
COMBINAÇÃO DE FATORES PARA DETERMINAÇÃO DA MÁXIMA LUCRATIVIDADE NA CULTURA DA SOJA

SILVA, Reginaldo dos Santos¹
FREITAS, Marcos de Campos²

RESUMO: A máxima lucratividade de uma empresa advém da combinação adequada dos fatores de produção e preço. A determinação desta combinação torna-se mais difícil quando o comportamento dos fatores não é linear e ainda se deve operar com um grande número de fatores, como no caso da agricultura. Este trabalho propõe-se a criar um modelo que possa identificar este ponto com o uso de ferramentas do programa Excel³, relativamente fácil de operar. O modelo foi desenvolvido para a cultura da soja, objetivando fornecer ao usuário a possibilidade de determinar qual a melhor época de semeadura e a melhor dosagem de adubação para a cultura que vai gerar o máximo lucro.

Palavras-Chave: Soja. Lucro máximo. Administração rural. Adubação.

SUMMARY: The enterprises get maximum profits when they use best relation of resources and prices. It becomes more difficult to obtain the correct relation when people works with factors that doesn't have a linear behavior and have a lot of factors to combine. This paper propose a mathematic model using of Exxel⁴. The model was developed to determine the fertilizer quantity and time of sowing that promote maximum profit for soybean culture.

Keywords: Soybean. Maximum profits. Agricultural administration. Fertilization.

INTRODUÇÃO

A pesquisa foi feita sobre a cultura da soja. A partir de dados, parâmetros produtivos, informações de custos e de fatores técnicos de consumo da produção de soja, foi elaborado um modelo matemático que permitiu identificar a combinação destes fatores que promovem a máxima lucratividade da empresa com o uso de ferramentas do Excel, um programa de computador de uso relativamente simples.

Inicialmente os dados indicavam que a data de semeadura mais propícia seria sempre a primeira possível no ano (a semeadura depende de chuva). Como normalmente as empresas não dispõem de equipamento para fazer todo o seu plantio nesta data, o modelo foi utilizado também para identificação da melhor taxa de adubação da cultura, para cada data de plantio.

Por tratar-se de um trabalho exploratório, e por não se dispor de resultados de pesquisa de campo elaboradas com objetivo de coleta de dados para esta finalidade, foram utilizados

¹ Eng. Agrônomo, mestre em Administração de Empresas, Prof. Faculdade de Agronomia de Ituverava

² Graduado em Engenharia Agrônômica na Faculdade de Agronomia Dr. Francisco Maeda-FAFRAM/FE.

³ Software para uso em relações matemáticas e estatísticas.

⁴ Software to be used in mathematic and statistic.

resultados de experimentos que pudessem identificar as correlações entre os fatores controláveis de produção.

1 MATERIAL E MÉTODOS

1.1 OBTENÇÃO E ADAPATAÇÃO DOS DADOS

Os dados relativos às produtividades de soja em função dos fatores analisados foram obtidos de trabalhos científicos na literatura.

Foram avaliados os fatores: variedade de soja, adubação, época de semeadura, anos de cultivo da soja na área e sazonalidade de preços.

1.1.1 VARIEDADE DA SOJA

A variedade de soja analisada foi a EMGOPA 313, que é indicada para solos de primeiro e segundo anos de plantio, renovação de pastagens ou para solos com baixa ou média fertilidade. Apresenta ciclo tardio (média de 140 dias), sendo indicada para vários Estados da região dos cerrados (GO, MS, MG, TO, RO, MT, BA, RR).

1.1.2 ADUBAÇÃO *VERSUS* PRODUÇÃO

Os dados foram adaptados de Sfredo; Paludzyszyn Filho; Gomes (1994). Neste experimento, foram testadas várias doses de P_2O_5 (0, 100, 200 e 300 $Kg.há^{-1}$) e K_2O (0,50, 100 e 150 $Kg.há^{-1}$), em várias combinações, em um solo de cerrado no 4º ano de cultivo na cultura da soja. Destas combinações, foram selecionados os dados das doses de P_2O_5 / K_2O (o/o, 100/50, 200/100 e 300/150 $Kg.há^{-1}$) por corresponderem a uma fórmula comercial de adubo.

