Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

ANÁLISE DE TENDÊNCIA DOS EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO INTENSA NO SUDESTE DO BRASIL

Trend analysis of intense precipitation events in Southeast Brazil

Análisis de tendencias de eventos de precipitación intensa en el Sureste de Brasil

Bárbara Velasco Holender
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
holenderbarbara@gmail.com

Eliane Barbosa Santos
Laboratório de Meteorologia/Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)
elianebs@uenf.br

Resumo: Os eventos de precipitação intensa associados às mudanças climáticas podem se tornar mais frequentes e acentuados em muitas regiões do Brasil. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento e a tendência dos eventos de precipitação intensa no Sudeste do Brasil. Foram utilizados dados diários de precipitação da rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. Após a verificação da qualidade dos dados, foram selecionados 454 postos pluviométricos com dados consistentes de 1978 a 2017, que estão distribuídos nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e porção centro-leste do estado de São Paulo. Para determinar os eventos de precipitação intensa, foi utilizada a técnica dos quantis baseada apenas nos registros em que a precipitação foi maior que 0 mm (excluindo os dias sem chuva). Para detectar tendências estatisticamente significativas nas precipitações intensas, foi utilizado o teste de Mann-Kendall. A magnitude das tendências foi obtida pelo estimador de Sen. Dos 454 postos pluviométricos analisados, 32 postos apresentaram tendência estatisticamente significativa ao nível de confiança de 95% na intensidade dos eventos, sendo 11 postos com tendência de aumento e 21 postos com tendência de diminuição, localizados, em maioria, nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Na tendência do número de dias com precipitação maior ou igual ao percentil 95, 75 postos apresentaram tendência estatisticamente significativa ao nível de confiança de 95%, sendo 14 postos com tendência positiva e 61 postos com tendência negativa. A maior ocorrência de eventos de precipitação intensa foi registrada no verão.

Palavras-chave: Tendência Climática. Eventos Extremos. Chuvas Intensas.

Abstract: Heavy rainfall events associated with climate change may become more frequent and accentuated in many regions of Brazil. Therefore, the objective of this work was to study the behavior and trend of heavy rainfall events in the Southeast region of Brazil. Daily precipitation data from the hydrometeorological network of the National Water and Basic Sanitation Agency were used. After verifying the quality of the data, 454 rainfall stations were selected with consistent data from 1978 to 2017, which are distributed in the states of Minas Gerais, Rio de Janeiro and the central-eastern part of the state of São Paulo. To determine the heavy rainfall events, the quantile technique was used based only on records in which rainfall was greater than 0 mm (exclusively on days without rain). To detect statistically significant trends in heavy rainfall, the Mann-Kendall test was used. Of the 454 pluviometric stations analyzed, 32 stations showed a statistically significant trend at the 95% confidence level in the intensity of the events, with 11 stations with an increasing trend and 21 stations with a decreasing trend, mostly located in the states of Minas Gerais and Rio de Janeiro. In the trend of the number of days with precipitation greater than or equal to the 95th percentile, 75 stations showed a statistically significant trend at the 95% confidence level, 14 stations with a positive trend and 61 stations with a negative trend. The highest occurrence of heavy rain events was recorded in the summer.

Keywords: Climate trends. Extreme Events. Intense rains.

Resumen: Los eventos de fuertes lluvias asociados con el cambio climático pueden volverse más frecuentes y acentuados en muchas regiones de Brasil. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento y la tendencia de los eventos de lluvia intensa en la región Sudeste de Brasil. Se utilizaron datos de precipitación diaria de la red hidrometeorológica de la Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico. Después de verificar la calidad de los datos, se seleccionaron 454 estaciones pluviométricas con datos consistentes desde 1978 hasta 2017, que se distribuyen en los estados de Minas Gerais, Río de Janeiro y la parte centro-oriental del estado de São Paulo. Para la determinación de los eventos de lluvia intensa se utilizó la técnica cuantílica con base únicamente en registros en los que la precipitación fue mayor a 0 mm (exclusivamente en días sin lluvia). Para detectar tendencias estadísticamente significativas en lluvias intensas, se utilizó la prueba de Mann-Kendall. Dos 454 postos pluviométricos analisados, 32 postos apresentaram tendência estatisticamente significativa ao nível de confiança de 95% na intensidade dos eventos, sendo 11 postos com tendência de aumento e 21 postos com tendência de diminuição, localizada, em maioria, nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. En la tendencia del número de días con precipitación mayor o igual al percentil 95, 75 estaciones presentaron tendencia estadísticamente significativa al 95% de confianza, 14 estaciones con tendencia positiva y 61 estaciones con tendencia negativa. La mayor ocurrencia de eventos de lluvia intensa se registró en el verano.

Palabras clave: Tendencia Climática. Eventos Extremos. Lluvias Intensas.

Submetido em: 09/10/2022
Aceito para publicação em: 18/04/2023
Publicado em: 29/04/2023

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da distribuição da precipitação e seus extremos, tanto no espaço como no tempo, é importante para o planejamento de diversas atividades humanas, como agricultura, defesa civil, produção de energia e planejamento urbano. Além disso, pode orientar na tomada de decisões quanto às medidas necessárias para minimizar os danos decorrentes da irregularidade das chuvas (PICCININI, 1993).

Na região Sudeste do Brasil, a variabilidade sazonal da precipitação é modulada pelo sistema de monção da América do Sul (SMAS), sendo este o principal responsável pela configuração da estação chuvosa durante o verão e menos chuvosa durante o inverno. O desenvolvimento do SMAS começa na primavera (em setembro), com o aumento da convecção sobre o noroeste da bacia Amazônica, quando avança na direção do Sudeste do Brasil, até atingir a longitude de 48°W em novembro (CAVALCANTI; FERREIRA; 2021). Nesse sentido, o SMAS tem papel importante para o transporte de umidade para a região Central da América do Sul e a configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (GRIMM, 2011).

A ZCAS é um fenômeno atmosférico que exerce um papel preponderante no regime de chuvas na região onde atua, acarretando altos valores pluviométricos na América do Sul durante os meses de verão. É caracterizada pela persistência de uma banda de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste ao longo do sul da Amazônia, passando pelo Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, podendo alcançar até o oceano Atlântico Sul tropical adjacente, associada a uma acentuada região de convergência em baixos níveis (CARVALHO; JONES; LIEBMANN, 2004; GRIMM, 2011).

Segundo Lima, Satyamurty e Fernández (2010), as precipitações intensas no verão, na região Sudeste do Brasil, estão associadas na sua maioria com as ZCAS (47%) e as frentes frias (53%). Uma frente é formada quando há encontro de massas de ar de características diferentes, com forte gradiente térmico, e quando o ar frio está avançando e substituindo o ar quente, a zona frontal é chamada de frente fria (FERREIRA; CAVALCANTI; 2022). As frentes que conseguem atingir o Sudeste do Brasil normalmente deslocam-se de altas latitudes, orientando-se no sentido de noroeste para sudeste (DAMETTO; ROCHA, 2005; OLIVEIRA; NOBRE, 1986).

No Sudeste do Brasil, os sistemas meteorológicos Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS) também são importantes, pois dependendo das suas posições, podem ocasionar grandes períodos de estiagens (MINUZZI *et al.*, 2007a; REBOITA *et al.*, 2010). O ASAS é responsável pelas condições de céu claro ou com pouca nebulosidade da região (VIANELLO; MAIA, 1986). No inverno, quando se desloca longitudinalmente em direção ao continente, provoca baixos totais pluviométricos por causa da subsidência do ar (REBOITA *et al.*, 2010; 2019), além de atuar como um sistema de bloqueio anticiclônico, impedindo a evolução de sistemas frontais e consequentemente propiciando períodos de estiagem. Por sua vez, o VCAS é caracterizado por movimentos de ar frio e seco no centro, e ar quente e úmido nas extremidades o que faz com que eventos de precipitação dependam da sua posição. Além disso, esse sistema também pode inibir a passagem de frentes frias (MINUZZI, 2006).

São muitos os fatores que podem favorecer os eventos extremos como, por exemplo, justaposição simultânea de dois ou mais sistemas meteorológicos (MOSCATI; GAN, 2007) e mecanismos de interação na interface oceano-atmosfera (CARDOSO; SILVA DIAS, 2004; MINUZZI *et al*., 2007b). Ademais, o Sudeste do Brasil é uma das regiões cujas projeções climáticas geradas por modelos globais e regionais apontam mudanças na frequência e/ou intensidade dos extremos de precipitação (KITOH; KUSUNOKI; NAKAEGAWA, 2011; CHOU *et al.*, 2014; SILVA; REBOITA; DA ROCHA, 2014; LYRA *et al.*, 2018; AVILA-DIAZ *et al.*, 2020). Segundo Avila-Diaz *et al.* (2020), de acordo com as projeções de cenários futuros, a frequência e a intensidade de dias extremamente úmidos devem aumentar no Brasil.

