



EFEITO DE LONGO PRAZO DO MANEJO DE PALHADA, NITROGÊNIO E ÁGUA NA PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR COM BASE EM SIMULAÇÃO

Leandro G. da Costa¹, Helena M. S. Pinto², Daniel S. P. Nassif³, Fabio R. Marin⁴,
Maria Leonor R. C. Lopes-Assad⁵

1 Eng. Agrônomo, Doutorando, Depto. Eng. de Biosistemas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP, (0xx19) 81070344,
costa.leandro@usp.br

2 Eng. Ambiental, Mestranda, Depto. Eng. de Biosistemas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP.

3 Eng. Agrônomo, Doutorando, Depto. Eng. de Biosistemas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP.

4 Eng. Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas,-SP, Professor Doutor, Depto. Eng. de
Biosistemas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP.

5 Agrônoma, Professora Doutora, Depto. de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, CCA/UFSCar, Araras-SP.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 2 a 6 de Setembro de 2013 – no Centro de Eventos Benedito Nunes na Universidade Federal do Pará. Belém – PA.

RESUMO: O Brasil está entre os maiores produtores agrícolas do mundo e, atualmente, é considerado como modelo na produção de energia renovável. A ampliação dos investimentos no setor agropecuário exige planejamento estratégico e, neste contexto, os modelos baseados em processos podem ser utilizados como ferramentas de suporte as tomadas de decisão. O objetivo do trabalho foi modelar o crescimento e a produtividade da cana-de-açúcar em sistemas de colheita mecanizada, avaliando o efeito de dois sistemas de manejo da palhada em combinação com doses de adubação nitrogenada de 60, 120 e 180 kg ha⁻¹, em quatro locais no Estado de São Paulo: Catanduva, Presidente Prudente, São Carlos e São Simão. O modelo foi calibrado com base em dois experimentos localizados em Piracicaba-SP e Salinas-MG, conduzidos com a variedade SP80-1842. As simulações mostraram que a remoção da palha, acarretaria em redução de produtividade no longo prazo, tendo como principal responsável o elevado déficit hídrico, sem resposta significativa ao incremento da adubação nitrogenada.

PALAVRAS CHAVE: Modelo de simulação; APSIM-Sugarcane; palha de cana.

ABSTRACT: Brazil is one of the largest agricultural producers in the world and has gained prominence in the production of renewable energy. Expanding investments in this sector requires strategic planning, and process-based models can be used as tools to support the decision making. The objective of this paper was to simulate sugarcane growth and yield of green and burnt crops, under several nitrogen fertilizer levels 60, 120 and 180 kg ha⁻¹, in four sites at State of São Paulo: Catanduva, Presidente Prudente, São Carlos and São Simão. The model calibration was based on two experiments in Piracicaba-SP and Salinas-MG carried on with cultivar SP80-1842. The evaluation of the model showed that the APSIM-Sugarcane is able to adequately describe the cane production in these environments. Simulations also showed that the removal of trash for using in the mills would ultimately decrease the sugarcane yield along the time. However, in these simulations, water deficit was mainly responsible for the yield reduction and the nitrogen fertilization was not enough to overcome the trash removal.

KEYWORDS: Simulation model, APSIM-Sugarcane, sugarcane trash.





INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético tem crescente demanda por informações específicas da interação solo-planta-atmosfera, relacionadas à produtividade do canavial, preservação do solo, cogeração de energia elétrica e produção de etanol (GOLDEMBERG, 2007). Modelos de simulação de culturas baseados em processos biofísicos podem assumir papel fundamental neste contexto, permitindo otimização dos serviços, diminuição do tempo de realização dos processos e, principalmente, manutenção do embasamento técnico-científico nas tomadas de decisões do setor (NASSIF et al., 2012), tornando-se ferramentas acessíveis para o desenvolvimento de estratégias de gerenciamento e intervenção, com importância fundamental para as tomadas de decisões agrícolas (MARIN et al., 2011).

Neste contexto, o Simulador de Sistemas de Produção Agrícola (APSIM, na sigla em inglês) é um modelo utilizado para simular os processos-chave da interação solo-planta-atmosfera (KEATING et al., 2003). Neste trabalho, utilizou-se o modelo APSIM para simular o impacto de longo prazo do sistema de colheita sobre a produtividade da cana-de-açúcar, e da adubação nitrogenada na produtividade de canaviais do estado de São Paulo.