Estas combinações correspondem à fórmula 00-30-15, nas doses de 0, 334, 667 e 1000 $Kg.há^{-1}$. Esta fórmula é utilizada com certa frequência no plantio de soja em áreas de baixa fertilidade.

1.1.3 ÉPOCA DE SEMEADURA *VERSUS* PRODUÇÃO

Os dados foram adaptados de Prado et al. (2001). Neste experimento, foram testados vários cultivares de soja em cinco diferentes épocas de semeadura (05/11/96, 15/11/96, 30/11/96, 15/12/96, 01/01/97), em um solo de cerrado. Os dados referentes à produção, em função da época de semeadura, não estavam correlacionados à função da adubação, então, foram transformados em dados de produtividade relativa (%), tomando-se como 100% a maior produtividade obtida (3409,40 Kg.há⁻¹) em relação às outras. A época de semeadura foi identificada como o número de dias a partir da primeira data possível que, no trabalho, foi 05/11/96. Essa foi considerada a data zero da época de plantio.

1.1.4 ANOS DE CULTIVO DO SOLO *VERSUS* PRODUÇÃO

Os dados foram adaptados de Lopes (1984). Neste trabalho, foram testadas várias formas de correção do solo de cerrado e a resposta de produtividade com o passar dos anos. A opção tomada como base foi aquela em que se faz calagem adequada, não se faz fosfatagem corretiva, faz-se adubações anuais de plantio com altas doses de fósforo solúvel. Neste programa, a correção à adequação do solo acontece de modo gradativo em 6 anos.

Dos dados referentes ao experimento com adubação, não foi possível identificar a quantos anos o cultivo vinha acontecendo no solo; assim, foi deliberado que corresponderiam a dados do quarto ano de cultivo. Foi também deliberado que o valor relativo ao sexto ano de plantio representaria 80% do potencial do cultivar. Os dados de produção, para cálculo da produção final, foram transformados numa tabela de fatores de correção da produção.

1.1.5 ÉPOCA DE COLHEITA *VERSUS* PREÇO DA SOJA

A data de colheita foi estimada em 140 dias após a data de plantio, sem levar em consideração possível encurtamento ou alongamento do ciclo da cultivar devido às variações das condições ambientais. A primeira data possível (25/03) foi considerada a data zero. Os preços foram corrigidos para preços em número de dias após 25/03.

Para formação da equação de comportamento dos preços, foram adaptados dados de Dias (2004), tomando-se a média dos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, como referência. Como os dados aparecem como preço médio do mês, foi considerado que correspondem ao preço do dia 15, nos meses de março, abril, maio e junho. Como a primeira data possível de colheita foi a data de 25/03, e esta corresponde à data zero, os dados de 15/03 foram correlacionados a data - 10, os de 15/03 a data 15/04 e assim por diante. Foi feita também a correção da unidade preço por saca para preço por tonelada.

1.1.6 CUSTOS DE PRODUÇÃO

Com exceção do valor do adubo, os dados foram obtidos de Dias (2004), tomando-se a média dos Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Maranhão e Bahia. Os custos foram divididos em custos fixos (independem da produtividade) e custos variáveis (dependem da produtividade). A cotação do valor da fórmula 00-30-15 foi feita junto a uma empresa especializada na venda de insumos agrícolas em 03/03/2005, porque a fórmula apresentada em Dias (2004) não corresponde a mesma que foi analisada nos parâmetros de produtividade.

1.2 CURVAS E EQUAÇÕES

As curvas e equações de regressão foram obtidas a partir de dados adaptados. A escolha da equação aconteceu em função do comportamento esperado da produção com relação aos diversos fatores que apresentassem coeficiente de correlação (R^2) superior a 0,9.

1.2.1 PRODUÇÃO

A produção foi calculada em função da adubação e época de plantio, através da seguinte fórmula:

$$Q = X \cdot Y \cdot A$$

Onde: Q = produção ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$); X = equação da adubação; Y = fator de correção da produção para época de semeadura; e A = fator de correção da produção em função do ano de cultivo.

$X = f(x)$; onde x representa a quantidade de adubo por há.

