

CALIBRAÇÃO E SIMULAÇÃO DE LONGO PERÍODO PARA A PRODUTIVIDADE DA AVEIA-BRANCA CULTIVADA SOB LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO O MODELO CERES-BARLEY

ANDERSON P. COELHO¹, ROGÉRIO T. de FARIA⁴, JOÃO A. FISCHER FILHO³, ALINE M. da S. BARBOSA⁴, LUIZ F. PALARETTI⁵

¹Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal), Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, anderson_100ssp@hotmail.com

²Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, rogeriofaria@fcav.unesp.br

³Eng. Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, joaofischer16@gmail.com

⁴Eng^a Ambiental, Mestranda em Agronomia (Ciência do solo), Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, aline.m.barbosa@hotmail.com

⁵Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, lfpalaretti@fcav.unesp.br

Apresentado no

XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: Modelos de crescimento de cultivos são ferramentas eficientes para avaliar o efeito de práticas de manejo agrícola. Objetivou-se calibrar os coeficientes genéticos da cultivar de aveia-branca IAC 7 e aplicar o modelo CERES-Barley, em simulação de longo período, para definir o melhor manejo hídrico para a cultura. O experimento de campo foi realizado na FCAV/Unesp, Jaboticabal, SP. As lâminas de irrigação foram 100%, 87%, 60%, 31% e 11% da evapotranspiração da cultura para os tratamentos L5, L4, L3, L2 e L1, respectivamente. A calibração dos coeficientes foi realizada pelos dados do tratamento sem restrição hídrica (L5). Para determinar a acurácia do modelo foi realizada a análise de produtividade de grãos, biomassa e índice de área foliar (IAF). Além disso, foi realizada uma análise anual de longo período (2000 a 2017) para a produtividade nas condições de Jaboticabal, SP. A aveia-branca pode ser calibrada no modelo CERES-Barley, apresentando elevada acurácia para a estimativa da produtividade de grãos ($R^2 = 0.99$; $RSME = 67.45 \text{ kg ha}^{-1}$) e IAF ($R^2 = 0.76$; $RSME = 0.75$) quando cultivada sob lâminas deficitárias de irrigação. Lâminas de irrigação correspondentes a 87% e 100% da ET_c são as mais indicadas para a irrigação da aveia-branca.

PALAVRAS-CHAVE: DSSAT, Modelagem, Produtividade

CALIBRATION AND SIMULATION OF A LONG PERIOD FOR YIELD WHITE OATS CULTIVATED UNDER IRRIGATION DEPTHS USING CERES-BARLEY MODEL

ABSTRACT: Crop growth models are efficient tools to evaluate the effect of agricultural management practices. The objective was to calibrate the genetic coefficients of the white oat cultivar IAC 7 and to apply the long-period simulation of the CERES-Barley model to define the best water management for the crop. The field experiment was conducted at FCAV / Unesp, Jaboticabal, SP. Irrigation depths were 100%, 87%, 60%, 31% and 11% of crop evapotranspiration for treatments L5, L4, L3, L2 and L1, respectively. The calibration of the coefficient was performed by the data of the treatment without water restriction (L5). To determine the accuracy of the model, the grain yield, biomass and leaf area index (LAI) analyzes were performed. In addition, an annual long-term analysis (2000 to 2017) was carried out for productivity in the conditions of Jaboticabal, SP. The white oats can be calibrated in the CERES-Barley model, showing high accuracy for grain yield estimation ($R^2 = 0.99$; $RSME = 67.45 \text{ kg ha}^{-1}$) and IAF ($R^2 = 0.76$; $RSME = 0.75$) when grown under irrigation slides. Irrigation depths corresponding to 87% and 100% of ET_c are the most suitable for irrigation of white oats.

