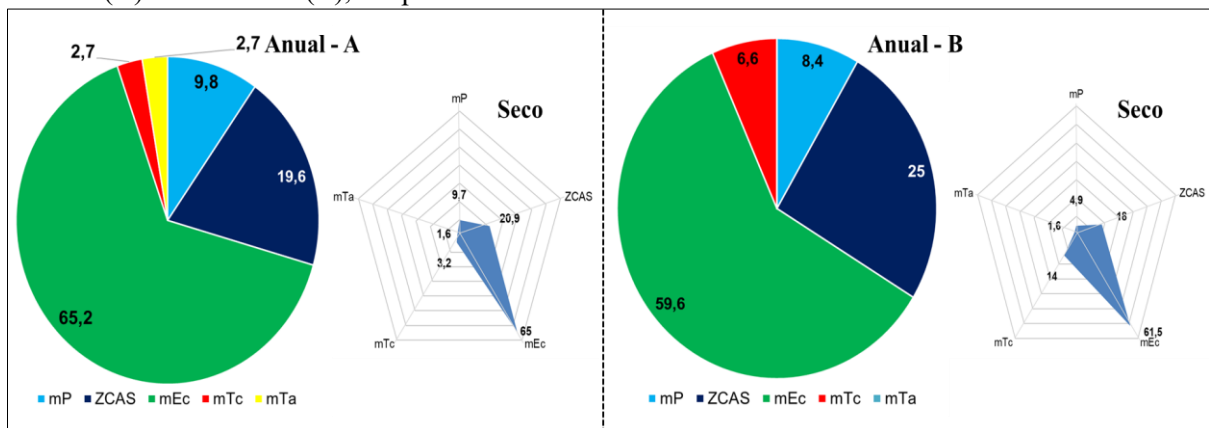
Fonte: Inmet (2014). Org. Araújo (2025).

De modo geral, a atuação anual de 2014 evidencia que a mEc e a ZCAS foram os principais sistemas moduladores do regime climático regional, responsáveis pela maior parte das precipitações e pela variabilidade rítmica observada. Em contrapartida, a mP e as massas tropicais (mTc e mTa) responderam por intervalos de transição e estabilidade, configurando o contraste sazonal característico entre o período úmido e o período seco na região Sudoeste do Mato Grosso.

Conforme demonstrado pelo gráfico da Figura 50-A, em Cáceres, a gênese das chuvas esteve amplamente associada à interação entre a mEc e a ZCAS. A mEc respondeu por cerca

de 65% dos dias com precipitação, sendo o principal sistema responsável pelo transporte de umidade e formação de chuvas. A ZCAS, com aproximadamente 20% de participação, intensificou os episódios de chuva contínua e de maior volume, sobretudo entre janeiro e março; e, novamente, no início do verão. As massas mP, mTc e mTa tiveram participação secundária, representando juntas menos de 15% dos registros, limitadas a eventos de transição entre as estações. Episódios pontuais, como o de 25 de outubro, quando ocorreram 96 mm em 24 horas, ilustram a forte associação entre a mEc e a ZCAS na produção de precipitações intensas na região. Pode-se ainda observar que, durante os períodos secos, há predominância da mEc, com participação superior a 60% tanto na estação de Cáceres quanto em Comodoro.

Figura 50 – Participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas no ano-padrão de 2014 em Cáceres (A) e Comodoro (B), em percentuais anuais.



Fonte: Inmet (2014). Org. Araújo (2025).

Em Comodoro (Figura 50-B), o padrão foi semelhante, porém com maior persistência das condições úmidas ao longo do ano. A mEc representou 59,6% dos dias chuvosos, enquanto a ZCAS contribuiu com 25%, reiterando o seu papel na organização das chuvas de longa duração. Enquanto a mTa exerceu uma influência residual, as massas mP e mTc tiveram participações menores, de 8,4% e 6,6%, respectivamente.

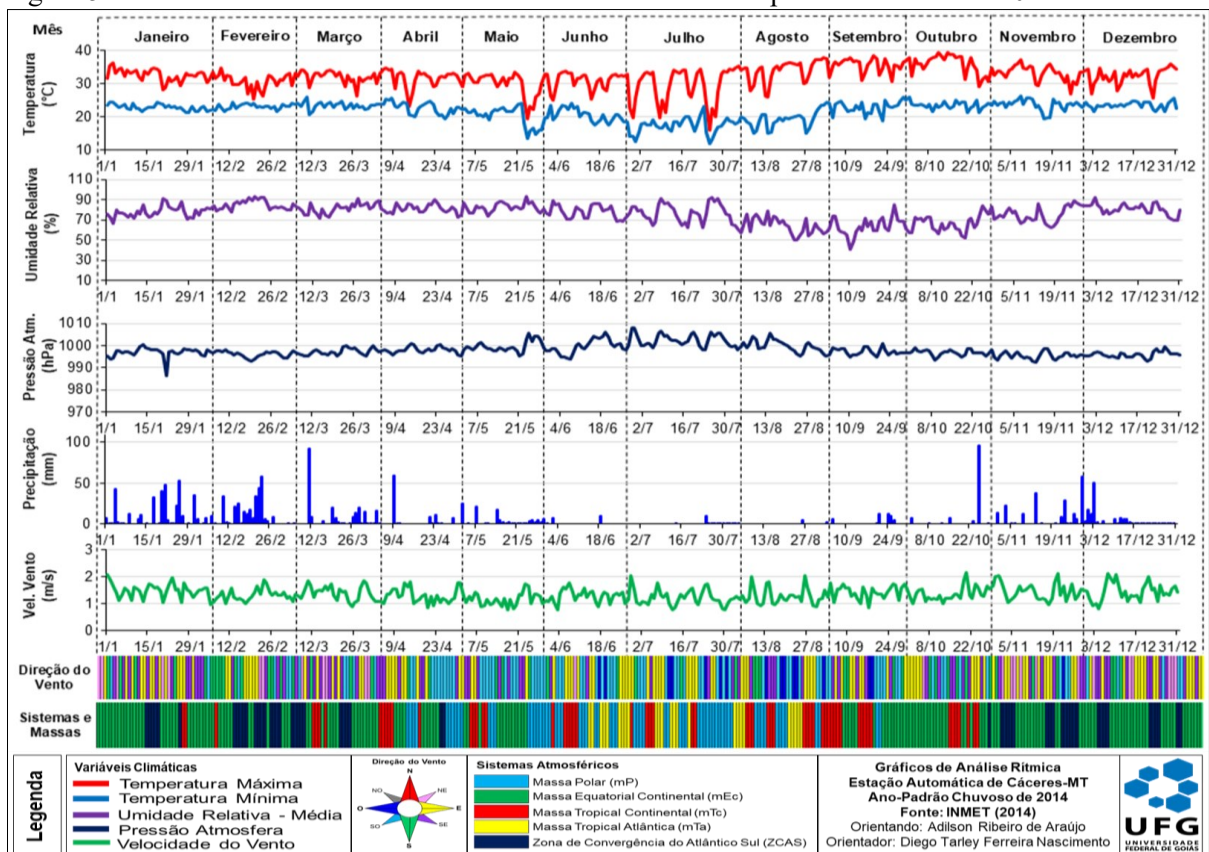
Esse comportamento reflete a influência direta da Amazônia na região, que favorece a manutenção da umidade e a recorrência de sistemas convectivos inclusive durante o período seco, resultando em maior volume pluviométrico anual. Além desse aspecto, Santos, Fontão e Souza (2020) mencionam a influência do relevo local, no deslocamento e na atuação dos sistemas atmosféricos produtores de chuva.

6.2.2 Ritmo climático no ano-padrão chuvoso (2014)

Em Cáceres, o regime anual de 2014 apresentou 1.589 mm, cerca de 21% acima da média regional. O trimestre chuvoso (janeiro a março) concentrou 839,6 mm – 73,2% das chuvas associadas à mEc e 26,8% à ZCAS, com realce para os eventos intensos no dia 26 de janeiro (52,8 mm) e entre 21 e 23 fevereiro (135,6 mm). A atuação combinada da mEc e ZCAS sustentou chuvas convectivas típicas do verão, com alta umidade (70-80%) e temperaturas médias entre 25 e 28°C.

A partir da análise da Figura 51, observa-se, no outono, a transição gradual para o período seco. Desse modo, abril ainda registrou 59 mm sob a influência da mEc, mas, a partir de maio, massas polares (mP) tornaram-se frequentes, promovendo friagens e queda acentuada nas temperaturas. O destaque para aquele ano chuvoso recaiu nos eventos de precipitação extensivos aos meses característicos da estiagem, como junho e julho, quando Cáceres registrou 32,6 mm, embora geralmente inferiores a 20 mm. Nesse período do ano, sob a influência da atuação da mP, verificam-se noites frias com baixa umidade (<40%) e forte amplitude térmica. O auge da secura ocorreu em agosto, com a estabilidade atmosférica imposta pela ASAS e máximas acima de 37°C.

Figura 51 – Gráfico de análise rítmica em Cáceres durante o ano-padrão chuvoso de 2014¹⁶.



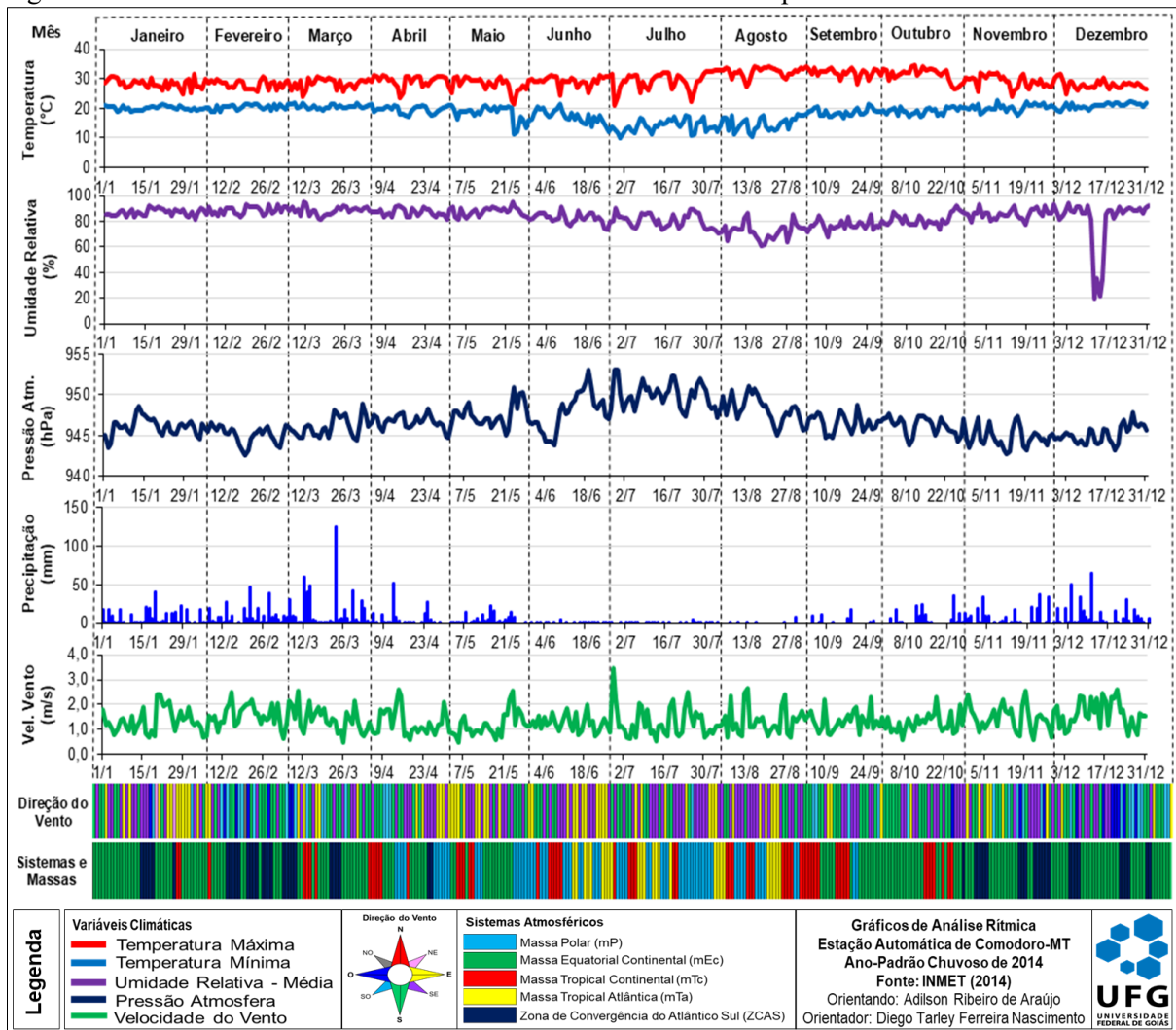
Fonte: Inmet (2014). Org. Araújo (2025).

¹⁶ A visualização dos dados é apresentada no Apêndice III, onde são disponibilizados os gráficos da análise rítmica nas escalas sazonal e mensal, referente à estação meteorológica de Cáceres no ano-padrão de 2014.

Com a primavera, as chuvas retornaram aos poucos sob o domínio da mEc (65,2%) e o reforço da ZCAS (27,2%), com eventos expressivos em 25/10 (96 mm) e 29/11 (58,6 mm). Dezembro consolidou o regime úmido com chuvas convectivas contínuas (123 mm), restabelecendo o padrão sazonal típico. Assim, o ciclo anual em Cáceres reafirma a alternância marcante entre estação chuvosa e seca, modulada pela interação entre sistemas tropicais e polares.

Em Comodoro, como verificado pela Figura 52, o comportamento climático seguiu padrão semelhante, porém com maior intensidade pluviométrica e menor amplitude térmica devido à altitude e proximidade da Amazônia. A importância da umidade amazônica é corroborada por Kohler et al. (2021), que enfatizam o papel da evapotranspiração das florestas na manutenção de um regime pluviométrico equilibrado em o norte de Mato Grosso.

Figura 52 – Gráfico de análise rítmica em Comodoro durante o ano-padrão chuvoso de 2014¹⁷.



Fonte: Inmet (2014). Org. Araújo (2025).

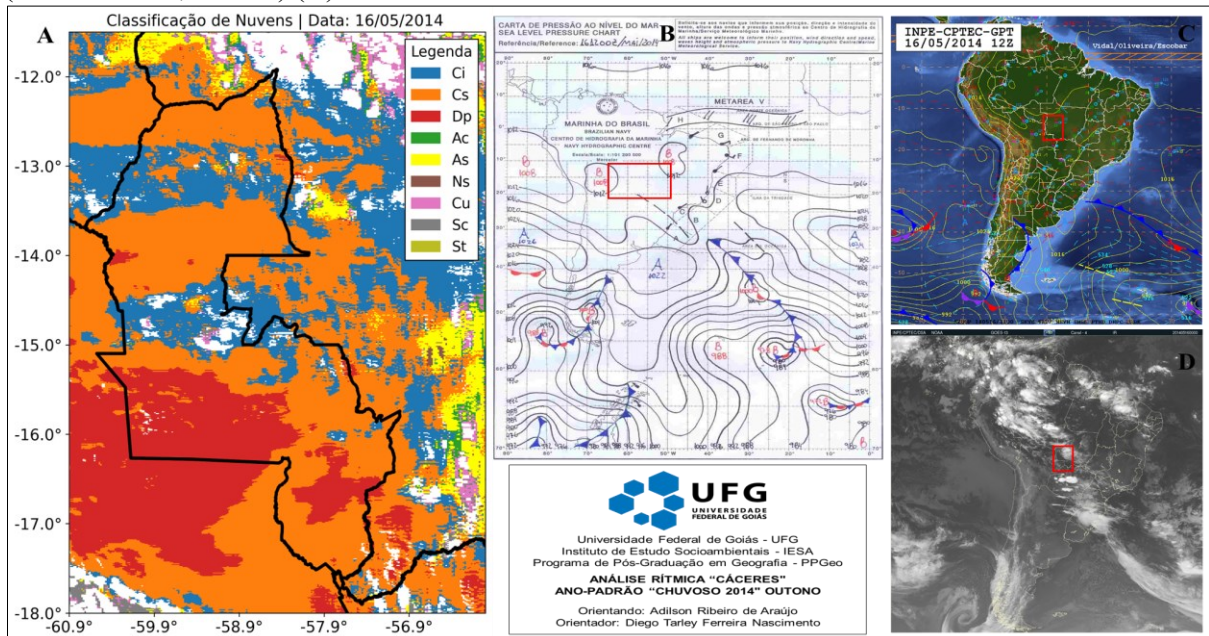
¹⁷ A visualização dos dados é apresentada no Apêndice IV, onde são disponibilizados os gráficos da análise rítmica nas escalas sazonal e mensal, referente à estação meteorológica de Comodoro no ano-padrão de 2014.

O total anual atingiu 2.197 mm, o maior da série. O trimestre chuvoso (jan-mar) concentrou 1.004,6 mm, dominado pela mEc (52,5%) e pela ZCAS (35%), com evento extremo em 23 de março (124,6 mm/24h). Ainda durante o outono, registrou-se 345,8 mm, volume superior ao de Cáceres, sustentado por resquícios da mEc e episódios da mP e mTc. No inverno, a precipitação reduziu-se para 73,6 mm, mas sem interrupção total, indicando maior umidade residual. O trimestre foi marcado por temperaturas mais amenas (máximas <math><32^{\circ}\text{C}</math>, mínimas de 10-12°C) e umidade média acima de 80%, condições que diferenciam Comodoro do regime mais seco do Pantanal.

Na primavera, o volume pluviométrico voltou a crescer expressivamente – 773,2 mm entre outubro e dezembro –, com predomínio absoluto da mEc (74%), seguida pela ZCAS (21,4%). O episódio de 26/11 (34,6 mm) ilustrou a forte instabilidade atmosférica típica da transição sazonal. As chuvas contínuas de dezembro consolidaram o padrão tropical úmido, com alta umidade e baixas amplitudes térmicas.

As duas localidades compartilham o mesmo ritmo sazonal, definido pela alternância entre o domínio da mEc/ZCAS na estação chuvosa e das massas mP, mTc e mTa durante a estiagem. Contudo, Comodoro exhibe um regime mais úmido e regular, favorecido pela influência amazônica, maior altitude e efeito orográfico, enquanto Cáceres, no domínio pantaneiro, tem maior irregularidade pluviométrica, períodos secos prolongados e amplitudes térmicas acentuadas (Figura 53).

Figura 53 – Classificação de nuvens (A), condições sinóticas (B e C) e imagem de satélite (infravermelho, canal 4) (D) referente ao dia 16 de maio de 2014.



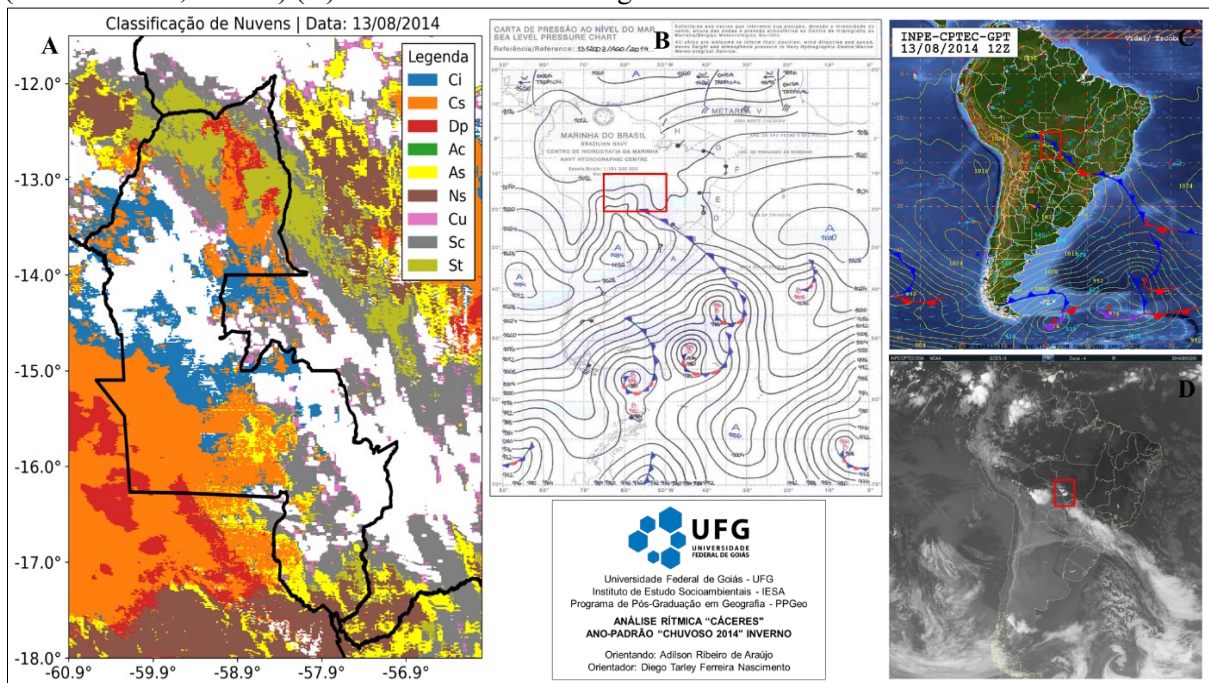
Fontes: NASA/MODIS-MOD06-L2 e MYD06-L2; Marinha do Brasil, INPE/CPTEC. Org. Araújo (2025).

Sobre tal diferença regional, interessante salientar que a Amazônia possui chuvas mais regulares, favorecidas pela intensa evapotranspiração e pelo aporte de umidade dos ventos alísios de nordeste (Dubreuil, 2005), enquanto o Pantanal, apresenta maior irregularidade pluviométrica devido à sua Geografia plana e áreas alagáveis, segundo Marcuzzo, Rocha e Melo (2010, 2011). No Pantanal, a circulação atmosférica é influenciada por correntes de oeste e sistemas de médias latitudes, como os que atuam na Depressão do Chaco.

Em termos de gênese das chuvas, a mEc foi o principal sistema gerador de precipitação em ambas as estações, reforçada pontualmente pela ZCAS nos meses de verão e primavera. O período compreendido entre 13 e 22 de maio de 2014 pode ser utilizado para exemplificar a atuação da mEc, elevando a umidade e favorecendo eventos de precipitação persistentes. No final de maio, uma massa de ar frio causou queda acentuada nas temperaturas, atingindo 13,6°C em 24 de maio.

A mP exerceu uma função relevante nos meses secos, regulando a temperatura e a umidade, especialmente em eventos de friagem. A atuação da massa Polar (mP) pode ser verificada na condição sinótica dos dias 12 e 13 de agosto (Figura 54). Nesse mês, registrou-se queda significativa de temperatura, com máximas de 34,2°C em Comodoro e 37,2°C em Cáceres, enquanto as mínimas variaram entre 10°C e 15°C entre as duas localidades. Aliás, Zandonadi (2013) classifica agosto como o mais seco do ano, enquanto Oliveira (2024) afirma que o mês de agosto registram os maiores picos de temperatura máxima ao longo do ano.

Figura 54 – Classificação de nuvens (A), condições sinóticas (B e C) e imagem de satélite (infravermelho, canal 4) (D) referente ao dia 13 de agosto de 2014.



Fontes: NASA/MODIS-MOD06-L2 e MYD06-L2; Marinha do Brasil, INPE/CPTEC. Org. Araújo (2025).

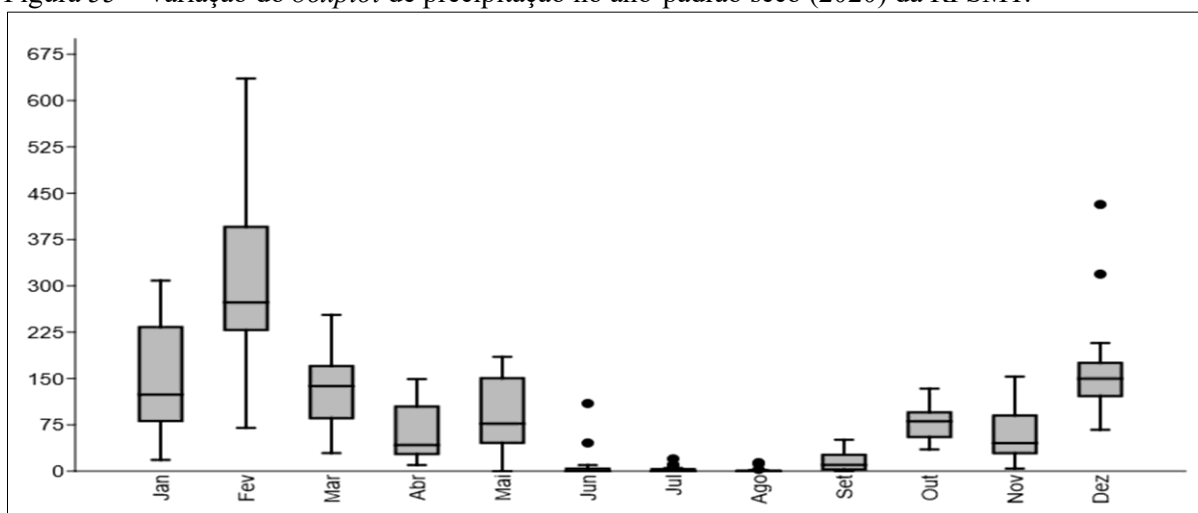
Assim, o ano de 2014 ressaltou a interação dinâmica entre sistemas tropicais e extratropicais como determinante do clima regional, consolidando-o como o ano mais úmido da série e referência para o padrão chuvoso da RPSMT.

6.3 Ano-Padrão Seco (2020)

O ano de 2020 foi definido como o ano mais seco da série histórica, cujos volumes anuais oscilaram entre 704,1 mm (Porto Conceição, área 3 de domínio pantaneiro) e 1.651,3 mm (Padronal, área 1 de predomínio agrícola e floresta de transição). Nesse ano excepcionalmente seco, nota-se a ocorrência de uma seca, caracterizada pelo prolongamento do período de estiagem até o mês de setembro, além da presença de até três meses consecutivos sem precipitação em boa parte das estações.

Em 2020, a disparidade espacial entre as áreas foi marcante: enquanto a área 1 registrou volumes anuais expressivos, a área 3 apresentou redução significativa, evidenciando uma diminuição espaço-temporal das precipitações. Conforme a Figura 55 (*boxplot*), o padrão reflete um ano seco excepcional, com concentração de chuvas em janeiro e fevereiro, houve redução progressiva a partir de abril e menores valores entre junho e agosto (estiagem), seguida de retomada a partir de setembro e intensificação em dezembro.

Figura 55 – Variação do *boxplot* de precipitação no ano-padrão seco (2020) da RPSMT.



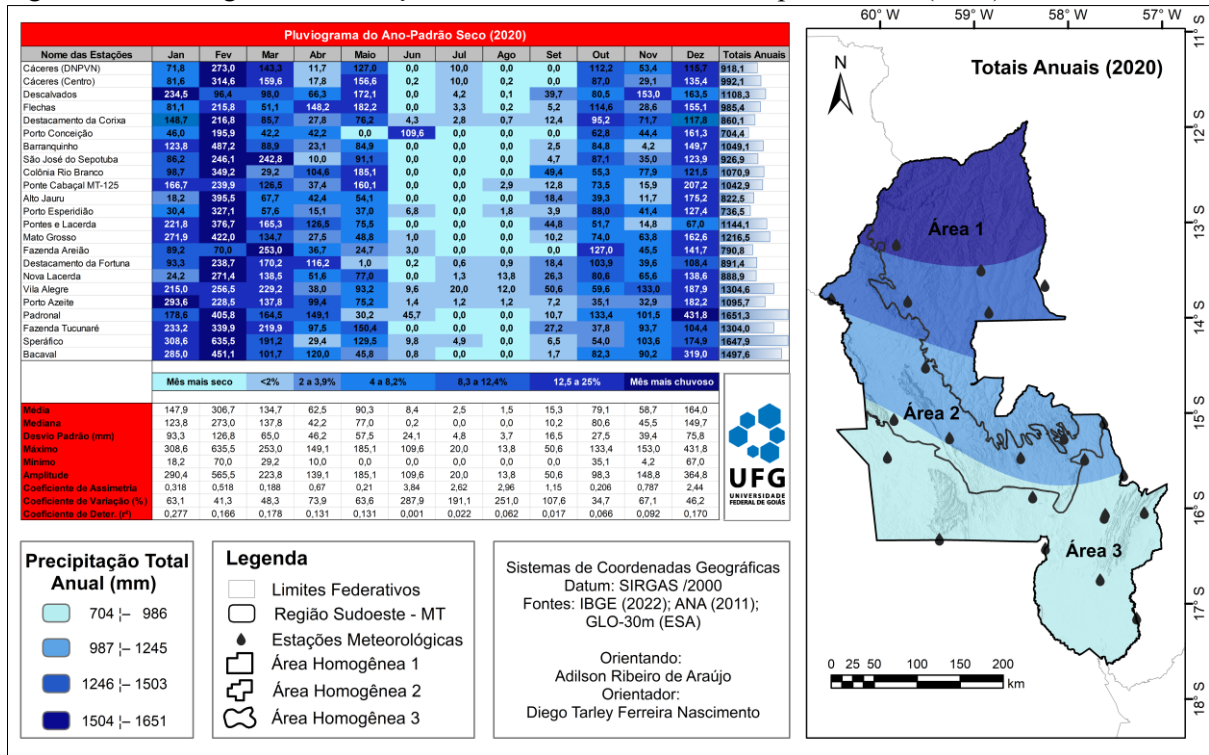
Fonte: Software PAST 4.03. Org. Araújo (2025).

