

## **CALIBRAÇÃO DO MODELO AQUACROP PARA ESTIMATIVA DE RENDIMENTO DE MILHO NO SEMIÁRIDO DO BRASIL.**

MARTINS, M. A.<sup>1</sup>; TOMASELLA, J.<sup>2</sup>; GIAROLLA, A.<sup>3</sup>; ALVALÁ, R.C.S.<sup>4</sup>; ANDRADE, C.L.T.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Eng<sup>a</sup> Agrícola, Doutoranda em Ciência do Sistema Terrestre, INPE, Cachoeira Paulista, SP. Fone: (12)3186-8680, [minella.martins@inpe.br](mailto:minella.martins@inpe.br).

<sup>2</sup> Eng. de Recursos Hídricos, Tecnologista Sênior no CEMADEN, Cachoeira Paulista, SP.

<sup>3</sup> Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Pesquisadora no CCST/INPE, São José dos Campos, SP.

<sup>4</sup> Eng<sup>a</sup> Cartógrafa, Pesquisadora no CEMADEN, São José dos Campos, SP.

<sup>5</sup> Eng. Agrícola, Pesquisador na EMBRAPA, Sete Lagoas, MG.

**RESUMO:** A região Semiárida brasileira é afetada por secas recorrentes que comprometem a agricultura de subsistência na região. Dentre as culturas de subsistência cita-se o milho tendo grande importância na alimentação humana e animal. Devido às secas recorrentes a produtividade dessa cultura é relativamente baixa e afeta a segurança alimentar da população e suprimento de alimentos para os animais. Com o intuito de antever possíveis variações e quebras na produtividade agrícola, modelos de cultura podem ser utilizados para subsidiar o planejamento por parte dos tomadores de decisão, afim de mitigar os efeitos da seca na agricultura e garantir a segurança alimentar. Assim, visando avançar nos estudos sobre o tema o objetivo deste trabalho foi calibrar o modelo AquaCrop para estimar produtividade de milho na região Semiárida do Brasil. Foram considerados 21 municípios pertencentes ao semiárido brasileiro e um total de 47 safras. Dados meteorológicos observados foram obtidos junto ao INMET e CPTEC/INPE e dados experimentais da cultura de milho disponibilizados pela EMBRAPA. O desempenho do modelo foi avaliado baseando-se nos coeficientes estatísticos de precisão ( $r^2$ ), acurácia (d) e confiança (c). Resultados preliminares mostraram boa capacidade do modelo AquaCrop em estimar produtividade de milho na área estudada com índices de precisão, acurácia e confiança de 0.66; 0.84 e 0.68, respectivamente.

**Palavras-Chave:** Previsão de safras, milho, AquaCrop

## **CALIBRATION OF AQUACROP MODEL TO ESTIMATE MAIZE YIELD IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID.**

**ABSTRACT:** Brazilian Semi-Arid region has been affected by recurrent droughts that endanger the subsistence farming in the region. Among the subsistence crops, maize presents large importance for human and animal feed. Due to recursive droughts, maize productivity is relatively low and, consequently, it affects the food security of the population and food supply for the animals. In order to predict possible crop variations and crop failure, crop models can be used to support planning by decision makers and help them to mitigate the effects of the droughts on agriculture and ensure food security. Regarding to this, the present study aimed to calibrate the AquaCrop model to estimate maize yield in the semi-arid region of Brazil. We considered 21 municipalities in the Brazilian semi-arid and a total of 47 growth seasons. Observed weather data were provided by INMET and CPTEC/INPE, experimental crop data were provided by EMBRAPA. The AquaCrop performance was evaluated based on the statistical indices related to precision ( $r^2$ ), accuracy (d) and confidence (c). Preliminary results showed good ability of AquaCrop model to estimate maize yield in the study area with precision, accuracy and confidence of 0.66; 0.84 and 0.68, respectively.

**Key-Word:** Crop Forecast, maize, AquaCrop

## INTRODUÇÃO

Modelos de cultura ou modelos de produtividade agrícola (MPA's) são bastante utilizados para prever a produtividade agrícola. Estes buscam uma representação simplificada das respostas das culturas agrícolas às variáveis ambientais como temperatura, umidade do solo, evapotranspiração, dentre outras (BAIER, 1979).

Tais modelos são utilizados desde a década de 1950 e, mais recentemente, são utilizados em programas de monitoramento agrícola de inúmeros países, que avaliam o potencial da produção de acordo com as condições meteorológicas e ainda com foco na situação de segurança alimentar.

Especificamente para a região Semiárida do Brasil -SAB, a importância de métodos objetivos para estimar safras agrícolas se justifica em razão das características pluviométricas da região, visto que a precipitação apresenta uma grande variabilidade temporal e espacial.