Vale ressaltar que, na região Sudeste, as precipitações intensas são responsáveis por inúmeros desastres naturais que assolam muitas regiões, causando diversos transtornos às suas populações, desde a ameaça à saúde pública até prejuízos econômicos. Entre 2010 e 2011, por exemplo, mais de mil pessoas morreram em desastres naturais causados por chuvas intensas no estado do Rio de Janeiro nos municípios de Angra dos Reis, na região metropolitana e na região serrana do estado (DOURADO; ARRAES; SILVA, 2012). Esses eventos têm se tornado cada vez mais preocupantes, principalmente em cidades que possuem habitações em locais de risco como encostas de montanhas, vales de rios e córregos.

Diante do exposto e considerando que se faz necessária uma melhor compreensão dos extremos de precipitação, este trabalho tem como objetivo investigar a climatologia dos

eventos de precipitação intensa, verificando a existência de tendência na intensidade e frequência desses eventos.

2. DADOS E METODOLOGIA

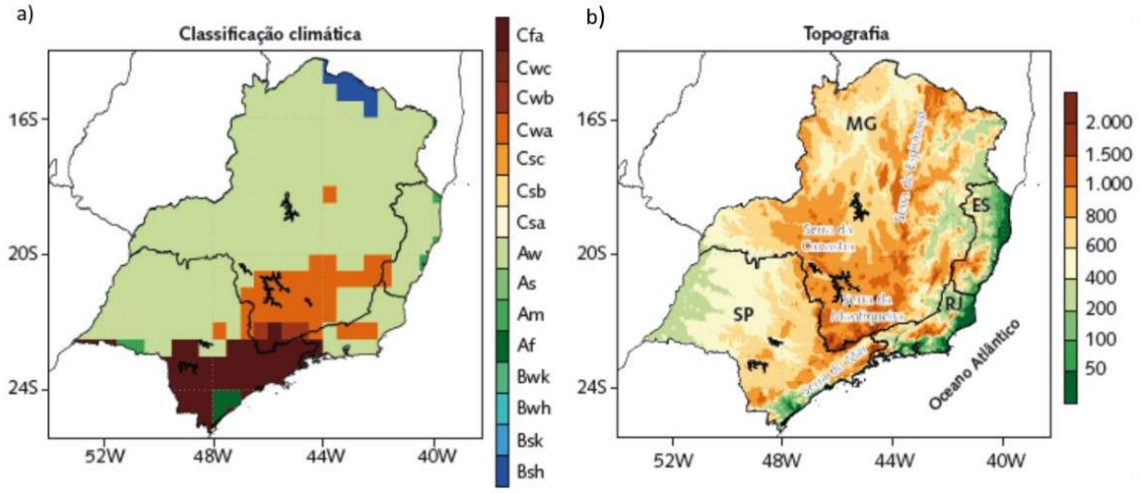
2.1. Caracterização da área de estudo

A região Sudeste do Brasil, formada pelos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, apresenta características físicas peculiares, como a topografia acidentada, a posição latitudinal, a influência do oceano no setor leste e da continentalidade nas demais áreas (REBOITA *et al*., 2010; CAVALCANTI; FERREIRA; 2021). Devido a essas características e aos aspectos dinâmicos da atmosfera, o clima da região é bastante variado (MINUZZI *et al*., 2007a; REBOITA *et al*., 2010; ALVARES *et al*., 2013).

Conforme ilustra a Figura 1a, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o tipo climático predominante é o tropical, caracterizado pelo verão úmido e o inverno seco (Aw), entretanto, outros tipos climáticos também se destacam em cada estado. No sudoeste do estado do Rio de Janeiro, destaca-se o clima subtropical úmido de inverno seco (Cwa); no sudeste do estado de São Paulo, o clima subtropical úmido (Cfa); e no sul de Minas Gerais, o clima subtropical úmido de inverno seco (Cwa) e o clima subtropical de altitude (Cwb) (ALVARES *et al*., 2013; CAVALCANTI; FERREIRA; 2021).

Com relação à topografia (Figura 1b), a região Sudeste possui características altamente heterogêneas, principalmente entre São Paulo e o centro-sul de Minas Gerais, onde se localiza a Serra da Mantiqueira (CAVALCANTI; FERREIRA; 2021). No Espírito Santo, há o predomínio das baixadas na área costeira e planaltos no interior do estado (NIMER, 1977). No Rio de Janeiro, existem contrastes entre áreas elevadas e as planícies costeiras que contornam seu litoral (SILVA; SILVA, 2017).

Figura 1 – a) Classificação climática de Köppen-Geiger e b) Topografia (metros) da região Sudeste do Brasil.

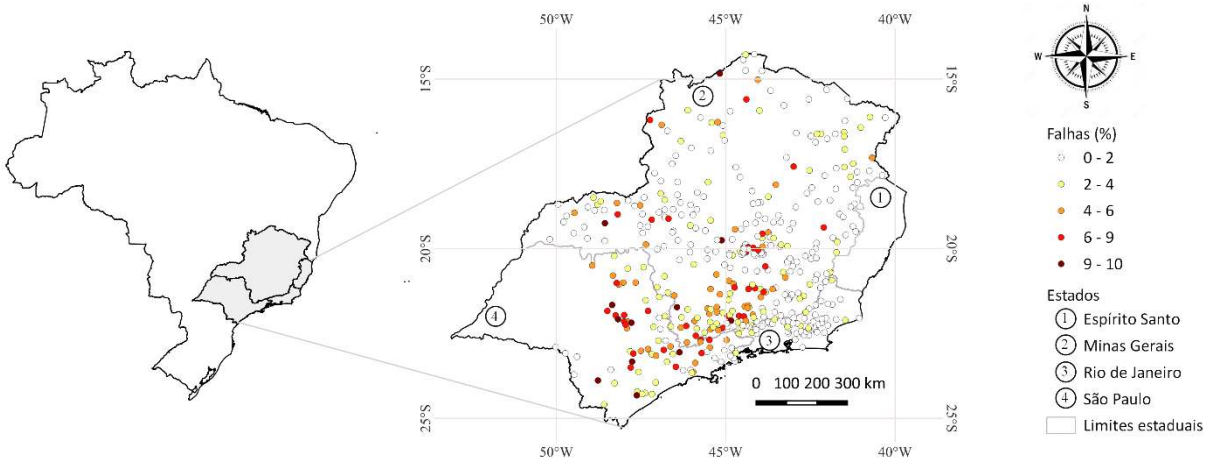


Fonte: Adaptado de Cavalcanti e Ferreira (2021).

2.2 Dados

Para a realização deste estudo foram utilizados dados diários de precipitação da rede hidrometeorológica gerenciada pela Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), obtidos em 2018. Após a verificação da qualidade dos dados e considerando o percentual de falhas igual ou inferior a 10%, foram selecionados 454 postos pluviométricos com dados consistentes de 1978 a 2017. A Figura 2 apresenta a porcentagem de falhas e a distribuição espacial dos 454 postos pluviométricos selecionados, que estão localizados nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e porção centro-leste do estado de São Paulo.

Figura 2 - Localização do Sudeste do Brasil e distribuição espacial dos postos pluviométricos com a porcentagem de falhas dos dados diários (1978 a 2017) utilizados neste estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

2.3. Metodologia

Para determinar os eventos de precipitação intensa utilizou-se a técnica dos quantis, aplicado nas séries temporais diárias da precipitação. A técnica consiste na distribuição em ordenamento crescente de uma série amostral contínua. Um quantil de ordem p (definido para 0 < p < 1) é um valor numérico que divide a distribuição em duas partes de observações numéricas, com 100p% dos elementos localizados à esquerda do quantil amostral e os demais 100(1-p)%, à direita (GOUVEA *et al*., 2018).

A escolha dos quantis pode variar de acordo com o objetivo do estudo. No presente trabalho, foi utilizado o quantil de ordem 0,95, que corresponde ao percentil 95 (valores extremos superiores). A estimativa dos percentis foi baseada apenas nos registros em que a precipitação foi maior que 0 mm, ou seja, foram excluídos os dias sem chuvas.