Esse padrão caracteriza-se por precipitações concentradas nos períodos janeiro-março e outubro-dezembro, com diminuição substancial entre abril e setembro, como analisado por Araújo et al. (2018) e Oliveira et al. (2018). A maior intensidade da seca ocorre entre junho e agosto, conforme comprovado por Fontão e Zavattini (2019). Esses resultados corroboram a

definição de anos secos proposta por Dantas (2014), que os associa a regimes pluviométricos abaixo da mediana regional, e por Silva, Tavares e Medeiros (2022), que caracterizam como anos de baixa pluviosidade aqueles com valores anuais abaixo do primeiro quartil da série histórica. Complementarmente, Santos, Fontão e Souza (2020) observam que a recuperação dos volumes de chuva em anos secos só se manifesta a partir de novembro e dezembro, quando sistemas frontais intensos restabelecem as precipitações.

No pluviograma do ano-padrão seco de 2020 (Figura 56), a interpolação IDW demonstra uma variação entre norte-sul, com maiores totais anuais na Área 1 e valores decrescentes até a Área 3. O IDE, com menor RMSE e validação acima de 85%, reflete essa heterogeneidade, indicando precipitação concentrada e descontinuidades entre as áreas homogêneas.

Figura 56 – Pluviograma da variação das chuvas mensais em ano-padrão seco (2020) da RPSMT.



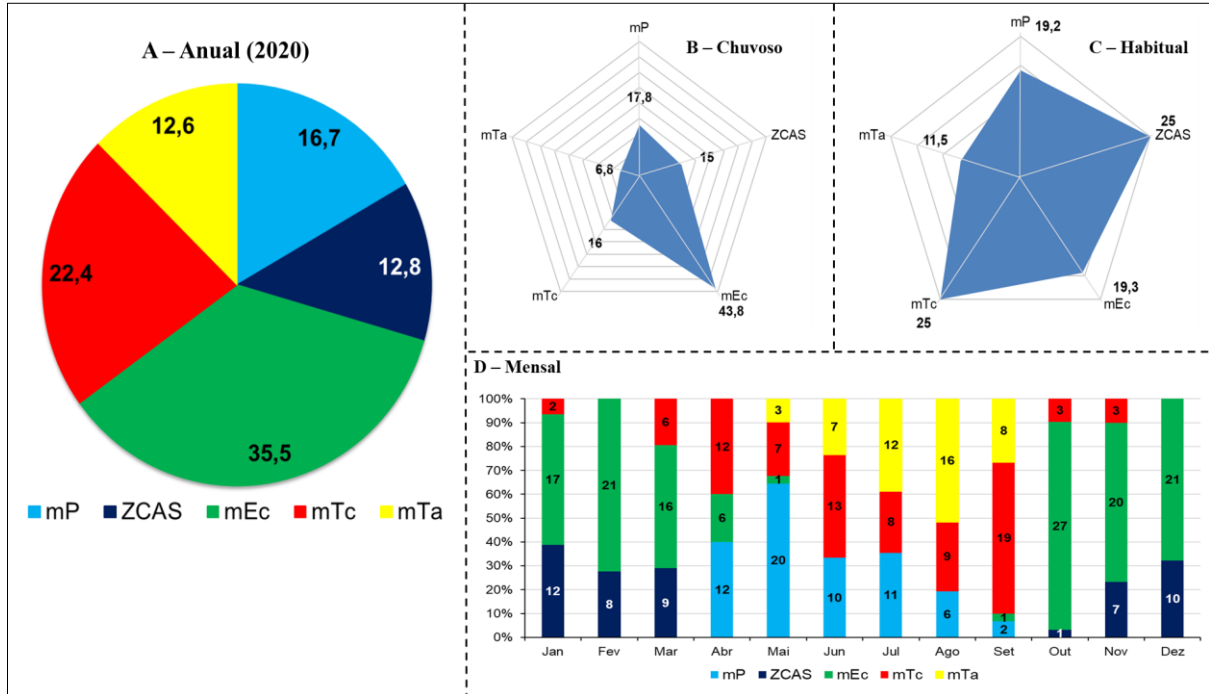
Fonte: ANA (2020). Org. Araújo (2025).

Enfim, os indicadores estatísticos reforçam essa variabilidade: o desvio padrão de 126,8 mm e a amplitude de 565,5 mm revelam ampla dispersão dos totais anuais. A concentração de chuvas entre janeiro e março, seguida de redução acentuada de abril a agosto, reforça a condição de um ano excepcionalmente seco, com retomada das chuvas apenas nos últimos meses. O padrão climático de 2020 caracteriza-se, portanto, pela forte dispersão espacial, baixa regularidade temporal e acentuado contraste entre as áreas homogêneas.

6.3.1 Atuação e participação dos sistemas atmosféricos no ano-padrão seco (2020)

De modo geral, o ano-padrão seco de 2020 caracterizou-se pela predominância da mEc, responsável por 35,5% da atuação anual, evidenciando sua importância como principal sistema responsável pela dinâmica atmosférica, conforme verificado também nos demais anos-padrão. Em seguida, destacaram-se a (mTc), com 22,4%, e a (mP), com 18%, além da (mTa) (13%) e da (ZCAS), cuja atuação foi reduzida a 12,8% - Figura 57.

Figura 57 – Atuação anual, sazonal e mensal dos sistemas atmosféricos em 2020 – percentual (%) anual (A), no período chuvoso (B), no período habitual (C) e distribuição mensal (D).



Fonte: Inmet (2020). Org. Araújo (2025).

Essa configuração indica o predomínio de sistemas equatoriais tropicais, especialmente a mEc, com participação mais expressiva na primavera e no verão, quando garante volumes significativos de chuva, enquanto a ZCAS exerceu papel complementar, intensificando a convergência de umidade nos meses de transição. De acordo com Pinto (2013), a mEc e a ZCAS são fundamentais para a formação de chuvas.

Durante o período chuvoso, a mEc ampliou sua dominância (43,8%), configurando o quadro sinótico regional, seguida pela mP (17,8%) e pela ZCAS (15%), que atuou de forma secundária. Já a mTc e a mTa apresentaram participações mais modestas (16% e 6,8%, respectivamente). No período seco, houve maior equilíbrio entre os sistemas: a mTc e a ZCAS corresponderam cada uma a 25%, enquanto a mEc e a mP tiveram atuações semelhantes (19,3% e 19,2%), e a mTa manteve-se com influência reduzida (11,5%).

No recorte mensal, observou-se a predominância da mEc entre janeiro e abril (55%), acompanhada da ZCAS (27%) e da mTc (18,3%). Durante o período seco (abril a setembro), a

mEc praticamente desapareceu (1,1%), sendo substituída pela atuação marcante da mP (34,5%), da mTc (38,4%) e da mTa (26%) – dinâmica típica da estação seca. O retorno gradual da mEc ocorreu a partir de setembro, consolidando-se em outubro a dezembro, quando foi responsável por 79% da atuação e pelo maior volume de precipitação, enquanto a ZCAS voltou a influenciar com 21%, concentrando-se nos meses de novembro e dezembro.

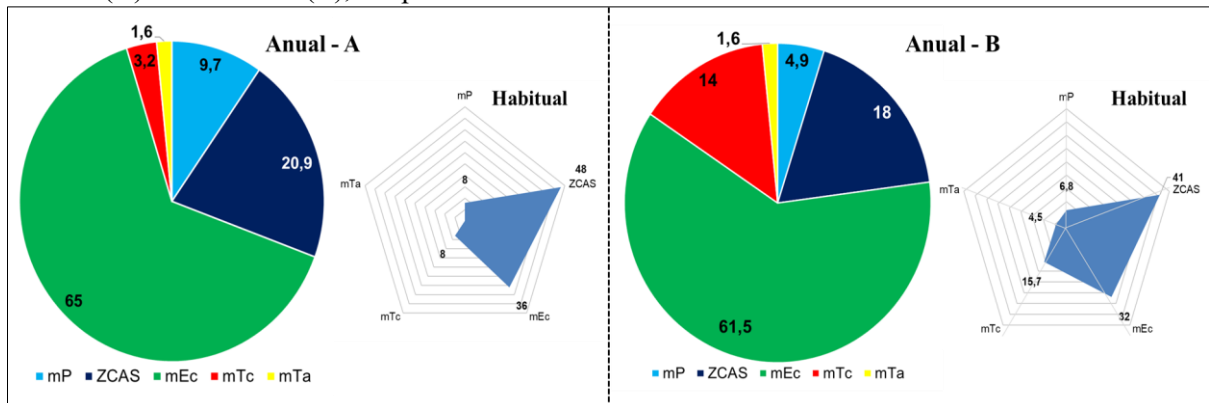
Como verificado no gráfico da Figura 58, na estação de Cáceres, a mEc foi o sistema mais atuante na gênese das precipitações, representando 65% da participação anual, seguida pela ZCAS (21%). A mP (10%) contribuiu principalmente durante a estiagem, mantendo a estabilidade atmosférica, enquanto mTc (3,2%) e mTa (1,6%) tiveram influência limitada.

No período habitual, a ZCAS liderou com 48%, acompanhada da mEc (36%), enquanto a mP e a mTc contribuíram com 8% cada. Mello e Aguiar-Junior (2021), Borsato e Mendonça (2015) e Galvani e Azevedo (2012) explicam que, embora a mPa não transporte umidade, seu deslocamento em direção aos trópicos cria condições favoráveis para chuvas.

Já no período chuvoso, a mEc retomou protagonismo (65%) e a ZCAS reduziu-se a 20%, confirmando o predomínio da dinâmica tropical. Em termos mensais, de janeiro a abril, mEc e ZCAS dominaram (71% e 19%, respectivamente), com chuvas associadas à convecção amazônica. De maio a setembro, as chuvas tornaram-se esparsas, concentrando-se em maio e julho sob influência da mP e, pontualmente, da mTa. A partir de outubro, a ZCAS retomou força (32%) e a mEc voltou a predominar (68,4%), sustentando as chuvas de novembro e dezembro.

Na estação de Comodoro, a mEc também teve maior participação, em 61,5% dos dias do ano com registro de precipitação, consolidando-se como principal sistema responsável pela gênese das chuvas. A ZCAS respondeu por 18%, e a mTc por 14%, enquanto as massas mP (4,9%) e mTa (1,6%) apresentaram participação irrisória.

Figura 58 – Participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas no ano-padrão de 2020 em Cáceres (A) e Comodoro (B), em percentuais anuais.



Fonte: Inmet (2020). Org. Araújo (2025).

Durante o período chuvoso, a mEc manteve a maior participação (59,6%), seguida da ZCAS (25%), e em menor grau pela mP (8,4%) e mTc (6,6%). No período seco, a ZCAS assumiu o protagonismo (41%), invertendo a hierarquia observada no período úmido, enquanto a mEc contribuiu com 32%, a mTc com 15,7%, e as demais massas mantiveram participação irrisória. No plano mensal, a mEc foi responsável por 73,4% das chuvas no primeiro trimestre, seguida da ZCAS (20,3%) e da mTc (6,2%). Durante abril a outubro, a ZCAS desapareceu e a mTc passou a atuar com maior frequência (52,6% das chuvas), enquanto a mP teve papel relevante nas transições (31,5%) e a mTa apresentou presença residual (10,5% em julho). A partir de outubro, a mEc e a ZCAS reassumiram importância, com 75% e 25%, respectivamente.

Comparativamente, Cáceres e Comodoro compartilham a dominância dos sistemas tropicais – mEc e ZCAS – como principais geradores de precipitação, confirmando o papel central da umidade amazônica no regime pluviométrico do sudoeste mato-grossense, inclusive em ano seco. Em ambas, as massas polares e tropicais continentais ganham expressão durante a estiagem. No entanto, há diferenças sutis: Cáceres recebe maior influência da ZCAS no período de transição e exibe um comportamento mais estável durante o ano, enquanto Comodoro evidencia domínio da mEc e da mTc, refletindo a sua localização mais ao norte e a influência direta do transporte de umidade amazônica. Assim, as variações sazonais entre as duas localidades reforçam a interação entre sistemas tropicais e subtropicais na regulação do clima regional, determinando contrastes sutis, mas significativos, na gênese e distribuição das chuvas.

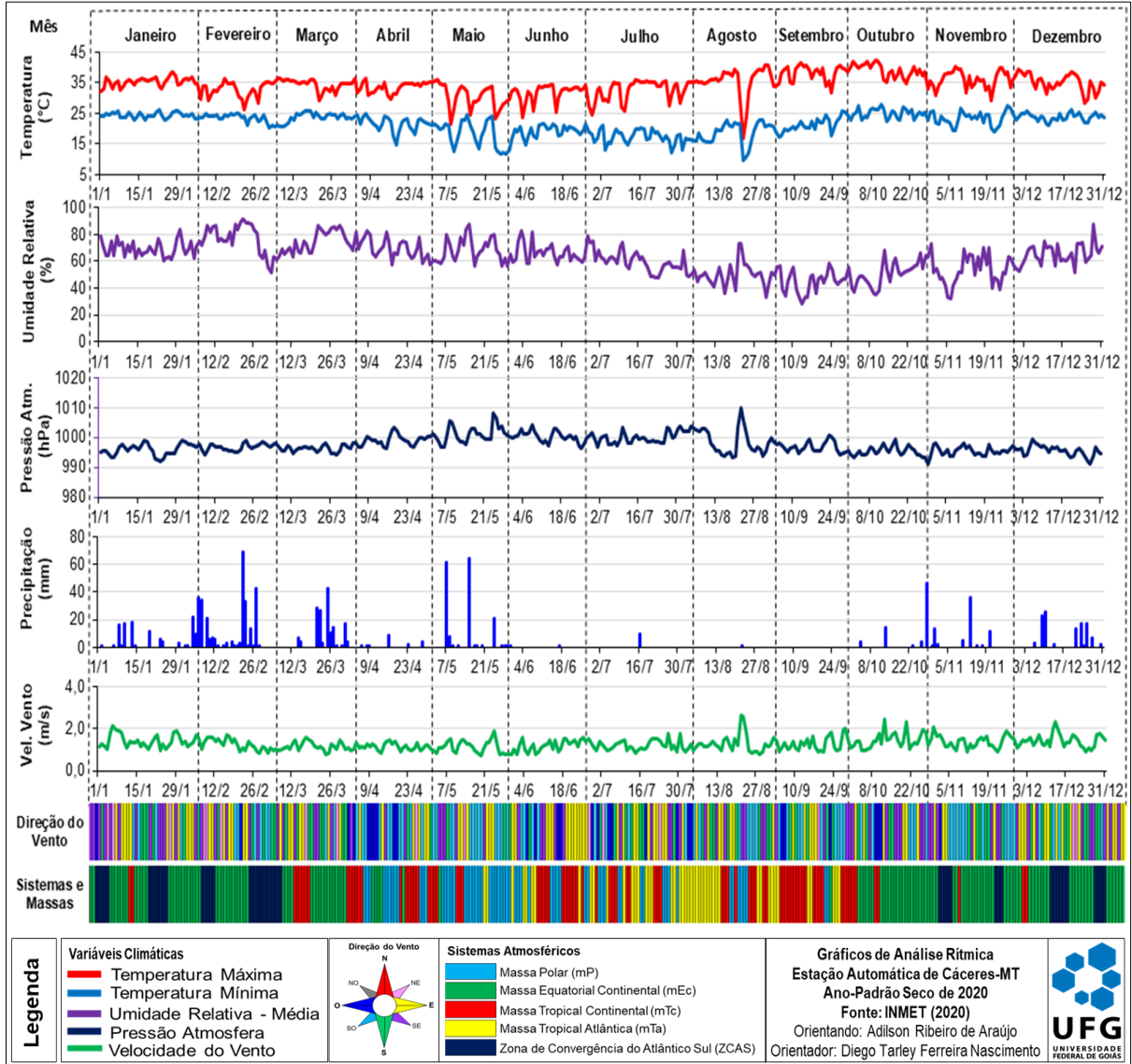
6.3.2 Ritmo climático no ano-padrão seco (2020)

Em Cáceres, o ano seco de 2020 foi marcado pela predominância da mEc, que atuou em 35,5% do período, consolidando-se como o principal sistema responsável pela gênese das chuvas – Figura 59. Essa predominância reflete a importância da mEc na manutenção do regime pluviométrico, mesmo sob condições de estiagem. Em seguida, destacaram-se a mTc (22,4%), a mP (18%) e a mTa (13%), enquanto a ZCAS teve atuação discreta (12,8%), embora continue essencial para o transporte de umidade amazônica.

No ritmo sazonal, nota-se que durante o período chuvoso (novembro a março), a mEc dominou (43,8% de atuação), seguida pela mP (17,8%) e pela ZCAS (15%). A presença da mTc (16%) e da mTa (6,8%) complementa o quadro, reforçando o caráter dinâmico da estação. Já no período habitual, de transição, houve um equilíbrio maior: ZCAS (25%) e mTc (25%)

lideraram, com mEc (19,3%), mP (19,2%) e mTa (11,5%) participando de forma secundária. Esse padrão demonstra a maior variabilidade atmosférica típica das estações intermediárias no clima do Centro-Oeste.

Figura 59 – Gráfico de análise rítmica em Cáceres durante o ano-padrão seco de 2020¹⁸.



Fonte: Inmet (2020). Org. Araújo (2025).

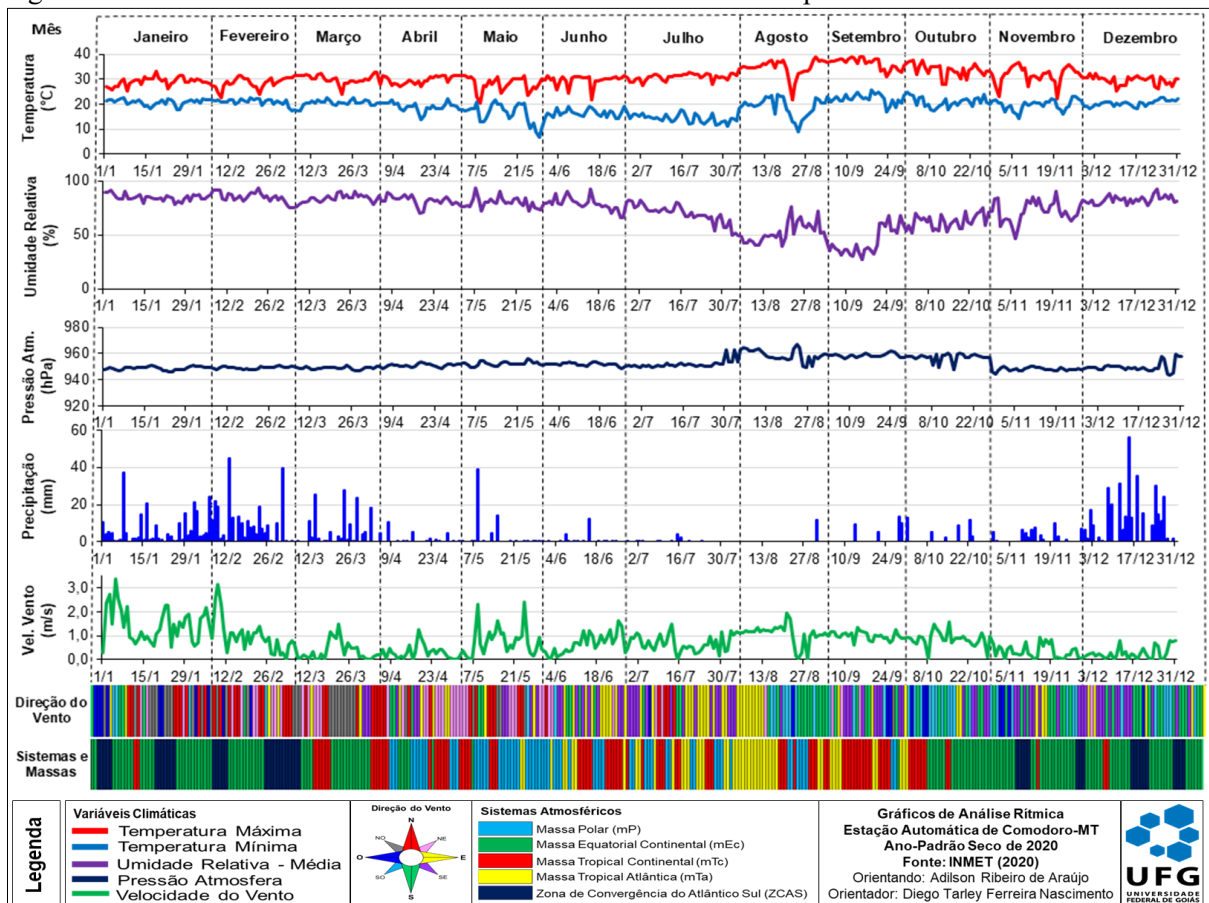
A análise mensal confirma esse comportamento. De janeiro a abril, o predomínio da mEc (55%) e da ZCAS (27%) sustentou as precipitações mais expressivas, especialmente em março e abril, meses de pico das chuvas. A partir de abril, há uma redução acentuada da mEc (1,1% entre abril e setembro) e avanço das massas mTc (38,4%), mP (34,5%) e mTa (26%), que dominam o período seco, marcando a retração das atividades convectivas. Nos meses centrais do inverno (junho e julho), a mP atingiu seu ápice, enquanto a mEc praticamente desapareceu.

¹⁸ A visualização dos dados é apresentada no Apêndice V, onde são disponibilizados os gráficos da análise rítmica nas escalas sazonal e mensal, referente à estação meteorológica de Cáceres no ano-padrão de 2020.

A retomada do período chuvoso iniciou-se em setembro, com o retorno gradual da mEc (1 dia de atuação), intensificando-se em outubro (27 dias) e consolidando-se em novembro e dezembro, quando essa massa respondeu por 56,5% do volume pluviométrico. A ZCAS, reativada no final do ano, teve participação complementar (18 dias, 90,1 mm), associada à reorganização do corredor de umidade amazônico. Assim, o ritmo climático anual em Cáceres revela uma sequência bem definida: domínio da mEc no início e final do ano, predomínio de massas tropicais e polares no meio do período, e reorganização gradual da convecção amazônica no fim da seca.

Na estação de Comodoro (Figura 60), embora o comportamento atmosférico tenha sido semelhante, houve maior constância da mEc ao longo do ano, responsável por 61,5% da participação anual. Esse sistema consolidou-se como o principal modulador das chuvas, enquanto a ZCAS (18%) e a mTc (14%) tiveram importância secundária. As massas mP (4,9%) e mTa (1,6%) tiveram atuação restrita, reflexo da menor influência de sistemas frontais nessa localidade mais setentrional.

Figura 60 – Gráfico de análise rítmica em Comodoro durante o ano-padrão seco de 2020¹⁹.



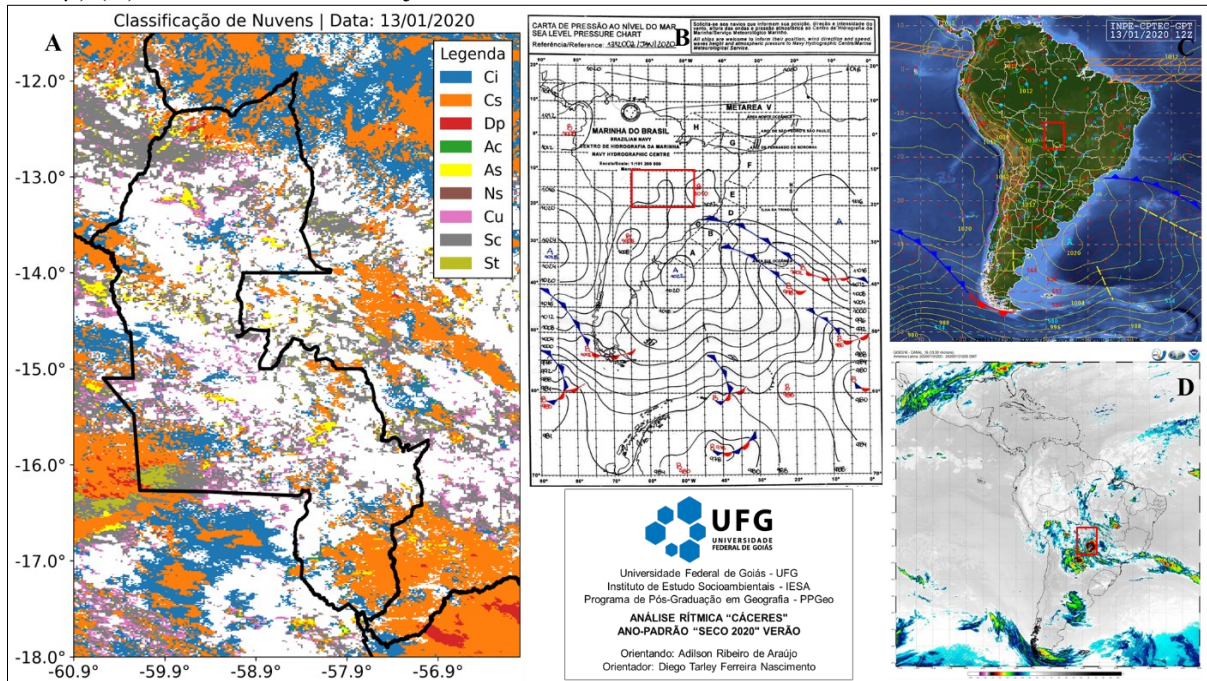
Fonte: Inmet (2020). Org. Araújo (2025).

¹⁹ A visualização dos dados é apresentada no Apêndice VI, onde são disponibilizados os gráficos da análise rítmica nas escalas sazonal e mensal, referente à estação meteorológica de Comodoro no ano-padrão de 2020.

Sazonalmente, a mEc dominou o período chuvoso, com 59,6% de participação, seguida pela ZCAS (25%), mP (8,4%) e mTc (6,6%), compondo um regime típico de maior convergência de umidade. No período habitual, entretanto, ocorre uma inversão de protagonismo: a ZCAS assume a liderança (41%), superando a mEc (32%), com a mTc (15,7%) apresentando papel expressivo nas fases de transição. As contribuições da mP (6,8%) e da mTa (4,5%) permanecem discretas.

No ritmo mensal, o primeiro trimestre foi dominado pela mEc (73,4%), com participação secundária da ZCAS (20,3%) e da mTc (6,2%), caracterizando o auge da estação chuvosa. Durante a estiagem (abril a outubro), houve uma clara retração dos sistemas tropicais: a ZCAS ficou ausente e a mEc registrou apenas 5,2% de contribuição. Nesse período, a mTc assumiu função compensatória (52,6% das chuvas), sobretudo em abril e setembro, e a mP ganhou destaque nos meses de transição (31,5%). A mTa, com influência marginal (10,5% em julho), completou o quadro seco. À título de exemplo, destaca-se os consideráveis e persistentes eventos de precipitação na primeira quinzena de janeiro de 2020, com registro de 18,4 mm em 13/01, em virtude da atuação da mEc (Figura 61).

Figura 61 – Classificação de nuvens (A), condições sinóticas (B e C) e imagem de satélite (canal 15, 12.3 μ) (D) referente ao dia 13 de janeiro de 2020.



Fontes: NASA/MODIS-MOD06-L2 e MYD06-L2; Marinha do Brasil, INPE/Cptec. Org. Araújo (2025).

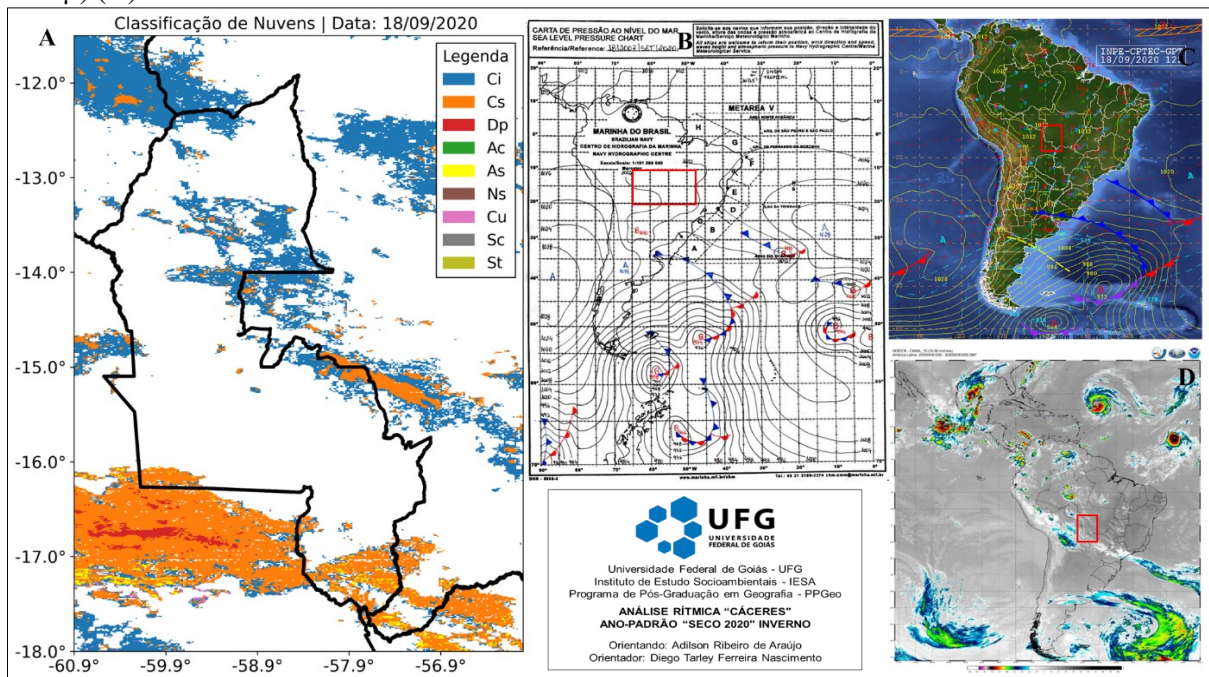
A partir de outubro, ocorre a reativação progressiva da mEc (75%) e da ZCAS (25%), indicando o retorno dos fluxos úmidos amazônicos e o restabelecimento do regime chuvoso.

Esse ritmo confirma o caráter tropical úmido de Comodoro, fortemente dependente da circulação equatorial e da penetração da ZCAS nos meses de primavera e verão.

