

MODELO DE BALANÇO DE NITROGÊNIO NO SISTEMA SOLO - CANA-DE-AÇÚCAR

A. F. BERGAMASCO¹, L. H. A. RODRIGUES², F. C. SILVA³, P. C. O. TRIVELIN⁴

Escrito para apresentação no
XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2002
Salvador-BA, 29 de julho a 02 de agosto de 2002

RESUMO: O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). A queima do canavial visando facilitar a colheita está sendo proibida no estado de São Paulo. As maiores limitações à produtividade da cana estão relacionados à disponibilidade de nutrientes minerais nos solos, com destaque ao nitrogênio (N), mas, sem a queima prévia da cana, a cobertura pela palhada irá provocar mudanças no manejo da cultura e na dinâmica do N. O uso da modelagem matemática reduz a necessidade de experimentos e facilita a sistematização de conhecimentos. O modelo CANEGRO, do software DSSAT, é usado para simular o crescimento e o rendimento da cana-de-açúcar, mas é recente na literatura internacional e não possui um módulo que execute o balanço de N. Assim, este estudo objetivou a construção de um modelo teórico preliminar, descrevendo toda a dinâmica do N no sistema solo – cana-de-açúcar, através da adaptação do modelo CERES N. O modelo foi construído no software de simulação STELLA e foram inseridas as equações matemáticas dentro de cada compartimento do modelo. O modelo teórico preliminar obtido representa a dinâmica do N em todo o sistema e simula seu balanço de acordo com o teor de N fornecido através de fertilizantes.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação, Sistema de Suporte à Decisão, DSSAT

MODEL FOR NITROGEN BALANCE IN THE SOIL – SUGARCANE SYSTEM

SUMMARY: Brazil is the largest world-producer of sugarcane (*Saccharum spp*). The burning of straw in a sugarcane crop field, makes the harvesting operation easier, and is being forbidden in the São Paulo State. Main limitation to the productivity of the sugarcane concerns to the availability of mineral nutrients in the soil, namely nitrogen (N); however with no previous burning of sugarcane, straw there will be changes in the handling of the culture and in the dynamics of N. The use of mathematical modeling reduces the need of field experiments and facilitates the knowledge systematization. CANEGRO model is used to simulate the growth and the income of the sugarcane and is built in the DSSAT. However, that model is recent in the international literature, and it does not contain a module to execute the swinging N balance. This study aims construction of a theoretical model describing all the N dynamics in the soil – sugarcane system, considering the waste in each layer, by adapting the CERES N model. The model was built in the STELLA simulation software and mathematical equations input in each model compartment. The preliminary theoretical model represents the N dynamic in all system and simulate the your balance in accordance to the N-level supplied by fertilizers.

KEYWORDS: Simulation, Decision Support System, DSSAT

INTRODUÇÃO: O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, atingindo uma área total cultivada de 4,2 milhões de hectares (MATIOLI et al., 1998). A queima da palha do canavial visando facilitar a colheita ainda é muito praticada no Brasil, mas, de acordo com o decreto estadual de São Paulo No. 42056, de 06/10/1997, a queima da cana foi proibida, o que, além de eliminar a poluição do ar, permite a conservação da umidade, temperatura e um acúmulo de matéria orgânica no solo

¹ Zootecnista, Estudante de Mestrado na Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp (FEAGRI), estagiária na Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, 13083-970, Campinas/SP. Fone: (019) 3789.5786. E-mail: afb@cnptia.embrapa.br

² Eng. Agrícola, Professor Doutor da FEAGRI/Unicamp. E-mail: lique@agr.unicamp.br

³ Eng. Agrônomo, Pesquisador III da Embrapa Informática Agropecuária. E-mail: fcésar@cnptia.embrapa.br

⁴ Eng. Agrônomo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/ESALQ/USP). E-mail: pcotrive@cena.usp.br

(URQUIAGA et al, 1991).

As maiores limitações do meio à produtividade da cana no Brasil, se relacionam à disponibilidade de quantidades adequadas de nutrientes nos solos, com destaque ao nitrogênio (TRIVELIN, 2000). Pouco conhecimento tem-se a respeito de práticas de manejo que deverão ser adotadas sem a queima da cana. A técnica de simulação de sistema, reduz a necessidade de experimentos e facilita a sistematização do conhecimento. O modelo CANEGRO é o que mais vem sendo usado nos trabalhos publicados na literatura internacional em cana-de-açúcar (CRASWELL & GODWIN, 1984; INMAN-BAMBER, 1991; GODWIN & SINGH, 1998), entretanto, esse modelo é recente e não possui um módulo que execute o balanço de nitrogênio (N) para essa cultura.