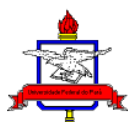
MATERIAL E MÉTODOS

O modelo APSIM foi calibrado para a variedade SP80-1842 utilizando dados de experimentos realizados por Gava et al. (2001) no município de Piracicaba (SP) e por Barbosa (2005) no município de Salinas (MG). Todos os experimentos foram realizados sem restrições nutricionais para fósforo, potássio, macronutrientes secundários e micronutrientes. Portanto, a diferença entre os tratamentos ocorreu apenas na questão da remoção ou não da palhada sob o solo após a colheita e nas doses de nitrogênio (N) aplicadas (COSTA, 2013).

Após a calibração, o modelo foi utilizado para simular os efeitos da remoção e manutenção da palhada de cana-de-açúcar, em combinação com doses de N sobre a produtividade da cana-de-açúcar para os municípios de Catanduva, Presidente Prudente, São Carlos e São Simão, em São Paulo, utilizando dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2012) para série histórica de 1961 a 2010. Os dados da análise química e física dos solos de cada local foram coletados no Banco de Dados de Solos da Embrapa (2012), para os municípios avaliados.

Em cada local foram simulados dois tratamentos quanto ao sistema de colheita (com e sem remoção da palhada) e três tratamentos quanto à adubação nitrogenada (60, 120 e 180 kg.ha⁻¹ de ureia). A produtividade de massa fresca de colmos industrializáveis (TCH) foi simulada para a série histórica de 1961 a 2010, sendo avaliadas as diferenças na produtividade das áreas com e sem remoção da palhada, por meio da determinação da média móvel de cinco safras, totalizando 9 médias móvel para cada município. O mesmo procedimento foi adotado para avaliação de interferência da adubação nitrogenada na produtividade da cana-de-açúcar.

Em seguida, foi realizada a análise estatística dos resultados por meio de comparação de médias utilizando os testes t de Student e Tukey a 5% de probabilidade no qual o delineamento adotado foi o de blocos casualizados com repetições, em um esquema fatorial 2x4x3, sendo representado pela presença ou ausência de palhada, localidades (Catanduva, São Simão, São Carlos e Presidente Prudente) e doses de N, respectivamente. Os dados de produtividade da cana-de-açúcar foram analisados estatisticamente no programa ASSISTAT. Somente os





resultados provenientes do teste t de Student foram estão apresentados neste trabalho porque foram similares aos obtidos com o teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a calibração, nos tratamentos com e sem palha do experimento de Piracicaba, os indicadores estatísticos para a predição da biomassa vegetal em termos de matéria seca revelaram valores de R^2 , E e D-index superiores a 0,91. Em Salinas, a eficiência da modelagem foi estabelecida para massa fresca de colmos ($E=0,73$). Já as simulações indicaram que, para todos os municípios analisados, a cana-de-açúcar responde positivamente à manutenção da palhada no solo (Figura 1). A comparação das produtividades obtidas com e sem presença de palhada (Tabela 1) confirmam que houve diferença significativa entre os tratamentos simulados.

O clima e o solo de cada local influenciaram no padrão de produtividade da cana-de-açúcar (Figura 1), tanto pela ação direta sobre a produtividade da cultura, quanto pela taxa de decomposição de matéria orgânica do solo. A decomposição da palhada está diretamente relacionada à umidade do material, influenciando na ciclagem de nutrientes, disponibilidade e na imobilização do nitrogênio. Deve-se ressaltar que o modelo utilizado não abordou questões como o efeito de pragas e doenças na produtividade da cultura.

Segundo Rossetto et al. (2010), devido à imobilização do nitrogênio, principalmente durante o processo de decomposição, a resposta à adubação nitrogenada deve ser elevada mesmo em presença da palhada. Contudo, por limitações do próprio modelo, considerou-se apenas uma relação CN como base para os cálculos ($CN=50$), correspondente à média dos valores encontrados na literatura. Este fato interferiu significativamente na taxa de mineralização, assim como, na diminuição da resposta à aplicação de N, mesmo após adubação com doses elevadas, 180 kg ha^{-1} (uréia).

Diferente da literatura, que sugere a diferenciação nas doses de N entre cana-planta e cana-soca (VITTI et al., 2008; ROSSETTO et al., 2010), nas simulações essa prática não foi adotada por uma limitação computacional, e também porque os algoritmos responsáveis pela simulação deste componente não são capazes de diferenciar os ciclos produtivos da cultura quanto à absorção de N. Este é um ponto a ser desenvolvido no modelo, em trabalhos futuros. Em todos os locais simulados, a diferença entre a produtividade das áreas com e sem remoção da palhada (Figura 1) e (Tabela 1) deveu-se principalmente ao estresse hídrico (Figura 2). As áreas com remoção total da palhada (Figura 2a e 2c) apresentaram estresse hídrico expressivamente superior àquele simulado para áreas sem remoção da palhada (Figura 2b e 2d). Inman-Bamber & Smith (2005) salientam que nas regiões produtoras de cana-de-açúcar a água é o fator limitante para seu cultivo. Além disso, para o setor sucroenergético, a retirada da palhada pode reduzir a produtividade dos canaviais no longo prazo, além de contribuir para o aumento da erosão do solo, volatilização de N e lixiviação de insumos, com possível impacto nos custos de produção.