De forma geral, Cáceres e Comodoro compartilham idêntica estrutura rítmica anual, marcada por um ciclo bem definido de alternância entre estações úmidas e secas e pela predominância da mEc e da ZCAS na gênese das chuvas. Em ambas as localidades, o regime chuvoso se concentra entre novembro e março, com a mEc como sistema dominante, enquanto no período seco prevalecem massas tropicais e polares mais estáveis (mTc, mP e mTa).

A diferença principal está na intensidade e persistência dos sistemas tropicais. Em Comodoro, a mEc mantém influência mais constante ao longo do ano, refletindo maior conexão com a umidade amazônica e menor interferência de sistemas frontais. Já em Cáceres, há uma maior alternância entre sistemas tropicais e subtropicais, com destaque para a mTc e a mP durante o inverno e meses de transição, o que se relaciona à posição geográfica mais meridional e à influência do Pantanal. A mTc é usualmente associada à redução das chuvas, mesmo diante de condições termodinâmicas favoráveis, pois, de acordo com Lima e Lira (2021), esse cenário está associado ao fenômeno ENSO, que intensifica as secas na Amazônia. Além disso, a mP é associada a sistemas perturbadores do Sul, como afirmado por Monteiro (1969) em seu estudo, à guisa de exemplo, os dias 20 e 21 de setembro de 2020 corroboram a atuação da mP, que amenizou as temperaturas (Figura 62).

Figura 62 – Classificação de nuvens (A), condições sinóticas (B e C) e imagem de satélite (canal 15, 12.3 μ) (D) referente ao dia 18 de setembro de 2020.



Fontes: NASA/MODIS-MOD06-L2 e MYD06-L2; Marinha do Brasil, INPE/Cptec. Org. Araújo (2025).

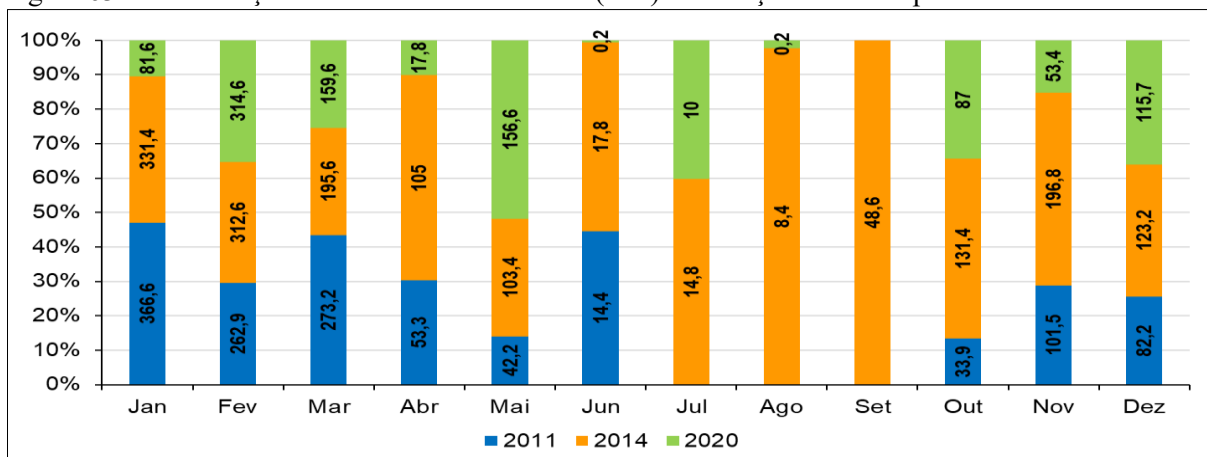
Assim, embora compartilhem o mesmo padrão climático sazonal, Comodoro expressa um regime tipicamente amazônico, enquanto Cáceres exibe um comportamento transicional, sob a influência simultânea de sistemas tropicais e polares. Essa distinção *sutil*, mas significativa, evidencia a complexidade atmosférica do Sudoeste de Mato Grosso e a importância das interações entre os sistemas equatoriais, tropicais e subtropicais na conformação do ritmo climático regional.

6.4 Síntese da atuação e participação dos sistemas atmosféricos entre os anos-padrão

A comparação dos anos-padrão de 2011, 2014 e 2020 revela diferenças significativas nos regimes pluviométricos de Cáceres e Comodoro, resultantes da atuação combinada de diversos sistemas atmosféricos, entre os quais se destacam os responsáveis pelo transporte de umidade e pela organização dos episódios chuvosos. Em 2011, ano habitual, as precipitações seguiram o padrão climático da região, com totais de 1.012,6 mm em Cáceres e 1.202,4 mm em Comodoro, concentrando-se no verão e outono. A ZCAS e a mEc asseguraram um regime equilibrado, enquanto mTc e mP tiveram influência limitada.

Em 2014, ano chuvoso, os volumes aumentaram expressivamente: 1.589 mm em Cáceres e 2.197,2 mm em Comodoro. Esse incremento foi atribuído à intensificação da mEc e da ZCAS, com redução da influência da mTc, favorecendo a persistência da umidade. Porém, em 2020, ano seco, teve baixos volumes e distribuição irregular, resultado da atuação limitada da ZCAS e do enfraquecimento da mEc. A mTc e a mP, mais presentes, intensificaram as condições secas, sobretudo no inverno (Figura 63).

Figura 63 – Distribuição total das chuvas mensais (mm) em relação aos anos-padrão de Cáceres.

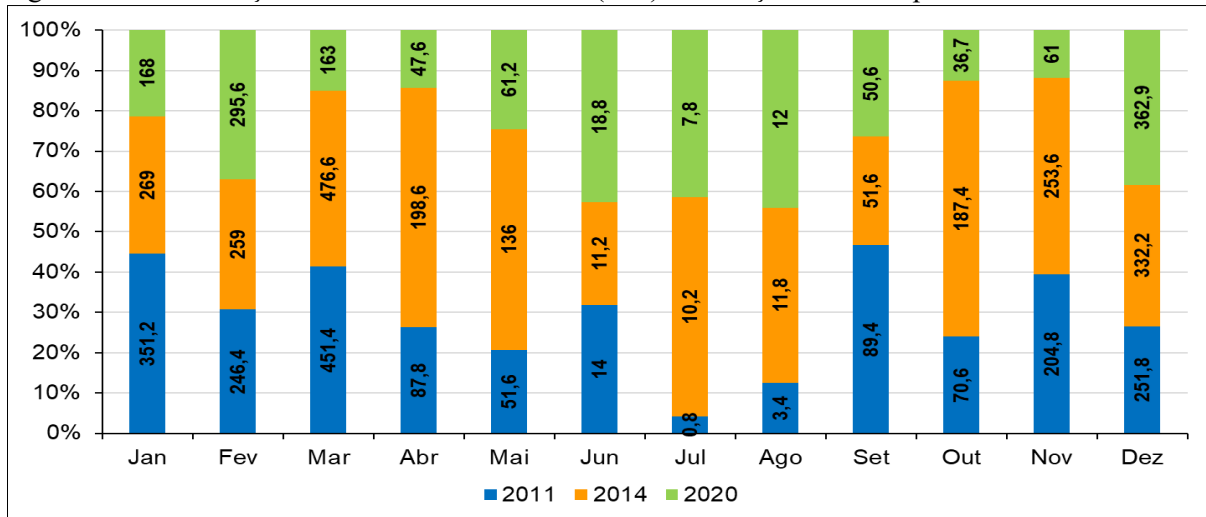


Fonte: Inmet (2011;2014;2020). Org. Araújo (2025).

A Figura 64 mostra que os meses mais chuvosos foram dezembro a março, com variações entre os anos. Em 2011, os picos ocorreram em janeiro e fevereiro; em 2014, entre

novembro e março; e, em 2020, as chuvas concentraram-se em fevereiro, março e dezembro em Cáceres, e entre janeiro e março, além de dezembro, em Comodoro. Os meses de abril e maio registraram chuvas moderadas nos anos úmidos e baixos volumes em 2020. O período seco, entre junho e agosto, foi mais prolongado em Cáceres no ano seco, enquanto em Comodoro foi mais curto.

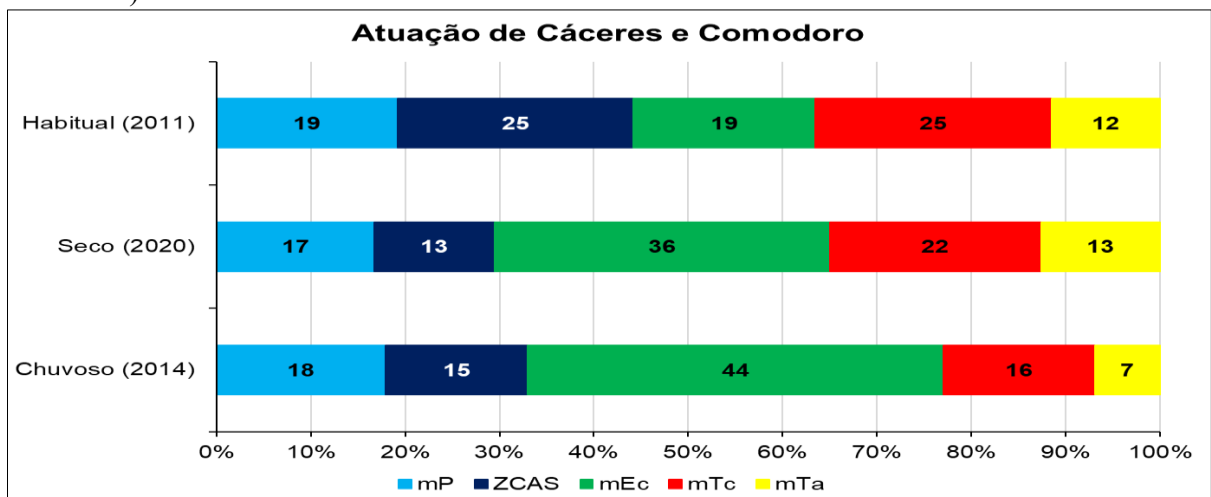
Figura 64 – Distribuição total das chuvas mensais (mm) em relação aos anos-padrão de Comodoro.



Fonte: Inmet (2011;2014;2020). Org. Araújo (2025).

E a Figura 65 sintetiza a participação das massas de ar. Em 2011, ZCAS e mTc atuaram por 90 dias cada (25%), seguidas por mEc e mP (19%) e mTa (12%). Em 2014, mEc dominou (44%), ZCAS atuou por 15%, mTc 16% e mP 18%. Em 2020, a mEc respondeu por 36% das chuvas, seguida por mTc (22%), mP (17%), ZCAS e mTa (13% cada). A intensificação da mEc e da ZCAS explica os maiores volumes nos anos chuvosos, enquanto a sua redução nos anos secos favoreceu a atuação de massas tropicais e polares secas.

Figura 65 – Atuação das massas de ar entre os anos-padrão habitual e excepcional (Cáceres e Comodoro).



Fonte: Inmet (2011;2014;2020). Org. Araújo (2025).

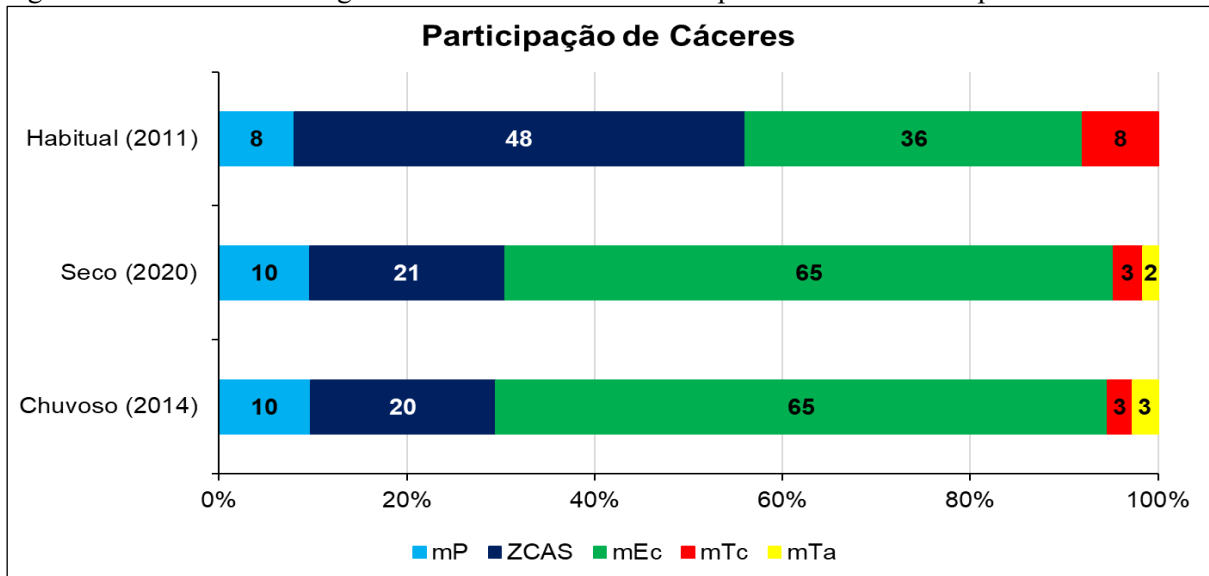
Em todos os anos, os maiores acumulados ocorreram entre dezembro e março. Em 2020, as chuvas mais intensas em Cáceres ocorreram em fevereiro, março, maio e dezembro; em Comodoro, concentraram-se entre janeiro e março e dezembro. As estiagens mais intensas foram registradas de junho a agosto nos anos habituais e chuvosos, mas, em 2020, estenderam-se em Cáceres até setembro. Assim, esses padrões são consistentes com os dados das estações do Inmet e da ANA (2000-2022) e corroboram estudos como o de Nascimento (2016), validando os critérios sazonais adotados.

A gênese das chuvas na região é determinada pela interação de sistemas atmosféricos, sobretudo a mEc e a ZCAS, que transportam umidade e formam precipitações convectivas. Em 2011, a atuação combinada desses sistemas assegurou chuvas bem distribuídas no período úmido. Em Cáceres, a mEc foi responsável por 36% das precipitações, e a ZCAS por 48%. Resultados semelhantes foram observados em Comodoro.

Em 2014, a mEc intensificou-se, gerando 65% das chuvas em Cáceres e 25% em Comodoro, visto que o aumento da umidade amazônica intensificou as chuvas. Já em 2020, apesar da mEc manter 65% em Cáceres, a redução drástica da ZCAS (21%) resultou em chuvas esparsas e irregulares. A mP, embora presente no inverno, contribuiu pouco para a chuva, conforme Borsato (2011). A mTc e a mTa tiveram participações mínimas (3% e 2%).

O comparativo entre os três anos-padrão mostra que a dominância da mEc e ZCAS garante chuvas regulares em anos úmidos, enquanto a sua redução favorece massas secas, reduzindo os volumes pluviométricos. Essa dinâmica climática evidencia a dependência das chuvas regionais da atuação dessas massas (Figura 66).

Figura 66 – Massas de ar e a gênese das chuvas entre os anos-padrão habitual e excepcional em Cáceres.

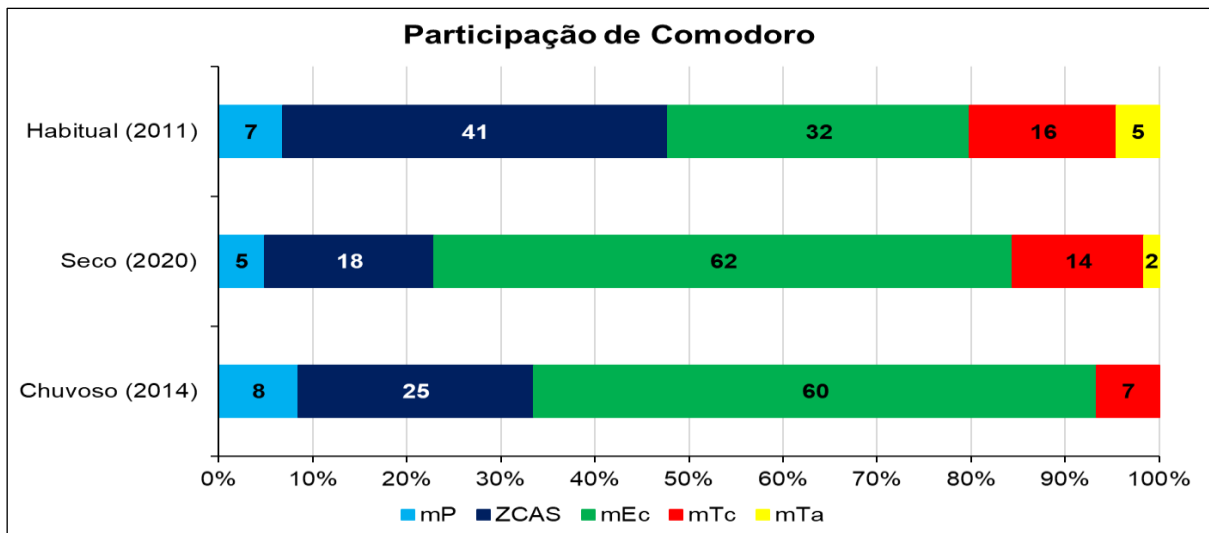


Fonte: Inmet (2011; 2014; 2020). Org. Araújo (2025).

Em Comodoro, 2011 teve ZCAS com 41% e mEc com 32%, com aumento de mTc (16%). Em 2014, mEc dominou (60%) e a ZCAS caiu para 25%, resultando em chuvas bem distribuídas. Em 2020, a mEc manteve 62% de participação, mas a baixa umidade reduziu seu impacto; a ZCAS caiu para 18%. A mTc e a mTa permaneceram marginais (2%-3%). Mesmo com baixa intensidade, a mTc atua inibindo a formação de chuvas. A variabilidade pluviométrica de Comodoro pode estar associada à atuação de sistemas que intensificam os acumulados convectivos, como a mEc e a ZCAS, cuja influência também pode incluir episódios de bloqueio atmosférico em altos níveis.

Neste diapasão, a Geografia influencia esses padrões, nos quais Comodoro, mais próxima da Amazônia, recebe mais da mEc, enquanto Cáceres, no Pantanal, depende da interação entre massas. A participação reduzida de mTc e mTa reforça o protagonismo dos sistemas tropicais. Nos meses de julho e agosto, a mP, oriunda de latitudes médias, pode gerar chuvas frontais conforme relevo e direção dos ventos. A mTa tem pouca participação sinótica. Oportuno pontuar que durante a estiagem, a mP é o principal agente pluviométrico. Em setembro de 2020, apesar da predominância da mTc, a maior parte das chuvas foi atribuída à mEc, enfatizando a sua capacidade de gerar instabilidade mesmo com baixa umidade (Figura 67).

Figura 67 – Massas de ar e a gênese das chuvas entre os anos-padrão habitual e excepcional em Comodoro.



Fonte: Inmet (2011; 2014; 2020). Org. Araújo (2025).

As discussões apresentadas nesta seção mostram que a gênese e o ritmo das chuvas na região não podem ser atribuídos a um único sistema atmosférico, mas resultam da interação entre mecanismos de diferentes escalas – embora esse aprofundamento não seja tratado nesta tese. Fenômenos de grande escala, como ENOS, ODP, Dipolo do Atlântico e PSA, modulam a

atuação das principais massas de ar e podem intensificar ou atenuar sistemas essenciais, como a ZCAS e a mEc. No entanto, seus efeitos nem sempre aparecem diretamente nos totais mensais ou anuais, manifestando-se sobretudo na distribuição, na frequência e na intensidade diária das chuvas. A presença de fenômenos de alta frequência, como a OMJ, pode ainda reforçar ou neutralizar o ENOS, produzindo anos de *El Niño* ou *La Niña* com respostas contrastantes. Assim, a variabilidade pluviométrica observada decorre da sobreposição entre teleconexões globais, dinâmica regional das massas de ar e a atuação sucessiva dos sistemas que organizam a circulação atmosférica no Centro-Oeste.

Conclui-se, portanto, que o ritmo das chuvas é determinado pela alternância sazonal entre sistemas tropicais úmidos e mecanismos subtropicais estabilizadores, modulados pela topografia e pela variabilidade interanual. Embora a ZCAS e a mEc desempenhem papel central na organização das precipitações, elas não atuam isoladamente, pois outros sistemas, fluxos atmosféricos e condições de grande escala também moldam a gênese e a distribuição das chuvas. Os anos-padrão evidenciam esses contrastes e reforçam que a interação entre sistemas tropicais e subtropicais, somada à sazonalidade anticiclônica, exige estratégias adaptativas sustentadas por modelagem climática capaz de fortalecer a resiliência regional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

A formulação das considerações finais de um estudo constitui um esforço complexo, transcendendo a mera sumarização e significa, de certo modo, a culminação de uma fase no processo *continuum* da pesquisa científica. Esta investigação acadêmica, inserida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás, área de concentração *Natureza e Produção Espacial* sob a linha de pesquisa *Análise Ambiental e Tratamento de Informações Geográficas*, analisou os padrões de precipitação na Região de Planejamento do Sudoeste de Mato Grosso, com ênfase nas interrelações entre padrões, variabilidades, tendências e a natureza rítmica da precipitação. O início se deu em 2021, durante a pandemia de *Covid-19*. Naquele momento, enfrentavam-se obstáculos no *distanciamento social e operacionais* significativos; porém, a necessidade de adaptação às metodologias virtuais permitiu o aprimoramento do geoprocessamento e da representação espacial de dados empíricos.

Neste cenário, ao identificar as estações meteorológicas com dados historicamente aceitáveis, constatou-se que a maioria envergava falhas e poucas possuíam dados atualizados ou *consistidos*, o que dificultou a compilação e a organização das informações. Embora as diretrizes estabelecidas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) recomende o mínimo de trinta anos de coleta ininterrupta de dados, esse critério não pôde ser atendido no escopo temporal de 2000 a 2022. Com efeito, houve a necessidade do uso de metodologias estatísticas empregadas para corrigirem as inconsistências presentes no conjunto de dados, aumentando, assim, a robustez e a confiabilidade dos resultados, enquanto uma série temporal mais extensa (1980-2022) foi adotada para fins de análise de tendências, sem recorrer ao preenchimento de falhas de dados.

Desse modo, o objetivo geral consistiu em analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação no RPSMT, com a intenção de identificar padrões, tendências e a dinâmica de interação entre os sistemas atmosféricos e o ritmo climatológico regional. Uma estrutura interdisciplinar foi adotada, integrando Climatologia Geográfica, Estatística Espacial e Geoprocessamento, com um foco particular na análise rítmica proposta por Monteiro (1971), aplicada aos anos-padrão de 2011 (habitual), 2014 (chuvoso) e 2020 (seco). A pesquisa foi conduzida em uma área de transição que engloba os biomas Amazônia, Cerrado e Pantanal, caracterizada por significativas transformações territoriais resultantes da expansão agropecuária.

Ainda do ponto de vista metodológico, dados de 44 estações meteorológicas (42 provenientes da ANA e duas do Inmet) foram analisados, passando por avaliações de homogeneidade (*Pettitt*), normalidade (*Shapiro-Wilk*), tendência (*inclinação, p-valor, significância, erro e desvio padrão, assimetria e curtose*), correlação não paramétrica (*Spearman*) e os anos-padrão definidos pelo método dos *quantis*. Os procedimentos de validação foram implementados através de Ponderação Regional (Dupla Massa), enquanto as metodologias geoestatísticas (*Semivariograma, Krigagem Ordinária, IDW e IDE*) facilitaram a espacialização dos dados. Técnicas de agrupamento hierárquico (distância euclidiana e teste de *Kruskal-Wallis*) juntamente com índices de extremos climáticos do pacote *Rclimdex* (ETCCDMI/OMM) enriqueceram as análises, culminando em uma compreensão abrangente do comportamento regional da precipitação.

Os resultados elucidam um regime de precipitação sazonal pronunciado: 83% das chuvas estão concentradas entre novembro e abril (com média anual de 1.425 mm), enquanto o período de estiagem (de maio a outubro) representa apenas 17%. Três regiões homogêneas foram delineadas: área 1 norte/nordeste (*Am*), influenciada pelas condições climáticas amazônicas, exibindo uma média de 1.995 mm; área 2 centro-leste/oeste, servindo como área de transição climática e geomorfológica, com média de 1.415 mm; e área 3 sul/sudoeste (*Aw*), representativa do domínio do Pantanal, com média de 1.148 mm. Esse padrão comprova a predominância de um clima tropical, modulado pela interação de sistemas atmosféricos (mEc, ZCAS, mTc e mP), juntamente com características topográficas, cobertura vegetal, gradientes latitudinais e dinâmica de umidade associada aos “rios atmosféricos” amazônicos.

A variabilidade anual apresentou características moderadas (coeficiente de variação de 29%), com oscilações estatisticamente significativas entre anos chuvosos (22%), secos (22%) e habituais (56%). Extremos notáveis, como os observados em 2014 (1.775 mm) e 2020 (1.058 mm), ressaltam o impacto de fenômenos climáticos de grande escala (*El Niño e La Niña*), bem como de determinantes locais. Em 2014, a intensificação do mEc e ZCAS contribuiu para a ocorrência de eventos convectivos intensos e totais de precipitação acima da média, enquanto 2020 foi caracterizado pela supressão da ZCAS e pela predominância de massas de ar continentais tropicais (mTc, mTa), culminando em uma seca prolongada que durou até 128 dias consecutivos sem precipitação.

Os índices ETCCDMI/OMM mostraram uma exacerbação pronunciada de eventos climáticos extremos: um aumento nos dias secos consecutivos (CDD), uma diminuição nos dias chuvosos consecutivos (CWD) e uma redução na frequência de eventos de precipitação intensa (R10mm). Ao mesmo tempo, a intensificação do índice de intensidade diária (SDII) significa

que, apesar de um potencial diminuição no volume total de precipitação, tais eventos estão se manifestando com maior intensidade, aumentando, assim, o potencial erosivo e a probabilidade de ocorrência de inundações e enchentes localizadas. O teste Pettitt discerniu quebras estruturais na série temporal durante os intervalos de 2000-2007 e 2014-2017, que se alinham com períodos de expansão agrícola e anomalias climáticas globais, trata-se, portanto, de modificações antropogênicas no uso da terra que estão influenciando os padrões de precipitação.

A interpolação espacial das tendências indicou que as regiões Sul e Sudoeste estão experimentando um aumento significativo em dias secos consecutivos, sugerindo maior *estresse* hídrico e comprometendo os recursos hídricos superficiais. Essa configuração tem implicações críticas para a economia regional, já que a produção pecuária e o cultivo de soja e milho estão cada vez mais suscetíveis a quedas substanciais na produtividade. Dados provenientes do MapBiomass (2023) comprovam a redução verificada nos cursos d'água e a escalada dos fenômenos de *arenização* no Pantanal do Mato Grosso.

A análise rítmica indicou que o mEc e o ZCAS são responsáveis por 60% a 80% da precipitação convectiva, particularmente nas regiões do norte. O ano de 2011 exibiu uma alternância equilibrada entre sistemas atmosféricos convectivos e estabilizadores (mP), encapsulando as características da sazonalidade tropical. Análises sazonais e mensais corroboraram uma concentração de 70% a 80% da precipitação total anual que ocorre entre outubro e março, em acentuado contraste com a precipitação limitada experimentada sob a influência das massas de ar polares de maio a setembro. A variabilidade mensal reflete o dinamismo da circulação atmosférica: em Cáceres, o mEc exerceu uma influência significativa tanto no início quanto no final da estação chuvosa, enquanto em Comodoro sua influência persistiu por um longo período, indicando maior interferência dos sistemas amazônicos. Em uma escala diurna, a alternância entre eventos convectivos e intervalos de estabilidade afirma a natureza pulsante e intermitente da precipitação regional.

Em face disso, os resultados derivados da análise dos padrões, das variações interanuais, das tendências e dos ritmos pluviométricos, obtidos por meio de rigorosa modelagem estatística e de observações empíricas, sustentam a hipótese formulada neste estudo. As evidências apresentadas confirmam a proposição inicial delineada na introdução. Assim, as análises de variabilidade interanual, tendências e ritmos da precipitação revelam sinais consistentes de desarticulação do regime climático na Região de Planejamento do Sudoeste de Mato Grosso. Com a intensificação das secas, a redução dos dias chuvosos e a maior concentração de eventos

extremos indicam alterações nos padrões atmosféricos e na dinâmica regional das chuvas, compatíveis com características de um regime climático em transição.

Tais evidências, articuladas às transformações no uso e na cobertura da terra e à crescente irregularidade espaço-temporal da precipitação, reforçam de forma consistente a hipótese de que a região vivencia um processo de instabilidade climática vinculado às dinâmicas mais amplas da emergência climática contemporânea. Assim, a proposição de que a precipitação na Região de Planejamento do Sudoeste de Mato Grosso apresenta indícios de ruptura nos ritmos de interação entre sistemas atmosféricos e modificações antrópicas é amplamente corroborada pelos resultados obtidos.

A RPSMT aporta indícios de uma transição para um regime climático híbrido, marcado por maiores irregularidades e extremos, que surgem da interação entre fatores antropogênicos e emergências climáticas globais. O comportamento climático em escala regional é explicável não apenas pelas estatísticas de chuvas, mas também pelas interações entre os sistemas atmosféricos e a superfície terrestre, que são moduladas pela vegetação, topografia e utilização antropogênica. A variação entre norte-sul, na acentuada sazonalidade e a exacerbação dos extremos significam uma trajetória em direção ao aumento da instabilidade, com ramificações ambientais e socioeconômicas substanciais.

Prevê-se que esta pesquisa contribua significativamente em investigações acadêmicas e inspire novos estudos que enriqueçam a estrutura analítica e abordem deficiências reconhecidas. Devido à baixa densidade de estações meteorológicas na área em estudo, é recomendável robustecer as redes observacionais e aproveitar os dados de reanálise de satélites de alta resolução, integrando a modelagem numérica atmosférica WRF (*Weather Research and Forecasting Model*) com o sensoriamento remoto SMAP (*Soil Moisture Active Passive*) para aprimorar as simulações da ZCAS e sua variabilidade interanual.