KEYWORDS: DSSAT, Modeling, Productivity

INTRODUÇÃO

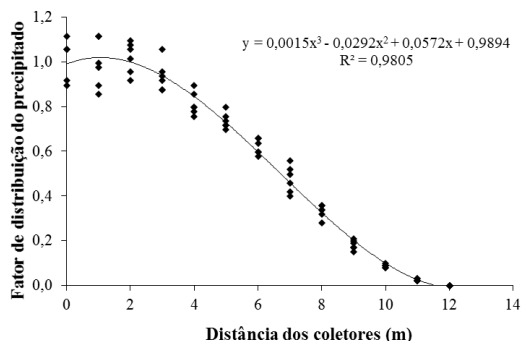
No Brasil, devido a sua multiplicidade de usos, a cultura da aveia-branca é uma excelente opção agrícola para cultivo no inverno. A importância da cultura da aveia vem crescendo exponencialmente no Brasil nos últimos 10 anos, sendo que a área plantada passou de 106,1 10^3 ha em 2007 para 291,5

10³ ha em 2017, crescimento de 174% (CONAB, 2017). Devido às características climáticas do inverno brasileiro, a irrigação torna-se fundamental para obtenção de máximos rendimentos, observando incrementos superiores a 250% na produtividades de culturas de inverno em relação ao cultivo de sequeiro (BOSCHINI et al., 2011). Devido à complexidade dos fatores do sistema solo-planta-atmosfera, modelos de crescimento de cultivos são ferramentas eficientes para se avaliar o efeito de práticas de manejo agrícola, tais como a aplicação de diversas lâminas de irrigação, no crescimento e produtividade das culturas de interesse. Dentre os vários modelos disponíveis na literatura, o modelo CERES (RITCHIE et al., 1998), incluído no sistema DSSAT (HOOGENBOOM et al., 2015), pode ser aplicado para auxiliar a interpretação de resultados experimentais e também em simulações de longo período, visando estimar a variabilidade interanual da produtividade e, assim, recomendar práticas de manejo baseadas nos resultados da pesquisa. Dessa maneira, objetivou-se com esse estudo calibrar os coeficientes genéticos de uma cultivar de aveia-branca (IAC 7) a partir do tratamento sem restrição hídrica (100% da ETc) e validá-los para os tratamentos com restrição hídrica (87%, 60%, 31% e 11% da ETc). Além disso, indicar o melhor manejo hídrico, por análise de longo período (2000 a 2017), para a obtenção de elevadas produtividades para a aveia-branca, nas condições de Jaboticabal-SP.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido na Fazenda Experimental da FCAV-Unesp, Jaboticabal, SP, com latitude de 21°14'44"S, longitude 48°17'00"W e altitude de 545 metros. A aveia-branca foi cultivada sob irrigação com lâminas de irrigação, com cinco tratamentos (L1 a L5) e quatro repetições, distribuídos em delineamento experimental em faixas. Foi utilizado um desenho experimental do tipo "linha de aspersores", com uma linha para aplicar água de irrigação. Esse desenho experimental possibilita distribuir a água de irrigação com taxas variáveis de aplicação.

O fator de distribuição da precipitação dos aspersores foi obtido em teste de coletores, definindo os tratamentos de acordo com a Figura 1. As parcelas experimentais possuem 4,5 m de comprimento e 2,4 m de largura, totalizando uma área total para o experimento de 216 m² (24 m × 9 m). Os primeiros 50 cm iniciais de cada lado das parcelas foram considerados como bordadura.



Distância (m)	Tratamento	Fator de distribuição
0,0 – 2,4	L5	1,00
2,4 – 4,8	L4	0,87
4,8 – 7,2	L3	0,60
7,2 – 9,6	L2	0,31
9,6 – 12,0	L1	0,11

Figura 1. Frações de distribuição da precipitação dos aspersores em função da distância ou tratamentos das linhas de irrigação espaçadas de 12 m, com aspersores espaçados de 6 m na linha.