O objetivo deste estudo é, através da modelagem matemática, agregar o conhecimento existente para ajudar a responder questões na otimização do manejo do N, gerando discussões e mostrando resultados a partir de simulações. Os modelos de dinâmica de N podem servir como um sistema de orientação na recomendação de N-fertilizante em diferentes condições através da criação de cenários e orientação no manejo adequado de canaviais, visando obter a máxima produtividade da cultura, e melhor alocação de recursos varietais e de insumos (BARBER & CUSHMAN, 1981).

MATERIAL E MÉTODOS: O primeiro passo para a modelagem matemática foi o estudo e identificação dos processos que o N sofre no solo, e posteriormente foi realizado um estudo do CERES (modelo de crescimento de gramíneas) completo para organização das subrotinas e construção de um fluxograma que descreve todo o funcionamento desse modelo dentro do software DSSAT. Essas subrotinas foram identificadas através do código fonte do DSSAT em linguagem FORTRAN (TSUJI et al., 1994).

Depois foram retiradas, desse código fonte, as equações que faziam parte da rotina de Balanço de Nitrogênio (CERES N). Foi, então, realizado um estudo detalhado de cada equação do Modelo CERES N, para identificação das variáveis e dos parâmetros que necessitavam ser alterados para adaptá-lo a cana-de-açúcar e aqueles que deveriam ser modificados de acordo com as condições edafoclimáticas em várias regiões brasileiras.

Foi construído um fluxograma para descrever a dinâmica do N no sistema solo – cana-de-açúcar, através da adaptação do Modelo CERES N, foram ajustados novos parâmetros específicos à cultura da cana-de-açúcar, e foi retirada a parte do modelo de enchimento de grãos e incluído o transporte de N para o caldo da cana-de-açúcar.

Por fim, foi construído um modelo teórico preliminar, contendo as equações do modelo de Balanço de Nitrogênio em cada compartimento do modelo, e reconstruído no software de simulação STELLA, em três partes, para a realização de simulações e posterior validação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Estudando-se o modelo CERES N, conclui-se que este modelo possui subrotinas para o cálculo de cada transformação sofrida pelo N quando esse é incorporado ao sistema, cujos processos estão detalhados em BERGAMASCO et al., 2002. O cálculo da mineralização é determinado pelo movimento da fração húmica no solo e decaimento da matéria orgânica. Para cálculo da imobilização é utilizado a aproximação descrita por SELIGMAN & VAN KEULEN (1981). Para estudo da nitrificação é feito o cálculo do fator de concentração da amônia no solo, capacidade de nitrificação e o potencial de nitrificação. Outra subrotina do modelo CERES N é para o cálculo da desnitrificação, que usa o procedimento de modificação de ROLSTON et al (1980) para estimativa da solubilidade de carbono da matéria orgânica do solo.

Nesse modelo somente o nitrato e a uréia são capazes de moverem-se através das camadas, sendo que o movimento de nitrato no solo possui alta dependência com o movimento de água. A rotina de balanço de água calcula o volume movendo-se através de cada camada do perfil, e a água escoada de cada camada é usada para calcular a perda de nitrato (lixiviação). Existem, ainda, subrotinas para cálculo de volatilização da amônia e difusão de nitrato, amônia e uréia.

Os cálculos de absorção de N no tecido vegetal da planta, baseiam-se nas concentrações críticas de N, menor concentração na qual o crescimento é máximo, e nas concentrações mínimas, abaixo da qual o crescimento cessa. Se a concentração de N no tecido cai abaixo da concentração crítica, o processo de crescimento é afetado, mas se a concentração de N se eleva acima desta, não há um crescimento

adicional. Nos modelos de culturas do DSSAT, a absorção de N pela planta é simulado pelo exame do fornecimento potencial de N para a cultura, do solo, e a demanda da planta por N.