Além disso, insta-se a utilização de modelos climáticos regionais para simular cenários de desmatamento e expansão agrícola, juntamente com a aplicação de técnicas de *Machine Learning* e Geoestatística (*Random Forest e Hybrid Kriging*) para interpolação, previsão de eventos extremos e delineamento de regiões homogêneas. A incorporação de análises sobre teleconexões climáticas (ENSO, Dipolo do Atlântico, MJO – *Madden-Julian Oscillation*) e projeções RCP - *Representative Concentration Pathways* que se estendem até 2050 podem refinar a compreensão da dinâmica da precipitação e das possíveis reconfigurações espaciais na região.

A pesquisa ressaltou a necessidade de uma abordagem verdadeiramente interdisciplinar para o estudo do clima, sobretudo em relação ao planejamento estratégico e às ações de

adaptação regional. A integração entre análises estatísticas, geoestatísticas e rítmicas revelou-se fundamental para ampliar a compreensão da dinâmica hidroclimática da RPSMT, evidenciando, de forma clara, a relevância da Climatologia Geográfica na interpretação das interações entre atmosfera, superfície terrestre e processos socioeconômicos. Nesse sentido, a articulação metodológica adotada demonstrou a eficiência de combinar diferentes escalas e técnicas analíticas para apreender a complexidade do regime pluvial regional.

Apesar dos desafios enfrentados ao longo da investigação – como o grande volume de dados, a presença de falhas e a heterogeneidade das séries históricas – o estudo conseguiu atingir plenamente os objetivos propostos, oferecendo diagnósticos climáticos consistentes e suporte técnico às gestões ambiental e hídrica. Tais contribuições são essenciais para o enfrentamento das instabilidades e pressões climáticas observadas na região Sudoeste de Mato Grosso, reforçando a importância de se produzir conhecimento aplicado que dialogue diretamente com a realidade territorial.

Por fim, ao concluir esta tese, reafirma-se a necessidade de continuidade e ampliação deste trabalho, uma vez que as dinâmicas atmosféricas e suas repercussões sobre o território permanecem em constante transformação. Neste cenário, ganha força a percepção de que, *“entre o céu amazônico, os povos cerradeiros e o chão/ambiente pantaneiro, a chuva dita o ritmo do clima”* – síntese que expressa a unidade entre fenômeno natural, paisagem e modo de vida, e que inspira novas investigações sobre a Climatologia Regional.

REFERÊNCIAS

- ABREU, S. **Planejamento governamental: a SUDECO no Espaço Mato-Grossense. Contexto, propósitos e contradições.** 2001. 323f. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- ABREU, F. G.; SOBRINHA, L. A.; BRANDÃO, J. L. B. Análise da distribuição temporal das chuvas em eventos hidrológicos extremos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 239-250, 2017.
- AB’SÁBER, A. N. Domínios Morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. **Orientação**, n. 3, p. 45-49, 1967.
- ADERALDO, P. Í. C.; NERY, J. T. Atuação do relevo e do clima no núcleo de desertificação dos Inhamuns, Ceará, Brasil. **Ar@cne**, n. 268, p. 1-30, 2022.
- AERTS, J. C. et al. Integrating human behaviour dynamics into flood disaster risk assessment. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 3, p. 193-199, 2018.
- ALBUQUERQUE, M. M.; LOPES, W. G. R. Influência da Vegetação em variáveis climáticas: Estudo em bairros da cidade de Teresina, Piauí. **RAEGA-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 36, p. 38-68, 2016.
- ALEXANDER, L. V. et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 111, n. D5, p. 1-22, 2006.
- ALEXANDER, L. V.; ARBLASTER, J. M. Historical and projected trends in temperature and precipitation extremes in Australia in observations and CMIP5. **Weather and climate extremes**, v. 15, p. 34-56, 2017.
- ALMEIDA, J. M. V. **Índices de monitoramento e detecção de mudanças climáticas na região Centro-Oeste do Brasil.** 2012. 178f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.
- ALMEIDA, A. P. **Análise multitemporal e espacial do uso e cobertura das terras no município de Casa Nova, Bahia, no período de 1996 a 2011.** 2013. 173 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2013.
- ALMEIDA, C. T. et al. Spatiotemporal rainfall and temperature trends throughout the Brazilian legal Amazon, 1973-2013. **Int. J. Climatol.**, v. 37, n. 4, p. 2.013-2.026, 2016.
- ALVES, A. R. C.; SOUSA, M. D. F.; OLIVEIRA, L. L. Extremos climáticos de chuva (1990 a 2020) em três cidades do Norte do Brasil. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 4, p. 1-22 (e14454-e14454), 2025.

ALVES, D. S. O processo de desmatamento na Amazônia. Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência. **Parcerias Estratégicas**, v. 6, n.12, p.259-275, 2001.

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 33, n. 2, p. 193-197, 2011.

ALVES, L. M. Clima da região Centro-Oeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

ALVES, L. M.; EIDT, R. T. Clima da região Centro-Oeste. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J. (Org.). **Clima das regiões brasileiras e variabilidade climática**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

ALVES, L. B. **Variabilidade espaço-temporal das chuvas no Centro-Sul do estado do Mato Grosso do Sul no período 1980 a 2019 e a produção da commodity soja**. 2023. 286f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados - MS, 2023.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 23 mar. 2023.

ANA. **Dados Convencionais**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>> Acesso em: 10 nov. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Hidroweb**: Sistema de Informações Hidrológicas. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Brasília: Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 13 ago. 2022.

ANDERSON, J. R. et al. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

AQUINO, D. N. et al. Impacto de Secas e Antropização na Dinâmica da Cobertura Florestal em Fragmento do Domínio Fitogeográfico da Caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1675-1689, 2021.

ARAÚJO, A. R. et al. The relationship between relief and climate at subregional scale in the southwest of Mato Grosso state, Brazil. In: COLLOQUE DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DE CLIMATOLOGIE, 33., 2020, Rennes (França). **Actes colloque...** Rennes - França: Actes Colloque AIC, 2020, p. 73-78.

ARAÚJO, A. R. et al. Análise de métodos de preenchimento de falhas em dados pluviométricos para a Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 4, p. 2.271-2.286, 2023.

ARAÚJO, A. R.; BARROS, J. R.; DUTRA, R. M. S. Comparação de métodos de interpolação para distribuição mensal de chuvas na região Sudoeste de Mato Grosso, Brasil. In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 15., 2023. Guarapuava. **Anais...** Guarapuava: Unicentro, 2023.

ARAÚJO, A. R.; NASCIMENTO, D. T. F. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso-Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL: GEOPANTANAL, 8., 2024. Poconé, MT. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2024.

ARAÚJO, A. R. L.; ROCHA, M. N. Distribuição Pluviométrica no Município de Solonópole-CE (2010-2020) e Possíveis Ações de Mitigação da Escassez Hídrica. **Revista GeoUECE**, v. 11, n. 20, p. 1-13 (e202205-e202205), 2022.

ARAÚJO, P. L. et al. Relação entre a qualidade da água e o uso do solo em microbacias do reservatório Billings, na Região Metropolitana de São Paulo - SP. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 15, n. p. 1-19, 2018.

ARMOND, N. B.; SANT'ANNA-NETO, J. L. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidade para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, n.13, p. 5-28, 2017.

ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, 34, 53-66, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/178752>. Acesso em: 26 jun. 2024.

ARVOR, D. et al. Padrões de precipitação no Sul da Amazônia baseado no PERSIANN-CDR: Características e tendências. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 18., 2017, Santos. **Anais...** Santos: SBSR Disponível em: <https://shs.hal.science/halshs-02439114>. Acesso em: 19 fev. 2025.

AVINO, A. et al. Are rainfall extremes increasing in southern Italy? **Journal of Hydrology**, v. 631, p. 1-19 (130684), 2024.

AYANLADE, A.; ATAI, G.; JEGEDE, M. O. Variability in atmospheric aerosols and effects of humidity, wind and Intertropical discontinuity over different ecological zones in Nigeria. **Atmospheric Environment**, v. 201, p. 369-380, 2019.

BACK, Á. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, p. 717-726, 2001.

BACK, Á. J.; BONFANTE, F. M. Evaluation of generalized extreme value and Gumbel distributions for estimating maximum daily rainfall. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 56, n. 4, p. 654-664, 2021.

BACK, Á. J.; CADORIN, S. B. Chuvas extremas e equações intensidade-duração-frequência para o Estado do Acre. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (RBCIAMB)**, v. 55, n. 2, p. 159-170, 2020.

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do Rio Ivaí - PR**. 2006, 172f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

BALDO, M. C. et al. Tendência da precipitação anual e do número de dias com chuva no município de Alto Piquiri - PR por meio do teste de Mann-Kendall. **Formação (Online)**, v. 28, n. 53, p. 885-903, 2021.

BARBOSA, S. E. S. et al. Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a Bacia do Rio do Carmo, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, p. 64-71, 2005.

BARCELLOS, D. R.; QUADRO, M. F. L. Classificação de eventos extremos de precipitação quanto sua intensidade, persistência e abrangência na região das ZCAS. **Metodologia e Aprendizado**, v. 2, p. 76-81, 2019.

BARROS, C. A. **O uso agropecuário e sua implicação na paisagem da bacia hidrográfica do rio Jauru, Mato Grosso – Brasil**. 2018, 44 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias, Biológicas, Engenharia e da Saúde, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, 2018.

BARROS, J. R.; BALERO, J. C. S. A influência do clima e do tempo do Centro-Oeste do Brasil nas condições de voo na região. **Élisée, Rev. Geo. UEG**, v. 1, n. 2, p. 25-49, 2012.

BARROS, J. R.; SOUZA, L. B. Os climas do cerrado pelo viés da análise rítmica. In: NASCIMENTO, D. T. et al. (Org.). **Climatologia do Cerrado** [recurso eletrônico]: variabilidades, suscetibilidades e mudanças climáticas no contexto do Cerrado brasileiro. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, p. 145-171, 2021.

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Mercator**, Ano 8, n. 16, p. 255-261, 2009.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BASTOS, S. M. D. **Aplicação de modelos preditivos de aprendizado de máquina para geração de energia solar**. 2023. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, 2023.

BERNARDES, L. M. C. Os tipos de clima do Brasil. **Boletim Geográfico**, v. 9, p. 988-997, 1951.

BIE, C. A. J. M.; VAN LEEUWEN, J. A.; ZUIDEMA, P. A. **The land use database: a knowledge-based software program for structured storage and retrieval of user-defined land use data sets: user's reference manual version 1.04 for MS-DOS**. 1996.

BIER, A. A.; FERRAZ, S. E. T. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas em dados meteorológicos para estações no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 215-226, 2017.

BLAIN, G. C. Tendências e variações climáticas em séries anuais de precipitação pluvial do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 765-770, 2010.

BLANK, D. M. P. O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, n. 2, p. 157-172, 2015.

BONFANTE, F. M. **Distribuições de probabilidade para eventos extremos de chuva em Santa Catarina**. 2021. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2021.

BONINI, I. **Transição Amazônia-Cerrado: desmatamento e colapso do ciclo hidrológico**. 2019. 175f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação) - Coordenação do Programa de Pós-graduação, Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Xavantina, 2019.

BORG, I.; GROENEN, P. J. Modern multidimensional scaling: Theory and applications. Springer Science & Business Media. **Journal of Statistical Software**. v.14, Book Review 4, p. 359-360, 2005.

BORSATO, V. A.; SOUZA FILHO, E. E. O ritmo climático e episódios pluviométricos no ano de 1980 na vertente ocidental da Bacia do Alto Rio Paraná Brasil. **Geografia (Londrina)**, v. 17, n. 1, p. 81-108, 2008.

BORSATO, A. V. A dinâmica atmosférica no centro-sul do Brasil no verão e as influências do El Niño Oscilação Sul (ENOS). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 22, p. 135-157, 2011.

BORSATO, V. A. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares**. 1. ed. Curitiba: CRV, 2016.

BORSATO, V. A.; COLLISCHONN, E. A participação das massas de ares no inverno de 2016 no Brasil. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 1790-1801, 2017.

BORSATO, V. A.; MASSOQUIM, N. G. Os movimentos, as áreas de atuação e as propriedades das massas de ar no Brasil. **Revista GEOMAE**, v. 11, n. 1, p. 27-56, 2020a.

BORSATO, V. A.; MASSOQUIM, N. G. **O delineamento das massas de ar no Brasil**. Curitiba: CRV, 2020b.

BORSATO, V. A.; MENDONÇA, F. A. A espacialização dos sistemas atmosféricos e a análise rítmica para o centro-sul do Brasil. **Geosp Espaço e Tempo (Online)**, v. 19, n. 3, p. 585-604, 2015.

BORSATO, V. A.; MENDONÇA, F. A. Participação da massa polar atlântica na dinâmica dos sistemas atmosféricos no Centro Sul do Brasil. **Mercator**, v. 14, p. 113-130, 2015.

BOSSARD, M.; FERANEC, J.; OTAHEL, J. **Corine land cover technical guide: addendum 2000**. Technical report, n. 40. Copenhagen: European Environment Agency, p. 1-104, 2000.

BRAGA, H. A.; AMBRIZZI, T. A variabilidade intrassazonal e interanual do acoplamento entre a zona de convergência do Atlântico Sul e o vórtice ciclônico de altos níveis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, p. 305-311, 2022.

BRITO, A. P. et al. Análise do índice de Anomalia de Chuva e Tendência de Precipitação para Estações Pluviométricas na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 1, p. 19-30, 2022.

BROWN, D. et al. **Land use and land cover change**. Richland: Pacific Northwest National Lab. (PNNL), 2014.

CAMARGO, L. (Org.). Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômica e ecológica. Cuiabá: **Revista Entrelinhas**, 2011.

CARDOSO, C. S.; QUADRO, M. F. L.; BONETTI, C. Persistência e abrangência dos eventos extremos de precipitação no Sul do Brasil: Variabilidade espacial e padrões atmosféricos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 2, p. 219-231, 2020.

CARVALHO, J. G. E. S. A Territorialidade social na divisa internacional Brasil-Bolívia, no Sudoeste de Mato Grosso: um estudo sobre a fronteira e os sujeitos fronteiriços. **Cadernos CERU**, v. 26, n. 2, p. 104-113, 2015.

CARVALHO, S. M. I.; NERY, J. T. Influência da variabilidade climática na dinâmica da vegetação natural do bioma Mata Atlântica-abordagem multitemporal. **Revista Íbero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 4, p. 351-361, 2018.

CASAROLI, D. et al. Padrões de chuva e de evapotranspiração em Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 247-256, 2018.

CASTRO, F. S. et al. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 871-880, 2010.

CEBALHO, D. A. et al. Análise do uso da terra e da estrutura da paisagem do município de Porto Esperidião/MT. **Revista Íbero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 179-193, 2017.

CERA, J. C.; FERRAZ, S. E. T. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, p. 81-88, 2015.

CHAVES, T. P.; SOUZA, S. M.; FREITAS, A. C. Pantanal, tudo fica bem quando o fogo se apaga? **Revista Sustinere**, v. 8, n. 2, p. 592-606, 2020.

CHIERICE, R. A. F. **Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu**. 2013. 116f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2013.

CLIMANÁLISE. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática Cachoeira Paulista, SP, Brasil**. INPE/CPTEC, v. 29, n. 1, p. 1-47, 2014. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/#>. Acesso em: 30 jan. 2025.

COCHEV, J. et al. Leitura de paisagens urbanas na Região Sudoeste Mato-Grossense, na perspectiva do Ensino de Geografia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, s/p, 2013.

CONTI, J. B. Geografia e climatologia. Geousp **Espaço e Tempo (Online)**, v. 5, n. 1, p. 91-95, 2001.

CORREIA, K. P. et al. Influence of positioning on the adaptability of vegetation in an experimental rain garden in a tropical urban environment. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 9, n. 3, p. 288-304, 2024.

COSTA, C. E. A. S.; BLANCO, C. J. C. Influência da variabilidade climática sobre a erosividade em Belém (PA). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 3, p. 509-520, 2018.

COSTA, R. L. et al. Tendências em índices extremos de precipitação em Cabaceiras (PB) para períodos distintos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 1, p. 271-285, 2020.

COUTINHO, E. C. et al. Variabilidade climática da precipitação na bacia amazônica brasileira entre 1982 e 2012. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 476-500, 2018.

COUTINHO, L. **Biomass brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

CPTEC-INPE. **Apresenta cartas sinóticas, boletins técnicos e análise de casos significativos a cada mês**. Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/>. Acesso em: dez. 2024.

CRESSIE, N. **Statistics for spatial data**. New York: John Wiley and Sons Inc., 1991.

DOUGUEDROIT, A. La “révolution scientifique” de la climatologie pendant la seconde moitié du xxème siècle: le paradigme de l’état du “systeme climatique”. **Annales de l’Association internationale de climatologie**, v. 2, p. 11-25, 2005.

DUARTE, Y. C. N.; SENTELHAS, P. C. NASA/POWER and DailyGridded weather datasets – how good they are for estimating maize yields in Brazil? **International Journal of Biometeorology**, v. 64, n. 3, p. 319-329, 2020.

DUBREUIL, V. Clima e Teledetecção: uma abordagem geográfica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 76-99, 2005.

ERDÉLYI, D. et al. Predicting spatial distribution of stable isotopes in precipitation by classical geostatistical-and machine learning methods. **Journal of Hydrology**, v. 617, p. 1-9 (129129), 2023.

ESRI. ArcGIS Desktop: Release 10.8. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 2021. Disponível em: <https://www.esri.com>. Acesso em: 30 mar. 2024.

ETCCDMI. Climate change indices and indicators for climate extremes. **World Meteorological Organization / World Climate Research Programme / JCOMM / CLIVAR**. Disponível em: <https://www.wcrp-climate.org/etccdi>. Acesso em: 12 maio 2024.

FARIAS, O. G.; FRANCISCO, C. N.; SENNA, M. C. A. Avaliação de métodos de interpolação espacial aplicados à pluviosidade em região montanhosa no litoral sul do estado Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 172-185, 2017.

FARINOSI, F. et al. Future climate and land use change impacts on river flows in the Tapajós Basin in the Brazilian Amazon. **Earth's Future**, v. 7, n. 8, p. 993-1017, 2019.

FEDOROVA, N.; LEVIT, V.; CARVALHO, M. H. Eventos de precipitação na cidade de Pelotas-RS associados a processos e sistemas sinóticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, p. 134-159, 2007.

FELICIO, W. F. Concepções sobre o conceito de paisagem e sua inserção no Ensino de Geografia: elementos para uma investigação. **Revista Brasileira de Educação em Geografia**, v. 11, n. 21, p. 5-27, 2021.

FÉLIX, E. A. et al. Alto curso da Hidrográfica do Rio Cabaçal-MT-transição entre os Biomas: Amazônia e Cerrado. **Ciência Geográfica**, v. XXIV, n. 3, p. 1.370-1.386, 2020.

FERREIRA, G. Q.; MATTOS, L. B. O grau de exchange rate pass-through na economia brasileira no período pós-real. **Economia e Sociedade**, v. 30, p. 311-350, 2021.

FERREIRA, J. S. Teoria e método em climatologia. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p.766-773, 2012.

FERREIRA, E. **Cáceres: Capital regional no contexto de Mato Grosso**. 2014, 249f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

FETTER, R.; OLIVEIRA, C. H.; STEINKE, E. T. Um Índice para avaliação da variabilidade espaço-temporal das chuvas no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 2, p. 225-237, 2018.

FISHER, R. A. **On the mathematical foundations of theoretical statistics**. London: MacMillan, 1922.

FONTÃO, P. A. B. **Variações do ritmo pluvial na Região Metropolitana de São Paulo: reflexos no armazenamento hídrico e impactos no abastecimento urbano**. 2018. 251f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2018.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A. Variabilidade das chuvas anuais na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e no Sistema Cantareira: classificação e frequência dos anos-padrão. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 457-469, 2019.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A. A “Crise hídrica” na região metropolitana de São Paulo: análise da variabilidade pluvial e a repercussão hídrica no sistema Cantareira. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 17, n. 1, p. 43-54, 2019.

FREITAS, L. C. S.; CAVALCANTI, L. C. S.; BRAZ, A. M. Avaliação da acurácia das classes de uso e cobertura da terra do Mapbiomas (coleção 6) para o município de Carpina (PE). **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2, n. 45, p. 38-52, 2023.

FURLANETTO, L. V.; SILVA-NETO, W. A. Sustentabilidade e lucro são compatíveis na pecuária? Um caso de sucesso em Mato Grosso. **Revista de Economia do Centro-Oeste**, v. 8, n. 1, p. 79-106, 2022.

FURTADO, L. G.; PEREIRA, C. B.; CASTRO, A. R. C. Análise de métodos de interpolação para a espacialização da precipitação pluviométrica da região metropolitana de Belém e Nordeste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 27., e EXPOSICARTA, 26., 2017, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, p. 239-242. 2017.

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. **Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso**. 1. ed. Curitiba: CRV, 2012.

GALVÃO, M. E. C. G. A Marcha para o Oeste na experiência da expedição Roncador-Xingu. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA ANPUH, 26., 2011, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Anpuh, 2011, p. 1-13.

GALVANI, E.; AZEVEDO, T. R. A Frente Polar Atlântica e as características de tempo associadas: estudo de caso. In: GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. (Org.). **Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso**. Curitiba: CRV, 2012.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, D. C. et al. Variabilidade espaço-temporal da precipitação: bacia hidrográfica do Rio Madeira. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 13, n. 1, p. 90-104, 2019.

GOMES, F. C. M.; ZAIDAN, R. T.; ROCHA, C. H. B. Análise comparativa entre a aplicação de métodos de interpolação, para a geração de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 5, p. 2.448-2.462, 2022.

GOMES-JÚNIOR, E. C. A climatologia geográfica e suas aplicações no estudo da paisagem. **Revista GeoUECE**, v. 10, n. 19, p. 1-14, 2021.

GRIMM, A. M. Interannual climate variability in South America: impacts on seasonal precipitation, extreme events, and possible effects of climate change. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 25, n. 4, p. 537-554, 2011.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Versão 5.2.2. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, p. 9, 2001. Disponível em: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Acesso em: 3 mar. 2025.

HANN, J. **Handbuch der klimatologie**. Publisher: Stuttgart: J. Engelhorn. 1908. Disponível em: <https://archive.org/details/handbuchderklim06hanngoog/page/n9/mode/2up>. Acesso em: 10 nov. 2022.

HAYLOCK, M. R.; et al. Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960-2000 and Links with Sea Surface Temperature. **Journal of Climate**, v. 19, p. 1.490-1.512, 2006.

HEPACH, M. G. Ephemeral climates: Plato's geographic myths and the phenomenological nature of climate and its changes. **Journal of Historical Geography**, v. 78, p. 139-148, 2022.

HERRERA, M. C. P.; PINZÓN, C. Caracterización de eventos extremos asociados a la precipitación usando RClindex, en la parte central del Departamento de Santander, Colombia. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CLIMATOLOGÍA, 8., 2012. **Anais...** Salamanca: AEC, p. 593-601, 2012.

HIERRO, R. et al. Spatiotemporal structures of rainfall over the Amazon basin derived from TRMM data. **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 3, p. 1565-1574, 2016.

HOFMANN, G. S. et al. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. **Global Change Biology**, v. 27, n. 17, p. 4.060-4.073, 2021.

HOFMANN, G. S. **Mudanças climáticas no cerrado brasileiro: suas origens e impactos para biodiversidade**. 2024. 192f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

HORN, E. Air as medium. **Grey Room**, v. 73, n. Fall, p. 6-25, 2018.

HUANG, C. et al. Spatial and temporal variabilities of rainstorms over China under climate change. **Journal of Geographical Sciences**, v. 31, p. 479-496, 2021.

IBGE. **Brasil em síntese**. 2022. Disponível em: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>>. Acesso em: 17 de jun. 2022.

IBGE. **Contas de ecossistemas: o uso da terra nos biomas brasileiros: 2000-2018**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Coordenação de Contas Nacionais. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IBGE. **Acesso e uso de dados geoespaciais**. Coordenação de Cartografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 2. ed., Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2023.

IDEA-MT. **Mato Grosso tem mais de 31,5 milhões de bovinos, segundo Relatório do Indea**. 2024. Disponível em: <https://www.indea.mt.gov.br/noticias>. Acesso em: 18 mar. 2025.

INMET. **Estações Automáticas**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A913>. Acesso em: 15 nov. 2022.

INMET. Zona de Convergência do Atlântico Sul - **O que é Zona de Convergência do Atlântico Sul**. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/zona-de-convergencia-do-atlantico-sul-ZCAS>. Acesso em: 25 out. 2023.

INPE. **Programa Queimadas**, 2020. Disponível em: http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/ Acesso em: 25 set. 2024.

INPE. **Divisão de Geração de Imagens**. (Os satélites Terra e Aqua). Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/images/imagem-topo.jpg>. Acesso em: 28 out. 2020.

ISAACS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. **An Introduction to Applied Geostatistics**. Oxford University Press, 1989.

ISENSEE, L. J.; PINHEIRO, A.; DETZEL, D. H. M. Vazão de projeto de barragens sob condições não estacionárias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 5, p. 2.975-2.987, 2021.

JARDIM, C. H. Interações locais e topoclimáticas no interior e áreas limítrofes ao Pq. Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 1.668-1.678, 2017.

JARDIM, C. H.; MOURA, F. P. Variações dos totais de chuvas e temperatura do ar na bacia do rio Pandeiros, norte do estado de Minas Gerais-Brasil: articulação com fatores de diferentes níveis escalares em área de transição climática de Cerrado para semiárido. **Revista Brasileira de Climatologia** (Ed. Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais), v.14, p. 172-189, 2018.

KARL, T. R.; NICHOLLS, N.; GHAZI, A. CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary. **Climatic Change**, v. 42, p. 3-7, 1999.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Decadal variability of northern northeast Brazil rainfall and its relation to tropical sea surface temperature and global sea level pressure anomalies. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 109, n. C11, p. 1-8, 2004.

KOHLER, M. R. et al. O desmatamento da Amazônia brasileira sob o prisma da pecuária: a degradação dos recursos hídricos no contexto da região norte de Mato Grosso. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. 1-24, 2021.

KÖPPEN, W. Das Geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds.). **Handbuch der Klimatologie**. v. 1. Berlim: Gebrüder Borntraeger, 1936.

KOSTOPOULOU, E.; GIANNAKOPOULOS, C. Projected changes in extreme wet and dry conditions in Greece. **Climate**, v. 11, n. 3, p. 49, 2023.

KOTARBA, A. Z. Evaluation of ISCCP cloud amount with MODIS observations. **Atmospheric Research**, v. 153, p. 310-317, 2015.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J. (Ed.). **Land-use and land-cover change**: local processes and global impacts. Springer Science & Business Media, 2008.

LANDIM, P. M. B. Introdução aos métodos de estimação espacial para a confecção de mapas. DGA/IGCE/Unesp/Rio Claro, Lab. **Geomatemática**, Texto Didático, v. 2, 20 p., 2000.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 12, p. 90-106, 2012.

LIANG, Y. et al. Cloud Base Height Estimation from ISCCP Cloud-Type Classification Applied to A-Train Data. **Advances in Meteorology**, v. 2017, n. 1, p. 1-14, 3231719, 2017.

LIMA, A. C. P. et al. Análise da distribuição espacial de voçorocas na Bacia do Rio Pandeiros-MG: uma abordagem geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 0, p. 1-26, 2023.

LIMA, J. B. M.; PENNER, G. C. Rainfall analysis in Xingu River Basin based on the 1981-2020 timeframe. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 9, n. 1, p. 75-92, 2024.

LIMA, M. A. S.; LIRA, M. A. T. A variabilidade climática e os desastres naturais no Estado do Ceará (1991-2019). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, p. 603-614, 2021.

LIMA, S. S.; ARMOND, N. B. Chuvas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: caracterização, eventos extremos e tendências. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. 1-19, 2022.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Geosp Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016.

LOBATO, A. S. et al. A formação histórico-territorial do Mato Grosso, as transformações e impactos decorrentes da expansão da soja. **Para Onde!?**, v. 4, n. 1, (s/p), 2010.

LUIZ, G. C. **Influência da relação solo-atmosfera no comportamento hidromecânico de solos tropicais não saturados**: estudo de caso - município de Goiânia - GO. 2012. 246f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

LUIZ-SILVA, W. et al. Temperature and Precipitation Extremes in the Brazilian Legal Amazon: A Summary of Climatological Patterns and Detected Trends. **Atmosphere**, v. 16, n. 2, p. 1-22(222), 2025.

MACEDO, M. B. P. **Avaliação do potencial de geração de biogás no Aterro Controlado do Jóquei Clube de Brasília/DF**. 2019. 134 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2019.

MACHADO, T. T. V. et al. Avaliação da qualidade de águas de chuva armazenadas em cisternas de placas e de polietileno em um município do semiárido do estado da Paraíba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, p. 151-158, 2021.

MAITELLI, G. T. **Abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental**: o exemplo de Cuiabá - MT. 1994. 232 f. Tese (Doutorado em Geografia) –

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MAJID, M.; FETHI, L. The characterization of droughts and dry spells in Northern Tunisia based on the analysis of daily rainfall series. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 56, p. 1-15 (102047), 2024.

MALTHUS, G. Kriging – ou krigagem: uma interpretação geoestatística. **Publicações AVEA**, n. 1, p. 1-6, 1971.

MMA. **Base cartográfica digital atualizada da Amazônia Legal**, Escala de 1:100.000. Brasília/DF: MMA 2010.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v. 13, n. 3, p. 245-259, 1945.

MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **Annals of Mathematical Statistics**, v. 18, n. 1, p. 50-60, 1947.

MANTON, M. J. et al. Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998. **International Journal of Climatology**, v. 21, n. 3, p. 269-284, 2001.

MAPBIOMAS. **Coleções 7**. 2021. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em: 9 mar. 2023.

MAPBIOMAS. **Download**. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org/download>. Acesso em: 6 mar. 2022.