Para analisar as tendências dos eventos de precipitação intensa, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975), método utilizado para verificar se determinada série de dados possui uma tendência temporal estatisticamente significativa. O teste de Mann-Kendall baseia-se em rejeitar ou não a hipótese nula (*H*0), de que não há tendência na série de dados, adotando-se um nível de significância (α), em oposição à hipótese alternativa (*H*1), no qual existe uma tendência de aumento ou redução. A estatística do teste é calculada por:

(1)
$$Z=\begin{cases}\frac{S-1}{\sigma}, se\ S>0\\ 0, se\ S=0\\ \frac{S+1}{\sigma}, se\ S<0\end{cases}$$

onde:

(2)
$$S=\sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n} sinal\left(x_j-x_k\right)$$

sendo x_j e x_k valores sequenciais e n o número de observações. O sinal $(x_j - x_k)$ é obtido da seguinte forma:

(3)
$$sinal\left(x_j-x_k\right)=\begin{cases}1, se\left(x_j-x_k\right)>0\\ 0, se\left(x_j-x_k\right)=0\\ -1, se\left(x_j-x_k\right)<0\end{cases}$$

Em um teste bilateral, a hipótese nula (H_0) não é rejeitada para um certo nível de significância α, se para o quantil $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ de uma distribuição normal padrão temos $|Z| \leq Z_{\frac{\alpha}{2}}$. Neste estudo, foi adotado o nível de significância de 5%.

Para estimar a magnitude das tendências, foi utilizado o estimador proposto por Sen (1968), que permite quantificar o aumento e a diminuição das tendências. Primeiramente calcula-se todos os declives entre cada par de variáveis j e k (SEN, 1968):

(4) $$Q_i = \frac{z_j + x_k}{j-k} \text{ para } i = 1,2,\ldots,N$$

onde X_j e X_k são os valores dos dados no tempo j e k (j>k), respectivamente. A mediana dos N valores de Q_i é o estimador da inclinação de Sen, calculada por:

(5) $$Q_{med} = \begin{cases} Q_{[N+1/2]}, \text{se } N \text{ é ímpar} \\ \frac{1}{2}\left(Q_{\left[\frac{N}{2}\right]}\right) + \left(Q_{\left[N+\frac{2}{2}\right]}\right), \text{se } N \text{ é par} \end{cases}$$

Neste trabalho, o processamento dos dados e análise estatística foi realizada usando a linguagem de programação R (R CORE TEAM, 2022). Para a análise espacial dos resultados, utilizou-se o método de interpolação inverso da distância ponderada (*inverse distance weighting* - IDW) por meio do *software* de Sistema de Informação Geográfica QGIS (versão 3.18.3).

O IDW foi escolhido por sua eficiência, rapidez e baixo custo computacional (MAZZINI; SCHETTINI, 2009). Esse interpolador usa uma combinação linear ponderada dos pontos amostrados, onde o peso de cada ponto é o inverso de uma função da distância. Quanto maior a distância de um ponto a ser interpolado, menor será seu peso, ou seja, menor será a influência no valor do ponto a ser estimado (SILVA *et al.*, 2019).

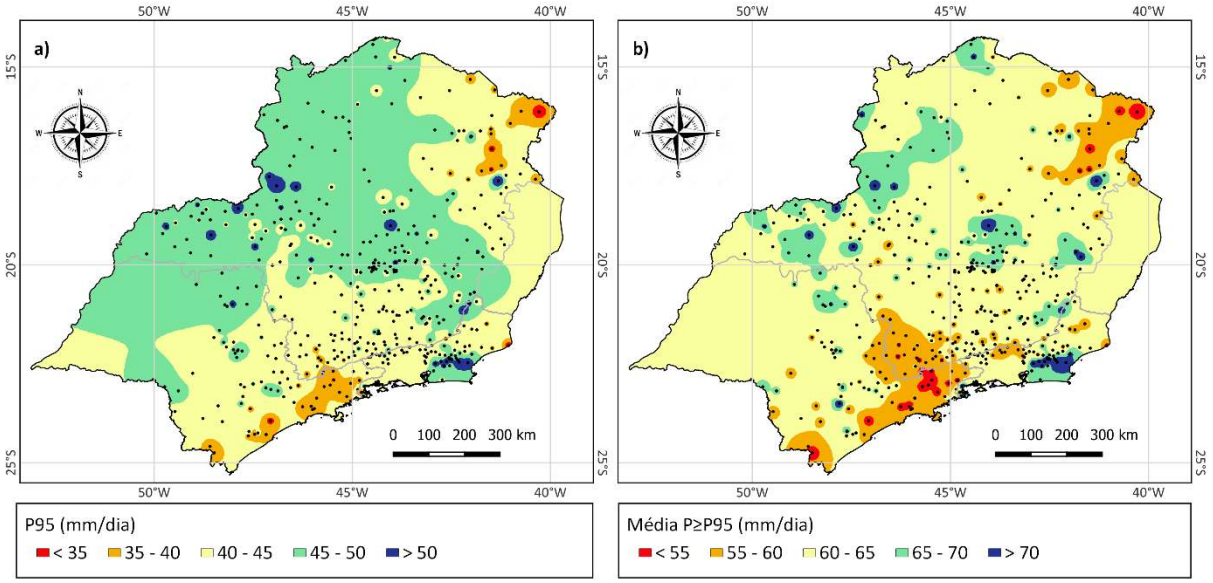
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise anual dos eventos de precipitação intensa

A Figura 3 apresenta os valores dos percentis 95 (P95) das séries temporais de precipitação diária e as médias das precipitações iguais ou superiores ao P95, referente ao período de 1978 a 2017. Observa-se que em grande parte da região analisada, os valores dos

P95 estão entre 40 e 50 mm/dia, com alguns núcleos com P95 menores que 40 mm/dia, localizados principalmente no nordeste do estado de Minas Gerais e na região metropolitana e no litoral norte e sul do estado de São Paulo. Nessas regiões observa-se, também, as menores médias das precipitações iguais ou superiores ao P95, com valores menores que 60 mm/dia.

Figura 3 – a) Valores dos percentis 95 (P95) das séries temporais diárias de precipitação (mm/dia) e b) Valores das médias das precipitações iguais ou superiores ao percentil 95 (P≥P95, mm/dia) na região Sudeste do Brasil, referente ao período de 1978 a 2017.



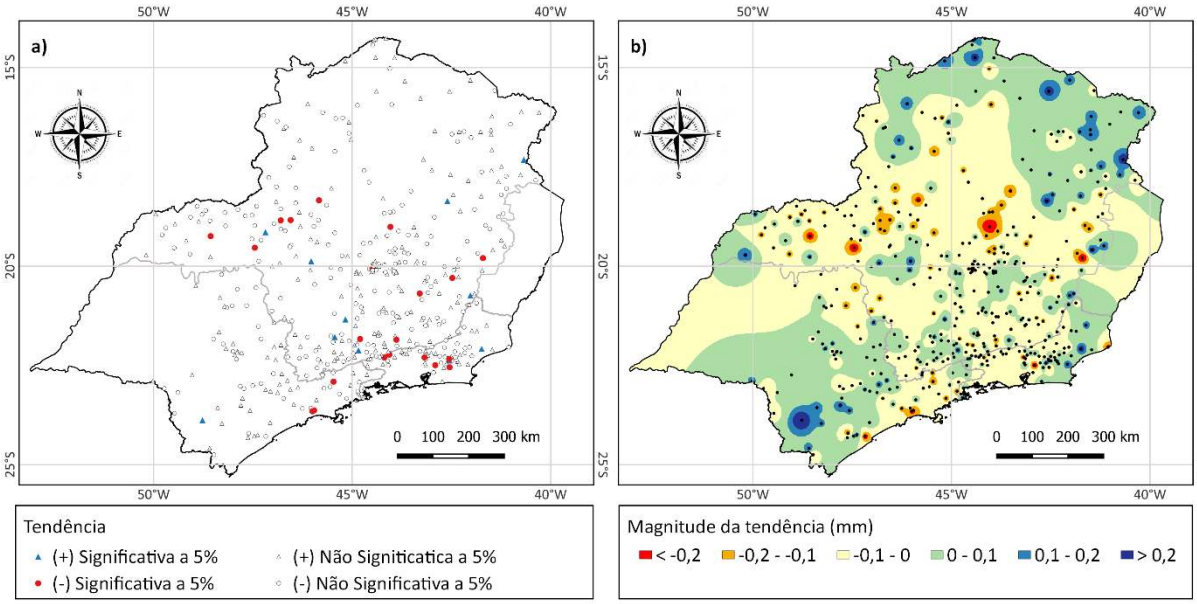
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Ainda na Figura 3, nota-se que pequenos núcleos apresentaram valores de P95 maiores que 50 mm/dia, localizados principalmente no Triângulo Mineiro, noroeste do estado de Minas Gerais, na divisa da região metropolitana e das baixadas litorâneas com a região serrana no estado do Rio de Janeiro. De forma geral, essas regiões também apresentaram as maiores médias das precipitações iguais ou superiores ao P95, com médias maiores que 70 mm/dia. No estado do Rio de Janeiro, esses resultados estão de acordo com os totais anuais de precipitação, visto que Sobral *et al*. (2018) detectaram que as baixadas litorâneas foi a mesorregião fluminense que registrou o maior total pluviométrico médio (2144 mm), atribuindo esse fato à localização na vertente da cadeia montanhosa voltada para o oceano Atlântico.

