ARTIGO DE PESQUISA

Avaliação de tendências e eventos extremos de temperatura e precipitação na Região Sudoeste de Mato Grosso

Evaluation of trends and extreme events in temperature and precipitation in the South-Western Region of Mato Grosso

Evaluación de tendencias y eventos extremos de temperatura y precipitación en la Región Sudoeste de Mato Grosso

ADILSON RIBEIRO DE ARAÚJO

Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso (SEDUC-MT)
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3670-1573

DIEGO TARLEY FERREIRA NASCIMENTO

Universidade Federal de Goiás (UFG)
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0420-3636

Recebido em: 20/09/2024.
Aprovado em: 16/06/2026.
Editora responsável: Grace B. Alves

Como citar (ABNT)
ARAÚJO, Adilson Ribeiro de; NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira. Avaliação de tendências e eventos extremos de temperatura e precipitação na Região Sudoeste de Mato Grosso. Revista da ANPEGE, [S. l.], v. 22, n. 48, e19056, 2026. DOI: 10.5418/ra2026.v22i48.19056. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/anpege/article/view/19056. Acesso em: XX mês abreviado 20XX.

Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional CC BY – permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

A Revista da ANPEGE não se responsabiliza por opiniões, ideias e conceitos emitidos pelos autores dos textos, assim como por conflitos de interesse entre autores, financiadores, patrocinadores e outros eventualmente envolvidos e/ou citados nos textos. Os autores asseguram que atendem as políticas editoriais e que o artigo não viola direitos autorais e que não há plágio no trabalho, responsabilizando-se pela utilização de fotos, imagens, remissões e traduções, entre outros materiais.

RESUMO: A variabilidade dos elementos climáticos corresponde a um importante insumo analítico para a prevenção, redução e mitigação de impactos indesejáveis, especialmente no que diz respeito à produção de alimentos, ao abastecimento hídrico e à geração de energia elétrica. Assim, o estudo averigua as tendências e a ocorrência de eventos extremos de temperatura e precipitação na Região de Planejamento do Sudoeste de Mato Grosso, durante o período de 1991 a 2020. Utilizou-se dados diários de temperatura do ar e precipitação de reanálise do sistema NASA-POWER. Dezessete índices climáticos, desenvolvidos pelo *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* da Organização Mundial de Meteorologia (ETCCDMI/OMM), foram calculados usando o *software* R e o pacote RClimdex. A avaliação das tendências nos parâmetros climáticos foi realizada por meio da estimativa do coeficiente de inclinação (*slope*) e avaliação da significância estatística pelo teste de Fischer (*p-value*). Os resultados indicam uma tendência positiva com significância estatística para as temperaturas máxima e mínima, enquanto para a precipitação se observa significância principalmente para a redução da precipitação anual.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Eventos climáticos; Dados de reanálise.

ABSTRACT: The variability of climatic factors provides an important analytical tool for the prevention, reduction, and mitigation of undesirable impacts, particularly with regard to food production, water supply, and electricity generation. Thus, the study investigates the trends and occurrence of extreme temperature and precipitation events in the Southwest Planning Region of Mato Grosso over the period from 1991 to 2020. Daily air temperature and precipitation data from the -POWER system reanalysis were used. Seventeen climate indices, developed by the World Meteorological Organization's Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDMI/WMO), were calculated using the R software and the RClimdex package. Trends in climate parameters were assessed by estimating the slope coefficient

and evaluating statistical significance using Fischer's test (p-value). The results indicate a positive trend with statistical significance for maximum and minimum temperatures, while for precipitation, significance is observed mainly for the reduction in annual precipitation.

Keywords: Climate change; Weather events; Reanalysis data.

RESUMEN: La variabilidad de los elementos climáticos constituye un importante insumo analítico para la prevención, la reducción y la mitigación de los impactos indeseables, especialmente en lo que respecta a la producción de alimentos, el abastecimiento de agua y la generación de energía eléctrica. Por lo tanto, el estudio investiga las tendencias y la ocurrencia de eventos extremos de temperatura y precipitación en la Región de Planificación del Sudoeste de Mato Grosso, en el período de 1991 a 2020. Se utilizaron datos diarios de temperatura del aire y precipitación del sistema de reanálisis Power de la NASA. Diecisiete índices climáticos, desarrollados por el Equipo de expertos en detección y índices del cambio climático de la Organización Meteorológica Mundial, se calcularon utilizando el software R y el paquete RClimdex. Las tendencias de los parámetros climáticos se evaluaron estimando el coeficiente de pendiente y valorando la significación estadística mediante la prueba de Fischer (valor p). Los resultados indican una tendencia positiva con significación estadística para las temperaturas máximas y mínimas, mientras que para las precipitaciones se observa significación principalmente para la reducción de las precipitaciones anuales.

Palabras clave: Cambio climático; Fenómenos meteorológicos; Datos de reanálisis.

Introdução

A compreensão das características, dos padrões e da variabilidade dos elementos climáticos constitui aspecto fundamental para a prevenção, redução e mitigação de impactos associados a setores estratégicos, como a produção de alimentos, o abastecimento hídrico e a geração de energia (Rodrigues, 2017). No entanto, a intensificação das mudanças climáticas tem ampliado não apenas a frequência, mas também a magnitude dos eventos extremos, impondo desafios crescentes à gestão ambiental e ao ordenamento territorial.

Nesse contexto, a análise de extremos climáticos se torna particularmente relevante, uma vez que tais eventos são responsáveis por impactos desproporcionais em relação às médias climáticas, afetando de forma direta sistemas socioeconômicos e ecológicos (Jiang *et al*., 2011). Embora avanços significativos tenham sido alcançados na compreensão do sistema climático, persistem lacunas importantes, especialmente em escalas regionais e locais, onde a heterogeneidade espacial e a limitação de séries históricas consistentes dificultam a identificação robusta de padrões de variabilidade e de tendências climáticas.

Dados recentes evidenciam a materialização desses processos em escala global e nacional. De 1970 a 2019, mais de 11 mil desastres relacionados ao clima foram registrados, resultando em mais de 2 milhões de mortes e perdas econômicas superiores a US$ 3,64 trilhões (Rocha, 2021). No Brasil, dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2023) indicam que, em 2023, ocorreram 1.161 eventos hidrológicos e geohidrológicos, dos quais 61,7% estiveram associados a fenômenos meteorológicos responsáveis por enchentes e inundações. Paralelamente, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) apontou que o ano de 2024 foi o mais quente já registrado desde o período pré-industrial, com ocorrência generalizada de temperaturas extremas e ondas de calor, inclusive no território brasileiro. Tais evidências demonstram não apenas a intensificação dos eventos extremos, mas também a necessidade de abordagens analíticas mais refinadas para compreender a variabilidade, as tendências de alteração dos parâmetros climáticos e, especialmente, as repercussões socioeconômicas e ambientais.

Outrossim, enquanto o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) destaca a intensificação global dos eventos extremos, Marengo (2009) enfatiza que seus impactos não se distribuem de forma homogênea, sendo mais severos em regiões marcadas por maior vulnerabilidade socioambiental. Essa assimetria evidencia a importância de investigações em escala regional, sobretudo em países em desenvolvimento, onde limitações estruturais e institucionais tendem a potencializar os efeitos adversos desses eventos.

Nesse contexto, contribuições da Climatologia Geográfica auxiliam na compreensão das relações entre a dinâmica climática e o espaço geográfico, ao enfatizar que os fenômenos atmosféricos produzem repercussões diferenciadas sobre a paisagem, os sistemas ambientais e as atividades humanas (Monteiro, 1971; Barros; Zavattini, 2009; Zavattini; Boin, 2013). Sob essa perspectiva, a análise da variabilidade climática e dos eventos extremos adquire relevância não apenas pela identificação de tendências e alterações nos parâmetros meteorológicos, mas também pela possibilidade de compreender seus reflexos sobre a disponibilidade hídrica, a produção agropecuária, a ocupação do território e outras dimensões da organização espacial.

No contexto da Região Centro-Oeste do Brasil, projeções climáticas indicam um cenário de aquecimento contínuo, associado a possíveis alterações no regime pluviométrico, com implicações diretas para a disponibilidade

hídrica e para atividades econômicas dependentes do clima. Evidências empíricas recentes sugerem que parte dessas mudanças já está em curso (Almeida, 2012; Santos et al., 2023), embora ainda existam incertezas quanto à magnitude, à variabilidade temporal e à distribuição espacial desses processos.

No Mato Grosso, estudos climatológicos têm evidenciado significativa variabilidade interanual das precipitações e alterações nos padrões climáticos, com repercussões importantes sobre a dinâmica ambiental e o planejamento territorial (Marcuzzo; Melo; Rocha, 2011). A literatura aponta para oscilação expressiva dos totais anuais de chuva, redução no número de dias chuvosos e intensificação das condições de seca (Marcuzzo; Cardoso; Faria, 2011; Marcuzzo; Oliveira; Cardoso, 2013), como reflexo tanto da variabilidade de anos habituais e excepcionais quanto de fenômenos atmosféricos regionais, como o El Niño (Sette, 2000; Oliveira; Marcuzzo; Barros, 2015). Além disso, é indicada uma tendência de aumento das temperaturas máximas nas últimas décadas na área em apreço, como reflexo das mudanças climáticas (Dallacort; Silva Neves; Nunes, 2014).