No caso da produção agrícola voltada à subsistência da população, o conhecimento prévio da produção é uma informação que permite melhor planejamento, por parte, principalmente, do governo, de quais estratégias adotar a fim de evitar uma situação de insegurança alimentar.

O milho é uma das culturas de maior importância na região. É o principal cereal utilizado para alimentação humana e animal, contribuindo ainda com a geração de empregos no setor primário, além de ser matéria-prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Com a finalidade de prever a produtividade de culturas agrícolas, inúmeros modelos estão disponíveis na literatura, no entanto, o modelo AquaCrop desenvolvido pela *Food and Agricultural Organization* - FAO tem se destacado pelo seu equilíbrio entre precisão, simplicidade e robustez. Raes et al. (2009) e Stetuto et al. (2009) introduziram o AquaCrop para simular a produção potencial de herbáceas em função de várias condições hídricas.

Além disso o modelo AquaCrop é direcionado pelo balanço de água no solo (RAES et al., 2011), fator este de extrema importância para contabilizar a resposta de culturas agrícolas ao estresse hídrico, sendo este um dos maiores fatores causadores de perdas de safra no SAB.

Neste contexto, objetivou com o presente trabalho calibrar o modelo AquaCrop para estimar o rendimento de milho na região Semiárida do Brasil, com vista a contribuir para o melhor planejamento por parte dos tomadores de decisão.

## MATERIAL E MÉTODOS

A região foco do estudo do presente estudo é o Semiárido do Brasil. Foram considerados 21 municípios e um total de 47 safras.

Para calibração do modelo AquaCrop foram utilizados dados observados de temperaturas, máxima e mínima, radiação, velocidade do vento e precipitação, diárias, provenientes de postos meteorológicos e pluviométricos do Instituto Nacional de Meteorologia- INMET e do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE. Os dados de produtividade da cultura de milho e solos foram disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA.

A Figura 1 apresenta a localização dos municípios considerados neste estudo.

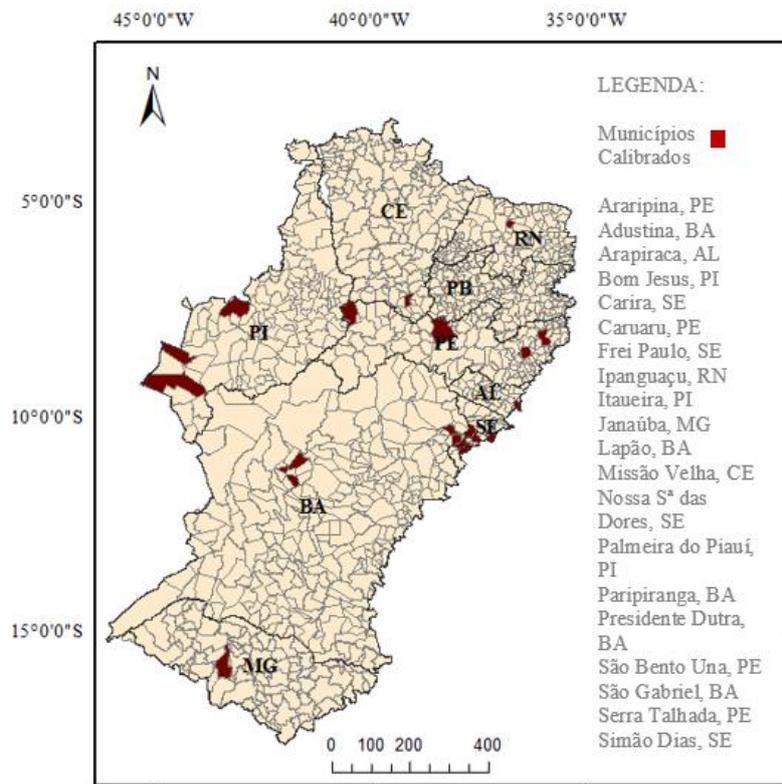


Figura 1: Delimitação da área de estudo

Quanto aos parâmetros do modelo AquaCrop, este é constituído por dois grupos. Um grupo é considerado conservativo, em que os parâmetros devem permanecer basicamente constantes em diferentes condições de cultivo e regimes hídricos. Estes parâmetros foram obtidos de cultivares de alto rendimento, sem limitação hídrica e de fertilidade, conforme relatado em Heng (2009) e Hsiao (2009). Dentre estes parâmetros conservativos citam-se coeficientes de crescimento e declínio do dossel, coeficientes de transpiração, produtividade de biomassa em relação ao uso de água, limite de depleção de água no solo, índice de colheita de referência, dentre outros, que podem ser consultados em Hsiao (2009). O segundo grupo abrange os parâmetros que são dependentes da localização, cultivar utilizada e práticas de manejo, são aqueles indicados a serem calibrados pelo usuário (STETUTO et al., 2012). Estes dados são referentes a fenologia da cultura, características do solo e clima.