Dessa forma, o fornecimento de água para a cultura foi de 100%, 87%, 60%, 31% e 11% da necessidade para os tratamentos L5, L4, L3, L2 e L1, respectivamente. O manejo da irrigação foi realizado com base na demanda hídrica da cultura, de acordo com o método FAO 56 (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração da aveia (ETc) foi calculada pelo produto da ETo pelo coeficiente de cultura (kc), de acordo com Allen et al. (1998). A irrigação sempre foi realizada quando o déficit hídrico na área fosse igual a 23 mm. Essa lâmina foi calculada em função das características culturais da aveia e físicas do solo, com base na curva de retenção de água (Tabela 1). Para o cálculo foi utilizado profundidade efetiva de raízes de 40 cm e fator de disponibilidade de água no solo de 50%.

Para determinação da área foliar, as folhas de cinco plantas por parcela foram medidas por método não destrutivo, correspondente ao produto do comprimento da folha, largura e fator de correção. Esse último foi determinado pela coleta de 50 folhas da aveia, no estágio 8 (Folha bandeira visível). O fator de correção representa a relação da área da folha pela área de um retângulo, tomando como base a maior largura e comprimento das folhas. A produtividade da aveia foi calculada colhendo-se a área de

2 m² por parcela, padronizando-se a umidade dos grãos em 14%. Ainda foi determinado em cada parcela a produtividade de matéria seca total (MS), colhendo-se uma área em quadrante de 30 cm x 30 cm.

A simulação da aveia-branca foi realizada com o modelo CERES-Barley (RITCHIE et al., 1998). Para calibrar os coeficientes genéticos da aveia-branca utilizada neste estudo (IAC 7), inicialmente, foi assumido coeficientes genéticos de uma cultivar de cevada existente no banco de dados do DSSAT que não apresentava requerimentos de vernalização ('Maris Badger'). Em seguida, as simulações do modelo foram comparadas com as medidas realizadas nas condições experimentais. Como ocorreu discrepâncias entre os valores estimados pelo modelo e os medidos em campo, os coeficientes do modelo foram ajustados. O procedimento foi executado iterativamente, isto é, foram atribuídos valores a cada um dos fatores e observada a acuracidade entre os valores preditos pelo modelo e os resultados de campo para o tratamento que não sofreu estresse hídrico (L5), durante o período experimental. O modelo foi testado quanto a sua capacidade de simular as datas de ocorrência dos estádios fenológicos e de crescimento, tais como área foliar máxima, produtividade de grãos e de biomassa. As aferições de precisão e acurácia foram realizadas pelo índice de concordância (d) proposto por Willmott et al. (1981), o erro médio (EME), raiz quadrada do erro médio (RMSE) e o coeficiente de determinação (R²).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes genéticos P1V, P1D, P5, G1, G2, G3 e PHINT calibrados para a cultivar IAC 7 no tratamento L5 foram de 0, 99, 590, 50, 22, 2 e 100, respectivamente. O ciclo da aveia para as condições experimentais foi de 107 dias e o estimado pelo modelo foi de 110 dias. A data da antese observada em campo foi de 62 dias e o estimado pelo modelo CERES-Barley de 65 dias. Na validação para os demais tratamentos (L4, L3, L2 e L1), o modelo CERES-Barley apresentou elevada precisão e acurácia na estimativa da produtividade (Figura 2A).

