



Acta Scientiarum. Agronomy

ISSN: 1679-9275

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá
Brasil

Dallacort, Rivanildo; Lourenço de Freitas, Paulo Sérgio; Andrade Gonçalves, Antonio Carlos; Teixeira de Faria, Rogério; Rezende, Roberto; Bertonha, Altair

Níveis de probabilidade de rendimento de quatro cultivares de soja em cinco datas de semeadura

Acta Scientiarum. Agronomy, vol. 30, núm. 2, 2008, pp. 261-266

Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026578016>

- Como citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Níveis de probabilidade de rendimento de quatro cultivares de soja em cinco datas de semeadura

Rivanildo Dallacort^{1*}, Paulo Sérgio Lourenço de Freitas², Antonio Carlos Andrade Gonçalves², Rogério Teixeira de Faria³, Roberto Rezende² e Altair Bertonha²

¹Departamento de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Tangará da Serra, 358, km 7, Cx. Postal 287, 78300-000, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. ²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. ³Instituto Agrônomo do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: rdallacort@gmail.com

RESUMO. O presente estudo foi realizado para a localidade de Palotina, Estado do Paraná, (latitude de 24°17'S, longitude de 53°50'30" e altitude de 333 metros), onde se utilizou o modelo de simulação de crescimento e desenvolvimento da cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill), CROPGRO-soybean, o qual foi calibrado para as cultivares de soja CD 202, CD 204, CD 206 e CD 210, cultivados na região de Palotina, Estado do Paraná. Após a calibração, realizou-se a simulação da produtividade da soja para cinco datas de semeadura e em 25 safras, compreendidas entre o período de 1974 a 1999. Com as produtividades simuladas determinaram-se diferentes níveis de probabilidade de ocorrência destas produtividades, para as cinco datas de semeadura simuladas. Em 1º de outubro, observaram-se maiores produtividades, porém, nesta data também foram encontradas as menores produtividades; em 15 de outubro e 1º de novembro considerou-se a melhor data de semeadura da cultura da soja; estas apresentaram médias das quatro cultivares nas 25 simulações de 2.450 kg ha⁻¹, e 2.303 kg ha⁻¹, respectivamente. Em nível de 50% de probabilidade de rendimentos é uma ótima ferramenta para o agricultor, no auxílio à tomada de decisão quanto à época de semeadura da cultura da soja na região. Somente a semeadura realizada em 1º de dezembro apresentou produtividade inferior a 2.000 kg ha⁻¹ neste nível.

Palavras-chave: simulação, CROPGRO-soybean, soja.

ABSTRACT. Yield probability levels for four soybean cultivars in five sowing dates. This study was carried out in the region of Palotina, state of Paraná (latitude 24°17'S, longitude 53°50'30", altitude 333 m), using the growth and development simulation model for soybean crop (*Glycine Max* (L.) Merrill), CROPGRO-Soybean, which was calibrated to the soybean cultivars CD 202, CD 204, CD 206 and CD 210, grown in the region of Palotina, state of Paraná. After calibration, the simulation of soybean yield was carried out for five different sowing dates and in 25 harvest periods, from 1974 to 1999. From the analysis carried out in the simulations, varying probability levels were determined for the actual occurrence of these productivities, for each of the simulated sowing times. From the five simulated sowing dates, October 1st presented the highest yields, but also the lowest. October 15th and November 1st were considered the best dates for soybean sowing, presenting an average for the four cultivars in the 25 simulations of 2,450 kg ha⁻¹ and 2,303 kg ha⁻¹, respectively. The yield probability analysis proved to be a great tool in decision-making as for the time of sowing of soybean. Well into the 50% level of yield probability is a good number for the farmer, in assisting in the decision of when to sow soybean in the region. Only the sowing time of December 1st presented productivity inferior to 2,000 kg ha⁻¹ with probability levels of 50%.

Key words: simulation, CROPGRO-soybean, soybean.

Introdução

A simulação do crescimento de culturas, combinando cenários com as diversas variáveis climáticas, com as características hídricas, físicas e químicas do solo e características genéticas da cultivar permitem inferir, após a análise das

simulações, quais as características da cultura e as melhores datas de semeadura com maiores probabilidades de obter menores riscos.

Dessa forma, é possível avaliar as estratégias mais adequadas em cada condição específica, podendo modificar a estratégia de irrigação para prever as

alterações nos componentes de produção e de outras variáveis, como a evapotranspiração e as necessidades de água da cultura. Além disso, é possível combinar os resultados do modelo com os fatores econômicos, para a análise de riscos associados a cada estratégia (Jones e Ritchie, 1990). Os modelos são dinâmicos e funcionais, pois descrevem mudanças diárias nas variáveis da cultura, considerando os principais processos morfofisiológicos que nela ocorrem. Whisler *et al.* (1986) e Jones e Ritchie (1990) descreveram uma série de modelos de simulação das culturas que podem ser usados em estudos diversos, entre eles, a irrigação.

Alguns modelos de simulação utilizam coeficientes genéticos como dados de entrada, e estes permitem que os modelos simulem o desempenho de cultivares em diferentes solos, clima e ambientes. Hunt *et al.* (1993) desenvolveram o *software* GENCALC (calculador de coeficientes genéticos) para facilitar os cálculos dos coeficientes genéticos utilizados em modelos, os quais são estimados a partir de dados de experimentos de campo. Os valores simulados pelo modelo são comparados com os dados do experimento, e os coeficientes são ajustados até que os dados simulados concordem com os dados do experimento.

Freitas *et al.* (2005) realizaram um experimento com a cultura do milho, cujos tratamentos constaram de cinco lâminas de irrigação: 25, 50, 75, 100 e 150% da lâmina adequada a ser reposta ao solo. Simulou-se para as condições do experimento, utilizando o modelo CERES-Maize. O modelo penalizou severamente a produtividade da cultura para os tratamentos em que ocorreu déficit hídrico acentuado. Para os tratamentos em que houve aplicação de lâmina d'água superior à lâmina d'água adequada, o modelo apresentou valores levemente superiores aos experimentais: produtividade, índice de área foliar e matéria seca total.

Meirelles *et al.* (2003) estudaram o risco climático em conduzir a cultura do feijoeiro sem irrigação, no Estado de Goiás. Para avaliação dos riscos, foram simuladas as produtividades da cultura do feijoeiro, utilizando o modelo CROPGRO-Drybean, com intervalo de dez dias, totalizando 36 datas de semeadura. Nas simulações realizadas, utilizando a técnica da irrigação, as maiores frequências de produtividades foram entre 3.000 a 3.500 kg ha⁻¹. Porém, para condições sem irrigação, foram simulados para o período de 1978 a 1998. A produtividade máxima obtida para condições de sequeiro, para o período de 1978 a 1998, foi de 1.590 kg ha⁻¹, com desvio-padrão de 536 kg ha⁻¹. Em face ao exposto, observa-se que o modelo penaliza a

produção da cultura excessivamente, pois, em 20 safras e 36 datas de semeadura, não se obteve a produtividade máxima.

Bastos *et al.* (2001) simularam o crescimento e desenvolvimento do feijão caupi irrigado, utilizando o modelo Cropgro. Os autores relatam que o principal problema encontrado é sua deficiência para simular para as condições de sequeiro, e afirmam, também, que o modelo simulou satisfatoriamente para condições estudadas, desde que não haja déficit.

No Brasil, Faria *et al.* (1997a) calibraram o modelo BEANGRO, que é o precursor do CROPGRO-Drybeans, para o feijoeiro nas condições de Londrina, Estado do Paraná, com intuito de testar sua performance em simular a fenologia, produção de matéria seca e grãos desta cultura, em diferentes condições ambientais. Com o modelo calibrado, Faria *et al.* (1997b) avaliaram diferentes estratégias de manejo de irrigação, visando ao melhor benefício econômico para a cultura do feijoeiro, no Estado do Paraná. Heinmann *et al.* (2000) também avaliaram manejo da irrigação do feijoeiro em pivô central, usando simulações com esse modelo. Posteriormente, Heinmann *et al.* (2002) determinaram a necessidade de irrigação para cultura do feijoeiro no nordeste da bacia do rio Tibagi, no Estado do Paraná, utilizando-se o CROPGRO-Drybean, associado a um sistema de informações geográficas para regionalizar as informações.

Ruiz-Nogueira *et al.* (2001) calibraram o modelo CROPGRO-Soybean para simular os componentes de produção da cultura da soja para uma região da Espanha. Para contornar a excessiva penalização imposta pelo modelo, as variáveis de produção, algumas modificações foram realizadas, como profundidade do solo, capacidade de armazenamento de água pelo solo e taxa de crescimento das raízes. Uma série de dados climáticos foi utilizada na simulação, observou-se que o atraso na data de plantio na primavera apresenta mais consequência negativa na cultura, sendo conduzida em condições de irrigação do que sequeiro.

No presente trabalho, utilizando-se o modelo de simulação CROPGRO-Soybean, objetivou-se determinar as melhores épocas de semeadura da soja, em função das produtividades simuladas e diferentes níveis de probabilidade de ocorrência de produtividade para as datas de semeadura simuladas, em Palotina, Estado do Paraná.

Material e métodos

O estudo foi realizado para o município de

Palotina, Estado do Paraná, cujas coordenadas geográficas são: latitude de 24°17'S, longitude de 53°50'30" e altitude de 333 metros. As simulações foram realizadas, utilizando-se CROPGRO-Soybean (Boote *et al.* 1997), modelo mecanístico que resultou do progressivo avanço do modelo SOYGRO V.4.2 (Wilkerson *et al.* 1983).

O modelo permite a simulação do crescimento e produção, considerando os efeitos das variáveis climáticas e fatores limitantes como água e nitrogênio. O balanço de água, no solo, calculado diariamente pelo modelo, utiliza a metodologia proposta por Ritchie (1985) unidimensional, qual prediz fluxo de água no solo e ascensão de água pelas raízes. Nos arquivos de entrada do modelo, no de solo, é definido cada camada, com as seguintes informações: limite superior de água no solo (DUL) ou capacidade de campo, limite inferior (LL) ou ponto de murcha permanente e Conteúdo de água no solo para condições saturadas (SAT), e além desta, a densidade de comprimento de raízes, esta depende da quantidade da alocação de matéria seca para raízes, taxa de alongamento e conteúdo de água em cada camada.

O conjunto das variáveis climáticas diárias de entrada utilizado pelo modelo foi: temperatura máxima e mínima do ar (°C), total diário de precipitação pluviométrica (mm) e radiação solar (MJ m^{-2}). Estes dados foram fornecidos pelo Iapar (Instituto Agronômico do Paraná) que possui uma Estação Meteorológica localizada em Palotina, Estado do Paraná, desde 1974. Na realização deste trabalho, utilizaram-se dados de 1974 a 2002; os de 2000 a 2001 foram utilizados para calibração do modelo, e de 1974 a 1999 foram utilizados para realizar as simulações.

O conjunto de informações fenológicas necessárias para a calibração dos coeficientes genéticos foi: data de semeadura, emergência, floração e maturação fisiológica, peso de 1.000 grãos e produtividade de grãos da cultura (kg ha^{-1}). Esses dados foram disponibilizados pela Coodetec - Cooperativa Central Agropecuária de Desenvolvimento Tecnológico e Econômico Ltda.

O solo predominante, na região estudada, é caracterizado como Latossolo Roxo distrófico, com relevo plano e de textura argilosa. As características química e física (retenção de água e granulometria) foram determinadas no Laboratório de Solos - Integrante Cela, Estado do Paraná, do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá.

Com os coeficientes genéticos ajustados das quatro cultivares, realizou-se a simulação do

crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura da soja para a região estudada. Um conjunto de equações diferenciais simula as relações físico-fisiológicas envolvidas no ciclo de desenvolvimento da cultura por meio de processos iterativos e apresentam como resposta as datas em que foram atingidos os diferentes estágios e produtividades simuladas.

Foram realizadas simulações para cinco datas de semeadura, sendo elas 1º e 15 de outubro, 1º e 15 de novembro e 1º de dezembro, compreendidas no período entre a semeadura antecipada, em início de outubro, e a tardia, em dezembro, com as quatro cultivares da Coodetec, CD 202, CD 204, CD 206 e CD 210. No período compreendido entre o ano de 1974 e 1999, há 25 safras, sendo para cada data de simulação quatro cultivares, em um total de 100 simulações por datas. Com estas produtividades simuladas, determinaram-se diferentes níveis de probabilidades de ocorrência das mesmas.

Resultados e discussão

Coefficientes genéticos ajustados

Os coeficientes genéticos das quatro cultivares, ajustados na realização da calibração do modelo CROPGRO-soybean, para as condições de solo e clima da região de Palotina, Estado do Paraná, são apresentados na Tabela 1. Observa-se que as quatro cultivares apresentaram diferenças em alguns de seus coeficientes genéticos ajustados, sendo estes os principais valores, o tempo de duração de alguns períodos como: entre a emergência da planta e o aparecimento da primeira flor, entre o aparecimento da primeira flor e a primeira vagem; entre o aparecimento da primeira flor e o início da formação da semente, entre o início da formação da semente e a maturidade fisiológica.

O peso máximo por sementes foi um componente de produção não-alterado e, portanto, seus valores foram os reais encontrados no experimento a campo. O período de enchimento das sementes nas vagens, em condições de crescimento-padrão, foi outro componente que teve variação entre as cultivares.

Essas variações nos coeficientes genéticos das cultivares demonstram as variações nas produtividades simuladas, e o modelo CROPGRO-Soybean apresentou alta sensibilidade à variação dos coeficientes genéticos, apresentando variação entre as cultivares simuladas para as mesmas condições.

Análise das produtividades simuladas

Na Tabela 2 estão apresentadas as produtividades

máximas, mínimas e médias simuladas e seus respectivos desvios-padrão. Observou-se maior produtividade média das quatro cultivares na semeadura em 1º de outubro, decrescendo gradativamente nas semeaduras mais tardias. Porém, nessa data de semeadura, em safras em que ocorreram condições climáticas desfavoráveis, encontraram-se as menores produtividades mínimas.

Tabela 1. Coeficientes genéticos ajustados para a calibração do modelo.

Coeficientes	Cultivares			
	CD 202	CD 204	CD 206	CD 210
CSDL	12,83	12,83	12,83	12,83
PPSEN	0,303	0,303	0,303	0,303
EM-FL	27	27	27	30
FL-SH	7,5	7,5	6,5	7,5
FL-SD	12	13,5	14	16,5
SD-PM	31	31	34	33
FL-LF	18	18	18	18
LFMAX	1,030	1,030	1,030	1,030
SLAVAR	355	355	355	355
SIZLF	140	170	170	170
XFRT	1,0	1,0	1,0	1,0
WTPSD	0,120	0,115	0,122	0,121
SFDUR	13,5	13,0	12,0	12,0
SDPDV	2,05	2,05	2,05	2,05
PODUR	8,0	8,0	8,0	8,0

Sendo: CSDL = Também chamada de CSDVAR, comprimento crítico do dia, acima do qual o processo de desenvolvimento reprodutivo não é afetado (horas); PPSSEN = Inclinação da resposta relativa do desenvolvimento para fotoperíodo com o tempo (1/hora); EM-FL = Período entre a emergência da planta e o aparecimento da primeira flor (R1); FL-SH = Período entre o aparecimento da primeira flor e a primeira vagem (R3) (dias fototermais); FL-SD = Período entre o aparecimento da primeira flor e o início da formação da semente (R5) (dias fototermais); SD-PM = Período entre o início da formação da semente e a maturidade fisiológica (R7) (dias fototermais); FL-LF = Período entre o aparecimento da primeira flor (R1) e final da expansão foliar; LFMAX = Taxa máxima de fotossíntese da folha a uma taxa ótima de temperatura 30 °C; SLAVARN = Área foliar específica em condições padrão de crescimento; SIZLF = Tamanho máximo da folha completamente expandida (cm²); XFRT = Máxima fração do crescimento diário que é particionada entre para a semente mais a vagem; WTPSD = Peso máximo por semente (g); SFDUR = Duração do período de enchimento das sementes nas vagens, em condições de crescimento padrão (dias fototermais); SDPDV = média de sementes por vagem, sob condições de crescimento- padrão (dias fototermais); PODUR = Tempo necessário para a cultivar alcançar condições ideais de vagens (dias fototermais).

As produtividades mínimas, encontradas em alguns anos para o agricultor, não acontecem, pois, dependendo das condições climáticas, ele elimina a cultura existente e realiza uma nova semeadura, em épocas mais tardias, não atingindo produtividades tão altas, mas nem produtividades muito baixas, como as que ocorreram na safra de 1985/86, na semeadura em 1º de outubro. Naquele ano, em semeaduras mais tardias, as produtividades foram maiores.

As produtividades simuladas para a semeadura em 15 de outubro indicam a melhor época de semeadura para as quatro cultivares, sendo que, nessa data de semeadura, as cultivares CD 202, CD 204, CD 206 e CD 210 apresentaram 207 kg ha⁻¹, 154 kg ha⁻¹, 147 kg ha⁻¹ e 80 kg ha⁻¹, respectivamente a menos que as simulações de produtividade realizadas para a data de semeadura em 1º de outubro.

As produtividades máximas encontradas nas simulações realizadas para o CD 204, CD 206 e CD 210 foram na semeadura em 15 de outubro, e para o CD 202, em 1º de outubro. Analisando-se o comportamento do desvio-padrão médio das quatro datas simuladas, em 15 de outubro, observou-se o menor desvio, sendo de 866 kg ha⁻¹, e para a semeadura em 1º de outubro, observa-se o maior desvio-padrão, de 955 kg ha⁻¹, sendo intermediário para as outras datas de simulação. As produtividades médias simuladas para 1º de dezembro foram as menores, ou seja, quanto mais tardias as semeaduras, menores foram as produtividades, confirmando Bhatia *et al.* (1999), que também constatou que as semeaduras mais tardias levam à redução da produtividade por causa do efeito combinado de redução da biomassa total, vagens por planta, peso de 100 sementes e dias para o florescimento e maturidade.

Tabela 2. Produtividades simuladas para as quatro cultivares nas cinco datas de semeadura.

Simulações realizadas para semeadura em 1º de outubro				
Cultivar	Máxima (kg ha ⁻¹)	Mínima (kg ha ⁻¹)	Média (kg ha ⁻¹)	Desvio Padrão
CD 202	4.385	523	2.632	991
CD 204	4.804	871	2.846	1.025
CD 206	4.380	227	2.598	926
CD 210	4.061	242	2.311	847
Geral	4.407	465	2.597	9545
Simulações realizadas para semeadura em 15 de outubro				
CD 202	4.329	881	2.425	872
CD 204	4.341	1217	2.692	866
CD 206	4.411	889	2.451	875
CD 210	4.140	457	2.231	842
Geral	4.305	861	2.450	867
Simulações realizadas para semeadura em 1º de novembro				
CD 202	3.448	613	2.288	843
CD 204	3.953	734	2.594	1035
CD 206	3.518	744	2.305	785
CD 210	3.373	589	2.025	731
Geral	3.573	670	2.303	867
Simulações realizadas para semeadura em 15 de novembro				
CD 202	3.355	429	2.210	978
CD 204	3.784	553	2.638	955
CD 206	3.307	524	2.241	943
CD 210	3.038	429	1.944	847
Geral	3.371	484	2.258	951
Simulações realizadas para semeadura em 1º de dezembro				
CD 202	3.054	526	2.107	775
CD 204	3.482	555	2.389	823
CD 206	3.100	580	2.182	808
CD 210	2.717	527	1.843	678
Geral	3.089	547	2.130	786

Analisando as máximas, médias e mínimas produtividades médias, observa-se que a produtividade máxima média para a semeadura em 1º de dezembro apresentou ser 30% menor que a produzida em 1º de outubro, com maior produtividade máxima média, e 28% a menos para a semeadura em 15 de outubro, considerada a melhor época de semeadura. A média das produtividades médias foi de 18 e 13%, respectivamente, para as safras 1º e 15 de outubro. As produtividades

mínimas médias, nas simulações em 1º de dezembro, apresentaram ser 18% maiores que a mínima média encontrada para 1º de outubro; já, a mínima média em 15 de outubro apresentou ser 37% superior a encontrada em 1º de dezembro.

Pode-se afirmar que, para a região de Palotina, Estado do Paraná, das datas de semeadura em que foram realizadas as simulações, a data que apresentou melhor comportamento foi 15 de outubro, apresentando bom comportamento para a semeadura em 1º de outubro, embora, nessa data, em anos desfavoráveis, as produtividades serão muito baixas, e em 1º de novembro apresentou produtividade média 6% inferior a de 15 de outubro e 11% inferior à semeadura em 1º de outubro.

Análise das probabilidades de rendimento nas cinco datas de semeadura

Para facilitar a tomada de decisão quanto à época de semeadura da cultura da soja, estão apresentadas, na Figura 1, análises de probabilidades acumuladas da produtividade da cultura da soja para as quatro

cultivares nas cinco épocas de semeadura. Observa-se que as probabilidades de melhores rendimentos foram encontradas na semeadura em 1º/10, mas com baixa probabilidade de ocorrência dessas produtividades, decrescendo à medida que a semeadura foi realizada em períodos mais tardios.

Observa-se que, em nível de 25% de probabilidade acumulada, tem-se uma produtividade média das quatro cultivares, na semeadura em 1º/10 de 3.217 kg ha⁻¹, para 15/10 de 3.024 kg ha⁻¹, 1º/11 de 3.018 kg ha⁻¹, 15/11 de 3.009 kg ha⁻¹ e em 1º/12 de 2.805 kg ha⁻¹, observando-se variação entre as cultivares. Para o nível de 50% de probabilidade, as produtividades médias foram de: de 2.616 kg ha⁻¹ para semeadura em 1º/10, 2.267 kg ha⁻¹ em 15/10, 2.444 kg ha⁻¹ em 01/11, 2.579 kg ha⁻¹ em 15/11 e de 2.268 kg ha⁻¹ em 1º/12. Em nível de 75% de probabilidade, as produtividades médias foram de: de 2.119 kg ha⁻¹ para semeadura em 1º/10, 1.863 kg ha⁻¹ em 15/10, 1.685 kg ha⁻¹ em 1º/11, 1.625 kg ha⁻¹ em 15/11 e de 1.385 kg ha⁻¹ em 1º/12.

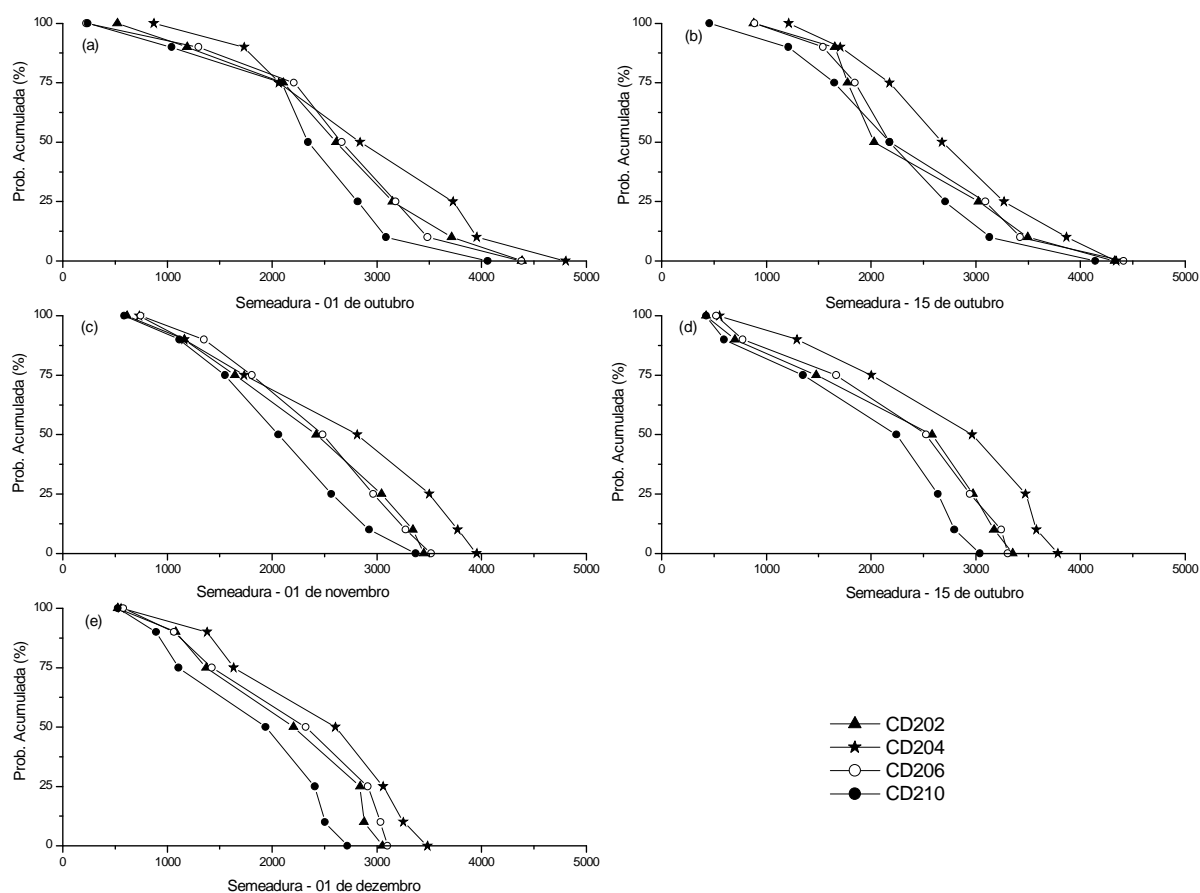


Figura 1. Probabilidade de rendimento das cultivares de soja CD 202, CD 204, CD 206 e CD 210, simuladas para a semeadura em 1º de outubro (a), 15 de outubro (b), 1º de novembro (c), 15 de novembro (d) e 1º de dezembro (e).

Conclusão

As melhores datas de semeadura das quatro cultivares de soja analisadas, para a região de Palotina, Estado do Paraná, foram 15 de outubro e 1º de novembro.

Para o nível de 50% de probabilidade, as produtividades médias variaram de 2.267 a 2.616 kg ha⁻¹ para as quatro datas de semeadura.

Referências

- BASTOS, E.A. *et al.* Simulation of growth and development of irrigated cowpea in Piauí state by CROPGRO model. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 37, n. 10, p. 1381-1387, 2001.
- BHATIA, V.S. *et al.* Yield and its attributes as effected by planting dates in soybean (*Glycine max*) varieties. *Ind. J. Agricult. Sci.*, [s.l.], v. 69, n. 10, p. 696-699, 1999.
- BOOTE, K.J. *et al.* Simulation of crop growth: CROPGRO model. In: PEART, R.M.; CURRY, R.B. (Ed.). *Agricultural Systems Modeling and Simulation*. Chap. 18. Marcel Dekker, New York, 1997. p. 1-42.
- FARIA, R.T. *et al.* Simulação da fenologia e produção do feijoeiro pelo modelo BEANGRO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., Piracicaba, 1997. *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997a. p. 141-142.
- FARIA, R.T. *et al.* Determination of a long-term optimal irrigation strategy for dry beans in Parana state, Brazil. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 54, p. 155-164, 1997b. (Número especial).
- FREITAS, P.S.L. *et al.* Penalização da produtividade da cultura do milho imposta pelo modelo CERES-Maize. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 27, n. 1, p. 97-105, 2005.
- HEINMANN, A.B. *et al.* Center pivot irrigation management optimization using the CROPGRO model. *Trans. ASAE*, St. Joseph, v. 43, n. 6, p. 1507-1516, 2000.
- HEINMANN, A.B. *et al.* Determination of spatial water requirements at county and regional levels using crop models and GIS: an example for the state of Parana. *Agricult. Water Manag.*, Holland, v. 52, n. 3, p. 177-196, 2002.
- HUNT, L.A. *et al.* GENCALC: Software to facilitate the use of crop models for analyzing field experiments. *Agron. J.*, Madison, v. 85, p. 1090-1094, 1993.
- JONES, J.W.; RITCHIE, J.T. Crop growth models. In: HOFFMAN, G.L. *et al.* (Ed.). *Management of farm irrigation system*. St. Joseph: ASAE, 1990. p. 63-89.
- MEIRELLES, E.J.L. *et al.* Risco climático de quebra de produtividade da cultura do feijoeiro em Santo Antônio de Goiás, *Bragantia*, Campinas, v. 62, n. 1, p. 163-171, 2003.
- RITCHIE, J.T. A user-oriented model of the soil water balance in wheat. In: FRY, E.; ATKIN, T.K. (Ed.). *Wheat growth and modeling*. NATO-ASI Series. Plenum Press, 1985. p. 293-305.
- RÚÍZ-NOGUEIRA, B. *et al.* Calibration and use of CROPGRO-soybean model for improving soybean management under rainfed conditions. *Agric. Sys.*, [s.l.], v. 68, n. 2, p. 151-173, 2001.
- WHISLER, F.D. *et al.* Crop simulation models in agronomic systems. *Adv. Agron.*, San Diego, v. 40, p. 141-208, 1986.
- WILKERSON, G.G. *et al.* Modeling soybean growth for crop management. *Trans. ASAE*, Mishoe, v. 26, p. 63-73, 1983.

Received on May 30, 2006.

Accepted on October 09, 2007.