**MODELO EMPÍRICO PARA A SELEÇÃO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS
NA CULTURA DA SOJA CONSIDERANDO A PONTUALIDADE NA
SEMEADURA**

CRISTINA MONTEIRO VEIGA
Engenheira Agrônoma

Orientador : Prof. Dr. **MARCOS MILAN**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração: Máquinas
Agrícolas

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Agosto - 2000

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Veiga, Cristina Monteiro

Modelo empírico para a seleção de máquinas agrícolas na cultura da soja considerando a pontualidade na semeadura / Cristina Monteiro Veiga. - - Piracicaba, 2000.

75 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.
Bibliografia.

1. Época da semeadura 2. Máquina agrícola 3. Modelo matemático 4. Rendimento agrícola 5. Soja I. Título

CDD 633.34

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Tantas vezes pensamos ter chegado.

Tantas vezes é preciso ir além.

(Fernando Pessoa)

Aos meus pais
Virgínia e João

e ao meu irmão
Márcio,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por eu ter chegado até aqui.

Aos meus pais João e Virgínia pelo que me ensinaram, e ao meu irmão Márcio pelo apoio e amizade.

À ESALQ-USP, por receber-me e conceder-me a oportunidade para a realização de mais uma etapa acadêmica.

Ao Prof. Dr. Marcos Milan, pela fácil convivência, amizade, e orientação.

Ao Prof. Dr. José Armando Furlani Júnior e ao Prof. Dr. Luiz Geraldo Mialhe, pertencentes à banca examinadora, pelas críticas construtivas.

À FAPESP, pela concessão da bolsa e pelo financiamento do projeto.

Aos funcionários da Fazenda Areão, pela concessão e condução do experimento à campo, em especial ao engenheiro agrônomo Luiz Fernando Sanglade Marchiori e Sr. Valdinei Ribeiro Camargo.

À Usina Alta Mogiana pela concessão da visita ao sistema de produção da soja, em especial ao Departamento de Mecanização.

Ao instrutor de informática Emerson de Toledo, pelo auxílio no desenvolvimento do modelo computacional.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, do setor de Máquinas Agrícolas, principalmente à Fernanda da Silva, D^a. Maria de Lourdes Franzini, Maria Helena Padilha e Luis Afonso Costa.

Aos colegas de curso José Barros, Sérgio Pereira, Alexandre Tachibana, Sérgio Bizuti, Ricardo Fernandes, João Araújo, Sérgio Carvalho, Ricardo Pinto, Fernando Pascolatti, Juan Bonnin e Edmilson Ruiz, pelo companheirismo.

Aos amigos ontem, hoje e sempre: Flávio Pereira, Wagner Campaner, Maurício Leon, Pedro Zambuzi, Goreth Nery, Raimundo Leite, Michele Costa, Márcia Simonete, Cláudia Teixeira, Aderbal Rocha, Cássio Cezare, em especial a Moizéis Nery e Moema Bueno, pela dedicação, carinho e apoio.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	x
SUMMARY	xi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Modelos Associados à Seleção de Sistemas Mecanizados	3
2.2 Pontualidade e Seleção de Máquinas Agrícolas	4
2.3 Pontualidade na Cultura da Soja	6
2.3.1 Época do Preparo Periódico do Solo	6
2.3.2 Época de Controle de Plantas Daninhas	7
2.3.3 Época de Semeadura	8
2.3.4 Época de Controle de Doenças e Pragas	10
2.3.5 Época de Colheita	11
3 RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA PARA A REGIÃO DE PIRACICABA	12
Resumo	12
Summary	13
3.1 Introdução	13
3.2 Material e Métodos	15
3.3 Resultados e Discussão	19
3.4 Conclusões	27
4 DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO EMPÍRICO PARA A SELEÇÃO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NA CULTURA DA SOJA, CONSIDERANDO A PONTUALIDADE NA SEMEADURA	28
Resumo	28
Summary	29

4.1 Introdução.....	29
4.2 Material e Métodos	30
4.3 Resultados e Discussão.....	33
4.4 Conclusões	36
5 A PONTUALIDADE NA SEMEADURA DA SOJA E SEU EFEITO NO NÚMERO DE MÁQUINAS, RETORNO ECONÔMICO, CUSTO DE MECANIZAÇÃO E RECEITA PARCIAL.....	37
Resumo	37
Summary	38
5.1 Introdução.....	38
5.2 Material e Métodos	39
5.3 Resultados e Discussão.....	43
5.3.1 Número de Máquinas.....	43
5.3.2 Retorno Econômico.....	44
5.3.3 Custo de Mecanização.....	45
5.3.4 Receita Parcial.....	46
5.4 Conclusões	48
6 CONCLUSÕES GERAIS	49
ANEXO A.....	50
ANEXO B.....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Resultados da análise química de solo da área experimental.....	15
Tabela 2. Épocas de semeadura do experimento.....	17
Tabela 3. Data de ocorrência dos principais estádios fenológicos da soja, para o cultivar IAC 17, em dias após a emergência (DAE), e valores de atributos climáticos: radiação global, insolação, fotoperíodo, temperatura máxima, temperatura mínima, nas datas de ocorrência do estágio fenológico considerado, precipitação pluvial total em cada subperíodo fenológico.....	20
Tabela 4. Data de ocorrência dos principais estádios fenológicos da soja, para o cultivar IAC Foscarin 31, em dias após a emergência (DAE), e valores de atributos climáticos: radiação global, insolação, fotoperíodo, temperatura máxima, temperatura mínima, nas datas de ocorrência do estágio fenológico considerado, precipitação pluvial total em cada subperíodo fenológico.....	21
Tabela 5. Análise de regressão polinomial com aplicação do teste F para cultivar de soja IAC Foscarin 31.....	23
Tabela 6. Análise de regressão polinomial com aplicação do teste F para cultivar de soja IAC 17.	24
Tabela 7. Rendimento esperado por semana de semeadura para a cultivar IAC 17 e das perdas na semeadura (%).	26
Tabela 8. Planejamento das atividades agrícolas de acordo com a época de semeadura.	32
Tabela 9. Prazo para cumprir as operações mecanizadas em relação a época de semeadura.....	42

Tabela 10. Máquinas selecionadas de acordo com a faixa de potência, onde: LT= largura de trabalho; e PI = preço inicial.....	42
Tabela 11. Período de semeadura, para definir a pontualidade na operação mecanizada nos cenários estudados.....	42
Tabela 12. Custo de mecanização (US\$ ha⁻¹) e Receita Parcial (US\$ ha⁻¹) para 12 semanas de semeadura.....	48

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estimativa do fotoperíodo para a região de Piracicaba.....	16
Figura 2. Temperatura Máxima e Mínima Médias Mensais no período de 1917 a 2000, para a região de Piracicaba.....	16
Figura 3. Precipitação Pluvial Média Mensal (mm) no período de 1917 a 2000, para a região de Piracicaba.....	17
Figura 4. Tendência de desempenho de rendimento (kg ha^{-1}) em cada parcela, sob diferentes épocas, de semeadura para: (a) cultivar IAC 17; e (b) cultivar IAC Foscari 31.....	23
Figura 5. Rendimento da cultivar IAC Foscari 31 em seis épocas de semeadura e a diferença, em percentagem, do rendimento comparado a melhor época.....	24
Figura 6. Desempenho de rendimento médio (kg ha^{-1}) para a cultivar IAC 17 em função de dias para a região de Piracicaba.....	25
Figura 7. Fluxograma do modelo.....	31
Figura 8. Validação do modelo em relação ao custo operacional($\text{US\$ ha}^{-1}$) em comparação com resultados obtidos em literatura e numa propriedade agrícola produtora de soja.....	35
Figura 9. Validação do modelo em relação ao custo operacional nas operações mecanizadas ($\text{US\$ ha}^{-1}$), em comparação com resultados obtidos em literatura e numa propriedade agrícola produtora de soja.....	35
Figura 10. Fluxograma básico do modelo.....	41
Figura 11. Cenários desenvolvidos para aplicação do modelo, considerando a pontualidade.....	43
Figura 12. Distribuição dos conjuntos mecanizados, de acordo com o número de semanas de semeadura, para a área	

de 1500 ha em: a) uma semana de semeadura; b)	
doze semanas de semeadura.....	44
Figura 13. Distribuição do retorno médio econômico em	
diferentes épocas de semeadura, destacando-se o	
menor e o maior valor obtido.....	45
Figura 14. Custo de mecanização (US\$ ha ⁻¹) de acordo com o	
número de semanas de semeadura em três	
tamanhos de área: (a) 1500 ha; (b) 2500 ha; (c)	
3500 ha.	46
Figura 15. Receita Parcial (US\$ ha ⁻¹) de acordo com o número	
de semanas de semeadura em três tamanhos de área: (a)	
1500 ha; (b) 2500 ha; (c) 3500 ha.	47

MODELO EMPÍRICO PARA A SELEÇÃO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NA CULTURA DA SOJA CONSIDERANDO A PONTUALIDADE NA SEMEADURA

Autora: Cristina Monteiro Veiga

Orientador: Prof. Dr. Marcos Milan

RESUMO

O Brasil é o segundo produtor mundial de soja, com 31 milhões de toneladas. É uma das culturas que mais se utiliza a mecanização, podendo esse item pode representar 40% do custo total de produção. Estimativa referente ao custo indireto, ou pontualidade, ainda é desconhecida para o país. Pode ser mensurada pela perda no rendimento da cultura quando as operações mecanizadas não são realizadas no prazo, causando redução na quantidade e qualidade de um produto agrícola. Como a época de semeadura determina o desenvolvimento da soja, devido a fotossensibilidade da cultura, há de se priorizar essa operação mecanizada. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi o de desenvolver um modelo capaz de avaliar os custos da mecanização sobre a influência da pontualidade na operação de semeadura sendo dividido em três etapas. A primeira referiu-se a determinação das equações de rendimento da cultura de soja em função de diferentes épocas de semeadura. Na segunda foi o desenvolveu-se o algoritmo e o modelo computacional para o cálculo do custo da maquinaria, levando-se em consideração a pontualidade da semeadura, com base nas equações de rendimento. Na terceira aplicou-se o modelo para a simulação de cenários e a avaliação da pontualidade sobre a seleção de máquinas. Conclui-se que o modelo foi adequado para analisar o custo direto e indireto da mecanização. A equação de rendimento obtida foi satisfatória para a previsão de rendimento da cultura em diferentes épocas de semeadura. A seleção de máquinas agrícolas pelo modelo apresentou rotina e resultados adequados quando comparados à literatura e a uma fazenda produtora de soja. O gerenciamento das máquinas agrícolas que visa reduzir o número de conjuntos mecanizados para aumentar o número de horas de uso, traz a melhor receita na produção da soja, independente da época de semeadura.

AN EMPIRICAL MODEL FOR CHOOSING FARM MACHINERY IN SOYBEAN CROP, CONSIDERING TIMELINESS AT SOWING OPERATION

Author: Cristina Monteiro Veiga

Adviser: Prof Dr. Marcos Milan

SUMMARY

Brazil is the second world soybean producer with 31 millions of tons. It is one of crop in with mechanization is more utilized and the cost of this item can represent until 40% of the total production cost. The indirect cost is unknown for the country. This costs is measured throw the financial loss that is incurred because of inadequate scheduling of machinery operations, causing a reduction in crop yield and quality. As the planting date at soybean crop has the major impact, the sowed operation must have priority. In this context, this work was designed to develop one computational model able to evaluate the mechanization cost, include the timeliness. It was divided in three parts. The first one was to determinate the soybean yield empirical model in different planting date. The second was to develop an algorithm and a computational model to schedule farm machinery and to calculate the mechanization cost, considering the timeliness by the soybean yield equation. And the last part was to use the computational model to study the timeliness effects at machinery selection. The computational model was adequate to evaluate the direct and indirect costs of machinery operations. The soybean equation was adequate to preview the yield in different conditions of planting date. The routine was verified and the validation was made comparing the programs results with literature value showed that the computational model can be used for another situations. And the machinery management that reduces the number of agricultural machinery and increase the hourly operation machinery utilization results the best profit, instead of sowed soybean out of the best yield planting date.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill) é originária do continente asiático onde referências quanto a sua utilização datam de 2.838 a.C., sendo trazida para o Ocidente ao final do século XV. No Brasil a cultura foi introduzida no início do século e as primeiras exportações realizadas em 1949. Nas décadas de 60/70 a soja teve um grande impulso na região Sul do país, expandindo-se para o Centro-Oeste entre 1970/80, e atualmente atingindo a região Norte (Câmara, 1998b).

O Brasil é atualmente o segundo maior produtor mundial da soja, superado apenas pelos Estados Unidos. Na safra 1998/1999 produziu 31 milhões de toneladas na safra 1998/99 em cerca de 13 milhões de hectares de área colhida, representando assim um rendimento* médio de 2400 kg ha⁻¹ (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1998). O maior produtor brasileiro é o Estado do Paraná, com 2,7 milhões hectares plantados e rendimento de 2550 kg ha⁻¹. O Estado de São Paulo situa-se no lugar do 6º maior produtor, cultivando cerca de 514mil de hectares. Dos 645 municípios paulistas, 185 cultivam soja sendo as duas maiores regiões produtoras o Vale do Paranapanema com 200 mil de hectares e Alta Mogiana com 300 mil de hectares. O rendimento médio do Estado oscila em torno de 2400kg.ha⁻¹, embora produtores mais tecnificados atingem a 3000 kg ha⁻¹ (Diehl, 1999).

* *Rendimento*, segundo Dourado Neto (1999), pode ser expresso por $R=(f-P)$, onde R = rendimento da cultura (kg ha⁻¹); f = fator adimensional de perda e P =produtividade (kg ha⁻¹), conseqüente do potencial genético da planta sob uma condição edafoclimática representativa. Na prática, procura-se minimizar o fator de perda, já que a produtividade não é observável. Segundo Mialhe, *rendimento* é a relação entre duas capacidades operacionais, variáveis relacionadas à Mecanização Agrícola. Para Ferreira (1999), rendimento e produtividade são sinônimos.

A cultura é totalmente mecanizada (da semeadura a colheita), o que facilitou a rápida expansão durante a década de 70. Hoje a mecanização representa uma das principais causas dos custos de produção da cultura. Os custos diretos referentes ao uso de máquinas agrícolas podem variar de acordo com o rendimento obtido, segundo FNP (1998); em geral atinge 40% dos custos de produção no plantio convencional e 30% no plantio direto. Estimativa referente aos custos indiretos, definidos como aqueles causados principalmente pelas perdas na produção devido a não realização das operações agrícolas nos prazos determinados, ainda é desconhecida para as condições do país. Esses custos podem advir de uma seleção inadequada do sistema mecanizado.

A quantidade de marcas e tipos de máquinas disponíveis no mercado e os custos indiretos associados à pontualidade das operações, torna a seleção de sistemas mecanizados uma atividade complexa. A modelagem desses sistemas, como um recurso auxiliar para a tomada de decisão, permite com que as variáveis envolvidas sejam estudadas e avaliadas quanto a importância na composição dos custos de produção.

Desenvolveu-se o presente trabalho em vista a importância da cultura, não só para o Estado de São Paulo como também para o país, bem como as dificuldades inerentes ao dimensionamento das máquinas agrícolas. O objetivo foi de elaborar e aplicar um modelo empírico para a seleção e cálculo dos custos de sistemas mecanizados para a cultura da soja, visando o rendimento em função das diferentes épocas de semeadura, caracterizando a pontualidade, na obtenção da receita gerada pela cultura da soja.

Para atender ao objetivo acima citado, o trabalho foi dividido em três partes distintas. A primeira refere-se ao desenvolvimento de um modelo empírico para determinar o rendimento da cultura da soja em função da época de semeadura. A segunda refere-se ao desenvolvimento de um modelo computacional para o cálculo dos custos do sistema mecanizado de acordo com a época de semeadura. A terceira é a aplicação do modelo para a avaliação de cenários, considerando a pontualidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Modelos Associados à Seleção de Sistemas Mecanizados

A maioria dos modelos desenvolvidos para selecionar as máquinas procura calcular a faixa de potência ideal para as operações de campo devido à sua relação com a largura de trabalho de implementos, influenciando diretamente no preço de aquisição dos equipamentos, base dos custos da mecanização. As soluções dadas pela modelagem tornam a atividade do cálculo dos custos mais simples pois podem armazenar dados relevantes de todas as máquinas além de observar o efeito de diferentes faixas de potência para diferentes tamanhos de área (Hunt, 1974).

