

INFLUÊNCIA DO ÍNDICE TROPICAL SOUTHERN ATLANTIC (TSA) NA VARIABILIDADE ANUAL DA CHUVA NO RESERVATÓRIO CHAPÉU D’UVAS (MG)

Fabio de Oliveira Sanches ¹
Thiago Alves de Oliveira ²
Cássia de Castro Martins Ferreira ³
Yan Carlos Gomes Vianna ⁴
Rafael Nicolas M. do Nascimento ⁵

INTRODUÇÃO

A influência que lagos artificiais e reservatórios hídricos podem exercer na climatologia local foi objeto de investigação nos trabalhos de Bigelow (1908; 1910), Palmer (1910) e Henry (1920). Porém, somente nas décadas de 1970 e 1980 é que os trabalhos de Goodland (1977), Baxter e Glaude (1980) e Fernandez et al., (1986) demonstraram os efetivos impactos ambientais decorrentes de tais empreendimentos.

Nos trabalhos de Sanches e Fisch (2005), Souza e Galvani (2010) e Sanches et al., (2022), os autores apresentam os principais estudos brasileiros sobre a influência dos reservatórios hídricos (hidrelétricas, reservatórios, açudes etc.) na dinâmica climática local.

Mais especificamente sobre o reservatório de Chapéu D’Uvas, localizado na Zona da Mata Mineira, o trabalho de Frauches et al (2020) iniciou as pesquisas sobre a dinâmica das chuvas no entorno do reservatório.

Um dos resultados de Frauches et al (2020) revelou uma tendência de redução das chuvas nos meses de outubro. Tal resultado despertou a atenção pois dada a condição da tropicalidade regional – uma estação chuvosa de outubro a março, e uma estação seca de

¹ Prof. Dr., no Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, fabio.sanches@ufjf.br;

² Doutorando em Geografia Física pela Universidade de São Paulo - USP, thiago.a.oliveira@usp.br;

³ Profª Drª no Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, cassia.castro@ufjf.br;

⁴ Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, yan.vianna@ufjf.br;

⁵ Acadêmico do curso de Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, rafael.nascimento@estudante.ufjf.br;

abril a setembro – a tendência de redução no volume de chuvas (e na quantidade de dias com chuva), poderia trazer problemas para a manutenção do volume do reservatório.

Na continuidade de pesquisas locais, Frauches et al (2022) e Barbosa et al (2022) ampliaram os estudos sobre a climatologia no entorno do reservatório Chapéu D’Uvas avaliando, respectivamente, (a) as tendências de evaporação no reservatório por meio de técnicas estatísticas de estimativa e (b) o papel do reservatório nas condições de umidade do ar em seu entorno.

As anomalias climáticas como as ocorridas nos verões de 2014 e 2015 e seus efeitos sobre as chuvas na região sudeste do Brasil foram estudados por Coelho et al., (2016). O trabalho revelou que uma série de fatores foram responsáveis pelos baixos volumes pluviais nas estações chuvosas. Essa tendência de redução das chuvas culminou no rebaixamento dos volumes dos principais reservatório do sudeste do país, manifestando-se sob a forma de crise hídrica/de abastecimento.

Para os autores, um desses fatores foi a atuação do Oceano Atlântico mais quente, contribuindo para a redução das chuvas no sudeste do Brasil.

Em seu trabalho, Carpenedo (2018) explica que a dinâmica das chuvas em Minas Gerais é influenciada pela variabilidade da temperatura da superfície do mar (TSM) no Atlântico Tropical, especialmente pelos eventos quentes e frios do *Tropical Northern Atlantic* (TNA) e *Tropical Southern Atlantic* (TSA). Para a autora, os eventos frios do TSA (TSA negativo) estão associados a anomalias positivas de precipitação e os eventos quentes do TSA (TSA positivo) estão associados a anomalias negativas de precipitação em Minas Gerais.