Os resultados apresentados na Figura 3, no estado de Minas Gerais, são corroboradas por Mello *et al*. (2007) e Mello e Viola (2013), estudos que apontaram a ocorrência de chuvas intensas na porção noroeste, leste e central do estado, além do Triângulo Mineiro, onde os autores associam esse fato à orografia dessas regiões. Nesses estudos, as regiões norte, nordeste e sul de Minas Gerais apresentaram menores valores de precipitação.

Na Figura 4 é possível observar a tendência da intensidade dos eventos de precipitação intensa (média da precipitação maior ou igual ao P95) e a estimativa da magnitude dessas tendências, baseado na média anual da precipitação diária maior ou igual ao P95. Dos 454 postos pluviométricos analisados, apenas 32 (~7% do total) apresentaram tendência estatisticamente significativa ao nível de significância de 5%. Destes 32 postos, 11 apresentaram tendência positiva significativa e 21 apresentaram tendência negativa significativa (Figura 4a), representando 2,4% e 4,6% dos 454 postos analisados, respectivamente. A maioria desses postos pluviométricos (com tendência significativa) está localizado nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Figura 4 – a) Tendência da intensidade dos eventos de precipitação intensa (média da precipitação maior ou igual ao P95) e b) Magnitude da tendência da intensidade dos eventos de precipitação intensa na região Sudeste do Brasil**.**



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Vale ressaltar que, as tendências positivas apresentadas na Figura 4 sugerem aumento na intensidade dos eventos de precipitação intensa e as tendências negativas sugerem

diminuição na intensidade dos eventos. Os resultados encontrados neste trabalho estão de acordo com Santana, Santos e Silva (2020), que analisaram tendências nas séries temporais de precipitação anual de 92 postos pluviométricos distribuídos sobre a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (que abrange parte dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro). Esses autores encontraram tendências positivas e negativas significativas (ao nível de significância de 5%), sugerindo, assim como o presente estudo, mudanças no regime pluviométrico em escala local.

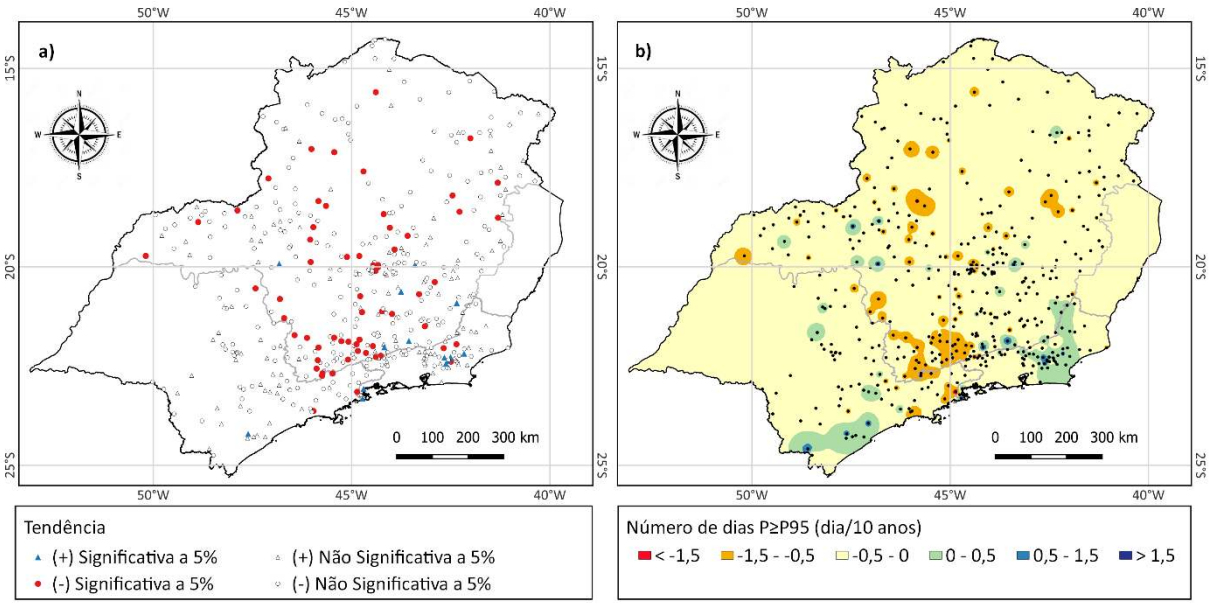
Na magnitude da tendência (Figura 4b), observa-se que as maiores taxas de aumento (>0,2 mm/dia/ano) são registradas principalmente na porção norte de Minas Gerais. O mesmo foi observado na porção sudeste do estado de São Paulo e no estado do Rio de Janeiro (porção norte e baixadas litorâneas), sendo este último resultado semelhante ao apresentado por Gomes Néto e Santos (2022). Já as tendências negativas, com taxas menores que -0,1 mm/dia/ano, foram observadas principalmente no Triângulo Mineiro e na parte central de Minas Gerais.

A Figura 5a apresenta a tendência do número de dias com precipitação igual ou superior ao P95 (precipitações intensas). Dos 454 postos pluviométricos analisados, 75 (~16,5% do total) apresentaram tendência estatisticamente significativa ao nível de significância de 5%. Destes 75 postos, 14 apresentaram tendência positiva significativa, sugerindo aumento na frequência de eventos de precipitação intensa. Portanto, do total de postos pluviométricos analisados (454), apenas 3,1% apresentaram tendência significativa de aumento. Em contrapartida, 61 postos (13,4% do total) apresentaram tendência negativa (de diminuição) estatisticamente significativa, localizados principalmente no estado de Minas Gerais.

Na Figura 5b, observa-se a magnitude da tendência por década da ocorrência dos eventos de precipitação intensa, ou seja, do número de dias a cada 10 anos, com precipitações maiores ou iguais ao P95. Observa-se que, em sua maioria, as estimativas foram negativas, sugerindo diminuição na ocorrência dos eventos de precipitação intensa. Os postos pluviométricos que apresentaram estimativas positivas estão localizados principalmente no sudeste de Minas Gerais e no estado do Rio de Janeiro, assim como indicam Silva e Dereczynski (2014). É possível observar que esses resultados estão de acordo com a Figura 5a, que mostra,

nessas regiões, tendências positivas estatisticamente significativas ao nível de significância de 5%.

Figura 5 – a) Tendência do número de dias com precipitação igual ou superior ao percentil 95 (P≥P95) e b) Magnitude da tendência por década da ocorrência dos eventos de precipitação intensa (média da precipitação maior ou igual ao P95) na região Sudeste do Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

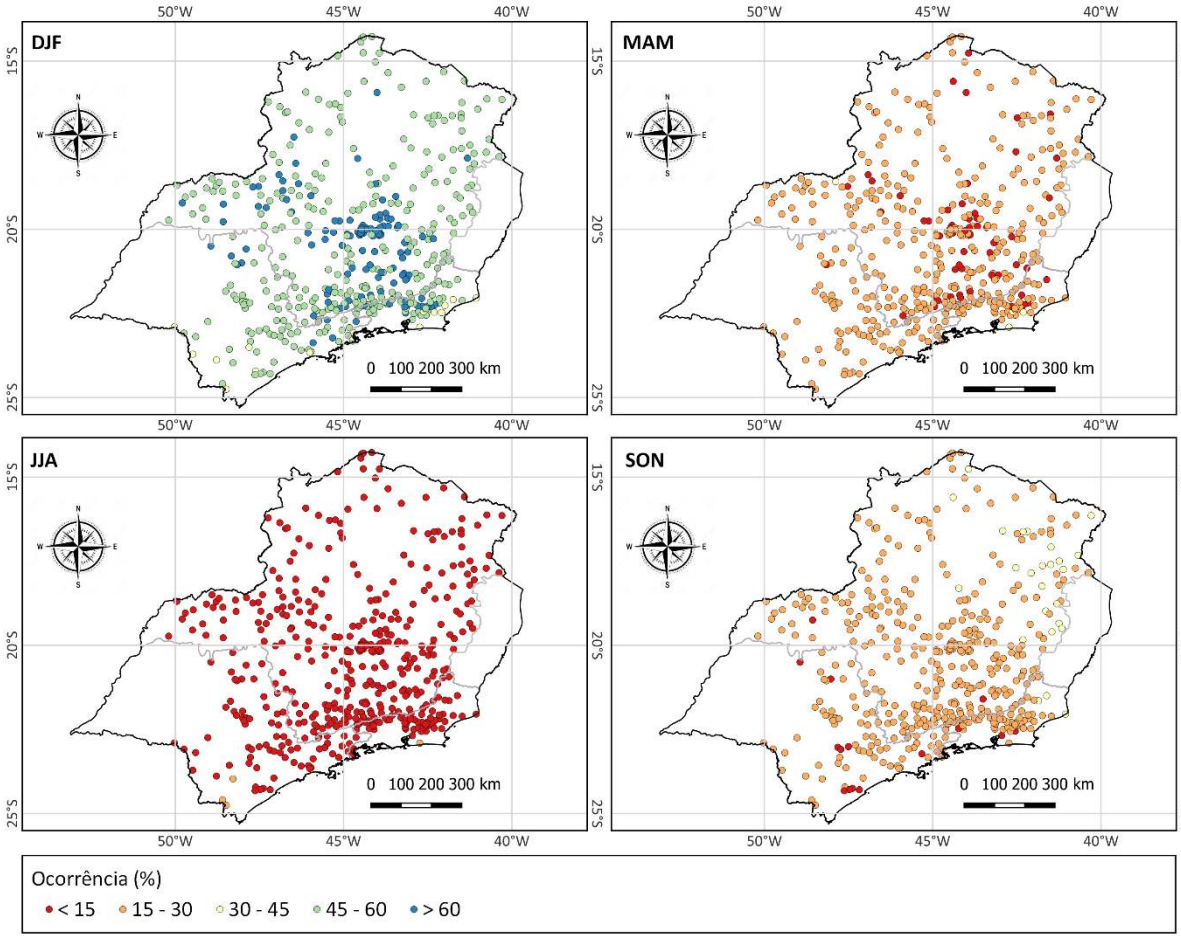
3.2. Análise sazonal dos eventos de precipitação intensa

