



ISSN 0104-866X
Dezembro, 2001

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Avanços Tecnológicos no Feijão Caupi

V Reunião Nacional de Pesquisa de Caupi
4 a 7 de dezembro de 2001

Anais

Organizadores:

Francisco Rodrigues Freire Filho
Embrapa Meio-Norte

Valdenir Queiroz Ribeiro
Embrapa Meio-Norte

Aderson Soares de Andrade Júnior
Embrapa Meio-Norte

Edson Alves Bastos
Embrapa Meio-Norte

Embrapa Meio-Norte
Teresina, PI
2001

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio-Norte
Av. Duque de Caxias, 5650
Telefone: (86) 225-1141
Fax: (86) 225-1142. E-mail: publ@cpann.embrapa.br.
Caixa Postal 01
CEP 64006-220 Teresina, PI

Tratamento editorial: Lígia Maria Rolim Bandeira
Normalização bibliográfica: Jovita Maria Gomes Oliveira
Capa: Célio Marcos Martins de Oliveira

Tiragem: 600 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação aos direitos autorais (Lei nº 9.610)

CIP - Cotalogação na publicação
Embrapa Meio-Norte

Reunião Nacional de Pesquisa de Caupi, (5.: 2001. Teresina). Anais da 5ª
Reunião Nacional de Caupi [Organização de] Francisco Rodrigues
Freire Filho... [et al.]. Teresina, PI. Embrapa Meio-Norte, 2001.
343 p.; 28 cm - (Embrapa Meio-Norte. Documentos,
ISSN 0104-866X; 56)

1. Caupi, Tecnologia. 2. Feijão de corda - Tecnologia.
I. Freire Filho, Francisco Rodrigues. II Título. III Título: Avanço
Tecnológicos no Feijão Caupi. IV Série.

CDD. 635.6592063-21. ed

©Embrapa 2001

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO CAUPI VIA MODELO DE SIMULAÇÃO¹

E. A. BASTOS², R.T. FARIA³, A.S. de ANDRADE JÚNIOR⁴, M. J. CARDOSO⁴ e B.H.N. RODRIGUES²

Resumo - O objetivo do presente trabalho foi calibrar o modelo CROPGRO, do sistema DSSAT, para simular o crescimento e produtividade de grãos do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) nas condições de solo e clima das microrregiões de Teresina e do Baixo Parnaíba, Estado do Piauí. As informações necessárias para alimentar o modelo foram obtidas na literatura e em pesquisas executadas na Embrapa Meio-Norte, nos municípios de Teresina e Parnaíba, no ano de 1997. Os experimentos utilizados para calibração consistiram em quatro lâminas de irrigação, aplicadas por um sistema de aspersão em linha. Nesses experimentos, foram avaliados a matéria seca (MS), o índice de área foliar (IAF), os componentes de produção e a produtividade de grãos da cultivar BR 17 Gurguéia. Os resultados evidenciaram ajustes satisfatórios do modelo na estimativa da MS e do IAF para os dois municípios. Em Teresina, os valores de r^2 foram 0,85 e 0,87 para a MS e IAF, respectivamente. Em Parnaíba, o ajuste foi mais preciso ainda, com valores de r^2 de 0,99 e 0,98 para a MS e IAF, respectivamente. A diferença entre os valores observados e simulados dos eventos fenológicos variou de 0 a 2 dias. O modelo também apresentou um bom desempenho nas simulações dos componentes de produção. Em Teresina, os erros de estimativa foram de 8,7% para a relação grão/vagem (G/V); 13,2% para o peso de 100 grãos (P100) e 8,6% para o número de vagens por planta (NVP). Em Parnaíba, estes erros foram de 1,8% (G/V), 3,4% (P100) e 22,2% (NVP). Em relação à produtividade de grãos nos dois locais, o modelo apresentou um erro de 0,9% para Parnaíba e 27,5% para Teresina. Concluiu-se que o modelo adaptado simula satisfatoriamente o crescimento e produtividade de grãos do feijão caupi para as condições de solo e clima do Baixo Parnaíba, porém necessita de pequenos ajustes para a microrregião de Teresina.

