

Capacidade Preditiva do Modelo CSM-Ceres-Maize para Simular a Utilização de Cama de Frango na Cultura do Milho

Tales A. Amaral⁽¹⁾, Camilo L. T. Andrade⁽¹⁾, Denise de F. Silva⁽¹⁾, Marco Aurélio Nosse⁽¹⁾, Cirleidy Brandão de Santana⁽¹⁾ e Bruno França Moura⁽¹⁾

¹Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424 Km 45, Cx. Postal 151, CEP 35701-970 – Sete Lagoas MG. E-mail: tales@cnpms.embrapa.br, camilo@cnpms.embrapa.br, denise@cnpms.embrapa.br, noce@cnpms.embrapa.br, cirleidy_santana@yahoo.com.br, brunof_moura@yahoo.com.br

Resumo

A cultura do milho é de grande importância para o país pela sua versatilidade de uso, além do aspecto social, pois está presente em 55% dos estabelecimentos de agricultura familiar. Todavia, esta é uma cultura que demanda grandes quantidades de nitrogênio para produzir, embora este elemento contribua fortemente nos custos de produção. Estudar fontes alternativas de fertilizantes nitrogenados é, portanto, estratégico para o país. Objetivou-se com este trabalho parametrizar o modelo CSM-Ceres-Maize e avaliar a capacidade do mesmo para simular a produtividade do milho, utilizando como fonte de adubação nitrogenada, fertilizantes convencionais e cama de frango. Um ensaio foi instalado na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo para se obterem dados para calibração dos coeficientes para o híbrido de milho BRS 1030. Em um ensaio independente, no qual se testaram fertilização convencional e cama de frango como fontes nitrogenadas, coletaram-se dados com finalidade de avaliar a capacidade preditiva do modelo. Em ambos os ensaios monitoraram-se parâmetros fenológicos da cultura e avaliaram-se a produção e os componentes da produção de grãos. O modelo se mostrou acurado o suficiente para simular a produtividade da cultura do milho, incluindo o uso de cama de frango como fonte alternativa de fertilizante nitrogenado.

Palavras-chave: dejetos de aves, DSSAT, adubação nitrogenada

Abstract

Maize crop is of great importance to Brazil due to its versatility in the animal production, in addition to the social aspect, because it is present in 55% of family-farming establishments. However, maize demands large amounts of nitrogen to produce, although this element contributes heavily on production costs. Studying alternative sources of nitrogen fertilizers is, therefore, strategic for the country. The work aimed at to parameterizing the CSM-Ceres-Maize model and to evaluating its ability to simulate maize yield, using conventional fertilizers and poultry litter as nitrogen source. A trial was carried out at Embrapa Maize and Sorghum experimental station to collect data for BRS 1030 maize cultivar coefficients calibration. In an independent trial, in which different combinations of conventional fertilizer and poultry litter as a nitrogen source were evaluated, data were collected to evaluate the model predictive capability. In both trials, crop phenology parameters have been monitored and, yield and yield components were evaluated. The model seems to be accurate enough to simulate maize yield, including the use of poultry litter as an alternative nitrogen fertilizer source.

Keywords: poultry manure, DSSAT, nitrogen fertilization



Introdução

Pela versatilidade de uso, pelos desdobramentos na produção animal e pelo aspecto social, o milho é um dos mais importantes produtos do setor agrícola no Brasil (CRUZ et al., 2006). No âmbito da questão agrária brasileira nos últimos anos, a agricultura familiar tem sido destaque na agenda política, passando a ser alvo de uma série de políticas de incentivo e incremento para o fortalecimento do segmento que a compõe. Esses pequenos estabelecimentos produzem uma diversidade de produtos, em especial alimentos que são a base da alimentação do povo brasileiro. Entre estes produtos está o milho, o qual 49% da produção no Brasil provém de pequenas propriedades, sendo cultivado em cerca de 55% dos estabelecimentos familiares. A agricultura familiar responde ainda por 40% das aves e ovos produzidos no Brasil (INCRA, 2000). A criação de frango de corte produz, em média, quatro toneladas de cama por ano para cada 1.000 aves, sendo que o conteúdo médio de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio no dejetos é de 30; 24; 36,5; 23; e 7,3 kg t⁻¹ respectivamente (KONZEN, 2003).