Chancellor (1969) realizou a seleção de tratores através da faixa de potência e número de conjuntos mecanizados em diferentes tamanhos de área sob o ponto de vista econômico. Concluiu que a utilização de apenas um conjunto mecanizado em áreas pequenas com uso de tratores de potência em torno de 100 c.v. diminuem os custos horários.

Quando a potência é determinada, o próximo passo é adequar os implementos que serão acoplados ao trator (Witney e Eradat, 1982). White (1986) desenvolveu um modelo cujos parâmetros utilizados foram: eficiência na barra de tração do trator, resistência do solo, eficiência da capacidade operacional das máquinas e área de cultivo adicionada à probabilidade de quebras das máquinas. Mas, outros parâmetros podem ser associados às operações tais como tipo e condições de teor de água no solo, velocidade e profundidade de trabalho. Com esses parâmetros a largura de trabalho dos implementos pode ser determinada na forma de ábacos (Zoz, 1974; Stolf, 1986) ou no cálculo da força de tração exigida por haste ou área de solo mobilizada,

otimizando a potência disponível na barra de tração ou tomada de potência (Hamigan e Rotz, 1994; Glancey et al., 1996).

Levantada as características que os conjuntos mecanizados apresentam, é preciso definir de que modo os mesmos atuarão no campo. Milan (1992) desenvolveu modelo específico para a cultura de cana-de-açúcar que identificava as variáveis críticas envolvendo custos no sistema de produção. A seleção o conjunto mecanizado (trator-implemento) foi feita com base na sequência de operações a serem realizadas por talhão. Conclui o autor que uniformizando-se a frota de tratores para uma faixa de alta potência influi na diminuição no número de conjuntos, aumentando as horas de uso das máquinas e conseqüentemente na diminuição do custo horário. Outra forma de modelagem é a programação linear, muito utilizada quando surgem os fatores de restrição como investimento, que procura otimizar o número de conjuntos, tempo disponível ou mão de obra de acordo com o orçamento (Philips e Callagan, 1974; Banchi, 1981; Stonner et al., 1992; Jannot e Carol, 1996).

Como o planejamento das atividades agrícolas se torna cada vez mais complexo a medida que muitos processos dinâmicos da agricultura são considerados (Duffy e Taylor, 1993), Parmar et al. (1996) utilizaram algoritmos genéticos para seleção da máquinas agrícolas, para atingir a otimização plena a longo prazo. No programa, os *bits* se comportam como cromossomos na seleção natural. Sendo assim, a frota de conjuntos mecanizados se adapta a diferentes condições até atingir o equilíbrio, obtendo-se a frota mínima durante um longo período para a cultura.

2.2 Pontualidade e Seleção de Máquinas Agrícolas

O conhecimento da interação entre os efeitos da data de semeadura e colheita sobre o rendimento pode otimizar as combinações das operações, levando a minimização das perdas por pontualidade (Chancellor e Cervinka, 1974).

De acordo com Balastreire (1987), a pontualidade em máquinas agrícolas é a capacidade de efetuar as operações na época em que a qualidade e a quantidade de um produto são otimizadas. Dependendo da cultura, algumas operações têm de ser prioritárias; caso contrário, o rendimento pode chegar a níveis muito inferiores

daqueles esperados. O levantamento destas perdas por prazo de operação é extremamente útil para selecionar o número e tamanho do maquinário agrícola necessário, sem que haja o superdimensionamento de potência ou sobrecarga de trabalho para um trator agrícola. Portanto a pontualidade deve ser aceita como parte da eficiência na seleção. Quando o maquinário em questão não está bem dimensionado, é comum que as operações não sejam realizadas a tempo, ocorrendo as perdas. A pontualidade é mensurada como custo indireto de maquinário, sendo associada principalmente à implantação, pulverização e colheita das culturas em épocas inadequadas, ocasionando maiores perdas no rendimento (Witney, 1988).

Em alguns modelos desenvolvidos para otimizar a seleção de máquinas agrícolas na cultura da soja e milho, a pontualidade foi determinada pelas perdas devido ao atraso na época de semeadura (Burrows e Siemens, 1974, Audsley et al., 1978; Parsons et al., 1981; Chen e Mc Clendon, 1984; Mc Clendon et al., 1987). Ademouson (1991) minimizou a ociosidade das máquinas ao longo do ano, objetivando a diminuição do número de tratores e mão de obra, tendo a pontualidade como fator de restrição. Tsai et al. (1987) levaram em consideração as diferentes fases de desenvolvimento da planta para a simulação e otimização de técnicas de rotação de cultura no modelo criado para irrigação. Oskan e Holmes (1990), no modelo DRAINMOD, adicionaram ainda o excesso e déficit hídrico como forma de cálculo da pontualidade.

Segundo Hunt (1974), a mesma cultura pode apresentar resultados de desempenho de rendimento diferentes dependendo tanto região como da variedade utilizada. Após a quantificação das perdas é possível determinar o fator de perda de pontualidade associado às operações de máquinas agrícolas. No modelo de Edwards e Boeijlhe (1980), foram calculadas as perdas de produção devido a diferentes épocas de semeadura de milho e soja. Através da quantificação das perdas e análise do preço de mercado das culturas determinou-se o custo de pontualidade.

Lal et al. (1990) desenvolveram um modelo de seleção de máquinas agrícolas denominado FARMASYS, onde a pontualidade foi mensurada pela perda por dia de atraso nas operações mecanizadas. A validação do modelo (Lal et al., 1991) indicou que a metodologia adotada pelos autores tornou-se uma alternativa prática de desenvolvimento de modelos para atender à seleção adequada de máquinas. A limitação do programa, entretanto, foi a impossibilidade de utilizá-lo em áreas menores e

sistemas de produção agropecuários, para torná-lo mais versátil e abrangente (Lal et al., 1992).

O modelo PNUTMM (Parmar et al., 1994) foi criado para o gerenciamento de máquinas agrícolas utilizadas na cultura do amendoim. Nele foi incorporado o modelo PNUTGRO V 1.02 que simula o teor de água na semente, maturação fisiológica e data ótima de colheita, para a determinação do custo de pontualidade. Segundo Hoogenboom et al. (1992), o modelo criado para amendoim (PNUTGRO) tem a mesma estrutura matemática e arquivos de dados que para cultura da soja (SOYGRO). Estes modelos simulam as diferentes fases de crescimento da planta, déficit hídrico e produção em função de diferentes tipos de solo, clima e manejo da cultura e podem ser associados à modelagem destinada ao planejamento das atividades agrícolas.

2.3 Pontualidade na Cultura da Soja

2.3.1 Época do Preparo Periódico do Solo

O preparo periódico pode ser realizado tão logo que as condições do solo sejam propícias ao uso das máquinas. Como geralmente são operações que exigem maior potência dos tratores, alguns agricultores iniciam bem antes da época recomendada para reduzir o número de máquinas utilizadas nessas operações. Tem como finalidade oferecer condições ideais para o desenvolvimento das plantas. É realizado onde não existe a possibilidade de técnicas de utilização da semeadura direta (Balastreire, 1987). O ideal é que o preparo do solo ocorra logo após o início das primeiras chuvas, normalmente em setembro. Mas ainda existe um período até o início da semeadura em que o solo fica exposto pois é necessária a espera de chuvas regulares para a emergência das plântulas. Enquanto isso propicia o crescimento de plantas daninhas que compromete o desempenho das semeadoras e competem com a cultura por luz, água e nutrientes (Mello, 1988; Souza et al., 1996).

Para os autores Burnside et al. (1980) e Elmore (1990), o rendimento não é afetado por diferentes tipos de preparo do solo. Entretanto, Prasad (1996) afirma que a

qualidade de semeadura e rendimento da soja no plantio direto foram melhores do que aquela obtida usando métodos convencionais.

2.3.2 Época de Controle de Plantas Daninhas

As plantas daninhas concorrem com a cultura da soja pelos fatores ambientais, causando significativas perdas que variam de 37% a 99,9% do rendimento; esse último valor ocorrendo quando não existe controle em nenhum momento (Blanco et al. , 1973; Rezende et al., 1985; Fleck e Candemil, 1995). Além disso, as plantas daninhas podem servir de hospedeiras de pragas, nematóides e doenças (Ferraz, 1985). Quando a competição é evitada, da germinação da cultura até 45 a 50 dias depois, as infestações posteriores não afetam o rendimento (Blanco et al., 1973).

Quantificar precisamente os prejuízos provocados pelas plantas daninhas não é suficiente para se determinar a necessidade ou não de adotar medidas de controle. Nem sempre o ganho de rendimento justifica a eliminação total de espécies que se desenvolvem junto a soja. Desta forma, a relação custo/benefício é inviável pois o custo suplantaria o ganho econômico obtido no rendimento final (Fleck e Candemil, 1995). Fleck (1996) constatou que a redução causada ao rendimento dos grãos pela interferência do papuã (*Bracharia plantaginea*) é maior em condições de alto rendimento e nessa situação, obtém-se maior ganho econômico decorrente do seu controle.

Uma das críticas apontadas ao plantio direto é que exige maior consumo de herbicidas do que o convencional, o que torna o sistema mais oneroso. Esse maior consumo advém substituição do preparo mecânico do solo pela operação de manejo químico das plantas infestantes e os cultivos por herbicidas (Marochi, 1996). Os recursos utilizados para reduzir os custos com a pulverização dos herbicidas, são aumentar o prazo de aplicação no campo, para diminuir o número de conjuntos, ou diminuir as doses de herbicida (Fleck et al., 1995). Com isso, Fleck et al.(1997) estudou a associação de épocas de aplicação com redução na dose de herbicida, concluindo que é viável a aplicação de meia-dose de herbicida efetuada até 3 a 4 semanas após a emergência para obter um bom nível de controle, evitando adotar esse método após 5 semanas de emergência das plântulas. A espera por chuva

também pode adiar a aplicação, o que pode causar maiores perdas no rendimento da cultura por afetar a eficiência de alguns herbicidas (Marochi, 1996).

Existem ainda modelos específicos para o controle de plantas daninhas, que trazem a simulação do rendimento da cultura sob diversas maneiras de cultivo (mecânico, biológico ou químico). Esses modelos analisam a população da plantas invasoras e as vantagens de se aplicar ou não herbicidas para minimizar as perdas no rendimento (Schweizer et al., 1992; Swinton e King, 1994; Dileman, 1995; Lindquist et al., 1995).

2.3.3 Época de Semeadura

A adaptação de uma espécie a determinada região está condicionada a fatores térmicos e hídricos, enquanto as cultivares têm sua adaptação relacionada ao fotoperíodo (EMBRAPA, 1997b).

A soja é considerada uma cultura termo e fotossensível, sendo assim, quando suas exigências climáticas não são atendidas, a planta está sujeita a alterações fisiológicas e morfológicas afetando o rendimento e arquitetura (EMBRAPA, 1997b). A maioria das cultivares respondem ao fotoperíodo como plantas de dias curtos e florescem quando a duração dos dias é menor que o valor determinado (13,3 a 13,5 horas de fotoperíodo), ou seja, atingem o fotoperíodo crítico, apresentando restrições no que se refere à adaptação a uma faixa estreita de latitude (Marcos Filho e Novembre, 1990; Câmara, 1998b). Estas características são controladas geneticamente, (Cober et al., 1996) havendo interações entre genótipo e a localidade de semeadura (Outtara e Weaver, 1995).

Nos Estados Unidos, a classificação das cultivares para época de semeadura é dado através de uma escala de 0 a X, onde a diferença de cada grupo varia de 10 a 18 dias. As cultivares do grupo IX e X são desenvolvidos para regiões tropicais de baixa latitude, no caso Norte e Nordeste do Brasil (Câmara, 1992; EMBRAPA, 1990), país em que as cultivares são classificadas como precoces, médios e tardios (EMBRAPA, 1997b).

Num estudo realizado por Queiroz (1975), foram utilizadas cultivares representantes de diferentes grupos de classificação (V, VI, VII e VIII) em duas épocas (ideal e tardia). O rendimento médio das cultivares não apresentou diferenças significativas, apoiando a prática da semeadura de cultivares de diversos grupos de maturação numa mesma propriedade.

Weiss et al. (1950) e Osler e Carter (1954) concluíram que uma cultivar tardia, em uma dada latitude, mostrou menor resposta na data de maturação que uma precoce no que se refere as semeaduras tardias. Sweeney et al. (1995) enfatizam o uso de cultivares precoces. De acordo com os autores, estas cultivares se adaptam mais facilmente à uma determinada região do que as tardias.

Grimm et al. (1996) notaram uma nítida diferença de rendimento entre cultivares em relação ao fotoperíodo, mas rendimento similar quanto ao estudo direcionado à temperatura. E salientam a caracterização dos eventos fenológicos, como o florescimento, pois é o fator que têm maior importância para a criação de modelos que incluam crescimento e o rendimento de soja.

Em zonas temperadas, a resposta da soja ao fotoperíodo sincroniza o crescimento e reprodução de acordo com as estações. Nos trópicos, aonde a soja pode se desenvolver todo o ano, a insensibilidade ao fotoperíodo pode permitir ampla adaptação a diferentes latitudes e estações (Gazzoni, 1995).

Parker et al. (1981) estudaram o efeito da diferentes datas de semeadura e espaçamento de plantas sobre o rendimento e outras características agrônômicas. Concluíram que a semeadura cedo ou tardia normalmente apresentam baixo rendimento e que os cultivares precoces foram mais afetados pelas diferentes datas de semeadura do que os cultivares tardios.

Queiroz (1988) determinou o rendimento de dezesseis cultivares de soja, semeadas em cinco diferentes épocas no norte do Paraná; os resultados demonstram que o mês de novembro é o que melhor retorno traz ao rendimento.

Para todo o país, a recomendação da EMBRAPA (1997b) é que a semeadura se realize entre 20 de outubro a 10 de dezembro, sendo novembro o mês ideal. A entressafra é recomendada para regiões onde não haja ocorrência de baixas temperaturas e exista disponibilidade de umidade no solo (natural ou irrigação). A época de semeadura neste caso passa a ser de 20 de abril a 20 de maio, evitando-se

o uso de cultivares de ciclo tardio em semeadura a partir de 15 de maio, para que a colheita não coincida com o período chuvoso.

De acordo com Câmara (1998a) a época de semeadura normal proporciona maior rendimento de grãos do que tardias, independente da combinação de cultivares e densidades de plantas.

2.3.4 Época de Controle de Doenças e Pragas

Nakano et al. (1981) advertem que o manejo no controle de pragas para a soja deve abranger todos os meios disponíveis, incluindo a época de semeadura. Enfoque é dado a infestação de percevejo, pois o mesmo costuma colonizar as plantas em diversos estágios de desenvolvimento, em especial na fase de formação ao amadurecimento das vagens. Podem ser observadas populações desses insetos desde o período vegetativo, com crescimento exponencial e acelerado no final do ciclo da cultura, principalmente em cultivares de ciclo médio ou tardio (Gazzoni, 1998).

Câmara et al. (1995) analisando isoladamente fungos fitopatogênicos encontrados nas sementes dos cultivares estudados, concluíram que existe correlação entre os cultivares e tipos de fungos encontrados nas plantas, de acordo com a época de semeadura.

O cultivo tardio de soja é recomendado para regiões propícias a chuvas durante a maturação, com finalidade de produção de sementes. Dhingra et al. (1979) observaram correlação positiva entre porcentagem de sementes infectadas com o fungo *Phomosis sojae* e a porcentagem de plântulas necróticas. A recomendação é realizar a semeadura tardia de cultivares de maturação precoce, evitando-se também perdas por ataque de percevejos ou veranicos (EMBRAPA, 1997b).

Browde et al. (1994) analisaram o efeito de época sobre o de ataque de nematóides do cisto, plantas daninhas e insetos desfolhadores. Os componentes de desempenho mais afetados foram número de vagens por planta e peso de grãos por vagem causada pela redução de produção de fotoassimilados.

2.3.5 Época de Colheita

A colheita de soja deve ser iniciada tão logo a planta atinja o ponto de maturação, para que não haja perdas na qualidade do produto. Uma vez atingido esse ponto, a tendência é a deterioração dos grãos e deiscência das vagens, que se intensificam a medida que o tempo passa (EMBRAPA, 1997b). A semeadura na época adequada e o espaçamento das plantas facilitam a colheita mecanizada devido a altura da inserção de vagens e o índice de acamamento.

A colheita tardia aumenta a porcentagem de sementes quebradas na trilha devido a perda do teor de água além de aumentar a incidência de fungos, o que diminuiu a germinação e o vigor de sementes (Sediyma, 1972; Santos et al., 1996).