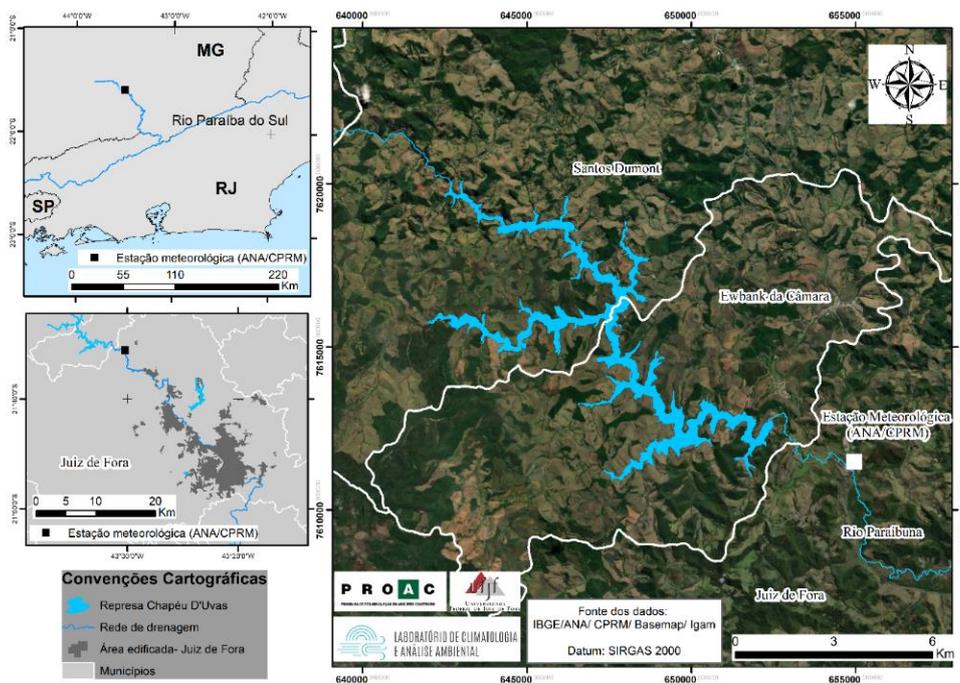
Nesse sentido, dada a importância estratégica que o reservatório Chapéu D’Uvas possui para a cidade de Juiz de Fora (MG) e parte da Zona da Mata Mineira, como manancial de abastecimento e contenção de águas durante o período chuvoso), torna-se importante compreender a possível relação da TSA na dinâmica das chuvas no entorno do reservatório, sobretudo em função das condições de segurança hídrica (sob a perspectiva climática) para o Nexos: água-energia-alimento.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho consiste em avaliar a relação das anomalias anuais de chuvas no entorno do reservatório de Chapéu D’Uvas com a ação da *Tropical Southern Atlantic Index* (TSA).

LOCALIZAÇÃO

Localizado no alto curso do rio Paraibuna, na bacia do rio Paraíba do Sul, nos municípios de Ewbank da Câmara e Santos Dumont, Minas Gerais, o reservatório Chapéu D’Uvas, implantado no ano de 1995, possui uma superfície de aproximadamente 12km² e cerca de 23km de extensão (Frauches et al., 2020) (Figura 1).

Figura 1 - Localização do reservatório Chapéu d’Uvas.



Fonte: Frauches et al (2020).

DADOS

Para este trabalho foram utilizados dados de pluviosidade provenientes do posto pluviométrico Chapéu D’Uvas (Cod. 2.143.020), no período de 1950 a 2020, disponíveis no repositório de dados da Agência Nacional de Águas – ANA (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>).

Já os dados de anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) do Oceano Atlântico foram obtidos por meio da plataforma de informações sobre teleconexões atmosférica/oceânicas da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI – (<https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/>), a qual organiza e disponibiliza dados dos principais organismos de monitoramento do planeta (NOAA, NASA, *Australian Bureau of Meteorology* e outros).

TÉCNICAS APLICADAS

Normalização das anomalias pluviiais.

