

---

## PLANEJAMENTO DE UM SISTEMA AGRÍCOLA UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR

### **Autores**

#### **Emerson Fey**

Email: fey@unioeste.br  
Vínculo: Mestrado Engenharia Agrícola/Agronomia/UNIOESTE  
Endereço: R. 7 de setembro, 2435, Apto. 04, Centro, Mar. C. Rondon - PR.  
Telefone: (0xx45) 9973-2491

#### **Sérgio Rodrigues dos Santos**

Email: srsantos@unioeste.br  
Vínculo: Mestrado Engenharia Agrícola/UNIOESTE  
Endereço: R. do Aleijadinho, 610, Kit 03, Universitário, Cascavel - PR. CEP 85819-380.  
Telefone: (0xx45) 222-8101

#### **Adair Santa Catarina**

Email: asc@unioeste.br  
Vínculo: Professor /Informática/UNIOESTE  
Endereço: R. Universitária, 2069, J. Universitário, Campus Cascavel, Cascavel – PR- CEP 85819-110  
Telefone: (0xx45) 225-2100 R - 228

#### **Joaquim Odilon Pereira**

E-mail: jodilon@zaz.com.br  
Vínculo: Professor Mecanização Agrícola/Eng. Agrícola/UNIOESTE  
Endereço: R. Universitária, 2069, J. Universitário, Campus Cascavel, Cascavel – PR- CEP 85819-110  
Telefone: (0xx45) 225-2100 R - 229

### **Resumo**

A situação econômica brasileira onde a agricultura conta com recursos limitados, competição do mercado externo e a falta de uma política agrícola estável, torna necessário o adequado planejamento das atividades na propriedade agrícola. Neste contexto, a informática contribui de forma relevante, desenvolvendo "softwares" que auxiliam tanto no planejamento quanto na tomada de decisões futuras. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi através da utilização da programação linear otimizar um sistema agrícola visando a maximização do seu lucro. Para isso foi criado um modelo considerando as restrições de terras, rotação de culturas, recursos financeiros e maquinários agrícolas. O problema de programação foi resolvido com a utilização do "software" LINDO, tendo-se como resultado o aumento de lucro. Portanto, a utilização da programação linear é uma ferramenta eficiente de planejamento da rotação de culturas na propriedade.

### **Abstract**

The Brazilian economic situation where the agriculture have limited resources and competing with the external market, without a stable agricultural politics, make necessary the appropriate planning of the activities in the agricultural property. In this context, the computer science contributes in an important way, presenting "softwares" that aid so much in the planning and take decisions. The objective this

work was using of the programming lineal optimize an agricultural system searching maximum profit. A model was created considering the restrictions of lands, rotation of cultures, financial resources and agricultural machines. The problem was solved using of the “LINDO” software. The result was a profit increase. Therefore, the use of the lineal programming is an efficient tool for planning of the rotation of cultures in the property.

### **Pavavras-Chaves**

Programação linear; sistemas; otimização.