Palavras-chave: Modelo de cultura, CROPGRO, *Vigna unguiculata*

GROWTH AND GRAIN PRODUCTION OF COWPEA CROP BY SIMULATION MODEL

Abstract - The aim of this work was to calibrate the CROPGRO model, which is part of the DSSAT system, for simulating the growth and grain yield of the cowpea crop in the soil and climate conditions of Teresina and Baixo Parnaíba regions, Brazil. These information were obtained from literature search and from some experiments carried out at Embrapa Meio-Norte in Teresina and Parnaíba, Piauí, in 1997. Experiments with four irrigation depth were used to calibrate this model. In these experiments, dry matter (DM), leaf area index (LAI), yield components and grain yield of cowpea (cv. BR 17 Gurguéia) were evaluated. The results showed good fit for DM and LAI estimates for the sites. In Teresina, the r^2 values were 0,85 and 0,87 for DM and LAI, respectively. In Parnaíba, the fit was more precise with r^2 of 0,99 and 0,98 for DM and LAI, respectively. The difference between observed and simulated values of plant phenology varied from 0 to 2 days. The model also presented good performance for yield components simulation. In Teresina, the errors were 8.7% for grain pod relation (G/P); 13.2% for 100 grain weight (P100) and 8.6% for number of pod per plant (NPP). In Parnaíba, these errors were 1.8% (G/P), 3.4% (P100) and 22.2% (NPP). The grain yield simulations presented errors ranging from 0.9% (Parnaíba) to 27.5% (Teresina). The results showed that the adapted model simulates the growth and grain yield with reasonable accuracy for the soil and climate conditions of Baixo Parnaíba region. However, for Teresina region, there is a need for adjustments.

Keywords: Crop model, CROPGRO, *Vigna unguiculata*.

Introdução

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa de elevado valor nutricional presente nas regiões tropicais e subtropicais e amplamente distribuída no mundo (Ehlers & Hall, 1997). No Brasil, o feijão caupi é cultivado, predominantemente, para produção de grãos nas regiões Norte e Nordeste. Constitui a principal cultura de subsistência no sertão semi-árido nordestino, porém com produtividade média de grãos em torno de 300 kg.ha⁻¹ (Cardoso et al., 1995), o que está muito aquém do potencial produtivo da cultura.

¹Parte da tese de doutorado do primeiro autor

²Embrapa Meio-Norte/UEP de Parnaíba, Caixa Postal 341, CEP 64.202-020 Teresina, PI. E-mail: edson@cpann.embrapa.br

³IAPAR - Cx. Postal 481, CEP: 86001-970, Londrina-PR

⁴Embrapa Meio-Norte, Caixa Postal 01, CEP 64.006-220, Teresina, PI.

A recomendação de novas técnicas, visando o aumento de produtividade, demanda muito tempo e recursos. Uma alternativa que vem sendo muito utilizado para suprir essa limitação é o uso de modelos de simulação, que estimam a produtividade da cultura sob diversas condições ambientais. A grande vantagem desses modelos é a obtenção de resultados de forma rápida e com baixo custo, além de poder auxiliar eficientemente o agricultor em um planejamento e manejo agrícola que proporcionem melhores rendas líquidas.

Como no Brasil não existem modelos de simulação para a cultura do feijão caupi e dada sua importância para o país, o presente estudo propõe adaptar o modelo CROPGRO, do sistema DSSAT, para simular o crescimento e desenvolvimento do feijão caupi nas condições edafoclimáticas das microrregiões de Teresina e Baixo Parnaíba, Piauí. Com isso pretende-se obter uma ferramenta importante para auxiliar na tomada de decisões sobre técnicas de manejo para a referida cultura.

Material e Métodos

O modelo CROPGRO, descrito por Tsuji et al. (1994) e Boote et al. (1998a, 1998b), foi adaptado para simular o crescimento e desenvolvimento do feijão caupi, criando-se dessa forma, o CROPGRO-cowpea. Foram modificados no modelo original, alguns parâmetros que definem os arquivos de espécie (.SPE), de cultivar (.CUL) e de ecótipo (.ECO) (Bastos, 1999), visando caracterizar a cultura do feijão caupi. Essas informações foram obtidas a partir da literatura e de resultados de pesquisas conduzidas na Embrapa Meio-Norte, nos municípios de Teresina (5° 5'S; 42° 48' W e 74,4 m) e Parnaíba (3° 5' S; 41° 47' W e 46,8 m), durante o ano de 1997.