MARCHIORO, E.; SILVA, G. M.; CORREA, W. S. C. A Zona de Convergência do Atlântico Sul e a precipitação pluvial do município de Vila Velha (ES): repercussões sobre as inundações. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 101-117, 2016.

MARCUZZO, F. F. N.; ROCHA, H. M.; MELO, D. C. R. Mapeamento da precipitação pluviométrica no bioma da Amazônia do Estado do Mato Grosso. 2010. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 10., 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Confea/Crea, 2010.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 4, p. 157-167, 2011.

MARCUZZO, F. F. N.; ROCHA, H. M.; MELO, D. Mapeamento da precipitação pluviométrica no bioma pantanal do Estado do Mato Grosso. **Geoambiente on-line**, n. 16, p.1-19, 2011.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; FARIA, T. G. Chuvas no cerrado da região centro-oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. **Ateliê Geográfico Goiânia - GO**, v. 6, n. 2, p.112-130, 2012.

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. L.; CARDOSO, M. R. D. Tendência do número de dias de chuva no Estado do Mato Grosso. **Ciência e Natura**, v. 34, n. 2, p. 59-82, 2012.

MARENCO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2. ed. Brasília: MMA, 2007.

MARINHA DO BRASIL. **Serviço Meteorológico Marinho brasileiro**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/banner/servico-meteorologico-marinho>. Acesso em: 13 dez. 2020.

MARQUES, J. A. **Índice de participação das massas de ar no Estado de Goiás e Distrito Federal**. 2018. 84 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

MARRAFON, V. H.; REBOITA, M. S. Características da precipitação na América do Sul reveladas através de índices climáticos. **Revista brasileira de climatologia**, v. 26, p. 663-676, 2020.

MARTONNE, E. **Traité de géographie physique: climat, hydrographie, relief du sol, biogéographie**. Paris: Armand Colin, 1909.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento. **Regiões de Planejamento de Mato Grosso**. Cuiabá: SEPLAN 2017.

MATO GROSSO, Governo do Estado. **Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Mato Grosso – ZSEE/MT**, 2018. Disponível em: http://www.seplan.mt.gov.br/-/10951395-zoneamento-2018?ciclo=cv_gestao_inf. Acesso em: 11 nov. 2020.

MAUELSHAGEN, F. Redefining historical climatology in the Anthropocene. **The Anthropocene Review**, v. 1, n. 2, p. 171-204, 2014.

MEDEIROS, M. C. et al. Variabilidade espacial e temporal da precipitação no município de Serra Talhada - PE, Brasil. In: CONIDIS, 1., 2016, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Editora Realize, 2016.

MELLO, B. F.; AGUIAR-JÚNIOR, P. R. F. Uma análise da atuação de massas de ar no Município de Corumbataí - SP por meio dos diagramas de Venn (2005-2012). **Revista Terceiro Incluído**, v. 11, n. 1, p. 1-14, 2021.

MELLO, Y. R.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. Uso de diferentes métodos para o preenchimento de falhas em estações pluviométricas. **Boletim de Geografia**, v. 35, n. 1, p. 112-121, 2017.

MELLO, Y. R.; LEITE, M. B. Caracterização da precipitação mensal, sazonal e anual para o estado do Paraná em períodos secos, normais e chuvosos (1977-2006). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 2.127-2.137, 2017.

MENEZES, F. P.; FERNANDES, L. L.; ROCHA, E. J. P. O uso da estatística para regionalização da precipitação no Estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, a. 11, v. 16, p. 64-71, 2015.

MENEZES-FILHO, F. C. M. Modelagem e previsão de temperaturas médias mensais de Rio Paranaíba/MG utilizando modelos de séries temporais. **Revista Íbero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 6, p. 251-261, 2020.

MEYER, W. B.; TURNER, B. L. Land-use/land-cover change: challenges for geographers. **GeoJournal**, v. 39, n. 3, p. 237-240, 1996.

MINAKI, C. Identificação de tendências climáticas para o município de Maringá, Paraná. **Geopauta**, v. 8, p. 1-10 (e15634), 2024.

MIOLA, A. C.; MIOT, H. A. P-valor e dimensão do efeito em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 20, p. 1-4, e20210038, 2021.

MIRANDA, M. R. S. **Avaliação da Dinâmica da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Jauru – Mato Grosso, Brasil**. 2017. 77f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Biológicas, Engenharia e da Saúde, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, 2017.

MONTEIRO, C. A. F. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 13 n. 1, p. 3-46, 1951.

MONTEIRO, C. A. Sobre a Análise Geográfica de Sequências de Cartas do Tempo. **Revista Geográfica**, n. 58, tomo XXXII, p. 169-181, 1963.

MONTEIRO, C. A. F. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. **Revista Geográfica**, v. 34, n. 61, p. 59-69, 1964.

MONTEIRO, C. A. F. Calamidades Meteorológicas no Brasil Meridional, em Agosto de 1965. **Revista Geográfica**, v. 35, n. 63, p. 173-178, 1965.

MONTEIRO, C. A. F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil**. (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil). Série Teses e Monografias, n. 1. São Paulo: Instituto de Geografia-USP, 1969.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. (Série Climatologia, 1). São Paulo: USP/Instituto de Geografia, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**: Estudo geográfico sob a forma de atlas. São Paulo: USP/Instituto de Geografia, 1973.

MONTEIRO, C. A. F. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo**: Problemas e Perspectivas. São Paulo: IGEOG-USP, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. Fatores climáticos na organização da agricultura nos países tropicais em desenvolvimento-conjecturas sobre o caso brasileiro. **Climatologia**, n. 10, IGEOG-USP. São Paulo, 1981.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e Excepcionalismo**: Conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: UFSC, 1991.

MONTEIRO, C. A. F. **Cadernos Geográficos**: O estudo geográfico do clima. Florianópolis: Imprensa Universitária, 1999.

MORENO, G.; HIGA, T. C. S. **Geografia de Mato Grosso**: território, sociedade, ambiente. 2. ed. Cuiabá: Entrelinhas, 2017.

MUKHLIS, M. et al. Impact of climate change on cropping patterns and farmer adaptation strategies in tropical regions. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 12, p. 14.532-14.545, 2024.

NASCIMENTO, D. T. F.; COSTA, Q. S. Permanência do regime de precipitação entre diversos anos-padrão habituais, secos e chuvosos: estudo de caso para Goiânia - GO. **Geoambiente Online**, n. 37, p. 1-14, 2020.

NASCIMENTO, D. T. F.; SOUZA-NETO, J. M.; NUNES, L. C. Definição dos anos-padrão para o estudo da pluviometria do Estado de Goiás e do Distrito Federal. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 6, n. 1, p. 272-290, 2015.

NASCIMENTO, D. T. F. **Chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas por satélite e circulação atmosférica**. 2016. 200 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J.; LUIZ, G. C. Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao Estado de Goiás e ao Distrito Federal/Brasil. **Élisée-Revista de Geografia da UEG**, v. 5, n. 2, p. 59-86, 2016.

NASCIMENTO-JÚNIOR, L. Perspectivas da Variabilidade Climática. **Geografia em Questão**, v. 10, n. 1, p. 95-114, 2017.

NASCIMENTO, D. T. F.; SOUZA, M. A. P.; SILVA, G. C. Representação e análise da distribuição espaço-temporal das chuvas a partir do pluviograma de Schröder. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 1., 2019, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2019, p. 1-12.

NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS, G. T. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. **Élisée**, v. 9, n. 2, p. 1-39, 2020.

NASCIMENTO, D. T. F. et al. **Climatologia do Cerrado**: variabilidades, suscetibilidades e mudanças climáticas no contexto do Cerrado brasileiro. Goiânia: C&A Alfa Comunicação, 2021.

NASCIMENTO, M. B.; SILVA, I. W. H.; SILVA, C. M. S. Normais Climatológicas da precipitação pluviométrica nos municípios de João Pessoa e Campina Grande, Estado da Paraíba entre 1981 a 2020. **Revista Geonorte**, v. 15, n. 50, p.91-110, 2024.

NEVES, G. Z. F. **Distribuição geográfica das chuvas no Estado de Goiás e Distrito Federal: dinâmica e aplicações nos estudos rítmicos**. 2018. 215f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

NEVES, G. Z. F. et al. Índices de extremos climáticos e tendências de precipitação no estado de Goiás e Distrito Federal (Brasil). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 34, p. 730-755, 2024.

NEVES, R. S.; TONELLO, K. C.; BRAMORSKI, J. Análise da produção bibliográfica sobre hidrologia florestal no bioma amazônico. **Revista Sítio Novo**, v. 4, n. 4, p. 133-140, 2020.

NEVES, S. M. A. S. et al. Análise climática aplicada à cultura do tomate na região Sudoeste de Mato Grosso: subsídios ao desenvolvimento da agricultura familiar regional. **Ateliê Geográfico**, v. 7, n. 2, p. 97-115, 2013.

NEVES, S. M. A. S. **Modelagem de indicadores ambientais para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas da região Sudoeste de Mato Grosso/MT**. Relatório Técnico Científico de Projeto de Pesquisa. Cáceres/MT: Unemat/Serpegeo, 2016.

NGUYEN-HUY, T. et al. A satellite-based Standardized Antecedent Precipitation Index (SAPI) for mapping extreme rainfall risk in Myanmar. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 26, p. 1-19 (100733), 2022.

NIMER, E. Circulação Atmosférica do Brasil. Contribuição ao estudo da climatologia no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, p. 232-250, 1966.

NIMER, E. **Clima da Região Sudeste**. Geografia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1971.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NÓBREGA, R. S. et al. A relação entre o relevo e o clima como proposição de caracterização da fisiologia da paisagem em Pernambuco, Brasil. **Geo UERJ**, n. 34, p. 1-24, 2019.

NOVAIS, G. T. **Classificação climática aplicada ao Bioma Cerrado**. 2019. 200f. Tese (Doutorado em Geografia), Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

NUNES, M. C. M. et al. Comportamento da precipitação pluvial do município de Cáceres Pantanal Mato-Grossense no período de 1971 a 2011. **Científica**, v. 44, n. 3, p. 271-278, 2016.

OLIVEIRA, B. A. S. et al. Avaliação de uma rede neural artificial como estimador temporal pluviométrico no sistema de abastecimento Cantareira. **Revista de Informática Aplicada**, v. 14, n. 1, p. 17-25, 2018.

OLIVEIRA, G. C. S. et al. Uma Abordagem da Geografia do Clima Sobre os Eventos Extremos de Precipitação em Recife - PE (An Climate Geography Approach on Extreme Precipitation Events in Recife - PE). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 2, p. 238-251, 2011.

OLIVEIRA, J. L. **(Des)continuidade espacial da precipitação pluvial no Estado de Mato Grosso-Brasil**. 2024. 158f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024.

OLIVEIRA, M. P. **Comparação de modelos de previsão de precipitação pluviométrica no Paraná na presença de um Gold Standard**. 2019. 90f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

OLIVEIRA, N. L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, R. G. Influência do *El Niño* e *La Niña* no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 284-297, 2015.

OLIVEIRA, V. B. et al. Captações de tempo seco: o estudo de caso do sistema de esgotamento sanitário do município de Armação dos Búzios (RJ). **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 20, e19, p. 1-20, 2023.

PARREIRA, I. et al. Impactos antrópicos no clima. **Agrarian Academy**, v. 8, n. 15, p. 54-72, 2021.

PAULINO, C. M et al. Cobertura dos dados de fluoreto em sistemas de abastecimento de água usando o *software* R. **Revista de Saúde Pública**, v. 56, p. 1-13, 2022.

PÉDELABORDE, P. **Introduction a l'étude scientifique du climat**. Paris: Société d'Édition d'Enseignement Supérieur, 1991.

PNUD. **Relatório do Desenvolvimento Humano 2021/2022: Tempos incertos, vidas instáveis – Construir o futuro num mundo em transformação**. Nova York: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2022. Disponível em: <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2021-22>. Acesso em: 19 jan. 2022.

PEREIRA, G. et al. Análise da variabilidade da precipitação para o Estado de Minas Gerais (1981-2017). **Revista Brasileira de Climatologia**, Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais, Ano 14, p. 213-229, 2018.

PEREIRA, M. D. B.; MOURA, M. O.; LUCENA, D. B. Análise da variabilidade pluviométrica interanual da zona da mata nordestina e a identificação de anos-padrão. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 30-50, 2020.

PERIN, E. B. et al. Interpolação das variáveis climáticas temperatura do ar e precipitação: Revisão dos Métodos Mais Eficientes. **Revista Geografia**, v. 40, n. 2, p. 269-289, 2015.

PETERSON, T. C, et al. **Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001**. Geneve: WMO, 2001.

PETRIȘOR, A. I; SIRODOEV, I.; IANOȘ, I. Trends in the national and regional transitional dynamics of land cover and use changes in Romania. **Remote Sensing**, v. 12, n. 2, p. 230, 2020.

PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the change-point problem. **Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)**, v. 28, n. 2, p. 126-135, 1979.

PINHEIRO, A.; GRACIANO, R. L. G.; SEVERO, D. L. Tendência das séries temporais de precipitação da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, p. 281-290, 2013.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area**. Colorado: State University, 1966.

PINTO, P. H. P. **As chuvas no estado do Tocantins: distribuição geográfica e gênese das variações rítmicas**. 2013, 184 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

PINTO, L. B. et al. Eventos de Friagem na Região do Pantanal, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 2, p. 223-232, 2018.

PIZZATO, J. A. et al. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 137-142, 2012.

PRADO, F. L. **As mudanças climáticas e suas relações com os usos múltiplos da água e a disponibilidade dos recursos hídricos**. 2024. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2024.

PROJETO MAPBIOMAS. **Mapeamento da superfície de água no Brasil (Coleção 7)**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/brasil-ganha-17-milhao-de-hectares-de-agua-em-2022-mas-continua-secando>. Acesso em: 27 fev. 2023.

PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T.; PRUSKI, F. F. L. Erosão hídrica e manejo do solo. In: PRUSKI, F. F. (Org.). **Manejo de bacias hidrográficas**. Viçosa: UFV, p. 243-274, 2004.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.40 "Bratislava". Open-Source Geospatial Foundation Project, 2025. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 2 jul. 2025.

QUADRO, M. F. L. et al. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 152-162, 2012.

QUEIROZ, M. M. F.; CHAUDHRY, F. H. Análise de eventos hidrológicos extremos, usando-se a distribuição GEV e momentos LH. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 381-389, 2006.

RAHMAN, M. S.; SENKBEIL, J. C.; KEELLINGS, D. J. Spatial and Temporal Variability of Extreme Precipitation Events in the Southeastern United States. **Atmosphere**, v. 14, p. 1-19 e-1301, 2023.

RAMOS, A. W. P. et al. Geotecnologias aplicadas a análise do estado da conservação ambiental das pastagens do município de Araputanga - MT, Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2018, Jardim. **Anais...** Jardim: EMBRAPA/INPE, 2018, p. 545-554.

REBELLO, E. R. G. et al. Observação de mudanças de extremos climáticos (precipitação e temperatura) utilizando o software RClimDex. Estudo de caso: Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., 2008. São Paulo: **Anais...** São Paulo: SBM, p. 1-6, 2008.

REBOITA, M. S. et al. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **TERRÆ DIDÁTICA** 8(1), p. 34-50, 2012.

REBOITA, M. S.; KRUCHE, N. Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2010 para Rio Grande – RS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n.1, p.165-179, 2018.

REIS, Í. S. et al. Extremos de precipitação durante o período de plantio da soja na região do MATOPIBA. **Ciência e Natura**, v. 47, n. esp. 3, p. 1-24, 2025.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, v. 23, n. 46, p. 288-294, 1993.

RIBEIRO, A. G. A climatologia dinâmica na perspectiva da análise rítmica. **Sociedade & Natureza**, v. 12, n. 24, p. 47-62, 2000.

RIBEIRO, A. A.; SARTORI, M. G. B. Geografia e ensino: uma abordagem da climatologia dinâmica a partir do episódio de precipitação de granizo em 20 de outubro de 2007 no município de Santo Antônio das Missões/RS. **Geografia Ensino e Pesquisa**, v. 16, n. 1, p. 117-132, 2012.

RIBEIRO, J.; BOURSCHEIDT, V. Uso da terra e tendência de dados climatológicos no arco do desmatamento Amazônico. **RA'EGA**, v. 59, p. 59-82, 2024.

RIPPLE, W. J. et al. The 2024 state of the climate report: Perilous times on planet Earth. **BioScience**, 74, Special Report, p. 812-824, 2024.

ROCHA, E. C.: NASCIMENTO, D. T. F. Elaboração de gráficos de análise rítmica para estudo do ritmo climático em Goiás e Distrito Federal. In: CONGRESSO DE ENSINO, 5., 2018, Pirenópolis. **Anais...** Pirenópolis: Universidade Estadual de Goiás, 2018.

RODRIGUES, L. O. et al. Influência dos eventos de *El Niño* e *La Niña* no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 6, p. 1.995-2.009, 2017.

SANCHES, R. G.; PEREIRA, D. N. B. Climatologia: contribuições à dinâmica climática. In: VECCHIA, F. A. S.; TECH, A. R. B.; NEVES, G. Z. F. **Climatologia Dinâmica: conceitos, técnicas e aplicações**. São Carlos: RiMa Editora, 2020.

SANCHES, R. G. **Análise das chuvas diárias na região de São Carlos/SP por meio de índices climáticos e das tendências pluviométricas**. 2019. 201 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

SANT'ANNA-NETO, J. L. Por uma Geografia do clima antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, n. 17, p. 49-62, 2001.

SANT'ANNA-NETO, J. L. A análise geográfica do clima: produção de conhecimento e considerações sobre o ensino. **Geografia (Londrina)**, v. 11, n. 2, p. 321-328, 2002.

SANT'ANNA-NETO, J. L. A Gênese da climatologia no Brasil: O despertar de uma ciência. **Geografia**, v. 28, n. 1, p. 5-27, 2003.

SANT'ANNA-NETO, J. L. Da climatologia geográfica à geografia do clima gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista da Anpege**, n. 4, p. 51-72, 2008.

SANTANA, N. M. P. et al. Chuvas, erosividade, erodibilidade, uso do solo e suas relações com focos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, v. 19, p. 103-121, 2007.

SANTOS, A. P. P. et al. Precipitação na cidade de Salvador: variabilidade temporal e classificação em Quantis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 454-467, 2016.

SANTOS, B. C.; FONTÃO, P. A. B.; SOUZA, P. H. O efeito do relevo nas chuvas na porção central do Estado de São Paulo em anos-padrão extremos. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 40, p. 132-147, 2020.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B.; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A. Tendências dos índices de precipitação no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 39-47, 2009.

SANTOS, M. **Espaço e Método**. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2014.

SANTOS, R. S.; SOUZA, L. B. Orientação solar e ganho térmico das fachadas em diferentes tipos de tempo na cidade de Palmas - TO: episódios de verão e de inverno. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 3-23, 2022.

SANTOS, T. P. Análise da precipitação mensal do município de Vitória da Conquista - BA entre os anos de 1982 a 2016 em episódios dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*. **Revista Georaguaia**, v. 8, n. 3, p. 17-38, 2018.

SANTOS, D. C. et al. Variabilidade climática de regiões pluviometricamente homogêneas na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 903-918, 2013.

SANTOS, M. J. Z. **Mudanças climáticas e o planejamento agrícola**. In: SANT'ANNA-NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Eds.). Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: Eduem, 2000.

SÃO JOSÉ, R. V. et al. Hazard (seca) no semiárido da Bahia: Vulnerabilidades e Riscos climáticos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 4, p. 1.978-1.993, 2022.

SCHRÖDER, R. Distribuição e curso anual das precipitações no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 15, p. 193-250, 1956.

SERRA, A.; RATISBONA, L. **As massas de ar na América do Sul**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/Serviço de Meteorologia, 1942.

SETTE, D. M. Os climas do cerrado do Centro-Oeste. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 29-42, 2005.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 34, p. 591-611, 1965.

SHEPARD, D. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. In: ACM NATIONAL CONFERENCE, 23., 1968, San Francisco. **Proceedings...** San Francisco: ACM, p. 517-524, 1968.

SILVA, A. C.; TAVARES, I. F.; MEDEIROS, D. H. M. Identificação dos anos-padrão para classificação pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Acaraú - CE. **Revista GeoInterações**, v. 6, n. 1, p. 16-31, 2022.

SILVA, C. B.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação intensidade-duração-frequência de chuvas extremas na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 267-283, 2017.

SILVA, D. F. **Análise de aspectos climatológicos, ambientais, agroeconômicos e de se seus efeitos sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú (AL e PE) 2009**, 218 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

SILVA, D. C. C. et al. Proposta metodológica para análise espacial de nutrientes do solo em bacias hidrográficas. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 3, p. 85-107, 2018.

SILVA, D. O. et al. Exposição aos agrotóxicos e intoxicações agudas em região de intensa produção agrícola em Mato Grosso, 2013. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 28, p. 1-12, e2018456, 2019.

SILVA, G. B.; SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Cenários de mudanças climáticas no Estado da Bahia através de estudos numéricos e estatísticos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 5, p. 1.019-1.034, 2012.

SILVA, I. S. et al. Análise da dinâmica do uso e ocupação da terra do Município de Sapezal/MT, através do Google Earth Engine. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos. **Anais...** Santos: INPE, 2019, p. 1.744-1.747.

SILVA, I. V. **Variabilidade interanual da Zona de Convergência do Atlântico Sul e sua associação com o El Niño-Oscilação Sul entre 2000 e 2021**. 2023. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

SILVA-JÚNIOR, C. H. L et al. Spatiotemporal rainfall trends in the Brazilian Legal Amazon between the years 1998 and 2015. **Water**, v. 10, n. 9, p. 1-16, 2018.

SILVA, M. R. **Influência do relevo e uso da terra nas variações locais de temperatura e umidade relativa do ar em Belo Horizonte, Ibitaré, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro MG**. 2018. 186f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

SILVA, R. O. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SOUZA, W. M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 579-589, 2017.

SILVA, S. A. et al. Avaliação de interpoladores estatísticos e determinísticos na estimativa de atributos do solo em agricultura de precisão. **Idesia (Arica)**, v. 26, n. 2, p. 75-81, 2008.

SILVESTRE, M. R. **Técnicas estatísticas utilizadas em climatologia geográfica: diagnóstico e propostas**. 2016. 408f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2016.

SIQUEIRA, M. et al. 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.

SKANSI, M. M. et al. Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America. **Global and Planetary Change**, v. 100, p. 295-307, 2013.

SPEARMAN, C. The proof and measurement of association between two things. **American Journal of Psychology**, v. 15, n. 1, p. 72–101, 1904.

SOARES, L. P. **As chuvas no estado do Pará, Brasil: classificação climática de abordagem geográfica**. 2023. 321f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023.

SORRE, M. **Lês fondements de la Géographie humaine**. Paris: Armand Colin, 1951.

SORRE, M. **Geografia**. São Paulo: Ática, 1984.

SORRE, M. Objeto e método da climatologia. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, n.18, p. 89-94, 2006.

SOUZA, A. P. et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

SOUZA, E. C. A. M.; SILVA, C. A. O estudo do regime pluvial na bacia do Rio Ivinhema e a construção de pluviogramas. **Revista Espaço e Geografia**, v. 16, n. 1, p. 187-225, 2013.

SOUZA, D. C.; SILVA, J. S. V.; NEVES, S. M. A. S. Dinâmica da agropecuária na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso no período de 1985 a 2018. **Revista Equador**, v. 12, n. 3, p. 322-341, 2023.

SOUZA, I. C.; SOUZA, C. A.; SILVA, V. N. Unidades geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Córrego Salobra-Sudoeste de Mato Grosso. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 20, p. 497-501, 2014.

SOUZA-JÚNIOR, T. G. **Análise geográfica do clima em ambiente semiárido a partir das complexas relações entre uso e cobertura do solo e as temperaturas: um recorte para o município de Cajazeiras - PB no intervalo dos anos de 1990 a 2020.** 211 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024.

SOUZA, M. L. **Ambientes e Territórios** – uma introdução à ecologia política. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2019.

SOUZA, T. S.; NASCIMENTO, P. A. Análise da variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica na região hidrográfica do Recôncavo Sul (BA). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 1-18, 2020.

SOUZA, V. A. S. et al. Extreme rainfall events in Amazonia: The Madeira river basin. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 18, p. 1-9 (100316), 2020.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Índices de detecção de mudanças climáticas derivados da precipitação pluviométrica e das temperaturas em Recife - PE (Detection indexes derived from climate change rainfall and temperatures in Recife - PE). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 1, p. 143-159, 2012.

STEFANELLO, L. E. S.; SOUZA, C. A. Qualidade da água no perímetro urbano do córrego das Pitas em Araputanga, MT. **Revista Íbero-Americana de Ciências Ambientais**, 9(1), p. 208-222, 2018.

TABONY, R. C. The estimation of missing climatological data. **Journal of Climatology**, v. 3, n. 3, p. 297-314, 1983.

TARIFA, J. R. **Mato Grosso - Clima: análise e representação cartográfica.** Cuiabá: Entrelinhas, 2011.

TAVARES, A. C. Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. **Geografia**, v. 1, n. 1, p. 79-87, 1976.

THE JAMOVI PROJECT. **Jamovi (versão 2.4.14).** [S.l.]: The Jamovi Project, 2024. Disponível em: <https://www.jamovi.org>. Acesso em: 15 abr. 2025.

TORETI, A.; DESIATO, F. Changes in temperature extremes over Italy in the last 44 years. **International Journal of Climatology**, v. 28, p. 733-745, 2008.

TRES, A. et al. Classificação do Estado de Mato Grosso segundo sistema de zonas de vida de Holdridge. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 329-343, 2016.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 4. ed. Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH, p. 177-241, 2014.

VANHONI-JORGE, F. **A dinâmica pluvial do Clima Subtropical: variabilidade e tendência no Sul do Brasil.** 2015. 166f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2015.

VASQUES, H. S. **O regime pluviométrico, o ritmo e as excepcionalidades das precipitações em Jataí – GO**. 2017. 128f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

VEIGA, R. S.; SILVA, V. A. Uso, cobertura e ocupação da terra no município de Porto Seguro, BA: uma análise espaço temporal (1985-2016). 2018. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 19, n. 65, p. 232-244, 2018.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAES, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E G. R. **Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 2-54, 2000.

VIEIRA, S. O. **Efeitos da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre as chuvas na região sul da Amazônia brasileira**. 2013. 97 f. Tese (Doutorado em Clima e Ambiente) - Programa de Pós-Graduação, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia/Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2013.

VINCENT, L. A. et al. Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960-2000. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 18, p. 5.011-5.023, 2005.

WANDERLEY, L. S. A.; NÓBREGA, R. S. Desenvolvimento de um novo sistema de classificação climática com base na metodologia dos tipos de tempo sinóticos para a região Nordeste do Brasil. **Geosp**, v. 26, p. 69-90, 2022.

WANG, G.; et al. Trends in extreme temperature indices in Huang-Huai-Hai River Basin of China during 1961-2014. **Theor. Appl. Climatol.**, v. 134, p. 1-15, 2017.

WMO. The Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes. 2021. Disponível em: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21930#.YT_XuxmSIPZ. Acesso em: 20 maio 2023.

XAVIER, T. M. B. S.; SILVA, J. F.; REBELLO, E. R. A. **Técnica dos Quantis e suas aplicações em Meteorologia, Climatologia, Hidrologia, com ênfase para as regiões brasileiras**. Brasília: Ed. Thesaurus, 2002.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2.644-2.659, 2016.

YAKAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: Conceitos e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

ZANDONADI, L. **As chuvas na Bacia do Paraná: aspectos temporais, espaciais e rítmicos**. 2009, 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2009.

ZANDONADI, L. **As chuvas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, Brasil: um estudo do ritmo climático e algumas considerações sobre a vazão hídrica**. 2013, 221 f. Tese (Doutorado

em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2013.

ZANDONADI, L.; ACQUAOTTA, F.; FRATIANNI, S.; ZAVATTINI, J. A. Changes in precipitation extremes in Brazil (Paraná River basin). **Theor. Appl. Climatol.**, v. 123, n. ¾, p. 741-756, 2016.

ZANGALLI-JÚNIOR, P. C. A natureza do clima e o clima das alterações climáticas. **Revista Brasileira de Climatologia**, a. 16, v. 26, p. 295-311, 2020.

ZAVATTINI, J. A. O paradigma da análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. **Geografia**, p. 25-44, 2000.

ZAVATTINI, J. A. **As chuvas e as massas de ar no Estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática** [online]. São Paulo: Editora Unesp; Cultura Acadêmica, 2009.

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

ZAVATTINI, J. A. A Climatologia Geográfica no Brasil e na Itália. **Ciência e Natura**, v. 36, Ed. Especial, p. 222-238, 2014.

ZHANG, X.; YANG, F. **RCLimDex (1.0) User Manual**. Ottawa: Climate Research Division, Meteorological Service of Canada, 2004. Disponível em: <https://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>. Acesso em: 5 jun. 2023.

ZHANG, X. et al. Avoiding inhomogeneity in percentile-based indices of temperature extremes. **Journal of Climate**, v. 18, n. 11, p. 1.641-1.651, 2005.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas/Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

Apêndices

Apêndice I – Cáceres Ano-padrão (2011)

Figura 1 – Análise rítmica sazonal em Cáceres no verão do ano-padrão habitual.

