

CARACTERIZAÇÃO DE EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO SÃO FRANCISCO

Laureanti, N. C.¹; Chou, S.C.¹; Tavares, P.; Baltazar, R.; Nobre, P.

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Rod. Pres. Dutra km 39, Cachoeira Paulista SP, CEP 12630-000
nicole.laureanti@inpe.br; chou.chan@inpe.br

Abstract. Diagnosing the drivers of extreme precipitation events over the São Francisco River basin is important for water management purposes. This work proposes a new approach to characterizing extremes. The extremes are found through Principal Components Analysis (PCA) of the MERGE precipitation dataset produced by CPTEC/INPE. The time series considers the mean monthly precipitation over the São Francisco basin within December-January-February, which is the rainy season over most parts of the basin. The time series of rainfall extremes was correlated with climate indexes and a diagnosis is held in the most extreme using composite analysis. The extreme events were compared to those found in the literature. The patterns of sea surface temperature and wind at upper levels during the events strongly emphasize that the most contributing factor to the precipitation is the South Atlantic Convergence Zone (SACZ).

Palavras-Chave – diagnóstico, variabilidade, composição

INTRODUÇÃO

A Bacia do Rio São Francisco (BSF) possui um regime de cheias bastante dependente da precipitação. As regiões do baixo e sub-médio São Francisco abrangem o sertão nordestino, muito vulnerável pela baixa quantidade de umidade. As regiões do Alto e médio da bacia estão inseridas na zona de atuação do Sistema de Monções da América do Sul (SMAS) (Grimm, 2003). Tal sistema é associado ao aquecimento da temperatura da superfície continental com relação ao oceano durante o verão, que modifica a direção média dos ventos, assim como os níveis médios de precipitação. De acordo com Marengo *et al.* (2012, p. 1), o período de monção na América do Sul concentra mais de 50% do total anual de precipitação.

A indefinição do regime meteorológico compromete o sistema hídrico como um todo. Eventos como a seca de 2014 indicam os impactos dos extremos com grande potencial de perda para os recursos hídricos (Coelho *et al.*, 2016, p. 3737). Tal evento teve como componente teleconexões e também o estabelecimento de anomalias positivas de temperatura da superfície do oceano no Atlântico Sul (Finke *et al.* 2020).

Uma análise utilizando índices de seca para cada porção da bacia indicou outros aspectos que influenciam a variabilidade da bacia (Freitas *et al.*, 2022, p. 41). Assim como 2014, os anos de 2012, 2015, 2016, 2017 e 2019 foram considerados como registros de seca minimamente impactantes. Nesse caso, os registros de seca também sucederam teleconexões. Tais registros de seca, assim como os registros de extremos de cheia, se demonstraram importantes para avaliação da disponibilidade hídrica.

A avaliação de eventos extremos é, portanto, um tópico recorrente porém de crucial importância. Explorar as diferenças entre conjuntos de dados com registros observacionais e também os métodos de caracterização de extremos auxilia o entendimento dos eventos. Neste trabalho, ao propor a caracterização dos eventos extremos meteorológicos, se deseja assegurar a assimilação e diagnóstico dos eventos, preservando as características dos padrões atmosféricos associados para análises posteriores.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para caracterização dos eventos extremos são utilizadas séries de precipitação de um conjunto preparado com dados observacionais combinados com observações de satélite chamado MERGE do CPTEC/INPE (Rozante *et al.*, 2010). As séries diárias são acumuladas inicialmente em valores mensais e em seguida compostas em médias sazonais para o trimestre chuvoso da bacia que, de acordo com Freitas *et al.* (2022, p. 41), ocorre nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF), principalmente sobre o Alto e Médio.

A análise de funções ortogonais empíricas é uma das técnicas consolidadas para avaliação de dados matriciais e estabelecimento de modos de variabilidade (Wilks, 2006). Neste trabalho, a obtenção de modos ortogonais caracteriza os extremos com a Análise de Componentes Principais (ACP) de variação dentro da amostra. Ao compor diferentes modos de variabilidade, se priorizam os resultados com maior variância, uma vez que contém os padrões espaciais e temporais de maior representatividade na série.

A variação temporal de intensidade do modo é composta por valores anômalos de desvio padrão. Os anos extremos apresentam desvio padrão absoluto maior que 1. Tais anos foram utilizados para seleção de campos anômalos de variáveis meteorológicas derivadas de dados de reanálises atmosféricas do conjunto ERA5 (Hersbach *et al.*, 2020, p. 1999). A significância estatística é verificada com o teste *t* de Student (Wilks, 2006). A série pode ainda estar relacionada com modos de variabilidade que atuam via teleconexões, o que foi verificado pelo coeficiente de correlação de Pearson (Wilks, 2006). Os índices climáticos utilizados foram: El Niño-Oscilação Sul (ENOS) em suas distintas localizações (Nino1.2, Nino3 e Nino3.4) e as Oscilações do Atlântico Tropical Norte (ATN) e Sul (ATS) disponibilizados pela NOAA *Physical Sciences Laboratory* (PSL) (2022), por serem os índices climáticos que mais influenciam o clima sobre a América do Sul (Flantua *et al.*, 2016 p. 483).