Os eventos extremos também têm se tornado mais recorrentes e intensos, ampliando os riscos socioambientais no estado. Episódios de precipitação extrema têm provocado enchentes urbanas e agravado problemas associados à impermeabilização do solo e à ocupação inadequada das áreas urbanas (Paula; Santana; González, 2018). Paralelamente, observam-se tendências de intensificação das ondas de calor, associadas tanto ao processo de urbanização quanto à atuação de teleconexões atmosféricas, como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), contribuindo para o aumento da frequência e duração de períodos excepcionalmente quentes (Nunes et al., 2016; Rondon, 2025). Em cenários futuros de mudanças climáticas, projeções indicam impactos relevantes sobre a produção agrícola regional, especialmente em função da persistência do estresse hídrico e da redução da produtividade agrícola, demandando estratégias adaptativas para mitigar os efeitos das mudanças climáticas no estado (Minuzzi; Lopes, 2015).

Diante desse contexto, torna-se evidente a necessidade de estudos que investiguem, de forma sistemática e com base em séries temporais consistentes, o comportamento dos extremos climáticos em escalas regionais. Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar as tendências e a ocorrência de eventos extremos de temperatura e precipitação na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso, no período de 1991 a 2020, buscando contribuir para o aprimoramento do conhecimento sobre a dinâmica climática regional e para a compreensão de seus potenciais reflexos sobre os sistemas ambientais e as atividades socioeconômicas sobre a área em apreço.

2 Área de Estudo

A área em estudo compreende a Região de Planejamento do Sudoeste de Mato Grosso, localizada no extremo sudoeste do estado homônimo (Mato Grosso, 2017), na Região Centro-Oeste do Brasil (**Figura 1**). Essa região abrange aproximadamente 117.400 km², o que corresponde a 12,6% do território mato-grossense. De acordo com o censo demográfico mais recente do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a população é de 333.933 habitantes, configurando-se como a terceira região de planejamento mais populosa do estado. Destacam-se, nesse contexto, o município de Cáceres e o de Pontes Lacerda, que exercem papel relevante como polos regionais, especialmente no setor agropecuário.

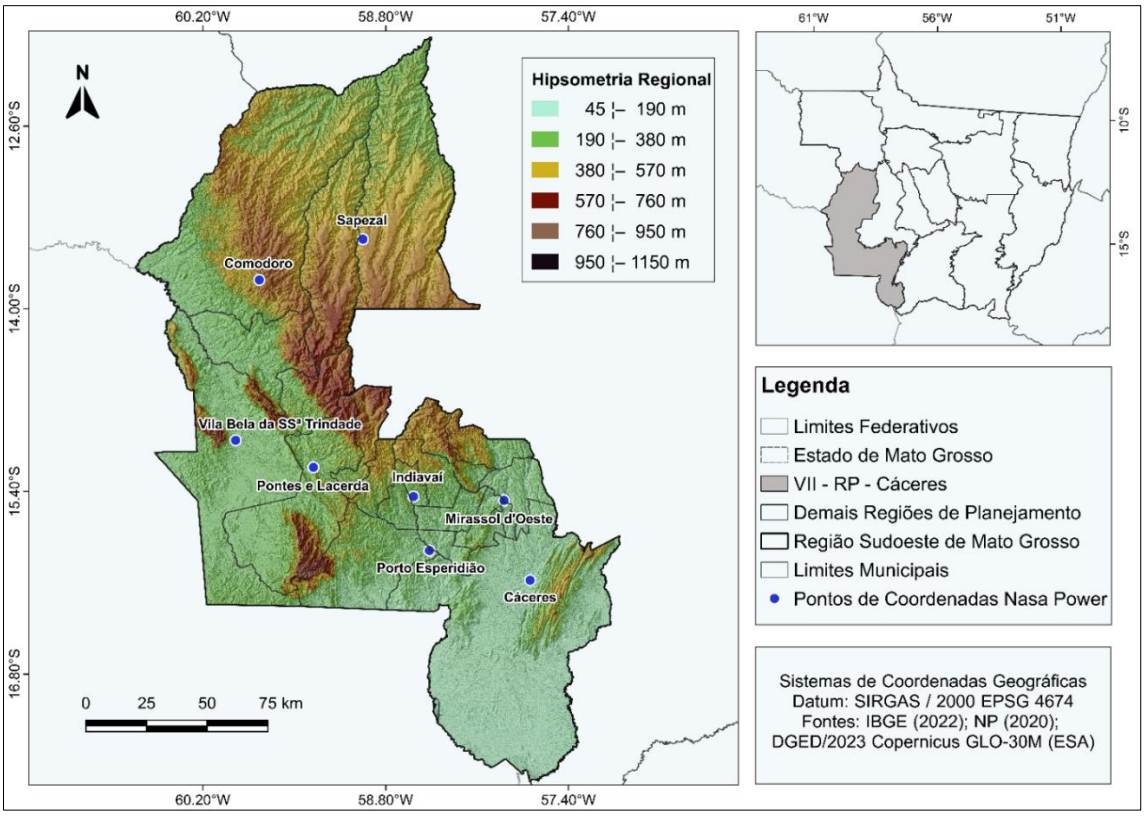

Figura 1. Localização da Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso e pontos de coordenadas geográficas do Nasa Power utilizados no estudo. Fonte: Araújo e Nascimento (2026).

A escolha da área de estudo está associada à sua recente dinâmica de uso e cobertura da terra, marcada por intensa expansão das atividades agropecuárias. Dados do MapBiomas (2023) indicam que, de 1985 a 2022, as áreas de pastagem triplicaram, enquanto as áreas agrícolas quadruplicaram. Esse processo ocorreu em detrimento da cobertura vegetal natural, que foi significativamente reduzida, assim como os corpos hídricos, especialmente na porção sul da região, inserida no bioma Pantanal (Campos, 2024). Tal dinâmica reforça a relevância de investigações climáticas na área, considerando a interação entre mudanças no uso da terra e variabilidade climática.

Do ponto de vista físico, a região apresenta elevada diversidade geomorfológica. Segundo Moreno e Higa (2017), as altitudes variam de 450 a 800 m nos Planaltos e Chapadas dos Parecis, de 300 a 600 m nas Serras Residuais do Guaporé-Jauru e de 200 a 250 m nas depressões do Guaporé. As maiores elevações ocorrem nas serras de Ricardo Franco e Santa Bárbara, atingindo altitudes superiores a 1.100 m, enquanto as menores cotas altimétricas situam-se nas planícies associadas ao rio Paraguai e ao Pantanal do rio Guaporé, com altitudes que podem ser inferiores a 100 m. Essa variabilidade altimétrica exerce influência direta sobre a distribuição espacial dos elementos climáticos, especialmente precipitação e temperatura.

Tendo como referência as médias mensais de temperatura do ar (máxima e mínima) e precipitação de 1991 a 2020 da estação meteorológica de Cáceres (**Figura 2**), as temperaturas máximas mensais partem de 33,2°C (março) e alcançam 41,3ºC (setembro). Por sua vez, os as temperaturas mínimas variam de 12,1°C (em julho) a 21,2°C (novembro e dezembro). Em relação à precipitação, a média anual é de 1.105 mm, com o trimestre consecutivo

mais seco representado por junho, julho e agosto – com médias mensais inferiores a 15 mm, e o mais chuvoso de janeiro a março. O mês mais chuvoso é fevereiro, quando se registra média de 261,9 mm.

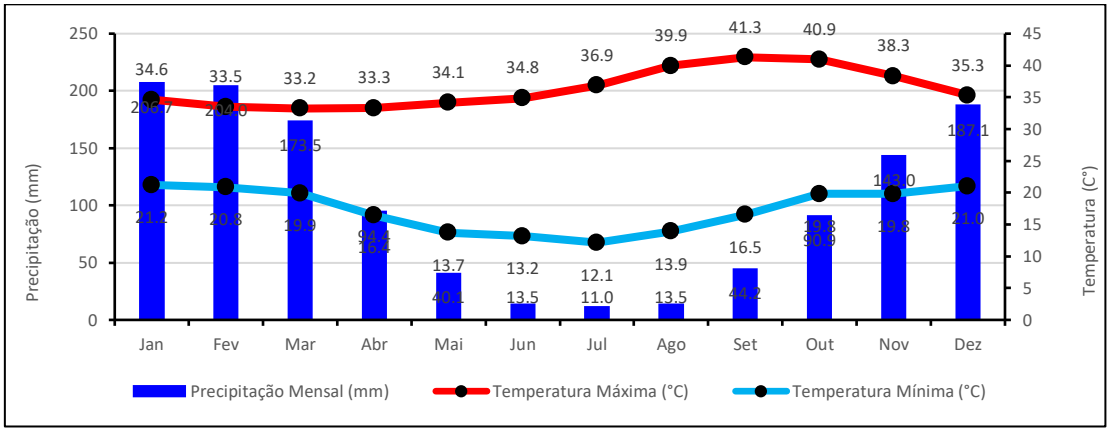

Figura 2. Gráfico com médias mensais de temperatura do ar e precipitação de Cáceres (1991-2020). Fonte: elaborado pelos próprios autores a partir dos dados da ANA (2022).