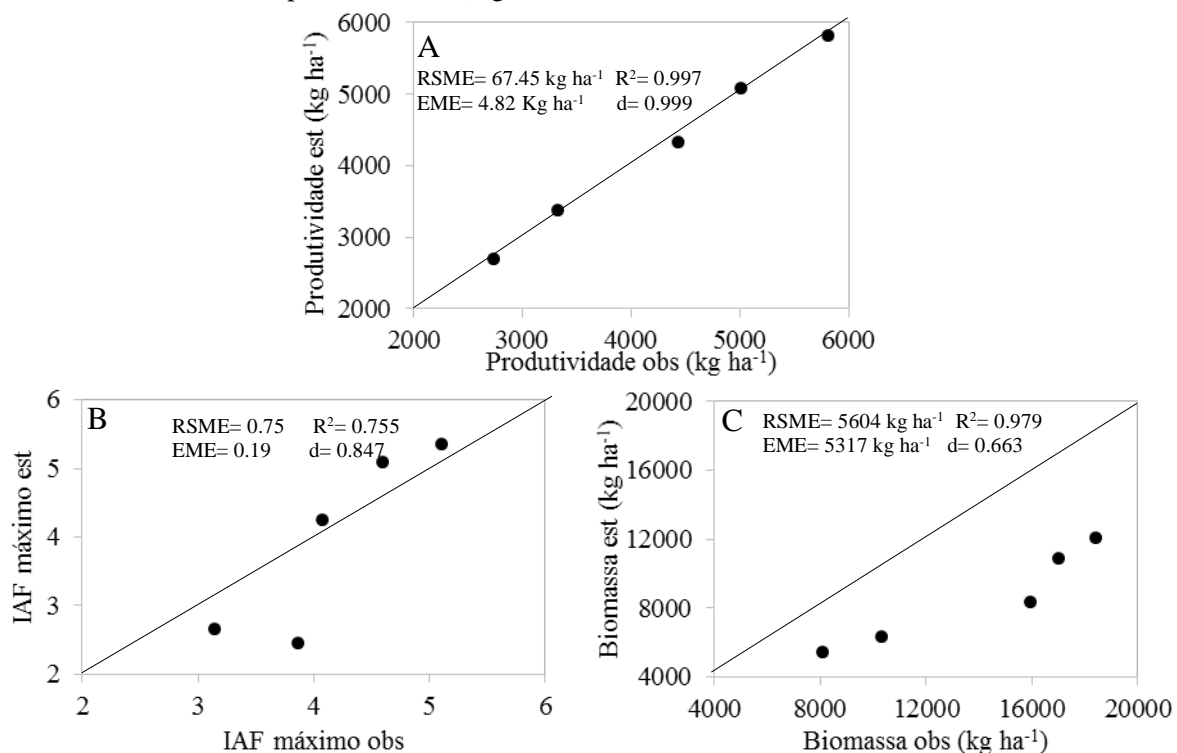


Figura 2. Desempenho do modelo CERES-Barley para estimativa da produtividade (A), IAF (B) e biomassa (C) da cultivar IAC de aveia-branca. Est – estimado; Obs - observado

O RMSE foi de apenas 67.45 kg ha⁻¹ e o R² de 0.997, indicando baixo erro e elevada precisão. Além disso, o índice de concordância foi de aproximadamente 1 e o EME de 4.82 kg ha⁻¹, indicando não existir tendência em sub ou superestimar os dados. Para o IAF máximo, o modelo apresentou boa precisão (R²=0.755) e RSME de 0.75, além do índice de concordância de 0.84 (Figura 2B). A acurácia

só não foi maior, pois para o tratamento L2 o modelo não apresentou boa performance. Retirando-se esse ponto da análise, a acurácia do modelo foi elevada, com R^2 de 0.967, RSME de 0.34, EME de -0.094 e índice de concordância de 0.99. Em relação à biomassa, a acurácia do modelo foi baixa (Figura 2C). A precisão do modelo foi boa ($R^2=0.979$), no entanto o modelo subestimou a biomassa de todos os tratamentos, apresentando elevada tendência, fato comprovado pelo elevado valor do EM (5.317 kg ha^{-1}).

Os maiores rendimentos simulados para a aveia foram com as lâminas de 87% e 100% da ETc (Figura 3). A menor produtividade estimada para essas duas lâminas de irrigação foi de 4.119 kg ha^{-1} . A probabilidade da aveia-branca apresentar produtividade inferior a 4.800 kg ha^{-1} sob irrigação suplementar (L5) é praticamente nula para as condições estudadas.