Para Reboita (2005) e Sanches (2015), as técnicas de dessazonalização e de normalização das anomalias permitem excluir as tendências de séries temporais de dados e assim obter índices com base nos dados da própria série. Esses índices permitem ser comparados com os índices de anomalias climáticas (ENOS, TSA) disponibilizados pelos principais organismos climáticos mundiais (NOAA, NASA, *Australian Bureau of Meteorology* e outros).

Para este trabalho as anomalias pluviiais anuais foram normalizadas com base na Equação 1.

$$Anomal.Normal. = \frac{Valor - Média}{Média} \quad Eq. 1$$

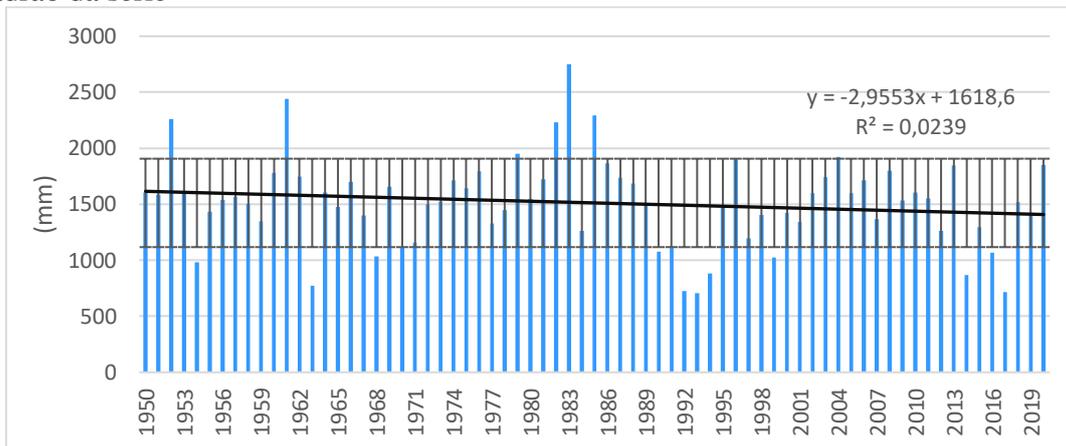
Análise de Tendência

A avaliação da tendência dos totais pluviiais anuais e dos índices TSA foi feita aplicando-se o Teste de Mann-Kendall (MK). O MK consiste em um teste não-paramétrico, recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (WMO) para identificação de tendências climáticas em séries temporais longas (FOLHES e FISCH, 2006; BLAIN, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os totais pluviiais anuais foram inicialmente dispostos em uma série temporal (Figura 2), extraída sua tendência linear, equação da reta, coeficiente de determinação (R^2) e aplicado o intervalo do desvio padrão.

Figura 2 – Totais pluviiais anuais (mm) no período de 1950-2020, tendência linear e desvio padrão da série

