

MODELO HIDROLÓGICO LASH COMO FERRAMENTA PARA ESTIMATIVA DE SÉRIE TEMPORAL DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO

Wendell Antunes da Silva¹; Tamara Leitzke Caldeira²; Carlos Rogério de Mello³; Samuel Beskow⁴; André Becker Nunes⁵; Luis Carlos Timm⁶.

¹Discente UFPel/Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – wendellasilva@gmail.com

²Discente UFPel/PPG Manejo e Conservação do Solo e da Água – tamaraleitzkecaldeira@gmail.com

³Docente UFLA/Departamento de Engenharia – crmello@deg.ufla.br

⁴Docente UFPel/Centro de Desenvolvimento Tecnológico – samuel.beskow@gmail.com

⁵Docente UFPel/Faculdade de Meteorologia – beckernunes@gmail.com

⁶Docente UFPel/Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – luisctimm@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A água possui caráter aleatório manifestado pela alternância entre períodos úmidos e secos (Pedro-Monzoníz et al., 2015), sendo os períodos secos recorrentes no mundo todo. Vista a expansão dos setores agrícola, energético e industrial, bem como as mudanças climáticas e a contaminação dos mananciais (Mishra e Singh, 2010).

A seca, caracterizada como um desastre natural ocasionado pela redução da pluviosidade por longo período de tempo, é geralmente classificada como meteorológica, hidrológica ou agrícola (Pedro-Monzoníz et al., 2015); secas agrícolas implicam em déficit de umidade do solo na zona do sistema radicular, não atendendo às demandas da cultura, e com efeitos sobre seu desenvolvimento (Pedro-Monzoníz et al., 2015). Para Martínez-Fernández et al. (2016), as secas agrícolas são a principal causa das incertezas na produção de alimentos, sendo a segurança alimentar um dos grandes desafios globais do século XXI (FAO, 2011).

Segundo Martínez-Fernández et al. (2016), a principal variável para definir e identificar secas agrícolas é a umidade do solo. A estimativa desta variável pode ser conduzida *in situ*, consistindo numa informação mais precisa, porém, espacial e temporalmente restrita, ou por sensoriamento remoto, com boa representatividade no espaço e no tempo, contudo, para os primeiros centímetros do solo, não contemplando toda a zona radicular (Li et al., 2016).

Uma alternativa que vem chamando a atenção, no entanto, é a utilização de modelos hidrológicos para estimativa de água no solo no domínio do tempo e do espaço. Tais modelos, usualmente empregados para estimativa de vazões, vêm sendo utilizados para obtenção de séries temporais de umidade e/ou armazenamento de água no solo (MingXing et al., 2010; Li et al., 2016), inclusive para compreender secas agrícolas (Havrylenko et al., 2016).

Entretanto, no Brasil, o estudo de secas agrícolas através da modelagem hidrológica é bastante limitado, pois muitos modelos requerem dados espaciais e temporais que são escassos e podem representar alto custo de aquisição. Em contraponto, destaca-se o modelo brasileiro Lavras Simulation of Hydrology (LASH) (Beskow et al., 2011), desenvolvido para bacias hidrográficas com carência de dados, principalmente hidrológicos, meteorológicos e de atributos do solo e do uso do solo. Tal modelo tem sido aplicado com sucesso em bacias de diferentes tamanhos e tipologias hidro-meteorológicas, focando na estimativa de vazões e na simulação dos impactos das mudanças climáticas e de uso do solo.

Frente ao exposto, este estudo objetivou avaliar a aplicabilidade do modelo LASH quanto à simulação da variação temporal do armazenamento de água no solo em escala de sub-bacia hidrográfica, tendo como área de estudo a bacia do arroio Fragata, sul do Rio Grande do Sul.

2. METODOLOGIA

A bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo destaca-se por ser a força motriz da produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, desempenhando um papel ímpar nos setores econômico e social. Ademais, abriga áreas de interesse ecológico, como o Banhado do Taim, onde se localiza a Estação Ecológica do Taim, unidade de conservação federal tombada pela UNESCO como Reserva da Biosfera (ADLM, 2017).

Frente a sua relevância, inúmeros estudos vêm sendo conduzidos nesta área, inclusive na sub-bacia do arroio Fragata (BHAF), a qual é monitorada pela Agência Nacional de Águas (ANA) através da estação fluviométrica “Passo dos Carros” (31,71S; 52,48W), tendo 132 km² de área de drenagem.

Em um destes estudos, Caldeira (2016) calibrou e validou a 3ª versão do modelo hidrológico LASH para a BHAF, tendo sido aqui empregados os resultados obtidos pela autora. Mais especificamente, foram extraídas da modelagem hidrológica, para cada uma das 23 sub-bacias que compõem a BHAF, as séries históricas diárias de armazenamento de água no solo (AAS) para o período de 01/01/1995 a 31/12/2008. Para caracterizar a ocorrência de déficit ou excesso AAS, tais séries foram normalizadas pela média e o desvio padrão, constituindo séries de anomalia de AAS (aAAS).