No tocante a características do solo e clima foram utilizados dados observados para cada uma das localidades.

No que diz respeito à fenologia da cultura, foi necessário utilizar alguns métodos descritos na literatura para estabelecer prováveis datas de plantio e duração das fases do ciclo fenológico, visto que tais dados não se encontravam disponíveis para a maioria dos municípios avaliados.

Assim, partindo da premissa que a disponibilidade hídrica e a temperatura são os principais determinantes da época de plantio e desenvolvimento fenológico, utilizou-se o Balanço hídrico climatológico mensal -BHCM para determinar as prováveis datas de plantio, considerou-se no BHCM o período 1970 a 1990 para cada um dos pontos (municípios) selecionados e, o acúmulo de Graus-Dia para estabelecer a duração de cada fase do ciclo fenológico.

A partir do BHCM foi possível determinar o mês inicial do período chuvoso e a partir desse dado o modelo AquaCrop pode estimar, baseado no conjunto de dados meteorológicos, a data provável de plantio. O AquaCrop dispõe de critérios para determinar a data provável de plantio como temperatura ou precipitação. Como precipitação é a variável mais crítica no SAB, optou-se pelo critério de precipitação. Dessa forma, a data provável de plantio foi aquela na qual houve um acúmulo mínimo de 30 mm de precipitação num período de 5 dias antecedentes.

Para estabelecer as fases do ciclo fenológico utilizou-se a metodologia de acúmulo de Graus-Dia. O método de acúmulo de Graus-dia baseia-se no princípio de que uma planta necessita de uma certa quantidade de energia, representada pela soma de graus térmicos, necessária para completar determinada fase fenológica ou mesmo o seu ciclo total (GADIOLI et al., 2000). Isso se deve ao fato de que a duração de subperíodos e ciclos da planta está associada às variações das condições ambientais e não ao número de dias, sendo por isso considerado por Fancelli e Dourado Neto (1997) como o método mais satisfatório

para determinar as etapas de desenvolvimento da cultura, pois leva em consideração as exigências calóricas ou térmicas.

O desempenho do modelo foi avaliado baseando-se nos principais coeficientes estatísticos descritos na literatura para avaliar modelos de cultura. Assim, foi avaliada a precisão do modelo, pelo coeficiente de determinação ( $r^2$ ), a acurácia, pelo coeficiente de Willmott (d) (Willmott et al., 1985) e a confiança, pelo Índice de confiança (c) de Camargo e Sentelhas (1997).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 apresenta o ajuste obtido entre a produtividade estimada pelo modelo AquaCrop calibrado e aquela observada em experimentos de campo.

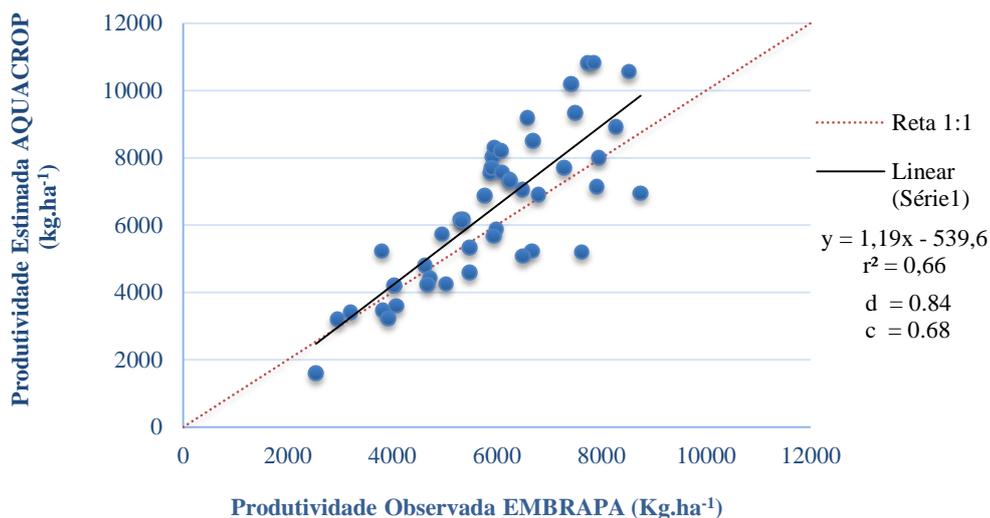


Figura 2: Relação entre produtividade estimada pelo modelo AquaCrop e produtividade observada, considerando 46 safras em 21 municípios do Semiárido Brasileiro.