$Y = f(y)$; onde y corresponde ao número de dias a partir do primeiro dia em que o plantio é possível.

$A = f(a)$; onde a corresponde ao número de anos de cultivo.

Os valores de X , Y e A serão substituídos pelas equações de regressão.

1.2.2 ANÁLISE DE CUSTOS, RECEITAS E LUCROS

Os custos de produção foram calculados, a partir de dados médios do Dias (2004), dos Estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia e Maranhão indicados na tabela 7. Foram separados em Custos fixos (operações, insumos, exceto adubação e administração) e Custos variáveis (adubação e pós-colheita).

Custo total correspondente às somas dos custos fixos totais e custos variáveis totais:

$$CT = CFT + CVT$$

Onde: CT : custo total (R\$.há⁻¹); CFT : custos fixos totais (R\$.há⁻¹); e CVT : custos variáveis totais (R\$.há⁻¹).

A determinação dos custos variáveis totais foi feita pela seguinte fórmula:

$$CVT = \{PC + [(AP \cdot PA) / Q]\} \cdot Q$$

Onde: CVT = custo variável total (R\$.há⁻¹); PC = custo pós-colheita (R\$.t⁻¹); AP = adubação de plantio (t.há⁻¹); PA = preço do adubo (R\$.t⁻¹); e Q = produtividade (t.há⁻¹).

Após isto, foram calculadas as receitas, sendo o preço uma função da época de colheita, e o lucro nas fórmulas.

$$R = P \cdot Q$$

Onde: R = receita (R\$.há⁻¹); P = preço (R\$.t⁻¹); e Q = quantidade vendida (t.há⁻¹).

$$L = R - C$$

Onde: L : lucro (R\$.há⁻¹); R = receita (R\$.há⁻¹); e C = custos (R\$.há⁻¹).

1.3 O MODELO

A ferramenta Solver do Excel foi aplicada para determinação da combinação de máxima lucratividade em função dos fatores: adubação e época de plantio, para cada ano de cultivo do

solo, com as restrições para o fator adubação entre 0 a 1000 Kg.há⁻¹, e época de plantio variando entre 0 a 66 dias.

O Solver foi também aplicado para determinação da dosagem de adubação de máxima lucratividade para diferentes épocas de plantio, a intervalos de 10 dias (10, 20, 30, 40, 50 e 60), com as restrições de adubação variando de 0 a 1000 Kg.há⁻¹.

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de produção referentes à produtividade em função de adubação adaptados estão na tabela 1. A curva e a equação de regressão estão representadas na figura 1 a seguir:

Tabela 1 – Produtividade de soja em função da adubação em solo de 4º ano de cerrado.

	00-30-15 (Kg.há⁻¹)			
	0	334	667	1000
Soja (Kg.há⁻¹)	1049	1925	2307	2198

Fonte: Adaptado Sfredo; Paludzyszyn Filho; Gomes (1994)

Os maiores incrementos foram observados com adubação entre 334 Kg.há⁻¹ e 667 Kg.há⁻¹.

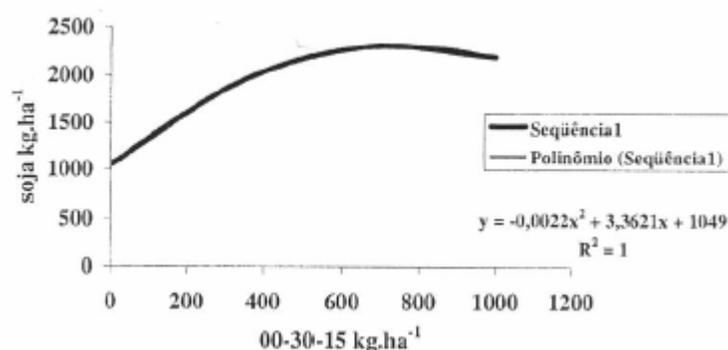


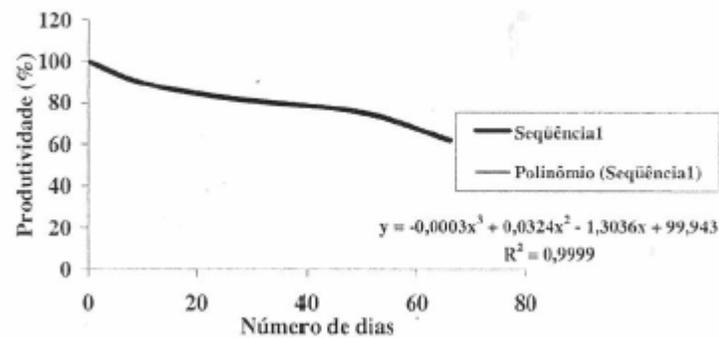
Figura 1 – Produtividade de soja em função da adubação

