PROPAGAÇÃO DE SECAS METEOROLÓGICAS PARA SECAS HIDROLÓGICAS NO BRASIL

Alena Gonzalez Bevacqua [1]; Vinícius Bogo Portal Chagas [2]& Pedro Luiz Borges Chaffe [3]

Palavras-Chave – Propagação de secas, Secas meteorológicas, Secas hidrológicas.

INTRODUÇÃO

Os eventos de secas são desastres relacionados a grandes perdas econômicas e ambientais (WILHITE, 2000). Wilhite e Pulwarty (2018) definem as secas como o período em que a disponibilidade hídrica é menor que o geralmente esperado, levando a falhas em atender as necessidades humanas e ambientais. As secas são classificadas em quatros categorias (WILHITE e GLANTZ, 1985): (i) seca meteorológica, relacionada à deficiência na precipitação; (ii) seca agrícola, associada a um declínio na umidade do solo; (iii) seca hidrológica, quando há anomalias negativas na vazão; (iv) seca socioeconômica, referente às demandas da sociedade. Geralmente, uma seca meteorológica dá origem a uma seca hidrológica. As anomalias negativas na precipitação se propagam lentamente pelo ciclo hidrológico, podendo levar a um evento de seca hidrológica. Essa cadeia de processo é conhecida como propagação de secas (ELTAHIR e YEH, 1999). Na falta de influência humana, a propagação de secas é influenciada pelo clima e características físicas das bacias (VAN LOON, 2015).

O Brasil é especialmente vulnerável aos eventos de secas, já que cerca de 32% de sua água é utilizada na agricultura e 70% de sua energia é proveniente das hidroelétricas (GETIRANA, 2016; MELO et al., 2016). Nos últimos anos, o Brasil sofreu grandes impactos devido aos eventos de secas. No Nordeste, a seca de 2013 é considerada uma das piores dos últimos 100 anos e afetou significativamente a agricultura e pecuária (GUTIÉRREZ et al., 2014). Em 2014, a seca no Sudeste comprometeu o abastecimento de água de 28 milhões de pessoas (MELO et al., 2016). Assim, aumentar o conhecimento sobre os eventos de secas no Brasil é essencial para melhorar o monitoramento, a previsão e a gestão desses eventos. Dessa forma, esse trabalho teve o objetivo de quantificar a propagação de secas meteorológicas para secas hidrológicas no Brasil.

METODOLOGIA

Foram analisadas 459 bacias hidrográficas distribuídas pelo Brasil. Dados de precipitação foram obtidos de Xavier et al. (2016) e do CPC (NOAA, 2018). Para a evapotranspiração potencial (PET), foram utilizados os dados do GLEAM (MARTENS et al., 2017; MIRALLES et al., 2011). Os dados de vazão estão disponíveis no CAMELS-BR (CHAGAS et al., 2020). Foram utilizadas somente estações fluviométricas com no máximo 30% de falha nos dados. Além disso, foi realizada uma analise exploratória dos dados para eliminar estações com dados discrepantes. Devido à resolução espacial dos dados de precipitação e da PET, foram utilizadas apenas bacias hidrograficas maiores que 1500 km². Todos os dados diários foram transformados em dados mensais, analisados de 1980 a 2015.

O Índice de Precipitação e Evapotranspiração Padronizado (SPEI, VICENTE-SERRANO et al., 2010) foi selecionado como indicador de secas meteorológicas. Para as secas hidrológicas, foi utilizado o Índice de Vazão Padronizado (SSI, BARKER et al., 2016). Ambos os índices foram obtidos seguindo os mesmos princípios. Primeiro, foi realizado uma soma móvel da variável de

1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC, e-mail: alenabevacqua@hotmail.com.
2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFSC, e-mail: vbchagas@gmail.com.
3) Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC, e-mail: pedro.chaffe@ufsc.br.

entrada para os períodos de acumulação de 1 a 12 meses. Em seguida, foi realizado o ajuste da soma móvel a distribuição paramétrica escolhida. Por último, os índices foram obtidos multiplicando-se a função acumulado pelo inverso da distribuição normal. O SPEI utiliza como variável de entrada um balanço hídrico simplificado calculado através da diferença entre precipitação e a PET. Já para o SSI é utilizado a vazão como variável de entrada. Com base em recomendações da literatura, a distribuição escolhida para ambos os índices foi a GEV (STAGGE et al., 2015; VICENTE-SERRANO et al., 2012) representada na Equação 1. Além disso, para levar em consideração os efeitos da sazonalidade, o ajuste das somas móveis foi realizado mês a mês.