Os arquivos relacionados com a planta de feijão caupi foram criados modificando-se os arquivos originais do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), que é uma das leguminosas do CROPGRO. As informações referentes aos tratamentos culturais, data de semeadura, densidade de plantas e profundidade de plantio, aplicadas nos experimentos, foram armazenadas em arquivos do tipo X e estão descritas em Bastos (1999).

Os experimentos foram instalados nos solos NEOSSOLO FLÚVICO), em Teresina e NEOSSOLO QUARTZARENICO), em Parnaíba, utilizando a cultivar BR 17 Gurguéia. Os tratamentos utilizados para calibração do CROPGRO-cowpea consistiram na aplicação de quatro diferentes lâminas de irrigação: 403, 428, 331 e 200 mm para Teresina, e 455, 330, 274 e 190 mm para Parnaíba. Essa lâminas foram aplicadas, utilizando-se um sistema de irrigação por aspersão convencional, dispostos no campo segundo o sistema de "aspersão em linha".

Durante a condução dos experimentos foi realizada análise de crescimento das plantas, determinando-se semanalmente a área foliar e matéria seca em cada tratamento. Também foram colhidos dados de componentes de produção e produtividade de grãos. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em parcelas subdivididas com cinco repetições. As parcelas possuíam área de 76,8m² (6,0m x 12,8m) e as subparcelas (em número de quatro por parcela) tinham dimensões de 6,0m x 3,2m.

O modelo CROPGRO-cowpea foi calibrado com base nos tratamentos L1 (403 mm), em Teresina, e L2 (330 mm), em Parnaíba, os quais proporcionaram maiores produtividades de grãos. Este procedimento foi adotado uma vez que, durante a fase de calibração, deve-se executar simulações considerando-se condições ótimas de solo e clima, sem ocorrência de estresse hídrico ou nutricional.

Para aferir o desempenho do modelo utilizou-se o método gráfico. Plotou-se os valores observados e simulados do IAF e MS acumulada versus tempo, utilizando-se o coeficiente de determinação (r^2) e o erro absoluto médio (EAM), como critério estatístico. Para os dados de componentes de produção e produtividade de grãos do feijão caupi calculou-se o percentual da diferença entre os valores observados e simulados.

Resultados e Discussão

Os valores observados e simulados da fenologia da cultivar de feijão caupi BR 17 Gurguéia, nas condições de solo e clima dos dois municípios, encontram-se na Tabela 1. Verificou-se que as simulações foram satisfatórias, apresentando uma diferença máxima entre os valores observados e simulados de apenas 1 dia, em Teresina, e dois dias em Parnaíba.

De um modo geral, observa-se que o modelo apresentou boas estimativas da matéria seca, a julgar pelos elevados coeficientes de determinação (r^2), que variaram de 0,85, em Teresina, a 0,99, em Parnaíba (Figura 1). É importante destacar que durante a fase vegetativa, constatou-se que os valores estimados de matéria seca foram quase exatos para os dois locais estudados. No entanto, durante o período reprodutivo, as diferenças entre os valores observados e simulados foram maiores, em função do surgimento das flores, vagens e sementes, o que torna o sistema mais complexo e mais difícil de ser representado. Isso ocasionou uma elevação do EAM, principalmente nas simulações para Teresina, com um erro de 563,2 kg.ha⁻¹. Fato semelhante foi observado por Lima (1995) e Barros

(1998), que constatarem que os modelos simularam precisamente as variações de matéria seca durante o crescimento vegetativo da cultura do milho, porém não encontraram bons ajustes durante o período reprodutivo.

Outro aspecto a ser destacado é que a produção de MS, tanto observada como simulada foi maior no município de Teresina, sendo um indicativo do bom desempenho do modelo. Isto se deve à maior fertilidade do solo de Teresina (NEOSSOLO FLÚVICO) comparado ao solo de Parnaíba (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO). Stamford et al. (1990) também constatarem que, no solo NEOSSOLO FLÚVICO, a cultura do feijão caupi apresentou maior quantidade de matéria seca em relação ao cultivo em solo ARGISSOLO Amarelo, mais arenoso e menos fértil.