## **1. INTRODUÇÃO**

Há 40 anos, a agricultura brasileira contava com a fertilidade natural dos solos, mão-de-obra familiar abundante, administração direta do agricultor, poder político entre outros fatores facilitadores. Produzia-se para consumo e para vender, contando com privilégios do governo. Neste contexto, não havia a necessidade de preocupar-se com planejamento e racionalização das atividades dentro e fora da propriedade (CALVAZARA, 1999). A situação muda com a revolução industrial brasileira, onde o setor agrícola perde certos privilégios, e agrava-se com a globalização da economia. Surge a necessidade de planejamento da propriedade rural, procurando verificar os fatores externos e internos que afetarão direta ou indiretamente a produção agrícola e conseqüentemente o lucro. Tais fatores são melhores compreendidos a partir de um enfoque sistêmico, o qual permitirá analisar suas inter-relações (CALVAZARA, 1999). Com relação a descrição de um sistema agrícola, SPEDDING (1979) comenta que esta descrição deverá no mínimo conter: o objetivo para que se está projetando o sistema; os limites; componentes (fatores) principais que se relacionam para formar o sistema; interações entre os componentes; recursos internos e externos; produtos ou realizações principais desejadas e subprodutos úteis. Para analisar as interações entre os componentes do sistema, pode-se utilizar o método da programação linear, o qual é definido por SHIMIZU (1984) como um procedimento matemático para designar ou distribuir uma quantidade fixa de recursos para uma determinada finalidade, de tal modo que uma função objetivo seja otimizada, obedecendo as condições ou restrições impostas às variáveis. Em um trabalho realizado no Nepal, SALOKHE & PARIYAR (1990) utilizaram a técnica de programação linear para determinar o melhor planejamento de propriedades rurais com 1,5 e 5,0 ha, tendo restrições como a quantidade de solo agricultável, mão-de-obra, capital, subsistência da família, disponibilidade de fertilizantes e restrições quanto à rotação de culturas. Devido à escassez de trabalhos utilizando a programação linear para planejar quais as culturas que apresentam a maior lucratividade na propriedade e ainda atendem as restrições de terra, rotação de culturas, financeiras e maquinaria, realizou-se o presente trabalho que objetivou propor um modelo de programação linear que maximizasse o lucro obtido em uma propriedade agrícola em sistema de plantio direto localizada no Município de Maripá - Paraná.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Maripá, com 402 m de altitude, latitude 24°25' S e longitude 53°49' W.GR, região Oeste do Estado do Paraná. O clima é classificado como Subtropical úmido mesotérmico, verões quentes, sem estação seca definida (CELEPAR, 1999). Em relação às classes de estabelecimentos rurais do município, 21% tem até 5 ha, 18% tem de 5 a 10 ha, 56% tem de 10 a 50 ha, 4% de 50 a 100 ha e 1% de 100 a 500 ha (SEAB/DERAL, 1999) e, dentre as atividades agrícolas predominantes no município, tem-se anualmente cerca de 16206,1 ha cultivados com soja, 10114,4 ha com milho, 2631,5 ha com trigo, 564,3 ha com mandioca e 57,9 ha cultivados com feijão (CENSO AGROPECUÁRIO, IBGE, 1996).

No município escolheu-se uma propriedade com 43 ha de área agricultável, a qual possuía dois tratores, sendo um de 105 cv e outro com 58 cv; uma semeadora-adubadora de precisão para 8 linhas de soja e 4 linhas de milho; um pulverizador 2 mil litros com 17 m de barra; uma colhedora automotriz com plataforma de corte de 3,6 m de largura para a colheita de soja e trigo e duas carretas agrícolas com capacidade de 6 toneladas para transporte interno (insumos) e da produção. A colheita do milho é terceirizada, enquanto que para a semeadura de trigo e aveia utiliza-se uma semeadora de fluxo contínuo cedida por outro produtor. Com relação ao sistema de cultivo, a propriedade adota o sistema de plantio direto há 4 anos, exceto à cultura da mandioca que é cultivada em sistema de plantio convencional (grade aradora + grade niveladora). Referente a última safra de verão (1998/1999), milho safrinha e safra de inverno (1999), a Tabela 1 apresenta a produtividade média, preço de venda e custo de produção a nível de Estado (SEAB/DERAL, 1999) e de propriedade.

Culturas	Paraná			Propriedade				
	Prod.	Preço	Custo	Prod.	Preço	Custo	Receita	Lucro
	Kg.há <sup>-1</sup>	R\$.Kg <sup>-1</sup>	R\$.ha <sup>-1</sup>	Kg.ha <sup>-1</sup>	R\$.Kg <sup>-1</sup>	—	R\$.ha <sup>-1</sup>	—
Soja precoce				2557	0,308	359,38	788,35	428,97
Soja normal	2790	0,158	592,26	3835	0,320	398,30	1215,27	816,97
Milho	3820	0,433	553,68	5454	0,140	518,00	763,63	245,63
Milho safrinha	2787	0,152	636,83	4310	0,133	438,03	574,66	136,63
Feijão seca	850	0,416	1001,47	768	0,667	878,73	512,39	-366,34
Trigo	2110	0,433	553,68	2639	0,230	410,47	599,93	189,46
Aveia				-		140,00	-	-140,00
Mandioca	20640	-	-	28741	0,060	443,92	1666,98	1223,06

Tabela 1 – Rendimentos das culturas cultivadas a nível de Estado e de propriedade.