3 RENDIMENTO DA CULTURA DA SOJA EM FUNÇÃO DA ÉPOCA DE SEMEADURA PARA A REGIÃO DE PIRACICABA

RESUMO

A cultura da soja, devido a sua importância econômica para o Brasil, remetem a estudos voltados principalmente à redução de seu custo de produção. A modelagem é uma das técnicas mais recentes de se prever o desempenho de rendimento das culturas a diversos fatores ambientais sob diferentes regiões e situações, visando otimizar o seu manejo. O objetivo desse trabalho foi encontrar um modelo que expressasse o rendimento da cultura da soja considerando diferentes épocas de semeadura. A área experimental localizou-se no município de Piracicaba, SP, durante o ano agrícola 1998/1999 em sete épocas de semeadura com o cultivar IAC-17 (17/09/98, 2/10/98, 19/10/98, 03/11/98, 17/11/98, 2/12/98 e 17/12/98) e seis épocas de semeadura com cultivar IAC-Foscarin 31 (2/10/98, 19/10/98, 03/11/98, 17/11/98, 2/12/98 e 17/12/98). As parcelas foram compostas por cinco linhas com 5,0 m de comprimento, no espaçamento de 0,50 m entre linhas, com 20 plantas m^{-1} , e população final de 4×10^5 plantas ha^{-1} , sob o delineamento em blocos completos ao acaso com três repetições cada época. Houve efeito de épocas sobre o rendimento da cultivar IAC 17, cujo modelo matemático foi: $Y = -0,613X^2 + 59,716X + 1763,6$ ($R^2 = 0,80$), em que Y é o rendimento esperado da cultivar IAC 17 ($kg\ ha^{-1}$) e X o número de dias após a primeira semeadura. Conclui-se que é possível estimar o rendimento da cultivar IAC-17 através de modelagem. Para o cultivar IAC Foscarin 31 foi determinada a média de rendimento nas seis épocas estudadas. A metodologia se tornou adequada para determinar o modelo empírico matemático de rendimento de soja para diferentes cultivares e regiões, com a possibilidade de inserir a equação em modelos computacionais de planejamento agrícola e determinar a pontualidade na semeadura.

SUMMARY

SOYBEAN YIELD IN CONSEQUENCE OF DIFFERENT PLANTING DATE AT PIRACICABA, SP, BRAZIL

Due soybean importance at Brazil, a lot of studies have been made to provide the least production costs. Modeling is one technical way to preview the how the yield crop development will answers to many different ambient and regions conditions. The aim of this work was to determinate the soybean yield empirical model in different planting date to obtain one equation that can be used in agricultural management models. The experimental area was localized at Piracicaba, SP, Brazil, during 1998/1999 in seven planting dates (17/09/98, 2/10/98, 19/10/98, 03/11/98, 17/11/98, 2/12/98 e 17/12/98) to IAC 17 cultivar and six planting dates (2/10/98, 19/10/98, 03/11/98, 17/11/98, 2/12/98 e 17/12/98) to IAC Foscari 31 cultivar. The experimental plots, with five rows of 0,5 m width and 5,0 long and 20 plants m^{-1} with 4×10^5 final population, were randomized in blocks with three replications each planting date. There was planting data effect at IAC 17 cultivar yield, whose mathematical model was $Y = -0,613X^2 + 59,716X + 1763,6$ ($R^2 = 0,80$), where Y is the IAC 17 cultivar yield ($kg\ ha^{-1}$) and X is the numbers of days after first planting date. The conclusion was that it is possible estimate the IAC 17 cultivar yield throw the model and for estimate IAC Foscari 31 yield can be used the average yield at six planting date. The methodology was adequate to establish the mathematical model of soybean yield to different cultivars and regions with the possibility to insert the equation at computational models for agricultural management.

3.1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) constitui hoje num dos principais produtos agrícolas comercializados no mundo devido ao seu valor nutritivo que atende a alimentação humana e animal. O Brasil é segundo maior produtor de soja, com produção estimada em 31 milhões de toneladas para o ano agrícola 1998/1999, em

cerca de 13 milhões de hectares (EMBRAPA, 1998). A crescente necessidade por óleos e proteínas derivados da soja faz com que aumente a necessidade de estudos dirigidos à cultura e que tragam soluções a diversos problemas que atingem à sua produção (Câmara, 1998b).

Dentro do Estado de São Paulo, 6º maior produtor nacional, a área ocupada pela soja atinge cerca de 514 mil hectares, com rendimento médio de 2350 kg ha⁻¹ (Diehl, 1999). A cultura é utilizada principalmente em rotação com a cana-de-açúcar, na reforma de canaviais do Estado (Mascarenhas et al., 1994). Ultimamente, devido à proibição de queima e restrições associadas à colheita mecanizada de cana, como a região de Piracicaba, indicam um aumento na área exclusiva para a semeadura da soja para todo o Estado (Diehl, 1999).

Modelagem de projetos econômicos, como as simulações de rentabilidade, em função da variação de preços e custos de produção já são utilizadas, em que as planilhas de custo representam sua forma mais simples (Bernardes, 1999). Com o aumento do uso da informática do setor agrícola (Francisco e Martin, 1999), a utilização de modelos mais sofisticados, permitem prever com segurança a resposta da cultura a diversos fatores ambientais, estimando o desempenho em diferentes áreas e situações (Farias, 1999). Morrison (1991) descreve a modelagem como um método de expressar o conhecimento de forma quantitativa, por meio de equações preditivas, de maneira que a combinação entre elas seja integrada. Quando o modelo matemático que descreve o fenômeno é obtido pela quantificação estatística, através de análise de regressão, os modelos são definidos como empíricos, pois o mesmo não tem a preocupação em formular teorias de conhecimento sobre a relação causa-efeito (Rengel, 1993).

Muitos modelos têm como objetivo prever o rendimento da cultura da soja segundo as condições edafoclimáticas da região (Camargo et al., 1986; Hoogenboom et al., 1992). O modelo mais simples de estimativa é através da época de semeadura. Como característica intrínseca, a soja é considerada uma cultura termo e fotossensível, sendo assim, quando suas exigências climáticas não são atendidas, a planta está sujeita a alterações fisiológicas e morfológicas afetando o rendimento e arquitetura (EMBRAPA, 1997b). A cultura é classificada como planta de dias curtos e floresce quando a duração dos dias é menor que o valor determinado, conhecido como fotoperíodo crítico (Câmara, 1998b). O período mais indicado para a semeadura no

Estado de São Paulo deve estar compreendido entre 16 de outubro a 30 de novembro (Marcos Filho e Novembre, 1990; Marchiori, 1998).

Devido a restrição referente a época de semeadura, existem os reflexos negativos no custo de produção relacionados, por exemplo, a maior quantidade de conjuntos mecanizados para a operação. Preestabelecer o rendimento em função da época é de fundamental importância para a tomada de decisão. Com isso, objetivo desse trabalho foi de quantificar a influência da época de semeadura no rendimento de cultivares da cultura da soja, visando desenvolver um modelo matemático empírico que possa ser utilizado no planejamento agrícola para a determinação da pontualidade em máquinas agrícolas.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental localizou-se no município de Piracicaba, SP, localizada a 22° 41' 30" de latitude Sul, 47° 38' 30" de longitude Oeste e 546 m de altitude. O solo da instalação do experimento é classificado como solo Podzólico Vermelho Escuro, textura argilosa, com características químicas apresentadas na Tabela 1., determinadas no Laboratório de Solo do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP. Para estimar a potencialidade da região para a instalação da cultura da soja foram levantados os parâmetros meteorológico, em termos médios, de fotoperíodo (Figura 1), temperaturas máxima e mínima (Figura 2) e precipitação pluvial (Figura .3) que caracterizam o local.

Tabela 1. Resultados da análise química de solo da área experimental

Prof. ¹	PH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V
(cm)	(CaCl ₂)	(g.dm ⁻³)	(mg.dm ⁻³)	(mmol.dm ⁻³)							
											(%)
0-20	4,8	25	6,0	2,8	34	16	2,0	68	52,8	104,5	43,71

¹ Profundidade de amostragem do solo.

Figura 1. Estimativa do fotoperíodo para a região de Piracicaba.

(Adaptado de Silva, 1992).

Figura 2. Temperatura Máxima e Mínima Médias Mensais no período de 1917 a 2000, para a região de Piracicaba (Fonte: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-Universidade de São Paulo - Departamento de Ciências Exatas -, 2000)

Figura 3. Precipitação Pluvial Média Mensal (mm) no período de 1917 a 2000, para a região de Piracicaba. (Fonte: ESALQ-USP - Departamento de Ciências Exatas -, 2000)

A semeadura foi realizada durante o ano agrícola 1998/1999 em sete épocas para o cultivar IAC-17 de ciclo semiprecoce (120 a 130 dias), de hábito de crescimento determinado e seis épocas para o cultivar IAC-Foscarin 31 de ciclo precoce (130 a 140 dias) e crescimento indeterminado, ambas recomendadas pela EMBRAPA (1998) para o Estado de São Paulo (Tabela 2).

Tabela 2. Épocas de semeadura do experimento.

<i>Época</i>	<i>Data de semeadura</i>
1º	17/09/98 (somente IAC 17)
2º	02/10/98
3º	19/10/98
4º	03/11/98
5º	17/11/98
6º	02/12/98
7º	17/12/98

O delineamento experimental foi baseado em Câmara (1998a) onde adotou-se o espaçamento de 0,5 m entrelinhas de soja, com densidade de 20 plantas m^{-1} e população final de 400.000 plantas ha^{-1} . Para se obter a densidade de plantas, aumentou-se o número de sementes distribuídas por parcela em torno de 75% de maneira a garantir estandes iniciais acima dos valores planejados. Após a emergência, o excesso de plantas de cada linha foi arrancado manualmente para atingir densidade e população desejada. Foram conduzidos sete experimentos individuais e independentes onde cada época de semeadura correspondeu o delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições. Cada unidade experimental foi construída por cinco linhas de 5,0 m de comprimento, sendo as duas linhas externas e os 0,5 m de cada extremidade das linhas, consideradas como bordaduras. A área útil de cada parcela foi construída pelas três linhas centrais com 4,0 m de comprimento cada.

Para o preparo do solo realizou-se uma aração, à profundidade de trinta centímetros, com arado de aivecas reversíveis, seguida de gradagem para destorroamento e nivelamento. A seguir, foi efetuada uma segunda gradagem niveladora para a incorporação dos herbicidas trifluralina e imazaquim aplicados nas doses dos produtos comerciais de 2,0 L ha^{-1} e 1,0 L ha^{-1} antes de cada semeadura.

As sementes da cada cultivar foram tratadas com fungicida Carboxin+Thiram na dose do produto comercial equivalente a 250 ml por 100 kg de sementes, que foram separadas e acondicionadas. Antes da semeadura houve a aplicação de inoculante turfoso aplicado na dose de 0,4 kg por 40 kg de sementes. Após a inoculação, as sementes foram distribuídas manualmente à profundidade de 4,0 cm. A adubação foi determinada a partir da análise química do solo (Tabela 1.) para rendimento da cultura da ordem de 2500 kg a 3000 kg ha^{-1} . Aplicou-se o equivalente a 400 kg ha^{-1} de fertilizante 00-20-15 correspondente à recomendação de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 60 de K_2O , proposta por Mascarenhas e Tanaka (1996).

Efetuuou-se o controle de plantas daninhas manualmente, por meio de capinas com enxadas e o monitoramento das principais pragas da soja (lagartas desfolhadoras e percevejos) com técnicas do "pano de batida" (Nakano et al., 1988). Houve a incidência de "vaquinha" (*Diabrotica speciosa*) na terceira época de semeadura e ataque do complexo de percevejos (*Nezara viriluda*, *Piezodorus guildini* e *Euschistus heros*) no enchimento de grãos da mesma época. Para o controle das pragas,

pulverizou-se o inseticida Endosulfan na dose do produto comercial equivalente a $0,65 \text{ L ha}^{-1}$ acrescentado de 0,5% de solução de NaCl. Promoveu-se a irrigação das parcelas para garantir o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura.

As plantas, da área útil de cada parcela, foram retiradas com roçadora costal, com colheita efetuada na data de maturação plena, ou estágio R8 na Escala Fenológica (Fehr e Caviness, 1977), de cada época. Em seguida foram colocadas ao sol para secagem em terreiro, antes da trilha em máquinas estacionária. A altura das plantas foi determinada em 10 plantas de soja coletadas aleatoriamente em cada parcela em cada estágio da soja. Os grãos foram limpos e acondicionados. A produção de grãos de cada parcela foi pesada e o valor obtido (kg parcela^{-1}) transformado para rendimento (kg ha^{-1}), corrigido em estufa para a conteúdo de água padrão de $13 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de massa de grãos.

A análise dos dados de rendimento foi realizada de forma a verificar se existem diferenças estatísticas do rendimento em função da data de semeadura pela análise de regressão polinomial utilizando o Sistema de Análise Estatística (SAS Institute, 1988).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a descrição da Escala Fenológica de Fehr e Caviness (1977), as Tabelas 3 e 4 apresentam as datas de ocorrência dos principais estádios de cada cultivar nas diferentes datas de semeadura, altura das plantas e o resumo das condições climáticas, nas épocas estudadas, por meio do fotoperíodo, valores médios de temperatura e precipitação pluvial total por subperíodo fenológico vegetativo entre a emergência e o início do florescimento (VE-VC; VC-V1, V1-R1) e aos subperíodos fenológicos reprodutivos do florescimento (R1-R3), granação (R5-R7) e maturação plena (R7-R8).

Tabela 3. Data de ocorrência dos principais estádios fenológicos da soja, para o cultivar IAC 17, em dias após a emergência (DAE), e valores de atributos climáticos: radiação global, insolação, fotoperíodo, temperatura máxima, temperatura mínima, nas datas de ocorrência do estágio fenológico considerado, precipitação pluvial total em cada subperíodo fenológico.