Do ponto de vista climático, predomina na região o clima tropical de savana (Aw), segundo a classificação de Köppen-Geiger, caracterizado por estação chuvosa no verão e seca no inverno. Observa-se, contudo, significativa variabilidade espacial dos totais pluviométricos, condicionada por fatores como relevo e latitude (Souza; Souza; Silva, 2014). Como evidenciado pela **Figura 3**, enquanto a porção norte da região onde se localiza a área em estudo registra precipitações anuais entre 1.800 e 2.200 mm, o sul apresenta valores inferiores a 1.400 mm. Por sua vez, as temperaturas apresentam menores médias anuais na porção setentrional (22,1 a 23 °C), em decorrência da influência de altitudes superiores a 900m (chapadões do Alto Taquari, Alto Araguaia e Chapada dos Guimarães), ao passo que valores mais elevados de temperatura média anual (superiores a 24,1 °C) são evidenciados ao sul, como reflexo do aumento da latitude e da correspondência espacial com o Vale do Guaporé e as Depressões Cuiabana e Pantanal. Essa complexidade climática é reforçada por Neves et al. (2013) e Queiroz et al. (2016), que enfatizam a variabilidade espaço-temporal dos regimes de precipitação e da temperatura na região.

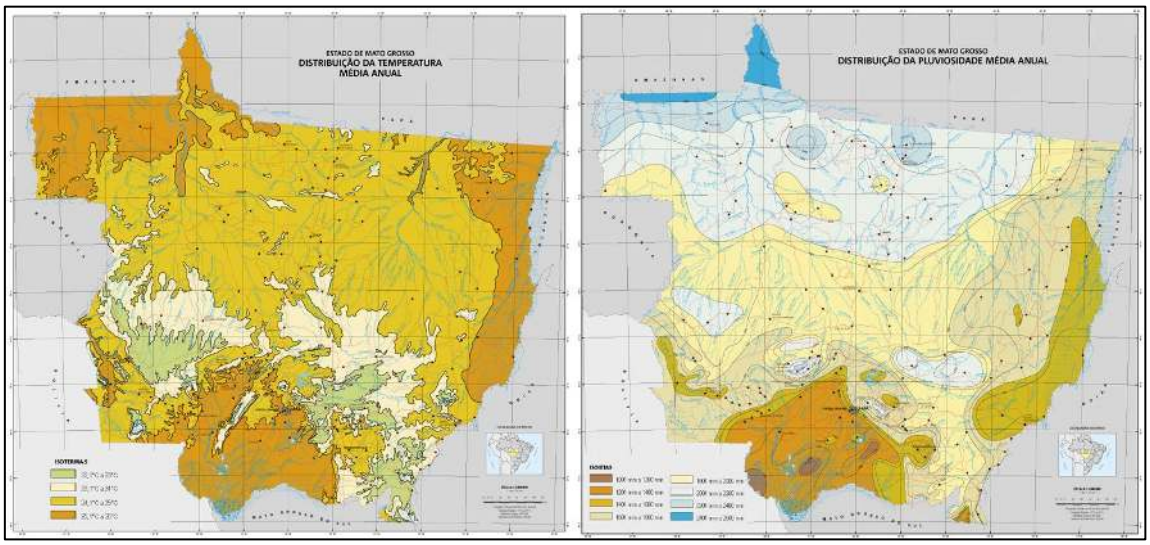

Figura 3. Mapas das médias anuais de temperatura do ar e precipitação em Mato Grosso. Fonte: Camargo (2011).

3 Materiais e Métodos

A utilização de séries temporais extensas é um requisito fundamental para a caracterização robusta do clima, conforme destacado por Almeida, Rebello e Ambrizzi (2010). Entretanto, no contexto brasileiro (especialmente nas Regiões Norte e Centro-Oeste) a disponibilidade de séries longas, contínuas e homogêneas de dados observacionais ainda é limitada. Diante dessa restrição, optou-se pela utilização de dados de reanálise do sistema NASA-POWER, amplamente empregado em estudos climatológicos como alternativa consistente à escassez de dados de superfície.

O sistema NASA-POWER disponibiliza dados em grade com resolução espacial de 0,5° x 0,5° – aproximadamente 56 km² por pixel (Torsoni et al., 2022). Os dados são compilados a partir de uma combinação de dados registrados por estações de superfície, sensoriamento remoto e modelagem climática, abrangendo uma série temporal a partir de janeiro de 1981, disponível gratuitamente pela homepage: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer (Duarte; Sentelhas, 2019).

Desse modo, os dados NASA-POWER destacam-se como uma alternativa para a rarefeita e desigual distribuição da rede meteorológica brasileira, sobretudo no contexto da área em estudo. Além disso, a adoção desses dados de reanálise se justifica pela cobertura espacial contínua, pela consistência e por apresentar correlações significativas ($r \geq 0,7$) quanto aos dados observados em superfície, em contextos climáticos e geográficos no território brasileiro e na Região Centro-Oeste (Monteiro et al., 2017; Torsoni et al., 2022; Coelho et al., 2024; Correia, 2024). Todavia, enquanto os dados representam satisfatoriamente os parâmetros temperatura do ar e precipitação, sendo utilizável como fonte de dados com razoável confiança em escalas regionais e nacionais, Monteiro, Sentelhas e Pedra (2017) recomendam cautela no emprego em relação aos parâmetros velocidade do vento e umidade relativa do ar, sobretudo pela influência do relevo e de outros fatores em escala local.

Todavia, deve-se considerar que a resolução espacial de 0,5° × 0,5° do NASA-POWER, embora adequada para análises climáticas em escala regional, pode influenciar a representação de eventos extremos, especialmente aqueles associados a elevada variabilidade espacial. Como os valores disponibilizados correspondem a médias de áreas relativamente extensas, fenômenos localizados, como precipitações convectivas intensas, tempestades severas ou extremos térmicos condicionados por características específicas da superfície, podem ser suavizados no processo de interpolação e modelagem dos dados. Dessa forma, os resultados obtidos devem ser interpretados como representativos das condições climáticas regionais predominantes.

Foram utilizados dados diários de temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação. possível notar de tendência, convém frisar que a extração dos dados foi realizada em formato .csv, considerando os *pixels* correspondentes às coordenadas das estações hidrometeorológicas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) presentes na área de estudo – indicadas na **Tabela 1**. Com o objetivo de garantir comparabilidade entre os pontos analisados, foi adotado um período comum de 30 anos (1991-2020), em consonância com o padrão de normais climatológicas.

Tabela 1. Relação de coordenadas de estações meteorológicas da ANA.

Código	Cidade	Latitude	Longitude	Altitude
01657003	Cáceres (DNPVN)	-16,0817	-57,6942	108m
01558001	Mirassol d'Oeste (Ponte Cabaçal)	-15,4692	-57,8942	188m
01558005	Porto Esperidião	-15,8533	-58,4658	166m
01558004	Indiavaí (Alto Jauru)	-15,4400	-58,5878	235m
01559000	Pontes e Lacerda	-15,2156	-59,3536	239m
01559006	Vila Bela da SSª. Trindade (Mato Grosso)	-15,0075	-59,9492	209m
01359000	Comodoro (Padronal)	-13,1831	-59,8769	600m
01358002	Sapezal (Faz. Tucunaré)	-13,4667	-58,9750	547m

Fonte: Araújo e Nascimento (2026), com base em informações da ANA (2022).

A etapa seguinte consistiu no cálculo de índices desenvolvidos pelo *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI), vinculado à OMM. Esses índices são amplamente utilizados para a detecção de mudanças climáticas e análise de eventos extremos, sendo reconhecidos pela comunidade científica internacional por sua padronização metodológica (Peterson, 2005; Alexander et al., 2006). No total, foram calculados 17 índices, sendo sete relacionados à precipitação e 10 à temperatura, conforme indicado no **Quadro 1**.

Quadro 1. Índices extremos climáticos do *Rclimdex* de precipitação e de temperatura empregados.

Sigla	Nome	Descrição	Unidade
Precipitação Pluvial			
PRCPTOT	Precipitação Total	Precipitação total anual nos dias úmidos (RR ≥ 1mm)	mm
CDD	Número de Dias Consecutivos Secos	Número máximo de dias consecutivos com precipitação inferior a 1 mm	dias
CWD	Número de Dias Consecutivos Úmidos	Número máximo de dias consecutivos com precipitação superior a 1 mm	dias
R10mm	Número de dias com precipitação intensa	Número de dias no ano com precipitação >= 10mm	dias
R20mm	Número de dias com precipitação muito intensa	Número de dias no ano com precipitação >= 20mm	dias
RX1day	Quantidade máxima de precipitação em 1 dia	Volume máximo de precipitação em 1 dia	mm
Rx5day	Quantidade máxima de precipitação em 5 dias	Volume máximo de precipitação em 5 dias	mm
Temperatura do Ar			
TX10p	Dias frios	Quantidade de dias com temperatura máxima diária abaixo do percentil 10	dias
TN10p	Noites frias	Quantidade de dias com temperatura mínima diária abaixo do percentil 10	dias
CSDI	Duração de períodos frios	Quantidade de dias com pelo menos 6 dias consecutivos com temperatura mínima diária abaixo do percentil 10	dias
TX90p	Dias quentes	Quantidade de dias com temperatura máxima diária acima do percentil 90	dias
TN90p	Noites quentes	Quantidade de dias com temperatura mínima diária acima do percentil 90	dias
WSDI	Duração de períodos quentes	Quantidade de dias com pelo menos 6 dias consecutivos com temperatura máxima diária acima do percentil 90	dias

TXn	Menor Temperatura Máxima	Valor mínimo da temperatura máxima diária	°C
TXx	Maior Temperatura Máxima	Valor máximo da temperatura máxima diária	°C
TNn	Menor Temperatura mínima	Valor mínimo da temperatura mínima diária	°C
TNx	Maior Temperatura Mínima	Valor máximo da temperatura mínima diária	°C

Fonte: Adaptado de Peterson (2005).