Para otimizar a propriedade agrícola foi construído um modelo seguindo a estrutura dos problemas de programação linear, o qual deve conter uma função objetivo, que será maximizada ou minimizada, e um conjunto de restrições.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 FUNÇÃO OBJETIVO

A função objetivo (Equação 1) foi definida considerando-se os lucros apresentados pelas culturas cultivadas na propriedade (Tabela 1).

$$\begin{aligned} \max Z = & 816,33ASN + 428,97ASP + 245,63AMN + 136,63AMS - \\ & 366,34AFS + 1223,06AMA - 140AAV + 189,46ATR \end{aligned} \quad (1)$$

em que:

Z = Função objetivo = Lucro [R\$];

ASN = Área de soja período normal [ha];      ASP = Área de soja precoce [ha];

AMN = Área de milho período normal [ha];      AMS = Área de milho safrinha [ha];

AFS = Área de feijão das secas [ha];      AMA = Área de mandioca [ha];

AAV = Área de aveia [ha];      ATR = Área de trigo [ha].

#### 3.2 RESTRIÇÕES DO MODELO

##### **Restrições de terras**

Sendo a área agricultável da propriedade de 43 ha, a área ocupada pelas culturas num mesmo período não pode exceder os 43 ha (Equações 2 a 6).

$$ASN + ASP + AMN + AMA \leq 43 \quad (2)$$

$$AMS + ATR + AAV + AFS + AMA \leq 43 \quad (3)$$

$$ASN + ASP + AMA \leq 43 \quad (4)$$

$$ASN + AMS + AFS + AMA \leq 43 \quad (5)$$

$$AMS + ATR + AAV + AMA \leq 43 \quad (6)$$

##### **Restrições de rotação de culturas**

Na formulação destas restrições considerou-se um plano de rotação de culturas de 3 anos para as culturas anuais de inverno e verão e para a cultura anual da mandioca (Equações 7 a 12). Neste plano, no verão a soja deve entrar com 2/3 e o milho com 1/3 da área de culturas anuais de inverno e verão e as demais culturas com área máxima igual a 1/3 da área total da propriedade. Além disso, considerou-se o escalonamento de semeadura da soja em precoce e normal, necessidade de adubação verde para a manutenção de sistema de plantio direto e culturas que são cultivadas em sucessão com área máxima igual a cultura do período anterior, como é o caso do feijão das secas e o milho safrinha.

$$AMA \leq 14,333 \quad (7)$$

$$(ASN + ASP) - 2AMN = 0 \quad (8)$$

$$2ASP - ASN = 0 \quad (9)$$

$$AAV + \frac{1}{3}AMA = 14,333 \quad (10)$$

$$AFS - AMN \leq 0 \quad (11)$$

$$AMS - ASP \leq 0 \quad (12)$$

### **Restrições financeiras**

As restrições financeiras estão relacionadas com a disponibilidade de capital para as despesas familiares, despesas para condução de culturas parcialmente ou não financiadas. Neste caso, a receita proveniente de uma safra deverá ser suficiente para manter a família num período de 6 meses e custear a próxima safra, sendo parcial nas culturas financiadas (milho, soja e trigo), onde 80% do custo é financiado por instituição bancária e total no milho safrinha, feijão das secas, mandioca e aveia (Equação 13 a 15).

$$816,33ASN + 428,97ASP + 245,63AMN - 140AAV - \quad (13)$$

$$438,03AMS - 878,73AFS - 82,09ATR \geq 10800$$

$$136,63AMS + 189,6ATR + 779,14AMA - 366AFS - 79,66ASN - \quad (14)$$

$$71,88ASP - 103,60AMN \geq 10800$$

$$ATR \leq 14,333 \quad (15)$$

### **Restrições de Maquinaria Agrícola**

Foi estimado que o número de horas úteis disponíveis para trabalho com máquinas agrícolas é de 60 horas mensais. Portanto, as atividades realizadas por estas máquinas não podem exceder a tais horas. Assim sendo, formulou-se restrições para o trator de pequeno porte (Equação 16 a 27), trator de porte médio (Equação 28 a 32) e a colhedora (Equação 33 a 35), de acordo com o plano de utilização das máquinas ao longo do ano.