O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade e o que mais influencia a produtividade do milho (AMADO et al., 2002), mas também o que mais onera o custo de produção (SILVA et al., 2001). O constante aumento dos custos dos fertilizantes químicos vem induzindo os produtores a diminuir a adubação convencional e aproveitarem todos os recursos disponíveis na propriedade para viabilizar a produção agrícola. Um produto que pode ser utilizado como fonte de nutrientes é a cama de frango que, não podendo mais ser empregada na alimentação animal, teve sua oferta aumentada.

A resposta das culturas, em termos de produção de fitomassa e produtividade de grãos, depende de vários fatores que interagem entre si, entre os quais o tipo e a dose de adubação empregados. A modelagem pode ser uma ferramenta útil para entender essas interações, pois permite o isolamento do efeito de cada fator na produção das culturas e a simulação de diferentes cenários de manejo. Os modelos de crescimento de culturas, entre os quais o DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) (HOOGEMBOOM et al., 2009), possibilitam a análise de cenários diversos, envolvendo o manejo da fertilização nitrogenada, a dinâmica de água e de nutrientes e a rentabilidade das explorações.

Poucos trabalhos tem sido desenvolvidos para avaliar a capacidade preditiva do modelo CSM-Ceres-Maize (HOOGEMBOOM et al., 2009) em simular a produtividade do milho, utilizando fontes alternativas de adubação. Bowen et al. (1993) adaptaram o modelo CERES-Maize para simular o uso de adubação verde em milho. Um modelo, acoplado ao CERES-Maize, foi desenvolvido por Hoffmann e Ritchie (1993) para simular os processos envolvidos no uso de dejetos na lavoura de milho. Shayya et al. (1993) desenvolveram um sistema denominado “Animal Waste Management Programme” (AWMP) para avaliar o impacto econômico e ambiental da aplicação de dejetos animal em áreas agrícolas.

Objetivou-se com este trabalho parametrizar o modelo CSM-Ceres-Maize (HOOGEMBOOM et al., 2009) para o híbrido simples de milho BRS 1030 e avaliar a capacidade preditiva do mesmo para simular o uso de fertilização convencional e alternativa com cama de frango.

Material e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos distintos, um para calibração e outro para a avaliação do modelo, ambos instalados em diferentes pontos da área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG e em diferentes datas de semeadura. O solo representativo dos locais dos ensaios é classificado como Latossolo Vermelho, distrófico,



textura muito argilosa (ALBUQUERQUE et al., 2005). O manejo da irrigação foi realizado empregando-se uma planilha eletrônica (ALBUQUERQUE & ANDRADE, 2001), que calcula o balanço de água no solo e determina o momento e a lâmina líquida de irrigação a ser aplicada. Nos dois ensaios, monitoraram-se a emergência, o embonecamento e a maturidade fisiológica da cultura. Coletaram-se, ao longo do ciclo, cinco plantas em seqüência em uma fileira representativa da lavoura, para as quais se mediu a área de influência sobre o solo e determinaram-se o número de folhas com bainha aparecendo, a fitomassa seca da parte aérea e o peso seco de grãos. Na colheita, avaliaram-se a produtividade de grãos, a fitomassa seca da parte aérea, o número de plantas m^{-2} , espigas m^{-2} , espigas planta $^{-1}$, grãos planta $^{-1}$, peso unitário de grão e índice de colheita. No ensaio para calibração do modelo, as amostragens foram repetidas três vezes e no experimento para avaliação, não foi possível amostrar com repetição ao longo do ciclo devido ao tamanho reduzido das parcelas. Apenas na colheita amostrou-se com quatro repetições para cada tratamento.

No ensaio para a calibração do modelo, semeou-se o híbrido no dia 21 de fevereiro de 2009, em sulcos espaçados de 0,8 m, deixando uma população na colheita de 66,37 mil plantas ha^{-1} . A adubação de plantio consistiu de 400 kg ha^{-1} da fórmula 8-28-16 (N, P_2O_5 , K_2O) mais Zn, aplicada no sulco da semente e 300 kg ha^{-1} da fórmula 20-02-20 (N, P_2O_5 , K_2O), em cobertura, aos 17 dias após a sementeira (DAS) e 112,5 kg ha^{-1} de N, como uréia, aos 26 DAS.