A variação da produtividade da soja em função da época de plantio está mostrada na tabela 2.

Tabela 2 – Produtividade de soja em função da época de semeadura.

	Época de Semeadura (amplitude de dias)				
	zero	10	25	50	66
Produtividade Relativa (%)	100	89,68	82,66	75,24	62,03

Fonte: Adaptado Prado et al.(2001)

**Figura 2** – Produtividade relativa de soja em função da época de semeadura

Na figura 2, é apresentada a curva de produtividade em função da época de semeadura. A redução acontece de modo crescente.

A tabela 3 identifica o crescimento da produção nas áreas de cerrado em função dos anos de cultivo do solo.

Tabela 3 – Produtividade de soja em função dos anos de cultivo da área de cerrado.

	Anos de cultivo da área (anos)					
	1	2	3	4	5	6
Produtividade Relativa (%)	30	40	50	60	70	80

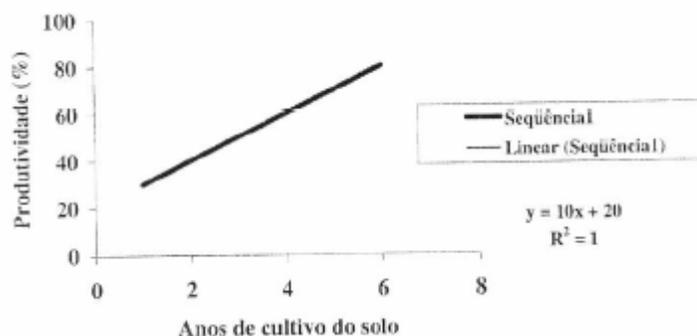


Figura 3 – Produtividade de soja em função dos anos de cultivo da área de cerrado.

Tabela 4 – Fator de correção (f) da produção em função do ano de cultivo.

	Ano de Cultivo					
	1	2	3	4	5	6
Fator de correção	0,5	0,666	0,833	1	1,166	1,333

Na tabela 4, são apresentados os valores do fator de correção para a produção em função do ano de cultivo.

O preço de venda da tonelada da soja apresenta variação em função da época do ano como pode ser observado na tabela 5. Nesta tabela aparecem duas linhas, sendo que, na primeira, é identificado o dia do ano em que o preço foi considerado, e, na segunda, a data a partir da data zero correspondente ao início da colheita.

Tabela 5 – Preço médio da soja em função do período de colheita nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás.

	Data de Colheita			
	15/03	15/04	15/05	15/06
Dias da colheita	-10	20	50	80
Soja (Kg.há⁻¹)	729,83	755,66	709,33	635,33

Fonte: Adaptado Dias (2004)

A figura 4 apresenta a curva de preço da soja em função da época da colheita. Há um aumento do preço até em torno de 20 dias após a primeira data possível de colheita, e a partir deste um declínio acentuado. Este fator teve grande influência na determinação da melhor data de semeadura.