Na Figura 6, observa-se o percentual de ocorrência (%) dos eventos de precipitação intensa (precipitação maior ou igual ao P95) por estação do ano. Dos eventos registrados, para o período de 1978 a 2017, a maior ocorrência foi nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro – DJF), com ocorrência superior a 45% em quase todos os postos pluviométricos analisados. Dos postos pluviométricos que apresentaram ocorrência inferior a 45% (no verão), destacam-se alguns postos localizados no Norte Fluminense e na porção leste e sudeste do estado Paulista, com ocorrência entre 30% e 35%.

No outono (março, abril, maio - MAM) e primavera (setembro, outubro, novembro - SON), a ocorrência dos eventos encontra-se majoritariamente entre 15 e 30%, com alguns postos pluviométricos apresentando ocorrência inferior a 15%, localizados principalmente na porção central e sudeste do estado Mineiro durante os meses de outono. Já o inverno (junho, julho e agosto - JJA), foi a estação do ano com o menor registro de ocorrência (<15%), apresentando apenas 4 postos pluviométricos com ocorrência superior a 15%, sendo um

localizado no estado do Rio de Janeiro (baixadas litorâneas) e três no Sul Paulista. Siqueira, Nery e Martins (2018) também identificaram o inverno como a estação correspondente ao período seco em grande parte de São Paulo e na porção sudoeste de Minas Gerais.

Figura 6 - Ocorrência dos eventos de precipitação intensa (precipitação maior ou igual ao P95) por estação do ano no Sudeste do Brasil: verão (DJF), outono (MAM), inverno (JJA), primavera (SON).



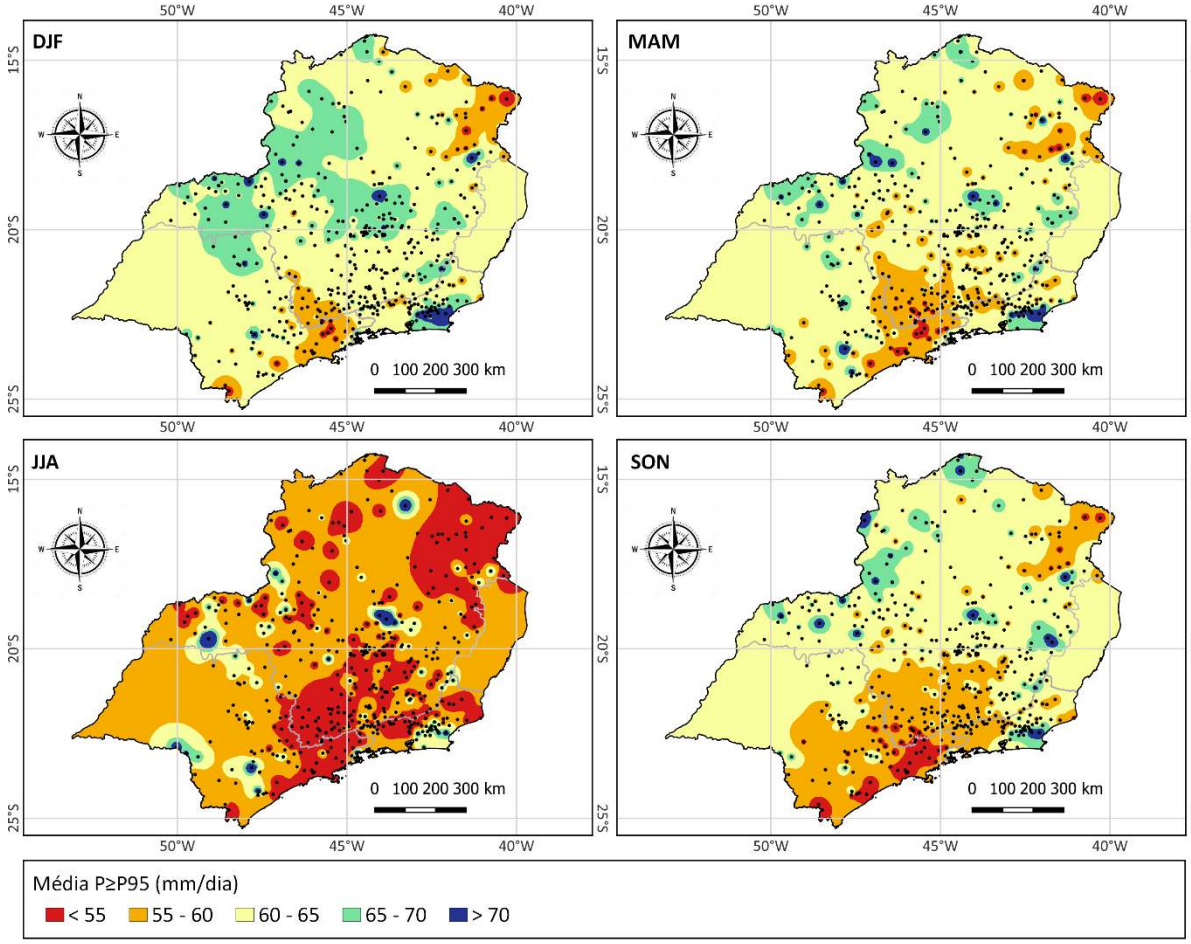
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Na Figura 7 e Tabela 1, observa-se a média dos eventos de precipitação intensa (precipitação maior ou igual ao P95) por estação do ano. Os eventos mais intensos foram registrados nos meses de verão (DJF), que é o período de atuação da ZCAS. Segundo Grimm (2011), uma das principais consequências da atuação da ZCAS é a ocorrência dos altos valores pluviométricos, principalmente no final da primavera e nos meses de verão.

Carvalho, Jones e Liebmann (2002), utilizando totais diários de 234 estações em São Paulo de 1979 a 1996, mostraram que aproximadamente 65% de todos os eventos de precipitação extrema ocorreram quando a atividade convectiva na ZCAS foi extensa e intensa,

no entanto, a configuração espacial da ZCAS e as propriedades ambientais associadas a esses eventos foram distintas. Esses autores observaram que em 30% dos casos a ZCAS foi intensa com atividade convectiva profunda estendida em direção ao oceano Atlântico, principalmente ao norte de São Paulo. Os 35% complementares dos eventos extremos ocorreram quando as atividades convectivas da ZCAS foram intensas em grande parte do Brasil, incluindo São Paulo, porém com uma menor extensão em direção ao Atlântico.

Figura 7 - Intensidade dos eventos de precipitação intensa (média da precipitação maior ou igual ao P95) por estação do ano no Sudeste do Brasil: verão (DJF), outono (MAM), inverno (JJA), primavera (SON).



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Conforme apresentam a Figura 7 e Tabela 1, no verão, foram registradas médias entre 45,18 mm/dia e 118,35 mm/dia e valores superiores a 60 mm/dia em quase todo o território analisado, com número de ocorrência de eventos entre 50 e 213. Nas baixadas litorâneas do estado do Rio de Janeiro e em alguns pontos localizados no estado de Minas Gerais, foram observados valores superiores a 70 mm/dia, resultados condizentes com os registros de

máximos mais intensos apontados por Tavares e Santos (2022) no estado do Rio de Janeiro para a mesma estação do ano. Em contrapartida, no verão, o nordeste de Minas Gerais e o litoral Norte de São Paulo estão entre as regiões que apresentaram as menores intensidades, sendo inferiores a 60 mm/dia.