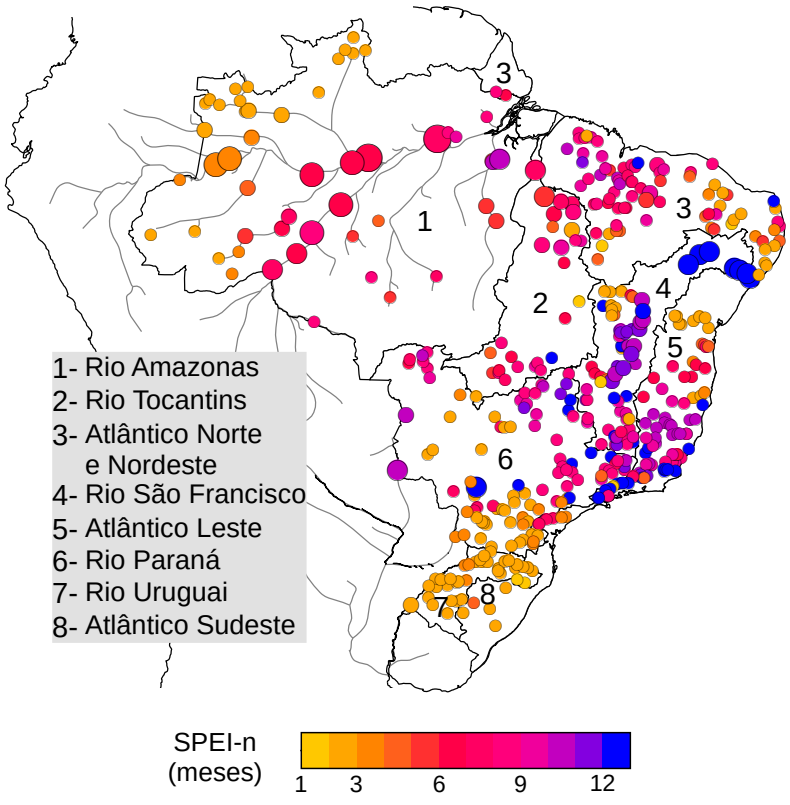
$$f(x) = \begin{cases} exp\left[-\left\{1 - \frac{k(x-\xi)}{\propto}\right\}^{1/k}\right], & k \neq 0 \\ exp\left[-exp\left\{-\frac{(x-\xi)}{\propto}\right\}\right], & k = 0 \end{cases} \quad (1)$$

O tempo de propagação entre uma seca meteorológica e uma seca hidrológica foi obtido com a correlação de Pearson (BARKER et al., 2016). A séries de SPEI para os períodos de acumulação de 1 a 12 meses foram correlacionadas com a séries de SSI para o período de acumulação de 1 mês. O período de acumulação do SPEI que obteve a maior correlação com a série de SSI foi utilizado com o um indicador do tempo de propagação entre as secas (SPEI-n). As séries correlacionadas devem ser estacionárias para que não haja valores inconsistentes. Sendo assim, utilizamos a declividade de Theil-Sen (THEIL, 1950; SEN, 1968) para remover a tendência nas séries de SPEI e SSI.