Época de semeadura	EF	Data	DAE	Altura (cm)	Radiação Global (cal/cm ² dia)	Insolação (h/d)	Fotoperíodo (h)	Temp. Máxima (°C)	Temp Mínima (°C)	Temp média (°C)	Precipitação* pluvial (mm)
1	S	17/09/98			401	9,8	12,0	35,6	14,3	25,0	
	VE	24/09/98			486	9,8	12,1	30,8	11,9	21,4	36,5
	VC	28/09/98	2		494	8,9	12,2	30,2	115,0	22,6	0,0
	V1	28/09/98	4	5,77	110	0,0	12,2	22,4	18,2	20,3	8,5
	R1	09/11/98	46	40,57	531	9,6	13,0	31,9	17,6	24,8	192,7
	R3	23/11/98	60	46,73	372	10,4	13,2	30,8	14,4	22,6	15,2
	R5	01/12/98	68	50,03	555	11,2	13,3	34,2	16,8	25,5	9,1
	R7	29/01/99	127		415	4,1	13,0	29,5	21,6	25,5	282,3
2	R8	05/02/99	134		573	8,7	12,3	33,7	19,8	26,8	100,0
	S	02/10/98			407	4,8	12,3	27,1	14,8	21,0	
	VE	09/10/98			359	3,5	12,3	24,4	17,8	21,1	96,4
	VC	11/10/98	2		234	0,0	12,6	20,3	13,5	16,9	14,4
	V1	13/10/98	4	6,63	422	9,0	12,6	28,9	17,5	23,5	15,9
	R1	16/11/98	38	59,60	506	10,9	13,1	33,2	15,9	24,6	73,9
	R3	27/11/98	49	67,87	240	0,0	13,3	26,2	20,4	23,3	8,6
	R5	04/01/99	87	71,69	279	1,9	13,3	29,2	20,8	24,9	323,1
3	R7	11/02/99	125		306	5,5	12,6	29,4	21,0	25,2	426,1
	R8	19/02/99	133		532	7,6	31,2	20,7	26,0		59,7
	S	19/10/98			507	10,9	12,6	27,7	13,7	20,7	
	VE	26/10/98			152	0,9	12,7	24,4	17,7	21,1	6,3
	VC	28/10/98	2		269	3,8	12,6	28,9	18,4	23,7	17,2
	V1	30/10/98	4	6,93	125	0,0	12,8	20,5	17,4	19,0	1,4
	R1	04/12/98	39	69,47	297	1,0	13,3	29,6	20,1	24,9	30,8
	R3	16/12/98	51	90,77	389	5,3	13,3	31,1	20,4	25,8	201,2
4	R5	14/01/99	80	96,40	423	7,4	13,3	31,2	20,0	25,6	290,2
	R7	25/02/99	122		401	5,7	12,5	30,4	20,2	25,3	349,0
	R8	04/03/99	129		450	9,3	12,4	32,0	18,4	25,2	36,0
	S	03/11/98			249	2,8	12,9	25,5	14,8	20,0	
	VE	08/11/98			431	4,8	13,0	31,9	18,5	25,2	0,0
	VC	10/11/98	2		134	0,0	13,0	23,6	17,6	20,6	2,3
	V1	13/11/98	5	5,80	214	0,0	13,1	25,5	15,4	20,5	3,2
	R1	22/12/98	44	84,93	309	1,3	13,2	28,8	20,8	24,8	231,3
5	R3	04/01/99	57	86,10	279	1,9	13,3	29,2	20,6	24,9	112,4
	R5	04/02/99	88	93,40	458	8,7	12,9	34,3	20,4	27,4	380,6
	R7	02/03/99	114		394	9,1	12,4	33,0	19,5	26,2	173,2
	R8	09/03/99	121		495	9,4	12,2	32,6	20,0	26,3	0,0
	S	17/11/98			434	8,4	13,1	34,0	19,2	26,6	
	VE	23/11/98			372	10,4	13,2	30,8	14,4	22,6	0,0
	VC	24/11/98	1		495	11,9	13,3	34,0	14,2	24,1	0,0
	V1	27/11/98	4	5,93	240	0,0	13,3	26,2	20,4	23,3	8,6
6	R1	04/01/99	42	59,77	279	1,9	13,3	29,2	20,6	24,9	323,1
	R3	20/01/99	58	76,80	579	10,2	13,2	36,4	20,2	28,3	217,5
	R5	12/02/99	81	82,10	683	11,6	12,8	31,8	19,4	25,6	232,3
	R7	08/03/99	105		365	5,3	12,3	30,2	17,2	23,7	104,0
	R8	15/03/99	112		485	10,0	12,1	32,0	16,9	24,5	156,1
	S	02/12/98			441	9,3	13,3	35,0	18,0	26,5	
	VE	07/12/98			538	7,3	13,4	31,0	18,5	24,8	67,6
	VC	08/12/98	1		593	8,8	13,4	33,9	18,4	26,2	0,0
7	V1	10/12/98	3	5,63	402	5,2	13,4	31,1	20,3	25,7	32,3
	R1	14/01/99	38	59,37	423	7,4	13,3	31,2	20,0	25,6	391,5
	R3	11/02/99	66	78,63	306	5,5	12,8	29,5	21,0	25,2	257,3
	R5	23/02/99	78	78,90	330	3,4	12,6	30,4	18,4	24,4	69,3
	R7	14/03/99	97		578	10,1	12,2	28,5	14,9	21,7	214,5
	R8	22/03/99	105		416	8,1	12,0	32,9	19,7	26,3	8,1
	S	17/12/98			203	0,4	13,3	25,8	21,2	23,5	
	VE	21/12/98			509	9,7	13,3	34,6	17,4	26,0	0,4
8	VC	23/12/98	2		195	0,0	13,3	25,1	18,6	21,9	14,8
	V1	26/12/98	5	7,74	591	8,7	13,3	29,4	18,9	24,2	29,6
	R1	01/02/99	42	41,87	351	5,3	13,0	32,6	20,1	26,4	424,6
	R3	12/02/99	53	58,47	683	11,6	12,8	31,8	19,4	25,6	97,0
	R5	28/02/99	69	58,97	388	3,8	12,5	30,1	20,0	25,1	82,4
	R7	22/03/99	91		416	8,1	12,0	32,9	19,7	26,3	178,6
	R8	29/03/99	98		348	7,3	11,8	32,8	21,2	27,0	51,1

*Precipitação total nos subperíodos fenológicos: [S-VE]; [VE-VC]; [VC-V1]; [V1-R1]; [R1-R3]; [R3-R5]; [R5-R7]; [R7-R8]

Fontes: Sentelhas et al. (1998); ESALQ/USP – Dep Ciências Exatas (2000)

Tabela 4. Data de ocorrência dos principais estádios fenológicos da soja, para o cultivar IAC Foscarin 31, em dias após a emergência (DAE), e valores de atributos climáticos: radiação global, insolação, fotoperíodo, temperatura máxima, temperatura mínima, nas datas de ocorrência do estágio fenológico considerado, precipitação pluvial total em cada subperíodo fenológico.

Época de semeadura	EF	Data	DAE	Altura (cm)	Radiação Global (cal/cm ² .dia)	Insolação (h/d)	Fotoperíodo (h)	Temp. Máxima (°C)	Temp Mínima (°C)	Temp média (°C)	Precipitação* pluvial (mm)
2	S	02/10/98			407	4,8	12,3	27,1	14,8	21,0	
	VE	09/10/98			359	3,5	12,3	24,4	17,8	21,1	96,4
	VC	11/10/98	2		234	0,0	12,6	20,3	13,5	16,9	14,4
	V1	13/10/98	4	4,30	422	9,0	12,6	28,9	17,5	23,2	15,9
	R1	01/12/98	53	26,63	555	11,2	13,3	34,2	16,8	25,5	83,0
	R3	16/12/98	68	46,73	386	5,3	13,3	31,1	20,4	25,8	201,2
	R5	12/01/99	95	108,75	144	2,3	13,3	29,8	20,0	24,9	265,1
	R7	05/02/99	119	113,29	573	8,7	12,9	33,7	19,8	26,3	242,4
3	R8	12/02/99	126		683	11,6	12,8	31,8	19,4	25,6	63,7
	S	19/10/98			507	10,9	12,6	27,7	13,7	20,7	
	VE	26/10/98			152	0,9	12,7	24,4	17,7	21,1	6,3
	VC	28/10/98	2		269	3,8	12,8	28,9	18,4	23,7	17,2
	V1	30/10/98	4	4,60	125	0,0	12,8	20,5	17,4	19,0	1,4
	R1	16/12/98	51	32,67	386	5,3	13,3	31,1	20,4	25,8	232,0
	R3	04/01/99	70	61,17	279	1,9	13,3	29,2	20,6	24,9	121,4
	R5	20/01/99	86	113,50	579	10,2	13,2	36,4	20,2	28,3	217,5
4	R7	15/02/99	112	121,07	551	8,1	12,7	32,4	19,5	26,0	265,5
	R8	22/02/99	119		215	1,4	12,6	26,6	20,0	23,3	12,4
	S	03/11/98			249	2,8	12,9	25,2	14,8	20,0	
	VE	08/11/98			431	4,8	13,0	31,9	18,5	25,2	0,0
	VC	10/11/98	2		134	0,0	13,0	23,6	17,6	20,6	2,3
	V1	13/11/98	5	5,00	214	0,0	13,1	25,5	15,4	20,5	3,2
	R1	04/01/99	57	45,07	279	1,9	13,3	29,2	20,6	24,9	343,7
	R3	12/01/99	65	74,20	144	2,3	13,3	29,8	20,0	24,9	143,7
5	R5	26/01/99	79	105,60	341	5,8	13,1	33,3	21,1	27,2	86,1
	R7	25/02/99	109	111,23	401	5,7	12,5	30,4	20,2	25,3	288,0
	R8	04/03/99	116		450	9,3	12,4	32,0	18,4	25,2	36,0
	S	17/11/98			434	8,4	13,1	34,0	19,2	26,6	
	VE	23/11/98			372	10,4	13,2	30,8	14,4	22,6	0,0
	VC	24/11/98	1		495	11,9	13,3	34,0	14,2	24,1	0,0
	V1	27/11/98	4	6,20	240	0,0	13,3	26,2	20,4	23,3	8,6
	R1	12/01/99	50	40,87	144	2,3	13,3	29,8	20,0	24,9	466,8
6	R3	20/01/99	58	77,83	579	10,2	13,2	36,4	20,2	28,3	73,8
	R5	11/02/99	80	97,10	306	5,5	12,3	29,4	21,0	25,2	208,6
	R7	12/03/99	109	103,83	227	0,2	12,2	25,6	20,0	22,8	282,7
	R8	19/03/99	116		547	9,3	12,0	31,4	18,0	24,7	2,0
	S	02/12/98			441	9,3	13,3	35,0	18,0	26,5	
	VE	07/12/98			538	7,3	13,4	31,0	18,5	24,8	67,6
	VC	08/12/98	1		593	8,8	13,4	33,9	18,4	26,2	0,0
	V1	10/12/98	3	4,23	402	5,2	13,4	31,1	20,3	25,7	32,3
7	R1	22/01/99	46	34,30	677	11,0	13,2	35,1	20,8	28,0	446,2
	R3	01/02/99	56	75,37	260	3,9	13,0	29,7	20,6	25,2	129,3
	R5	12/02/99	67	84,60	683	11,6	12,8	31,8	19,4	25,6	97,0
	R7	14/03/99	97	87,43	576	10,1	12,2	28,5	14,9	21,7	260,1
	R8	22/03/99	105		416	8,1	12,0	32,9	19,7	26,3	8,1
	S	17/12/98			203	0,4	13,3	25,8	21,2	23,5	
	VE	21/12/98			509	9,7	13,3	34,6	17,4	26,0	0,4
	VC	23/12/98	2		195	0,0	13,3	25,1	18,6	21,9	14,8
8	V1	26/12/98	5	5,93	591	8,7	13,3	29,4	18,9	24,2	29,6
	R1	01/02/99	42	39,27	351	5,3	13,0	32,6	20,1	26,4	424,6
	R3	12/02/99	53	56,67	683	11,6	12,8	31,8	19,4	25,6	97,0
	R5	28/02/99	69	67,10	388	3,8	12,5	30,1	20,0	25,1	82,4
	R7	22/03/99	91	70,00	416	8,1	12,0	32,9	19,7	26,3	178,6
	R8	29/03/99	98		348	7,3	11,8	32,8	21,2	27,0	51,1

*Precipitação total nos subperíodos fenológicos: [S-VE; [VE-VC; [VC-V1; [V1-R1; [R1-R3; [R3-R5; [R5-R7; [R7-R8]

Fontes: Sentelhas et al. (1998); ESALQ – Dep de Ciências Exatas/USP (2000)

As temperaturas máxima e mínima encontram-se dentro do intervalo ideal (20°C a 30°C) para o desenvolvimento pleno da cultura da soja dentro de seu ciclo fenológico (Câmara, 1998b).

O florescimento dos cultivares ocorreu dentro do fotoperíodo de 13,3 horas nas épocas 1,2,3,4,e 5. Esse valor de fotoperíodo está dentro da faixa de 13,3 a 13,5 horas, considerada por Marcos e Novembre (1990). A indução ao florescimento nas épocas 6 e 7 ocorreu a medida que houve decréscimo do fotoperíodo, entre os valores de 13,2 e 13 horas.

Uma das características visíveis da termo e fotossensibilidade da cultura da soja é altura de plantas em cada subperíodo fenológico. As maiores alturas em R1 de plantas foram obtidas na época 4, considerada época ideal de semeadura da soja. Em todas as épocas estudadas, a cultivar IAC 17 apresentou plantas mais altas no subperíodo reprodutivo R1 (florescimento) apesar do cultivar IAC Foscari 31 apresentar maior altura final de planta em R8 (maturação plena). A cultivar IAC 17 pára de crescer no início do florescimento (R1) devido à sua característica de crescimento determinado. A diferença de altura de planta entre R1 e R5 deve-se ao desenvolvimento dos embriões foliares das gemas apicais, que passam de vegetativas a reprodutivas à medida que surgem as primeiras flores.

Apesar da cultivar IAC Foscari 31 apresentar crescimento indeterminado e continuar seu desenvolvimento vegetativo após o florescimento, as melhores vagens (maior número de sementes por vagem) estão presentes na faixa mediana da planta (Marchiori¹, 1998).

Os resultados de rendimento obtidos para as duas cultivares apresenta-se na Figura 4 em resposta do tipo de crescimento de cada cultivar, em vista as condições climáticas e altura de plantas.

¹ MARCHIORI, L. F. S. Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, funcionário da Fazenda Areão – unidade de área experimental pertencente à ESALQ/USP. Comunicação pessoal.

Figura 4. Tendência de desempenho de rendimento (kg ha^{-1}) em cada parcela, sob diferentes épocas, de semeadura para: (a) cultivar IAC 17; e (b) cultivar IAC Foscarin 31.

Para a cultivar IAC-Foscarin-31, não foi observada diferença estatística (Tabela 5) no rendimento sobre as datas de semeadura. Isso se deve ao fato da cultivar apresentar crescimento indeterminado, obtendo desenvolvimento vegetativo mesmo após o florescimento e granação, o que proporcionou uniformidade de rendimento na colheita. Porém o cultivar apresentou menores rendimentos do que apresentado pela cultivar IAC 17.

Tabela 5. Análise de regressão polinomial com aplicação do teste F para cultivar de soja IAC Foscarin 31.

C.V.	G.L.	SQ	QM	F	Pr>F
Reg 1	1	8576,019		0,003	0,8624
Reg 2	1	54914,286		0,200	0,6619
Desvio Reg	3	63490,305		0,120	0,8921
(Épocas)	(5)	(126980,610)			
Resíduo	12	4138447,695	344870,641		
Total	17	4265428,305

Figura 5. Rendimento da cultivar IAC Foscarin 31 em seis épocas de semeadura e a diferença, em percentagem, do rendimento comparado a melhor época.

Assim, apenas uma análise da percentual pode ser realizada para comparação entre as médias de rendimento obtidas fora da data considerada ótima. As maiores perdas por pontualidade na semeadura ocorreram nas datas anteriores à ótima (9%) (Figura 5). Para a modelagem, esses valores de rendimento podem ser utilizados em um período de semeadura preestabelecido, não sendo possível estimar as perdas diárias de rendimento da cultivar.

A cultivar IAC 17 apresentou diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste F (Tabela 6) entre as diferentes épocas de semeadura. O desempenho da cultivar em função das datas (Figura 6) pode ser representado por modelo polinomial de até quarto grau, devido ao desvio da regressão (Desvio Reg) ser significativo, porém o modelo que melhor representa a resposta do cultivar a épocas de semeadura é a equação de segundo grau (Equação 1).

Tabela 6. Análise de regressão polinomial com aplicação do teste F para cultivar de soja IAC 17.

C.V.	G.L.	SQ	QM	F	Pr>F
Reg 1	1	251050,8		1,400	0,2525
Reg 2	1	4987407,1		27,770	0,0001*
Desvio Reg (Épocas)	4 (6)	5238457,9 (10476915,8)		14,580	0,0002*
Resíduo	14	3232954,4	230925,3		
Total	20	13709870,2			

*significativo a 5%

Figura 6. Desempenho de rendimento médio (kg ha⁻¹) para a cultivar IAC 17 em função de dias para a região de Piracicaba.

$$Y = -0,613X^2 + 59,716X + 1763,600 \quad (1)$$

Em que: Y – rendimento da cultura da soja, kg ha⁻¹; X – dias após a primeira data de semeadura .

Modelo matemático do rendimento médio (kg ha⁻¹) para a cultivar IAC 17 em função de dias para a região de Piracicaba demonstra que o baixo rendimento da cultivar IAC-17 fora da época ideal de semeadura se deve ao fato da cultivar apresentar juvenilidade longa e fotoperíodo crítico, induzindo ao florescimento e granação, finalizando o desenvolvimento vegetativo, característica de cultivares de crescimento determinado, de acordo com Câmara (1998b).

O número de dias após a primeira data de semeadura que proporciona o máximo rendimento da soja, de acordo com o modelo, foi dado pela maximização da função de rendimento obtido (Equação 2), correspondendo a 49 dias após a primeira semeadura com um rendimento médio estimado de 3218 kg ha⁻¹. Caso a cultivar IAC 17 seja semeada no início ou final do período, perdas da ordem de 50% podem ser esperadas em relação a data ótima. A diferença de rendimento entre as duas cultivares é de 316 kg ha⁻¹ em favor da cultivar IAC 17, para a data ótima. Com relação aos extremos a cultivar IAC Foscari 31 produz mais, na ordem de 269 kg ha⁻¹ para a semeadura “cedo” e 519 kg ha⁻¹ para a semeadura “tardia”.

$$59,716 - 1,226X = 0 \quad (2)$$

Em que X=número de dias após a primeira data de semeadura.