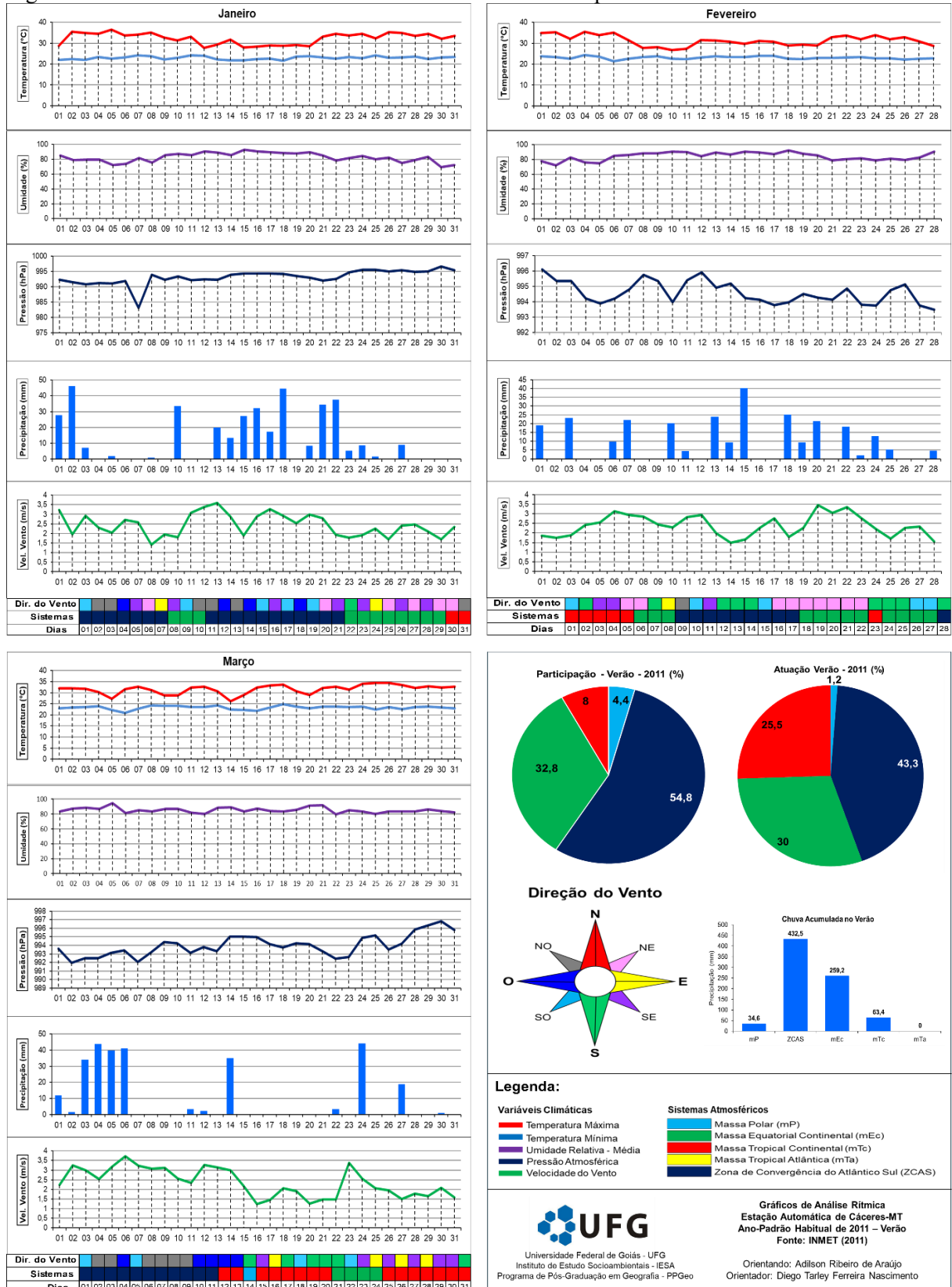
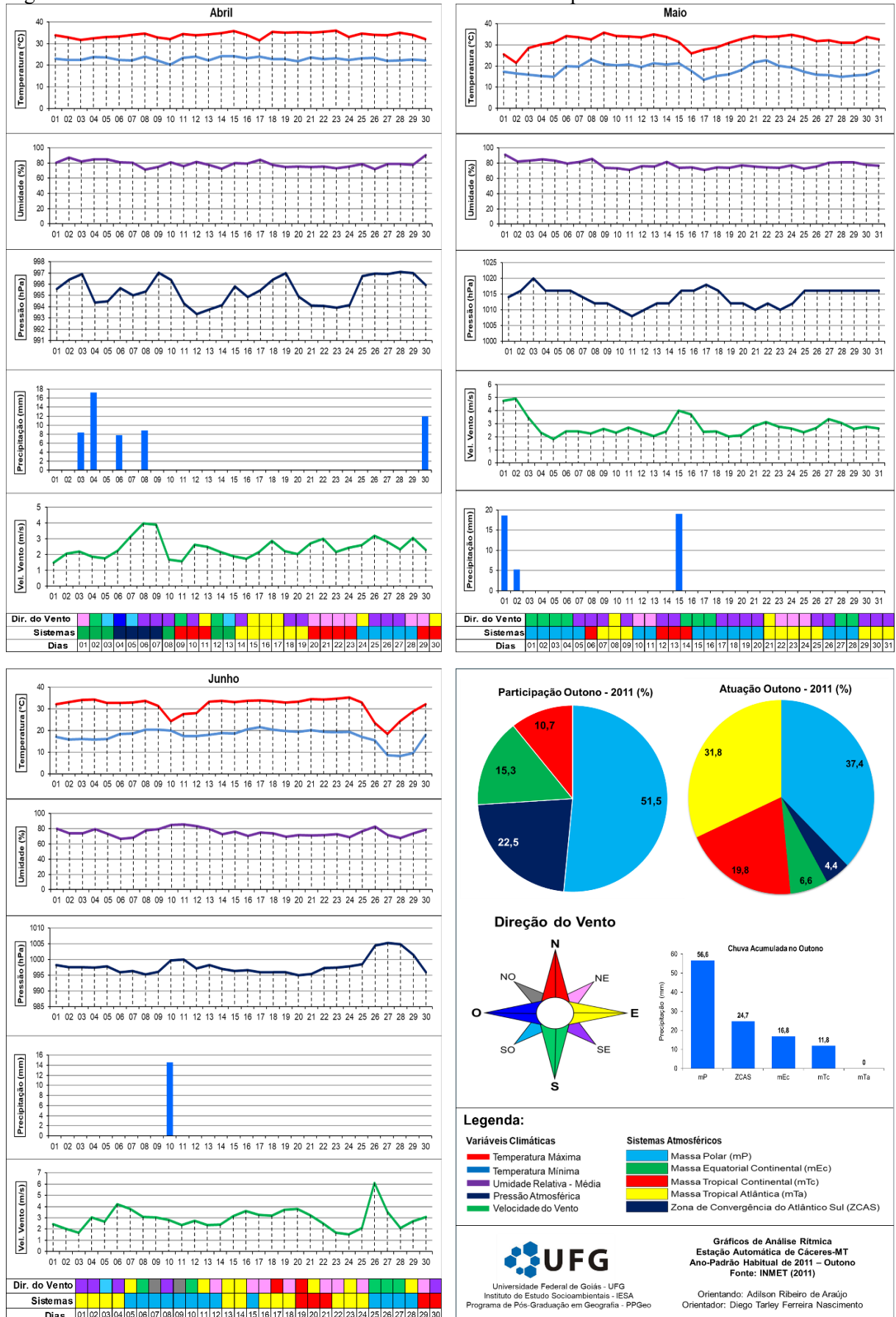
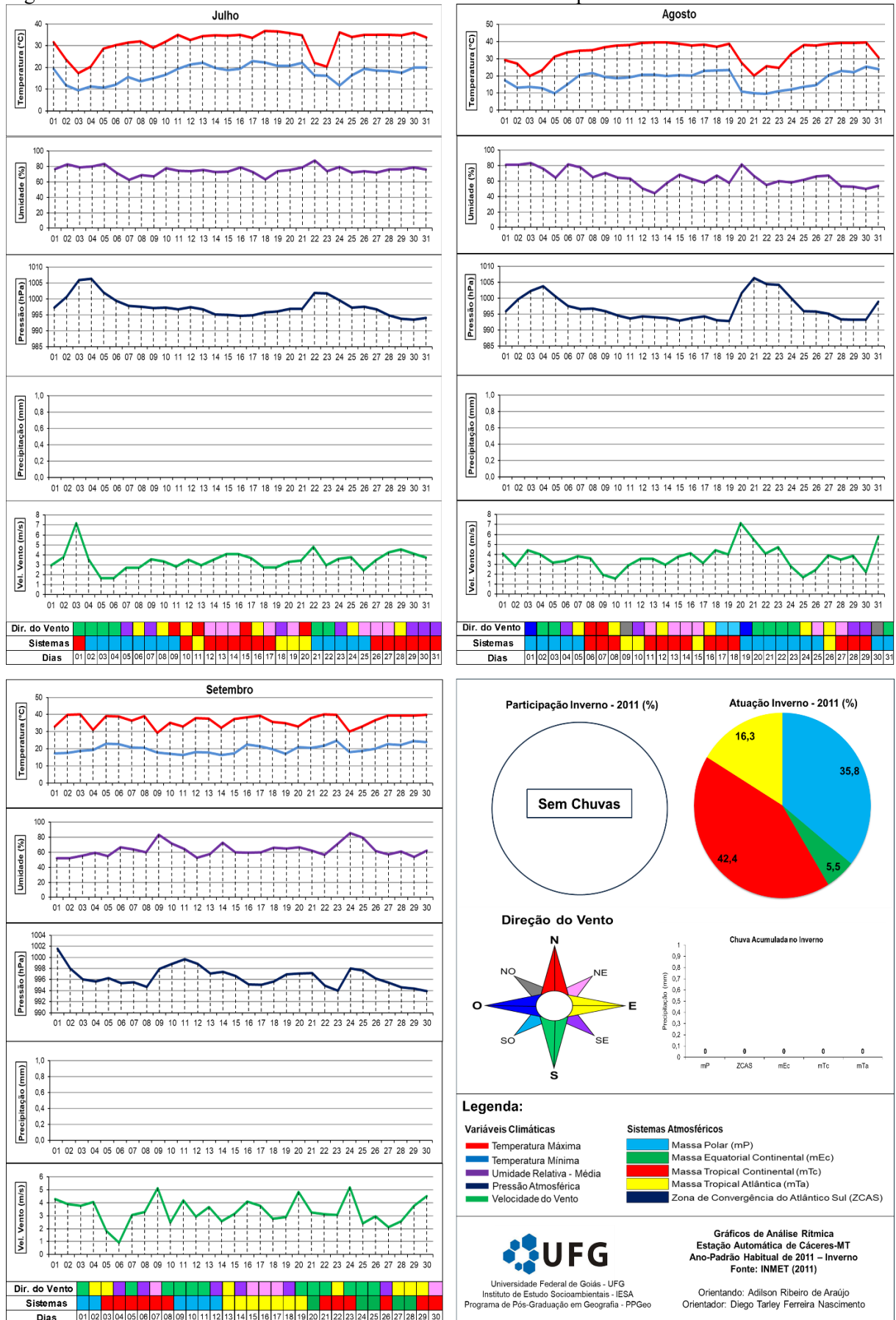


Figura 2 – Análise rítmica sazonal em Cáceres no outono do ano-padrão habitual.



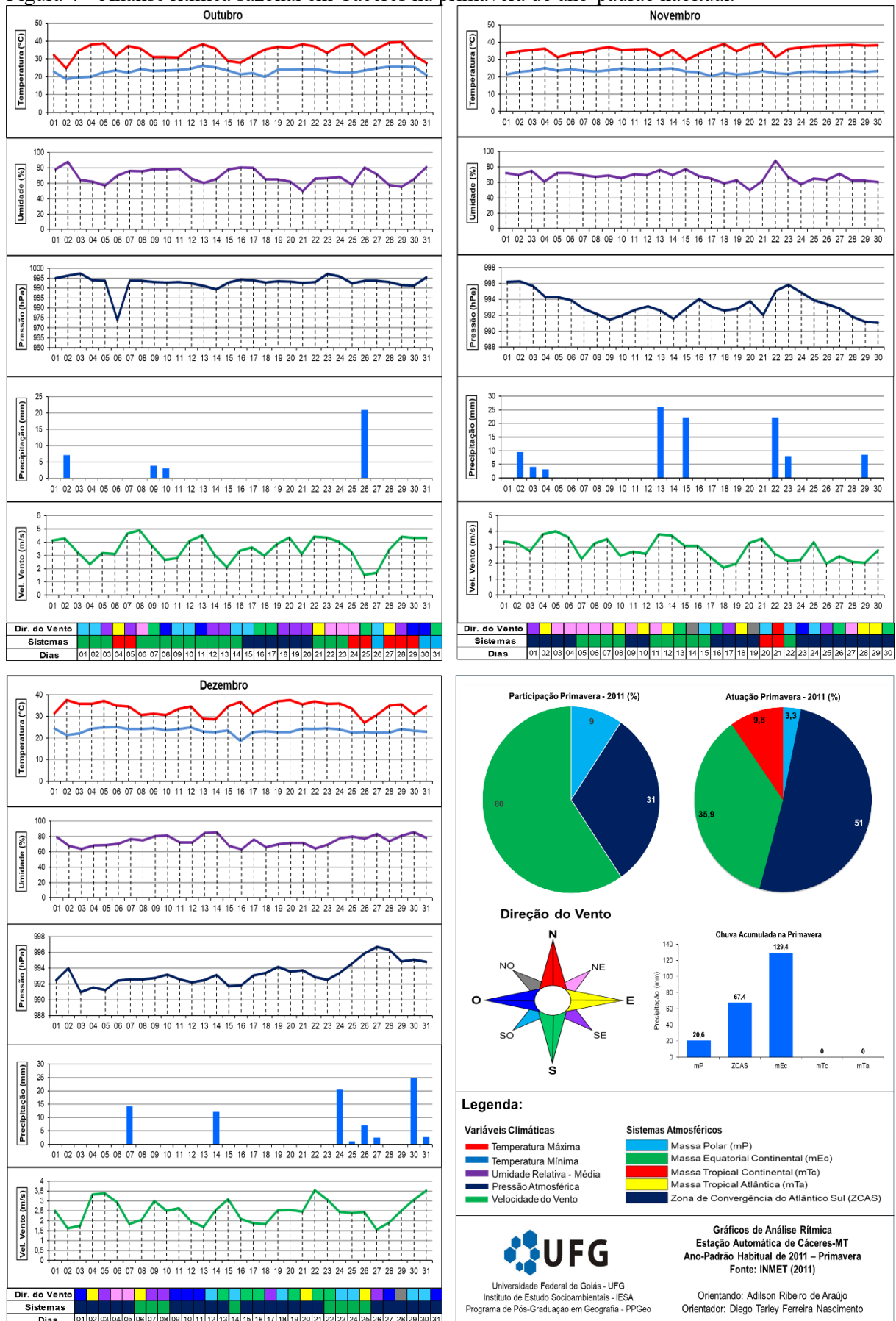
Fonte: Inmet (2011). Org. Araújo (2025)

Figura 3 – Análise rítmica sazonal em Cáceres no inverno do ano-padrão habitual.



Fonte: Inmet (2011). Org. Araújo (2025)

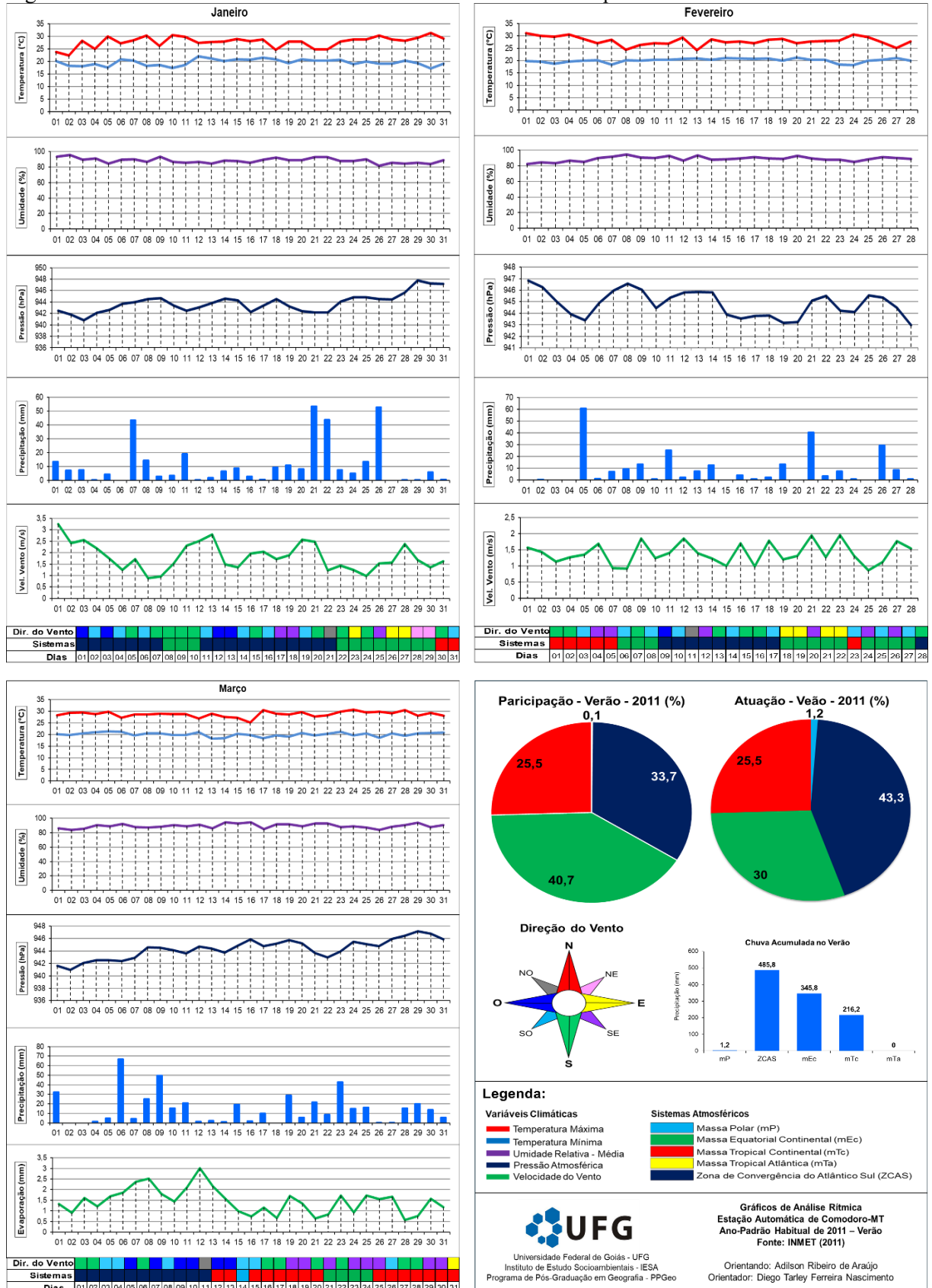
Figura 4 – Análise rítmica sazonal em Cáceres na primavera do ano-padrão habitual.



Fonte: Inmet (2011). Org. Araújo (2025).

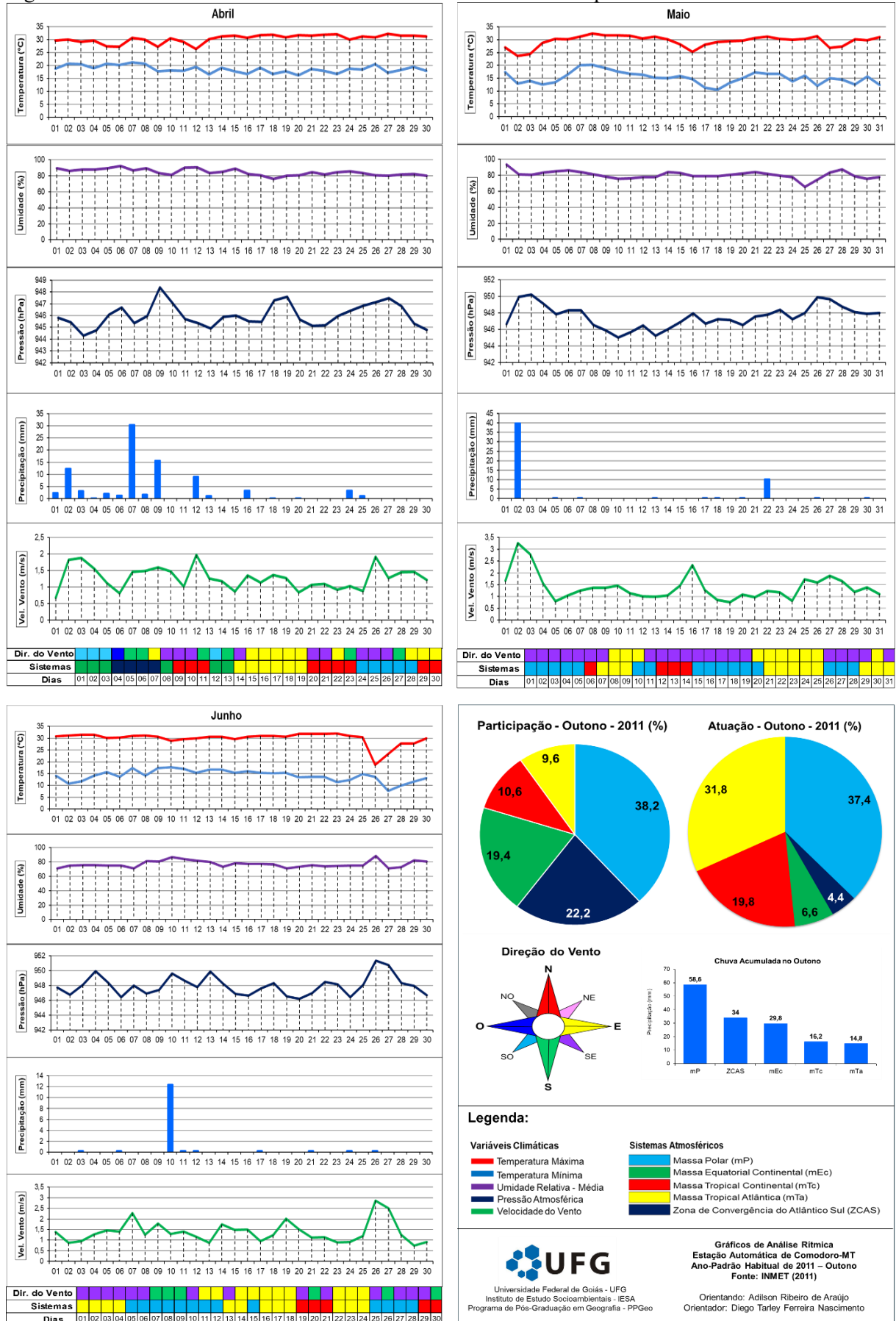
Apêndice II – Comodoro Ano-padrão (2011)

Figura 5 – Análise rítmica sazonal em Comodoro no verão do ano-padrão habitual.



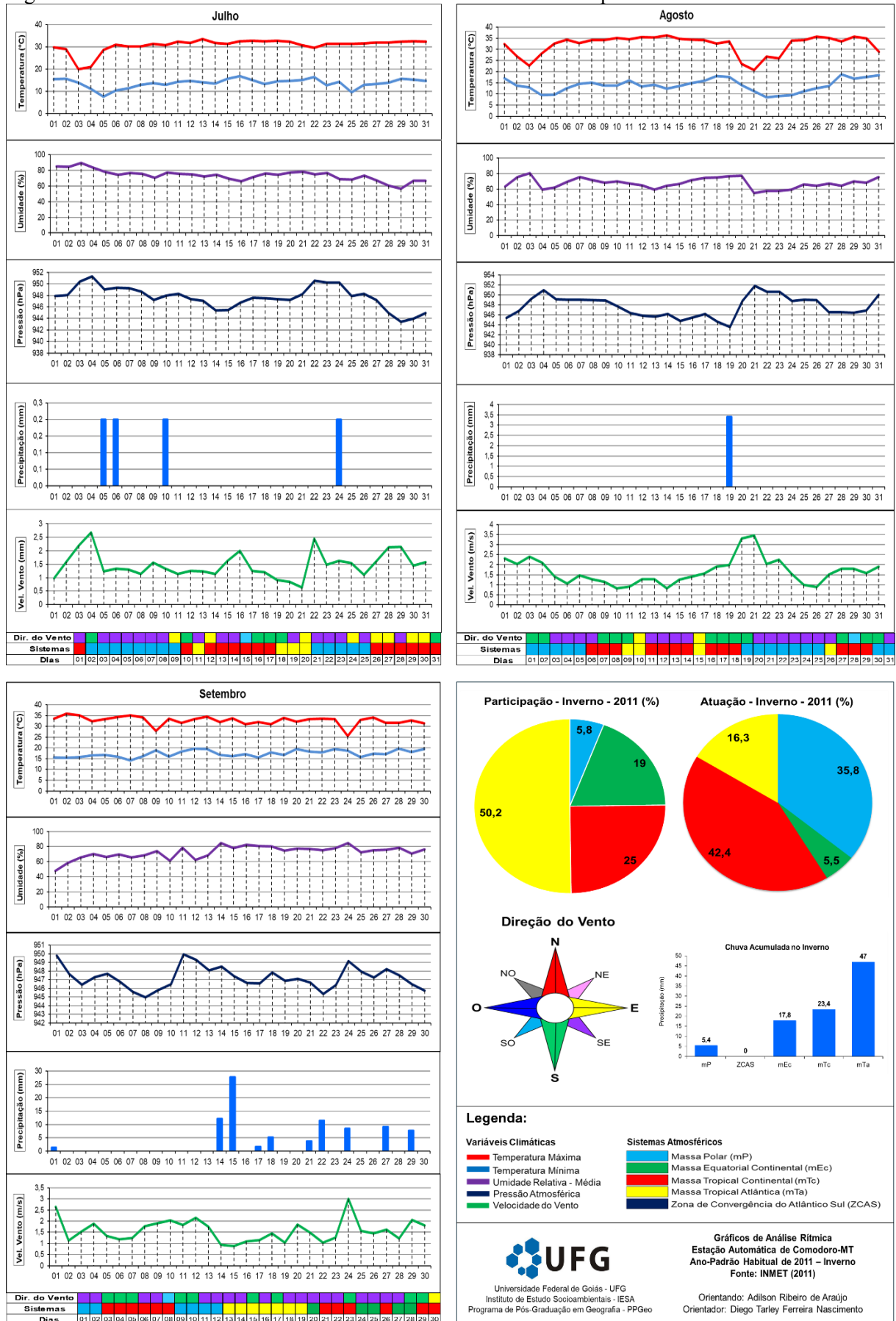
Fonte: Inmet (2011). Org. Araújo (2025).

Figura 6 – Análise rítmica sazonal em Comodoro no outono do ano-padrão habitual.



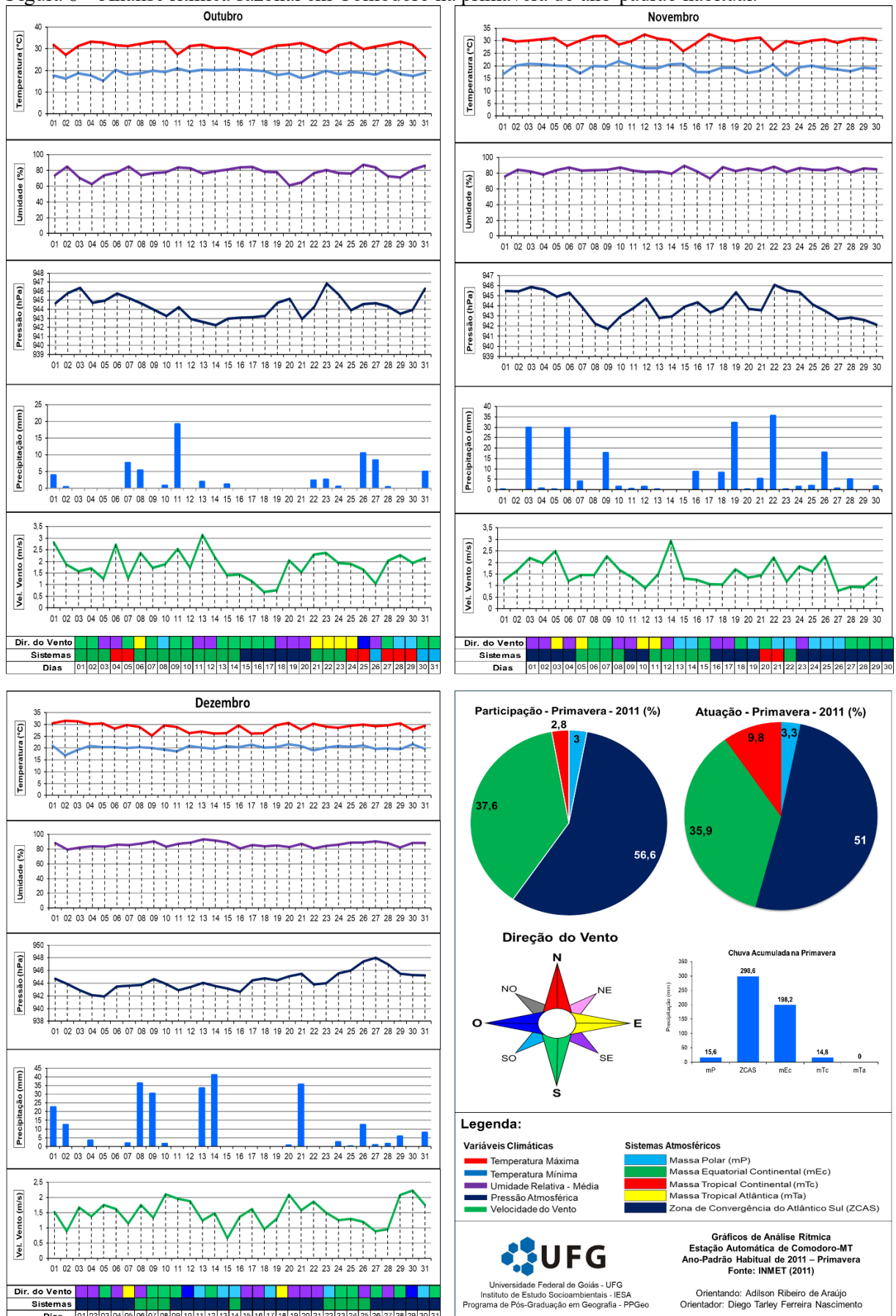
Fonte: Inmet (2011). Org. Araújo (2025).