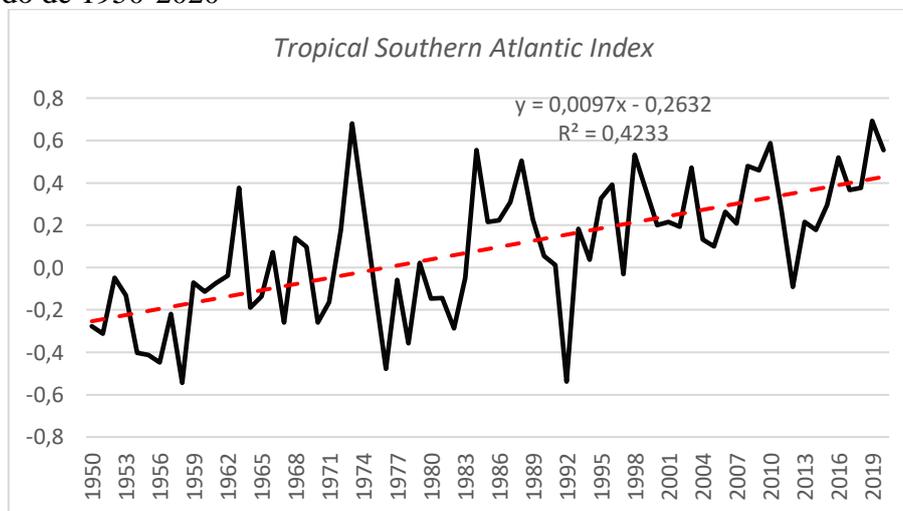


Observa-se uma tendência linear de redução nos totais pluviiais anuais estimada em 13% (209 mm em média ao longo do período). A submissão da série ao teste de MK sugeriu que a tendência não pode ser considerada significativa para mudança de comportamento, uma vez que o escore da estatística (MK= -0,78) encontra dentro do intervalo de confiança ($-1,96 \leq z \leq 1,96$) (Folhes e Fisch, 2006).

A aplicação do intervalo de desvio-padrão ressaltou os 17 anos mais anômalos, destacando as anomalias positivas da década de 1980 (1982, 1983 e 1985), as anomalias negativas da década de 1990 (1992, 1993, 1994 e 1999), assim como as anomalias negativas ocorridas na última década (2014, 2016 e 2017).

Ressalta-se também que a partir dos anos 1990 não se observaram anomalias positivas na série.

Figura 3 – Tendência do índice de anomalia da TSA (*Tropical Southern Atlantic Index*) no período de 1950-2020



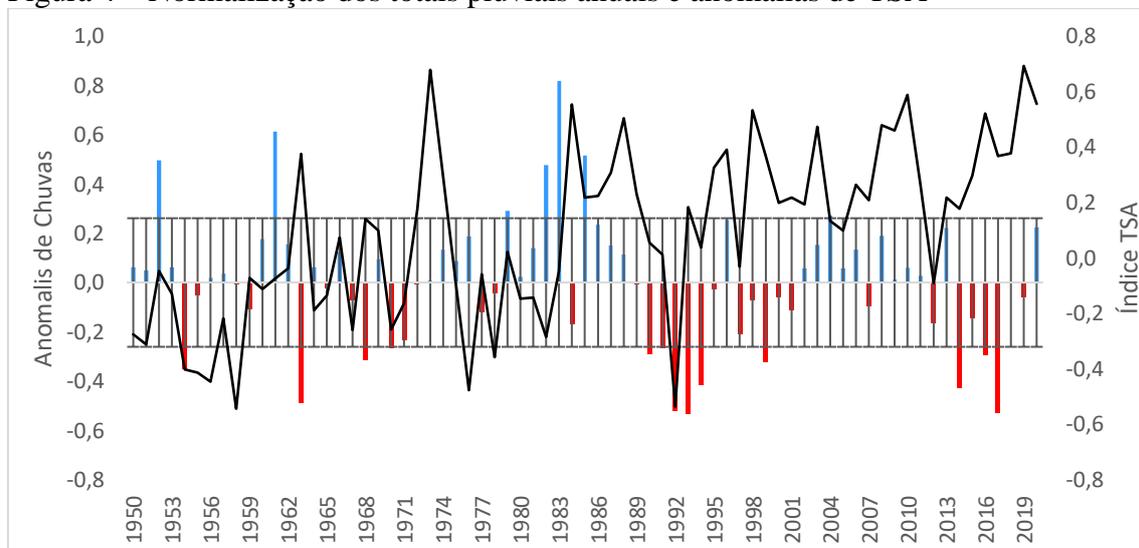
A Figura 3 mostra a tendência de aumento do índice de anomalia da TSA no período analisado (1950-2020). Seu coeficiente de determinação (R^2) explica cerca de 42% dos

dados da série, como poucos elementos muito dispersos (anos de 1963, 1973, 1976, 1992 e 2012).