Os índices foram calculados por meio do *software* RClimDex, executado no ambiente computacional *R*, conforme recomendações de Zhang e Yang (2004), Zhang et al. (2005) e Lima e Armond (2022). Todavia, devido à complexidade da linguagem e à compatibilidade da ferramenta com versões mais recentes de ambientes computacionais, indica-se a alternativa de emprego da plataforma *Climpact*, desenvolvida pelo *Open Panel of Experts on Climate Information for Adaptation and Risk Management* (OPACE 4), vinculado à OMM.

Para avaliação dos índices climáticos, averiguou-se, inicialmente, a tendência (positiva, negativa ou inexistente) dos parâmetros climáticos a partir do método de mínimos quadrados, com base no coeficiente de inclinação (*slope*). Em seguida, foi conferido o nível de significância estatística, por meio do teste F (Fisher), considerando níveis de significância de 10% ($p < 0,1$) e 5% ($p < 0,05$), conforme adotado em estudos similares (Santos et al., 2009). Os resultados foram organizados em tabelas para análise comparativa e espacialização. A representação cartográfica dos índices foi realizada em ambiente SIG, utilizando o *software* ArcMap (versão 10.3), permitindo a análise da distribuição espacial dos eventos extremos na área de estudo.

4 Resultados e Discussões

Os resultados evidenciam mudanças consistentes nos regimes térmico e pluviométrico da Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso de 1991 a 2020 (**Tabela 2**). De forma geral, observa-se um contraste marcante entre a robustez das tendências térmicas e a maior variabilidade dos índices de precipitação, com predominância de significância estatística elevada para temperatura e limitada para precipitação.

Tabela 2. Tendências dos índices climáticos para localidades na Região Sudoeste de Mato Grosso (1991-2020).[1]

Índices	Cáceres	Mirassol d'Oeste	Porto Esperidião	Indiavaí	Pontes e Lacerda	Vila Bela da SS[a] Trindade	Comodoro	Sapezal
PRCPTOT	-16,458	-20,456	-16,545	-19,67	-18,449	-19,409	-21,004	-27,829
CDD	0,537	**0,422**	**0,047**	0,156	0,498	0,798	**0,497**	0,659
CWD	-0,663	**-0,487**	**-0,433**	-0,595	-0,975	-0,48	-1,139	**-1,183**
R10mm	**-0,602**	**-0,834**	**-0,523**	**-0,791**	**-0,584**	**-0,586**	-0,904	-1,079
R20mm	-0,074	-0,042	**-0,07**	-0,01	-0,147	-0,164	-0,253	-0,59
RX1day	-0,182	0,091	-0,171	-0,053	-0,047	**0,019**	-0,073	**-0,72**
Rx5day	-0,572	**-0,38**	-1,02	**-0,301**	-0,147	0,126	-0,573	**-2,147**
TX10p	-0,038	-0,062	-0,061	-0,067	-0,025	-0,067	-0,193	-0,15
TN10p	0,086	-0,245	-0,201	-0,217	-0,194	-0,192	-0,353	-0,294
CSDI	**-0,095**	0,001	-0,034	-0,026	-0,018	-0,048	**-0,1**	-0,073
TX90p	0,692	0,983	0,748	0,995	0,734	0,718	0,921	0,87
TN90p	0,874	0,981	0,885	0,929	0,825	0,813	0,743	0,737

[1] Nota: tendências positivas em verde e negativas em vermelho; ausência de significância estatística sem grifo, com boa significância em cinza-claro (p-value entre 0,1 e 0,05) e alta significância em cinza-escuro (p-value < 0,05).

WSDI	0,77	1,755	1,043	1,762	0,701	0,931	1,85	1,879
TXn	0,011	0,021	0,027	0,019	0,043	0,041	0,109	0,104
TXx	0,057	0,072	0,065	0,065	0,058	0,057	0,144	0,133
TNn	0,086	0,104	0,087	0,098	0,074	0,089	0,092	0,087
TNx	0,089	0,113	0,074	0,095	0,084	0,079	0,103	0,095

Fonte: Araújo e Nascimento (2026).

No caso da precipitação, destaca-se a tendência negativa estatisticamente significativa do índice PRCPTOT em todas as localidades, indicando redução dos totais anuais ao longo do período analisado. Um cenário similar foi verificado no bioma Cerrado por Hofmann et al. (2021).

Apesar de ser constatada boa e alta significância apenas em Porto Esperidião, Vila Bela da Santíssima Trindade, Comodoro e Sapezal, é possível notar tendência negativa também para os índices de número de dias consecutivos úmidos (CWD), de dias com precipitação superior a 10 mm (R10mm) e 20 mm (R20mm), e positiva para o caso do número de dias consecutivos secos (CDD). Essa condição se traduz na redução de dias com eventos de chuva, do próprio período chuvoso e na respectiva ampliação da estiagem na área em apreço, corroborando os resultados de outras investigações no Mato Grosso (Marcuzzo; Oliveira; Cardoso, 2013) e na Região Centro-Oeste (Almeida, 2012; Santos et al., 2023).

Por sua vez, os índices de quantidade máxima de precipitação em um dia (RX1day) e em cinco dias consecutivos (RX5day) apresentam grande heterogeneidade de tendência na área em estudo e ausência de significância estatística, tal como verificado por Neves et al. (2024), para o estado de Goiás, e por Salviano, Groppo e Pellegrino (2016), para o território brasileiro. Esse comportamento reforça a hipótese de concentração de precipitação em eventos episódicos, porém sem evidência estatística robusta de intensificação, o que exige cautela na interpretação.

Em relação à temperatura, os resultados são mais consistentes e espacialmente homogêneos. Observa-se aumento significativo dos índices associados a extremos quentes (TX90p, TN90p e WSDI) e redução dos extremos frios (TX10p, TN10p e CSDI), indicando um claro processo de aquecimento regional. Esse padrão sugere não apenas elevação das médias térmicas, bem como intensificação e prolongamento de eventos de calor, com implicações diretas para o conforto térmico, a demanda hídrica e a produtividade agrícola.

A tendência positiva dos índices TXx, TNx, TXn e TNn reforça esse cenário, evidenciando que tanto os extremos máximos quanto mínimos estão se elevando. Nesse sentido, pode-se presumir que tanto os dias quanto as noites estejam se tornando mais quentes na área em estudo, tendo sido constatado por Luiz (2012) para a cidade de Goiânia - GO, em termos de incremento da temperatura máxima e, principalmente, mínima. Estudos similares também destacam cenários para o Brasil (Regoto et al., 2021; Coelho et al., 2023) e, especificamente, para o Centro-Oeste (Santos et al., 2023).

Nesse contexto, é fundamental considerar o possível papel das mudanças no uso e cobertura da terra como fator modulador dessas tendências. A expansão agropecuária e o desmatamento, amplamente documentados na região nas últimas décadas, contribuem para alterações no balanço de energia e no ciclo hidrológico. A substituição da vegetação nativa por pastagens e áreas agrícolas tende a reduzir a evapotranspiração e a umidade disponível na atmosfera, favorecendo o aumento da temperatura do ar e a diminuição da formação de precipitação convectiva.

Esse processo pode atuar de forma sinérgica com as mudanças climáticas de larga escala, intensificando o aquecimento e a irregularidade das chuvas.

Os eventos extremos observados reforçam essa interpretação. Os maiores volumes de precipitação concentram-se nas porções norte da área de estudo (**Figura 4**), tais como os registros de 2.354 mm em Comodoro em 1994 e de 2.184 mm em Sapezal no ano de 1992. Isso possivelmente decorre da maior proximidade com a Zona de Convergência do Atlântico Sul e à atuação da massa Equatorial continental (mEc), principais sistemas atmosféricos produtores de chuva na região, como apontam Grimm (2011), Quadro et al. (2012) e Borsato e Massoquim (2020).

O número de dias consecutivos úmidos (CWD) foi mais elevado também nas localidades ao norte, em Sapezal e Comodoro, com 97 dias em 1995 e 83 dias em 1996, respectivamente. Ao sul, como no município Porto Espiridião, com 36 dias. Outro aspecto que explica os maiores volumes e maior quantidade de dias úmidos nas localidades ao norte da Região Sudoeste de Mato Grosso é a influência da Serra dos Parecis na formação de chuvas orográficas, como enfatizado por Santos et al. (2023).