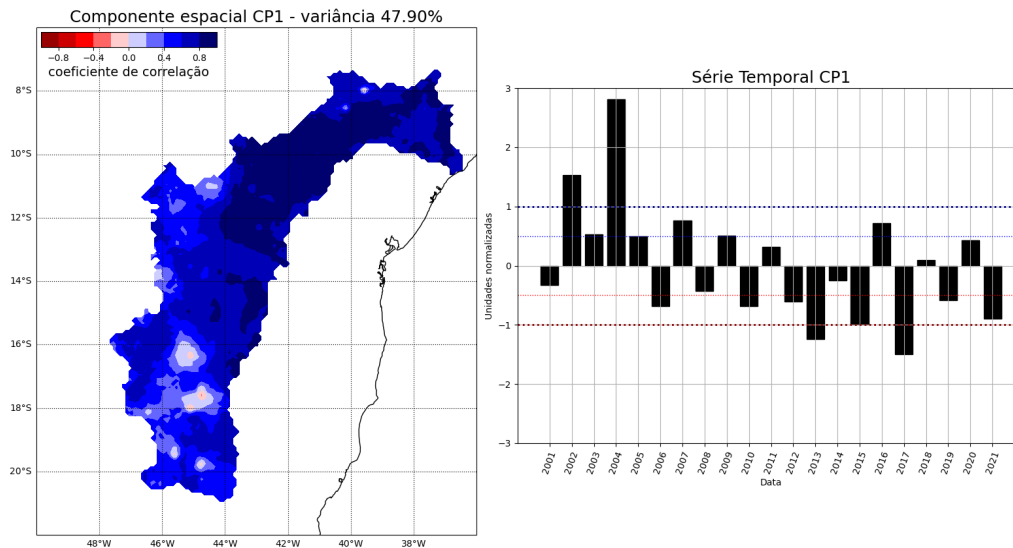
Diferentes métodos estatísticos são utilizados na meteorologia e hidrologia para caracterização de extremos, incluindo médias simples e distribuições de probabilidade. Neste trabalho, a utilização de uma técnica multivariada, com um conjunto de dados preparados possibilita uma metodologia simples e consistente para determinação de extremos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modo de variabilidade

O primeiro modo de variabilidade explica 47,90% de variância (FIGURA 1) e caracteriza os anos de eventos extremos na BSF. A componente espacial com distribuição de sinais mais homogênea sugere uma relação síncrona de variação da precipitação no domínio. Com a série temporal dos autovalores (FIGURA 1), definem-se os extremos positivos: 2002 e 2004 e negativos: 2013, 2015 e 2017, os quais coincidem com aqueles obtidos por Freitas *et al.* (2022, p. 41).

FIGURA 1. 1º Componente Principal espacial e série temporal de autovalores da decomposição da precipitação em ACP para a BSF.



Campos anômalos

Os extremos positivos na BSF (2002 e 2004) apresentam anomalias positivas de precipitação sobre todo o Nordeste do Brasil e anomalias negativas de precipitação no noroeste e sudeste da América do Sul (FIGURA 2A). No noroeste, as anomalias negativas de chuva podem estar relacionadas com o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A ZCIT apresenta-se mais ao norte da sua posição climatológica, deslocamento esse causado possivelmente devido a anomalia positiva de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical ao norte do Equador (FIGURA 2B). Segundo Utida *et al.* (2019, p. 1698), TSM anômalas no Atlântico Tropical contribuem para deslocamentos latitudinal da ZCIT em direção as águas mais aquecidas. No Atlântico Subtropical, a TSM apresenta anomalia negativa na costa leste da América do Sul. No Pacífico, não são vistas anomalias significativas, mas as de maior intensidade estão sobre a região do índice Niño3.4. O maior índice de correlação foi de 0,25 encontrado para o Niño3.4, que está relacionado com a variação de precipitação no noroeste do continente (Flantua *et al.*, 2016, p. 483).

Os extremos negativos na BSF (2013, 2015 e 2017) apresentam um padrão espacial de anomalias de precipitação de dipolo, decorrente do deslocamento latitudinal da ZCIT para o norte (FIGURA 2C). Com relação às anomalias de TSM, sobre o Atlântico Tropical se configura o padrão inverso, com predominância de anomalias negativas ao norte do equador. Nesse caso, o deslocamento da ZCIT novamente está relacionado com anomalias de TSM no ATN e no Atlântico Subtropical.

