

## ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO: SIMULAÇÃO PARA A CULTURA DO MILHO IRRIGADO NO SEMIÁRIDO

Franklin Alves dos Anjos<sup>1</sup>; Rener Luciano de Souza Ferraz<sup>2</sup>; Constantino Antônio Cavalcante Júnior<sup>2</sup>; Magno Luís de Abreu<sup>3</sup>; Patrícia da Silva Costa<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Alagoas, [franklin.anjos@ifal.edu.br](mailto:franklin.anjos@ifal.edu.br);

<sup>2</sup>Doutorando em Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Campina Grande, [ferragroestat@gmail.com](mailto:ferragroestat@gmail.com), [constantinocavalcante@hotmail.com](mailto:constantinocavalcante@hotmail.com); <sup>3</sup>Professor do Instituto Federal de Alagoas, [magno.abreu@ifal.edu.br](mailto:magno.abreu@ifal.edu.br); <sup>4</sup>Mestranda em Zootecnia pela Universidade Federal de Campina Grande, [pathy\\_16costa@hotmail.com](mailto:pathy_16costa@hotmail.com)

### Introdução

Inúmeras discussões têm sido levantadas acerca de estratégias mitigadoras dos impactos causados pelas ações antrópicas, notadamente no âmbito de emissões de gases e consequente mudanças climáticas (AAMAAS & PETERS, 2017). Essas mudanças decorrem, principalmente, do uso de recursos naturais em demasia, o que tem ocorrido com maior intensidade para atender a demanda por alimentos da população em expansão (BENTON, 2017).

O déficit hídrico é um dos fatores responsáveis pelas baixas produtividades das culturas em regiões semiáridas, merecendo destaque no que tange ao desenvolvimento de estratégias promissoras para mitigar seu efeito negativo (ALDERFASI et al., 2016; WU et al., 2017).

Assim, faz-se necessário que sejam desenvolvidas estratégias para subsidiar a tomada de decisões para novas safras de milho em regiões semiáridas. Essas medidas são necessárias, pois a disponibilidade hídrica no Nordeste brasileiro mais especificamente no Semiárido é limitante para a produção, devido a irregularidade e mal distribuição das chuvas (CIRILO et al., 2017). Embora a cultura do milho seja muito eficiente em utilização de água, mesmo em ambientes restritivos, o uso de lâminas de irrigação localizada vem sendo adotado para suprimento da demanda hídrica do cereal, visando o uso racional da água (SILVA et al., 2015).

O emprego de modelagem na agricultura representa importante estratégia para auxiliar os produtores, notadamente por possibilitar a estimativa do desempenho agrônomo da cultura em diferentes cenários climáticos (MINUZZI & LOPES, 2015); estimar a produção em condições de déficit hídrico (ANONI, 2016; OLIVEIRA et al., 2016). Pode-se inferir que o emprego da modelagem na agricultura, sobretudo o modelo AquaCrop® na cultura do milho irrigado no estado de Alagoas, Nordeste do Brasil, é de fundamental importância para a tomada de decisões acerca do incremento qualitativo de tecnologias para cultivo deste cereal na região.

Objetivou-se com este trabalho calcular o armazenamento de água no solo simulado pelo modelo AquaCrop/FAO® para a cultura do milho híbrido AG 7088 cultivado sob lâminas de irrigação nas condições agroclimáticas de Pão de Açúcar no semiárido Alagoano.



## Metodologia

O experimento foi conduzido entre os meses de abril e agosto de 2015. A área experimental está localizada no município de Pão de Açúcar, estado de Alagoas, nas coordenadas (09° 45' 20,7" S; 37° 25' 12,3" W e altitude de 18 m). O clima local é classificado como BSh', com predomínio de caatinga hipoxerófila, conforme classificação de Köppen (1948). Apresenta temperatura média anual do ar de 27 °C e precipitação média anual de 500 mm (BARROS et al., 2012).

Durante a realização da pesquisa, foi feito monitoramento climático, obtido na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET. Foram coletadas amostras de solo e encaminhadas ao Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande para análise dos atributos físicos e químicos. Para o cálculo da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) diária foi utilizado o método da FAO-Penman-Monteith descrito por Allen et al. (1998). O valor máximo da  $ET_o$  foi de 6,8 mm dia<sup>-1</sup>, enquanto que o mínimo correspondeu a 1,7 mm dia<sup>-1</sup>, com média de 4,18 mm dia<sup>-1</sup>, totalizando 514,48 mm ciclo<sup>-1</sup>.

