

MANEJO DA ÁGUA EM CANA-DE-AÇÚCAR E MILHO SOB MUDANÇAS CLIMÁTICAS: APLICAÇÃO DOS MODELOS CANEGRO E CERES-MAIZE

Oliveira, L. A.¹ Miranda, J. H.², Cooke, R.³

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), (019) 3429-4123, luciano.alves.oliveira@usp.br

² Professor Associado 2, Departamento de Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, (019) 3429-4123, jhmirand@usp.br

³ Full Professor, University of Illinois at Urbana-Champaign, Department of Agricultural and Biological Engineering, rcooke@illinois.edu

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: A demanda por energia é uma questão muito importante na atualidade. Várias alternativas surgiram tal como a exploração de biomassa vegetal para produção de combustíveis. Nesse contexto, as culturas da cana-de-açúcar e do milho se destacam e a fim de aumentar seus rendimentos, a irrigação provê a quantidade ideal de água para atingirem seus potenciais produtivos. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo avaliar lâminas de irrigação para estas culturas na região de Piracicaba, SP diante de cenários futuros. Para tal foram aplicados os modelos DSSAT/CANEGRO, CERES-MAIZE e MarkSim, estimando os dados de cenários futuros, alimentando os modelos supracitados. Foram utilizadas duas séries de 31 anos de dados climáticos cada: para 1982 a 2012 e para 2062 a 2092. As análises estatísticas utilizadas foram o método de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Diante dos resultados obtidos, a cana-de-açúcar terá uma redução de produtividade da ordem de 40% em relação ao cenário atual enquanto a cultura do milho será necessário um incremento de 81% nas lâminas de irrigação. Conclui-se que será necessário o envolvimento com a área de genética, buscando desenvolver novas variedades tolerantes e que o manejo racional da água será fundamental.

PALAVRAS-CHAVE: lâminas de irrigação; modelagem na agricultura; mudanças climáticas

MANEJO DA ÁGUA EM CANA-DE-AÇÚCAR E MILHO SOB MUDANÇAS CLIMÁTICAS: APLICAÇÃO DOS MODELOS CANEGRO E CERES-MAIZE

ABSTRACT: The demand for energy is a very important issue today. Several alternatives have emerged as the exploitation of plant biomass for fuel. In this context, the cultures of cane sugar and corn stand out and to increase their income, irrigation provides the optimal amount of water to aingirem their productive potentials. Therefore, this study aimed to evaluate irrigation levels for these crops in the region of Piracicaba, SP. The DSSAT models / CANEGRO, CERES-MAIZE and MarkSim were applied, estimating the data of future scenarios, feeding the above models. Two series of 31 years of weather data were used each: for 1982 to 2012 and 2062 to 2092. The statistical analysis was the comparison method of Tukey at 5% probability. Based on these results, the cane sugar will be reduced by the order productivity of 40% over the current scenario while the corn crop, an increase of 81% in water depths will be necessary. It follows that involvement are required in the area of genetics, seeking to develop new varieties tolerant and rational water management will be key.

KEYWORDS: irrigation depths; agricultural modeling; climate changes

INTRODUÇÃO: A cultura da cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) apresenta grande importância para a economia brasileira por contribuir em grande escala para geração de divisas juntamente com a cultura do milho (*Zea mays*) que representa um dos principais cereais mais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana e animal e matérias-primas para a indústria.

O consumo diário de água pela cana-de-açúcar e do milho, nas principais regiões produtoras do país, depende da variedade, do estágio de desenvolvimento da cultura e da demanda evapotranspirométrica em função do mês e da região (variação temporal e espacial) que em geral, e tem variado de 2 a 6 mm dia⁻¹ necessitando de 250 g de água para formar 1 g de matéria seca (BERNARDO, 2005).

Para simular o sistema de produção de cana-de-açúcar, o DSSAT utiliza o modelo DSSAT/CANEGRO (INMAN-BAMBER, 1991; SINGELS et al., 2008) sendo baseado no modelo CERES-MAIZE (JONES; KINIRY, 1986) e desenvolvido na África do Sul com o intuito de modelar os processos fisiológicos mais relevantes da indústria açucareira sul-africana (INMAN-BAMBER, 1991). Já o modelo CERES-MAIZE segundo Jones e Kiniry (1986), é um dos mais detalhados para prever estágios fenológicos e número de folhas do milho.

Além desses aspectos há um modelo que vem sendo utilizado juntamente ao DSSAT para simular cenários futuros, denominado MarkSim o qual utiliza uma terceira ordem de Markov gerador de precipitação com algoritmo básico para simular chuvas diárias.