Aproveitou-se um experimento de manejo de cama de frango, para a obtenção de dados para avaliação do modelo. O ensaio foi semeado no dia 12 de março de 2009, em sulcos espaçados de 0,8 m. Coletaram-se dados de três tratamentos: T1 – Adubação convencional, que consistiu de 400 kg ha^{-1} da fórmula 8-28-16 (N, P_2O_5 , K_2O), aplicados no sulco da sementeira e 250 kg ha^{-1} de uréia, aplicados em cobertura aos 27 DAS; T2 – 6,5 t ha^{-1} de cama de frango, aplicada a lanço no dia do plantio e T3 – 6,5 t ha^{-1} de cama de frango, aplicada na linha, no mesmo dia do plantio. A população de plantas na colheita foi de 59,63; 58,45 e 62,20 mil plantas ha^{-1} , respectivamente, nos tratamentos T1, T2 e T3.

Os dados do ensaio de calibração foram utilizados para ajustar os coeficientes genéticos da cultivar BRS 1030 (TSUJI et al., 1998). Os dados do experimento de cama de frango foram empregados para avaliar a capacidade do modelo de simular o desenvolvimento e a produtividade da cultura, adubada com fontes convencionais e alternativas de fertilizantes nitrogenados. Alimentou-se o modelo com todos os dados de manejo fitotécnico da cultura, bem como informações de solo e de clima, para cada época de condução dos ensaios. Os valores de algumas variáveis simuladas pelo modelo foram comparados com dados medidos nos ensaios de campo. Para avaliar a capacidade preditiva do modelo, empregou-se a estatística d-Stat ou índice de concordância, conforme descrevem WALLACH et al (2006). Quanto mais próximo da unidade for o valor de d-Stat, melhor é o ajuste dos dados simulados em relação aos dados observados.

Resultados e Discussão

A produtividade média de 8.098 kg ha^{-1} , expressa em matéria seca de grãos (9.460 kg ha^{-1} com 13% de umidade), obtida para a cultivar BRS 1030 no ensaio de calibração está dentro da faixa esperada para plantios em Sete Lagoas, MG.

Após a calibração, o modelo simulou muito bem a produção de grãos, fitomassa aérea e número de folhas, ao longo do ciclo da cultura, indicando que seus algoritmos internos, que descrevem os processos de crescimento, desenvolvimento e produção da planta, estão funcionando corretamente (Figuras 1, 2 e 3).



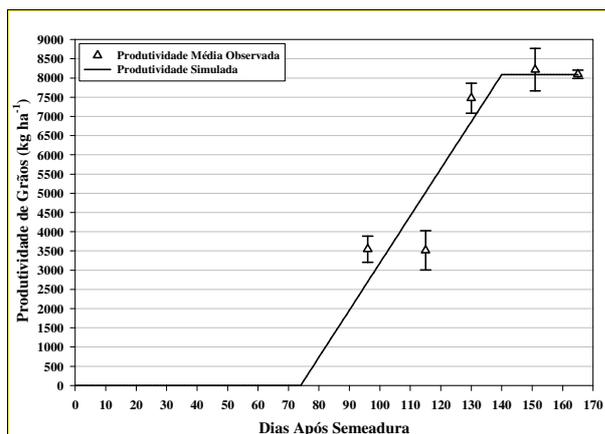


Figura 1. Produtividade de grãos, expressa em matéria seca, simulada e observada. Sete Lagoas, MG.

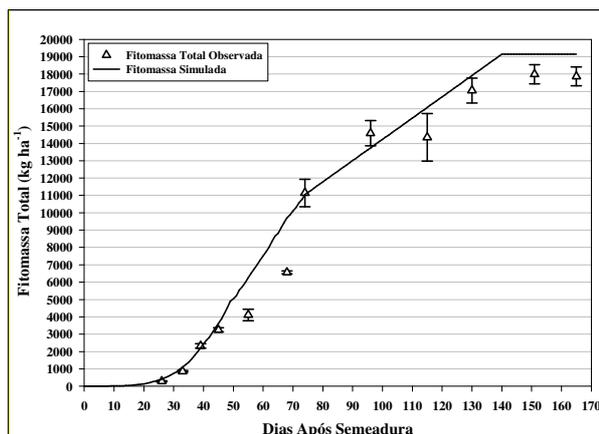


Figura 2. Fitomassa seca da parte aérea, simulada e observada. Sete Lagoas, MG.