Durante o ciclo da cultura, foi registrada precipitação acumulada de 238 mm, bem distribuída, com maior intensidade entre 70 e 90 dias após o plantio (DAP) onde foi registrada precipitação de 130 mm. Para suprir a água demandada pela cultura, foram aplicadas lâminas de irrigação correspondentes a 50% da  $ET_o$  ( $L_1=19$  mm ciclo<sup>-1</sup>); 75% da  $ET_o$  ( $L_2=28$  mm ciclo<sup>-1</sup>); 100% da  $ET_o$  ( $L_3=38$  mm ciclo<sup>-1</sup>); 125% da  $ET_o$  ( $L_4=47$  mm ciclo<sup>-1</sup>); 150% da  $ET_o$  ( $L_5=56$  mm ciclo<sup>-1</sup>) e 175% da  $ET_o$  ( $L_6=66$  mm ciclo<sup>-1</sup>). Acrescente-se que durante os primeiros 15 DAP, foi aplicado lâmina diária de 12,5 mm totalizando ao final deste período o volume acumulado de 187,5 mm. O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizados com seis lâminas de irrigação (50%, 75%, 100%, 125%, 150% e 175% da  $ET_o$ ) com quatro repetições. A semeadura do híbrido AG 7088 da Agrocere, foi realizada em 11/04/2015.

A aplicação das lâminas de irrigação foi realizada com base na reposição da  $ET_o$ , calculada através da soma da  $ET_o$  de dois dias anteriores ao dia do evento de irrigação. Nos dias de registro de precipitação, durante o ciclo da cultura, a mesma foi subtraída da  $ET_o$ . Os tempos necessários para reposição das respectivas lâminas foram gravados no programador a fim de acionar e interromper o funcionamento do sistema de irrigação.

O índice de área foliar (IAF) foi calculado a partir da relação entre a área foliar e o espaço ocupado pelas plantas por metro quadrado em cada tratamento (BEADLE, 1993). A cobertura do dossel foi estimada com base no IAF através da equação de Ritchie (RITCHIE, 1972; BELMANS et al., 1983) e aplicado por Farahani et al. (2009) Equação 1:



$$CD = 1 - \exp(-K \cdot IAF) \quad (1)$$

em que, CD (%) é a cobertura do dossel e K, coeficiente de extinção. O valor adotado para o coeficiente de extinção é de 0,61 (SARMENTO, 2015).

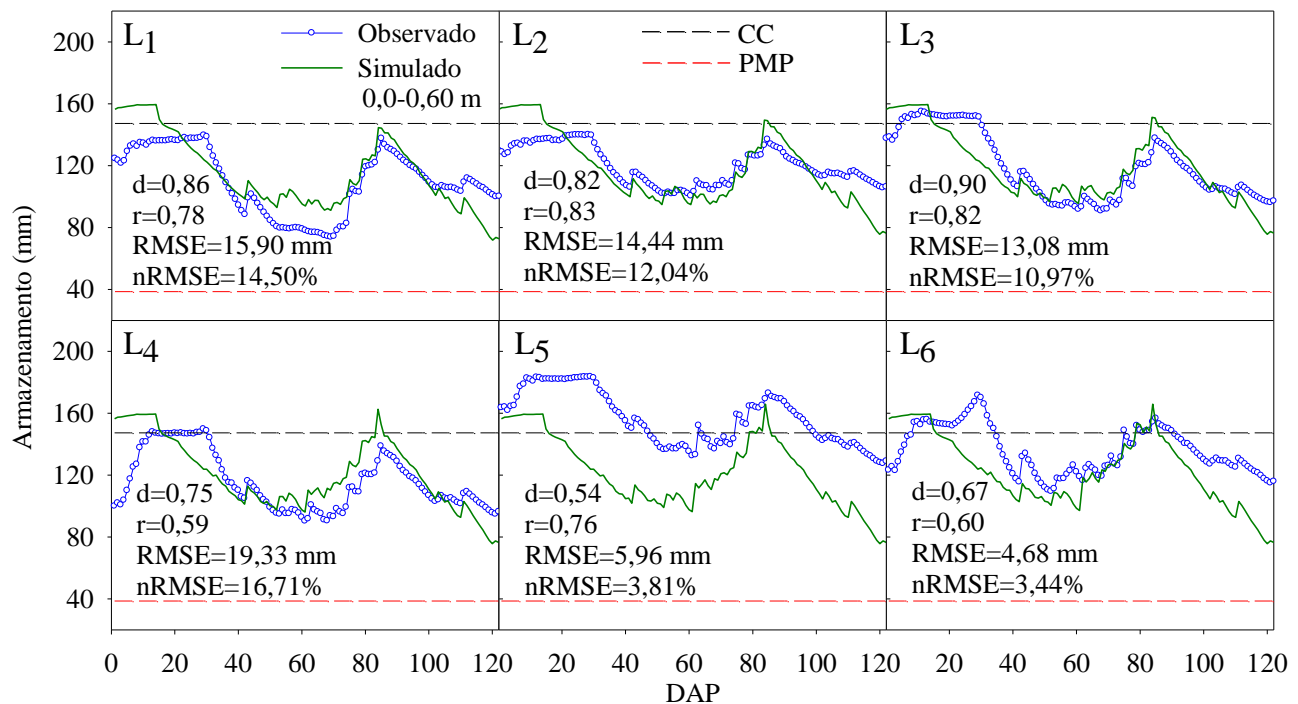
O AquaCrop<sup>®</sup> foi calibrado para o híbrido AG 7088 no Semiárido Alagoano entre os meses de abril e agosto de 2015. Os resultados simulados de armazenamento de água no solo foram comparados com os resultados observados para cada tratamento aplicado. A diferença entre os resultados simulados e observados foram minimizados usando o método de tentativa e erro, no qual uma variável de entrada específica foi escolhida como a variável de referência e ajustando apenas aqueles parâmetros que eram conhecidos por influenciar no resultado da referida variável.

### Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra os resultados da simulação para o total de água no solo (0-60 cm) durante o cultivo do híbrido AG 7088 no semiárido de Alagoas. Os valores simulados, bem como os medidos, respondem bem ao abastecimento de água no solo (irrigação e precipitação) para as lâminas L<sub>1</sub> a L<sub>4</sub> e L<sub>6</sub> seguindo a tendência dos valores observados com subestimativa compreendida entre 24 a 35 DAP e 99 DAP até a maturidade fisiológica, exceto para L<sub>5</sub>, em que o modelo subestimou os resultados simulados para todo ciclo da cultura. Todavia, o teor de água no solo simulado permaneceu acima do ponto de murcha permanente (PMP) para os seis tratamentos durante a época de cultivo, enquanto algumas observações (L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub> e L<sub>6</sub>) registraram valores superiores a capacidade de campo (CC).

As estatísticas de desempenho do modelo para os tratamentos com lâminas de irrigação mostram simulações com alta concordância de L<sub>1</sub> a L<sub>4</sub> quando comparados aos valores observados, com *d* variando de 0,75 a 0,90. As lâminas L<sub>5</sub> e L<sub>6</sub> apresentaram menores concordâncias com valores de *d* iguais a 0,54 e 0,67, respectivamente. De acordo com Dancy & Reidy (2013) a correlação é considerada forte para as lâminas L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>5</sub> com  $0,76 \leq r \leq 0,83$  e moderada para L<sub>4</sub> ( $r=0,59$ ) e L<sub>6</sub> ( $r=0,60$ ). O RMSE variou de 4,68 a 19,33 mm, correspondentes a 3,5 e 13% do armazenamento total de água no solo. A performance geral do modelo AquaCrop<sup>®</sup> é classificada como boa, com  $10,97\% \leq nRMSE \leq 16,71\%$  para as lâminas L<sub>1</sub> a L<sub>4</sub>, e excelente para L<sub>6</sub> ( $nRMSE=3,44\%$ ) e L<sub>5</sub> ( $nRMSE=3,81\%$ ), Jamieson et al. (1991).

Farahani et al. (2009) e Hussein et al. (2011) relataram que a AquaCrop<sup>®</sup> previu bem os ciclos de aplicação e evaporação de água no solo devido a eventos de irrigação, entretanto, tenderam a superestimar consistentemente o teor total de água no solo, particularmente nas parcelas de irrigação deficitária.



**Figura 1.** Total de água no solo observado e simulado na camada de 0,0-0,60 m para estação de crescimento do milho durante experimental no semiárido Alagoano. L: lâmina de irrigação.

Zelege et al. (2011) relataram que o AquaCrop<sup>®</sup> superestimou ligeiramente o teor de água do solo da camada de raiz (0-100 cm) na maior parte do tempo durante a estação, mas respondeu bem a tendência. Todavia, a ligeira subestimação da água do solo com altos teores de água no solo pelo AquaCrop<sup>®</sup> foi provavelmente causada pelo modelo que não permite que o teor de água no solo permaneça acima da CC durante dias consecutivos.