Os parâmetros foram calibrados para obter a melhor relação entre produtividade observada e estimada assim como menores erros. Os índices estatísticos que medem precisão ( $r^2$ ), acurácia (d) e confiança (c) foram, respectivamente 0.66, 0.84 e 0.68. De acordo com a classificação de desempenho de modelos, o modelo AquaCrop, após calibrado, pode ser considerado como bom, segundo o índice de confiança proposto por Camargo e Sentelhas (1997) e muito bom, segundo o índice de acurácia de Willmott et al. (1985).

Inúmeros trabalhos vêm sendo realizados com o modelo AquaCrop em condições de restrição hídrica como é o caso do trabalho de Abedinpour et al. (2012), que calibraram e validaram o AquaCrop para cultura do milho no semiárido da Índia e Abrha et al. (2012), que avaliaram estratégias de semeadura em ambientes semiáridos. Alguns estudos apontam ainda um desempenho menos favorável do AquaCrop quando simulando em condições de estresse hídrico como é o caso do estudo de Heng (2009). Este autor sugere que, uma possível melhoria na simulação do modelo, em condições de estresse hídrico, poderia ser dada ao ajustar os parâmetros conservativos do modelo, ou seja, aqueles que foram considerados constantes em diferentes condições de cultivo e regimes hídricos.

Apesar do bom desempenho do AquaCrop na região de estudo, é possível notar que para altas produtividades há maior discrepância entre os dados observados e estimados, ou seja, os dados começam a se distanciar da reta 1:1 a partir de aproximadamente 6000 kg ha<sup>-1</sup>. Isso pode estar associado a longos períodos de estiagem durante o período de produção da cultura, o que acarretaria em estresse hídrico. Dessa forma, o ajuste dos parâmetros conservativos, assim como sugerido por Heng (2009) pode contribuir para melhorar o desempenho do modelo tornando-o mais sensível às condições hídricas do semiárido brasileiro.

## CONCLUSÕES

O bom desempenho do modelo AquaCrop após calibrado torna-o uma ferramenta potencial para planejamento da produção agrícola na região semiárida do Brasil. Outros testes de calibração serão necessários, afim de tornar o modelo mais preciso, principalmente no que tange a altas produtividades. Testes utilizando previsão climática sazonal e posterior validação do modelo serão os próximos passos para confirmar a eficiência do AquaCrop em prever rendimento de milho para todo o semiárido brasileiro.

## AGRADECIMENTOS

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Milho e Sorgo.  
Centro de Ciência do Sistema Terrestre e Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos - INPE

## REFERÊNCIAS

- ABEDINPOUR, M.; SARANGI, A.; RAJPUT, MAN SINGH, T.B.S.; PATHAKC, H.; AHMADD, T. Performance evaluation of AquaCrop model for maize crop in a semi-arid. **Agricultural Water Management**, 55-66, 2012.
- ABRHA, B.; DELBECQUE, N.; RAES, D.; TSEGAY, A.; TODOROVIC, M.; HENG, L.; VANUTRECHT, L.; GEERTS, S.; GARCIA-VILA, M.; DECKERS, S. Sowing strategies for barley (*hordeum vulgare* L.) Based on modelled yield response to water with AquaCrop. **Experimental Agriculture**, 252-271. 2012.
- BAIER, W. Note on the Terminology of Crop-Weather Models. **Agric. Meteorol.** 20:137-145. 1979.
- CAMARGO, A.P. de; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, p.89-97, 1997.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Milho: ecofisiologia e rendimento. In: TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE MILHO, Piracicaba, 1997. **Trabalhos Apresentados**. Piracicaba, 1997. p.157-170.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 360p. 2000.
- GADIOLI, J.L.; DOURADO-NETO, D.; GARCÍA, A.G.; BASANTA, M.V. temperatura do ar, Rendimento de grãos de milho e Caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, v.57, n.3, p.377-383. 2000
- HENG, L. K.; HSIAO, T.; EVELT, S.; HOWEL, T.; STETUTO, P. Validating the FAO AquaCrop Model for Irrigated and Water Deficient Field Maize. **Agronomy Journal**, 488-498. 2009.
- HSIAO, T.S.; HENG, L.; STEDUTO, P.; ROJAS-LARA, B.; RAES, D.; FERERES, E. The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: III. Parameterization and Testing for Maize. **Agronomy Journal**, 448-459. 2009.
- RAES, D. et al. AquaCrop-The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description. **Agronomy Journal**. V. 101, Issue 3. 2009.
- RAES et al. **Reference Manual: AquaCrop** Version 3.1 plus. Rome, Italy: FAO. 2011.
- STETUTO, P. et al. AquaCrop—The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: I. Concepts and Underlying Principles. **Agronomy Journal**. v. 101, Issue 3. 2009.

STETUTO, P.; HSIAO, T.C.; FERERES, E.; RAES, D. **Crop Yield response to water:** FAO Irrigation and Drainage Paper 66. Rome, ITALY: FAO. 2012.

WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIES, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.