A direção e velocidade do vento em altos níveis (FIGURA 3) também estão associadas, por fatores dinâmicos, ao aparecimento da variação de TSM no Atlântico Sudoeste. Em anos chuvosos, os ventos de sul em altos níveis são mais intensos sobre a região da bacia; esta circulação está associada ao Cavado do Nordeste. Tal padrão de circulação é associado a uma anomalia de circulação ciclônica em altos níveis no sudeste da América do Sul, característica observada durante a ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (FIGURA 3B), que tem correlação negativa com a TSM (Robertson e Mechoso, 2000, p. 2947; Nobre *et al.*, 2012, p. 6349). Já em

anos secos, o fluxo de vento de sul é menos intenso do que o da climatologia (FIGURA 3C), indicando anos com menor ocorrência de eventos de ZCAS.

FIGURA 2. Médias mensais de DJF de anomalias de precipitação (A) e TSM (B) para anos de extremos chuvosos (C) e secos (D) na Bacia do Rio São Francisco. Os contornos são as médias climatológicas e as cores são anomalias. Hachuras são mostradas sobre anomalias significativas a um nível de 5%.

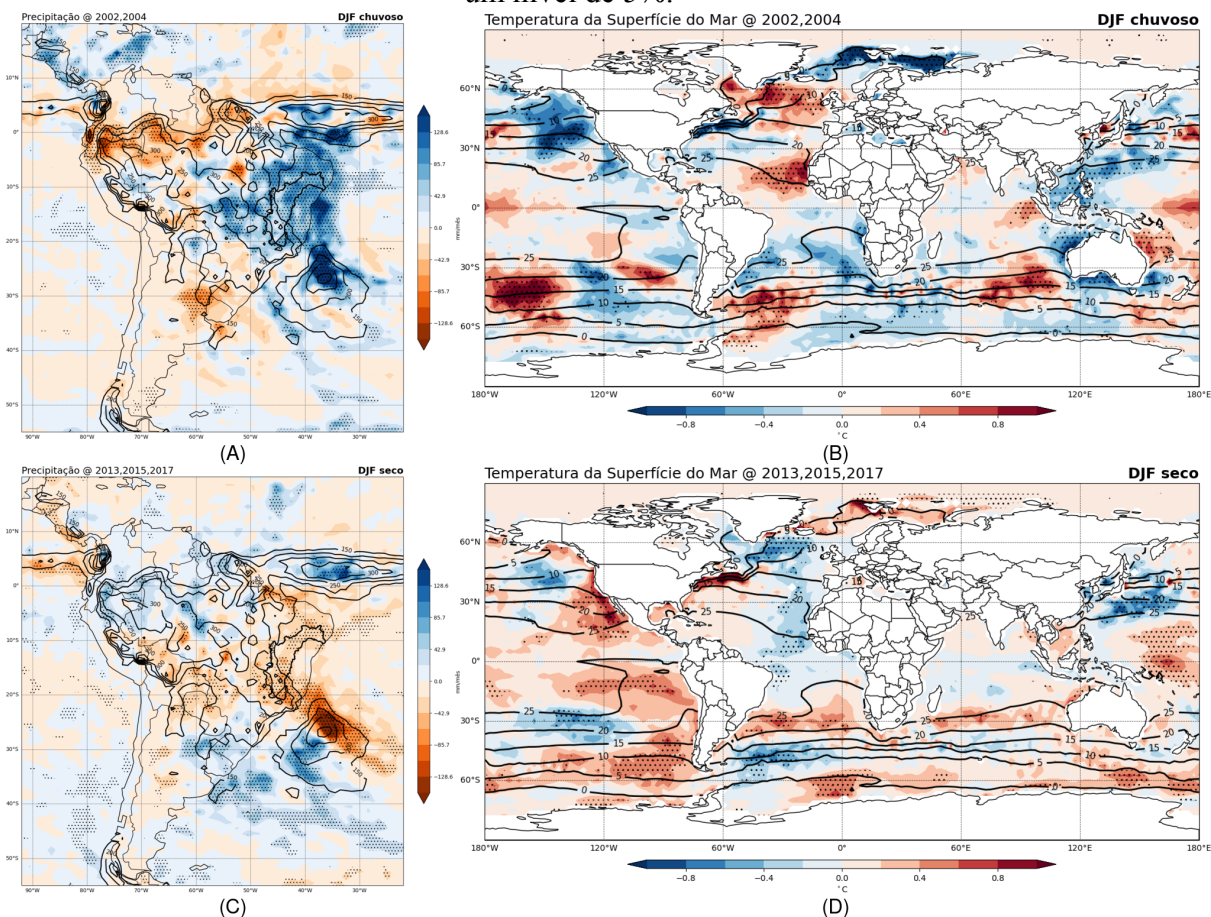
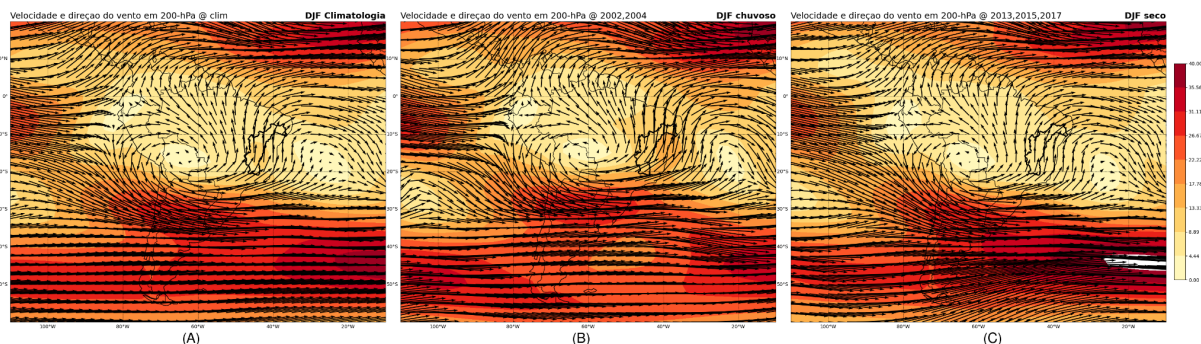