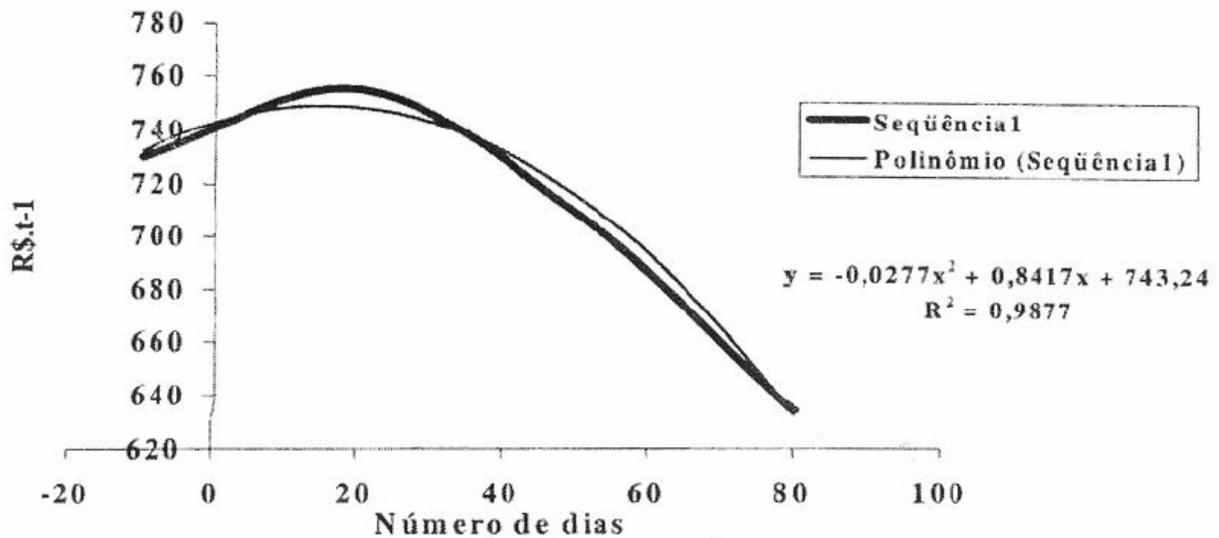


Figura 4 – Preço da soja em função do período de colheita.

Na tabela 6, são apresentadas as equações de regressão da produção de soja.

Tabela 6 – Equações de regressão dos fatores para determinação da produção de soja em função de adubação, época de plantio e anos de cultivo da área, e coeficiente de determinação (R^2).

Fator	Função de produção	R^2
Adubação	$X = -0,0022x^2 + 3,3621x + 1049$	1
Época de plantio	$Y = -0,0003y^2 - 1,3036y + 99,943$	0,9999
Anos de cultivo	$A = 10a + 20$	1

X = produtividade em função da adubação (Kg.há^{-1}); x = adubação (Kg.há^{-1}); Y = fator de correção pela época de plantio;

Y = dias a partir da data zero; A = fator de correção por anos de cultivo da área (anos), a = anos de cultivo do solo.

Os custos fixos de produção são apresentados na tabela 7. Estes não variam com a produtividade, nem com as variações de adubação. Correspondem às despesas com operações (preparo do solo, plantio, tratos culturais e colheita), insumos (corretivos, sementes/materiais de plantio e defensivos agrícolas) e administração.

Tabela 7 – Custos fixos de produção de soja, média dos Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Bahia e Maranhão.

Soja – Custos Fixos de Produção (R\$.há⁻¹)				
Descrição	Especificação	V.U.	Q.	V.
A Operações				
A1 Preparo do solo				
Calagem	HM Trator + distribuidor	29,46	0,36	10,60
Serviço braçal	HH Trabalhador braçal	2,04	0,20	0,41
Transportes internos	HM Trator + carreta 4 ton.	25,63	0,21	5,38
A2 Plantio				
Plantio	HM Trator + semeadora	78,03	0,54	42,14
Tratamento de sementes	Misturador de sementes	4,01	0,10	0,40
Serviço braçal	HH Trabalhador braçal	2,04	0,42	0,86
Transportes internos	HM Trator + carreta 4 ton.	25,63	0,36	9,23
A3 Tratos culturais				
Aplicação de defensivos	HM Trator + pulverizador	28,01	1,12	31,37
Aplicação de defensivos	HM Automotriz	82,72	0,24	19,85
Combate à formiga	HH Trabalhador braçal	2,04	0,13	0,26
Serviço braçal	HH Trabalhador braçal	2,04	0,60	1,22
Transportes internos	HM Trator + carreta 4 ton.	25,63	0,22	5,64
A4 Colheita				
Colheita mecânica	HM Colhedora	163,81	0,52	85,18
Serviço braçal	HH Trabalhador braçal	2,06	0,41	0,41
Transportes internos	HM Trator + carreta 4 ton.	25,63	0,10	2,56
Subtotal A				215,51