Tabela 1- Valores mínimos e máximos médios dos eventos de precipitação intensa (intensidade e número de ocorrência) por estação do ano no Sudeste do Brasil.

	Valores mínimos e máximos médios da intensidade dos eventos	**Valores mínimos e máximos médios do número de ocorrência dos eventos**
Verão (DJF)	45,18 – 118,35	50 – 213
Outono (MAM)	45,25 – 104,25	12 – 148
Inverno (JJA)	37,53 – 126,70	0 – 52
Primavera (SON)	43,76 – 113,19	21 – 102

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O inverno (JJA) foi a estação do ano que registrou a menor ocorrência de eventos de precipitação intensa (entre 0 e 52), com totais entre 37,53 mm/dia e 126,70 mm/dia (Tabela 1), o que está de acordo com a climatologia da região, visto que do verão para o inverno, a precipitação reduz drasticamente no Sudeste do Brasil (CAVALCANTI; FERREIRA, 2021). Na Figura 7, observa-se que a maior parte da extensão territorial apresentou valores inferiores a 60 mm/dia, onde faixas territoriais localizadas no estado de Minas Gerais, litoral de São Paulo, norte e noroeste do Rio de Janeiro apresentaram valores inferiores a 55 mm/dia. Eventos com precipitações superiores a 70 mm/dia podem ser observados em áreas do Triângulo Mineiro, da porção central e norte de Minas Gerais, do sul do estado de São Paulo e das baixadas litorâneas do estado do Rio de Janeiro.

No inverno, um dos sistemas responsáveis pelos baixos totais pluviométricos é o ASAS, que nesse período se encontra expandido para oeste, atuando sobre a região Sudeste (REBOITA *et al.*, 2019), o que dificulta a convecção e a passagem de sistemas frontais. De acordo com Silva, Reboita e Da Rocha (2014), no inverno, a precipitação ocorre principalmente quando as frentes conseguem chegar até o Sudeste do Brasil.

No outono (MAM) e primavera (SON), há registros de eventos intensos com valores entre 45,25 e 104,25 mm/dia; e 43,76 e 113,19 mm/dia, respectivamente (Tabela 1). Nas duas estações, os eventos encontram-se majoritariamente entre 55 e 65 mm/dia, conforme mostra

a Figura 7. No outono, o número de ocorrência de eventos de precipitação intensa estiveram entre 12 e 148, enquanto na primavera, entre 21 e 102, como apresentado na Tabela 1.

A Figura 8 apresenta a tendência do número de dias com precipitação igual ou superior ao P95 (precipitações intensas) por estação do ano. No verão (DJF), 51 postos pluviométricos apresentaram tendência estatisticamente significativa ao nível de significância de 5%, correspondendo a 11,2% dos 454 postos pluviométricos analisados. Desses 51 postos, 10 apresentaram tendência positiva, sugerindo aumento do número de dias de ocorrência de eventos de precipitação intensa e 41 postos apresentaram tendência negativa, indicando que a frequência desses eventos está diminuindo. Dos postos pluviométricos que apresentaram tendência negativa significativa, a maioria (36 postos) foi observada principalmente no estado de Minas Gerais. Essa tendência negativa corrobora com os estudos de Marrafon e Reboita (2021), que encontraram tendência negativa significativa a 5% na ocorrência de dias úmidos consecutivos e tendência positiva significativa a 5% na ocorrência de dias secos consecutivos durante os meses de verão e primavera na região de atuação da ZCAS.

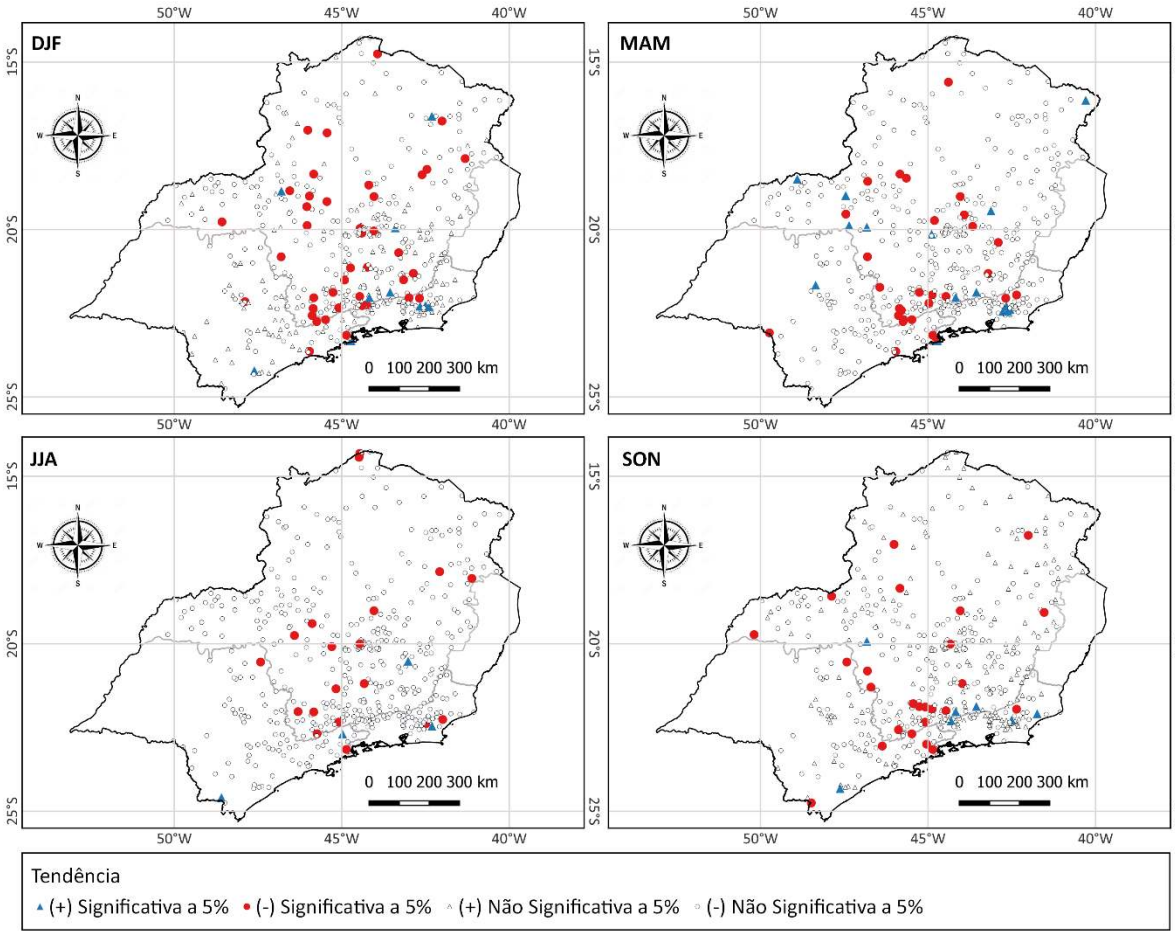
No outono (MAM), o número de postos que apresentaram tendência significativa ao nível de significância de 5% foi 44 (9,7% dos postos analisados). Destes 44 postos, 15 apresentaram tendência positiva, situados principalmente na porção sul de Minas Gerais e na porção central do Rio de Janeiro e 29 postos apresentaram tendência negativa, encontrados também na porção sul de Minas Gerais. Vale destacar que Lima (2010) observou aumento na frequência dos eventos de precipitação intensa no Sudeste do Brasil, principalmente durante o mês de março.

Dos 23 postos pluviométricos (5% dos postos analisados) que apresentaram tendência significativa ao nível de significância de 5% durante o inverno (JJA), 19 apresentaram tendência negativa, localizados majoritariamente na porção central e sul do estado Mineiro, o que está de acordo com o apresentado por Silva (2013), e 4 apresentaram tendência positiva, localizados no sudeste de Minas Gerais, nas baixadas litorâneas do estado do Rio de Janeiro, no norte e no sul de São Paulo.

Na primavera (SON), 32 postos pluviométricos (7,5% do total) apresentaram tendência estatisticamente significativa ao nível de significância de 5%, sendo 25 com tendência negativa, podendo ser observadas de forma mais concentrada no sul de Minas Gerais e norte

de São Paulo; e 7 com tendência positiva, observadas no sul de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo e no centro-norte fluminense.

Figura 8 - Tendência do número de dias com precipitação igual ou superior ao percentil 95 (P≥P95) por estação do ano no Sudeste do Brasil: verão (DJF), outono (MAM), inverno (JJA), primavera (SON).