Dessa forma os principais objetivos do trabalho foram: determinar e comparar lâminas de irrigação para as culturas de cana-de-açúcar e milho, para a região de Piracicaba, SP, mediante a aplicação dos modelos DSSAT/CANEGRO e CERES-MAIZE, diante de cenários futuros, os quais simulados pelo modelo MarkSim.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi realizada junto ao Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, situada no município de Piracicaba, SP, clima Cwa segundo a classificação de Köppen, (22° 43' 33" de latitude sul e 47° 38' 00" de longitude oeste, com 546 m de altitude) e conduzida em 3 etapas distintas: 1) entendimento dos modelos DSSAT/CANEGRO e CERES-MAIZE e utilização/elaboração de um banco de dados climáticos, dados edáficos para a cidade de Piracicaba, SP; 2) entendimento dos cenários futuros e as projeções do IPCC (Intergovernmental Panel Climate Changes) para simular diferentes cenários de mudanças climáticas, elaboração e utilização de um banco de dados climatológicos mediante a aplicação do modelo MarkSim e 3) análise estatística feita para os dois cultivos (cana-de-açúcar e milho) visando obter eventuais diferenças entre o manejo de irrigação adotado na época atual em relação a cenários futuros, simulados pelos modelos DSSAT/CANEGRO e CERES-MAIZE.

Os dados climáticos foram obtidos junto ao banco de dados da estação meteorológica convencional da Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, em Piracicaba, SP, referente ao período de 1982 a 2012, totalizando uma série de dados de 31 anos. Os dados coletados foram: radiação solar MJ m⁻² dia⁻¹, temperatura máxima e mínima diárias do ar (°C), precipitação (mm) os quais foram empregados na estimativa da evapotranspiração potencial, com base na equação de Penman-Monteith no balanço hídrico climatológico, no balanço hídrico de cultura e nas produtividades potencial e real da cana-de-açúcar e do milho.

A variedade utilizada nessa pesquisa foi a RB86-7515, calibrada e parametrizada por Nassif et al. (2012). O ciclo de vida da planta foi em média de 530 dias, sendo, portanto todos considerados “cana de ano e meio”.

O modelo CERES-Maize necessitou ter seus coeficientes genéticos calibrados para prever o crescimento e desenvolvimento do milho.. O híbrido utilizado nessa pesquisa foi o BR201 e calibrado por Gedanken (1998), apresentando coeficiente genético P1 275,2, O valor de P2 foi de 0,75, O coeficiente genético P5 foi de 780Cd. O coeficiente genético G2 apresenta o valor de 902. Para o G3, foi encontrado que o

híbrido BR201 o valor de 5 mg d-1. O filocron (PHY) é o intervalo em tempo térmico (graus-dia) entre a aparição de folhas subseqüentes com o valor de 43 oCd.

Os três cenários presentes no modelo MarkSim foram provenientes do relatório do IPCC (Intergovernmental Panel Climate Changes) de 2001 (INTERGOVERNMENTAL PANEL CLIMATE CHANGES - IPCC, 2001a, 2001b, 2001c) são o A1B, A2 e B1.

Os anos obtidos para os três cenários foram sempre os mesmos: uma série de 31 anos de 2062 a 2092.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Com o objetivo de avaliar as produtividades de cana-de-açúcar e verificar se o manejo de irrigação utilizado na atualidade pode ser utilizado em cenários futuros, procurou-se comparar a quantidade de sacarose produzida (kg ha^{-1}) nos diferentes cenários e diferentes condições de cultivo, bem como a comparação das lâminas de irrigação utilizadas (mm dia^{-1}).

Pôde-se observar que na condição de cultivo de sequeiro, os cenários futuros têm produtividade de sacarose menores que a atualidade, analisando ao nível de 5% de probabilidade, apresentando produtividades médias da ordem de $14.000 \text{ kg ha}^{-1}$ enquanto que no cenário atual a produtividade chegou ao valor de $20.146 \text{ kg ha}^{-1}$. Porém, com a utilização de irrigação, tais produtividades aumentam ficando num valor médio de $15.800 \text{ kg ha}^{-1}$, porém, não conseguem chegar aos valores do cenário atual que apresenta $23.600 \text{ kg ha}^{-1}$, ao nível de 5% de probabilidade.

Outro ponto a ser avaliado é a massa de sacarose produzidos para cada mm de água aplicado. Nota-se que o cenário B1, o mais otimista dos cenários estudados, é aquele que mais aproveitará a água aplicada. Feita a análise de comparação de médias de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, a irrigação terá maior influência para o cenário B1 do que para os outros cenários (Tabela 1).