Tabela 8 – Custos fixos médios de produção de soja, nos Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Bahia e Maranhão. (Continua)

Soja – Custos Fixos de Produção (R\$.há⁻¹)				
Descrição	Especificação	V.U.	Q.	V.
B Insumos				
B1 Corretivos				
Calcário dolomítico	R\$.t ¹	66,10	0,80	52,88

Tabela 8 – Custos fixos médios de produção de soja, nos Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Bahia e Maranhão. (Conclusão)

B2 Sementes e insumos				
Sementes	R\$.Kg ⁻¹	2,00	62,50	125,00
Inoculante + micro	R\$.1t ⁻¹	5,40	1,72	9,30
B3 Defensivos agrícolas				
Formicidas	R\$.Kg ⁻¹	8,74	1,00	8,74
Fungicidas	R\$.1t ⁻¹	132,03	1,70	224,45
Herbicidas	R\$.1t ⁻¹	131,59	0,62	81,58
Inseticidas	R\$.1t ⁻¹	54,00	0,46	24,84
Outros produtos	R\$.1t ⁻¹	9,75	0,70	6,82
Subtotal B				533,61
C Administração				
Mão-de-obra administrativa	R\$.há ⁻¹	28,93	1,00	28,93
Assistência técnica	R\$.há ⁻¹	5,69	1,00	5,69
Contabilidade/Escritório	R\$.há ⁻¹	4,87	1,00	4,87
Luz/Telefone	R\$.há ⁻¹	8,62	1,00	8,62
Conservação/ Depreciação de benfeitorias	R\$.há ⁻¹	2,52	1,00	2,52
Viagens	R\$.há ⁻¹	10,24	1,00	10,24
Impostos/Taxas	% Receita	2,50	1,00	2,50
Subtotal C				107,93
Custo Total A = B + C (R\$.há⁻¹)				857,05

Fonte: Dias (2004). V.U = valor unitário; Q = quantidade utilizada; V = valor final; HH = hora homem; HM = hora máquina.

Tabela 9 – Custos variáveis médios de pós-colheita de soja, nos Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Bahia e Maranhão.

Descrição	Especificação	Valor Unitário
Transporte	R\$.1t ⁻¹	10,97
Recebimento	R\$.1t ⁻¹	1,25
Secagem	R\$.1t ⁻¹	8,03
Pré-limpeza	R\$.1t ⁻¹	1,77
Pesagem	R\$.1t ⁻¹	0,77
Descarga	R\$.1t ⁻¹	0,98
Armazenamento	R\$.1t ⁻¹	1,49
Taxa administrativa	R\$.1t ⁻¹	1,43
Total	R\$.1t⁻¹	26,69

Fonte: Dias (2004)

Na tabela 8, são apresentados os custos de pós-colheita. O preço da tonelada de adubo com fórmula 00-30-25 é de R\$ 850,00, segundo informações coletadas na região de Ituverava entre 3 e 6 de março de 2005.

Os resultados da aplicação do Solver, com a combinação de fatores que leva à máxima lucratividade para cada ano de cultivo, é apresentada na tabela 9. É crescente com o passar dos anos. A quantidade recomendada de adubação variou de maneira crescente para cada ano, entretanto a melhor época de plantio foi sempre a data zero.

Tabela 10 – Resultados da aplicação do Solver para determinação da adubação e da época de plantio que proporcione o lucro máximo em cada ano de plantio.