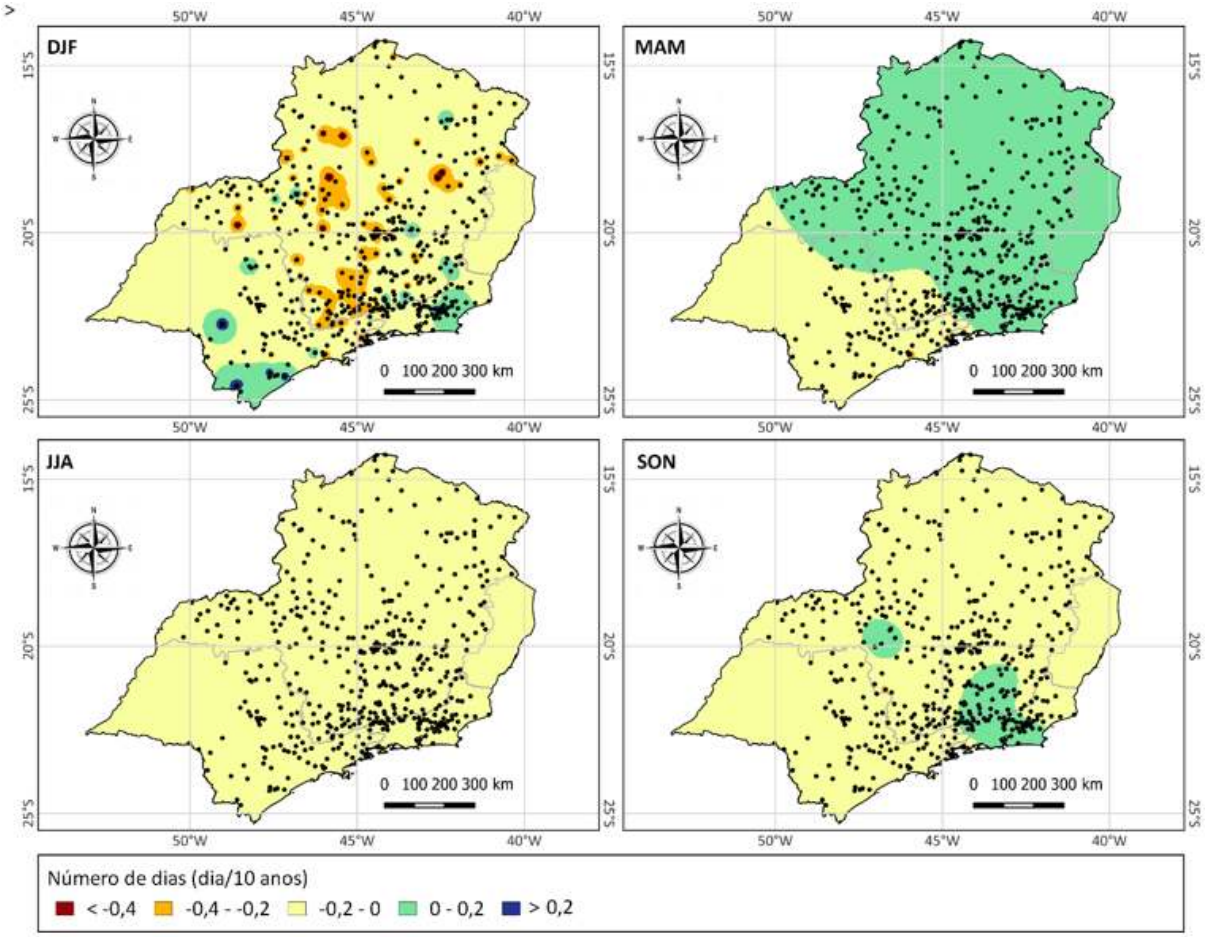


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A Figura 9 apresenta a magnitude da tendência por década da ocorrência de eventos de precipitação intensa para cada estação do ano, ou seja, do número de dias, a cada 10 anos, com precipitações maiores ou iguais ao P95. Nota-se que, durante o verão (DJF), há estimativa de aumento de mais de 0,2 mm/dia/10 anos em postos pluviométricos localizados na porção centro-sudeste do estado de São Paulo, enquanto há estimativa de diminuição de mais de 0,2 mm/dia/10 anos em diversos pontos espalhados no estado de Minas Gerais. Durante o inverno (JJA) e primavera (SON), todos os postos pluviométricos apresentaram estimativas entre -0,2 e +0,2 mm/dia/10 anos. No outono (MAM), três postos pluviométricos (localizados

na faixa leste de São Paulo) apresentaram estimativas fora dessa faixa (entre -0,2 e +0,2 mm/dia/10 anos), com valores de -0,31, -0,32 e -0,39 dia/ 10 anos.

Figura 9 – Magnitude da tendência por década da ocorrência dos eventos de precipitação intensa (média da precipitação maior ou igual ao P95) por estação do ano na região Sudeste do Brasil: verão (DJF), outono (MAM), inverno (JJA), primavera (SON).



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo consistiu em analisar a tendência da precipitação diária intensa na região Sudeste do Brasil, utilizando dados diários (1978 a 2017) de 454 postos pluviométricos distribuídos nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e porção centro-leste do estado de São Paulo. De forma geral, no percentil 95 da precipitação diária e na média da precipitação igual ou superior ao percentil 95, os valores mais intensos foram registrados na divisa da região metropolitana e das baixadas litorâneas com a região serrana no estado do Rio de Janeiro e em algumas pequenas áreas do estado de Minas Gerais.

Na análise de tendência da intensidade dos eventos de precipitação intensa, na escala anual, 7% dos postos pluviométricos analisados (32 postos) apresentaram tendência estatisticamente significativa ao nível de significância de 5%, sendo 2,4% (11 postos) com tendência de aumento e 4,6% (21 postos) com tendência de diminuição. A maioria desses postos pluviométricos está localizada nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Já na análise de tendência da ocorrência desses eventos, 75 postos pluviométrico apresentaram tendência estatisticamente significativa ao nível de significância de 5%, representando 16,5% do total, sendo 3,1% (14 postos) com tendência positiva, sugerindo aumento da frequência e 13,4% (61 postos) com tendência negativa, sugerindo diminuição da frequência dos eventos. Esses resultados sugerem que as precipitações intensas vêm aumentando ou diminuindo em uma escala local.

Em relação à magnitude da tendência dos eventos de precipitação intensa, na escala anual, foram observadas tendências negativas com taxas menores que -0,1 mm/dia/ano em algumas regiões, principalmente no Triângulo Mineiro e faixa central de Minas Gerais. Enquanto as maiores taxas de aumento (>0,20 mm/dia/ano) foram observadas, principalmente, no norte de Minas Gerais e entre a porção sul e sudeste do estado de São Paulo. Para a ocorrência dos eventos, na maioria dos postos pluviométricos que apresentaram tendência estatisticamente significativa ao nível de significância de 5% (13,4% do total dos postos analisados) a estimativa da magnitude da tendência foi negativa, sugerindo diminuição de até 1,5 mm/dia/10 anos, localizados principalmente no estado de Minas Gerais.

Na análise sazonal, a frequência e intensidade dos eventos de precipitação intensa foram maiores nos meses de verão, com ocorrência e intensidade predominantemente superiores a 45% e 60 mm/dia, respectivamente, fator que pode ser relacionado às ZCAS e ao comportamento de monção característico do Sudeste do Brasil. Nas estações outono e primavera, em mais de 80% dos postos pluviométricos as ocorrências dos eventos foram entre 15 e 30% e a intensidade entre 50 e 70 mm/dia, enquanto no inverno, em 99% dos postos pluviométricos analisados a ocorrência foi inferior a 15% e a intensidade, em grande parte da região, inferior a 60 mm/dia.

Em relação à tendência sazonal do número de dias com precipitação igual ou superior ao percentil 95 (intensidade e ocorrência), a maior parte dos postos pluviométricos que apresentaram tendência significativa ao nível de significância de 5% foi negativa. No verão, 51

postos pluviométricos apresentaram tendência significativa ao nível de significância de 5%, sendo negativa em 41 postos. Para o outono, inverno e primavera, 44, 23 e 32 postos apresentaram tendência estatisticamente significativa ao nível de significância de 5%, sendo negativa em 29, 19 e 25 postos, respectivamente, sugerindo diminuição da ocorrência de eventos de precipitação intensa.