Os valores do IAF observados e simulados da cv. BR 17 Gurguéia, nos dois municípios, estão apresentados na Figura 2. O modelo apresentou melhores estimativas do IAF em Parnaíba, com valores de r^2 de 0,98 e EAM de 0,18. Em Teresina, observa-se que o modelo simulou precisamente o IAF durante o período vegetativo, porém, houve uma leve superestimativa dessa variável durante a fase reprodutiva, reduzindo o r^2 para 0,87 e aumentando o EAM para 0,35. Os elevados IAFs (observados e simulados) indicam um crescimento vegetativo intenso devido, principalmente, ao fato de não ter ocorrido déficit hídrico em nenhuma fase do desenvolvimento da cultura.

Tabela 1. Valores dos eventos fenológicos da cv. BR 17 Gurguéia, observados e simulados pelo modelo CROPGRO-cowpea em Teresina e Parnaíba, Piauí, no ano de 1997.

Eventos (dias)	Teresina			Parnaíba		
	Simulado	Observado	Diferença	Simulado	Observado	Diferença
1ª flor	44	44	0	43	44	-1
1ª vagem	47	47	0	46	47	-1
1ª semente	52	51	1	50	51	-1
Maturidade fisiológica	70	69	1	68	70	-2

Os valores observados e simulados dos componentes de produção da cultura do feijão caupi encontram-se na Tabela 2. Percebe-se que a relação grão/vagem foi a variável que apresentou melhores ajustes, com erros de estimativa de 1,8 % em Parnaíba e 8,7% em Teresina. O peso de 100 grãos (P100) foi estimado satisfatoriamente pelo modelo CROPGRO-cowpea, com subestimativas variando de 3,4 a 13,2% em Parnaíba e Teresina, respectivamente. Segundo Shouse et al (1981), o P100 reflete a relação entre suprimento e demanda. Quando o P100 é reduzido, há um indicativo de que a produção foi limitada na fonte. Os autores observaram que essa redução é provocada pelo estresse hídrico sobre a fotossíntese, que prejudica a translocação dos fotoassimilados para os grãos. No presente trabalho, como não houve restrição hídrica nas simulações, acredita-se que a subestimativa em relação ao P100, em Teresina, foi devida ao estresse térmico, uma vez que, para o modelo, a taxa de crescimento reprodutivo, bem como a translocação de fotoassimilados, são bastante pequenas à temperaturas elevadas.

Em relação ao NVP (Tabela 2), pode-se verificar que o modelo apresentou um bom ajuste para o município de Teresina, com erros de estimativa de apenas 8,6%. Em Parnaíba, porém, houve uma subestimativa de 22,2%. Esse erro relativamente alto está associado ao fato de que, os dados experimentais de Parnaíba indicaram uma produção de vagens por planta 38,9% superior em relação aos dados obtidos em Teresina. Como a densidade de plantas nos dois experimentos foi a mesma e o solo de Parnaíba é menos fértil, não se justifica um NVP tão elevado nesse município, o que indica a possibilidade de algum erro experimental.

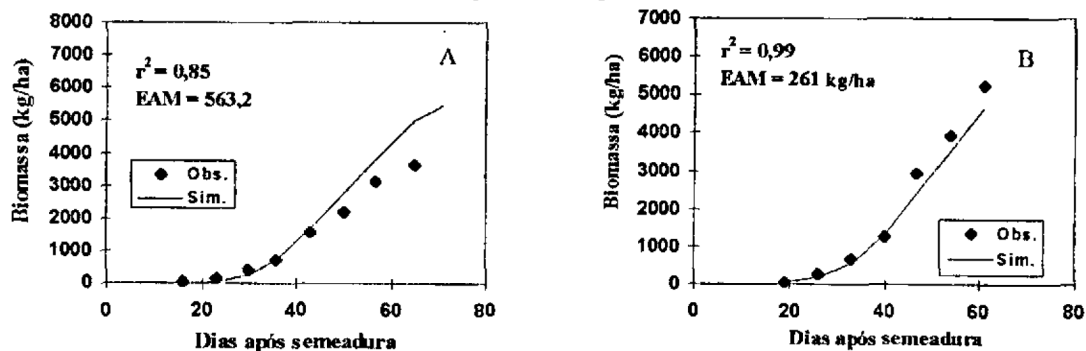


Figura 1. Valores de biomassa observados e simulados pelo CROPGRO-cowpea da cv. BR 17 Gurguéia, nos municípios de Teresina (a) e Parnaíba (b), Piauí, durante o ano de 1997.