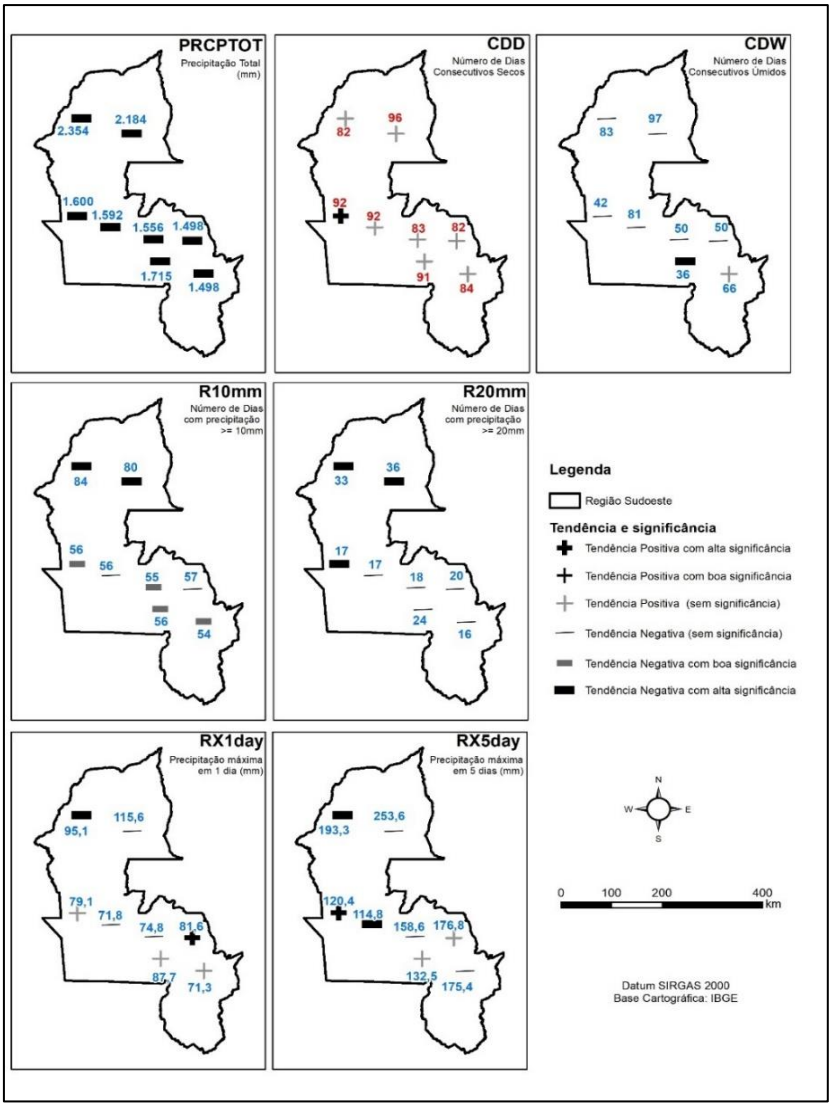

Figura 4. Tendências, significância estatística e registros extremos para os índices associados à precipitação para diferentes localidades na Região Sudoeste de Mato Grosso entre 1991 e 2020. Fonte: Araújo e Nascimento (2026).

Por sua vez, o maior número de dias consecutivos secos (CDD) foi registrado em Sapezal, com 96 dias em 2020, seguido por 92 dias em Vila Bela da Santíssima Trindade e no município de Pontes e Lacerda e por 91 dias em Porto Esperidião, no norte, centro e sul da Região. Esse período seco, representando mais de três meses consecutivos, afeta a segurança hídrica, energética e alimentar, como enfatiza Rodrigues (2017). A estiagem é justificada pelo predomínio durante o outono e, principalmente, inverno, da massa Tropical Atlântica (mTa), que repercute elevadas temperaturas, estabilidade atmosférica e ausência de eventos de precipitação (Serra; Ratisbona, 1942; Monteiro, 1951). Também vale mencionar a atuação da massa Tropical continental (mTc) na região em apreço, como enfatizado por Borsato e Massoquim (2020), sendo um sistema responsável pela interrupção das chuvas mesmo no período de estiagem, refletindo o fenômeno conhecido na literatura como veranico (Assad et al., 1993).

Não obstante, especialmente em anos de regime seco é recorrente esse período de três meses consecutivos sem precipitação, como evidenciado por Zavattini (1990), ao estudar o regime de precipitação entre anos habituais e excepcionalmente secos e chuvosos no Mato Grosso do Sul. Ademais, esse regime anual mais seco e o prolongamento da estiagem podem estar associados à menor atuação e intensidade dos eventos e sistemas atmosféricos produtores de precipitação (ZCAS e mEc), por influência de teleconexões atmosféricas, como o ENOS e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), como apontam estudos desenvolvidos por Grimm (2011) e Alves, Cabral e Nascimento (2022).

Em relação aos eventos máximos de precipitação em um dia (RX1day), o destaque é para o município de Sapezal (no norte da Região), com um volume diário de 115,5 mm registrado em 24 de março de 1991, seguido pelo valor de 95,1 mm verificado em Comodoro em 14 de março de 2010 e de 87,7 mm em Porto Esperidião em 13 de março de 1992. Por sua vez, o valor máximo de precipitação em cinco dias consecutivos (RX5day) foi de 253,6 mm em Sapezal em 1991, acompanhado de perto dos eventos extremos de 193,2 mm em Comodoro em 2006 e de 176,8 em Mirassol d'Oeste em 2010.

Villela (2003) e Nascimento, Lima e Cruz (2019) salientam que os extremos de precipitação geralmente estão associados à atuação da ZCAS e da mEc, com atuação expressiva no verão austral (Nimer, 1979), como exemplificado no dia 14 de março de 2010, ocasião em que foi registrada precipitação de 87,7 mm em Porto Esperidião, devido à atuação da ZCAS.

Conforme evidenciado pela **Figura 5**, os registros recordes de maior temperatura máxima (TXx) foram de 44,7 °C em Mirassol d'Oeste, 44,6 °C, já em Cáceres e 44,5 °C, todos verificados no ano de 2015 – quando se registrou um intenso evento de El Niño. Essas localidades se situam no sul da área em apreço, correspondente a uma região com acentuada conversão da cobertura vegetal natural em pastagens. Sobre isso, Rodrigues et al. (2022) argumentam que o processo histórico de desmatamento tem afetado o clima regional no país, especialmente em relação à redução da evapotranspiração e incremento das temperaturas. Por sua vez, os menores extremos relacionados ao TXx foram percebidos em Comodoro (39,2 °C) e Sapezal (41,5 °C), localizados ao norte da Região Sudoeste de Mato Grosso, possivelmente reflexo da altitude mais elevada verificada nessa área.

Também chamam a atenção os eventos extremos em relação à duração de períodos quentes (WSDI), com registro de 181 dias em Comodoro, 170 dias em Sapezal e 134 dias em Indiavaí, todos os casos verificados em

2020, ano que apresentou registros também consideráveis nas demais localidades analisadas. Os eventos extremos de temperatura máxima e a maior duração de períodos quentes podem ser relacionados à atuação persistente da mTa (Nascimento; Lima; Cruz, 2019) assim como da mTc (Borsato; Massoquim, 2020), que repercute elevadas temperaturas, baixos índices de umidade relativa do ar e baixa nebulosidade (Nimer, 1979) – condições favoráveis a elevação da temperatura do ar.

Por fim, destaca-se a ocorrência de extremos de temperatura mínima (TNn), que incluem os registros de 3,9°C em Indiavaí, 4,6°C em Porto Esperidião e 4,7°C em Sapezal, em 26 de junho de 1994 na última localidade e no dia 30 de junho de 1996 nas duas primeiras. Os registros extremos de temperatura mínima, de maneira geral no país, são relacionados a atuação da massa polar – mPa (Monteiro, 1969; Nimer, 1979). Tais registros são extremamente preocupantes, por afetarem culturas agrícolas, criações de rebanhos e o conforto térmico da população, especialmente crianças e idosos.

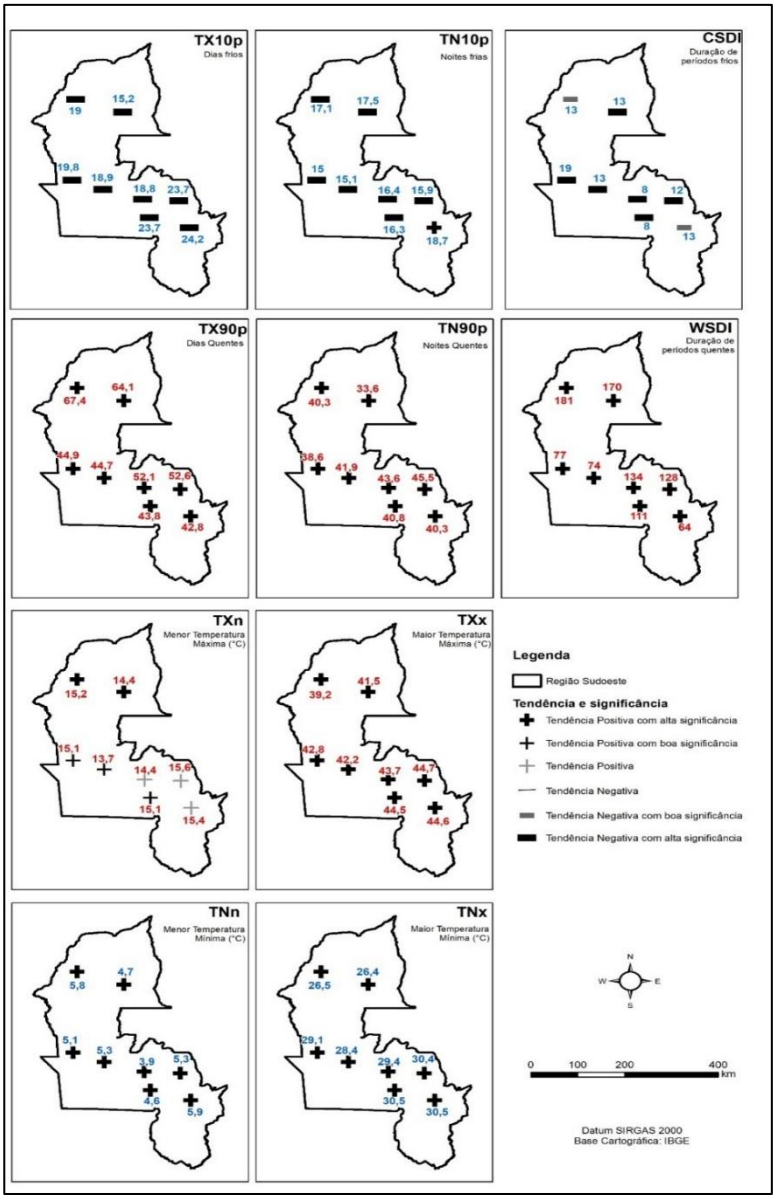

Figura 5. Tendências, significância estatística e registros extremos para os índices associados à temperatura para diferentes localidades na Região Sudoeste de Mato Grosso entre 1991 e 2020. Fonte: Araújo e Nascimento (2026).

Recorrentemente, esses eventos extremos têm ocasionado diversos transtornos nos centros urbanos, decorrentes das enchentes, inundações e alagamentos que comprometem a mobilidade urbana, provocam danos econômicos e materiais e, em situações mais severas, resultam em perdas de vidas humanas, sobretudo em áreas ocupadas por populações socialmente vulneráveis, como enfatizado por Marengo (2009) e ilustrado pela matéria publicada em 15 de setembro de 2020 pelo jornal Gazeta Digital (**Figura 6**).



Ribeirinhos já sentem efeitos da seca

Elayne Mendes
e Dantielle Venturini
Da Redação

Longo período de estiagem tem afetado diretamente o sustento de famílias ribeirinhas de Barão de Melgaço (113 km ao sul de Cuiabá). Além da baixa do rio Cuiabá, temperatura da água tem afastado peixes e dificultado até mesmo a hidratação de animais como bois e cavalos. Prefeitura do município, por meio da Defesa Civil, elaborou uma força-tarefa para auxiliar a população. Comerciantes também sentem impacto dos mais de 100 dias de chuva.

Moradora de Barão e proprietária de uma peixaria, Francisca Braga, 56, conta que a cada ano que passa a situação ambiental está ficando pior e afeta a todos que vivem na cidade. Seu estabelecimento fica às margens do rio Cuiabá e próximo as 6 réguas que medem a altura do rio. Numeradas de 1 a 6, sendo a primeira na parte mais baixa da praia e a sexta na mais alta, mostram que o rio está no nível mais baixo da primeira régua. "Em anos anteriores, na época de seca, o rio ficava na régua 3. A situação atual nos assusta muito. É fogo para todo lado e um rio que seca aos poucos".

Chefe de gabinete da prefeitura de Barão de Melgaço, Benedito de Pinho Amorim, explica que cenário também é visto com preocupação pelo município. "O reflexo desta longa estiagem é o pior possível. A última chuva registrada aqui foi em abril, ou seja, estamos há cerca de 150 dias sem chuva". Amorim ainda acrescenta que, com a seca, não houve possibilidade de os peixes descerem o rio, o que afetou diversas famílias que vivem da pesca.

A falta de chuva também está dificultando a hidratação dos animais criados por quem mora nas comunidades rurais mais afastadas. Segundo o chefe de gabinete, os poços estão secando e, sem chuva, não tem como encher. Para auxiliar essas famílias, equipes da Defesa Civil local têm ido de barco às comunidades para entregar alimentos e medicação quando necessário. "É um das poucas coisas que estão ao nosso alcance e que podemos fazer".

Outras cidades

Municípios como Nova Santa Helena (622 km ao norte de Cuiabá) e Juscimeira (157 km ao sul de Cuiabá) já decretaram situação de emergência por causa da seca e baixa nos rios da região. Além das duas, outros municípios também enfrentam problemas e estão a um passo de pedir o reconhecimento.

Em Rondonópolis (212 km ao sul), a situação do rio Vermelho, responsável por metade do abastecimento da cidade, está com o nível de água abaixo do ideal. Na última sexta-feira (11), o nível estava em 1,18 metros, menos da metade do índice ideal, que é de 3 metros.

Em Tangará da Serra, (239 km de Cuiabá), o prefeito Fábio Junqueira assinou decreto de racionamento que obriga a população a economizar água pelos próximos 120 dias. Na cidade estão proibidas irrigações agrícolas na estação de tratamento do rio Queima-pé, irrigações de jardins domiciliares com água do abastecimento público, lavagem de carros, calçadas e ruas com mangueira.

Baixa do rio já é marcada pela régua mais profunda em Barão

Figura 6. Matéria de jornal destacando os impactos das estiagens acentuadas em comunidades mais vulneráveis. Fonte: Mendes e Venturine (2020).

Ressalta-se, ainda, o impacto das condições atmosféricas adversas sobre a saúde e o bem-estar da população. À título de contextualização, dados do Atlas Digital de Desastres no Brasil (2025), de 1991 a 2025, apontam que o estado do Mato Grosso registrou 1.172 desastres hidrológicos, climatológicos e meteorológicos – principalmente associados a chuvas intensas (29%), enxurradas (19%) e inundações (16%) – **Figura 7**. Tais desastres resultaram em 15 óbitos, 5.671 feridos e mais de 43 mil desalojados e desabrigados, além de danos materiais calculados em 3,36 bilhões de reais e prejuízo de 1,29 bilhões de reais aos cofres públicos.

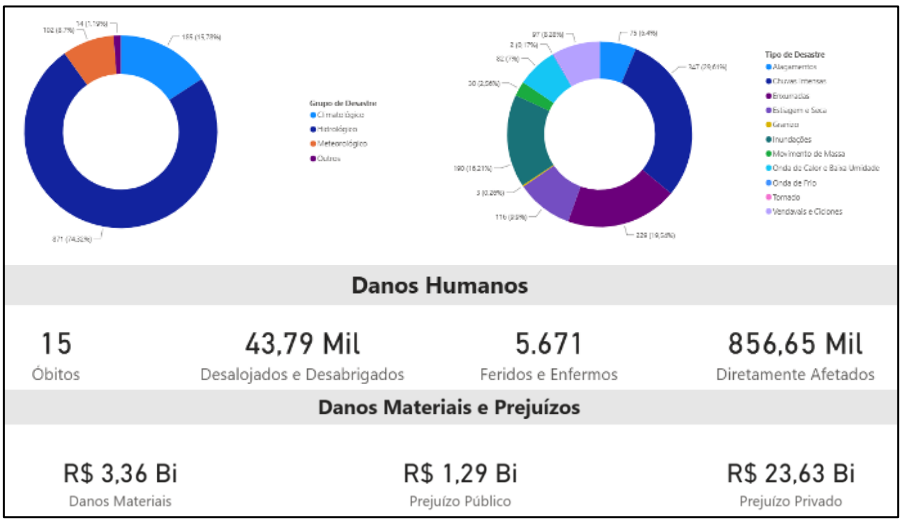

Figura 7. Registros de desastres por grupo e tipo e dados de danos humanos e materiais para o estado do Mato Grosso entre 1991 e 2025. Fonte: Atlas Digital de Desastres no Brasil (2025).

Os impactos dos eventos climáticos extremos atingem de maneira mais intensa idosos, crianças e indivíduos com doenças crônicas, grupos mais suscetíveis aos efeitos de ondas de calor, baixa umidade do ar e eventos hidrometeorológicos extremos. Além dos riscos à saúde, esses grupos enfrentam maiores dificuldades de adaptação e recuperação, ampliando os impactos sociais e econômicos associados a tais eventos. Esse aspecto é amplamente demonstrado pela literatura científica, tanto em escala planetária (Masselot et al., 2023; Romanelo et al., 2024) quanto para a área em estudo (Fernandes, Hacon e Novais, 2021). Nesse sentido, Pajares (2023) enfatiza que as mudanças climáticas têm aprofundado desigualdades preexistentes e agravado as vulnerabilidades socioeconômicas, inclusive provocando deslocamento forçado de populações em diferentes regiões do mundo, denominados como refugiados climáticos.

5 Conclusões

A emergência climática tem mobilizado esforços da comunidade científica, de gestores públicos e de toda sociedade civil no sentido de compreender, mitigar e adaptar-se às mudanças em curso. Nesse contexto, este estudo contribui com o tema ao analisar as tendências e a ocorrência de eventos extremos de temperatura e precipitação na Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso, a partir da aplicação de índices climáticos padronizados. A utilização de 17 índices do ETCCDI, associados a uma série temporal de 30 anos (1991-2020), permitiu identificar padrões consistentes de variabilidade climática, estabelecendo um diagnóstico robusto das transformações recentes no clima regional.

Os resultados evidenciaram um sinal claro e estatisticamente significativo de aquecimento, expresso pelo aumento dos índices associados à temperatura máxima e pela redução de eventos extremos de temperatura mínima. Em contraste, os padrões de precipitação mostraram maior variabilidade, com tendência consistente apenas para a redução dos totais anuais, associada ao aumento da duração dos períodos secos. Esse comportamento reforça a hipótese de intensificação da sazonalidade climática, com implicações diretas para a disponibilidade hídrica e a dinâmica dos sistemas naturais e produtivos.

A interpretação integrada dos resultados sugere que essas mudanças não decorrem exclusivamente de forçantes climáticas globais, mas também da atuação de fatores regionais. Destaca-se, nesse sentido, o papel da Massa Tropical Continental na intensificação da estiagem, especialmente a partir do outono, bem como a influência das mudanças no uso e cobertura da terra. A expansão agropecuária e o desmatamento tendem a alterar o balanço de energia e o ciclo hidrológico, reduzindo a evapotranspiração e favorecendo o aumento das temperaturas e a irregularidade das chuvas.

Do ponto de vista aplicado, os achados deste estudo possuem implicações relevantes para o planejamento territorial e a gestão de recursos naturais. A tendência de aumento de extremos térmicos e prolongamento da estiagem demanda a adoção de estratégias adaptativas, como o fortalecimento da gestão hídrica, a adoção de práticas agropecuárias mais resilientes (por exemplo, sistemas integrados e conservação do solo), e o aprimoramento de sistemas de monitoramento e alerta para eventos extremos. Além disso, os resultados podem subsidiar políticas públicas voltadas à conservação da vegetação nativa, considerando seu papel na regulação climática regional.

A utilização dos índices de detecção e tendências de mudanças climáticas propostos pela OMM se revelou uma abordagem altamente pertinente para representar de maneira precisa as possíveis tendências de aumento ou diminuição dos parâmetros climáticos, para averiguação de sua significância. Da mesma forma, destaca-se o emprego de dados de reanálise provenientes do sistema NASA-POWER, tendo em vista a inexistência de estações meteorológicas na área de estudo com séries temporais adequadamente extensas e consistentes para a análise.

Apesar das contribuições, o estudo apresenta limitações que devem ser consideradas. A principal refere-se à utilização de dados de reanálise, ainda que validados, os quais podem não capturar integralmente as variabilidades locais, especialmente em regiões com forte heterogeneidade fisiográfica. Ademais, a resolução espacial dos dados pode suavizar extremos pontuais. Essas limitações foram parcialmente mitigadas pela validação com dados observacionais e pela adoção de índices padronizados internacionalmente, mas indicam a necessidade de ampliação da rede de monitoramento meteorológico na região.

Diante disso, recomenda-se que estudos futuros avancem na integração entre dados observacionais e modelagem climática, bem como na análise das relações entre variabilidade climática, uso da terra e teleconexões atmosféricas. Investigações que incorporem impactos socioeconômicos e ambientais dos extremos climáticos também são fundamentais para ampliar a aplicabilidade dos resultados. Em síntese, este estudo contribui para o avanço do conhecimento climatológico em escala regional ao evidenciar tendências consistentes de aquecimento e alterações no regime de precipitação no sudoeste de Mato Grosso. A combinação entre abordagem metodológica padronizada, uso de dados de reanálise validados e análise integrada dos resultados reforça a confiabilidade das evidências apresentadas. Esses achados não apenas dialogam com projeções globais, como também destacam a importância de considerar fatores regionais, como o uso da terra, na compreensão das mudanças climáticas. Dessa forma, o trabalho oferece subsídios relevantes tanto para a pesquisa científica quanto para a formulação de estratégias de adaptação frente às mudanças climáticas.

Contribuições das pessoas autoras (CRediT): Concepção: A.R.A.; metodologia: A.R.A. e D.T.F.N.; análise: A.R.A. e D.T.F.N.; coleta/produção de dados: A.R.A.; escrita (primeira versão): A.R.A.; escrita (revisão e edição): A.R.A. e D.T.F.N.; supervisão: D.T.F.N. Todos os autores leram e aprovaram a versão final do manuscrito".

Disponibilidade de dados: Os dados utilizados neste estudo são provenientes de fontes secundárias de acesso público, disponibilizadas por instituições oficiais, incluindo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Os conjuntos de dados podem ser acessados diretamente nas respectivas páginas institucionais, de acordo com os critérios e procedimentos de disponibilização adotados por cada órgão. Como os dados são públicos e amplamente disponíveis, não foi necessário o depósito em repositório específico para este estudo.

Financiamento: Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

Declaração de uso de inteligência artificial: Os autores declaram não ter utilizado ferramentas de inteligência artificial em nenhuma etapa da elaboração do manuscrito ou da realização da pesquisa.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

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. https://doi.org/10.1029/2005JD006290.

ALMEIDA, J. M. V. Índices de monitoramento e detecção de mudanças climáticas na região Centro-Oeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2012. 178p.

ALMEIDA, R.; REBELLO, E.; AMBRIZZI, T. Variabilidade de eventos extremos e identificação de tendências climáticas no litoral Norte do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16., 2010, Brasília. Anais... São Paulo: Inmet/Usp, 2010.

ALVES, W. S.; CABRAL, J. B. P.; NASCIMENTO, D. T. F. A participação do El Niño Oscilação Sul (ENOS) e da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) nas anomalias de chuva em Goiás e no Distrito Federal. Revista Ra'eGa-Espaço Geográfico em Análise, v. 55, p. 176-200, 2022. http://dx.doi.org/10.5380/raega.v55i0.83567

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). Dados Convencionais. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/> Acesso em: nov. 2022.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R. de; SILVA, F. A. M. da. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993. https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab1993.v28.3962

BARROS, S.; ZAVATTINI, J. A. A aplicação do paradigma do ritmo em estudos climáticos. Mercator, v. 8, n. 16, p. 255-261, 2009. https://doi.org/10.4215/RM2009.0816.0019

BORSATO, V. A.; MASSOQUIM, N. G. Os movimentos, as áreas de atuação e as propriedades das massas de ar no Brasil. Revista Geomae-Geografia Meio Ambiente e Ensino, v. 11, n. 1, p. 27-56, 2020.

CAMPOS, A. N. S. Pantanal 2012 a 2021: uma década em chamas. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) – Universidade Anhanguera, Campo Grande, 2024. 117p.

CAMARGO, L. (Org.). Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômica e ecológica. Cuiabá: Entrelinhas, 2011.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). Relatório de eventos hidrológicos e geohidrológicos: 2023. São José dos Campos: CEMADEN, 2023.

COELHO, F. J. S.; PEREIRA, M. A.; DAVIS JUNIOR, C. A.; SILVA N. G.; SILVA T. T. da. Seasonal study on changing trends in climatic extremes indicators in the Brazilian territory. Revista Brasileira de Cartografia, v. 75, 2023. https://doi.org/10.14393/rbcv75n0a-68545

COELHO, T. Q. et al. Validação dos dados agrometeorológicos do NASA Power para o município de Vitória da Conquista, Bahia. Anais... 15º In: Encontro Nacional do Café, 2024. Disponível em: https://anais2.uesb.br/index.php/encafe/article/view/2928. Acesso em: 29 abr. 2026.

CORREIA, A. A. Desempenho do projeto POWER/NASA para estimativa de precipitação pluvial e temperatura do ar no semiárido brasileiro. Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto, v. 5, n. 3, p. 46-60, 2024. https://doi.org/10.66205/rbsr.v5i3.174

DALLACORT, R.; SILVA NEVES, S. M. A.; NUNES, M. C. M. Variabilidade da temperatura e das chuvas de Cáceres/Pantanal Mato-Grossense-Brasil. Geografia (Londrina), v. 23, n. 1, p. 21-33, 2014. https://doi.org/10.5433/2447-1747.2014v23n1p21

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. https://doi.org/10.1007/s00484-019-01810-1

FERNANDES, T.; HACON, S. DE S.; NOVAIS, J. W. Z. Mudanças climáticas, poluição do ar e repercussões na saúde humana: revisão sistemática. Revista Brasileira De Climatologia, 28, 138–164, 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. https://doi.org/10.1007/s00477-010-0211-6

HOFMANN, G. S.; CARDOSO, Manoel F.; ALVES, Ruy J. V.; WEBER, Eliseu J.; BARBOSA, Alexandre A.; TOLEDO, Peter M. de; PONTUAL, F. B.; SALLES, L.de O.; HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; AQUINO, F. E.; OLIVEIRA, L. F. B. de. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. Global Change Biology, v. 27, n. 17, p. 4060-4073, 2021. https://doi.org/10.1111/gcb.15712

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020. Brasília: INMET, 2022. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf. Acesso em: 15 mar. 2026.

IPCC AR6. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021. https://doi.org/10.1017/9781009157896

JIANG, D. et al. Variability of extreme summer precipitation over Circum-Bohai-Sea region during 1961-2008. Theoretical and Applied Climatology, v. 104, p. 501-509, 2011. https://doi.org/10.1007/s00704-010-0369-5

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. https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-64770

LUIZ, G. C. Influência da relação solo-atmosfera no comportamento hidromecânico de solos tropicais não saturados: estudo de caso - município de Goiânia - GO. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2012. 246p.

MAPBIOMAS. Download. 2023. Disponível em: https://mapbiomas.org/download. Acesso em: 17 mar. 2023.

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, v. 6, n. 2, p. 112-130, 2012.

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. https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/18875

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. de L.; CARDOSO, M. R. D. Tendência do número de dias de chuva no estado do Mato Grosso. Ciência e Natura, v. 32, n. 2, p. 59-82, 2013. https://doi.org/10.5902/2179460X9342

MARENGO, J. A. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima – impactos sociais e econômicos. Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas. INPE, 2009. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/newsletters/Boletim_No8_Port.pdf. Acesso em: 6 maio 2023.

MASSELOT, P. et al. Excess mortality attributed to heat and cold: a health impact assessment study in 854 cities in Europe. Lancet Planet Health, v. 7, n. 4, p. 271-281, 2023. https://doi.org/10.1016/S2542-5196(23)00023-2

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento. Regiões de Planejamento de Mato Grosso. Cuiabá: SEPLAN, 2017.

MENDES, E.; VENTURINE, D. Ribeirinhos já sentem os efeitos da seca. Gazeta Digital. [online]. 15 de set. 2020. Cidade. Disponível em: 3 https://flip.gazetadigital.com.br/pub/jornalagazeta/?numero=10354#page/13. Acesso em: 11 maio 2026.

MINUZZI, R. B.; LOPES, F. Z. Desempenho agronômico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, n. 8, p. 734-740, 2015. https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p734-740

MONTEIRO, C. A. de F. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. Revista Brasileira de Geografia. v. 13, n. 1, p. 3-46, jan-mar, 1951.

MONTEIRO, C. A. de F. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: IGEOG/USP, 1971.

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. São Paulo: Instituto de Geografia/Universidade de São Paulo, 1969.

MONTEIRO, L. A.; SENTELHAS, P. C.; PEDRA, G. U. Assessment of NASA/POWER satellite-based weather system for Brazilian conditions and its impact on sugarcane yield simulation. International Journal of Climatology, v. 38, n. 3, p. 1571-1581, 2017. https://doi.org/10.1002/joc.5282

MORENO, G.; HIGA, T. C. S. Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente. 2. ed. Cuiabá: Entrelinhas, 2017. 303p.

NASCIMENTO, D. T. F.; LIMA, L. V. V.; CRUZ, V. P. Episódios e gênese dos eventos climáticos extremos em Goiânia-GO. Caderno de Geografia, v. 29, n. 57, p. 583-608, 2019. https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2019v29n57p583

NEVES, G. Z. F.; SANTOS B. C. dos; BUARQUE P. F. S. M.; SANCHES R. G.; PERUSSI R.; PEREIRA D. N. B.; HORTA I. T. L. G. 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. https://doi.org/10.55761/abclima.v34i20.17794

NEVES, S. M. A. S. SEABRA JÚNIOR, S.; ARAUJO, K. L.; SOARES NETO, E. R.; NEVES, R. J.; DALLACORT, R.; KREITLOW, J. P. 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. https://doi.org/10.5216/ag.v7i2.23866

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1979. 421p.

NUNES, M. C. M. SILVA, S. M. A. da; NEVES, R. J.; NERY, J. T. 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. https://doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n3p271-278

OLIVEIRA, N. de 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. 4, p. 284-29, set-dez 2015.

PAJARES, M. Bla-bla-bla. El mito del capitalismo ecológico. Valência: Rayo Verde, 2024.

PAULA, W. C. S. SANTANA, M. F.; GONZÁLEZ, A. Z. D. Impactos dos eventos extremos de precipitação em Cáceres-MT, no período 1995-2010. Revista Equador, v. 7, n. 1, p. 259-274, 2018. http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador

PETERSON, T. C. Climate Change Indices. WMO Bulletin, v. 54, n. 2, p. 83-86, 2005. Disponível em: https://etccdi.pacificclimate.org/papers/WMO.Bulletin.April.2005.indices.pdf. Acesso em: 21 set. 2022.

QUADRO, M. F. L.; DIAS, M. A. F. da S.; HERDIES, D. L.; GONÇALVES, L. G. G. de. 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. https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000200004

QUEIROZ, R. F. N.; NEVES, S. M. A. da S.; DALLACORT, R.; SEABRA JUNIOR, S.; NEVES, R. J.; MACHADO, T. da S. Análise agroclimática do melão na região Sudoeste Mato-grossense. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 9, n. 1, p. 215-225, 2016. https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.1.p215-225

REGOTO, P.; DERECZYNSKI, C.; CHOU, S. C.; BAZZANELA, A. C. Observed changes in air temperature and precipitation extremes over Brazil. International Journal of Climatology, v. 41, n. 11, p. 5125-5142, 2021. https://doi.org/10.1002/joc.7119

ROCHA, V. M. Um breve comentário a respeito do IPCC AR6. Entre-Lugar, v. 12, n. 24, p. 396-403, 2021. https://doi.org/10.30612/rel.v12i24.15253

RODRIGUES, A. A.; MACEDO, M. N.; SILVÉRIO, D. V.; MARACAHIPES, L.; COE, M. T.; BRANDO, P. M.; SHIMBO, J. Z.; RAJÃO, R.; SOARES-FILHO, B.; BUSTAMANTE, M. M. C. Cerrado deforestation threatens regional climate and water availability for agriculture and ecosystems. Global Change Biology, v. 28, n. 22, p. 6807-6822, 2022. https://doi.org/10.1111/gcb.16386

RODRIGUES, J. C. M. O nexo água-energia-alimentos aplicado ao contexto da Amazônia Paraense. 2017. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017. 92p.

ROMANELLO, M. et al. The 2024 report of the Lancet Countdown on health and climate change: facing record-breaking threats from delayed action. The Lancet, v. 404, n. 10465, p. 1847-1896, 2024.

RONDON, E. P. B. Análise estatística das ondas de calor em Cuiabá-MT (1961-2024). 2025. Graduação em Meteorologia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Campina Grande-PB, 2025. 49p.

SALVIANO, M. F.; GROPPO, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, p. 64-73, 2016. https://doi.org/10.1590/0102-778620150003

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. https://doi.org/10.1590/S0102-77862009000100004

SANTOS, L. O. F.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S.; GELI, H.M. E.; QUERINO, C. A.; RUHOFF, A.; IVO, I.; LOTUFO NETO, N. Trends in precipitation and air temperature extremes and their relationship with sea surface temperature in the Brazilian Midwest. Atmosphere, v. 14, n. 3, p. 1-20, 2023. https://doi.org/10.3390/atmos14030426

SERRA, A.; RATISBONNA, L. As massas de ar na América do Sul. Rio de Janeiro: Serviço de Meteorologia, Ministério da Agricultura, 1942.

SETTE, D. M. O holorritmo e as interações trópico-extratrópico na gênese do clima e as paisagens do Mato Grosso. 2000. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. 424p.

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. Disponível em: https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/issue/view/184. Acesso em: 24 jun. 2024.

TORSONI, G. B. et al. Uso da precipitação na previsão antecipada da produtividade de soja no Estado do Mato Grosso do Sul. In: Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação, 6., 2022, Naviraí. Anais... Naviraí: UFMS, 2022. Disponível em: https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/15820. Acesso em: 13 maio 2026.

VILLELA, J. R. A Zona de Convergência do Atlântico Sul: o novo fenômeno explica chuvas que marcaram o verão. Scientific American Brasil, v. 11, p. 14-15, 2003. https://doi.org/10.5935/0100-929X.20170006

ZAVATTINI, J. A. A dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul. 1990. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1990. 250p. Disponível em: https://repositorio.usp.br/item/000733080. Acesso em: 11 maio 2026.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. Climatologia geográfica: teoria e prática de pesquisa. Campinas: Editora Alínea, 2013. 151p.

ZHANG, X.; HEGERL, G.; ZWIERS, F. W.; KENYON, J. Avoiding inhomogeneity in percentile-based indices of temperature extremes. Journal of Climate, v. 18, n. 11, p. 1641-1651, 2005. https://doi.org/10.1175/JCLI3366.1

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.

SOBRE A AUTORIA

Diego Tarley Ferreira Nascimento

É Professor Adjunto no Instituto de Estudos Socioambientais, da Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia (GO), Brasil. Possui doutorado (2016), mestrado (2011) e bacharelado (2009) em Geografia pela UFG, com pós-doutorado em Engenharia Industrial e Inteligência Artificial da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) e na Universidad de Barcelona (Espanha). Também é professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás (Mestrado e Doutorado) e colaborador dos Programas de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB/UFG) e em Geografia da Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Cora Coralina (PPGEO/UEG). Atua na área de Geografia Física e Geomática, com ênfase em Cartografia, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Climatologia. Desenvolve pesquisas relacionadas às mudanças climáticas, com ênfase em governança climática, adaptação e mitigação, análise de séries temporais, risco climático e eventos extremos.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0420-3636

E-mail: diego_nascimento@ufg.br

Adilson Ribeiro De Araújo

É professor efetivo da Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso (SEDUC), atuando em Pontes e Lacerda (MT), Brasil. Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (2025), mestre em Geografia pela Universidade Federal do Mato Grosso (2018) e graduado em Geografia pelo Centro Universitário de Várzea Grande (2004). Atua há 23 anos na licenciatura em Geografia, com experiência no ensino fundamental, médio e superior na modalidade a distância. Sua atuação concentra-se na Geografia Física, com ênfase em Climatologia e Geomorfologia, desenvolvendo atividades nas áreas de variabilidade e tendências climáticas, sistemas atmosféricos, dinâmica do relevo, hidrogeografia, geotecnologias, impactos ambientais e educação ambiental.

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3670-1573

E-mail: adilson.araujo@edu.mt.gov.br