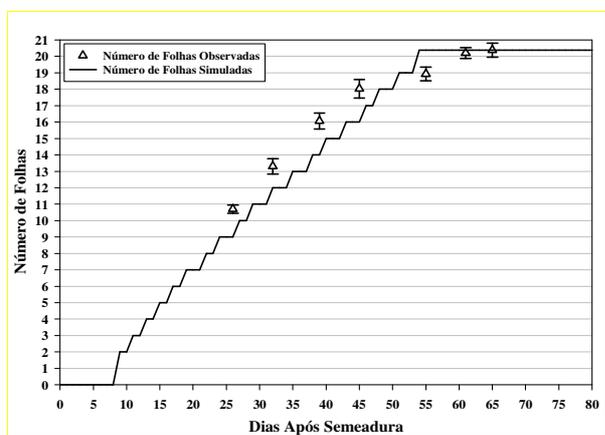


Figura 3. Número de folhas simulado e observado. Sete Lagoas, MG.

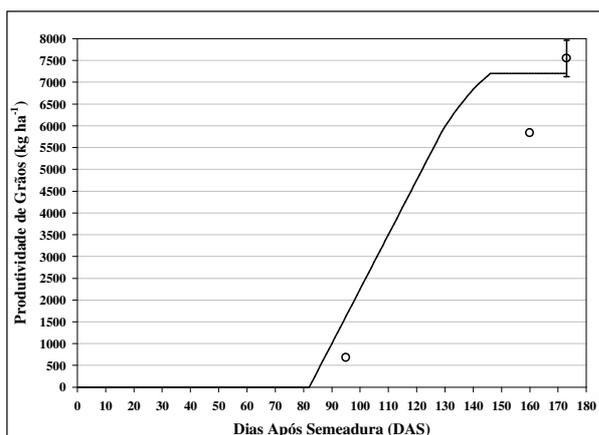


Figura 4. Produtividade de grãos, expressa em matéria seca, simulada e observada para o tratamento T1. Sete Lagoas, MG.

Valores da estatística d-Stat (WALLACH et al., 2006), empregados para avaliar a qualidade da simulação, foram de 0,96; 0,99 e 0,96, para produtividade de grãos, fitomassa aérea e número de folhas, respectivamente, indicando alta concordância entre dados simulados e observados. A variabilidade nos dados observados, expressa pelas barras verticais do erro padrão da média, foi pequena, considerando que foram coletadas plantas em locais diferentes a cada amostragem, estando o ensaio sujeito à típica variabilidade espacial que ocorre em condições pouco controladas de campo.

A produtividade de grãos, expressa em matéria seca (0% de umidade), foi de 7.549, 7.080 e 7.086 kg ha⁻¹ (8.627, 7.966, 8.124 kg ha⁻¹ com 13% de umidade), respectivamente, para os tratamentos T1, T2 e T3, valores estes próximos aos 8.360, 8.630 e 8.450 kg ha⁻¹, com 13% de umidade, reportados por KONZEN (2003), para doses de 3,6; 5,0 e 7,5 toneladas de cama de frango por hectare, respectivamente.

Quando se utilizaram os coeficientes gerados com a calibração do modelo para a cultivar BRS 1030, juntamente com dados de solo, clima e de manejo do ensaio de cama de frango, observou-se que o modelo

simulou muito bem tanto a fenologia da cultura, como a data do embonecamento e da maturidade fisiológica (Tabela 1), quanto a produtividade de grãos, para os três tratamentos



testados (Figura 4, 5 e 6). Valores da estatística d-Stat (WALLACH et al., 2006), foram de 0,97; 0,98 e 0,97, para a produtividade de grãos nos tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente, indicando excelente concordância entre dados simulados e observados.

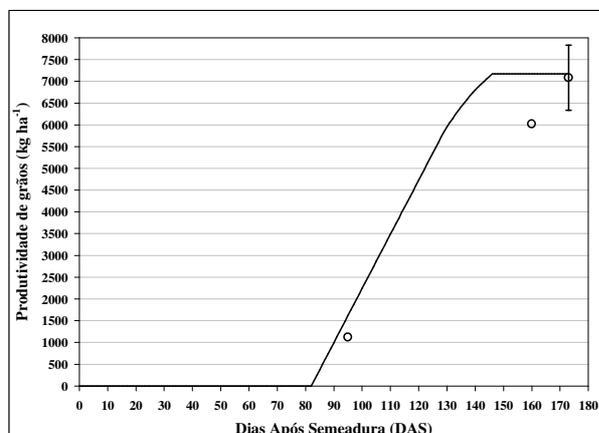


Figura 5. Produtividade de grãos, expressa em matéria seca, simulada e observada para o tratamento T2. Sete Lagoas, MG

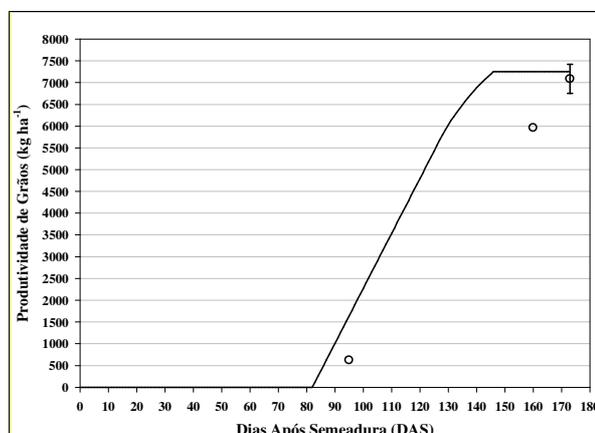


Figura 6. Produtividade de grãos, expressa em matéria seca, simulada e observada para o tratamento T3. Sete Lagoas, MG.

Tabela 1. Número de dias para atingir o embonecamento e a maturidade fisiológica, simulado e observado, para os diferentes tratamentos.

Tratamentos*	Data do embonecamento Simulada	Data do embonecamento Observada	Data da Maturidade Fisiológica Simulada	Data da Maturidade Fisiológica Observada
	Dias Após Semeadura (DAS)			
Parametrização	63	63	145	145
Avaliação T1	69	72	151	152
Avaliação T2	69	69	151	151
Avaliação T3	69	70	151	152

*Parametrização – Ensaio para calibração do modelo, T1 – Adubação Convencional, T2 – 6,5 t ha⁻¹ de cama de frango aplicada a lanço e T3 – 6,5 t ha⁻¹ de cama de frango aplicada na linha.

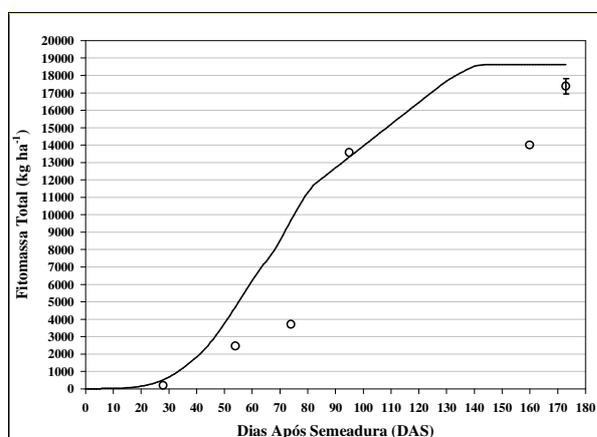


Figura 7. Fitomassa aérea, simulada e observada para o tratamento T1. Sete Lagoas, MG.

O modelo simulou bem a fitomassa aérea para o tratamento com adubação convencional (T1), com valor d-Stat de 0,94, mas tendeu a superestimar a fitomassa nos tratamentos onde se utilizou cama de frango como fonte alternativa de adubação nitrogenada (T2 e T3), embora com boa concordância entre valores simulados e observados (d-Stat de 0,92 e 0,90, respectivamente) (Figuras 7, 8 e 9). É possível que tal diferença entre valores simulados e observados, sobretudo no ponto de colheita, seja devido a erros de amostragem de campo, quando podem



ocorrer perdas consideráveis de material, especialmente folhas senescentes.

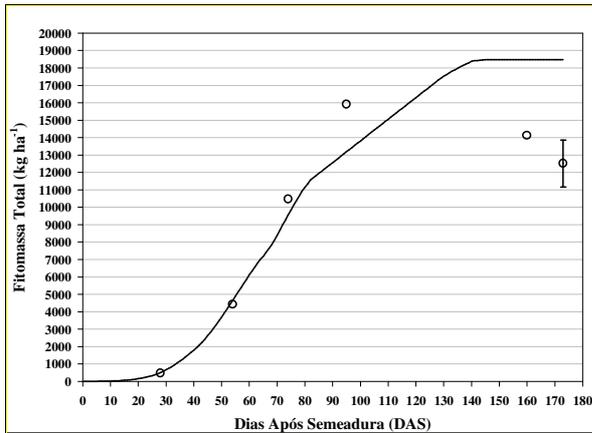


Figura 8. Fitomassa aérea simulada e observada para o tratamento T2. Sete Lagoas, MG.

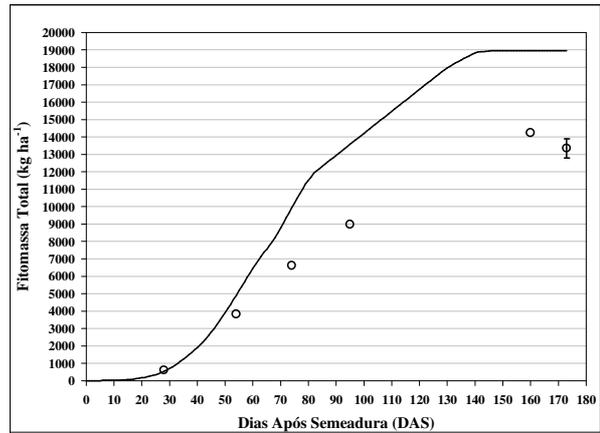


Figura 9. Fitomassa aérea simulada e observada para o tratamento T3. Sete Lagoas, MG.

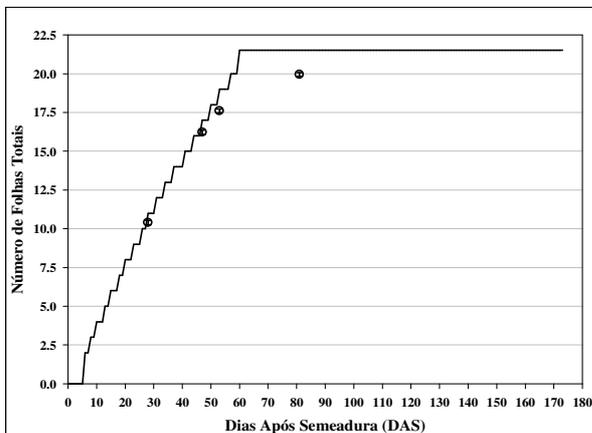


Figura 10. Número de folhas totais da cultivar BRS 1030 simulado e observado para T1. Sete Lagoas, MG

O modelo simulou muito bem a emissão de folhas ao longo do ciclo da cultura, com um número total médio de folhas de 21,5, para os tres tratamentos. Os valores de d-Stat foram 0,98; 0,99 e 0,99, para os tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente, indicando excelente acurácia na simulação do número de folhas emitidas ao longo do ciclo da cultura (Figuras 10, 11 e 12).

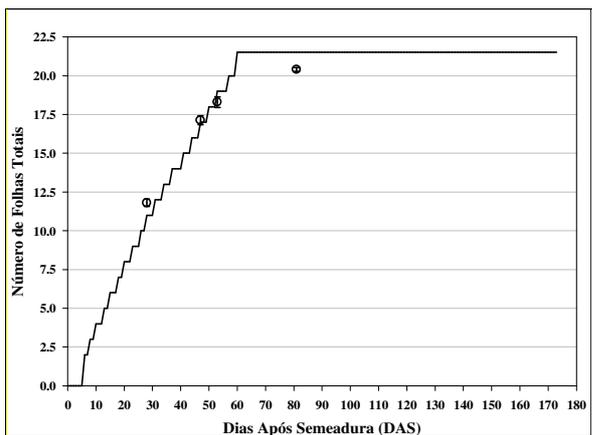


Figura 11. Número de folhas totais da cultivar BRS 1030 simulado e observado para T2. Sete Lagoas, MG.

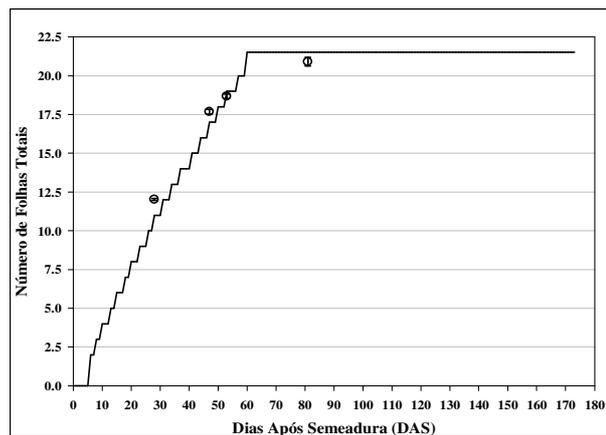


Figura 12. Número de folhas totais da cultivar BRS 1030 simulado e observado para T3. Sete Lagoas, MG.



Conclusões

O modelo CSM-Ceres-Maize simulou bem a produção de grãos de milho empregando fontes convencionais e alternativas de adubação nitrogenada, podendo ser empregado para simular outros cenários de manejo.

Agradecimentos

Ao CNPq e Embrapa pelo suporte financeiro dado ao projeto e aos funcionários de campo da Embrapa Milho e Sorgo (Ademilson, Vilmar “Barão” e Cleber), pelo apoio na coleta de dados.

Literatura Citada

ALBUQUERQUE, P.E.P.; DURÃES, F.O.M.; GOMIDE, R.L.; ANDRADE, C.L.T. **Estabelecimento de sítios-específicos experimentais visando imposição e monitoramento de estresse hídrico para fenotipagem de cereais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2005. 10p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 61).

ALBUQUERQUE, P.E.P.; ANDRADE, C.L.T. **Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2001. 14p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 10).

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. & AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 26:241-248, 2002.

BOWEN, W. T.; JONES, J. W.; CARSKY, R. J.; QUINTANA, J. O. Evaluation of the nitrogen submodel of CERES-Maize following legume green manure incorporation. Agronomy Journal, Madison, v. 85, n. 1, p. 153-159, 1993.

CRUZ, J.C.; KONZEN, E.A.; PEREIRA FILHO, I.A.; MARRIEL, I.E.; CRUZ, I.; DUARTE, J.O.; OLIVEIRA, M.F.; ALVARENGA, R.C. **Produção de milho orgânico na agricultura familiar**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2006. 17p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 81).

HOFFMANN, F.; RITCHIE, J. T. Model for slurry and manure in CERES and similar models. Journal of Agronomy and Crop Science, v. 170, n. 5, p. 330-340, 1993.

HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; WILKENS, P. W.; PORTE, C.H.; HUNT, L. A.; BOOTE, K. J.; SINGH, U.; URYSEV, O.; LIZASO, J. I.; WHITE, J. W.; OGOSHI, R.; GIJSMAN, A.J.; BATCHELOR, W. D.; TSUJI, G. Y. **Decision Support System for Agrotechnology Transfer**. Version 4.5. Honolulu: University of Hawaii, 2009. CD-ROM.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – INCRA. Novo retrato da agricultura familiar – o Brasil redescoberto. Projeto de Cooperação Técnica Brasília: INCRA/FAO, Fev, 2000. Disponível no Site: <<http://www.incra.gov.br/fao/>>. Acesso em: 18 set. 2008.

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. V Seminário Técnico da Cultura de Milho – Videira, SC – agosto/2003.



SHAYYA, W. H.; BERNUTH, R. D.; RITCHIE, J. T.; PERSON, H. L. A simulation model for land application of animal manure. St. Joseph: Modelagem do Crescimento de Culturas: Aplicações à Cultura do Milho 62 American Society of Agricultural Engineers, 1993. 26 p. Paper n. 93-2012.

SILVA, E.C.; SILVA, S.C.; BUZETTI, S.; TARSITANO, M.A.A. & LAZARINI, E. Análise econômica do estudo de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto em solo de cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 5., Goiânia, 2001. Anais. Goiânia, ABAR, 2001. CD-ROM.

TSUJI, G. Y.; HOOGENBOOM, G.; THORTHON, P. K. Understanding options for agricultural production, Kluwer Acad. Pub., 1998.

WALLACH, D.; MAKOWSKI, D. JONES, J. W. Working with dynamic crop models: evaluation, analysis, parameterization and applications. Amsterdam: Elsevier, 2006. 449 p.

Apoio: FAPEMIG