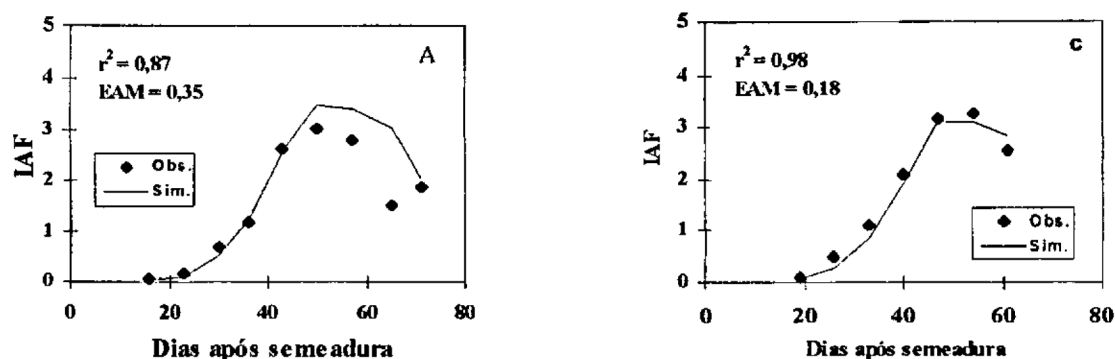


Figura 2. Valores de índice de área foliar (IAF) observados e simulados pelo CROPGRO-cowpea da cv. BR 17 Gurguéia, nos municípios de Teresina (A) e Parnaíba (B), Piauí, durante o ano de 1997.

Em relação ao número de grãos por vagem (NGV), observa-se que o modelo apresentou um ajuste satisfatório para Parnaíba, com um erro de estimativa de 11,4%. Em Teresina, não foi possível aferir o ajuste dessa variável em função da perda do dado experimental. Entretanto, Bastos (1999) utilizou o modelo CROPGRO-cowpea com a cultivar BR 14 Mulato e fez simulações para dois anos de cultivos, 1997 e 1998. Os erros de estimativa encontrados foram de 0,6% e 1,3% para os municípios de Teresina e Parnaíba, respectivamente. Isto indica a eficiência do modelo na estimativa do NGV.

Os valores das produtividades de grãos (PG) referentes aos dois locais encontram-se na Tabela 4. Em Parnaíba, foram obtidos os melhores ajustes, com subestimativas de apenas 0,9%. Em relação aos experimentos de Teresina, percebe-se que o modelo superestimou a PG em 27,5%. Nesse ano, a máxima temperatura do ar atingiu 34 °C durante o florescimento que, para o modelo, não é um valor capaz de comprometer a PG. Assim, a PG simulada foi de 1.642 kg.ha⁻¹, a qual é perfeitamente aceitável para as condições de Teresina. Cardoso et al. (1995;1997), trabalhando no mesmo solo e em condições climáticas semelhantes, obtiveram produtividades de grãos acima de 2.000 kg.ha⁻¹. No entanto, a PG experimental deste ano foi em torno de 1.300 kg.ha⁻¹, proporcionando, dessa forma, uma superestimativa dessa variável de 27,5%. Estas diferenças são relativamente altas, mas comuns em modelagem, principalmente quando se procura calibrar o modelo com experimentos de diferentes localidades. Timsina et al. (1993) compararam os resultados simulados da PG de caupi com dados experimentais de diversos autores. Sob condições de irrigação, foram observadas subestimativas de 20,0 a 25,0% e superestimativas de 37,5%.

Tabela 2. Valores dos componentes de produção observados e simulados pelo CROPGRO-cowpea, cv. BR 17 Gurguéia, nos municípios de Teresina e Parnaíba, Piauí, durante o ano de 1997.