Janeiro	$0,22ASN + 0,22ASP \leq 60$	(16)
---------	-----------------------------	------

Fevereiro	$0,22ASN + 0,19AMS + 0,21AFS \leq 60$	(17)
-----------	---------------------------------------	------

Março	$0,19AMS + 1,14AFS \leq 60$	(18)
-------	-----------------------------	------

Abril	$0,19AMS + 0,21ATR + 0,42AFS \leq 60$	(19)
-------	---------------------------------------	------

Mai	$0,81ATR \leq 60$	(20)
-----	-------------------	------

Junho	$0,47ATR + 4,13AMA \leq 60$	(21)
-------	-----------------------------	------

Julho	$0,21ATR + 0,17AMA \leq 60$	(22)
-------	-----------------------------	------

Agosto	$0,27AMN \leq 60$	(23)
--------	-------------------	------

Setembro	$0,17AMA + 1,14AFS \leq 60$	(24)
----------	-----------------------------	------

Outubro	$0,25ASN + 0,25ASP + 1,62AMN \leq 60$	(25)
---------	---------------------------------------	------

Novembro	$0,44ASN + 0,22ASP \leq 60$	(26)
----------	-----------------------------	------

Dezembro	$0,44ASN + 0,22ASP \leq 60$	(27)
----------	-----------------------------	------

Fevereiro	$0,86AMS + 0,72AFS \leq 60$	(28)
-----------	-----------------------------	------

Mai	$2,58AMA \leq 60$	(29)
-----	-------------------	------

Setembro	$0,79AMN \leq 60$	(30)
----------	-------------------	------

Outubro	$0,9ASP \leq 60$	(31)
---------	------------------	------

Novembro	$0,9ASN \leq 60$	(32)
----------	------------------	------

Fevereiro	$1,24ASP \leq 60$	(33)
Março	$1,24ASN \leq 60$	(34)
Setembro	$0,98ATR \leq 60$	(35)

### 3.3 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

O problema de programação linear foi resolvido utilizando-se de um computador padrão IBM-PC Pentium e do software LINDO. A resolução do problema de programação linear proporcionou os resultados apresentados na Tabela 2.

Cultura	Propriedade		Programação linear	
	Área [ha]	Lucro [R\$]	Área [ha]	Lucro [R\$]
Soja Precoce	19,4	8304,82	6,66	2856,94
Soja Normal	15,2	12458,03	13,33	10881,68
Milho	5,6	4200,00	10,00	2456,30
Milho Safrinha	16,2	2215,45	6,62	904,49
Feijão das Secas	4,8	-1773,07	0,00	0,00
Trigo	14,8	2793,32	13,37	2533,08
Aveia	2,7	-372,60	10,00	-1400,00
Mandioca	2,9	3551,76	13,00	15899,78
Total	81,6	31377,64	72,98	34132,27

Tabela 2 - Comparação entre os resultados obtidos na propriedade e a otimização obtida através da solução do problema de programação linear.

Observa-se que houve incremento da área cultivada com aveia, em função dos critérios adotados para rotação de culturas, premissa básica do plantio direto. O aumento no lucro deve-se, principalmente, ao incremento da área cultivada com mandioca, cultura que apresenta maior lucro.

## 4. CONCLUSÃO

Na situação atual a propriedade proporciona uma renda líquida de R\$ 31377,64. Utilizando o plano de produção desenvolvido neste estudo esta renda líquida aumentaria para R\$34132,27; ou seja, um incremento de 8,8% além das vantagens proporcionadas pela rotação de culturas. Portanto, a utilização da metodologia de programação linear é uma ferramenta eficiente de planejamento das culturas a serem cultivadas na propriedade, visando-se maior lucratividade e também a manutenção do sistema.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALVAZARA, O. Planejamento da atividade agrícola na dinâmica da mudança. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. *Anais...* Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1999. p.159-64.
- COMPANHIA DE INFORMÁTICA DO PARANÁ - CELEPAR. Municípios do Paraná - Dados gerais. In: <http://celepar6.pr.gov.br/municipios/dadosger.asp>

- SALOKHE, V. M., PARIYAR, M. P. Optimum farm planning by linear programming for Tarai belt of Nepal. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, v. 21, n. 4, p. 76-81, 1990
- SANTOS, H. P., AMBROSI, I., SANDINI, I. Análise de risco de sistemas de rotação com cevada em plantio direto, num período de dez anos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, n.8, p.176-95, ago. 1998.
- SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA DO ESTADO DO PARANÁ – SEAB. *Acompanhamento da situação agropecuária no Paraná*. Curitiba: Departamento de Economia Rural – DERAL, v. 25, n.7, p. 28-30, jul. 1999
- SHIMIZU, T. *Pesquisa operacional em engenharia, economia e administração: modelos básicos e métodos computacionais*. 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984. p.
- SPEDDING, C. R. W. *Ecologia de los sistemas agrícolas*. Traduzido por Juan Manuel Ibeas Delgado. