



ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS E TENDÊNCIAS DE PRECIPITAÇÃO NO ESTADO DE GOIÁS E DISTRITO FEDERAL (BRASIL)¹

*Climate extremes indices and precipitation trends in the state
of Goiás and Distrito Federal (Brazil)*

*Índices de clima extremo y tendencias de precipitación en el
estado de Goiás y Distrito Federal (Brasil)*

Gustavo Zen de Figueiredo Neves  

Universidade de São Paulo

gustavozen@usp.br

Bruno César dos Santos  

Universidade Federal de São Carlos

bruno-unifal@hotmail.com

Plácido Fabrício Silva Melo Buarque  

Instituto Federal Goiano

placido_buarque@alumni.usp.br

Rafael Grecco Sanches  

Universidade de São Paulo

rafagsanches@alumni.usp.br

Rafael Perussi  

Universidade de São Paulo

rafaperussi@gmail.com

Diego Narciso Buarque Pereira  

Instituto Federal do Sul de Minas Gerais

diegonarcisobuarque@gmail.com

¹ Menção honrosa no XV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica 2023 – Eixo temático 5: Climatologia Regional. Detalhes em NEVES et. al., (2023).

Resumo: Este estudo analisa as tendências estatísticas e de extremos de precipitação em diferentes compartimentações geomorfológicas do Estado de Goiás e o Distrito Federal, região centro-oeste do Brasil. Foram utilizados nove índices de extremos climáticos baseados em dados diários de precipitação em uma série temporal de 41 anos. Selecionou-se alguns conjuntos de dados pluviométricos localizados na área de estudo situados dentro de unidades geomorfológicas ou em transição, por meio de quatro transectos. Os índices de quantidade máxima de precipitação em um dia e em cinco dias acumulados apontaram tendências positivas para os eventos de precipitação extremos. O índice simples de intensidade diária revelou que na região norte e nordeste de Goiás há maiores intervalos entre os limites interquartílicos superior e inferior, à medida que na porção leste a variação tende a ser menor. Mais da metade das tendências não apresentaram níveis de significância estatística.

Palavras-chave: Centro Oeste. Extremos climáticos. Geomorfologia. Boxplot. Percentil.

Abstract: This study analyzes the statistical trends and extremes of precipitation in different geomorphological compartments of the State of Goiás and the Distrito Federal, central-western region of Brazil. Nine climate extreme indices were used based on daily precipitation data in a 41-year time series. Some rainfall data sets located in the study area were selected within geomorphological units or in transition, by means of four transects. The indices of maximum precipitation amount in one day and in five accumulated days point to positive trends for extreme precipitation events. The simple daily intensity index revealed that in the north and northeast of Goiás there are greater intervals between the upper and lower interquartile limits, while in the eastern portion the variation tends to be smaller. More than half of the trends did not show levels of statistical significance.

Keywords: Brazilian Midwest. Climate Extremes. Geomorphology. Boxplot. Percentile.

Resumen: Este estudio analiza las tendencias estadísticas y los extremos de precipitación en diferentes compartimentaciones geomorfológicas del Estado de Goiás y el Distrito Federal, en la región centro-oeste de Brasil. Se utilizaron nueve índices de extremos climáticos basados en datos diarios de precipitación en una serie temporal de 41 años. Se seleccionaron algunos conjuntos de datos pluviométricos ubicados en el área de estudio, situados dentro de unidades geomorfológicas o en transición, a través de cuatro transectos. Los índices de cantidad máxima de precipitación en un día y en cinco días acumulados indicaran tendencias positivas para los eventos de precipitación extrema. El índice simple de intensidad diaria revela que en la región norte y nordeste de Goiás hay mayores intervalos entre los límites intercuartílicos superior e inferior, a medida que para la porción este la variación tiende a ser menor. Más de la mitad de las tendencias no presentaron niveles de significancia estadística.

Palabras-Clave: Centro Oeste Brasileño. Extremos climáticos. Geomorfología. Diagrama de caja (Boxplot). Percentil.

Submetido em: 10/12/2023

Aceito para publicação em: 12/02/2024

Publicado em: 14/07/2024

1. INTRODUÇÃO

A chuva é um dos elementos climáticos mais importantes no que se refere à sobrevivência da sociedade humana, pois é um dos fatores essenciais para manutenção da nossa sociedade, por exemplo, no auxílio da produção de alimentos. Além disso, as populações humanas podem experimentar situações variadas no que se refere à disponibilidade e distribuição das chuvas (secas e enchentes) que interferem e influenciam na organização espacial (ZAVATINI, 1990).

Dentre os principais elementos do clima, um dos mais utilizados em estudos climatológicos diz respeito à pluviosidade, exaustivamente analisados do ponto de vista de sua distribuição temporal e espacial. Há também estudos voltados para a caracterização das chuvas correlacionando-as à ação das grandes massas de ar, o que garante melhor análise e verificação de sua gênese (ZANDONADI, 2013).

A variabilidade pluviométrica, principal elemento discutido na maioria dos estudos em climatologia regional, expressa inúmeras possibilidades e lacunas a serem preenchidas, por meio de estudos de natureza estatística (AYOADE, 1996). Neste sentido, sintetizam com maior detalhe os sistemas atmosféricos e as características em climatologia térmica e pluviométrica da região (NIMER, 1979; SANCHES et al., 2022).

Analisando a variabilidade climática na escala regional, Haylock et al., (2006), observaram a tendência de aumento do total pluviométrico anual sobre o Nordeste Brasileiro. Santos et al., (2009), observaram tendências de aumento de episódios extremos de precipitação para o Estado do Ceará. Por outro lado, Santos et al., (2008), observaram a diminuição dos eventos extremos de precipitação anual para o sudeste do Estado de Goiás. Rebello et al., (2008), identificaram modificações significativas com uma tendência para a redução da precipitação anual e intensidade pluviométrica acima de 20mm anuais para o Distrito Federal e adjacências.

Este estudo analisa os índices de extremos climáticos e as tendências estatísticas de precipitação em diferentes compartimentações geomorfológicas do estado de Goiás e o Distrito Federal, por meio da análise de nove índices climáticos, em uma série temporal de 41 anos ininterruptos.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa faz parte de um projeto mais amplo intitulado “*Distribuição geográfica das chuvas no Estado de Goiás e Distrito Federal: gênese e aplicações nos estudos rítmicos*”. A série temporal compreende dados diários de um período de 41 anos, observada de 1 de janeiro de 1975 a 31 de dezembro de 2015, disponível no Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos (SNIRH/HidroWeb), plataforma eletrônica da Agência Nacional de Águas – ANA. Mais detalhes estão documentados em Neves (2018) e Neves (2019).

2.1. Índices de extremos climáticos de precipitação

Os índices de extremos climáticos foram utilizados nesta pesquisa baseados em dados diários de precipitação. Os índices foram sugeridos pela Equipe de Especialista em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas (*Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices - ETCCDMI*), levando-se em conta dados de temperatura e precipitação. Foram utilizados 9 índices de extremos climáticos para precipitação, conforme a Tabela 1.

Tabela 1- Índices de extremos climáticos de precipitação.

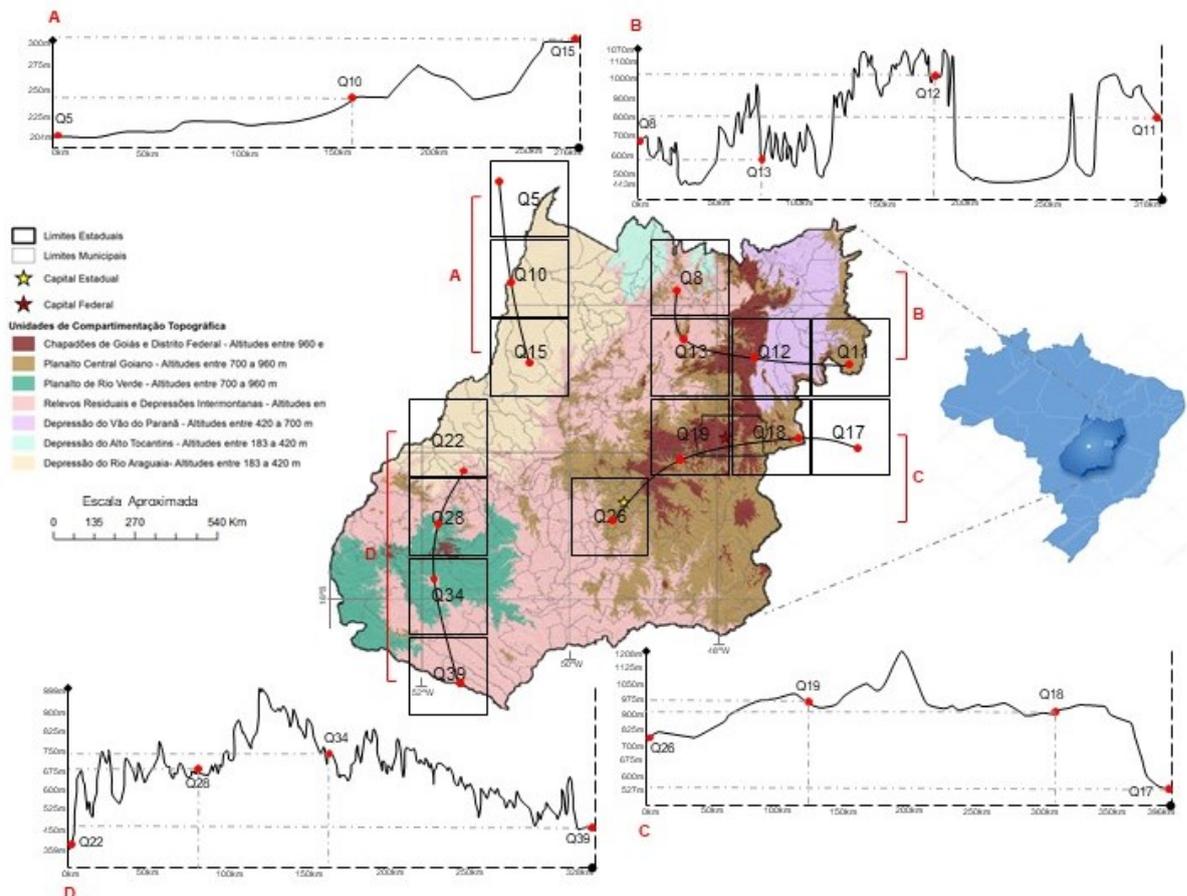
ÍNDICES	DEFINIÇÃO	UNIDADES
Rx1dia	Quantidade máxima de precipitação em 1 dia	mm/dia
Rx5dias	Quantidade máxima de precipitação em 5 dias consecutivos	mm/dia
RX50 mm	Número de dias, em um ano, com precipitação superior à 50 mm	dias/ano
R95p	Precipitação anual total R>95 percentil	mm/ano
R99p	Precipitação anual total R>99 percentil	mm/ano
DCC	Dias Consecutivos Chuvosos anuais	dias/ano
DCS	Dias Consecutivos Secos anuais	dias/ano
PRCPTOT	Precipitação Total Anual	mm/ano
SDII	Índice Simples de Intensidade Diária	dias/ano

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Estudos em regiões tropicais foram realizados por Dantas et al., (2015), Nobrega et al., (2015), Santos et al., (2016), Santos e Oliveira (2017), entre outros.

Pela grande quantidade de dados e postos, optou-se por seleccionar alguns conjuntos de dados pluviométricos localizados dentro de unidades geomorfológicas, por meio de transectos, sendo esses o Rio Araguaia, Chapada dos Veadeiros - Vão do Paranã, Planalto do Distrito Federal e o transecto da Serra do Caiapó (Figura 1). As unidades geomorfológicas e postos correspondem às seguintes quadrículas (Q): Q5, Q10 e Q15 para transecto “A: Rio Araguaia”; Q8, Q13, Q12 e Q11 para o transecto “B: Chapada dos Veadeiros - Vão do Paranã”; Q26, Q19, Q18 e Q17 para o transecto “C: Planalto do Distrito Federal”, e o transecto “D: Serra do Caiapó”, sendo as Q22, Q28, Q34 e Q39.

Figura 1 – Localização da área de estudo e transectos A, B, C e D.



Fonte: Sobre base cartográfica EMBRAPA (2015); Nascimento (2016) e DepositPhotos.com (2024). Elaborado pelos autores (2023).

As quadrículas e seus respectivos postos pluviométricos foram ordenados para reconhecer aqueles que possuíam a melhor qualidade e consistência de informações, ou seja, as séries históricas mais longas e a menor quantidade de dados faltosos em nível diário,

mensal e anual. A proposição foi utilizada para escolher, ao menos, um posto pluviométrico com dados completos por quadrícula. Nos estudos de climatologia geográfica, a obra elaborada por Neves (2018) é inédita sob as perspectivas temporal e espacial, sendo a maior série temporal ininterrupta de 41 anos observada para a região centro-oeste do Brasil, em especial, o Estado de Goiás e o Distrito Federal, historicamente deficiente na cobertura de estações climatológicas de dados contínuos e longevos.

As análises estatísticas de tendência linear para os índices de precipitação foram calculadas pelo método de mínimos quadrados pelo *software R*, *script R* Climindex. Os resultados estatísticos gerados na saída do R Climindex forneceram análises estatísticas com nível de significância estatística da tendência (*p*-valor), onde estes foram definidos como alta ($p \leq 0,05$) e moderada ($p \leq 0,10$) significância estatísticas, coeficiente de determinação (r^2) e erro padrão de estimativa (ZHANG; YANG, 2004). A seguir, apresentam-se os postos pluviométricos amostrados para o presente estudo (Tabela 2).

Tabela 2 – Relação e informações dos postos pluviométricos da área de estudo.

T	CÓDIGO	NOME	UF	RESPONSÁVEL	LAT.	LONG.	ALTITUDE (m)	Q
A	1250001	S. Ant. do Leverger	MT	ANA	-12,29	-50,97	205	5
	1350000	Bandeirantes	GO	ANA	-13,69	-50,80	276	10
	1450001	Mozarlândia	GO	ANA	-14,74	-50,58	400	15
B	1446004	Sítio d'Abadia	GO	ANA	-14,80	-46,25	767	11
	1447002	São João d'Aliança	GO	ANA	-14,71	-47,52	1009	12
	1448001	Niquelândia	GO	ANA	-14,48	-48,46	568	13
	1348000	Campinaçu	GO	ANA	-13,79	-48,57	683	8
C	1546000	Arinos - Montante	MG	ANA	-15,92	-46,11	492	17
	1546005	Cabeceiras	GO	ANA	-15,80	-46,92	900	18
	1648001	Ponte Anápolis - Brasília	GO	ANA	-16,08	-48,51	1087	19
	1649001	Aragoiânia	GO	ANA	-16,91	-49,45	800	26
D	1651003	São Ferreira	GO	ANA	-16,31	-51,47	361	22
	1651000	Caiapônia	GO	ANA	-16,95	-51,80	713	28
	1751002	Benjamin Barros	GO	ANA	-17,70	-51,89	732	34
	1951001	Itajá	GO	ANA	-19,14	-51,53	436	39

Fonte: Agência Nacional de Águas (2018). Elaborado pelos autores (2023). Transecto (T); Quadrícula (Q).

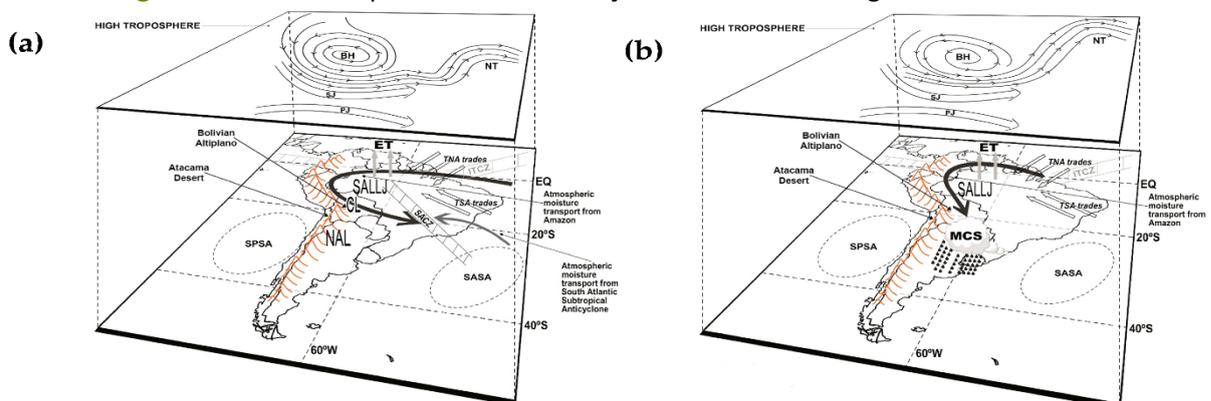
2.2. Caracterização climática e geomorfológica da área de estudo

Conforme apontado por Nascimento e Oliveira (2020), a área apresenta características de clima tropical, com chuva de verão e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C, referente a tipologia climática Aw no sistema de classificação de Koppen-Geiger.

O Estado de Goiás e o Distrito Federal apresentam forte sazonalidade climática, configurando um período chuvoso, durante a primavera e verão, que se intercala com um período seco, ao longo do outono e inverno. De acordo com Nascimento e Novais (2020), em resposta à evolução dos sistemas atmosféricos que transportam umidade e produzem chuvas e são responsáveis pelo transporte de umidade na direção noroeste/sudeste configuram uma variabilidade climática explicada pelos fatores climáticos, em especial à variação latitudinal, à amplitude topográfica, à posição interiorana das massas de ar.

A precipitação anual possui totais próximos a 1.500 mm e os sistemas atmosféricos atuantes na região mais ao norte são provenientes da Amazônia e, em latitudes maiores sofrem a influência de sistemas extratropicais como frentes frias e linhas de instabilidade (VERA et al., 2006; REBOITA et al., 2010). Reboita et al., (2012); Ferreira e Reboita (2022), relatam que vários sistemas atmosféricos podem atuar na região, em diferentes períodos do ano. A ação combinada entre alguns deles pode provocar variações significativas de tipos de tempo no centro-oeste, incluindo o Estado de Goiás e cercanias (Figura 2).

Figura 2 – Síntese esquemática da circulação atmosférica na região sul-americana.



Fonte: Ferreira e Reboita (2022) modificado. Com ZCAS (a); sem ZCAS (b). **SALLJ** = Jato de baixo nível sul-americano a leste dos Andes; **Alísios TNA** = ventos alísios tropicais do Atlântico Norte; **Alísios TSA** = ventos alísios tropicais do Atlântico Sul; **ET** = evapotranspiração das florestas amazônicas; **MCS** = sistema convectivo de mesoescala; **ZCIT** = zona de convergência intertropical; **SPSA** = anticiclone subtropical do Pacífico Sul; **SASA** = anticiclone subtropical do Atlântico Sul; **CL** = Chaco baixo; **NAL** = baixa do noroeste argentino; **NT** = vale nordeste; **BH** = Alta Boliviana; **SJ** = jato subtropical; **PJ** = jato polar.

Novais (2020; 2023), propõe um sistema de classificação climática para o Estado de Goiás e o Distrito Federal com dois domínios climáticos: Tropical e Tropical Ameno; esses foram divididos em subdomínios climáticos (com quantidade de meses secos), tipos climáticos (localização no território brasileiro) e subtipos climáticos (localização mais precisa dentro de aspectos geomorfológicos).

No domínio da geomorfologia, Nascimento (1991) define cinco unidades e onze subunidades geomorfológicas, que a seguir estão descritas sinteticamente para a área de interesse do presente estudo. A Figura 1 apresenta a síntese das unidades geomorfológicas da área de estudo.

O Planalto Central Goiano ocupa uma rica variedade de rochas metamorfizadas, com topografia entre 400 a 1200m, possuindo quatro subunidades. O Planalto do Distrito Federal, constitui uma superfície de erosão antiga, com a parte mais elevada da referida unidade com cotas altimétricas de 1200m. A subunidade do Planalto Central Goiano situa-se na porção centro sul do Estado de Goiás. Possui amplitudes altimétricas entre 650 e 850m, com superfícies de planalto rebaixado e dissecado de relevos tabuliformes, conforme Nascimento (1991).

A segunda unidade é o Planalto Setentrional da Bacia do Paraná, subdividindo-se em Planalto do Rio Verde e Planalto de Caiapônia. A primeira localiza-se no reverso da cuesta do Caiapó com cotas altimétricas entre 650 a 1000 e outras compartimentações inferiores entre 350 a 650m. Abrange o Parque Nacional das Emas, a sudoeste do Estado.

O Planalto do Divisor São Francisco-Tocantins compreende outras duas subunidades: Chapadão Central ou Serra Geral, localizado no Estado da Bahia, e os Patamares do Chapadão.

A quarta unidade compreende a Depressão do Tocantins, subdividida em Depressão do Maranhão-Santa Teresa localizada no Estado do Tocantins, e Vão do Paranã, com altitudes entre 400 e 600m.

A unidade de superfícies menos acidentadas compreende a Depressão do Araguaia, subdividida em Depressão do Araguaia e a Planície do Bananal. A primeira possui regularidade altimétrica variando entre 200 a 300m na rede de drenagem do Rio Araguaia com sequência meandrante. Em seguida, a Depressão do Bananal acaba penetrando os Estados do Tocantins

e do Mato Grosso, devido a sua grande extensão. É constituída por depósitos de aluviões e materiais inconsolidados arenosos e argilosos com superfícies de acumulação inundáveis e as grandes planícies fluviais (NASCIMENTO, 1991).

3. DESENVOLVIMENTO

Os resultados dos índices utilizados para os quatro transectos estão apresentados na Tabela 3, indicando o sinal da tendência e o seu nível de significância estatística (alta), ao nível de 5% ($p \leq 0,05$), em negrito, e com significância estatística (moderada), ao nível de 10% ($p \leq 0,10$), em cinza.

Tabela 3 – Significância das tendências estatísticas para os índices de precipitação.

T	Q	RX 1dia (mm/dia)	RX5dias (mm/dia)	RX50 mm (dias/ano)	R95p (dias/ano)	R99p (dias/ano)	DCC (dias/ano)	DCS (dias/ano)	PRCTOT (mm/ano)	SDII (mm/ano)
A	Q5	0,102	0,216	0,09	5,972	0,145	-0,002	0,154	1,749	-0,017
	Q10	-1,235	1,273	-0,105	-6,099	-3,507	-0,06	0,935	-3,637	0,007
	Q15	-0,338	-0,498	0,014	0,521	-0,382	-0,095	1,08	-4,344	0,004
B	Q8	-0,012	-1,132	-0,08	-3,589	-1,047	-0,26	0,872	-9,153	-0,018
	Q13	-0,56	-1,475	-0,181	-12,008	-3,229	-0,232	1,511	-12,649	0,09
	Q12	-0,196	-1,884	-0,119	-9,946	-2,97	-0,119	0,774	-15,209	-0,131
	Q11	-0,115	-0,262	0,022	0,397	-1,035	-0,058	0,58	1,526	0,037
C	Q26	0,367	-0,087	0,033	2,304	0,707	-0,054	0,878	-1,403	0,033
	Q19	0,041	-0,388	-0,048	-1,788	-0,934	-0,003	1,031	-4,571	-0,061
	Q18	-0,005	-1,344	-0,026	-1,121	-0,435	-0,153	0,465	0,32	-0,011
	Q17	0,427	-0,021	-0,025	-0,821	0,437	-0,073	0,89	-9,183	-0,044
D	Q22	-0,089	0,39	-0,144	-5,694	-2,445	-0,002	0,328	1,465	0,021
	Q28	-1,367	-1,714	-0,145	-13,197	-5,504	-0,021	0,197	-18,15	-0,099
	Q34	0,412	0,231	0,017	1,376	1,957	-0,22	0,521	-3,29	0,147
	Q39	0,717	0,237	0,029	1,615	0,374	-0,021	0,086	-1,73	0,006

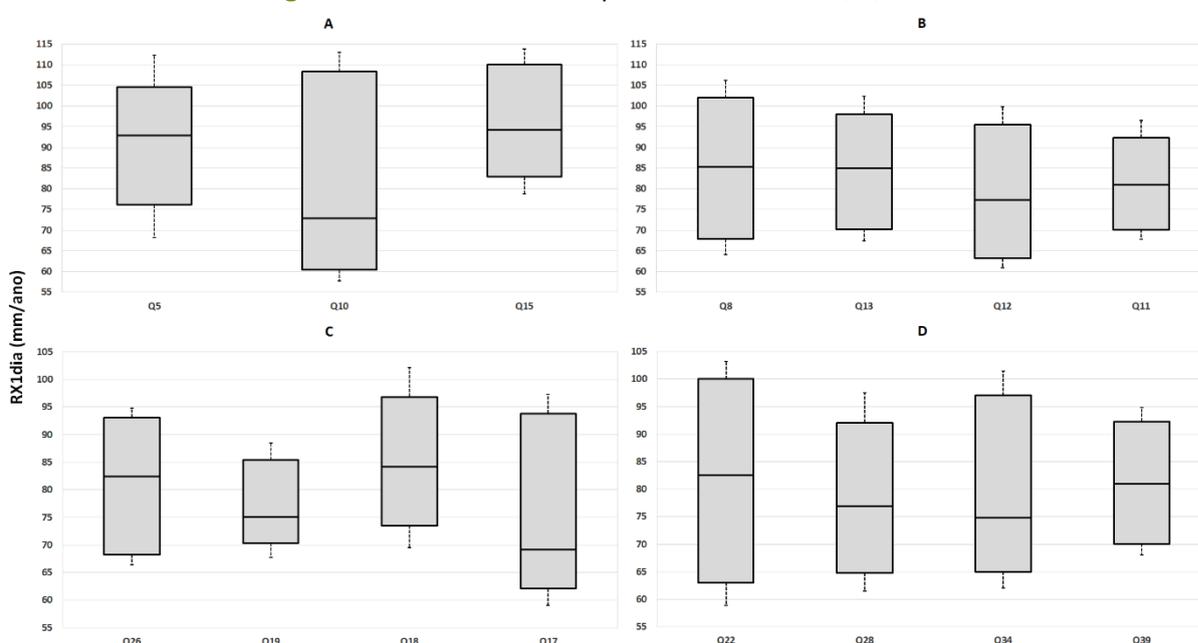
Fonte: Agência Nacional de Águas (2018). Elaborado pelos autores (2023). Transecto (T); Quadrícula (Q).

O volume de dados gerados foi sintetizado por meio da ilustração de gráficos *boxplot* anuais para todos os nove índices de extremos climáticos. Os gráficos estão organizados de acordo com os transectos A, B, C e D, exibindo os valores dos índices correspondentes às quadrículas em cada transecto. Os acumulados pluviométricos podem ser observados em

Neves et al., (2023). Os *boxplot* para o índice de quantidade máxima de precipitação em um dia (Rx1dia mm/dia), apresentaram os seguintes aspectos:

Para o transecto A, a mediana dos acumulados pluviométricos extremos foi de 92 mm a 94 mm anuais para a Q5 e Q15, e embora a Q10 apresentou a mediana de 73 mm anuais para eventos extremos de precipitação, notou-se um grande intervalo entre os quartis superior e inferior de 103 e 60 mm anuais, respectivamente. No transecto B, as quadrículas 8 e 13 apresentaram medianas de 85 mm. Porém, para a localidade com a maior altitude do transecto, Q12, a mediana foi de 73 mm, com o quartil superior de 95 mm e inferior de 64 mm anuais. Logo, para a Q11, os intervalos do quartil superior e inferior foram 93 mm e 60 mm. Uma notável amplitude na variação dos resultados foi identificada nos *boxplot* do transecto C, sendo as medianas de 83 mm para a Q26, 75 mm na Q19, 84 mm para a Q18 e 64 mm para a Q17. Para o transecto D, localizado a sudoeste do Estado de Goiás, observou-se que a quadrícula 22 apresentou notável intervalo entre o quartil superior e inferior, sendo 100 mm e 63 mm anuais de eventos pluviométricos extremos (Figura 3).

Figura 3 – Índice de RX1 dia para os transectos A, B, C e D.



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018). Elaborado pelos autores (2023).

As quadrículas 28 e 34, apresentaram medianas de 74 mm e 77 mm, respectivamente. Todavia, nota-se que a Q34 exibe quartil superior de 96 mm anuais, e por estar localizada no

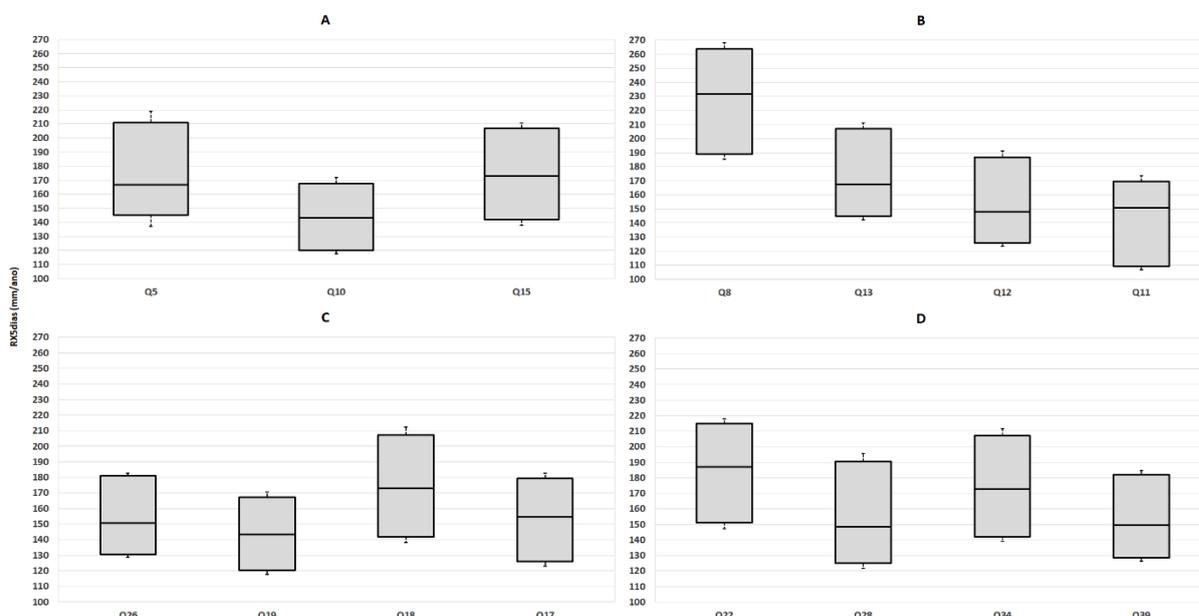
sopé do Planalto de Caiapônia (NASCIMENTO, 1991), pode indicar a intensificação de eventos extremos pelo efeito orográfico da referida sub-unidade geomorfológica. Santos et al., (2023), constataram a intensificação da chuva de relevo na depressão periférica do Estado de São Paulo-SP utilizando o mesmo índice.

Os resultados anuais do índice de quantidade máxima de precipitação em cinco dias consecutivos, foram os seguintes: Para o transecto A, as quadrículas 5 e 15 apresentaram expressivos valores do quartil superior para os acumulados pluviométricos em 5 dias consecutivos, sendo 211 mm e 209 mm, respectivamente. No transecto B, observou-se que a quadrícula 8, localizada nas imediações da represa Serra da Mesa, região norte do Estado de Goiás, apresentou notáveis valores de 263 mm do quartil superior, sendo a mediana mais elevada entre todas as localidades analisadas, alcançando 232 mm em cinco dias consecutivos chuvosos. De maneira geral, os valores mais reduzidos do quartil inferior foram observados na Q11, com 108 mm e as quadrículas Q10 e Q19, com 120 mm em cinco dias consecutivos chuvosos.

Observou-se que a quadrícula 8 apresentou valores sobremaneira elevados em relação aos demais transectos e localidade. Uma hipótese a ser investigada é a proximidade da represa Serra da Mesa, no município de Minaçú-GO (Figura 4).

Estudo realizado por Sanches e Fish (2005), na represa de Tucuruí-PA, mostraram que a estação de primavera apresenta um aumento nas chuvas *“como produto do aumento da disponibilidade de umidade para a evaporação promovido pela formação do reservatório”* e que a variação na precipitação anual não foi estatisticamente significativa. Limberger e Pitton (2008), realizaram estudos na represa de Itaipu-PR e constataram que o regime de chuvas não apresentou mudanças significativas no período observado.

Figura 4 – Índice de RX5 dias para os transectos A, B, C e D.



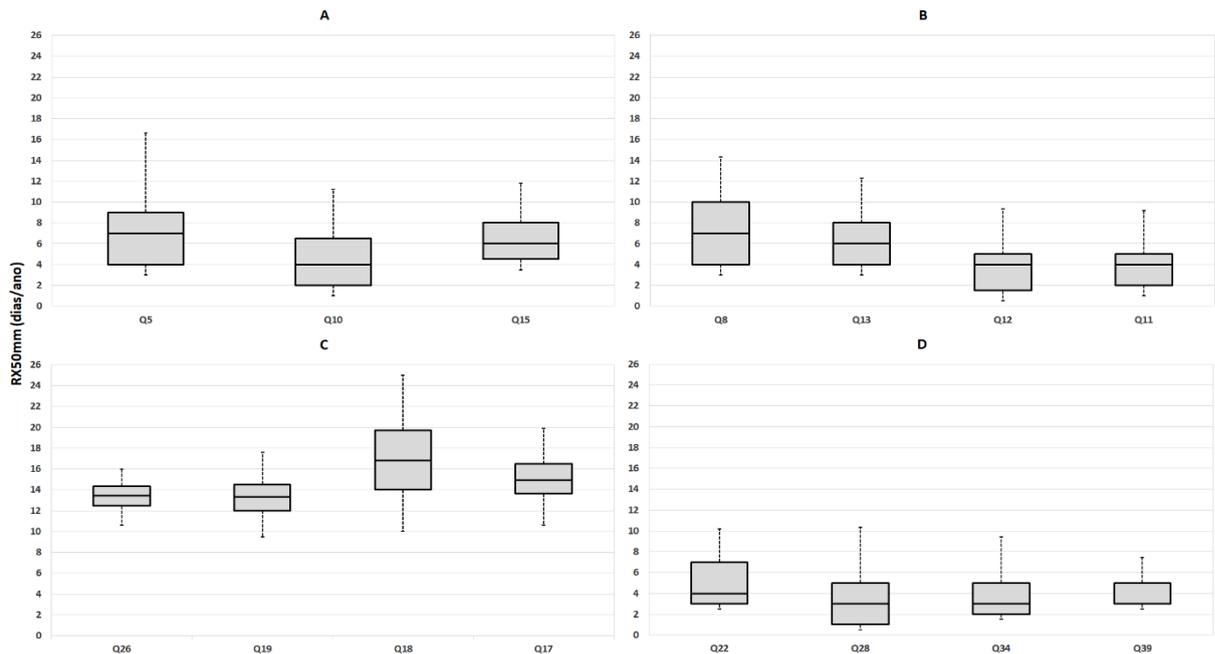
Fonte: Agência Nacional de Águas (2018). Elaborado pelos autores (2023).

Em outras regiões de clima tropical do Brasil, como o nordeste brasileiro, Nobrega et al., (2015) e Santos et al., (2016), encontraram valores expressivos nos acumulados pluviométricos do RX5 dias. O índice de quantidade máxima de chuva acumulada em cinco dias está associado a episódios da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e outros Sistemas Convectivos de Mesoescala, com transporte de umidade do Jato de Baixos Níveis (JBN), na faixa tropical do Brasil central (NEVES, 2018; PEREIRA, 2020).

Um indicador de chuvas intensas anuais é o índice do número de dias com precipitação superior à 50 mm em um dia (RX50 mm dias/ano), Figura 5.

O transecto A, em todas as quadrículas, apresentou valores do quartil superior entre 9 dias (Q5), 7 dias (Q10) e 8 dias (Q15), com chuvas acima de 50 mm, sendo observado o limite superior de 17 dias para a Q5, na Planície do Bananal, à noroeste do Estado de Goiás. Outros valores que chamam atenção são para as quadrículas do transecto C, apresentando medianas iguais ou superiores a 13 dias anuais com episódios de precipitação acima de 50 mm. Destaca-se a quadrícula 18, no Planalto de Brasília, com mediana de 17 dias e limite superior de 26 dias anuais com precipitação superior a 50 mm. Não obstante, para o Planalto de Caiapônia, no transecto D, a distribuição dos dados é negativamente assimétrica para a Q22, Q28 e Q34, com o quartil inferior entre 3, sendo 1 e 3 dias anuais, respectivamente.

Figura 5 – Índice RX50 mm para os transectos A, B, C e D.

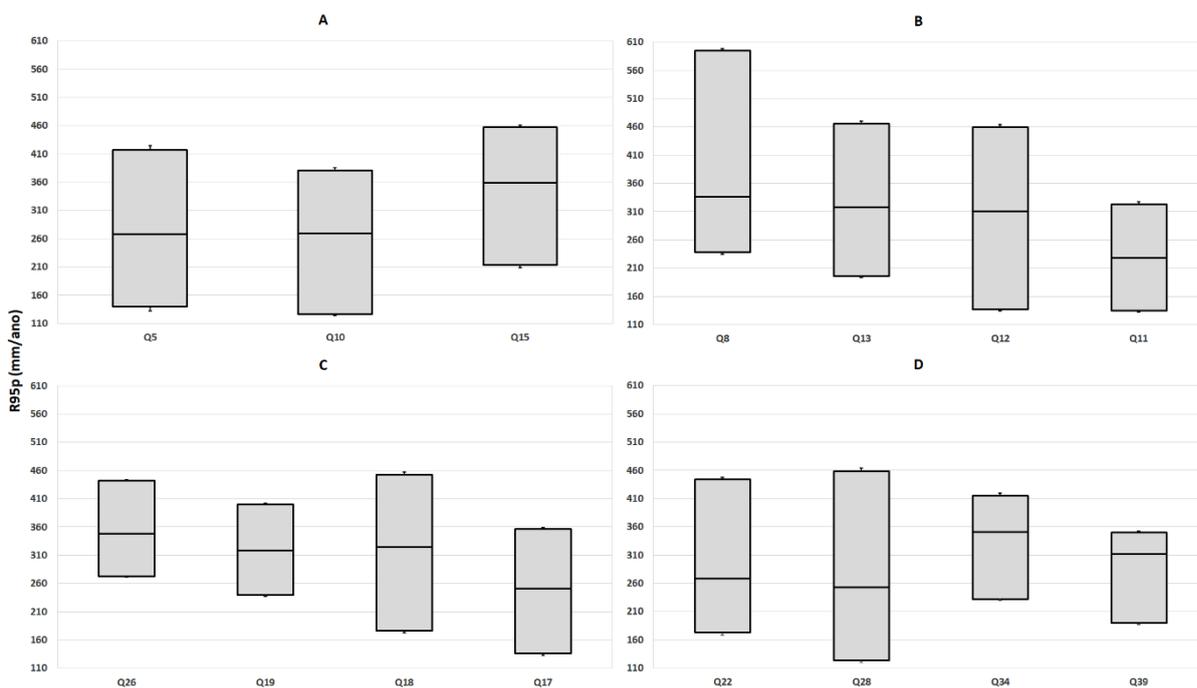


Fonte: Agência Nacional de Águas (2018). Elaborado pelos autores (2023).

O índice de dias muito chuvosos anuais (R95p mm/ano), ou seja, a soma da precipitação total em um ano, quando $PRECPTOT > 95p$, apresentou variação nos dados observados pela amplitude do conjunto *boxplot*, nos quatro transectos (Figura 6).

Observou-se, portanto, que a Q8 apresentou o maior valor interquartílico em comparação com as demais localidades, sendo 600 mm/ano no quartil superior, e 240 mm no quartil inferior. Embora tenha apresentado notável dispersão, observou-se que as medianas das quadrículas Q8, Q13 e Q12 apresentaram valores semelhantes, sendo 320 mm, 310 mm e 300 mm, respectivamente, denotando a maior influência para a atuação dos sistemas atmosféricos na distribuição do regime de chuvas no nordeste e norte do Estado de Goiás, no período de primavera-verão.

Figura 6 – Índice R95p para os transectos A, B, C e D.



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018). Elaborado pelos autores (2023).

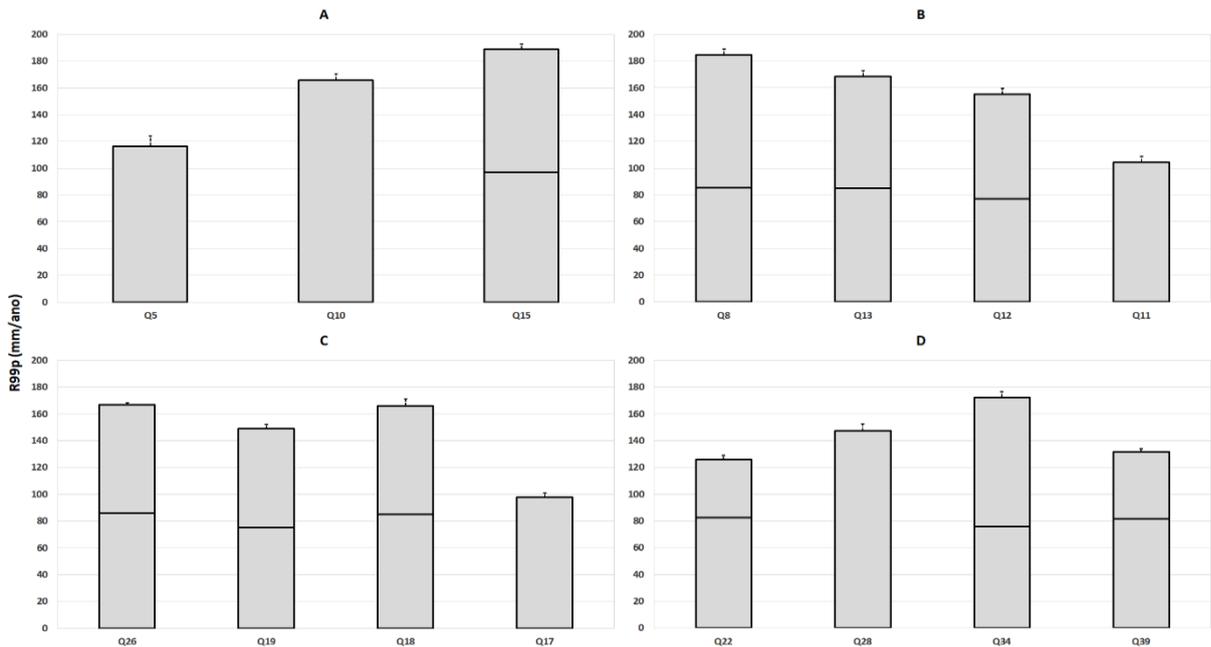
Para os dias extremamente chuvosos anuais (soma da PRECPTOT > 99p em um ano), observou-se grande dispersão nos dados, tendo em vista que o conjunto *boxplot* representa os dias extremamente úmidos com o valor anual das chuvas superior a 99 percentis de uma distribuição normal (Figura 7).

Para o transecto A, notou-se que a Q15 apresentou o valor mais elevado do quartil, superior a 190 mm, seguido da Q8 com 185 mm, no transecto B. Notou-se, também, que as quadrículas localizadas nas transições de unidades geomorfológicas, como a Q26 e Q18, no Planalto de Brasília, e a Q34 no Planalto de Caiapônia, apresentaram valores excepcionais acima de 160 mm/ano de precipitação para o referido índice.

Santos et al., (2009), observaram um aumento da tendência dos dias extremamente úmidos para o norte do Ceará. Para o Estado de Goiás e o Distrito Federal, Lucio et al., (2008), analisaram uma série temporal de 1962 a 2005, e constataram a diminuição dos eventos extremos de precipitação anual para Brasília e Catalão, sendo que Goiânia não apresentou uma variação estatística significativa. Em outubro e novembro o número de eventos extremos de precipitação durante o El Niño diminuiu no centro-leste do Brasil, enquanto aumenta nos

episódios de La Niña. Nos anos de La Niña o impacto é mais forte em outubro e nos anos de El Niño em novembro (GRIMM, 2004; GRIMM; TEDESCHI, 2009).

Figura 7 – Índice R99p para os transectos A, B, C e D.



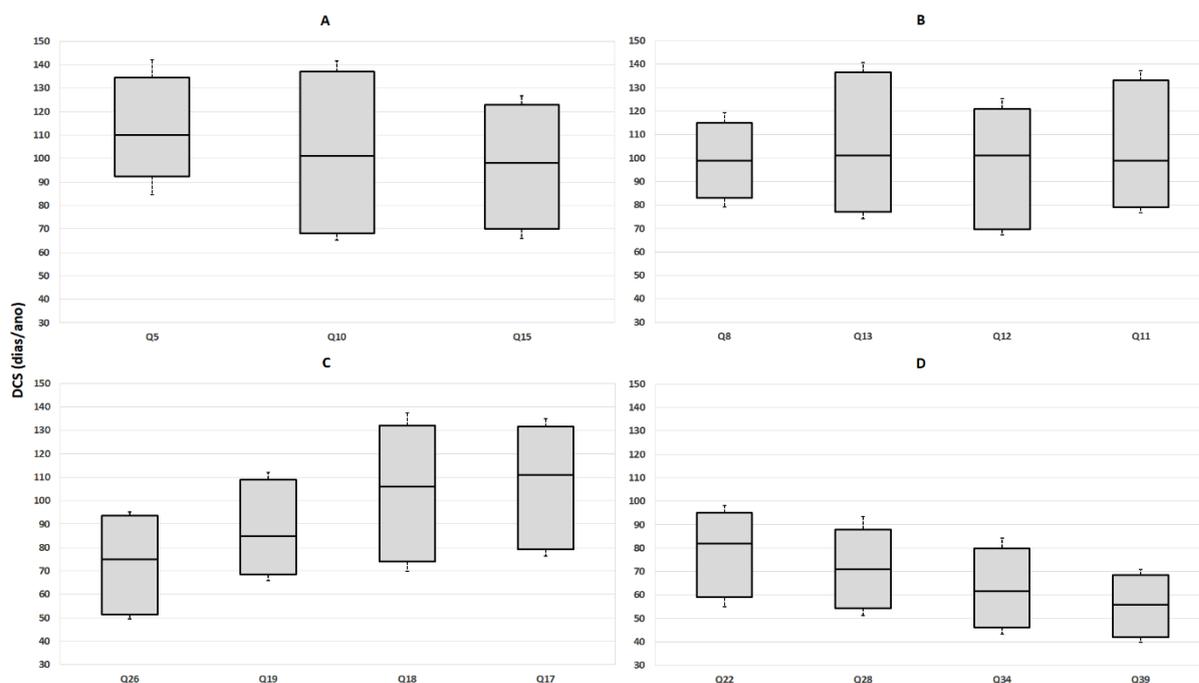
Fonte: Agência Nacional de Águas (2018). Elaborado pelos autores (2023).

O índice de dias consecutivos secos (DCS dias/ano) apresentou os seguintes aspectos: as quadrículas localizadas nas menores latitudes da área de estudo, como aquelas na porção leste do Estado de Goiás, notaram-se que a concentração de dias secos foi mais elevada em detrimento das outras regiões. Destacam-se as Q5, Q10 e Q13, com o quartil superior acima de 130 dias consecutivos sem precipitação anualmente (Figura 8). Para as quadrículas Q11, Q17 e Q18, notaram-se medianas entre 100 dias, 111 dias e 108 dias consecutivos secos. Pereira et al., (2023), identificaram o aumento de eventos de seca hidroclimática para o oeste de Minas Gerais (nas bacias hidrográficas do Rio Preto, Urucaia e Paracatu).

O transecto D apresentou os valores menos acentuados em sua série de dados. Notou-se que o máximo de dias sem chuvas foi registrado para a quadrícula 22, com registro de 100 dias no seu limite superior. Por estarem localizadas na região sul do Estado de Goiás, as Q28, Q34 e Q39 apresentaram medianas entre 70, 61 e 55 dias consecutivos sem chuva, respectivamente, indicando a participação mais intensa dos sistemas atmosféricos produtores de precipitação nas regiões sul, sudoeste e central do Estado de Goiás, principalmente a

atuação dos sistemas frontais no período de inverno, embora a atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) tenha maior influência nas regiões norte e leste do Estado de Goiás, como demonstrado por Neves (2019), Nascimento e Oliveira (2020), Nascimento e Novais (2020).

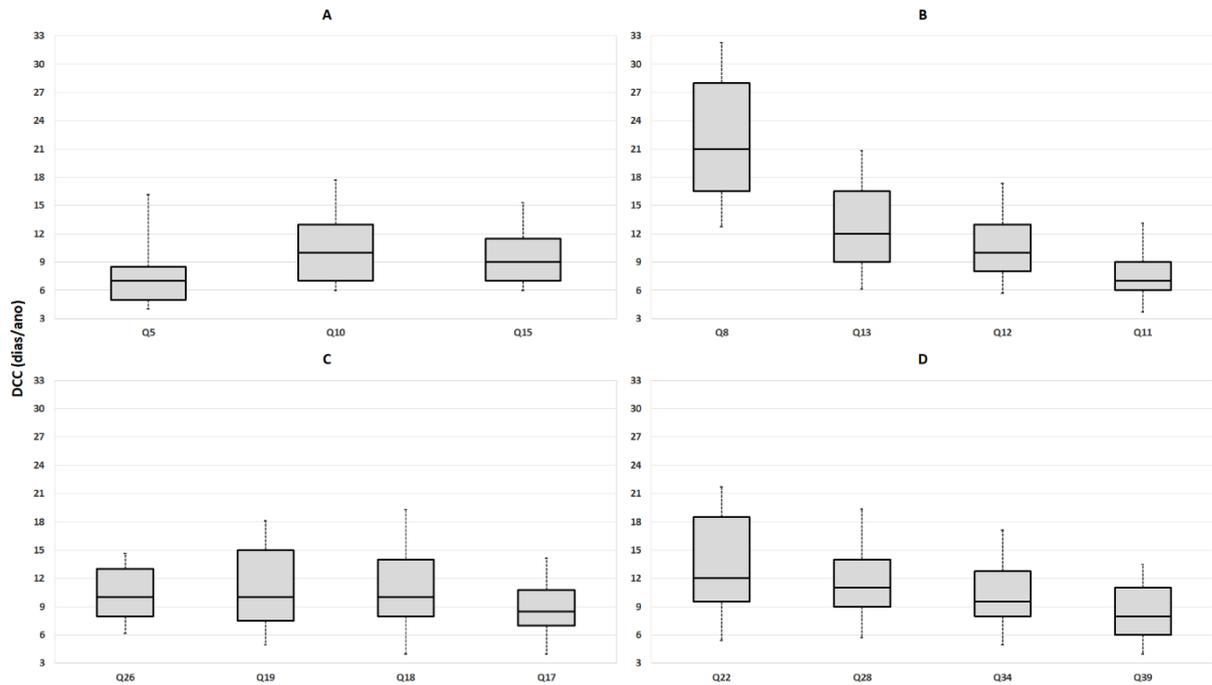
Figura 8 – Índice de DCS (dias consecutivos secos) para os transectos A, B, C e D.



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018). Elaborado pelos autores (2023).

Apresenta-se, a seguir, na Figura 9, a síntese das observações para o índice de dias consecutivos chuvosos (DCC dias/ano). Para o transecto A, o conjunto *boxplot* não apresentou grande variação no intervalo nos valores de precipitação, com medianas entre 7, 10 e 9 dias consecutivos chuvosos nas quadrículas Q5, Q10 e Q15. Por outro lado, no transecto B, notou-se que a Q8 revelou grande variação no intervalo interquartílico, como também valor elevado na mediana, com 21 dias chuvosos. Estudo realizado por Alves e Prado (2011), na região oeste de Goiás, identificou a redução de dias chuvosos. Sousa e Moura (2022), constataram na região oeste de Goiás, na bacia do rio Caiapó, que a diminuição da precipitação entre os anos de 2010 a 2020 estava associada ao aumento da evapotranspiração potencial, ocasionando um período de seca prolongado que repercutiu diretamente no decréscimo das vazões. Resultado semelhante foi observado por Zandonadi et al., (2015), para a região norte da bacia do Paraná, localizada no Estado de Goiás.

Figura 9 – Índice de DCC (dias consecutivos chuvosos) para os transectos A, B, C e D.



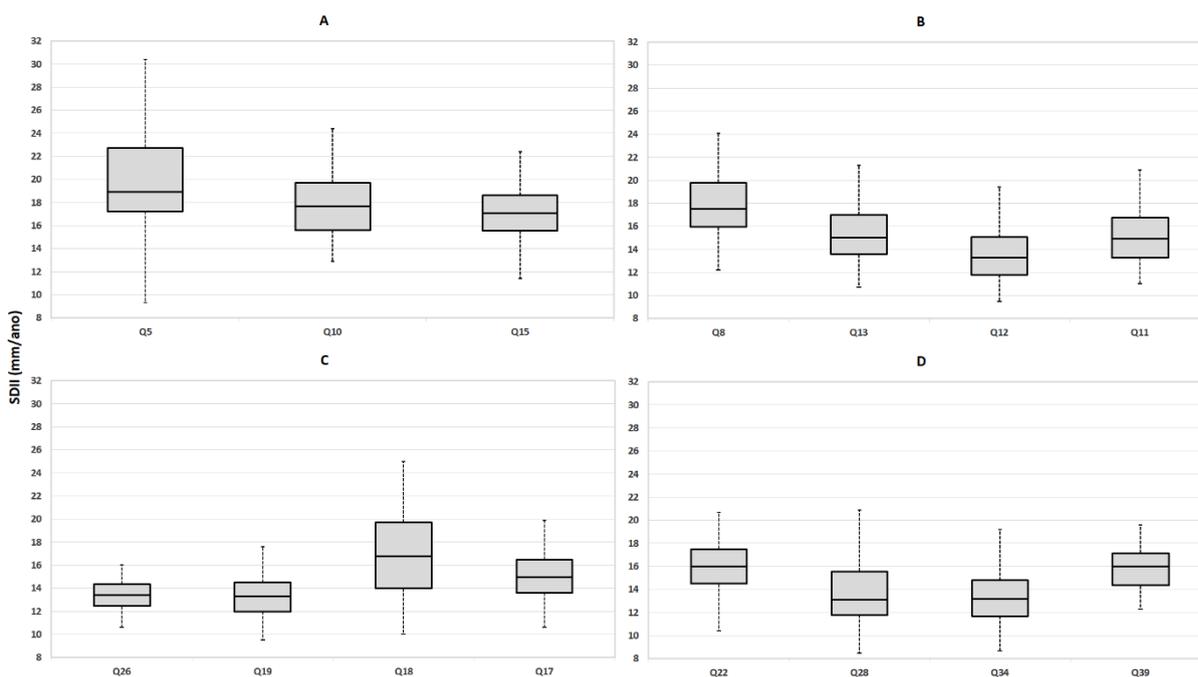
Fonte: Agência Nacional de Águas (2018). Elaborado pelos autores (2023).

O índice de intensidade simples diária (SDII), (Figura 10), refere-se ao total anual das chuvas acumuladas dividido pelo número de dias úmidos anuais. Por meio desse índice pode-se verificar a variabilidade anual da intensidade da chuva, indicando o valor mínimo esperado de chuvas diárias (mm) anualmente.

Para o transecto A, a Q5 apresentou o maior intervalo entre os limites superior e inferior e intervalo interquartil entre 16 mm e 23 mm. Para o conjunto *boxplot* do transecto B, observou-se uma dispersão elevada nos resultados, sendo que a quadrícula 12 relevou mediana de 11 mm, e suas quadrículas vizinhas, Q11 e Q13, apresentaram valores do quartil inferior de 13 mm, demonstrando uma intensidade de chuva pouco intensa para o nordeste do Estado de Goiás. Para o transecto C, no Planalto de Brasília, notou-se que a Q18, localizada nas imediações do Distrito Federal, apresentou mediana de 17 mm, resultado mais elevado que as quadrículas 17 e 19, com medianas entre 15 mm e 13 mm anuais, respectivamente.

Alves e Prado (2011), verificaram tendência significativa na mudança dos padrões de intensidade pluviométrica diária para localidade de Barra do Garças-MT, como também no estudo realizado por Silva e Azevedo (2008), no Estado da Bahia.

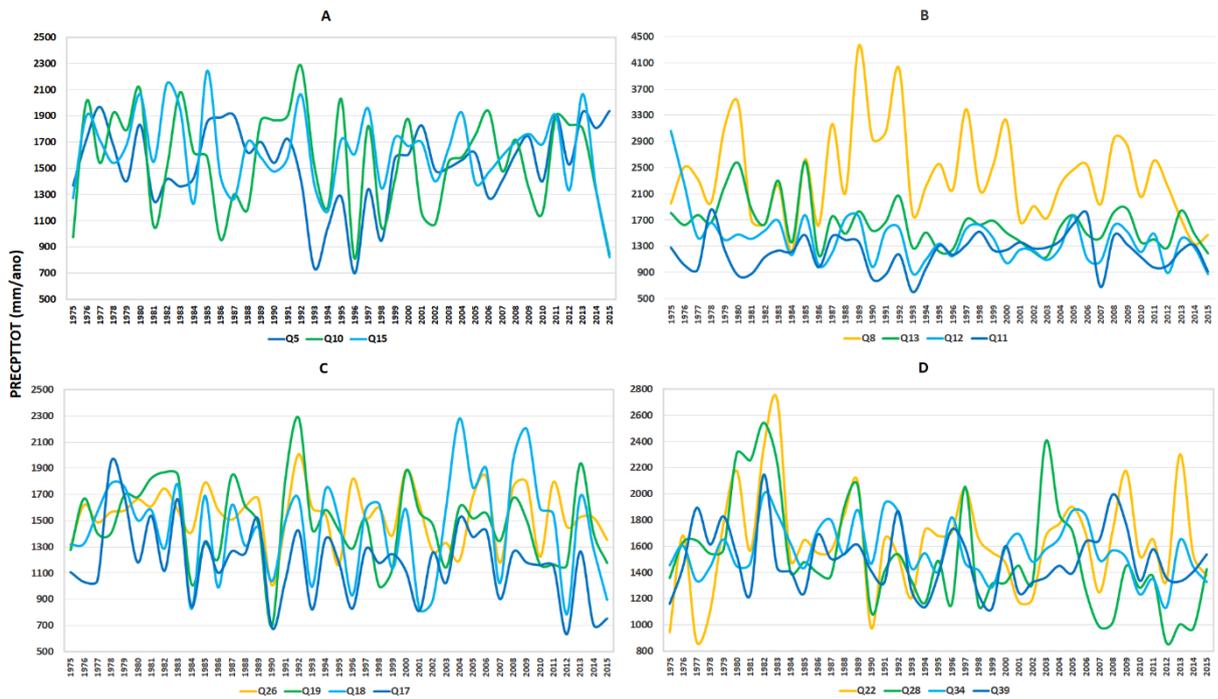
Figura 10 – Índice simples de intensidade diária (SDII) para os transectos A, B, C e D.



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018). Elaborado pelos autores (2023).

O último índice apresentado nesta seção é de precipitação total anual (PRECPTOT mm/ano), (Figura 11), cujos resultados foram apontados por Neves et al., (2023). Os maiores acumulados anuais foram observados para o transecto B, quadrícula Q8, superando 4200 mm. Porém, a Q11 exibiu acumulados muito abaixo da realidade pluviométrica da área de estudo. Seus valores mínimos chegaram a 600 mm anuais. Como é característico de um regime pluviométrico tropical, nos demais transectos, os totais precipitados apresentaram valores semelhantes entre 800 mm e 2800 mm anuais. Notou-se que no transecto A, as quadrículas Q5 e Q10 apresentaram tendências positivas, embora tenha observado tendências negativas para o transecto D, nas quadrículas 28 e 34, a partir do ano de 2004 (Figura 11). Segundo Grimm (2018) as anomalias de TSM do sudoeste do Atlântico subtropical, no mês de novembro, induz um aumento da precipitação em janeiro, na região do centro-leste do Brasil, através da ZCAS. Alves et al., (2023), identificaram que as maiores frequências nos padrões chuvosos ocorrem em anos de El Niño, neutros e na fase positiva da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. Por outro lado, em episódios de La Niña, durante a primavera, configuram-se períodos com anomalias negativas de temperaturas (entre -1°C e -2°C) e aumento da precipitação em outubro (GRIMM e SABOIA, 2015; KAYANO et al., 2017).

Figura 11 – Precipitação total anual (PRECPTOT) para os transectos A, B, C e D.



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018). Elaborado pelos autores (2023).

Para a Figura 12, o índice RX50 mm apresentou a tendência de redução para os transectos B, C e D, porém no transecto A, as quadrículas 5 e 15 revelaram aumento dos dias com chuvas extremas acima de 50 mm anuais, fato também observado nas quadrículas 11 e 34. Para o índice de dias consecutivos chuvosos, apenas as quadrículas 5, 19 e 22 apresentaram tendências de normalidade. As demais localidades estudadas ilustraram tendências negativas de dias consecutivos chuvosos.

Para o índice de intensidade simples diária de chuva (SDII), os transectos apresentaram diferenças positivas e negativas nas tendências. Não obstante, o índice de dias consecutivos secos demonstrou tendências negativas em todas as localidades analisadas.

Para o índice climático da Precipitação Total anual (PRCTOT mm/ano), observou-se que o transecto A, apenas a Q5 apresentou tendência positiva no acumulado pluviométrico anual. Não obstante, para o transecto B, as Quadrículas Q8, Q12 e Q13 apresentaram redução da precipitação anual, embora a Q11, no extremo leste de Goiás, tenha apresentado tendência positiva. Para os transectos C e D, em suas áreas localizadas ao sul, as quadrículas Q17, Q19, Q26, Q28, Q34 e Q39, respectivamente, apresentaram tendências negativas de precipitação anual.

Em seguida, para a Figura 13, observou-se que o índice RX1 dia apresentou tendência de redução no transecto A para a Q10 e Q15, contudo a Q5 registrou aumento. No transecto B, as localidades registraram tendências de neutralidade ou de redução para o referido índice. Por outro lado, o transecto C apresentou resultados opostos, ou seja, as quadrículas 17, 18, 19 e 26, no Planalto de Brasília, demonstraram tendências positivas para índice de quantidade máxima de precipitação em um dia. Da mesma forma, as quadrículas 34 e 39, localizadas na porção sudoeste de Goiás, também apresentaram tendências positivas.

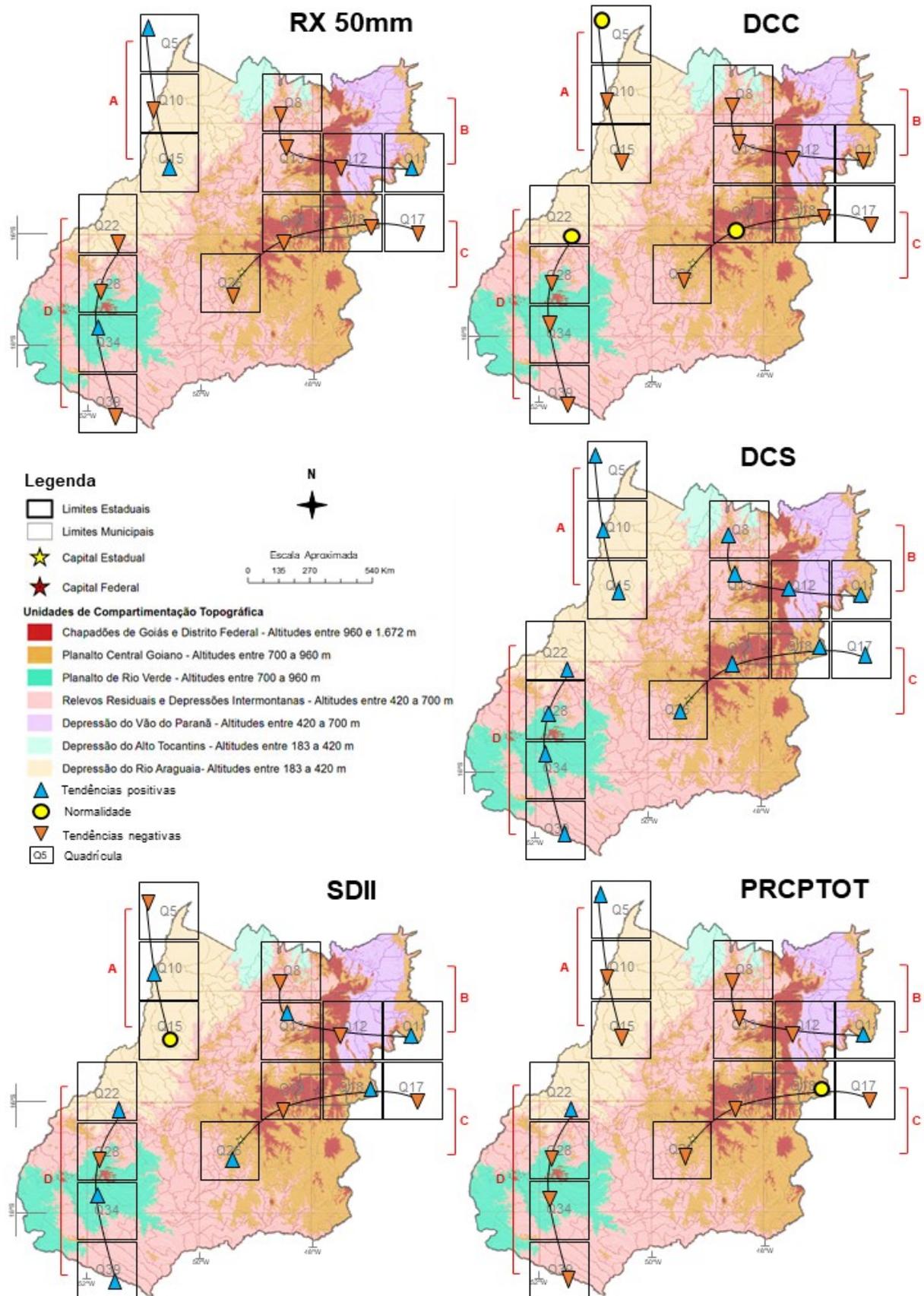
Para o índice de quantidade máxima de precipitação em cinco dias acumulados, os resultados apontaram uma tendência negativa dos valores, em praticamente todas as localidades observadas, exceto para a região sudoeste de Goiás, onde as quadrículas 22, 34 e 39 revelaram a tendência positiva nos valores acumulados, e a Q5, na região noroeste.

O índice do 95 percentil indicou tendência positiva para o transecto A, exceto para a Q10, cujo valor foi negativo. Para o transecto B, na região do Vão do Paranã, observou-se tendências negativas, exceto para o extremo leste de Goiás, com valores positivos. Os transectos C e D apontaram tendências positivas do índice R95p.

Por fim, o índice 99 percentil (R99p), indicou tendências negativas em quase todo o Estado de Goiás. Apenas os transectos C e D, nas unidades geomorfológicas ao sul do Planalto de Brasília e a região meridional do Planalto de Caiapônia, respectivamente, revelaram tendências positivas do índice.

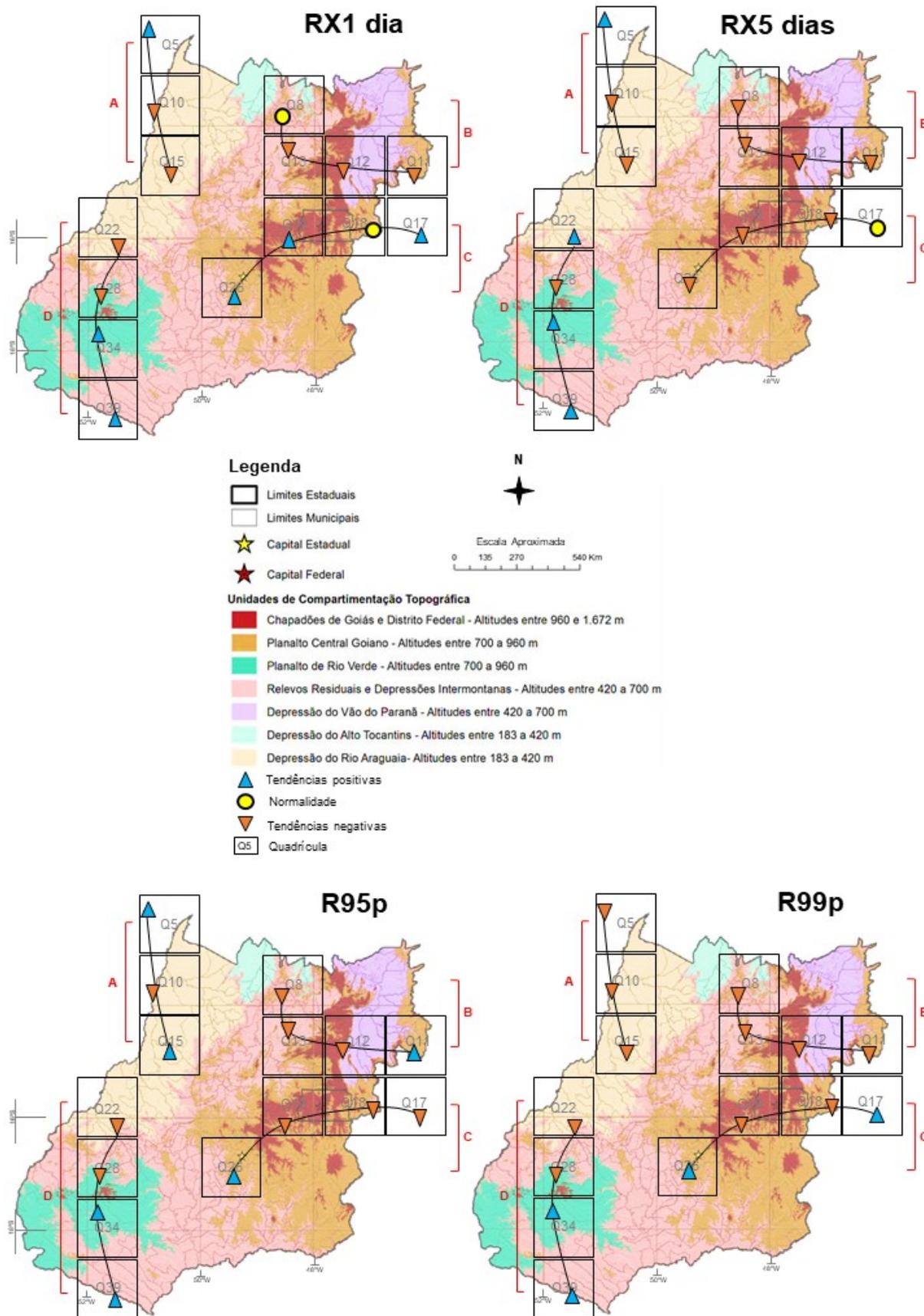
As tendências dos nove índices climáticos foram representadas cartograficamente, a fim de ilustrar a variação espacial do fenômeno pluviométrico. A representação, na distribuição espacial, das tendências dos nove índices foi feita utilizando o símbolo (\blacktriangle), para as tendências positivas, (\blacktriangledown) para as negativas, e (o) para a normalidade. O tamanho do símbolo não representa a magnitude da tendência, mas sim, uma tentativa de tornar mais visível a variação espacial das referidas tendências (Figura 12 e Figura 13).

Figura 12 – Tendências dos índices climáticos RX50 mm, DCC, DCS, SDII e PRECPTOT.



Fonte: Sobre base cartográfica EMBRAPA (2015); Modificado de Nascimento (2016). Elaborado pelos autores (2023).

Figura 13 – Tendências dos índices climáticos RX1dia, RX5dias, R95p e R99p.



Fonte: Sobre base cartográfica EMBRAPA (2015); Modificado de Nascimento (2016). Elaborado pelos autores (2023).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices de quantidade máxima de precipitação em um dia e em cinco dias acumulados apontaram tendências positivas para os eventos de precipitação extremos. O índice simples de intensidade diária revelou que na região norte e nordeste de Goiás há maiores intervalos entre os limites interquartílicos superior e inferior, à medida que na porção leste a variação tende a ser menor. Os resultados apresentados nos índices climáticos DCC e DCS são inversamente proporcionais. Em quase todas as regiões observadas houve a tendência negativa de dias consecutivos chuvosos, alcançando até 160 dias consecutivos secos para o nordeste de Goiás.

As tendências de precipitação geralmente não apresentaram níveis de significância estatística entre as quadrículas, apesar de haver boa acurácia da qualidade dos dados pluviométricos diários. Sugere-se que isto deve-se as diferentes unidades geográficas das depressões, planaltos e chapadão ilustradas nos transectos que apontaram para uma ampla variabilidade interanual e interdecadal dos índices de extremos climáticos. Por outro lado, a média das quadrículas das unidades geomorfológicas a partir do índice de precipitação total anual observou-se que o transecto A: Rio Araguaia apresentou tendência linear positiva ao longo do gradiente, a partir do ano 2000 (Figura 11A), apesar de ser a região com menor volume pluviométrico, enquanto que o transecto D: Serra do Caiapó apresentou tendência negativa a partir do ano de 2004 (Figura 11D).

REFERÊNCIAS

ALVES, E. D. L.; PRADO, M. F. As Chuvas em Barra do Garças-MT: Análise da Variabilidade Climática da Precipitação. **Brazilian Geographical Journal**, Ituiutaba, v. 2, n. 2, 2011.

ALVES, W. S. *et al.* Variabilidade dos totais anuais de chuva em Goiás e no Distrito Federal: análise sobre a participação do El Niño Oscilação Sul (ENOS). **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais**, v.11, n. 2, p. 36 – 64. 2022.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/mapainicial/pgMapaL.asp>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

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

CPRM. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal.** (Orgs.): MOREIRA, M. L. O. et. al. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC - FUNMINERAL, 2008.

DANTAS, L. G.; SANTOS, C. A. C.; OLINDA, R. A. Tendências anuais e sazonais nos extremos de temperatura do ar e precipitação em Campina Grande-PB. **Rev. Bras. Met.**, v. 30, n. 4, 423 - 434, 2015.

DEPOSITPHOTOS. **Mapa político do Brasil com todos os estados onde Goiás é retirado.** Disponível em <https://depositphotos.com/br/vector/map-of-brazil-where-goias-is-pulled-out-40218629.html>. Acesso em: 10 fev. 2024.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa monitoramento por satélite. **Brasil em relevo.** Disponível em: <https://encr.pw/f3Z7B>. Acessado em 18 de novembro de 2015.

FERREIRA, G. W.; REBOITA, M. S. A new look into the South America precipitation regimes: Observation and Forecast. **Atmosphere.** 13, 6, 873. 2022.

GRIMM, A. M. How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil?, **Clim. Dyn.**, 22(2), 123–138, 2004.

GRIMM, A. M. South American Monsoon and Its Extremes, Trop. **Extrem. Nat. Var. Trends**, 51, 2018.

GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R. G. ENSO and extreme rainfall events in South America, **J. Clim.**, 22(7), 1589–1609, 2009.

GRIMM, A. M.; SABOIA, J. P. J. Interdecadal Variability of the South American Precipitation in the Monsoon Season. **Journal of Climate.** v.28. p. 755–775, 2015.

HAYLOCK, M. R. *et al.* Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, v. 19, p. 1490-1512, 2006.

KAYANO, M. T. *et al.* Spatiotemporal variability modes of surface air temperature in South America during the 1951-2010 period: ENSO and non-ENSO components: Surface air temperature in South America, **Int. J. Climatol.**, 37, 1–13, 2017.

LIMBERGER, L. PITTON, S. E. C. Mudanças climáticas globais e alterações climáticas: a participação dos grandes reservatórios de usinas hidrelétricas. **Pleiade**, Foz do Iguaçu, v. 2, n. 2, p. 123-133, jul./dez. 2008.

NASCIMENTO, M. A. L. Geomorfologia do Estado de Goiás. **Boletim Goiano de Geografia.** v. 12, n. 1, p. 01-22, jul. 1991.

NASCIMENTO, D. T. F. **Chuvas no Estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas por satélite e circulação atmosférica.** 2016. Tese (Doutorado em Geografia). IESA, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J. Os sistemas atmosféricos atuantes e responsáveis pela gênese das chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 16 –Vol. 27–jul/dez 2020.

NASCIMENTO, D.; NOVAIS, G. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, 9(2), 2020.

NEVES, G. Z. F. **Distribuição geográfica das chuvas no Estado de Goiás e Distrito Federal: dinâmica e aplicações nos estudos rítmicos**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2018.

NEVES, G. Z. F. A chuva no estado de Goiás e Distrito Federal: aspectos espaciais, temporais e dinâmicos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25. jun. 2019.

NEVES, G. Z. F. *et al.* Índices climáticos e tendências de precipitação no estado de Goiás e Distrito Federal. *In: XV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2023, Guarapuava-PR. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*. Guarapuava-PR: ABCLima, 2023. p. 2616-2630.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Série Recursos Naturais e Meio Ambiente, v.4, 1979.

NOBREGA, R. S.; FARIAS, R. F. L.; SANTOS, C. A. C. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.30, n.2, 171 - 180, 2015.

NOVAIS, G. T. Classificação climática aplicada ao estado de Goiás e ao Distrito Federal, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 40, n. 01, p. 1–29, 2021.

NOVAIS, G. T. **Climas do Brasil: classificação climática e aplicações (Org.)**. 1 ed. Porto Alegre: Totalbooks, 2023. 328p.

PEREIRA, T. D.; SANTOS, B. C.; NEVES, G. Z. F. Variabilidade pluviométrica do Estado do Mato Grosso na série temporal de 1998 a 2017. **Revista Geonorte**, 11(37), 39–56. 2020.

PEREIRA, D. N. B. *et. al.* Análise de seca hidroclimática a partir do índice de precipitação padronizado à leste da bacia do rio Paranaíba. **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais**, v.12, n. 1, p. 108 – 122. 2023.

REBELLO, E. R. G. *et. al.* Observação de mudanças de extremos climáticos (precipitação e temperatura) utilizando o *software* RClindex. Estudo de caso: Distrito Federal. **Congresso Brasileiro de Meteorologia - CBMET**, São Paulo-SP. 2008. Disponível em: <https://encr.pw/Oeo88>. Acesso em 09 de dezembro de 2023.

REBOITA, M. S. *et al.* Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terrae Didatica**, v. 8, n. 1, p. 34–50, 2012.

RODRIGUES, J. A. *et al.* Climate change impacts under representative concentration pathway scenarios on streamflow and droughts of basins in the Brazilian Cerrado biome. **International Journal of Climatology**, 40(5), 2511-2526. 2020.

- SANCHES, F.; FISCH, G. As possíveis alterações microclimáticas devido a formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí-PA. **Acta Amaz.** 35 (1). 2005.
- SANCHES, R. G. *et al.* Análise da tendência pluviométrica na região central do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Climatologia**, 30(18), 777-797. 2022.
- SANTOS, C. A. C.; MELO, M. M. M.; BRITO, J. I. B. Tendências de Índices de Extremos Climáticos para o Estado do Amazonas e suas Relações com a TSM dos Oceanos Tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, 1-10, 2016.
- SANTOS, B. C. *et al.* Effect of orography on rains through the analysis of climate indexes in the western plateau region of paulista. **Mercator** (Fortaleza). v. 22, p. 1-13, 2023.
- SANTOS, C. A. C.; OLIVEIRA, V. G. Trends in Extreme Climate Indices for Pará State, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 1, 13-24, 2017.
- SANTOS, C. A. C. *et al.* Tendências dos índices de precipitação no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, p. 39-47, 2009.
- SANTOS, L. *et al.* Caracterização de extremos climáticos utilizando o software RCLimdex. Estudo de caso: sudeste de Goiás. **Congresso Brasileiro de Meteorologia - CBMET**, São Paulo-SP. 2008. Disponível em: <https://encr.pw/zZWhN>. Acesso em 09 de dezembro de 2023.
- SILVA, G. B.; AZEVEDO, P. V. Índices de mudanças climáticas no estado da Bahia. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 141-151, 2008.
- SOUSA, F. A.; MOURA, D. M. B. Evapotranspiração potencial (ETp) e sua influência na vazão de rios do Cerrado Brasileiro. **Élisée - Revista De Geografia Da UEG**, 11(1), 2022.
- VERA, C. *et al.* Toward a unified view of the American Monsoon Systems. **Journal of Climate**, v. 19, p. 4977-5000, 2006.
- ZANDONADI, L. **As chuvas na bacia hidrográfica do Rio Paraná, Brasil: Um estudo do ritmo climático e algumas considerações sobre a vazão hídrica**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia). IGCE. UNESP, Rio Claro, 2013. 221p.
- ZANDONADI, L. *et al.* Changes in precipitation extremes in Brazil (Paraná River Basin). **Theor. Appl. Climatol.** n123, 741–756, 2016.
- ZAVATTINI, J. A. **A Dinâmica Atmosférica e a Distribuição das Chuvas no Mato Grosso do Sul**. 1990. Tese (Doutorado em Geografia), FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.
- ZHANG, X.; YANG, F. **RCLimDex (1.0) User Guide**. Climate Research Branch Environment Canadá. Downsview (Ontario, Canada), 2004, 22p.