Componentes de Produção ¹	Município	Valores		Diferença (%)
		Simulado	Observado	
G/V (%)	Teresina	76,1	70,0	8,7
G/V (%)	Parnaíba	76,6	78,0	-1,8
P100G (g)	Teresina	9,2	10,6	-13,2
P100G (g)	Parnaíba	11,3	11,7	-3,4
NVP	Teresina	20,8	19,0	8,6
NVP	Parnaíba	21,6	26,4	-22,2
NGV	Teresina	14,7	*	-
NGV	Parnaíba	14,7	13,2	11,4

¹ G/V = Relação grão/vagem; P100G = Peso de 100 grãos; NVP = número de vagens por planta e NGV = número de grãos por vagem

* Dado experimental eliminado.

Tabela 3. Valores da produtividade de grãos observados e simulados pelo CROPGRO-cowpea, cv. BR 17 Gurgúia, nos municípios de Teresina e Parnaíba, Piauí, durante o ano de 1997.

Município	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		
	Simulado	Observado	Diferença (%)
Teresina	1.661	1.303	27,5
Parnaíba	2.224	2.245	-0,9

Conclusão

O modelo adaptado, CROPGRO-cowpea, simula satisfatoriamente o crescimento e produtividade de grãos do feijão caupi para as condições de solo e clima do Baixo Parnaíba, porém necessita de ajustes para a microrregião de Teresina.

Referências

- BARROS, A.H.C. Análise do crescimento, do desenvolvimento e da produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.): experimentos e modelos. Viçosa: UFV, 1998. 85p. Dissertação de Mestrado.
- BASTOS, E.A. Adaptação do modelo CROPGRO para simulação do crescimento e desenvolvimento do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) sob diferentes condições hídricas, no Estado do Piauí. Piracicaba: ESALQ/USP, 1999. 91 P. Tese de doutorado.
- BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G. Simulation of crop growth: CROPGRO model. In: PEART, R.M.; CURRY, R.B. (Ed.) *Agricultural systems modeling and simulation*. New York: Marcel Dekker, 1998a. p.651-691.
- BOOTE, K.J.; JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G.; PICKERING, N.B. The CROPGRO model for grain legumes. In: TSUJI, G.Y.; HOOGEBOOM, G.; THORNTON, P.K. (Ed.) *Understanding options for agricultural production*. Dordrecht: Kluwer, 1998b. p.99-128.
- CARDOSO, M.J.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; MELO, F.B.; FROTA, A.B. Avaliação agroeconômica da produção de sementes de caupi sob irrigação. Teresina: Embrapa-CPAMN, 1995. 6p. (Embrapa-CPAMN. Comunicado Técnico, 62).
- CARDOSO, M.J.; MELO, F.B.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. Densidade de plantas de caupi em regime irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, n.4, p.399-405, 1997.
- EHLERS, J.D.; HALL, A.E.. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Field Crop Research*, v.53, p.187-204, 1997.
- LIMA, M. G. Calibração e validação do modelo CERES-maize em condições tropicais do Brasil. Piracicaba: ESALQ/USP, 1995. 119p. Tese de Doutorado.
- SHOUSE, P.; DASBERG, S.; JURY, W.A. STOLZY, L.H. Water deficit effects on water potential, yield and water use of cowpeas. *Agronomy Journal*, v.73, p.333-336, 1981.
- STAMFORD, N.P.; SANTOS, D.R.; SILVA, V.M.; SANTOS, C.E.R.S; MONTEIRO, M.C. Fixação do N₂ e matéria seca do caupi em dois solos do semi-árido brasileiro submetidos à deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, p.283-290, 1990.
- TIMSINA, J.; GARRITY, D.P.; PENNING DE VRIES, F.W.T.; PANDEY, R.K. Yield stability of cowpea cultivars in rice-based cropping systems: experimentation and simulation. *Agricultural Systems*, v.42, p.359-381, 1993.
- TSUJI, G.Y.; UEHARA, G.; BALAS, S. (Ed.) *DSSAT v3*. Honolulu: University of Hawaii, 1994. 3v.