A avaliação da tendência indicou um escore da estatística de MK=6,10. Para Folhes e Fisch (2006) e Sanches et al., (2013), o resultado do teste permite aceitar a hipótese alternativa (H_1), onde a tendência observada deve ser considerada como significativa para mudança de comportamento no decorrer da série temporal, uma vez que seu resultado ultrapassou o nível de significância de 95% ($p\text{-value}=0,05$) ($-1,96 < MK < +1,96$).

Esse resultado sugere que essa região do Atlântico Tropical Sul tem se apresentado majoritariamente mais quente desde o início da década de 1980 (ano de 1983). Porém, a partir de 1993, quase todos os anos da série apresentaram anomalias positivas, exceto o ano de 2012.

Figura 4 – Normalização dos totais pluviiais anuais e anomalias de TSA



A Figura 4 mostra a normalização das anomalias anuais de chuva (colunas) no período de 1950-2020 e seu desvio padrão, juntamente com os dados de anomalias TSA (linha).

Carpenido (2018) afirma que, para Minas Gerais, as anomalias negativas da TSA estão associadas a anomalias positivas de precipitação e que as anomalias positivas da TSA estão associadas as anomalias negativas de precipitação.

Nos dados da Figura 4, esse padrão descrito por Carpenedo pode ser observado em determinados recortes temporais e em determinados anos da série.

Os dados indicam que nos período de 1950 a 1962; 1976 a 1983 a TSA negativa esteve associada às anomalias positivas de precipitação. No periodo de 2014 a 2019 a

TSA apresentou-se como anomalias positivas e as precipitações com anomalias negativas.

No entanto, a partir de 1990, houve oito anos com anomalias pluviais abaixo do limite inferior do desvio padrão. No mesmo período, não houve nenhum ano com desvios normalizados acima do limite superior.

Dessa forma, com base na tendência significativa de aumento da TSA ao longo da série, sobretudo à partir do ano de 1990 (Figura 3), com o predomínio de valores positivos de anomalias TSA, associados a maioria de anos com anomalias pluviométricas negativas (oito deles com valores abaixo do limite inferior do desvio padrão), é possível considerar que a TSA influencia, ao menos em parte, na dinâmica das chuvas anuais no entorno do reservatório Chapéu D'Uvas, corroborando com as ideias de Carpenedo (2018) na climatologia das chuvas em escala local.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que as anomalias negativas de precipitação anual no entorno do Reservatório Chapéu D'Uvas podem estar associadas ao comportamento das anomalias positivas da *Tropical Southern Atlantic index*.

A participação desse modo de anomalia (TSA) na dinâmica das chuvas locais merece atenção, uma vez que a relação observada é inversa (TSA positiva, anomalias negativas de chuva) e que a tendência da série de dados TSA é de aumento, com predomínio de valores positivos, implicando na redução nos totais pluviais anuais no entorno do reservatório, manifestada pelo predomínio de anomalias negativas.

Como estudos futuros, sugere-se que seja avaliada a ação da TSA nas precipitações trimestrais e mensais.