FIGURA 3. Médias mensais de DJF de direção e velocidade do vento para a climatologia (A) e durante anos de extremos chuvosos (B) e secos (C) na BSF.



CONCLUSÃO

Durante os eventos extremos de precipitação na Bacia do São Francisco (BSF) foram observadas anomalias de precipitação de sinal oposto no sudeste e noroeste da América do Sul. Fatores como o Niño3.4 e o deslocamento latitudinal da ZCIT apresentam influências diretas nesses casos. Sobre a BSF, como componente da ZCAS, o padrão da velocidade dos ventos em altitude em sua manifestação mais e menos extrema se mostrou como o maior contribuinte para extremos na região.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e da Agência Nacional de Águas (CAPES-ANA) no.88881.144894/2017-01.

REFERÊNCIAS

- COELHO, C. A., et al. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. **Climate Dynamics**, Springer Verlag, v. 46, n. 11-12, p. 3737–3752, jun 2016. ISSN 14320894.
- FLANTUA, S. G. A.; HOOGHMSTRA, H.; VUILLE, M.; et al. Climate variability and human impact in South America during the last 2000 years: synthesis and perspectives from pollen records. **Climate of the Past**, v. 12, n. 2, p. 483–523, 2016.
- FREITAS, A.A.; Drumond, A.; Carvalho, V.S.B.; Reboita, M.S.; Silva, B.C.; Uvo, C.B. Drought Assessment in São Francisco River Basin, Brazil: Characterization through SPI and Associated Anomalous Climate Patterns. **Atmosphere** n. 13, p. 41, 2022.
- GRIMM, A. M. The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: Regional processes versus remote influences. **Journal of Climate**, 2003.
- HERSBACH, H.; et al. The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, John Wiley and Sons, Ltd, v. 146, p. 1999–2049, 7 2020. ISSN 1477-870X.
- MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; GRIMM, A. M.; et al. Recent developments on the South American monsoon system. **International Journal of Climatology**, v. 32, n. 1, p. 1–21, 2012.
- NOAA Physical Sciences Laboratory (PSL). Climate Indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time-Series. 2022. Disponível em: <https://psl.noaa.gov/data/climateindices/list>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- NOBRE, P.; De Almeida, R. A.; MALAGUTTI, M.; GIAROLLA, E. Coupled ocean-atmosphere variations over the South Atlantic Ocean. **Journal of Climate**, American Meteorological Society, v. 25, n. 18, p. 6349–6358, sep 2012. ISSN 08948755.
- ROBERTSON, A. W.; MECHOSO, C. R. Interannual and Interdecadal Variability of the South Atlantic Convergence Zone. **Monthly Weather Review**, v. 128, n. 8, p. 2947–2957, 2000.
- ROZANTE, J. R.; MOREIRA, D. S.; GONCALVES, L. G. G. D.; VILA, D. A. Combining TRMM and surface observations of precipitation: Technique and validation over South America. 2010.
- UTIDA G, et al. Tropical South Atlantic influence on Northeastern Brazil precipitation and ITCZ displacement during the past 2300 years. **Science Reports**, n. 9, p. 1698. 2019.
- Wilks, D. S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 3ª ed. **International Geophysics Series**, 2006.