### Conclusões

O modelo AquaCrop/FAO<sup>®</sup> foi calibrado para a cultura do milho híbrido AG 7088 cultivado sob lâminas de irrigação nas condições agroclimáticas de Pão de Açúcar no semiárido Alagoano, evidenciando boa performance entre valores observados e simulados, de modo a subsidiar tomadas de decisões acerca de estratégias de cultivo nas safras futuras.

O armazenamento de água no solo foi modelado pelo AquaCrop/FAO<sup>®</sup> de maneira satisfatória, exceto para a lâmina 5, onde o modelo subestimou o total de água no solo para todo ciclo da cultura, evidenciando a deficiência do modelo em estimar o conteúdo de água no solo sobre condições de déficit hídrico.

### Referências Bibliográficas

AAMAAS, B.; PETERS, G. P. The climate impact of Norwegians' travel behavior. **Travel Behaviour and Society**, v. 6, n. 1, p. 10-18, 2017.



- ALDERFASI, A. A.; SELIM, M. M.; ALHAMMAD, B. A. Evaluation of plant densities and various irrigation regimes of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under low water supply. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 8, p. 1-8, 2016.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements**. Irrig. and Drainage Paper n° 56. Rome: FAO, 1998. 300 p.
- ANONI, C. O. **Mapeamento associativo para múltiplos ambientes e múltiplos locos, visando tolerância à seca em milho**. 2016. 64 f. Tese (Doutorado Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- BARROS, A. H. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B.; SANTIAGO, G. A. C. F. **Climatologia do Estado de Alagoas**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32 p.
- BEADLE, C. L. Growth analysis. In: HALL, D. O.; SCURLOCK, J. M. O.; BOLHÀRNORDENKAMPF, H. R.; et al. **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual**. London : Chapman & Hall. p.36-46, 1993.
- BELMANS, C.; WESSELING, J. G.; FEDDES, R. A. Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. **Journal of Hydraulic**, v. 63, n. 3, p. 271-286, 1983.
- BENTON, T. G. Food Security. **Encyclopedia of Applied Plant Sciences**: Elsevier, v. 2, p. 19-22, 2017.
- CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. The Issue of Water in the Brazilian Semi-Arid Region. In: BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Waters of Brazil**. Springer International Publishing. 2017. p. 59-71.
- DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 608 p.
- FARAHANI, R. Z.; HEKMATFAR, M. **Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies**. Springer Science & Business Media, 2009. 549 p.
- HUSSEIN, F.; JANAT, M.; YAKOUB, A. Simulating cotton yield response to deficit irrigation with the FAO AquaCrop model. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 4, p. 1319-1330, 2011.
- JAMIESON, P. D.; PORTER, J. R.; WILSON, D. R. A test of the computer simulation model ARCWHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. **Field Crops Research**, v. 27, n. 4, p. 337-350, 1991.

- KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra: Fondo de Cultura Econômica**. México: Editora, 1948. 479 p.
- MINUZZI, R. B.; LOPES, F. Z. Desempenho agrônômico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 734-740, 2015.
- OLIVEIRA, L. A. M.; AZEREDO, R. A.; ARAÚJO, G. L.; MANTOVANI, E. C. Estimativa de produção em áreas irrigadas sob o cultivo da cultura do milho utilizando imagens de satélites. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 1, p. 400-409, 2016.
- RITCHIE, J. T. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. **Water Resources Research**, v. 8, n. 5, p. 1204-1213, 1972.
- SARMENTO, P. L. V. S. **Ecofisiologia do milho sob diferentes épocas de semeadura e densidades de plantio**. 2015. 121 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas.
- SILVA, J. N.; LINHARES, P. C. A.; FIGUEREDO, J. P.; IRINEU, T. H. S.; SILVA, J. N.; ANDRADE, R. Crescimento do milho bandeirante sob lâminas de irrigação e *mulching*. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 4, p. 87-96, 2015.
- WU, G.; JOHNSON, S.; BORNMAN, J. F.; BENNETT, S. J.; FANG, Z. Changes in whole grain polyphenols and antioxidant activity of six sorghum genotypes under different irrigation treatments. **Food Chemistry**, v. 214, n. 1, p. 199-207, 2017.
- ZELEKE, K. T.; LUCKETT, D.; COWLEY, R. Calibration and testing of the FAO AquaCrop model for canola. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 1610-1618, 2011.