RESULTADO

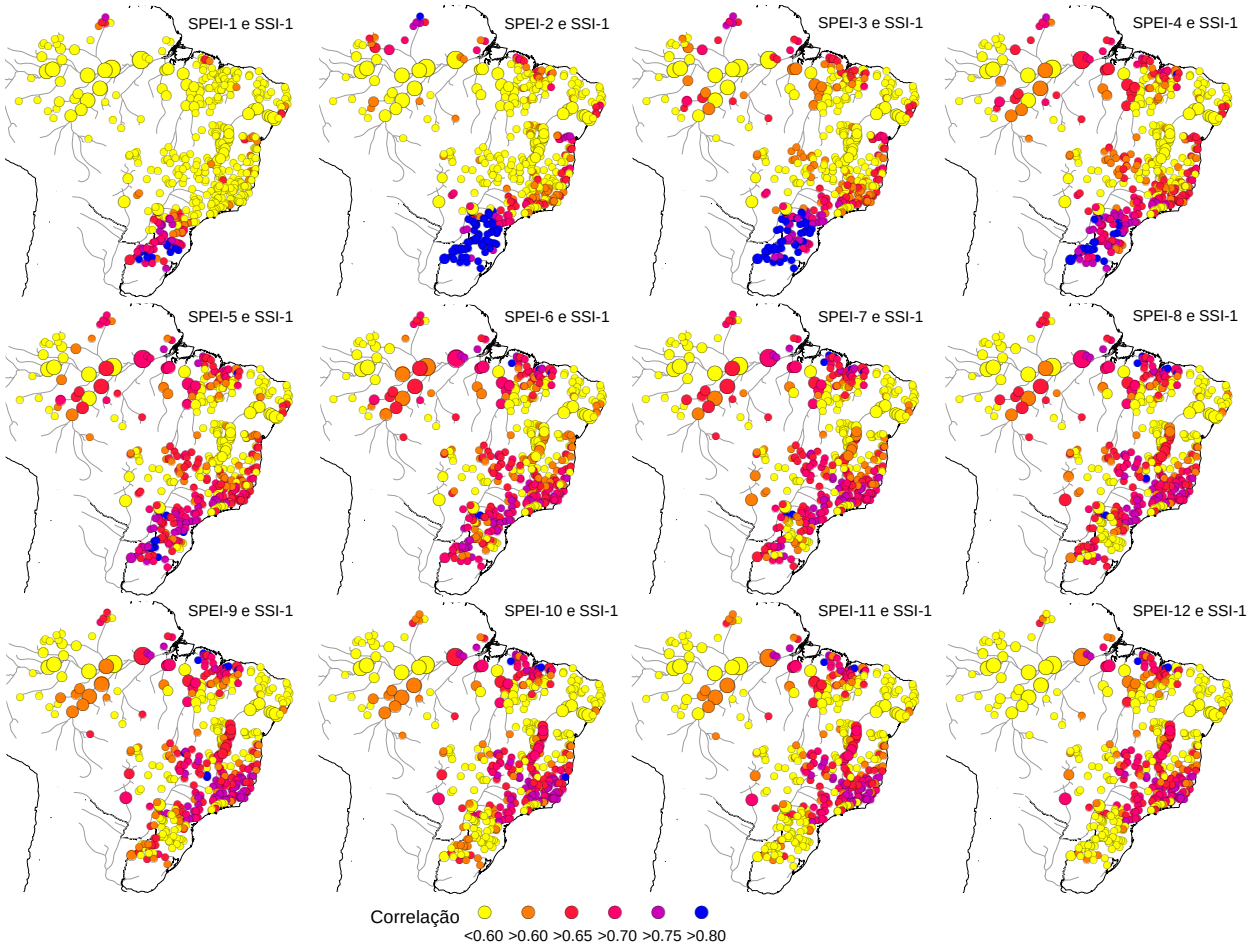
Na maioria das bacias (59%) o tempo de propagação varia entre 6 e 12 meses (Fig. 1). Isto indica que a propagação de secas no Brasil é relativamente devagar. Na região do Rio São Francisco e do Atlântico Leste, o tempo de propagação variou entre 6 e 12 meses em 80% das bacias. Já para a região do Rio Uruguai e do Atlântico Sudeste, a propagação predominante foi de 2 meses, indicando que nessa parte do país a propagação é rápida. As demais regiões não apresentaram um único tempo de propagação predominante.

Figura 1 - Tempo de propagação (SPEI-n) de secas meteorológicas para hidrológicas. O tamanho dos marcadores é proporcional às áreas das bacias hidrográficas.



A Fig.2 apresenta os resultados das correlações de Person para os períodos de 1 a 12 meses do SPEI e com as séries de SSI acumulados de 1 mês. Na região do Rio Uruguai e do Atlântico Sudeste, a correlação de Pearson foi alta para os períodos de acumulação de 1 a 6 meses. Isto indica que a partir do primeiro mês de uma seca meteorológica, seus efeitos já podem ser notados nas vazões, além de persistirem até o sexto mês. Já no Rio São Francisco e no Atlântico Leste, onde a propagação é lenta, a correlação de Pearson fica alta apenas a partir do 3º mês, permanecendo alta até o 12º mês. Ou seja, os efeitos de uma seca meteorológicas já podem ser sentidos na vazão a partir do 3º mês e duram até o 12º mês. Dessa forma, o efeito das secas meteorológicas nas hidrológicas nessas regiões pode ser mais rápida do que o indicado pelo SPEI-n.