O modelo foi construído em três partes no software de simulação STELLA, onde dentro de cada compartimento foi inserida a equação matemática correspondente para posterior simulação. A 1ª parte do modelo (Figura 1) simula a mineralização (passagem do N orgânico para N inorgânico) e a nitrificação (oxidação de amônia para nitrato) do N orgânico, obtendo-se assim, a quantidade de N disponível para a cana-de-açúcar (inorgânico). Para isso, essa parte do modelo exige como entrada a quantidade de N que está sendo aplicada como fertilizante, e o teor de N contido na palhada remanescente no solo. Essa parte do modelo calcula também a humificação, ou seja, a quantidade de N da matéria orgânica que é convertida na forma de humus (não disponível para a planta). A partir da 2ª parte do modelo (Figura 2), é possível a simulação da demanda total de N pela planta, no tempo, e assim, a comparação entre o N disponível e o requerido para o bom crescimento da cana em cada fase de seu ciclo para determinação da melhor época e dose de fertilizante a ser aplicado. A partir da 3ª parte (Figura 3), simula-se o N restante após aplicação de fertilizante nitrogenado, considerando-se o fornecimento de N, e as perdas através dos processos de volatilização, denitrificação e lixiviação.

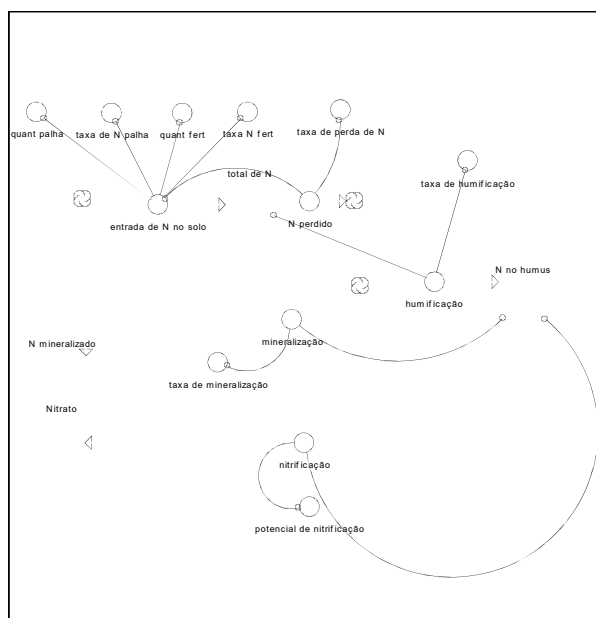


Figura 1 - Parte um do modelo: Nitrogênio disponível para a cana-de-açúcar

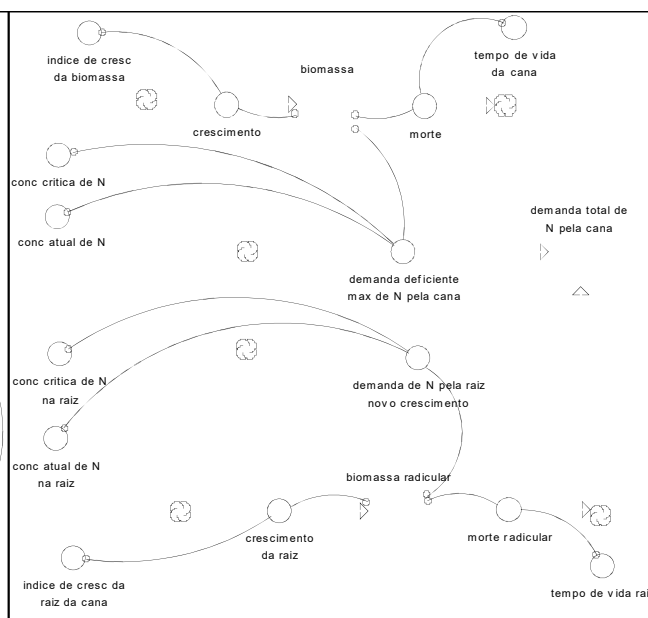


Figura 2 - Parte dois do modelo: Demanda de nitrogênio pela cana-de-açúcar

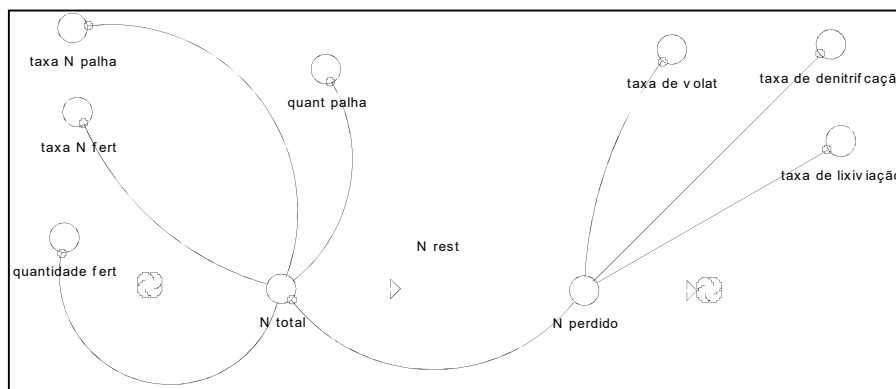


Figura 3 - Parte três do modelo: Nitrogênio restante

Com o uso das três partes desse modelo é possível a criação de cenários testando-se diferentes doses e fontes de fertilizantes, diferentes variedades de cana e de condições climáticas, durante todo o ciclo da cana-de-açúcar, e usar os resultados como base na tomada de decisões.