Na Tabela 7 são apresentadas as diferenças de rendimento em relação ao ótimo, para períodos semanais, representando a semeadura “cedo” e “tardia”, destacando o dia de máximo rendimento esperado da soja. Perdas de até 50% podem ser previstas pela Equação 1.

Tabela 7.. Rendimento esperado por semana de semeadura para a cultivar IAC 17, obtidos através da Equação 1 e das perdas na semeadura (%).

Datas	Rendimento esperado por semana (kg ha ⁻¹)	Diferença (%)
24/09/98	2152	-50%
01/10/98	2479	-30%
08/10/98	2747	-17%
15/10/98	2955	-9%
22/10/98	3103	-4%
29/10/98	3190	-1%
05/11/98	3218	-
12/11/98	3185	-1%
19/11/98	3093	-4%
26/11/98	2940	-9%
03/12/98	2727	-18%
10/12/98	2454	-30%
17/12/98	2122	-50%

Com o modelo matemático de estimativa de rendimento é possível realizar o gerenciamento das atividades agrícolas de acordo com os prazos de semeadura pré-determinados. Já para a cultivar IAC-Foscarin 31, o rendimento independe da época de semeadura estabelecida, trazendo o mesmo retorno econômico para diferentes situações de planejamento. Para maior previsibilidade de retorno econômico, a equação de rendimento da cultivar IAC 17 estabelece o planejamento adequado para que a produção de soja seja viável. Pela simplicidade de modelagem de rendimento da

cultura da soja, essa metodologia pode ser empregada em outros cultivares em diferentes regiões, tendo em vista o planejamento das atividades agrícolas.

3.4 CONCLUSÕES

A cultivar de soja IAC Foscarin 31 não apresentou diferença significativa de rendimento para o período de semeadura adotado, ao contrário da IAC 17.

O modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados para a IAC 17 foi o polinomial de segundo grau, permitindo inferir o rendimento de acordo com a data de semeadura da cultura. Queda de rendimento de até 50% em função da data de semeadura foram previstas pelo modelo matemático.

A cultivar IAC Foscarin apresentou maior rendimento na semeadura “cedo” e “tardia” em relação ao cultivar IAC 17, caracterizando a importância da prática da semeadura de cultivares de diferentes hábitos de crescimento ou grupo de maturação numa mesma propriedade, diminuindo a interferência da pontualidade em máquinas agrícolas.

4 DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO EMPÍRICO PARA A SELEÇÃO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS NA CULTURA DA SOJA, CONSIDERANDO A PONTUALIDADE NA SEMEADURA

RESUMO

O Brasil é o segundo produtor mundial de soja, com 31 milhões de toneladas. No país é uma das culturas que mais se utiliza a mecanização, podendo esse item atingir a 40% do custo total de produção. Das operações realizadas, a semeadura é crítica devido a sensibilidade da soja ao fotoperíodo e temperatura. Efetuada fora de época, afeta o rendimento; se for no período ideal, visando o rendimento máximo, o custo da mecanização pode inviabilizar o investimento. Tendo em vista essas restrições, o trabalho tem o objetivo desenvolver um modelo empírico para a seleção de máquinas agrícolas para a cultura da soja. Construído em MS Visual Basic 6, calcula a receita parcial, considerando a pontualidade na semeadura. A rotina foi verificada quanto a possíveis erros e a validação feita comparando-se os resultados do programa com valores da literatura. As vantagens do programa referem-se ao cálculo do custo fixo com base nas horas efetivamente trabalhadas e do número de equipamentos com base na pontualidade.

SUMMARY

AN EMPIRICAL MODEL FOR CHOOSING FARM MACHINERY IN SOYBEAN CROP, CONSIDERING TIMELINESS COSTS

Brazil is the second world producer of soybean with 31 millions of tons. In the country it is one of cultures in which mechanization is more utilized and the cost of this item reach 40% of the total production cost. The sowing period is critical because of the sensibility in respect to climate conditions. Earlier or later establishment may affects the yield; executed in the ideal sowing period, aiming at the maximum yield, may cause the investment impracticable due to mechanization costs. Considering these restrictions, the work has the aim to develop a model to select agricultural machinery for soybean culture, discussing its advantages and limitations. Built in MS Visual Basic 6 it calculates a partial income, taking in consideration the timeliness in the sowing operation. The routine was verified as to possible errors and the validation made comparing the programs results with literature value. The advantages of the program refer to the calculations of the fixed costs based on effective working hours and partial income based on timeliness.

4.1 INTRODUÇÃO

A mecanização na cultura da soja representa grande parte dos custos de produção. Os custos diretos referentes ao uso de máquinas agrícolas podem chegar a 40% dos custos de produção de soja no plantio convencional e 30% no plantio direto (FNP, 1998). As estimativas referentes aos custos indiretos, definido como aquele causado pelas perdas na produção devido a não realização das operações agrícolas nos prazos determinados (Hunt, 1974; Witney, 1988), ainda são desconhecidos para as condições do país. A quantidade de máquinas disponíveis no mercado e os custos indiretos associados à pontualidade das operações torna a seleção de sistemas mecanizados uma atividade complexa. A modelagem desses sistemas, como um recurso auxiliar para a tomada de decisão, permite com que as variáveis envolvidas sejam estudadas e avaliadas quanto a importância na composição dos custos de

produção (Burrows e Siemens, 1974; Edwards e Boeijlhe, 1981; Milan, 1992). A pontualidade na cultura da soja pode ser quantificada em cada processo de seu manejo, como as perdas referentes a época de preparo do solo (Elmore, 1990), de semeadura (Câmara, 1998), de controle de plantas daninhas (Fleck et al., 1997), de controle de doenças e pragas (Gazzoni, 1998) e época de colheita (Santos, 1996). Dos aspectos relacionados ao manejo cultural, merece atenção a época de semeadura. O fato de a soja ser considerada uma cultura termo e fotossensível, quando suas exigências climáticas não são atendidas, a planta está sujeita a alterações fisiológicas e morfológicas afetando o rendimento e arquitetura da planta (EMBRAPA, 1998). Tendo em vista a importância da soja, as restrições relacionadas ao fotoperíodo crítico, o trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo empírico para a seleção de máquinas agrícolas para a cultura da soja considerando a pontualidade na semeadura, discutindo suas vantagens e limitações.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O modelo foi desenvolvido em MS Visual Basic 6.0, de acordo com fluxograma apresentado na Figura 7. Os dados de entrada (1)* para o funcionamento do modelo referem-se ao tamanho da área, período de planejamento da safra e tipo de solo e preparo, com operações mecanizadas pertinentes à escolha, tais como aração, calagem, gradagem, aplicação de herbicida e inseticida.

O usuário determina o período de semeadura, cuja função é definir o rendimento da cultura (2), de acordo com o modelo de regressão (Equação 1) para o cultivar de soja IAC-17 em sete épocas de semeadura (17/09/98, 02/10/98, 19/10/98, 03/11/98, 17/11/98, 02/12/98 e 17/12/98) para a região de Piracicaba.

As datas de início e término das atividades mecanizadas (3) são determinadas pelo modelo e variam de acordo com a data de semeadura (Tabela 8). Com a entrada do número de dias úteis de cada mês do ano agrícola é calculado o tempo disponível (4), de acordo com metodologia de Mialhe (1974)

* número entre parênteses referem-se ao fluxograma apresentado na Figura 7.

Figura 7. Fluxograma do modelo.

Tabela 8. Planejamento das atividades agrícolas de acordo com a época de semeadura.

Operação	Época indicada
Preparo do solo	Até 10 dias antes do início da semeadura
Aplicação de herbicida em pré-emergência	Até 3 dias antes do início da semeadura
Aplicação de herbicida em pós-emergência	De 15 a 25 dias após a semeadura
Aplicação de inseticida	De 25 a 90 dias após a semeadura
Colheita	De 120 a 140 dias após a semeadura

Fonte: BASF²

A seleção do sistema mecanizado é realizada através de um banco de dados (5). Os tratores encontram-se em três faixas de potência, 56 kW, 67 kW e 89 kW, aqui denominadas de baixa, média e alta potência, respectivamente. A escolha dos implementos disponível do banco de dados é aquela correspondente à faixa de potência selecionada, de acordo com recomendação dos catálogos de fabricantes. As faixas de potência das colhedoras foram divididas em dois grupos: de 74 kW a 147 kW e de 148kW a 185 kW. Os preços das máquinas e suas respectivas características foram extraídos do FNP (1998).

A capacidade operacional a campo e o número de conjuntos por semana são calculados de acordo com metodologia adotada por Mialhe (1974). Com o número máximo de tratores requeridos por semana tem-se a frota final para o cálculo do custo da mecanização (6).

Os custos diretos das máquinas utilizadas foram obtidos de acordo com a ASAE (1996). Os custos operacionais foram calculados a partir das horas de uso das máquinas segundo as requeridas no planejamento (7). Com a somatória dos custos operacionais de todas as operações, multiplicada pela área, tem-se o custo total de mecanização (8). A pontualidade associada à semeadura (9) é obtida de acordo com a Equação 3.

² BASF – O Brasil já colhe o futuro (folheto)

$$RE = \left[\sum_{i=1}^n (A_i \times Rd_i) \right] \times Ps \quad (3)$$

Em que: RE – retorno econômico da soja, US\$; n - número de semanas dentro do período de semeadura; A_i - área trabalhada na semana i , ha; R_i - rendimento esperado na semana i , kg ha⁻¹; Ps - preço da soja, US\$ kg⁻¹.

A saída de dados (10) refere-se à diferença entre o retorno econômico da soja e o custo total de mecanização, finalizando-se um cenário (11). As novas simulações, para os mesmos dados de entrada podem ocorrer na mudança referentes às características dos conjuntos mecanizados (12) ou a época de semeadura (13) para incremento da receita parcial. Os formulários e parte da rotina do modelo computacional encontram-se no Anexo A e Anexo B.

A rotina foi verificada quanto a erros nas etapas intermediárias do programa. Com a utilização de 1000 horas de uso para tratores e colhedoras e 500 horas para implementos, foi realizada a validação do modelo pela comparação dos resultados com valores fornecidos pela literatura e por uma propriedade agrícola produtora de soja no estado de São Paulo.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram verificados erros na rotina do programa quanto ao cálculo do rendimento da cultura, dos custos operacionais e da receita parcial. Os dados de entrada para a comparação dos resultados obtidos referiram-se a uma área de 4700 ha, para a safra agrícola de 01/08/1998 a 31/03/1999, com período de semeadura compreendido entre 17/09/1998 a 17/12/1998. Foram estudados três cenários básicos para validação do modelo em relação ao custo operacional das máquinas onde o Cenário-A refere-se à potência de 56 kW e 100 kW; Cenário-B a 67 kW e 111kW; Cenário-C a 89 kW e 155 kW para tratores e colhedoras, respectivamente.

A validação efetuada através da comparação dos resultados, demonstrou que para a faixa de potência de 89 kW o programa calcula os custos operacionais com uma diferença 2% inferior em relação aos dados fornecidos pela FNP (1998) e 10%

inferiores aos fornecidos pela propriedade agrícola. A EMBRAPA (1997a) fornece um custo de mecanização para a soja na ordem de US\$ ha⁻¹ 78,31 sem especificar o sistema utilizado; o programa forneceu valores de US\$ ha⁻¹ 77,41, US\$ ha⁻¹ 84,68 e US\$ ha⁻¹ 98,61 para as potências de 56 kW, 67 kW e 89 kW, representando diferenças de -1%, 8% e 25%, respectivamente, em relação aos valores da EMBRAPA (1997a) (Figura 8). Em seguida, os custos das operações mecanizadas foram validados individualmente, (Figura 9) demonstrando que o modelo apresenta a mesma tendência de custos em relação aos dados de literatura e da propriedade agrícola. As diferenças podem ser consideradas adequadas em função das variáveis que influem no trabalho agrícola. Sobressaem-se os custos operacionais da aração obtidos no modelo, pois apresenta menor capacidade operacional a campo, consequência da largura de trabalho, comparado a outras operações. Os custos operacionais da colheita da propriedade apresentam-se maiores que a tendência obtida no modelo e na literatura devido à terceirização do serviço e a inclusão do preço do aluguel nas estimativas de custos.

Uma das características básicas do modelo refere-se a obtenção dos custos do sistema mecanizado em função das horas trabalhadas na cultura e não de uma estimativa anual. Uma segunda é de que o modelo permite calcular renda parcial, através da estimativa de rendimento em função da época de semeadura. Através da utilização interativa do programa, o usuário pode estimar o melhor período de semeadura e com isso o modelo define a necessidade de conjuntos mecanizados para atender aos prazos das operações. A principal limitação do modelo computacional está no fato de que as datas das operações não podem ser alteradas, excetuando-se a semeadura. Isso implica que não existe a possibilidade de avaliar a frota para toda as operações. As alternativas a essa limitação ficam condicionadas a mudanças na faixa de potência, largura de trabalho dos implementos, jornada de trabalho e tipo de preparo de solo.

Figura 8. Validação do modelo em relação ao custo operacional (US\$ ha⁻¹) em comparação com resultados obtidos em literatura e numa propriedade agrícola produtora de soja.

Figura 9. Validação do modelo em relação ao custo operacional nas operações mecanizadas (US\$ ha⁻¹), em comparação com resultados obtidos em literatura e numa propriedade agrícola produtora de soja.

4.4 CONCLUSÕES

O modelo mostrou-se adequado com relação a rotina e aos resultados obtidos. As vantagens do programa referem-se a obtenção dos custos considerando-se somente às horas de uso das máquinas aplicadas a cultura e por considerar a pontualidade. A limitação principal é a fixação nas datas das operações, excetuando-se a semeadura, mas alternativas podem ser utilizadas no desenvolvimento de cenários.

5 A PONTUALIDADE NA SEMEADURA DA SOJA E SEU EFEITO NO NÚMERO DE MÁQUINAS, RETORNO ECONÔMICO, CUSTO DE MECANIZAÇÃO E RECEITA PARCIAL

RESUMO

Estima-se que os custos diretos no uso de máquinas agrícolas na cultura da soja estejam em 40% dos custos de produção e os de pontualidade, ou indiretos, são desconhecidos. A pontualidade determina o prazo em que as operações devem ser realizadas, ocorrendo perdas caso isso não aconteça. Como a época de semeadura determina o desenvolvimento da cultura, há de se priorizar essa operação. O objetivo desse trabalho é de analisar o efeito da pontualidade no número de máquinas, retorno econômico promovido pela cultura, custo de mecanização e receita parcial. Para tanto, foi utilizado um modelo empírico desenvolvido para a seleção de máquinas agrícolas na cultura da soja, com variação no tamanho de área e faixa de potência, na ordem crescente de aumento do número de semanas destinadas à semeadura. Os resultados gerados de diversas simulações demonstraram: que a faixa de potência interfere no custo de mecanização, apesar da diferença do preço inicial das máquinas; o tamanho da área interfere no número de máquinas necessárias para a realização das operações; quanto maior o prazo destinado à semeadura, menor o custo de mecanização e maior a receita obtida, para as condições estudadas.

SUMMARY

TIMELINESS AT SOYBEAN SOWING AND ITS EFFECTS AT MACHINERY NUMBER, YIELDED ECONOMIC RETURN, MECHANIZATION COST AND PARTIAL INCOME

Direct costs for soybean are 40% of total production cost. Timeliness is measurement of the specific time that given field operation must occur in order to reduce yield losses and is unknown for the Brazilian conditions. As the sowing time determines the development of culture, it must prioritize that operation. The objective of this work was to analyze the timeliness at soybean sowing effects of machinery number, yielded economic return, mechanization cost and partial income. An empiric model developed for machinery selection at soybean was used. The scenarios were based at area size, power trial and sowing period. Several simulations demonstrated: that the tractor power interferes in the mechanization cost, in spite of machines initial price; the area size increases the machinery number required; the greater sowing period reduces mechanization cost and increases the partial income, at studied conditions.

5.1 INTRODUÇÃO

De acordo com Balastreire (1987), a pontualidade, em máquinas agrícolas, é definida como a capacidade de efetuar as operações na época em que a qualidade e a quantidade de um produto são otimizadas. O conhecimento da interação entre os efeitos da data de semeadura e colheita, sobre o rendimento, pode otimizar as combinações das operações, levando a minimização das perdas por pontualidade considerada como custo indireto da maquinaria agrícola (Chancellor e Cervinka, 1974). O levantamento dessas perdas por prazo de operação é extremamente útil para a seleção da maquinaria agrícola, evitando-se o superdimensionamento do número de conjuntos, aumento da faixa de potência ou sobrecarga de trabalho para um trator agrícola (Witney, 1988).

Segundo Hunt (1974) a mesma cultura pode apresentar rendimentos diferentes dependendo da região e da variedade utilizada. Assim o fator de perda por pontualidade, associado às operações mecanizadas, deve ser determinado para cada local. Para tanto, os modelos que simulam as diferentes fases de crescimento e rendimento da cultura em função do tipo de solo, clima, manejo entre outros, podem ser associados ao planejamento das atividades agrícolas na avaliação da pontualidade (Hoogerboom et al., 1992).

Em alguns modelos desenvolvidos para otimizar a seleção de máquinas agrícolas na cultura da soja e milho considera-se a pontualidade pelas perdas por dia decorrentes do atraso das operações mecanizadas, em especial, a época de semeadura (Burrows e Siemens, 1974, Edwards e Boeijlhe 1980, Lal et al., 1992). No caso a soja apresenta termo e fotossensibilidade e quando suas exigências climáticas não são atendidas, como por exemplo o atraso da semeadura, ocorrem alterações fisiológicas e morfológicas que afetam o seu rendimento, caracterizando o custo indireto devido a operação mecanizada. (EMBRAPA, 1997b).

No Brasil, segundo maior produtor de soja com 31 milhões de toneladas produzidas na safra 1998/1999 (EMBRAPA, 1998), ainda não existem estudos referentes a influência da pontualidade sobre o custo de mecanização. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi de analisar o efeito da pontualidade, referente a operação de semeadura da soja, sobre o número de conjuntos mecanizados, o custo final de mecanização, e na receita parcial.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do trabalho foi utilizado um microcomputador Microtec com 64 MB de memória RAM e processador Pentium II, no qual foi instalado um programa de seleção de máquinas agrícolas para a cultura da soja, desenvolvido no Capítulo 4, que considera a pontualidade na operação de semeadura, com a Equação 1 desenvolvido

no Capítulo 3, onde o fluxograma básico, com a saída de dados, é apresentado na Figura 10.

No programa o usuário fornece os dados relativos: a propriedade (1)^{*}, período de semeadura para a cultivar IAC 17 (2), realização das operações agrícolas (3) e clima (4). A seguir seleciona a faixa de potência dos tratores (5) e programa calcula o número de conjuntos por semana (6), o custo operacional (7) e total da mecanização (8). A pontualidade é determinada pelo retorno econômico (9), dado pela Equação 3, para a obtenção da receita parcial (10), que é a diferença entre o retorno econômico e o custo de mecanização. Caso o usuário deseje, podem ser realizados novos cálculos (11), alterando o sistema mecanizado (12), as datas de semeadura (13) ou os dados referentes a propriedade (14). Os resultados finais (15) são emitidos na forma de planilha contendo o tamanho da área, custo de mecanização, a receita parcial, o retorno econômico, a necessidade semanal de tratores e as máquinas selecionadas. Os formulários do modelo computacional e parte de sua rotina apresentam-se nos Anexos A e B.

Para o presente trabalho os dados referentes ao planejamento das operações agrícolas para a cultura da soja são apresentados na Tabela 9. A seleção de máquinas foi realizada com base em três faixas de potência para tratores, visando o preparo de solo convencional, sem a operação de colheita, devido ao alto preço inicial das máquinas. Os tratores e implementos são apresentados na Tabela 10, com respectivo preço inicial. Os períodos de semeadura considerados e que definem o rendimento da cultura, são apresentados na Tabela 11.

^{*} números em parênteses correspondem ao fluxograma da Figura 10

Figura 10. Fluxograma básico do modelo.

Tabela 9. Prazo para cumprir as operações mecanizadas em relação a época de semeadura.

Operação	Época indicada
Preparo do solo	Até 10 dias antes do início da semeadura
Aplicação de herbicida em pré-emergência	Até 3 dias antes do início da semeadura
Aplicação de herbicida em pós-emergência	De 15 a 25 dias após a semeadura
Aplicação de inseticida	De 25 a 90 dias após a semeadura
Colheita	De 120 a 140 dias após a semeadura

Fonte: BASF²

Tabela 10. Máquinas selecionadas de acordo com a faixa de potência, onde: LT= largura de trabalho; e PI = preço inicial.

Máquinas	Potência (kW)					
	56		67		89	
	LT (mm)	PI (US\$)	LT (mm)	PI (US\$)	LT (mm)	PI (US\$)
Trator	-	19.920,00	-	31.364,00	-	34.000,00
Arado	900	657,00	1350	857,00	1800	4.981,00
Grade	2140	1.998,00	3310	3.036,00	4870	5.029,00
Dist. Calcário	6000	4.892,00	14000	6.189,00	14000	6.189,00
Pulverizador 1	9000	2.607,00	12000	2.600,00	14000	3.719,00
Semeadora	2900	11.714,00	3400	12.883,00	5500	26.750,00
Pulverizador 2	9000	2.607,00	12000	2.600,00	14000	3.719,00

Tabela 11. Período de semeadura, para definir a pontualidade na operação mecanizada nos cenários estudados.

Nº de semanas de semeadura	Início de semeadura	Fim da semeadura
1	17/09/98	25/09/98
2	17/09/98	02/10/98
3	17/09/98	09/10/98
4	17/09/98	16/10/98
5	17/09/98	24/10/98
6	17/09/98	31/10/98
7	17/09/98	07/11/98
8	17/09/98	13/11/98
9	17/09/98	21/11/98
10	17/09/98	28/11/98
11	17/09/98	05/12/98
12	17/09/98	17/12/98

² BASF – O Brasil já colhe o futuro (folheto)

As simulações (cenários) foram efetuadas utilizando-se o programa de maneira interativa, realizando-se a variação da data de semeadura, área plantada e faixa de potência, em um total de 108; o diagrama básico das simulações é apresentado na Figura 11.

Figura 11. Cenários desenvolvidos para aplicação do modelo, considerando a pontualidade.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Número de Máquinas

O número de conjuntos mecanizados variou de acordo com o planejamento, e principalmente devido ao período de semeadura determinado. Para a área de 1500 ha, o número de tratores e a distribuição da frota para o período de 1 a 12 semanas é apresentado na Figura 12. Como a época das demais operações mecanizadas varia de acordo com a época de semeadura, quanto maior o período, melhor a distribuição da frota mecanizada.

Figura 12. Distribuição dos conjuntos mecanizados, de acordo com o número de semanas de semeadura, para a área de 1500 ha em: a) uma semana de semeadura; b) doze semanas de semeadura.

Com a realização da semeadura em apenas 1 semana, o número de conjuntos mecanizados para a realização das operações foi elevado, com épocas em que as operações somavam 20 tratores. Esse valor é o dobro comparado a semeadura realizada no período de 12 semanas disponíveis, com exigência máxima de 10 tratores. A diminuição do número de conjuntos faz com que se eleve o número de horas de uso das máquinas, evitando a ociosidade.

Os tratores de maior faixa de potência, no caso 89 kW, apresentaram o menor número de conjuntos, nas duas situações, devido ao aumento da largura de trabalho dos implementos correspondentes.

5.3.2 Retorno Econômico

O retorno médio econômico, calculado pela Equação 3, foi semelhante para tamanho de área e faixa de potência, variando apenas entre as semanas (Figura 13), com destaque para valores mínimo e máximo obtidos pelo modelo, em comparação ao

apresentado pela FNP (1998) de US\$ ha⁻¹ 431,45 para rendimento médio de 2000 kg ha⁻¹, no preparo convencional do solo. O máximo valor obtido no modelo foi de US\$ ha⁻¹ 510,00 e o mínimo de US\$ ha⁻¹ 300,00, representando 18% e -30% em relação ao obtido em literatura. A semeadura realizada em 10 semanas (entre 17/09/98 a 28/11/98) apresentou o maior retorno médio econômico.

Figura 13. Distribuição do retorno médio econômico em diferentes épocas de semeadura de todos os cenários estudados, destacando-se o mínimo e o máximo valor obtido.

5.3.3 Custo de Mecanização

Na comparação do custo de mecanização por tamanho de área, observa-se que os custos diminuem a medida que aumenta o número de semanas trabalhadas (Figura 14). No que se refere às três faixas de potência, a ordem decrescente de custos foi a mesma: de 56 kW para 89 kW, apesar da diferença crescente entre os preços iniciais das máquinas selecionadas. A área de 3500 ha apresentou custos muito superiores (US\$ ha⁻¹ 188,00) comparados a 1500 ha (US\$ ha⁻¹ 85,00), com diferença de 45 % entre os menores custos de mecanização obtidos em 12 semanas de semeadura para a faixa de potência de 89 kW, devido ao número de conjuntos requeridos.

Os custos de mecanização encontrados pelo modelo, em grande parte, foram muitos superiores ao encontrado em literatura (US\$ ha⁻¹ 149,30). Isso porque para a base de

cálculo do custo de mecanização normalmente emprega-se 1000 horas de utilização anual de tratores e 500 horas para implementos e no modelo, as horas de trabalho variam de acordo com o período de planejamento para o manejo da cultura da soja.

Figura 14. Custo de mecanização (US\$ ha⁻¹) de acordo com o número de semanas de semeadura em três tamanhos de área: (a) 1500 ha; (b) 2500 ha; (c) 3500 ha.

5.3.4 Receita Parcial

A maior receita parcial obtida ocorreu na semeadura realizada no intervalo de 12 semanas (entre 17/09/98 a 17/12/98) para os três tamanhos de área (Figura 15) com valores de US\$ ha⁻¹ 417,00, US\$ ha⁻¹ 361,00 e US\$ ha⁻¹ 313,00 para 1500 ha, 2500 ha e 3500 ha, respectivamente, na faixa de potência de 89 kW. Essas diferenças representam 46%, 27% e

10% superiores ao valor de receita parcial calculado a partir dados fornecidos pela FNP (1998) de US\$ ha⁻¹ 285,15, para rendimento de 2000 kg ha⁻¹.

Figura 15. Receita Parcial (US\$ ha⁻¹) de acordo com o número de semanas de semeadura em três tamanhos de área: (a) 1500 ha; (b) 2500 ha; (c) 3500 ha.

Apesar do retorno econômico apresentar os melhores resultados no período de 10 semanas de semeadura, a melhor receita parcial, para três tamanhos de área na faixa de potência de 89 kW foi no período de 12 semanas de semeadura. Independente do rendimento da cultura, quanto maior o número de horas de uso do maquinário agrícolas, menores os custos de mecanização devido a menor ociosidade dessas máquinas, aumentando a receita obtida na produção da cultura da soja. Na Tabela 12, o resumo dos resultados obtidos para 12 semanas de semeadura comparada aos valores divulgados pela FNP (1998), que representa a média nacional.

O custo de mecanização para área de 1500 ha demonstrou ser inferior ao da literatura em todas as faixas de potência, ao contrário do que ocorreu em 3500 ha. Em 2500 ha, somente a faixa de potência de 89 kW apresentou-se inferior. Na receita parcial, apenas as áreas de 3500 ha nas faixas de potência de 56 kW e 67 kW apresentaram valores inferiores ao valor obtido em literatura.

Tabela 12. Custo de mecanização (US\$ ha⁻¹) e Receita Parcial (US\$ ha⁻¹) para 12 semanas de semeadura.

Área (ha)	Custo de mecanização (US\$ ha ⁻¹)				Receita Parcial (US\$ ha ⁻¹)			
	Literatura	56 kW*	67 kW*	89 kW*	Literatura	56 kW*	67 kW*	89 kW*
1500	149,30	126,00	109,00	85,00	285,15	376,00	393,00	417,00
2500	149,30	206,00	184,00	140,00	285,15	295,00	317,00	361,00
3500	149,30	287,00	259,00	188,00	285,15	214,00	242,00	313,00

*Faixa de potência

5.4 CONCLUSÕES

O número de máquinas diminuiu com o aumento da época de semeadura e faixa de potência dos tratores.

O retorno médio econômico, pela metodologia adotada, foi diferente entre épocas de semeadura e não variou com tamanho de área e faixa de potência.

O custo de mecanização diminuiu com o aumento da época de semeadura devido ao maior número de horas de uso anual do maquinário agrícola, ocorrendo aumento da receita parcial.

6 CONCLUSÕES GERAIS

O modelo apresentou ser adequado para a consideração do custo indireto na operação de semeadura da soja. Referente às etapas do processo, conclui-se que:

Houve resposta de rendimento do cultivar IAC 17 em relação às épocas de semeadura estudadas. A equação obtida através de análise estatística foi apropriada para uso no planejamento das atividades agrícolas e determinar a pontualidade na semeadura;

O modelo de seleção de máquinas agrícolas correspondentes à produção da soja incluiu a equação de rendimento para caracterizar a pontualidade na semeadura. Através da validação, a rotina e os resultados obtidos foram adequados às situações estudadas;

A utilização do modelo para a cultura da soja demonstrou que existe diferença no custo de mecanização e na receita obtida dependendo do período de semeadura. Apesar da cultura da soja apresentar época ideal, considerada como a que proporciona o maior rendimento, o prolongamento desse período, visando obter menor número de máquinas e maior número de horas de uso anual, foi fator determinante para diminuição do custo de mecanização e aumento da receita parcial, dentro das condições estudadas.

ANEXO A*Formulários do Programa*

Seleção de Máquinas Agrícolas

Modelo Empírico na Seleção de Máquinas Agrícolas na Cultura da Soja Considerando a Pontualidade na Semeadura

Este modelo faz parte da dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Máquinas Agrícolas - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Nome: Cristina Monteiro Veiga
Orientador: Dr. Marcos Milan

Projeto financiado pela FAPESP

Formulário 1. Apresentação do modelo

The image shows a screenshot of a software window titled "Análise Operacional". The window has a menu bar with "Cultura" and a sub-menu with "Soja" and "Outras". Below the menu bar, there is a text field labeled "Área (ha)" with the value "1500". To the left of the "Área (ha)" field is a group box labeled "Preparo do solo" containing two radio buttons: "Convencional" (selected) and "Plantio Direto". To the right of the "Área (ha)" field is a group box labeled "Tipo de solo" containing two radio buttons: "Argiloso" (selected) and "Arenoso". Below the "Área (ha)" field is a group box labeled "Operações" containing five checked checkboxes: "Aração", "Aplicação de Calcário", "Gradagem leve", "Aplicação de Herbicida", and "Aplicação de Inseticida". To the right of the "Tipo de solo" field is a group box labeled "Período" containing two text fields: "01-ago-98" labeled "início" and "31-mar-99" labeled "fim". At the bottom center of the window is an "OK" button.

Preparo do solo	Operações	Tipo de solo	Período
☒ Convencional	☒ Aração	☒ Argiloso	01-ago-98 início
☐ Plantio Direto	☒ Aplicação de Calcário	☐ Arenoso	31-mar-99 fim
	☒ Gradagem leve		
	☒ Aplicação de Herbicida		
	☒ Aplicação de Inseticida		

Formulário 2. Escolha do tamanho de área, período do planejamento e preparo do solo

Formulário 3. Determinação de época de semeadura e estimativa de rendimento da cultura da soja

Datas das Operações Agrícolas

Preparo do solo

 Início Fim

<i>Aração</i>	<input type="text" value="01/08/98"/>	<input type="text" value="15/11/98"/>
<i>Calagem</i>	<input type="text" value="01/08/98"/>	<input type="text" value="15/11/98"/>
<i>Gradagem</i>	<input type="text" value="07/08/98"/>	<input type="text" value="22/11/98"/>
<i>Aplicação de Herbicida</i>	<input type="text" value="10/09/98"/>	<input type="text" value="12/12/98"/>
<i>Semeadura</i>	<input type="text" value="17/09/98"/>	<input type="text" value="17/12/98"/>
<i>Aplicação de Herbicida</i>	<input type="text" value="07/10/98"/>	<input type="text" value="29/12/98"/>
<i>Aplicação de Inseticida</i> (Início do ciclo)	<input type="text" value="21/10/98"/>	<input type="text" value="29/12/98"/>
<i>Aplicação de Inseticida</i> (Fim do ciclo)	<input type="text" value="28/11/98"/>	<input type="text" value="18/03/99"/>
<i>Colheita</i>	<input type="text" value="14/01/99"/>	<input type="text" value="29/03/99"/>

Formulário 4. Datas das operações mecanizadas

Formulário 5. Gráfico de Gantt

Região do Planejamento

São Paulo Outros Estados

Piracicaba

Outras

Ano Agrícola 1998 / 1999

	Nº dias	Domingos e Feriados	Nº de dias secos	Dias úteis	Tempo Disponível por semana (dias)
Agosto	31	5	31	26	6,5
Setembro	30	7	28	22	5,5
Outubro	31	6	20	16	4,0
Novembro	30	5	18	15	3,8
Dezembro	31	5	10	9	2,3
Janeiro	31	4	7	6	1,5
Fevereiro	28	5	7	6	1,5
Março	31	5	15	13	3,3

(EMBRAPA, 1997)

Selecionar equipamentos

Formulário 6. Escolha da região; determinação dos dias agronomicamente úteis; determinação do tempo disponível

Máquinas Agrícolas

Tratores Implementos **Colhedoras** Limpar

100 cv
200 cv

Tratores

Potência (cv) Marca e Modelo Tração Preço (US\$)

90 Ford 6630 TR 4x2 T D A \$37.467,00 OK

Implementos

	Largura de Trabalho (mm)	Modelo	Preço (US\$)	Velocidade de Trabalho* (km/h)	Eficiência da operação*
Arado	1500	PEI-40	1.849,00	7,0	0,85
Distribuidor de Calcário	14000	DCA2 7500	6.189,00	7,0	0,85
Grade niveladora	3310	GN 36	3.036,00	6,0	0,8
Fulvenizador (herbicida)	12000	Montana SL	2.600,00	11,0	0,7
Semeadora	3800	PST ULTRA 9	16.925,00	8,0	0,7
Fulvenizador (inseticida)	12000	Montana SL	2.600,00	11,0	0,7

Colhedoras

Potência (cv) Marca e Modelo Largura de Trabalho (mm) Preço (US\$)

140 SLC John Deere 1155 4800 \$69.835,00

Número de conjuntos

* De acordo com ASAE

Formulário 7. Escolha das máquinas, de acordo com as suas características

Capacidade Operacional e Número de Conjuntos Mecanizados

Voltar

	Capacidade Operacional (ha/h)	Jornada de Trabalho (h/dia)	Tempo Disponível (h)	Ritmo Operacional (ha/h)	Número de Conjuntos Mecanizados
Aração	0,89	10	716	2,09	2,3
Calagem	8,33	10	640	2,34	0,3
Gradagem	1,59	10	689	2,18	1,4
Herbicida de Pré-Emergência	9,24	10	523	2,87	0,3
Semeadura	2,13	10	468	3,21	1,5
Herbicida de Pós-Emergência	9,24	10	404	3,71	0,4
Inseticida de Início de ciclo	9,24	10	324	4,63	0,5
Inseticida de Fim de ciclo	9,24	10	212	7,08	0,8
Colheita	2,69	10	90	16,67	6,2

Número de conjuntos mecanizados por semana

Ok

Agosto				Outubro				Dezembro				Fevereiro			
2,6	4	4	4	5,8	6,2	6,7	6,7	3,5	3,2	1,7	1,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Setembro				Novembro				Janeiro				Março			
4	4,3	5,8	5,8	6,7	6,7	4,1	3,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0	

Custos

Formulário 8. Determinação da capacidade operacional; escolha da jornada de trabalho; determinação do número de conjuntos mecanizados e colhedoras

Custo da mecanização*

	Aração	Gradagem	Semeadura	Herbicida	Inseticida	Colheita	Calagem
Custos Fixos							
(US\$/ha)	12,99	12,05	12,99	11,51	11,36	309,03	11,37
Custos Variáveis							
(US\$/ha)							
Mão de Obra	12,75	7,14	5,33	1,23	1,23	4,22	1,36
Reparo e Manutenção	6,86	3,76	5,19	0,60	0,61	138,46	0,73
Combustível	3,15	1,76	1,31	0,30	0,30	1,62	0,34
Custos	Σ 35,75	24,71	24,82	13,64	13,50	453,33	13,80

Tratores				Colhedoras			
Quantidade	Horas de uso (unidade de trator)	Vida útil (anos)	Custo fixo (US\$/h)	Quantidade	Horas de uso (unidade de colhedora)	Vida útil (anos)	Custo fixo (R\$/h)
7	568	10	11,35	6	15	10	800,77

	Arado Escarificador	Grade	Semeadora	Pulverizador (Herbicida)	Pulverizador (Inseticida)	Distribuidor de Calcário	
Quantidade	2	1	1	1	1	1	
Vida útil (anos)	5	5	5	10	10	10	
Horas de uso (unidade de implemento)	358	689	468	927	536	640	
Custo fixo (R\$/h)	1,46	1,11	3,49	0,34	0,08	0,20	Custo total

Juros	0,12	Valor de Sucata	0,2	Taxas	0,02	Preço do Diesel	US\$	0,25	Hora/Analista	US\$/h	1,00
-------	------	-----------------	-----	-------	------	-----------------	------	------	---------------	--------	------

*De acordo com a ASAE

Formulário 9. Determinação dos custos operacionais de acordo com as horas de trabalho de cada conjunto mecanizado e colhedoras

Custo Final da Mecanização

Área: 1500

Custo Final da Mecanização (US\$)

Semeadura: 37230

Colheita:

Aplicação de Herbicida de Pré-emergência: 10230

Aplicação de Inseticida (Início de ciclo): 10125

Aplicação de Herbicida de Pós-emergência: 10230

Aplicação de Inseticida (Fim de ciclo): 10125

Colagem: 20700

Escarificação: 53625

Gradagem: 37055

(Σ) 142140

Formulário 10. Determinação do custo final de mecanização, sem a colheita, de acordo com o tamanho de área

Pontualidade na Semeadura da Soja

Datas de Semeadura: Início 17/09/98, Fim 17/12/98, Nº de semanas 12

Preço da soja: U\$/sc 60kg 11,12 = US\$/kg 0,18

Gráfico: Custo da Pontualidade (US\$/ha) vs Data de semeadura. O gráfico mostra uma curva parabólica com pontos de dados, indicando o custo da pontualidade em função da data de semeadura.

	Área Plantada	Rendimento esperado (kg/ha)	Produção (kg)	Retorno Médio Econômico Esperado (R\$)
1ª semana	176,55	1880,58	332016	59762,8
2ª semana	176,55	2521,41	445155	80127,9
3ª semana	128,4	2780,66	357036	64266,4
4ª semana	128,4	2979,83	382610	68869,8
5ª semana	128,4	3118,92	400470	72084,6
6ª semana	128,4	3197,95	410616	73910,8
7ª semana	121,98	3216,9	392397	70631,4
8ª semana	121,98	3175,77	387381	69720,5
9ª semana	121,98	3074,57	375036	67506,4
10ª semana	121,98	2913,30	355364	63965,5
11ª semana	73,83	2578,70	190385	34269,3
12ª semana	73,83	2069,04	152757	27496,2

Formulário 11. Determinação da pontualidade de acordo com a metodologia adotada

Cenário: 159 Tipo de preparo do solo: Convencional

Área: 1500

Nº de tratores: 7

Horas de uso: 568

Planejamento		Semeadura		Rendimento	
Início	Fim	Início	Fim	Início	Fim
01-ago-98	31-mar-99	17-set-98		17-dez-98	

Retorno médio US\$/ha	Custo Mecanização US\$/ha	Receita Parcial US\$/ha
502	95	407

Máquinas

Especificação	Modelo	Preço inicial
Trator: 90 cv ☐ kW	Ford 6630 TR	\$37.467,00
Semeadora: 3800 mm	PST ULTRA 9	\$16.925,00
Pulverizador 1: 12000 mm	Montana SL	\$2.600,00
Pulverizador 2: 12000 mm	Montana SL	\$2.600,00
Dist. Calcário: 14000 mm	DCA2 7500	\$6.189,00
Arado: 1500 mm	PEIXÃO	\$1.849,00
Grade: 3310 mm	GN 36	\$3.036,00

Gerar Planilha

Formulário 12. Cenários estudados

Formulário 13. Arquivo dos cenários estudados em MS EXCEL

Formulário 14. Obtenção do arquivo em MS EXCEL

Microsoft Excel - planilha.xls

Arquivo Editar Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

100%

A1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Resultados finais													
2														
3		Cenário	Área	Custo	Rotorno	Racaita	Faixa de potência	N.º de tratores	Horas (início)	fin	Semeadura (início)	Semeadura (fim)	Prepar	
4	1	1500	1309	339	-970		75	20	50	08/01/98	31/03/99	17/09/98	25/09/98	Conveni
5	2	1500	1132	339	-793		90	14	72	08/01/98	31/03/99	17/09/98	25/09/98	Conveni
6	3	1500	784	339	-445		120	9	111	08/01/98	31/03/99	17/09/98	25/09/98	Conveni
7	4	1500	809	398	-412		75	18	87	08/01/98	31/03/99	17/09/98	02/10/98	Conveni
8	5	1500	688	398	-292		90	12	100	08/01/98	31/03/99	17/09/98	02/10/98	Conveni
9	6	1500	626	398	-129		120	9	133	08/01/98	31/03/99	17/09/98	02/10/98	Conveni
10	7	1500	625	424	-101		75	15	100	08/01/98	31/03/99	17/09/98	02/10/98	Conveni
11	8	1500	446	424	-22		90	10	150	08/01/98	31/03/99	17/09/98	02/10/98	Conveni
12	9	1500	336	424	98		120	7	214	08/01/98	31/03/99	17/09/98	02/10/98	Conveni
13	10	1500	372	447	75		75	14	136	08/01/98	31/03/99	17/09/98	16/10/98	Conveni
14	11	1500	312	447	136		90	9	212	08/01/98	31/03/99	17/09/98	16/10/98	Conveni
15	12	1500	241	447	206		120	7	272	08/01/98	31/03/99	17/09/98	16/10/98	Conveni
16	13	1500	360	467	118		75	16	140	08/01/98	31/03/99	17/09/98	24/10/98	Conveni
17	14	1500	303	467	164		90	11	204	08/01/98	31/03/99	17/09/98	24/10/98	Conveni
18	15	1500	229	467	238		120	8	281	08/01/98	31/03/99	17/09/98	24/10/98	Conveni
19	16	1500	244	484	240		75	13	203	08/01/98	31/03/99	17/09/98	31/10/98	Conveni
20	17	1500	212	484	272		90	9	294	08/01/98	31/03/99	17/09/98	31/10/98	Conveni
21	18	1500	164	484	320		120	7	378	08/01/98	31/03/99	17/09/98	31/10/98	Conveni
22	19	1500	232	495	264		75	13	211	08/01/98	31/03/99	17/09/98	11/07/98	Conveni
23	20	1500	201	495	294		90	9	305	08/01/98	31/03/99	17/09/98	11/07/98	Conveni
24	21	1500	138	495	357		120	6	458	08/01/98	31/03/99	17/09/98	11/07/98	Conveni
25	22	1500	196	504	308		75	12	246	08/01/98	31/03/99	17/09/98	13/11/98	Conveni
26	23	1500	169	504	336		90	8	370	08/01/98	31/03/99	17/09/98	13/11/98	Conveni
27	24	1500	128	504	376		120	6	493	08/01/98	31/03/99	17/09/98	13/11/98	Conveni
28	25	1500	176	503	333		75	12	274	08/01/98	31/03/99	17/09/98	21/11/98	Conveni

Planilha 1. Resultados econômicos; período de planejamento e semeadura; preparo de solo nos cenários estudados

Microsoft Excel - planilha.xls

Arquivo Editar Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

100%

A10

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	
1	Nºtratores/semana																													
2																														
3	Cenário	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S	
4	1	12	20	20	8	0	2	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	
5	2	8	13	13	5	0	2	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	
6	3	6	9	9	3	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	
7	4	12	18	18	8	1	10	8	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	
8	5	8	12	12	4	1	8	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	
9	6	6	9	9	3	1	5	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
10	7	10	15	15	15	6	7	7	6	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	
11	8	7	10	10	10	4	6	6	5	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
12	9	5	7	7	7	3	4	4	3	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
13	10	9	13	13	13	14	10	6	6	6	4	4	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	
14	11	6	8	8	8	8	9	8	5	5	3	3	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
15	12	4	6	6	6	6	7	5	3	4	3	3	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
16	13	8	11	11	11	12	16	8	5	6	8	3	3	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	
17	14	5	7	7	7	7	8	11	6	4	5	6	2	2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
18	15	4	5	5	5	5	6	8	4	3	3	4	2	2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
19	16	6	9	9	9	9	10	13	7	5	6	6	2	2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
20	17	4	6	6	6	6	8	9	9	6	4	5	5	2	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
21	18	3	4	4	4	4	5	7	4	3	4	4	2	2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
22	19	6	9	9	9	9	10	13	13	7	6	6	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	
23	20	4	6	6	6	6	8	9	9	6	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
24	21	3	4	4	4	4	5	6	6	4	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
25	22	6	0	0	0	0	9	12	12	7	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	
26	23	4	6	6	6	6	8	8	8	5	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
27	24	3	4	4	4	4	4	6	6	6	4	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	
28	25	5	8	8	8	8	11	11	11	11	12	7	4	4	4	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0

Planilha 2. Número de tratores por semana de planejamento, em cada cenário estudado

Microsoft Excel - geral planilha.xls

Arquivo Editar Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

100%

A98

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Máquinas Seleccionadas										
2											
3		Cenário	Trotor (cv)	Modelo (T)	Preço (T)	Semeadora (mm)	Modelo (S)	Preço (S)	Pulverizador H (mm)	Modelo (H)	Preço (H) P
4		1	75	Valmet 785C	19920	2900	PST2 8	11714	9000	PJ-401	2607
5		2	90	Ford 6630	31364	3400	PST2 9	12883	12000	Montana SL	2600
6		3	120	MF 297	34000	5500	PST ACTIVA 13	26750	14000	Condor PD	3719
7		4	75	Valmet 785C	19920	2900	PST2 8	11714	9000	PJ-401	2607
8		5	90	Ford 6630	31364	3400	PST2 9	12883	12000	Montana SL	2600
9		6	120	MF 297	34000	5500	PST ACTIVA 13	26750	14000	Condor PD	3719
10		7	75	Valmet 785C	19920	2900	PST2 8	11714	9000	PJ-401	2607
11		8	90	Ford 6630	31364	3400	PST2 9	12883	12000	Montana SL	2600
12		9	120	MF 297	34000	5500	PST ACTIVA 13	26750	14000	Condor PD	3719
13		10	75	Valmet 785C	19920	2900	PST2 8	11714	9000	PJ-401	2607
14		11	90	Ford 6630	31364	3400	PST2 9	12883	12000	Montana SL	2600
15		12	120	MF 297	34000	5500	PST ACTIVA 13	26750	14000	Condor PD	3719
16		13	75	Valmet 785C	19920	2900	PST2 8	11714	9000	PJ-401	2607
17		14	90	Ford 6630	31364	3400	PST2 9	12883	14000	Condor PD	3719
18		15	120	MF 297	34000	5500	PST ACTIVA 13	26750	14000	Condor PD	3719
19		16	75	Valmet 785C	19920	2900	PST2 8	11714	9000	PJ-401	2607
20		17	90	Ford 6630	31364	3400	PST2 9	12883	12000	Montana SL	2600
21		18	120	MF 297	34000	5500	PST ACTIVA 13	26750	14000	Condor PD	3719
22		19	75	Valmet 785C	19920	2900	PST2 8	11714	9000	PJ-401	2607
23		20	90	Ford 6630	31364	3400	PST2 9	12883	12000	Montana SL	2600
24		21	120	MF 297	34000	5500	PST ACTIVA 13	26750	14000	Condor PD	3719
25		22	75	Valmet 785C	19920	2900	PST2 8	11714	9000	PJ-401	2607
26		23	90	Ford 6630	31364	3400	PST2 9	12883	12000	Montana SL	2600
27		24	120	MF 297	34000	5500	PST ACTIVA 13	26750	14000	Condor PD	3719
28		25	75	Valmet 785C	19920	2900	PST2 8	11714	9000	PJ-401	2607

Planilha 3. Máquinas seleccionadas em cada cenário estudado

ANEXO B

Parte da rotina do modelo em MS Visual Basic 6.0

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEMOSUN, O.C. Establishment of a multi-crop production system with minimum fluctuation in tractor and man-hour requirements. **Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America**, v 22, n. 2, p. 35-38, 1991.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Agricultural engineers yearbook – 1996**. St. Joseph, 1996. p. ????: Agricultural management data – ASAE.EP496.2 MAR94

AUDSLEY, E.; DUMONT, S.; BOYCE, D.S. An economic comparison of methods of cultivating and planting cereals, sugar beet and potatoes and their interaction with harvesting, timeliness and available labor by linear programming. **Journal of Agriculture Engineering Research**, v. 23, n. 3, p. 283-300, 1978.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307 p.

BANCHI, A.D. Planejamento da utilização de uma frota de máquinas agrícolas em exploração policultural, determinando a solução de mínimo custo com auxílio de programação linear. Campinas, 1989. 213 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

BERNARDES, M. Administração: modelagem matemática aplicada à agricultura. In: FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2000**. São Paulo, 1999. p.80-81.

BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.A.; ARAUJO, J.B.M. et al. Observações sobre período em que as plantas daninhas competem com a soja (*Glycine max* (L) Merrill). **O Biológico**, v.39, n. 2, p. 576-580, 1973.

- BROWED, J.A.; PEDIGO, L.P.; OWEN, M.D.K. et al. Soybean yield and pest management as influence by nematodes, herbicides, and defoliating insects. **Agronomy Journal**, v. 86, p. 601-608, 1994
- BURNSIDE, O.C.; WICKS, G. A.; CARLSON, D.R. Control of rotation in an oat (*Avena sativa*) - soybean (*Glycine max*) ecofarming rotation. **Weed Science**, v. 28, n. 1, p. 46-50, 1980.
- BURROWS, W.C.; SIEMENS, J.C. Determination of optimum machinery for corn-soybean farms. **Transactions of the ASAE**, v. 17, n. 12, p. 1130-1135, 1974.
- CÂMARA, G.M.S. Ecofisiologia da cultura da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., Piracicaba, 1992. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 129-142.
- CÂMARA, G.M.S. Desempenho produtivo dos cultivares de soja IAC-17, IAC-12 e IAC-19, semeados em três épocas de semeadura e em cinco densidades de plantas, Piracicaba, 1998a. 164 p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- CÂMARA, G.M.S. Origem, difusão geográfica e importância da soja In: CÂMARA, G.M.S. (Ed.) **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ, Depto Agricultura, 1998b. p.1-25.
- CÂMARA, M.P.S.; FERREIRA, M.A.S.V.; DIANESSE, J.C. Efeito da aplicação de fungicidas sistêmicos e épocas de plantio sobre a sanidade de sementes de cultivares de soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 178-182, 1995.
- CAMARGO, M.B.P.; BRUNINI, O.; MIRANDA, M.A.C. Modelo agrometeorológico para a estimativa da produtividade para a cultura da soja no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 45, n. 2, p. 279-292, 1986.

- CHANCELLOR, W.J. Selecting the optimum-sized tractor. **Transactions of the ASAE**, v. 12, n.2 , p. 411-414, 1969.
- CHANCELLOR, W.J.; CERVILLA, V. Timeliness coefficients for rice and factors affecting their value. **Transactions of the ASAE**, v. 17, n. 5, p. 841-844, 1974
- CHEN, L.H. ; McCLENDON, R.W. Selection of planting schedule for soybean via simulation. **Transactions of the ASAE**, v. 27, n. 1, p. 29-32, 35, 1984.
- COBER, E.R.; TANNER, J.W.; VOLDENG, H.D. Genetic control of photoperiod response in early-maturing, near-isogenic soybean lines. **Crop Science**, v. 36, n. 3, p. 601-605, 1996.
- DHINGRA, O.D.; GARCIA, A.; SEDIYAMA, T. Effect of planting time in seed infection by *Phomosis sojae* in the soybean cultivars. **Fitopatologia Brasileira**, v. 4, n. 3, p. 435-440, 1979.
- DIEHL, S.R.L. Relatos por estado sobre o comportamento da cultura da soja na safra 1998/99, São Paulo. In: XXI REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21., Dourados, 1999. **Ata**. Dourados: EMBRAPA, Agropecuária Oeste, 1999. p. 43-46.
- DIELEMAN, A.; HAMILL, A.S.; WEISE, S. et al. Empirical model of pigweed (*Amaranthus spp.*) interference in soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 43, n. 4, p. 612-618, 1995.
- DOURADO-NETO, D. Modelo fitotécnico referente à cultura de milho. 1999. 229 p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- DUFFY, P.A. ; TAYLOR, R. Long-term planning on a corn-soybean farm: a dynamic programming analysis. **Agricultural Systems**, v. 42, p. 57-71, 1993.

EDWARDS, W.; BOEJLHE, M. Machinery selection considering timeliness losses. **Transactions of the ASAE**, v.23, n.4, p. 810-815, 1980.

ELMORE, R.W. Soybean cultivar response to tillage systems and planting date. **Agronomy Journal**, v. 82, n. 1, p. 69-73, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja em regiões de baixas altitudes (< 12 ° S) Região Central do Brasil 1997/1998**. Londrina, 1990. 56 p. (EMBRAPA. CNPSo. Documentos, 41).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Estimativa de custo de produção de soja, no sistema plantio direto e no convencional, safra 1997/1998**, set/98, 1997a. 4p. (EMBRAPA. CNPSo. Comunicado técnico, 33)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil 1997/1998**. Londrina, 1997b. 171 p. (EMBRAPA. CNPSo. Documentos, 106)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil 1998/1999**. Londrina, 1998. 183 p. (EMBRAPA. CNPSo. Documentos, 107).

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ" . Departamento de Ciências Exatas. **Posto metereológico: médias mensais**
<http://www.ciagri.usp.br/~emdabreu/MEDIAS.TXT> (30 Jul. 2000)

FARIAS, J.R.B. Modelos de simulação do desenvolvimento da soja. In: XXI REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 21., Dourados, 1999. **Ata**. Dourados: EMBRAPA, Agropecuária Oeste, 1999. p. 64-67

- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.
- FERREIRA, A.B.H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. São Paulo: Nova Fronteira, 1999. 2569 p.
- FLECK, N.G. Interferência da papuã (*Braquiaria plantegenia*) com a soja e ganho de produtividade obtido através de seu controle. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 2, n. 1, p. 63-68, 1996.
- FLECK, N.G.; CANDEMIL, C.R.G. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill). **Ciência Rural**, v. 25, n. 1, p. 27-32, 1995.
- FLECK, N.G.; CUNHA, M.M.; VARGAS, L. Dose reduzida no controle de papuã na cultura da soja, em função de época de aplicação. **Planta Daninha**, v. 15, n. 1, p 67-73, 1997.
- FLECK, N.G.; VARGAS, L.; CUNHA, M.M. Controle de plantas daninhas em soja com doses reduzidas de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 13, n. 2, p. 123-128, 1995.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 99**. São Paulo, 1998. p.448-483: Soja: redução na lucratividade exige atenção.
- FRANCISCO, V.L.F.S.; MARTIN, N.B. A informática na agricultura paulista. **Informações Econômicas**, v. 29, n. 11, p. 18-25, 1999
- GAZZONI, D.L. Efeito da população de percevejos na produtividade, qualidade de sementes e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 8, p. 1229-1237, 1998.
- GLANCEY, J.L.; UPADHYAYA, S.K.; CHANCELLOR, W.J. et al. Prediction of agricultural implement draft using an instrumented analog tillage tool. **Soil and Tillage Research**, v. 37, n.1, p. 47-65, 1995.

- GRIMM, S.S.; JONES, J. W.; BOOTE, K. J. et al. Parameter estimation for flowering date of soybean cultivars. **Crop Science**, v. 33, n. 1, p. 137-144, 1993.
- HARRIGAN, T.M; ROTZ, C.A. **Draft of major tillage and seedind equipament**. St. Joseph, 1994. 21p. (ASAE. Paper, 94-1533)
- HOOGENBOOM, G.; JONES, J.W.; BOOTE, K.J. Modeling growth, development, and yield of grain legumes using SOYGRO, PNUTGRO and BEANGRO: a review. **Transactions of the ASAE**, v 35, n 6, p. 2043-2056, 1992.
- HUNT, D. **Farm power machinery**. 6.ed. Iowa: Iowa State University Press, 1974. 323 p.
- JANNOT, Ph.; CAIROL, D. Linear programming as an aid to decision making for investments farm equipment for arable farms. **Journal of Agricultural Enginnnering Research**, v. 59, n. 2, p. 173-179, 1996.
- LAL, H.; JONES, J. W.; PEART, R. M. et al. FARMASYS - a whole-farm machinery mangement decision support system. **Agricultural Systems**, v.38, p.257-273, 1992.
- LAL, H.; PEART, R.M.; JONES, J.W. et al. An intelligent information manager for knowledge-based systems. **Applied Engineering in Agriculture**, v.6, n.4, p.525-531, 1990.
- LAL, H.; PEART, R.M.; JONES, J. W. et al. An objective-oriented field operations simulator in PROLOG. **Transactions of the ASAE**, v. 34, n. 3, p. 1031-1035, 1991.
- LINDQUIST, J.L.; MAXWELL, B.D.; BUHLER, D.D. et al. Modeling the population dynamics and economics on velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) control in a corn (*Zea mays*) - soybean (*Glycine max*) rotation. **Weed Science**, v. 43, n. 2, p. 269-275, 1995.

- MARCOS FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.L.C. **Características agronômicas e fenologia da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob influência da época de semeadura: relatório técnico apresentado ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).** Piracicaba: ESALQ, 1990. 57 p.
- MARCHIORI, L.F.S. Desempenho vegetativo e produtivo de três cultivares de soja em cinco densidades populacionais nas épocas normal e safrinha. Piracicaba, 1998. 55p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MAROCHI, A.I. Avaliação do período ideal entre aplicação e ocorrência de chuva, para herbicidas e ocorrência de chuva, para herbicidas de ação sistêmica, utilizados em dessecação no plantio direto. **Zapp: O desafio do novo.** São Paulo: Zeneca Agrícola, 1996. 194 p.
- MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R. T. Soja. In: RAIJ, B van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. et al. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p. 202-203. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; COSTA, A.A. et al. **Efeito residual de leguminosas sobre rendimento físico e econômico da cana-planta.** Campinas: IAC, 1994. 15 p. (IAC. Boletim Científico, 32)
- McCLEDON, R. W.; WESTZSTEIN, M. E.; EDWARDS, D. W. et al. Risk efficiency of machinery selection for double cropping via simulation. **Transactions of the ASAE**, v. 30, n. 5, p. 1259-1265, 1987.
- MELLO, L. M. Efeitos de diferentes sistemas de preparo de solo na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e sobre algumas propriedades de um Latossolo Vermelho de Cerrado. Botucatu, 1988. 129 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301p.

MILAN, M. Improving operacional management of harvest, transport and mechanization for sugar-cane in Brazil. Silsoe, 1992. 226p. Ph.D (Thesis) – Silsoe College, Crainfield Institute of technology.

MORRISON, A. Modeling the growth and water use of plants. In: BRAZILIAN AGROMETEOROLOGICAL CONGRESS, 7. CURSE OF CLIMATIC SIMULATION. Viçosa, Brazil, 15 p. 1991

NAKANO, O; SILVEIRA NETO, S.; ZUCCHI, R. **Entomologia econômica**. São Paulo: Livroceres, 1981. 314 p.

OSLER, R. D. ; CARTER J. L. Effect of planting date on chemical composition and growth characteristics of soybean. **Agronomy Journal**, v. 16, n. 6, p. 260-270, 1954.

OUATTARA, S. ; WEAVER, D. B. Effect of growth habit on yield components of late-planted soybean. **Crop Science**, v. 35, n. 2, p. 411-415, 1995.

OZKAN, H. E. ; HOLMES R. G. Determining machinery timeliness cost in corn planting using DRAINMOD. **Transactions of the ASAE**, v. 33, n. 3, p 718-724, 1990.

PARKER, M. B.; MARCHANT, W. H.; MULLINIX Jr, B. J. Date planting and row spacing effects on four soybean cultivars. **Agronomy Journal**, v. 73, n. 5, p. 759-762, 1981.

PARMAR, R. S.; McCLEDON R. W.; POTTER, W. D. Farm machinery selection using simulation and genetic algorithms. **Transactions of the ASAE**, v. 39, n. 5, p. 1905-1909, 1996.

- PARMAR, R. S.; McCLEDON, R. W.; WILLIAMS, E. J. A computer simulation model for peanut machinery management. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 10, n. 4, p. 455-461, 1994.
- PARSONS, S. D.; SMITH, T. W.; KRUTZ, G. W. Machinery downtime costs. **Transactions of the ASAE**, v. 23, n. 2, p. 541-544, 1981.
- PHILIPS, P. R.; CALLAGAN, J.R. Cereal harvesting - a mathematical model. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 19, n. 4, p. 415-433, 1974.
- PRASAD, J. A comparison between a rotavator and conventional tillage equipment for wheat-soybean rotations on a vertisol Central India. **Soil and Tillage Research**, v. 37, n. 2/3, p. 191-199, 1996.
- QUEIROZ, E. F. Efeito de época de plantio e população sobre o rendimento e outras características agronômicas de quatro cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Porto Alegre, 1975. 108 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- QUEIROZ, E. F. Quantificação do efeito da oferta hídrica sobre a resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) a época de plantio na região Norte do Paraná. Piracicaba, 1988. 312p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- RENGEL, Z. Mechanistic simulation models of nutrient uptake: a review. **Plant and Soil**, v. 152, p. 161-173, 1993.
- REZENDE, P. M.; VIEIRA, M. G. G. C.; VIERA NETO, J. C. et al. Influência da aplicação de herbicidas no rendimento de grãos, nodulação e qualidade fisiológica das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 25-30, 1985

SANTOS, V. L. M.; SILVA, R. F.; CARDOSO, A. A. et al. Avaliação da produtividade e da qualidade das sementes de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) colhidas na maturação fisiológica e trinta dias após o ponto de colheita. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 18, n. 1, p. 50-56, 1996.

SAS INSTITUTE. **User's guide**: statistis; release 6.03. Cary, 1988. 1028 p.

SCHEWEIZER, E. E.; WESTRA, P.; LYBECKER, D. W. Controlling weeds in corn (*Zea Mays*) rows with an in-row cultivator versus decisions made by a computer model. **Weed Science**, v. 42, n. 4, p. 593-600, 1992.

SEDIYAMA, C. S. Influência do retardamento da colheita da soja sobre a deiscência das vagens, qualidade e poder germinativo das sementes. Viçosa, 1972. 68 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. P.; ANGELOCCI, L. R. **Metereologia agrícola**. Piracicaba: ESALQ, 1998. 131 p.

SILVA, M. A. V. **Microaulas – Metereologia** (software). Recife: UFRPE, 1992.

SOUZA, L. C. F.; CRUZ, J. C.; RAMALHO, M. A. P. et al. Efeito da antecedência da gradagem ao plantio do milho no controle de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 11, p. 789-793, 1996.

STOLF, R. Grades e seus tratores: exemplos práticos de seleção. **Álcool e Açúcar**, v. 2, n. 29, p. 123-128, 1986.

STONNER, R. K.; MILAN, M.; RIPOLI, T. C. C. Gerenciamento de sistemas agrícolas em unidades sucroalcooleiras através de programação linear. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 11, n. 5, p. 16-20, 1992.

- SWEENEY, D. W.; GRANADE, G. V.; BURTON Jr, R. Early and traditionally maturing soybean varieties grown in two planting systems. **Journal of Productive Agriculture**, v. 8, n. 3, p. 373-379, 1995.
- SWINTON, S. M. ; KING, R. P. A bioeconomic model for weed management in corn and soybean. **Agricultural Systems**, v. 44, p. 313-335, 1994.
- TSAI, Y. J.; JONES J. W.; MISHOE, J. W. Optimizing multiple cropping systems: a systems approach. **Transactions of the ASAE**, v. 30, n. 6, p. 1554-1561, 1987.
- WEISS, M. G.; WEBER, C. R.; WILLIAMS, L. F. et al. **Variability of agronomic and seed compositional characters in soybean as influenced by variety and time of planting**. Washington: USDA, 1950. 39 p. (USDA. Technical Bulletin, 1017)
- WHITE, M. E. J. Machinery selection and budgentering using Lotus 1-2-3. Silsoe College, 1986. 86 p. Dissertation (M.Sc.) Cranfield Institute of Technology.
- WITNEY, B D. **Choosing & using farm machines**. Edinburgh: Land Technology, 1988. 412 p.
- WITNEY, B. D.; ERADAT, O. K. The basis of tractor power selection on arable farms. **Journal of Engineering Research**, v. 27, n. 2, p. 513-527
- ZOZ, F. Optimum width and speed for least cost tillage. **Transactions of the ASAE**, v. 17, n. 5, p. 845-850, 1974.

*No fim tudo dá certo. Senão deu certo
é porque não chegou ao fim.*
(Fernando Sabino)