Figura 2 - Correlação de Pearson entre todos os períodos de acumulação do SPEI e as séries de SSI acumulado de 1 mês. O tamanho dos marcadores é proporcional a área das bacias.



CONCLUSÕES

Esse trabalho teve por objetivo quantificar a propagação entre secas meteorológicas e hidrológicas no Brasil. Os principais resultados foram:

1. Na maioria das bacias no Brasil a propagação é lenta, variando de 6 a 12 meses;
2. A propagação é mais rápida (ie., 2 meses) nas regiões do Rio Uruguai e do Atlântico Sudeste e mais lenta (ie., entre 6 e 12 meses) nas regiões do Rio São Francisco e do Atlântico Leste;
3. Considerar somente o SPEI-n como indicador pode não ser o suficiente para identificar o tempo de propagação das secas.

REFERÊNCIAS

BARKER, L. J. et al. From meteorological to hydrological drought using standardised indicators. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 20, n. 6, p. 2483–2505, 24 jun. 2016.

CHAGAS, V. B. P. et al. CAMELS-BR: hydrometeorological time series and landscape attributes for 897 catchments in Brazil. **Earth System Science Data**, v. 12, n. 3, p. 2075–2096, 8 set. 2020.

ELTAHIR, E. A. B.; YEH, P. J. F. On the asymmetric response of aquifer water level to floods and droughts in Illinois. **Water Resources Research**, v. 35, n. 4, p. 1199–1217, abr. 1999.

GETIRANA, A. Extreme Water Deficit in Brazil Detected from Space. **Journal of Hydrometeorology**, v. 17, n. 2, p. 591–599, fev. 2016.

GUTIÉRREZ, A. P. A. et al. Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 95–106, jun. 2014.

MARTENS, B. et al. GLEAM v3: Satellite-based land evaporation and root-zone soil moisture. **Geoscientific Model Development**, v. 10, n. 5, p. 1903–1925, 2017.

MELO, D. DE C. D. et al. Reservoir storage and hydrologic responses to droughts in the Paraná River basin, south-eastern Brazil. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 20, n. 11, p. 4673–4688, 24 nov. 2016.

MIRALLES, D. G. et al. Global land-surface evaporation estimated from satellite-based observations. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, n. 2, p. 453–469, 2011.

NOAA: CPC Global Unified Precipitation, available at: https://www.esrl.noaa.gov/psd/ (Ultimo acesso: Setembro 2018), 2018

SEN, P. K. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. **Journal of the American Statistical Association**, v. 63, n. 324, p. 1379–1389, 1968.

STAGGE, J. H. et al. Candidate Distributions for Climatological Drought Indices (SPI and SPEI). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 4, p. 2132–2138, 2015.

THEIL, H. A rank-invariant method of linear and polynomial. **Mathematics**, v. 392, p. 387-, 1950.

VAN LOON, A. F. Hydrological drought explained. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 2, n. 4, p. 359–392, 2015.

VICENTE-SERRANO, S. M. et al. Accurate Computation of a Streamflow Drought Index. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 17, n. 2, p. 318–332, 2012.

VICENTE-SERRANO, S. M.; BEGUERÍA, S.; LÓPEZ-MORENO, J. I. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. **Journal of Climate**, v. 23, n. 7, p. 1696–1718, 1 abr. 2010.

WILHITE, D. A. Drought as a Natural Hazard. **Drought: A Global Assessment**, v. 1, p. 3–18, 2000.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. 1985.

WILHITE, D. A.; PULWARTY, R. S. **Drought and Water Crises**. Second edition. | Boca Raton : CRC Press, 2018. | 1st edition published in 2005.: CRC Press, 2018.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644–2659, maio 2016.

AGRADECIMENTOS

A.G. Bevacqua e V. B. P. Chagas agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), respectivamente, pelas bolsas de estudo.