Além do aspecto nutricional, os resultados da simulação indicam que os rendimentos mais elevados em áreas com manutenção da palhada no solo estão parcialmente relacionados à diminuição da evapotranspiração do canavial e, conseqüentemente, à diminuição do estresse hídrico da cultura. Segundo Olivier e Singels (2012) a camada de resíduos vegetais reduz a evaporação da água do solo e, por conseguinte, a evapotranspiração dos canaviais,



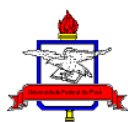


**XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



especialmente durante o período de formação do dossel.

Denmead et al. (1997) concluíram, a partir de medições micrometeorológicas, que a evaporação a partir de um solo coberto com resíduo vegetal seria, no máximo, a metade da esperada para solos sem nenhuma cobertura vegetal. Já Van Antwerpen et al. (2002) observaram redução de 100 a 200 mm por ano no uso de água em canaviais Sul africanos com cultivo em sequeiro e sob uma camada de resíduos. Gosnell e Lonsdale (1978) também relataram redução da irrigação, devido a uma camada de resíduo. Sendo assim, estes fatos corroboram com a afirmação de que o principal responsável pela redução da produtividade foi a questão hídrica, devido principalmente ao acréscimo ou não do estresse hídrico da cultura.



Secretaria do XVIII Congresso Brasileiro e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia – 2013
Rua Augusto Corrêa, 01. Cidade Universitária Prof. José da Silveira Netto
CEP 66075-900 Guamá. Belém - PA - Brasil
<http://www.sbagro.org.br>



Tabela 1: Comparação estatística das áreas com e sem remoção da palhada da cana-de-açúcar, utilizando-se o Teste t a 5%.

Tratamentos	Blocos							
	São Simão		São Carlos		Pres. Prudente		Catanduva	
Sem remoção	90,41	aD	135,18	aA	102,14	aC	117,38	aB
Com remoção	77,87	bB	91,57	bA	75,60	bB	94,19	bA

* Letras minúsculas iguais na coluna indicam que não há diferença estatística entre os blocos e letras maiúsculas iguais na linha determinam a não existência de diferença significativa entre os tratamentos, para o Teste t ao nível de 5% de probabilidade.

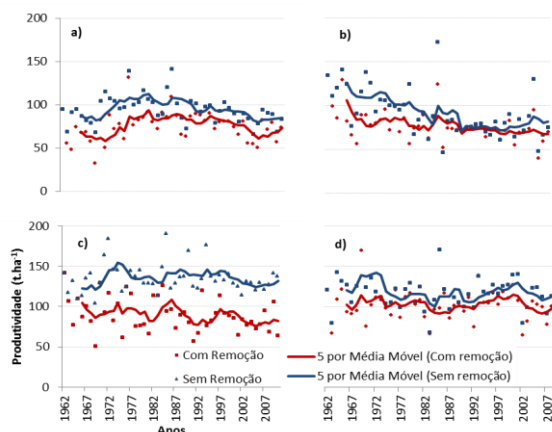


Figura 1: Variação temporal da produtividade de cana com e sem remoção da palhada ao longo de 50 anos em quatro localidades do Estado de São Paulo, a) Catanduva, b) Presidente Prudente, c) São Carlos e d) São Simão.

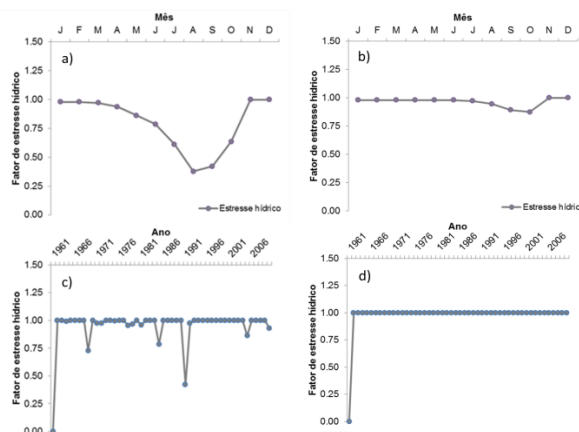


Figura 2: Variação temporal média, mensal e anual, do estresse hídrico da cana-de-açúcar para áreas com e sem remoção da palhada ao longo de 50 anos de cultivo.