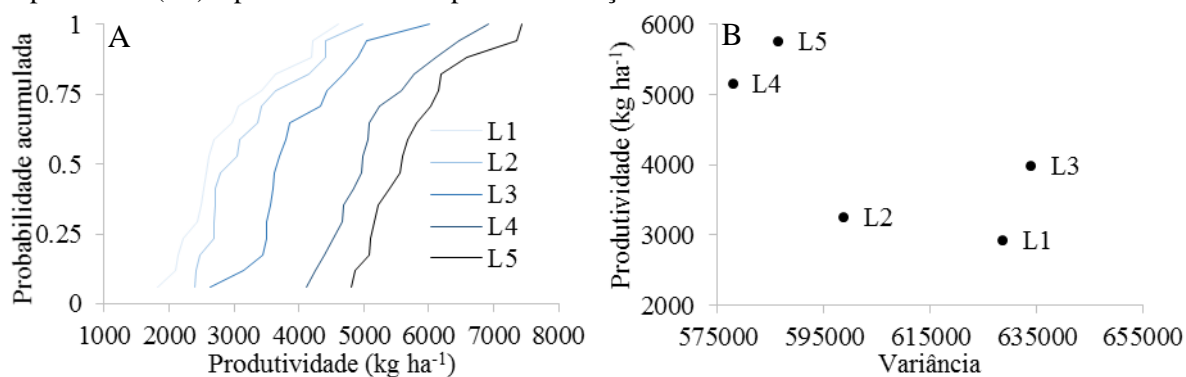


Figura 3. Função de probabilidade acumulada da produtividade da aveia-branca sob tratamentos com lâminas de irrigação (A) e produtividade média simulada para longo período (2000-2017) e a variabilidade dos dados por tratamento (B).

CONCLUSÕES

A cultivar IAC 7 de aveia-branca pode ser calibrada no modelo CERES-Barley, apresentando elevada acurácia para a estimativa da produtividade de grãos e índice de área foliar. Lâminas de irrigação correspondentes a 87% e 100% da ETc são as mais indicadas para a irrigação da aveia-branca, apresentando as maiores médias de produtividade e as menores variabilidades em simulação de longo período.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 56), 1998.
- BOSCHINI, A.P.M.; SILVA, C.L.D.; OLIVEIRA, C.A.D.S.; OLIVEIRA JÚNIOR, M.P.D.; MIRANDA, M.Z.D.; FAGIOLI, M. Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.450-457, 2011.
- CONAB. Companhia nacional de abastecimento (2017). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Sexto Levantamento, v.4, n.6. março/2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf> Acesso em 25 mai. 2017.
- HOOGENBOOM, G.J.W.; JONES, P.W.; WILKENS, C.H.; PORTER, K.J.; BOOTE, L.A.; HUNT, U.; SINGH, J.I.; LIZASO, J.W.; WHITE, O.; URYASEV, R.; OGOSHI, J.; KOO, V.; SHELIA, TSUJI, G.Y.. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.6** (<http://dssat.net>). DSSAT Foundation, Prosser, Washington, 2015.
- LARGE, E.C. Growth stages in cereals illustration of the Feeks scales. **Plant Pathology**, v.4, p.22-24, 1954
- RITCHIE, J.T.; SINGH, U.; GODWIN, D.C.; BOWEN, W.T. **Understanding options for agricultural production**. In: Tsuji, G.Y.; Hoogenboom, G.; Thornton, P.K. Kluwer Academic Publishers, v.7, 399 p. p.79-98, 1998
- WILLMOTT, C.; MATSUURA, K.; ROBESON, S.M. Ambiguities inherent in sums-of-squares-based error statistics. **Atmospheric Environment**, v.43, p749-752, 2009.