A partir deste estudo, espera-se contribuir com os planos e políticas públicas, fornecendo embasamento científico e informações práticas que possam auxiliar na tomada de decisão em setores como a agricultura e defesa civil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) pela concessão de bolsa de iniciação científica, à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) pela disponibilização dos dados e à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro(FAPERJ) pelo apoio financeiro através do projeto "Eventos Extremos de Precipitação no Sudeste do Brasil" – Processo Nº: E-26/010/002667/2019.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. *et al*. Ko¨ppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrif**, v. 22, n. 6, p. 711–728, dec. 2013. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

AVILA-DIAZ, A. *et al.* Assessing current and future trends of climate extremes across Brazil based on reanalyses and earth system model projections. **Climate Dynamics**, v. 55, n. 5–6, p. 1403–1426, set. 2020. https://doi.org/10.1007/s00382-020-05333-z

CARDOSO, A. DE O.; SILVA DIAS, P. L. DA. Identificação de trimestres extremos no regime pluviométrico do Sul e Sudeste do Brasil e relação com anomalias da TSM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 1, p. 149–162, 2004.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. Extreme Precipitation Events in Southeastern South America and Large-Scale Convective Patterns in the South Atlantic Convergence Zone. **Journal of Climate**, v. 15, n. 17, p. 2377–2394, set. 2002. https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<2377:EPEISS>2.0.CO;2

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme

Rainfall. **Journal of Climate**, v. 17, n. 1, p. 88–108, jan. 2004. https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<0088:TSACZI>2.0.CO;2

CAVALCANTI, I. F. DE A.; FERREIRA, N. J. **Clima das regiões brasileiras e variabilidade climática**. 1. ed. [s.l.] Oficina de Textos, 2021.

CHOU, S. C. *et al.* Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. **American Journal of Climate Change**, v. 03, n. 05, p. 512–527, 2014. https://doi.org/10.4236/ajcc.2014.35043

DAMETTO, G. S.; ROCHA, R. P. Características climáticas dos sistemas frontais na cidade de São Paulo. Anais.. São Paulo: IAG/USP, 2005.

DOURADO, F.; ARRAES, T. C.; SILVA, M. F. O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro – as Causas do Evento, os Mecanismos dos Movimentos de Massa e a Distribuição Espacial dos Investimentos de Reconstrução no Pós-Desastre. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 35_2, n. 1, p. 43–54, 12 mar. 2012. http://dx.doi.org/10.11137/2012_2_43_54

FERREIRA, N. J.; CAVALCANTI, I. F. DE A. **Sistemas meteorológicos atuantes no Brasil**. 1. ed. [s.l.] Oficina de Textos, 2022.

GOMES NÉTO, N. C.; SANTOS, E. B. Análise Espaço-Temporal dos Eventos de Precipitação Intensa no Estado do Rio de Janeiro. v. 37, n. 1, p. 89–97, 2022. https://doi.org/10.1590/0102-77863710081

GOUVEA, R. L. *et al.* Análise de frequência de precipitação e caracterização de anos secos e chuvosos para a bacia do Rio Itajaí. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 7 maio 2018. http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.55276

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, maio 2011. https://doi.org/10.1007/s00477-010-0420-1

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Methods**. 4 ed. London: Charles Griffin. 1975.

KITOH, A.; KUSUNOKI, S.; NAKAEGAWA, T. Climate change projections over South America in the late 21st century with the 20 and 60 km mesh Meteorological Research Institute atmospheric general circulation model (MRI-AGCM). Journal of Geophysical Research, v. 116, n. D6, p. D06105, 17 mar. 2011. https://doi.org/10.1029/2010JD014920

LIMA, K. C. **Episódios de precipitação intensa no sudeste do Brasil e a influênia das anomalias de temperatura da superfície do mar e da topografia.** Tese (Doutorado em Meteorologia) - São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 29 jul. 2010.

LIMA, K. C.; SATYAMURTY, P.; FERNÁNDEZ, J. P. R. Large-scale atmospheric conditions associated with heavy rainfall episodes in Southeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 101, n. 1, p. 121–135, 1 jul. 2010. https://doi.org/10.1007/s00704-009-0207-9

LYRA, A. *et al.* Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil using the non-hydrostatic Eta regional climate model at 5-km resolution. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 132, n. 1–2, p. 663–682, abr. 2018. https://doi.org/10.1007/s00704-017-2067-z

MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. **Econometrica**, 13p. 1945.

MARRAFON, V. H.; REBOITA, M. S. Características da Precipitação na América do Sul Reveladas Através de Índices Climáticos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 4 mar. 2021. http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.72181

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 53, 17 jul. 2009. https://doi.org/10.14210/bjast.v13n1.p53-64

MELLO, C. R. DE *et al.* Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 537–545, abr. 2007. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400012

MELLO, C. R. DE; VIOLA, M. R. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 37–44, fev. 2013.

MINUZZI, R. B. *et al.* Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 338–344, dez. 2007a. https://doi.org/10.1590/S0102-77862007000300007

MINUZZI, R. B. *et al.* Influência da La Niña na estação chuvosa da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 345–353, dez. 2007b. https://doi.org/10.1590/S0102-77862007000300008

MINUZZI, R. B. **Influência de algumas forçantes climáticas no período chuvoso da Região Sudeste do Brasil e suas conseqüências para as culturas da soja e do milho**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa, 6 set. 2006.

MOSCATI, M. C. de L.; GAN, M. A. Rainfall variability in the rainy season of semiarid zone of northeast Brazil (NEB) and its relation to wind regime. **International Journal of Climatology**, v. 27, n. 4, p. 493–512, 30 mar. 2007. https://doi.org/10.1002/joc.1408

NIMER, E. Clima. In: Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, Geografia do Brasil, Região Sudeste. 3: 51-89, 1977.

OLIVEIRA, A. S.; NOBRE, C. A. Interações entre sistemas frontais na América do Sul e convecção na Amazônia. Parte I: Aspectos Climatológicos. 1986.

PICCININI, M. **Distribuições de probabilidade de precipitação de intensidade máxima para Piracicaba, SP**. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) — Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1993.

R CORE TEAM (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

REBOITA, M. S. *et al*. Regimes de precipitação na América do Sul: Uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185-204, jun. 2010. https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004

REBOITA, M. S. *et al*. The South Atlantic Subtropical Anticyclone: Present and Future Climate. **Frontiers in Earth Science**, v. 7, p. 8, 26 fev. 2019. https://doi.org/10.3389/feart.2019.00008

SANTANA, G. R. DE A.; SANTOS, E. B.; SILVA, M. G. A. J. DA. Caracterização Espaço-Temporal das Secas na Bacia do Rio Paraíba do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, n. 4, p. 364–375, 18 dez. 2020. https://doi.org/10.11137/2020_4_364_375

SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. **Journal of the American Statistical Association**, v.63, p.1379-1389. 1968.

SILVA, A. S. A. *et al*. Comparison of Interpolation Methods for Spatial Distribution of Monthly Precipitation in the State of Pernambuco, Brazil. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 24, n. 3, p. 04018068, mar. 2019. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001743

SILVA, E. D. Estudo da precipitação no estado de Minas Gerais –MG. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e recursos Hídricos) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 70f. 2013.

SILVA, L. J.; REBOITA, M. S.; DA ROCHA, R. P. Relação da passagem de frentes frias na região Sul de Minas Gerais (RSMG) com a precipitação e eventos de geada. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, n. 1, 13 out. 2014. http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v14i1.36314

SILVA, T. M.; SILVA, S. L. S. **O relevo do estado do Rio de Janeiro: cenário de beleza e fragilidade ambiental**. In: MARAFON, G. J.; RIBEIRO, M. A. orgs. Revisitando o território fluminense, VI [online]. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2017, pp. 43-64. ISBN: 978-85-7511-457-5. https://doi.org/10.7476/9788575114575.0004

SILVA, W. L. *et al.* Future Changes in Temperature and Precipitation Extremes in the State of Rio de Janeiro (Brazil). **American Journal of Climate Change**, v. 03, n. 04, p. 353–365, 2014. https://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2014.34031

SILVA, W. L.; DERECZYNSKI, C. P. Climatological Characterization and Observed Trends in Climatic Extremes in the State of Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 37, n. 2, p. 123, 28 nov. 2014.

SIQUEIRA, B.; NERY, J. T.; MARTINS, G. Variabilidade sazonal da precipitação na Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, 23 ago. 2018. http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.59508

SOBRAL, B. S. *et al.* Variabilidade espaço-temporal e interanual da chuva no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, n. 14, p. 281–308, 2018. http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.55592

TAVARES, M. G.; SANTOS, E. B. Período de retorno das precipitações máximas diárias no estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 274–290, 16 fev. 2022. https://doi.org/10.55761/abclima.v30i18.15196

VIANELLO, R. L.; MAIA, L. F. P. G. Estudo Preliminar da Climatologia Dinâmica do Estado de Minas Gerais. In: I CONGRESSO INTERAMERICANO DE METEOROLOGIA, Brasília. Anais. p. 185-194, 1986.