Palavras-chave: anomalias climáticas, testes estatísticos, segurança hídrica, Zona da Mata Mineira.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece ao CNPq pela concessão da Bolsa de Produtividade e Pesquisa – PQ2 (Processo: 308228/2021-9). O segundo autor agradece à CAPES pela concessão de Bolsa de Doutorado. O quinto autor agradece à FAPEMIG e a PROPP/UFJF pela concessão de bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, M.K.S.; SANCHES, F.; FERREIRA, C.C.M.; VIANNA, Y.C.; ROCHA, V.M.; OLIVEIRA, T.A. Umidade relativa do ar no entorno do reservatório Chapéu D'Uvas (MG): ensaios preliminares. In: XIX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. **Anais....** Rio de Janeiro, 2022.
- BAXTER, R.M.; GLAUDE, P. **Environmental effects of dams and impoundments in Canada: experience and prospects**. Ottawa: Department of Fisheries and Oceans, 1980. 34p.
- BIGELOW, F.H. Studies on the phenomena of the evaporation of water over lakes and reservoirs. **Monthly Weather Review**. 35. p, 311–316, 1908.
- BIGELOW, F.H. Studies on the phenomena of the evaporation of water over lakes and reservoirs. **Monthly Weather Review**. 38. 307–313. 1910.
- BLAIN, G.C. Considerações estatísticas relativas a oito séries de precipitação pluvial da Secretaria de Agricultura e abastecimento do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.1, 12-23, 2009.
- CARPENEDO, C.B. Atividade convectiva associada às anomalias de temperatura da superfície do mar no Atlântico tropical e impactos climáticos no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais 2018.
- COELHO, C. A.; OLIVEIRA, C. P.; AMBRIZZI, T.; REBOITA, M. S.; CARPENEDO, C. B.; CAMPOS, J. L. P. S.; TOMAZIELLO, A. C. N.; PAMPUCH, L. A.; CUSTÓDIO, M. S.; DUTRA, L. M. M.; ROCHA, R. P.; REHBEIN, A. The 2014 southeast Brazil austral summer drought: regional scale mechanisms and teleconnections. **Climate Dynamics**, v. 46, n. 11, p. 3737-3752, 2016.
- FERNANDEZ, W.; CHACÓN, R. E.; MELGAREJO, E.E.J.W. Modifications of Air Flow Due to the Formation of a Reservoir. **Journal of Climate and Applied Meteorology**. 25. 982–988. 1986.
- FRAUCHES, M.S.; OLIVEIRA, T.A.; SANCHES, F.O.; FERREIRA, C.C.M. Chapéu D'Uvas: um estudo sobre as chuvas locais em reservatórios em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 16, v. 27, JUL/DEZ, 2020.
- FRAUCHES, M.S.; SEGHETTO, I.M.; CARVALHO, B.B.F.; SANCHES, F. Evapo(trans)piração em lagos artificiais pelo método de Thornthwaite: o caso do reservatório Chapéu D'Uvas. In: XIX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. **Anais....** Rio de Janeiro, 2022.
- FOLHES, M.T.; FISCH, G. Caracterização climática e estudo de tendência nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). **Ambi-Agua**, Taubaté, v.1, n.1, 2006. p.61-71.
- GOODLAND, R.J.A. Environmental optimization in hydrodevelopment of tropical forest regions. In. **MAN-MADE LAKES AND HUMAN HEALTHY**. Proceedings of

the symposium on man-made and human healthy, Faculty of Medicine, University of Suriname, Paramaribo: ed. Panday R.S, p. 73. 1977.

REBOITA, M.S. **Introdução à Estatística Aplicada à Climatologia: Parte III – Análise de Séries Temporais**. USP, apostila, 2005.

SANCHES, F. O Geógrafo-Climatologista e as mudanças climáticas: uma proposta metodológica. **Revista Equador**, v. 4, p. 101-118, 2015.

SANCHES, F.; FISCH, G. As possíveis alterações microclimáticas devido à formação do lago artificial da hidrelétrica de Tucuruí-PA. **Acta Amazonica**, vol. 35 n.1, 2005.

SANCHES, F.; ROCHA, V.M.; FERREIRA, C.C.M.; OLIVEIRA, T. A.; FRAUCHES, M. S.; VIEIRA, A.T.; SOALHEIRO JUNIOR, G. PCH Autódromo (RS): um estudo sobre a umidade relativa do ar no entorno de seu reservatório hídrico. **Caminhos da Geografia** (UFU. Online), v. 23, p. 424-439, 2022.

SANCHES, F.O.; VERDUM, R.; FISCH, G. Trend analysis of long-term rainfall. **Revista Ambiente e Água**, v. 8, p. 214-228, 2013.

SOUZA, M.B.; GALVANI, E. Formação de reservatórios e influências no microclima: estudo da cidade de Presidente Epitácio, Estado de São Paulo, Brasil. In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. **Anais...** Universidade de Coimbra, Portugal, 2010.