A acurácia do modelo em estimar as séries históricas de AAS foi avaliada confrontando estas com o Índice de Precipitação Padronizado (IPP) (McKee *et al.*, 1993). O IPP é obtido através de uma série histórica de precipitação, a qual é ajustada a uma distribuição de probabilidades e, então, transformada para uma distribuição normal; valores positivos indicam precipitação acima do normal e valores negativos, abaixo do normal.

Neste estudo, o IPP foi calculado considerando a área de influência dos postos pluviométricos da região sobre cada sub-bacia e os dados observados entre 1986 e 2016. O intervalo de tempo adotado foi de 3 meses (IPP-3), baseado nas constatações de Havrylenko *et al.* (2016), os quais relatam sua aplicabilidade em regiões agrícolas, e a aAAS foi quantificada a partir dos valores médios de aAAS para cada trimestre analisado. A medida estatística empregada para avaliar a acurácia do modelo foi o coeficiente de correlação de Pearson entre as séries temporais de IPP-3 e de aAAS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diagrama Box-Plot, apresentado na Figura 1, permite visualizar a correlação positiva – média da correlação para 23 sub-bacias que compõem a BHAF – entre as séries temporais de IPP-3 e aAAS, para cada trimestre. Frente aos valores do coeficiente de correlação de Pearson (Figura 1) e considerando a classificação de Devore (2006) para a referida estatística, pode-se constatar a existência de correlação “muito alta” à “quase perfeita” entre as séries de IPP-3 e aAAS simulada pelo modelo LASH no 1º e no 2º trimestres, “alta” no 3º trimestre e “muito alta” no 4º trimestre.

O fato de a correlação entre as séries de IPP-3 e de aAAS ter apresentado valores inferiores quando analisada para o período de julho a setembro (Figura 1) pode ser parcialmente explicado pelo comportamento observado nos anos de 1999, 2003 e 2004, para os quais a precipitação foi abaixo do normal e o armazenamento de água no solo simulado pelo modelo foi acima do normal.

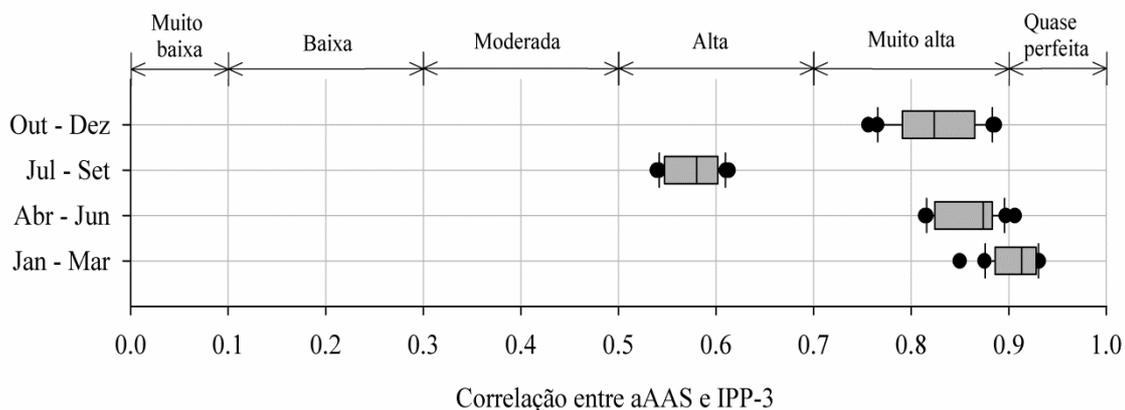


Figura 1 – Diagrama Box-Plot ilustrando a correlação, e respectiva classificação (Devore, 2006), entre aAAS e IPP-3

A variação temporal da precipitação, do IPP-3 e da aAAS para a sub-bacia 1 pode ser visualizada na Figura 2. Foi observado 356 mm de precipitação no 2º trimestre de 1999, implicando em elevação do armazenamento de água no solo até outubro, embora a precipitação observada no 3º trimestre tenha sido inferior ao normal; no ano de 2003, comportamento semelhante foi identificado. Contudo, para o ano de 2004, período mais contrastante, 812 mm de precipitação ocorreram durante o 2º trimestre, tendo sido observado 594 mm apenas no mês de maio, implicando em valores elevados de armazenamento de água no solo até o mês de novembro. Retirando da análise os referidos períodos, a correlação média entre o IPP-3 e aAAS no 3º trimestre para as 23 sub-bacias passaria a ser de 0,82, variando entre 0,77 e 0,87.