Figura 7 – Análise rítmica sazonal em Comodoro no inverno do ano-padrão habitual.



Fonte: Inmet (2011). Org. Araújo (2025).

Figura 8 – Análise rítmica sazonal em Comodoro na primavera do ano-padrão habitual.



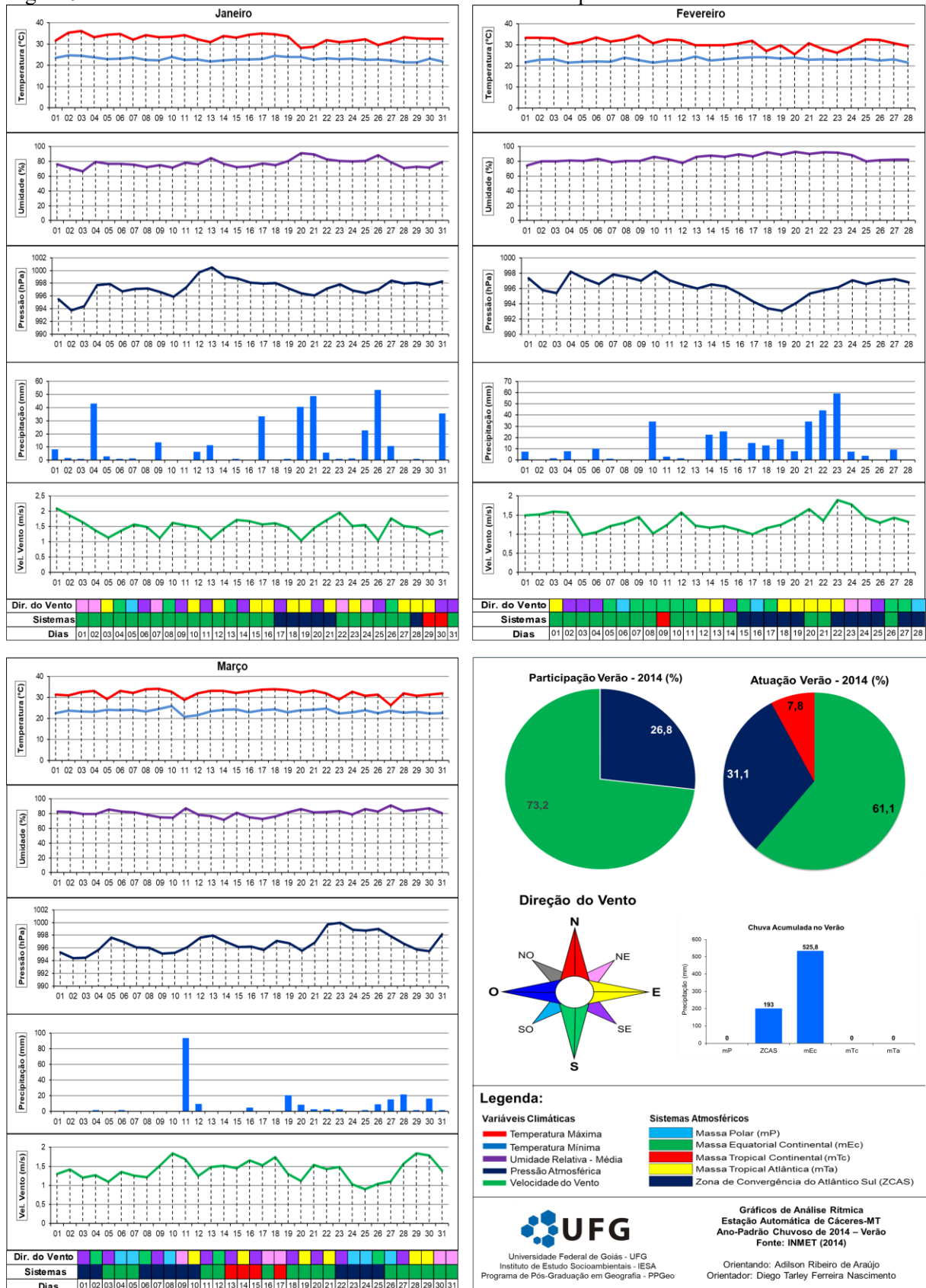
Fonte: Inmet (2011). Org. Araújo (2025).

UFG
 Universidade Federal de Goiás - UFG
 Instituto de Estudos Socioambientais - IESA
 Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGeo

Gráficos de Análise Rítmica
 Estação Automática de Comodoro-MT
 Ano-Padrão Habitual de 2011 – Primavera
 Fonte: INMET (2011)
 Orientando: Adilson Ribeiro de Araújo
 Orientador: Diego Tarley Ferreira Nascimento

Apêndice III – Cáceres Ano-padrão (2014)

Figura 9 – Análise rítmica sazonal em Cáceres no verão do ano-padrão chuvoso.

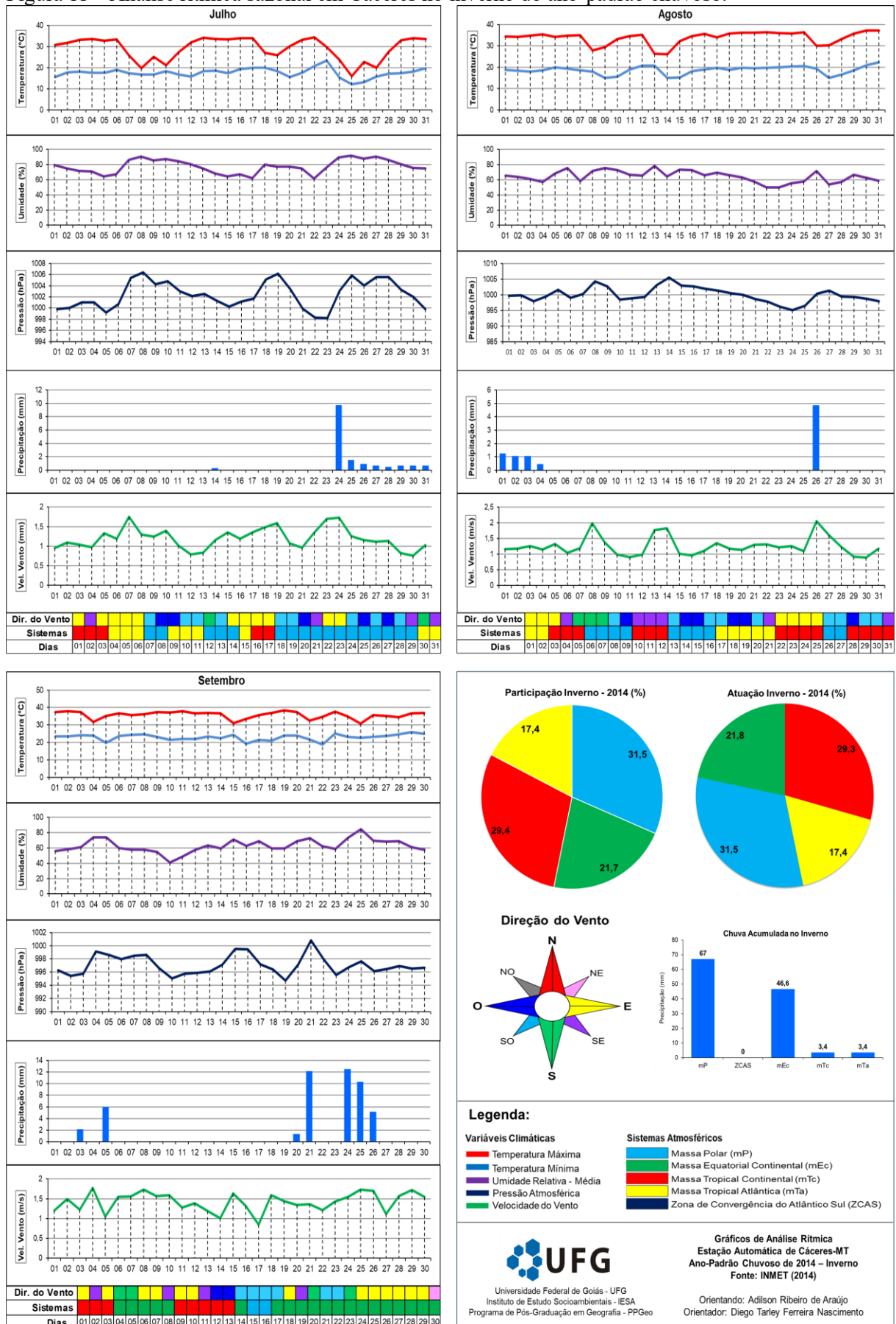


Fonte: Inmet (2014). Org. Araújo (2025).

Figura 10 – Análise rítmica sazonal em Cáceres no outono do ano-padrão chuvoso.

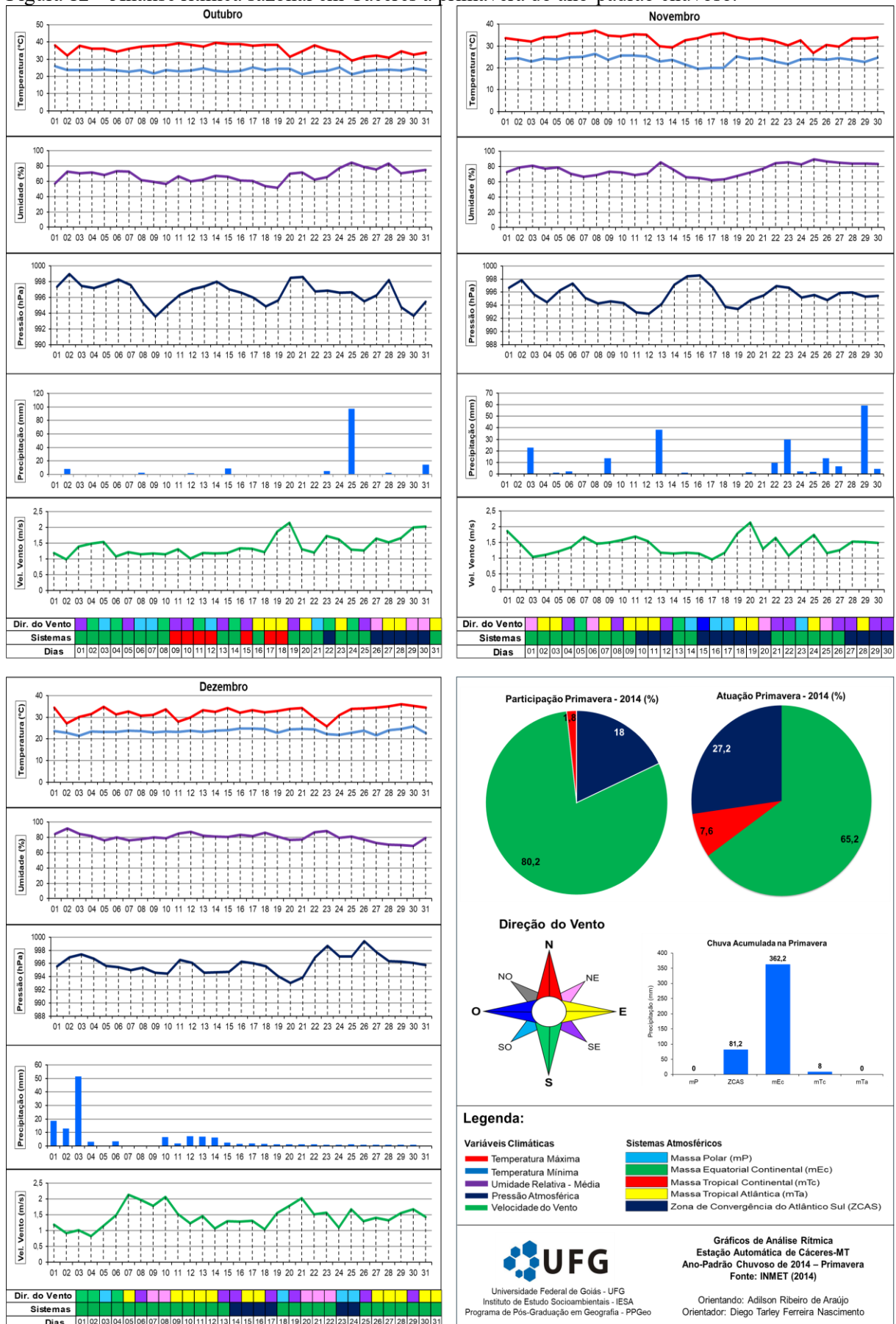


Figura 11 – Análise rítmica sazonal em Cáceres no inverno do ano-padrão chuvoso.



Fonte: Inmet (2014). Org. Araújo (2025).

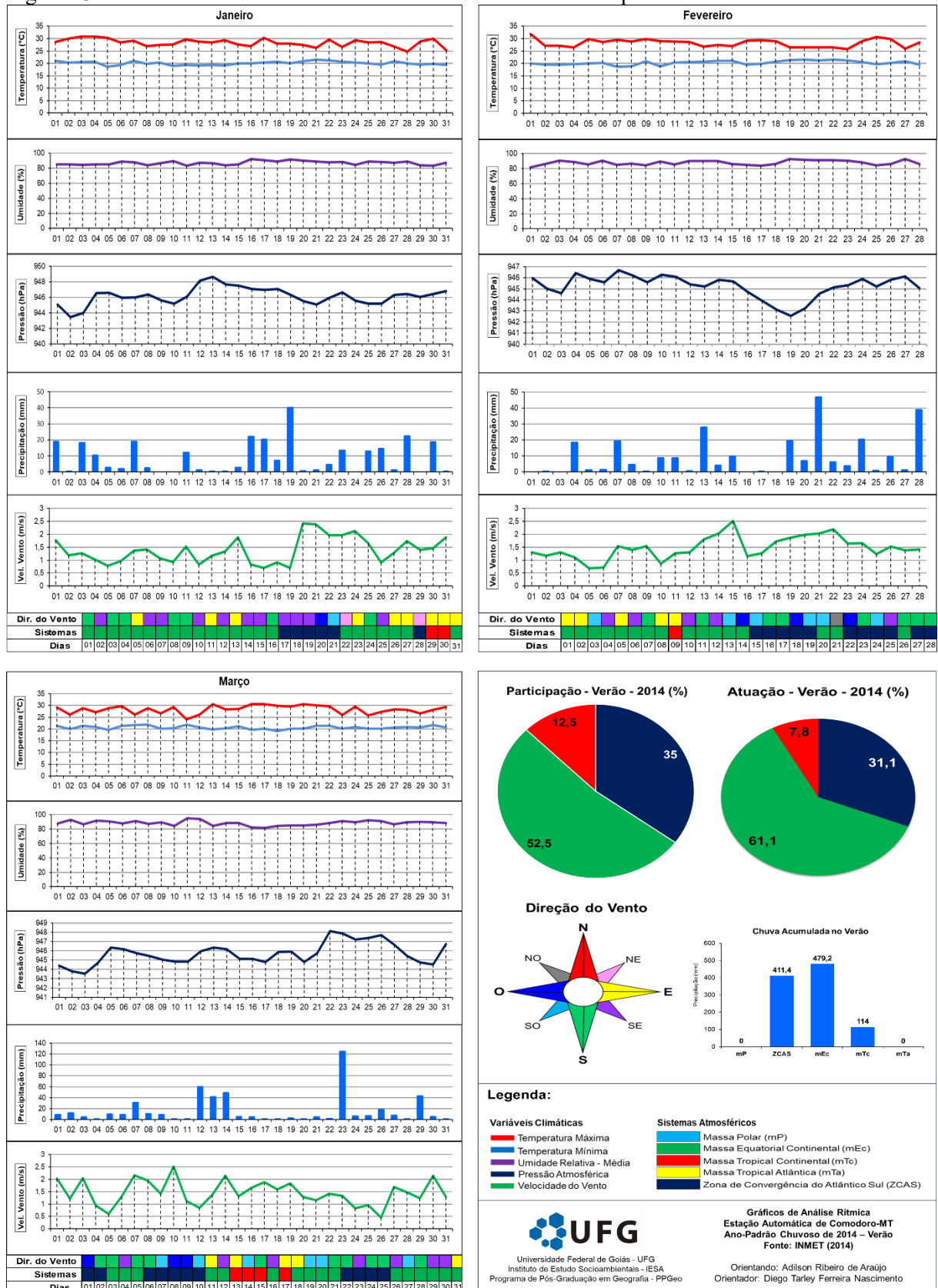
Figura 12 – Análise rítmica sazonal em Cáceres a primavera do ano-padrão chuvoso.



Fonte: Inmet (2014). Org. Araújo (2025).

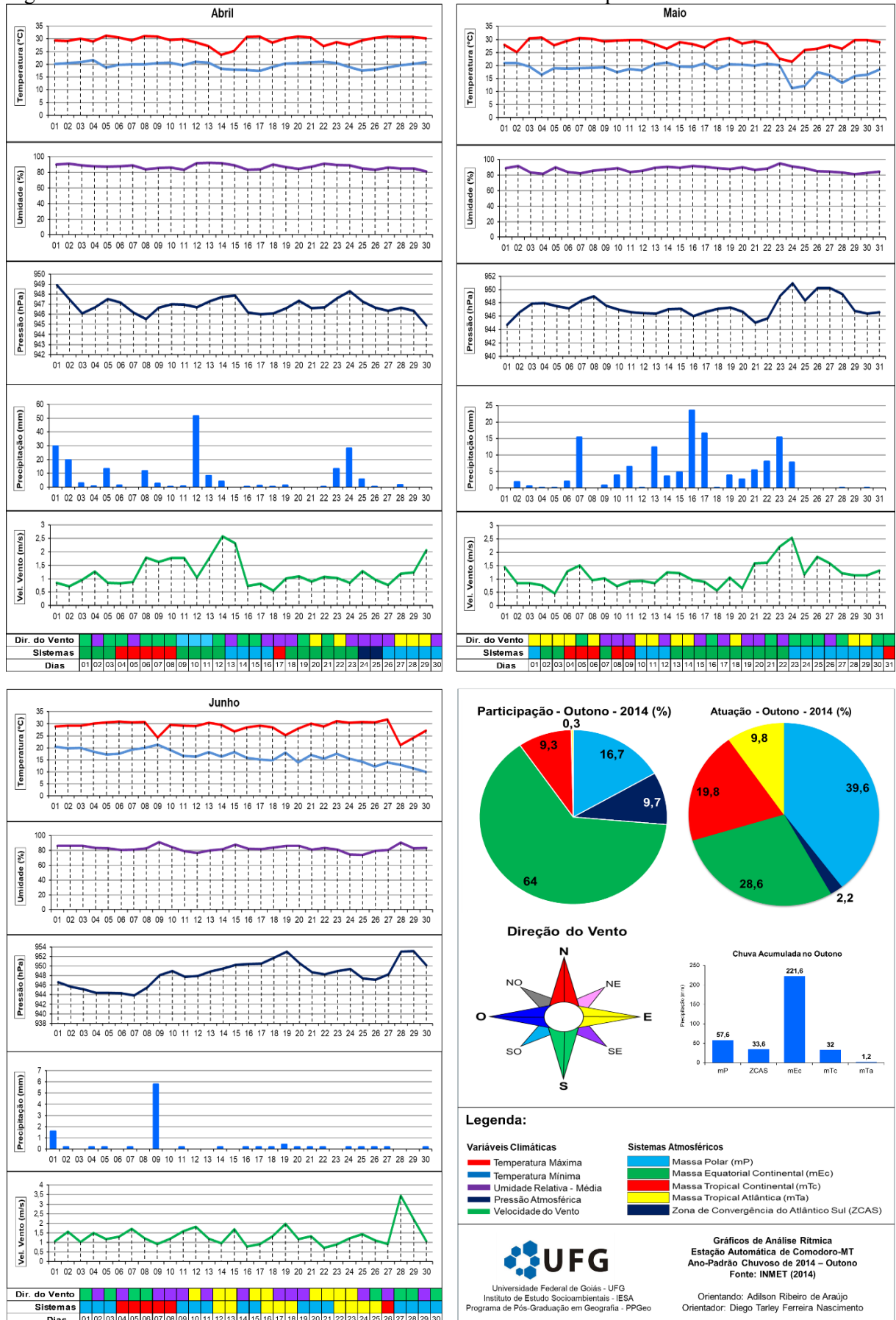
Apêndice IV – Comodoro Ano-padrão (2014)

Figura 13 – Análise rítmica sazonal em Comodoro no verão do ano-padrão chuvoso.



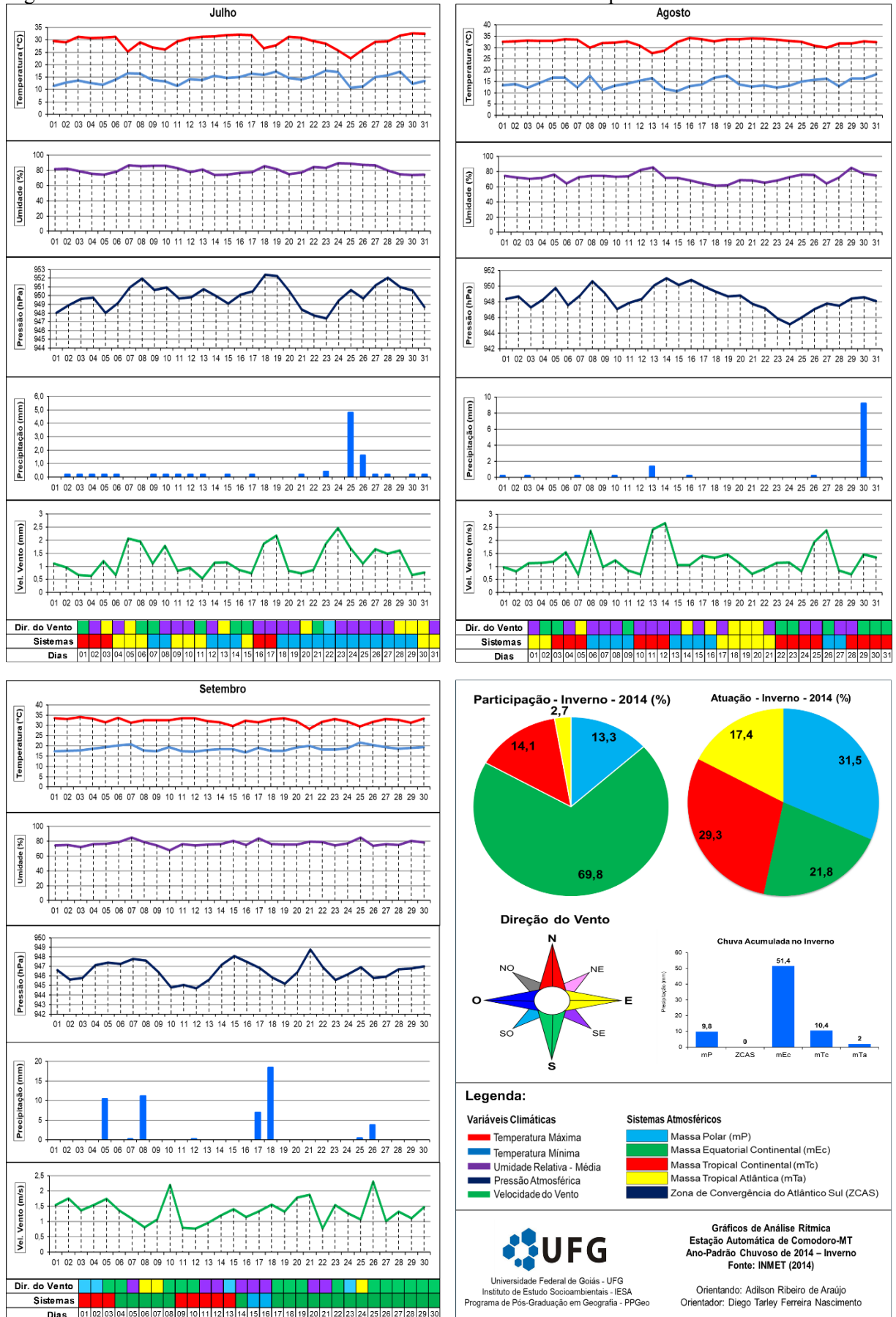
Fonte: Inmet (2014). Org. Araújo (2025).

Figura 14 – Análise rítmica sazonal em Comodoro no outono do ano-padrão chuvoso.



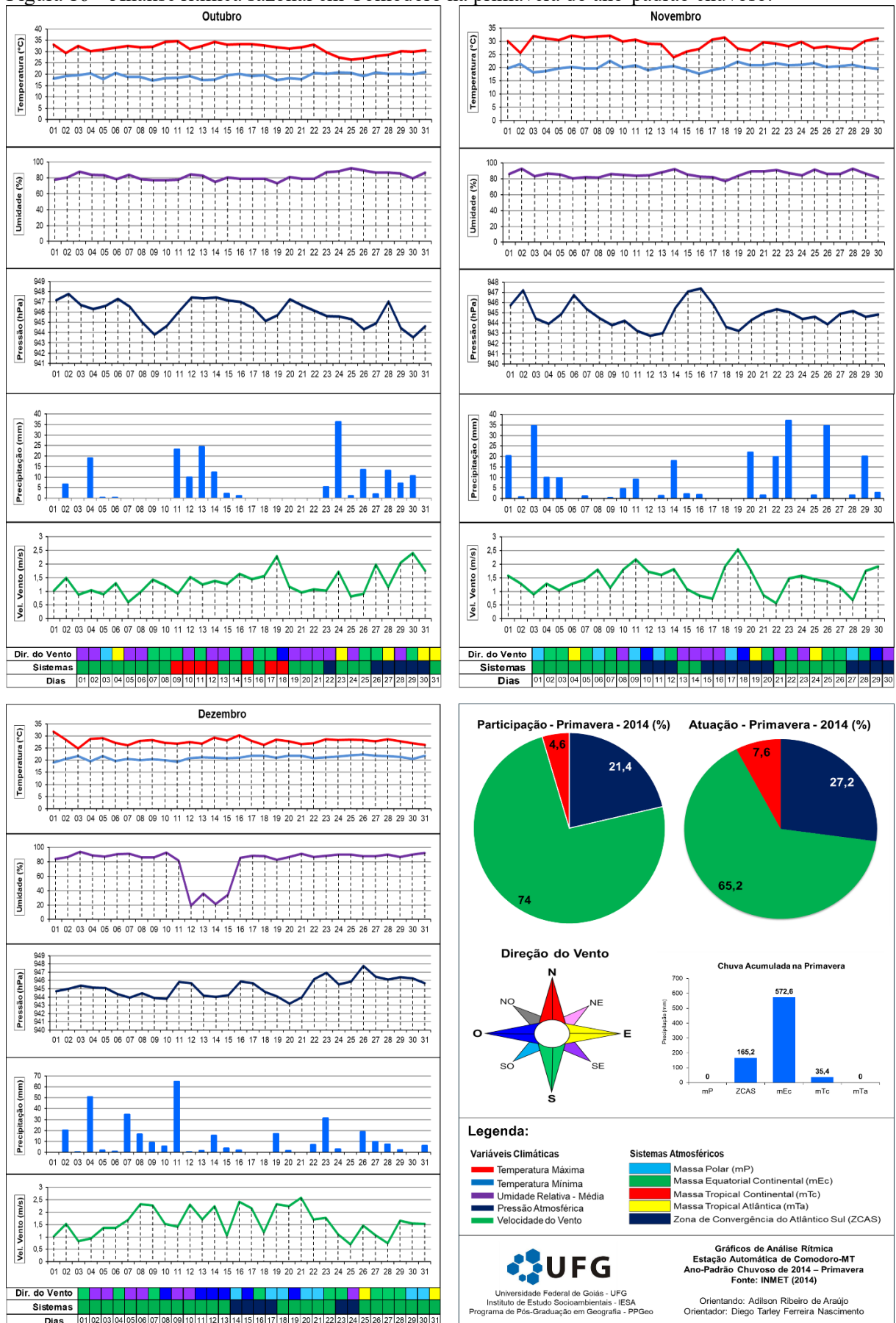
Fonte: Inmet (2014). Org. Araújo (2025).

Figura 15 – Análise rítmica sazonal em Comodoro no inverno do ano-padrão chuvoso.



Fonte: Inmet (2014). Org. Araújo (2025).