Esse modelo ainda é preliminar pois não passou pelos processos de calibração e validação, os quais permitirão seu uso confiável como auxílio na tomada de decisões.

CONCLUSÕES:

- 1) O presente trabalho possibilitará que o modelo, após validado, auxilie produtores e técnicos quanto ao manejo de fertilizantes nitrogenados, buscando maior ganho em produtividade, minimizando custos, e principalmente, diminuição de impactos ambientais causados pela fertilização acima do necessário e pelo manejo incorreto da cultura.
- 2) Esse modelo preliminar buscou simplificar o modelo original, adaptá-lo a cana-de-açúcar e as condições brasileiras, e após validado, espera-se que este seja de fácil acesso, entendimento, e uso de produtores, técnicos e pesquisadores da área.
- 3) Após validado, esse modelo poderá ser inserido como uma subrotina no modelo CANEGRO, dentro do software DSSAT, através do código fonte em linguagem Fortran, sendo que esse modelo, mundialmente conhecido e utilizado, não possui essa subrotina.

AGRADECIMENTO: Ao CNPq pela Bolsa de Mestrado de Alessandra F. Bergamasco

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BARBER, S. A.; CUSHMAN, J. H. Nitrogen uptake model for agronomic crops. In: Modeling Waste Water renovation-Land Treatment. Ed. I K Iskandr, p.382-409, New York, 1981.
- BERGAMASCO, A. F.; SILVA, F. C.; RODRIGUES, L. H. A.; TRIVELIN, P. C. O. Modelo de Balanço de Nitrogênio para cana-de-açúcar: análise teórica e ajustes. Relatório Técnico 13, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas/SP. 19p. 2002.
- CRASWELL E. T.; GODWIN, D. C. In Tinker P. B., Lauchli A. (eds): The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals grown in different climates. Advances in Plant Nutrition, Praeger Scientific, New York, USA. 1984.
- GODWIN, D. C.; SINGH, U. Nitrogen balance and crop response to nitrogen in upland and lowland cropping systems. G. Y. TSUJI et al (eds): Understanding Options for Agricultural Production, 55-77. 1998 Kluwer Academic Publishers, Printed in Great Britain
- INMAN-BAMBER, N. G. A growth model for sugar-cane based on a simple carbon balance and the CERES-Maize water balance. South African J Plant and Soil 8:93-99. 1991.
- MATIOLI, C.S.; FRIZZONE, J.A.; PERES, F.C. Irrigação suplementar da cana-de-açúcar: modelo de análise de decisão para a região norte do Estado de São Paulo. In: STAB , Piracicaba, v. 17, n.2, p. 42-45, 1998.
- ROLSTON, D. E.; SHARPLEY, A. N.; TOY, D. W.; HOFFMAN, D. L. BROADBENT, F. E. Denitrification as affected by irrigation frequency of a field soil. EPA-600/2-80-06 U.S. Environmental Protection Agency, ADA, Oklahoma, USA. 1980.
- SELIGMAN, N. C.; VAN KEULEN, H. P. A simulation model of annual pasture production limited by rainfall and nitrogen. Pages 192-221 in FRISSEL, M. J.; VAN VEEN, J. A. (eds): Simulation of nitrogen behavior of soil plant system, PUDOC, Wageningen, the Netherlands, 1981.
- TRIVELIN, P. C. O. Utilização do Nitrogênio pela cana-de-açúcar: três casos estudados com uso do traçador ¹⁵N. Piracicaba, 2000. 143p. Tese (Livro-Docente em Isótopos Estáveis) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; OLIVEIRA, O. C.; LIMA, E.; GUIMARÃES, D. V. Importância não queimar palha da cana-de-açúcar. CT-EMBRAPA-CNPS, n.5, 1991.
- TSUJI, G. Y.; UEHARA, G.; BALAS, S. DSSAT version 3. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, 163p, 1994.