CONCLUSÕES

O modelo APSIM foi capaz de simular os efeitos da manutenção ou remoção da palhada do solo, assim como a relação das diferentes doses de adubação nitrogenada para compensar a remoção do resíduo e o estresse hídrico da cultura no longo prazo para o Estado de São Paulo. As simulações indicaram que a remoção total da palhada reduz significativamente a produtividade de colmos, quando comparada à manutenção da palhada no campo, sendo o estresse hídrico o principal responsável por esta diminuição.

A retirada da palhada poderá reduzir a produtividade dos canaviais no longo prazo, além de contribuir para o aumento da erosão do solo, a volatilização de N e a lixiviação de insumos, com possível impacto nos custos de produção e na lucratividade do setor sucroenergético.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à EMBRAPA/CNPTIA pelo auxílio financeiro durante todo o período de parceria e pela oportunidade concedida para realização dos trabalhos. A CAPES pelo auxílio financeiro. E em especial à Universidade de São Paulo e à Universidade Federal de São Carlos, pela



oportunidade de continuar os estudos. Este projeto foi financiado pela Embrapa (Projecto Siscana 02.11.01.025.00.00) e pelo CNPq (Projectos 302872/2012-4 e 480702/2012-8).

REFERÊNCIAS

BARBOSA, E. A. **Avaliação fitotécnica de cana-de-açúcar para o município de Salinas – MG.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual do sudoeste da Bahia, Mestrado em Agronomia, Vitória da Conquista – BA, p.72, 2005.

DEMAMED, O. T.; MAYOCCHI, C. L.; DUNIN, F. X. Does green cane harvesting conserve soil water? **Proc. Conf. Aus. Soc. Agric. Eng.** 39. Pp. 2051-2064.

GAVA, G.J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; PENATTI, C. P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1347-1354, 2001.

GOLDEMBERG, J. Ethanol for a sustainable energy future. **Science**, v. 315, p. 808-810. Washington, 2007.

GOSNELL, J.M.; LONSDALE, J.E. Effects of irrigation level and trash management on sugarcane. **Int. Sug. J.**, 80, 1978, pp. 264–303. INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, p. 185-202, 2005.

KEATING, B.A.; CARBERRY, G.L.; HAMMER, G.L.; PROBERT, M.E.; ROBERTSON, M.J.; HOLZWORTH, D.; HUTH, N.I.; HARGREAVES, J.N.G.; MEINKE, H.; HOCHMAN, Z.; MCLEAN, G.; VERBURG, K.; SNOW, V.; DIMES, J.P.; SILBURN, M.; WANG, E.; BROWN, S.; BRISTOW, K.L.; ASSENG, S.; CHAPMAN, S.; MCCOWN, R.L.; FREEBAIRN, D.M.; SMITH, C.J. An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation. **Europ. J. Agronomy**, v. 18, pp. 267-288, 2003. MARIN, F.R.; JONES, J.W.; ROYCE, F.; SUGUITANI, C.; DONZELI, J.L.; PALLONE FILHO, W.J.; NASSIF, D.S.P. Parameterization and evaluation of predictions of DSSAT/CANEGRO for sugarcane brazilian production systems. **Agronomy Journal**, v.103, pp.100-110, 2011.

NASSIF, D. S. P.; MARIN, F. R.; PALLONE FILHO, W. J.; RESENDE, R. S.; PELLEGRINO, G. Q. Parametrização e avaliação do modelo DSSAT/Canegro para variedades brasileiras de cana-de-açúcar. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.3, p.311-318, mar. 2012.

OLIVIER, FC; SINGELS, A. The effect of crop residue layers on evapotranspiration, growth and yield of irrigated sugarcane. **Water SA**, Pretoria, v. 38, n. 1, Jan. 2012.

ROSSETTO, R.; CANTARELLA, H.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C.; TAVARES, S. Cana-de-açúcar. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Ed.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba, Cap. 5, v. 3, pp. 160-230, 2010.

VAN ANTWERPEN, R.; THORBURN, P.J.; HORAN, H.; MEYER, J.H.;





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



BEZUIDENHOUT, C.N. The impact of trash management on soil carbon and nitrogen. II. Implications for sugarcane production in South Africa. **Proc. S. Afr. Sugar Cane Technol. Assoc.**, 76, 2002, pp. 269–280

VITTI, A. C.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; ROSSETTO, R. Nutrição e Adubação: Nitrogênio. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 882 p.



Secretaria do XVIII Congresso Brasileiro e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia – 2013
Rua Augusto Corrêa, 01. Cidade Universitária Prof. José da Silveira Netto
CEP 66075-900 Guamá. Belém - PA - Brasil
<http://www.sbagro.org.br>