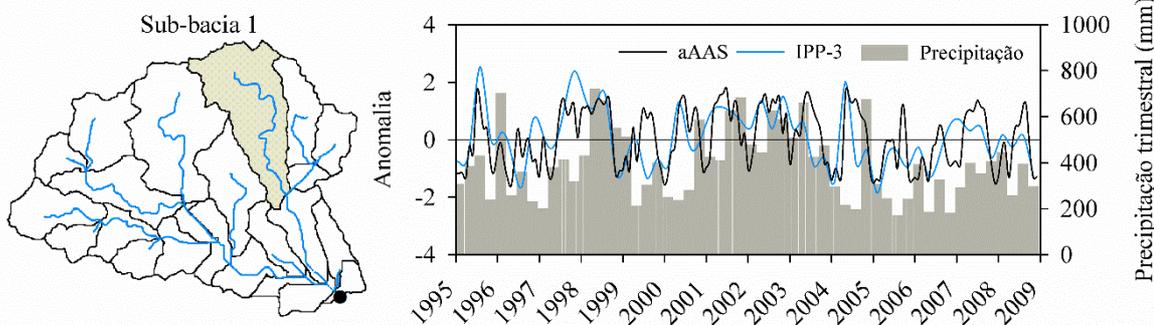


Figura 5 – Comportamento da aAAS, do IPP-3 e da precipitação para a sub-bacia 1 da BHAF

Frente a estes resultados, pode-se constatar que o modelo LASH apresentou um bom desempenho na quantificação dos processos hidrológicos em escala de sub-bacia, inclusive para os déficits e excessos no suprimento de água representados pelo aAAS. O estudo corrobora com Havrylenko *et al.* (2016), os quais empregaram o modelo SWAT para estimar séries temporais de AAS em uma bacia do pampa Argentino, avaliando o desempenho do modelo hidrológico através do IPP mensal, do IPP-3 e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Os autores constataram o bom desempenho do IPP, principalmente do IPP-3 – com coeficiente de correlação de Pearson médio oscilando entre 0,67 e 0,83 – e concluíram que o modelo é uma ferramenta adequada para estimar o AAS em áreas com monitoramento hidro-climático insuficiente, como na região deste estudo.

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o modelo hidrológico LASH tem potencial para ser empregado para estimativa de séries temporais de AAS em escala de sub-bacia hidrográfica para a BHAF. Neste sentido, o modelo se destaca como uma ferramenta estratégica de gestão de recursos hídricos a médio e longo prazo, uma vez que permitirá simular os efeitos decorrentes das tendências de alteração de uso do solo na bacia e das projeções climáticas sobre o armazenamento de água no solo, permitindo a antecipação e minimizando danos causados por secas agrícolas e suas implicações.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência de Desenvolvimento da Lagoa Mirim. **Bacia da Lagoa Mirim**, <http://wp.ufpel.edu.br/alm/bacia-da-lagoa-mirim> (Acesso em 04.18.2017).

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D.. Development, sensitivity and uncertainty analysis of LASH model. **Scientia Agricola**, v. 68, n.3, p. 265-274, 2011.

CALDEIRA, T. L. **Aprimoramento computacional do modelo Lavras Simulation of Hydrology (LASH): aplicação em duas bacias do Rio Grande do Sul**. Pelotas: UFPel, 2016. 213 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas.

DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências**. São Paulo, SP: Thomson Pioneira, 2006. 706 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO in the 21st century: ensuring food security in a change world**. Roma: FAO, 2011. 239 p.

HAVRYLENKO, S. B.; BODOQUE, J. M.; SRINIVASAN, R.; ZUCARELLI, G. V.; MERCURI, P. Assessment of the soil water content in the Pampas region using SWAT. **Catena**, v. 137, p. 298-309, 2016.

LI, S.; LIANG, W.; ZHANG, W.; LIU, Q. Response of Soil Moisture to Hydro-meteorological Variables Under Different Precipitation Gradients in the Yellow River Basin. **Water Resources Management**, v. 30, n. 6, p. 1867-1884, 2016.

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J.; CONZÁLEZ-ZAMORA, A.; SÁNCHEZ, N.; GUMUZZIO, A.; HERRERO-JIMÉNEZ, C. M. Satellite soil moisture for agricultural drought monitoring: Assessment of the SMOS derived Soil Water Deficit Index. **Remote Sensing of Environment**. v. 177, p. 277-286, 2016.

MCKEE T. B.; DOESKEN, N.J.; Kleist, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Preprints, **Eighth Conference on Applied Climatology**, American Meteorological Society: Anaheim, CA. 174–184, 1993.

MINGXING, L.; ZHUGUO, M.; JIWEN, D. Regional soil moisture simulation for Shaanxi Province using SWAT model validation and trend analysis. **Science China Earth Sciences**, v. 53, n. 4, p. 575-590, 2010.

MISHRA, A. K.; SINGH, V. P. A review of drought concepts. **Journal of Hydrology**, v. 391, p. 202-216, 2010.

PEDRO-MONZONÍZ, M.; SOLERA, A.; FERRER, J.; ESTRELA, T.; PAREDES-ARQUIOLA, J. A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. **Journal of Hydrology**, v. 527, p. 482-493, 2015.