Tabela 1 - Produtividade de sacarose de cana-de-açúcar por hectare e por mm de água aplicada e lâmina de água aplicada em mm dia^{-1} na cultura da cana-de-açúcar, cenários atual e futuro, simulados pelo DSSAT/CANEGRO

Cenário	Produtividade de sacarose		Lâmina Aplicada mm dia^{-1}	Produtividade de sacarose por $\text{mm de água aplicado}$ kg mm^{-1}
	Sequeiro kg ha^{-1}	Irigado kg ha^{-1}		
atual	20146,00 a	23557,00 a	0,83 a	44,5 a
A1B	13725,33 b	15636,67 b	0,47 b	52,9 ab
A2	14296,67 b	15826,00 b	0,44 bc	46,6 ab
B1	13987,00 b	16194,00 b	0,39 c	58,00 b

*em letras minúsculas há a indicação do resultado da comparação de médias das colunas feita pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

A fim de avaliar as produtividades de milho e se o manejo de irrigação utilizado na atualidade pode ser utilizado nos cenários futuros, procurou-se comparar a quantidade de grãos produzida (kg ha^{-1}) nos diferentes cenários e diferentes condições de cultivo, bem como a comparação das lâminas de irrigação utilizadas (mm).

Pode-se observar que na condição de cultivo de sequeiro, os cenários futuros têm produtividade de grãos menores que a atualidade apresentando valores de 2.000 e 4.405 kg ha^{-1} , respectivamente, analisando ao nível de 5% de probabilidade. Porém, com a utilização de irrigação, tais produtividades são estatisticamente iguais, ao nível de 5% de probabilidade. O que mostra a devida importância que a prática da irrigação deve continuar recebendo, bem como o manejo racional da água.

Outro ponto a ser avaliado é a massa de grãos produzidos para cada mm de água aplicado. Nota-se que o cenário B1, o mais otimista dos cenários estudados, foi aquele que mais aproveitará a água aplicada apresentando $21,7 \text{ kg}$ de grãos por milímetro de água disponível. Feita a análise de comparação de médias

de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, a irrigação terá maior influência para o cenário B1 do que para os outros cenários. Além de haver um aumento de mais de 100% de produtividade de grãos para cada mm de água aplicada via irrigação comparando-se com o cenário atual.

Tabela 2 - Produtividade de grãos de milho por hectare e por mm de água aplicada e lâmina de água aplicada em mm dia⁻¹ na cultura do milho nos diferentes cenários

Cenário	Produtividade de Grãos		Lâmina Aplicada mm dia ⁻¹	Produtividade de Grãos por mm de água aplicado kg mm ⁻¹
	Sequeiro kg ha ⁻¹	Irrigado kg ha ⁻¹		
atual	4405,10 a	6509,94 a	1,2 a	9,7 a
A1B	1776,10 b	6931,10 a	2,3 b	18,7 b
A2	1698,65 b	7296,13 a	2,2 b	20,7 bc
B1	2358,75 b	7901,77 a	2,0 b	21,7 c

*em minúsculos há a indicação do resultado da comparação de médias das colunas feita pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

CONCLUSÕES: Diante dos resultados obtidos pela simulação dos modelos DSSAT/CANEGRO e CERES-MAIZE, tomando-se por base a análise dos testes de comparação de médias de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, pode-se concluir que:

- 1) No caso da cana-de-açúcar, o manejo da irrigação, em cenários futuros, não deverá seguir os moldes do cenário atual. Se adotado o mesmo manejo, haveria desperdício de água, algo que é inconcebível atualmente, visto que busca-se a economia e o manejo racional da água. A produtividade da cana-de-açúcar irá decair, segundo as respostas dos modelos, dessa forma, para que o déficit hídrico fosse suprido, a lâmina necessária seria de em média 0,45 mm dia⁻¹;
- 2) Além da irrigação, sugere-se que outras técnicas, tais como genética e tecnologias para a cana-de-açúcar que auxiliem a tolerância a altas temperaturas, sejam pesquisadas.
- 3) No cultivo do milho, o manejo da irrigação utilizado nos dias atuais não será suficiente para cenários futuros, pois os níveis de produtividade desejáveis não seriam mantidos. Para que estes níveis sejam atingidos, será necessário um incremento de água aplicada, em média de 2,2 mm dia⁻¹.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq). À Fundação de Apoio a Pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia e Irrigação (INCTEI) pelo apoio financeiro prestado.

REFERÊNCIAS:

BERNARDO, S. Manual de Irrigação. 7. ed. Viçosa- MG: Imprensa Universitária, 2005, 611 p.

INMAN-BAMBER, N.G. Agrowth model for sugarcane based on a simple carbon balance and the CERES-Maize water balance. South African Journal of Plant Soil. Mount Edgecombe, v.8, n.2, p. 93-99, Feb. 1991.

JONES, C.A; KINIRY, J.R. Ceres-Maize: A simulation model of maize growth and development. College Station, Texas A & M University Press, 1986.

SINGELS, A.; JONES, M; VAN DER BERG, M. DSSAT V.4.5 DSSAT/CANEGRO: sugarcane plant module, scientific documentation. Mont edgecombe: international consortium for sugarcane modeling. South african sugarcane research insitute, 2008. 34 p.

NASSIF, Daniel Silveira Pinto et al . Parametrização e avaliação do modelo DSSAT/Canegro para variedades brasileiras de cana-de-açúcar. Pesq. agropec. bras., Brasília , v. 47, n. 3, Mar. 2012 .