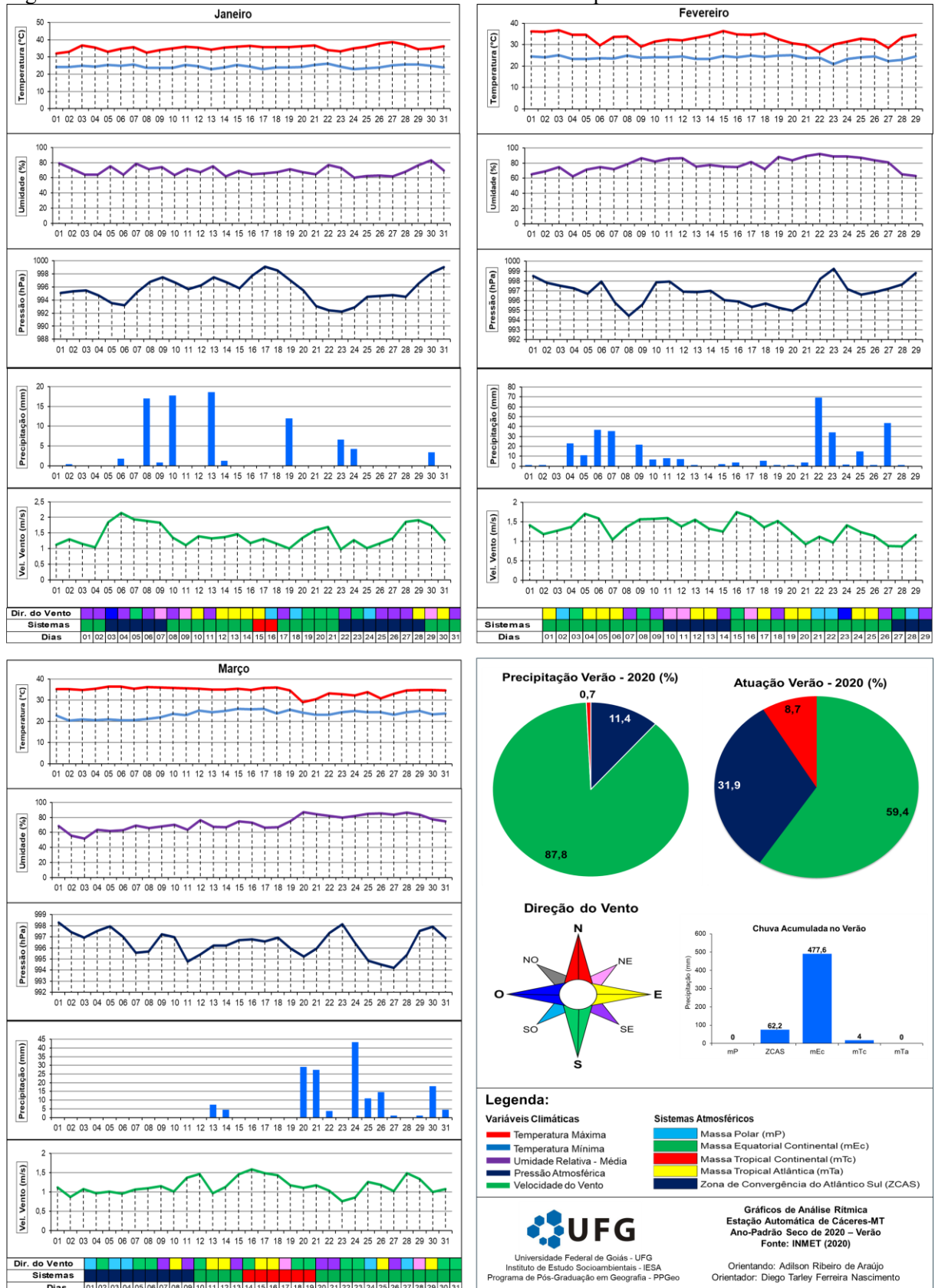
Figura 16 – Análise rítmica sazonal em Comodoro na primavera do ano-padrão chuvoso.



Fonte: Inmet (2014). Org. Araújo (2025).

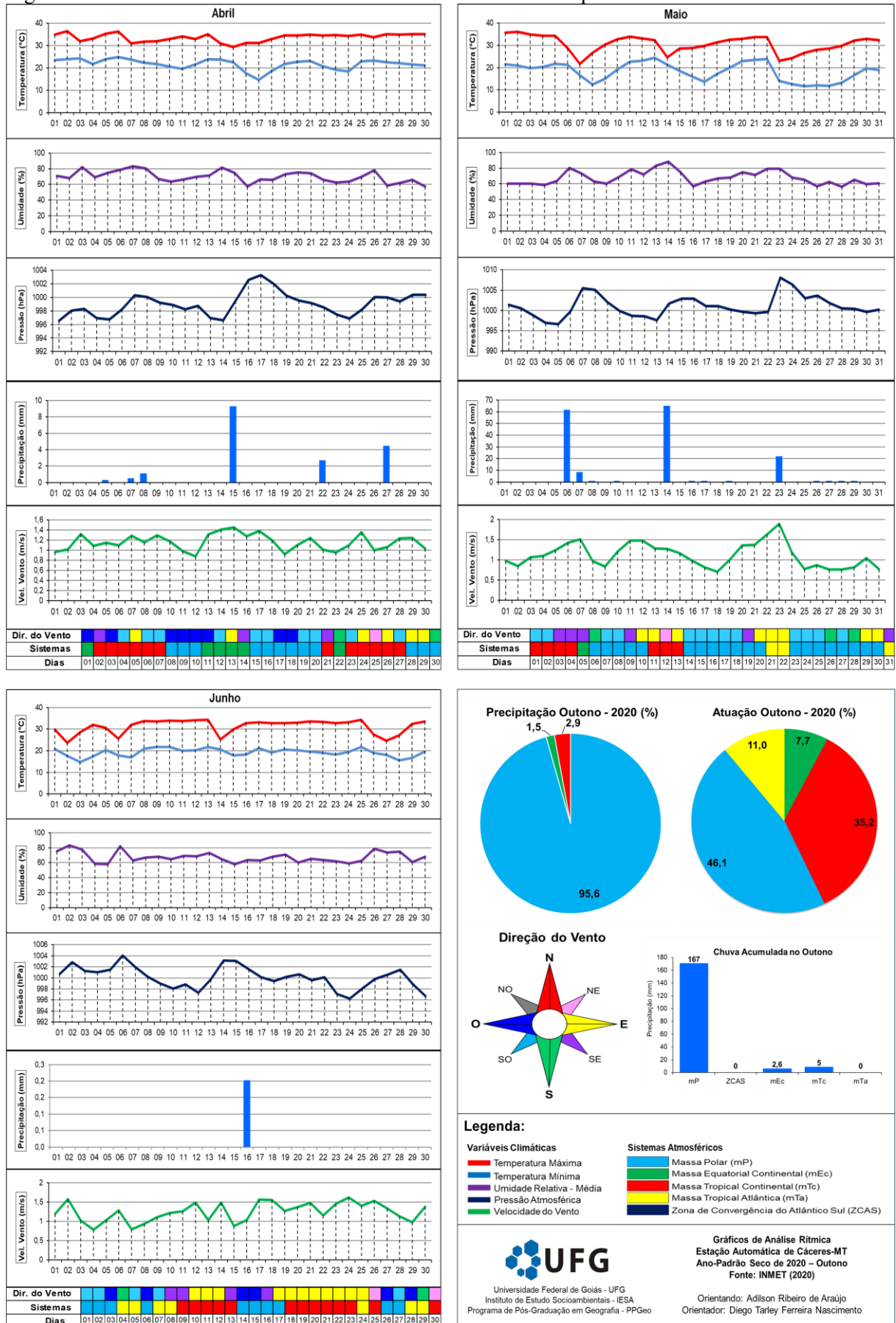
Apêndice V – Cáceres Ano-padrão (2020)

Figura 17 – Análise rítmica sazonal em Cáceres no verão do ano-padrão seco.



Fonte: Inmet (2020). Org. Araújo (2025).

Figura 18 – Análise rítmica sazonal em Cáceres no outono do ano-padrão seco.

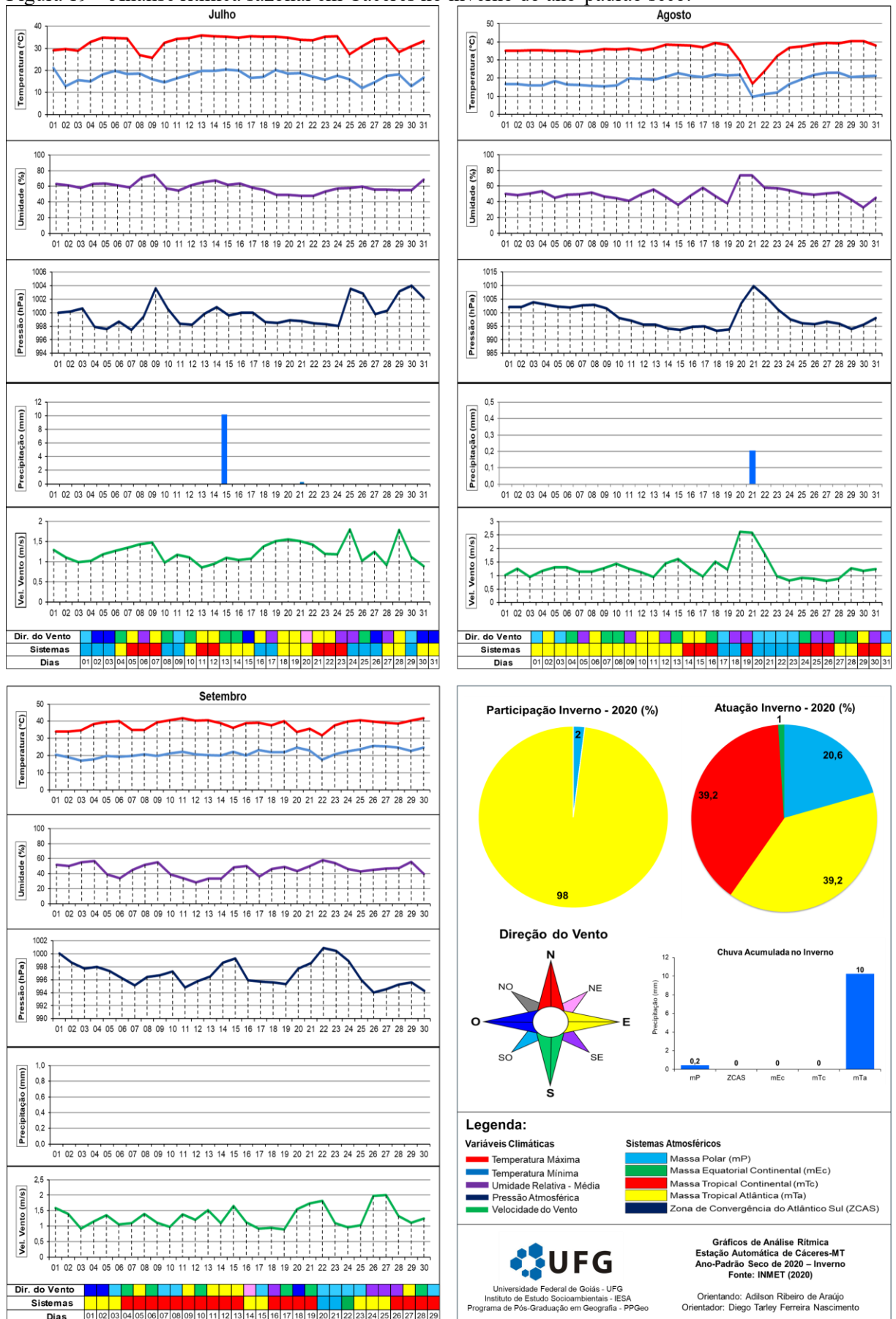


Universidade Federal de Goiás - UFG
 Instituto de Estudo Socioambientais - IESA
 Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGeo

Gráficos de Análise Rítmica
 Estação Automática de Cáceres-MT
 Ano-Padrão Seco de 2020 – Outono
 Fonte: INMET (2020)

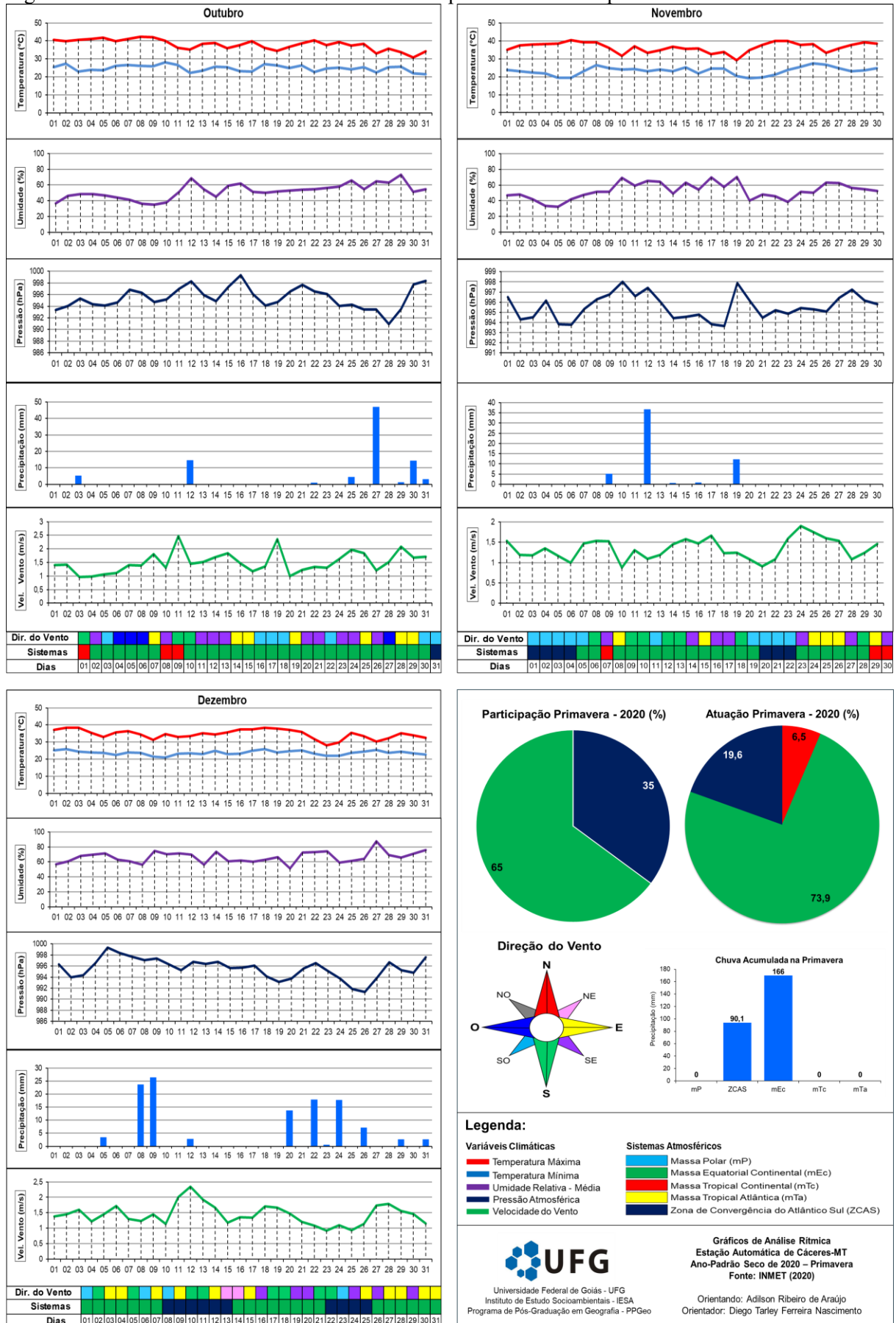
Orientando: Adilson Ribeiro de Araújo
 Orientador: Diego Tarley Ferreira Nascimento

Figura 19 – Análise rítmica sazonal em Cáceres no inverno do ano-padrão seco.



Fonte: Inmet (2020). Org. Araújo (2025).

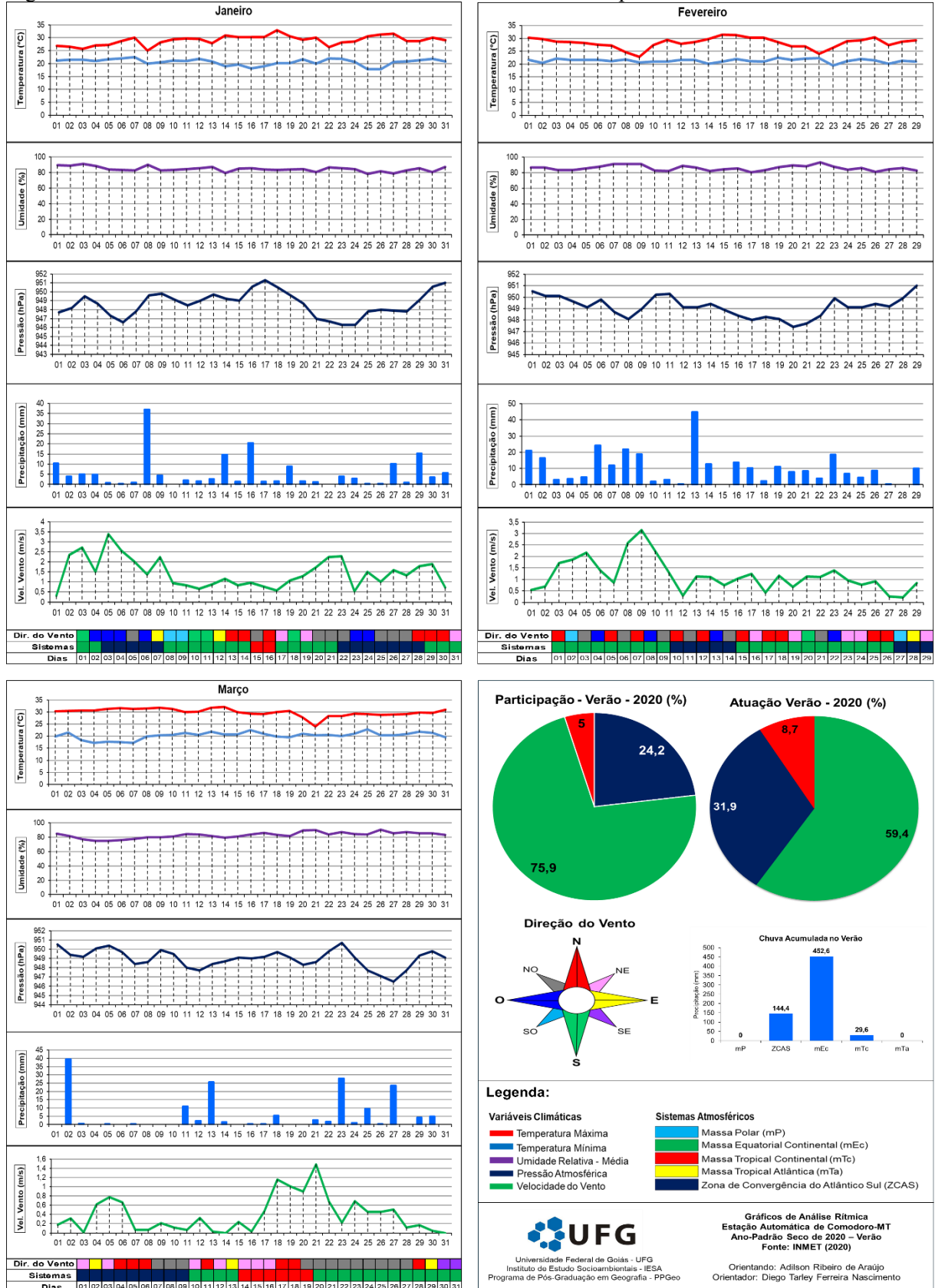
Figura 20 – Análise rítmica sazonal em Cáceres na primavera do ano-padrão seco.



Fonte: Inmet (2020). Org. Araújo (2025).

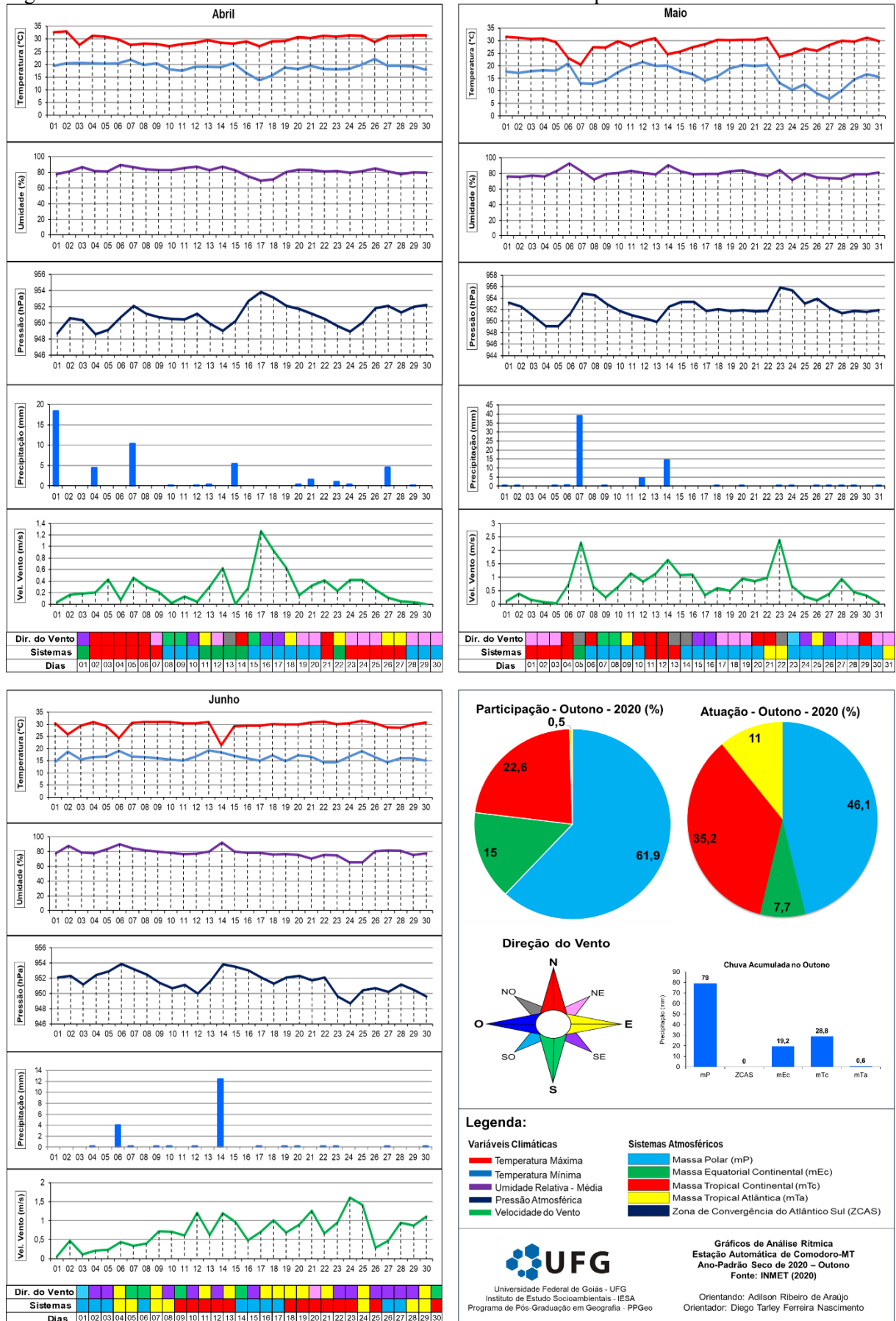
Apêndice VI – Comodoro Ano-padrão (2020)

Figura 21 – Análise rítmica sazonal em Comodoro no verão do ano-padrão seco.



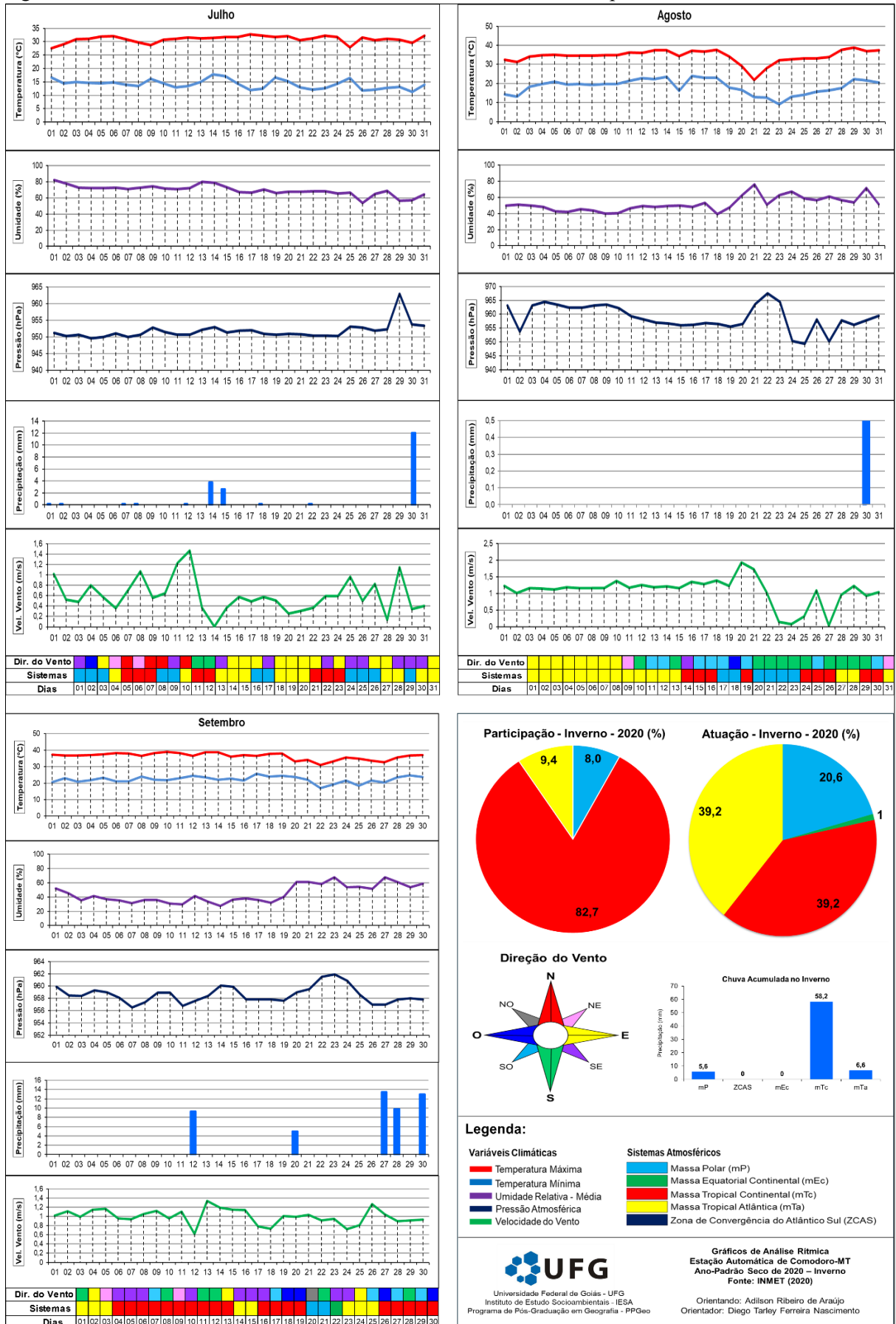
Fonte: Inmet (2020), Org. Araújo (2025).

Figura 22 – Análise rítmica sazonal em Comodoro o outono do ano-padrão seco.



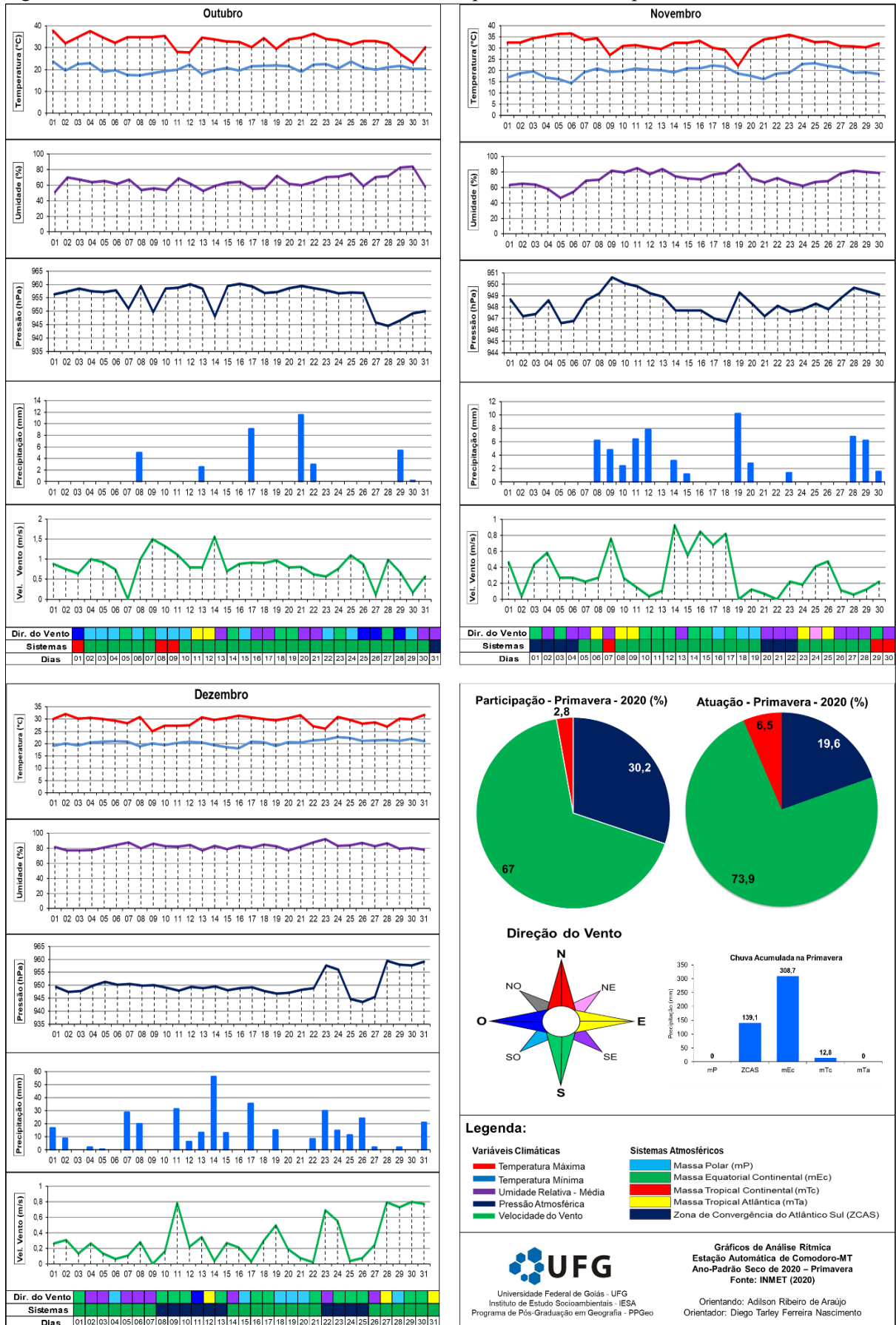
Fonte: Inmet (2020). Org. Araújo (2025).

Figura 23 – Análise rítmica sazonal em Comodoro no inverno do ano-padrão seco.



Fonte: Inmet (2020). Org. Araújo (2025).

Figura 24 – Análise rítmica sazonal em Comodoro na primavera do ano-padrão seco.



Fonte: Inmet (2020). Org. Araújo (2025).