Ano	x	y	Q	P	CFT	CVT	CT	R	L
1°	234,98	0	0,86	743,24	857,05	234,07	1091,12	645,62	-445,50
2°	374,03	0	1,33	743,24	857,05	344,61	1201,66	989,85	-211,81
3°	452,05	0	1,76	743,24	857,05	410,93	1267,98	1311,96	43,98
4°	504,07	0	2,18	743,24	857,05	455,15	1312,20	1623,02	310,82
5°	541,22	0	2,59	743,24	857,05	486,73	1343,78	1927,77	583,99
6°	569,08	0	2,99	743,24	857,05	510,41	1367,46	2228,56	861,10

x = adubação (Kg.há⁻¹); y = época de plantio (dia); Q = produtividade (t.há⁻¹); P = preço da tonelada de soja (R\$.t⁻¹); CFT = custo fixo total (R\$.ha⁻¹); CVT = custo variável total (R\$.ha⁻¹); CT = custo total (R\$.ha⁻¹); R = receita (R\$.ha⁻¹); L = lucro (R\$.ha⁻¹);

Tabela 11 – Aplicação do Solver para determinação da adubação em função da variação da época de plantio que proporcione o lucro máximo para o 4° ano de plantio.

Ano	Ad	EP	Q	P	CFT	CVT	CT	R	L
4°	477,03	10	1,93	748,88	857,05	432,16	1289,21	1448,25	159,04
4°	458,66	20	1,79	748,99	857,05	416,55	1273,60	1346,00	72,40
4°	446,90	30	1,72	743,56	857,05	406,55	1263,60	1286,29	22,69
4°	436,32	40	1,68	732,58	857,05	397,56	1254,61	1235,93	-18,68
4°	419,44	50	1,62	716,07	857,05	383,21	1240,26	1161,26	-78,87
4°	358,78	60	1,48	694,02	857,05	645,60	1211,65	1030,75	-180,90

Ad = adubação (Kg.há⁻¹); EP = época de plantio (dia); Q = produtividade (t.há⁻¹); P = preço da tonelada de soja (R\$.t⁻¹); CFT = custo fixo total (R\$.ha⁻¹); CVT = custo variável total (R\$.ha⁻¹); CT = custo total (R\$.ha⁻¹); R = receita (R\$.ha⁻¹); L = lucro (R\$.ha⁻¹);

Na tabela 10, é apresentada a combinação de máxima lucratividade para cada época de plantio no 4° ano de cultivo. O adiamento da semeadura provocou redução da produtividade, originando queda da receita e, conseqüentemente, redução no lucro final. Como normalmente não é possível ao agricultor realizar a semeadura no primeiro dia de plantio, foi aplicado o solver para identificar qual a melhor dose de adubação para cada dia de plantio.

CONCLUSÃO

Embora haja fragilidade das informações básicas, o Excel mostrou-se uma ferramenta adequada ao modelo proposto de determinação do ponto de máxima lucratividade da cultura da soja. Cada empresa rural possui suas próprias informações de custos e produção e deve adequar seus dados para poder utilizar o modelo.

Como um trabalho exploratório, há uma necessidade de elaboração e execução de pesquisas que possam corroborar os dados das correlações entre os fatores analisados.

REFERÊNCIA

BORKET, C.M.; YAMADA, T. Resposta da soja à adubação potássica em oxissolo de baixa fertilidade. **Informações agrônômicas**. Piracicaba: POTAFOS, n.92, p.12, dez.2002

DIAS, D. Soja. In: **AGRIANUAL 2005**. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2004. p.455-490.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2005**. Londrina: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste: Fundação Meridional,2004.

FREITAS, M.C.M. de. **Determinação da lucratividade máxima da cultura da soja na região dos cerrados**. Ituverava: FAFRAM, trabalho de conclusão de curso de graduação em Agronomia; 2005.

LOPES, A.S. **Solos sob cerrado**: características, propriedades e manejo.2.ed. Piracicaba:POTAFOS, 1984. p.107-127.

PRADO, E.E. do et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.36, n.4, p.625-635, abr.2001.

PEIXOTO, C.P. et al. Efeito de épocas de semeadura e densidade de plantas sobre o rendimento de cultivares de soja no Estado de São Paulo. **Revista de agricultura**. Piracicaba, v.77, n.2, p.265-293, set. 2002.

PERIN, E.; CERETA, C.A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois latossolos do planalto médio do Rio Grande do Sul. **Revista brasileira de ciência do solo**. Viçosa, v.27, n.4, p.665-674, 2003.

SFREDO, G.J.; PALUDZYSZYN FILHO, E.; GOMES, E.R. Resposta da soja a potássio e fósforo em podzólico vermelho-amarelo de Balsas.MA. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1359-1364, set.1994.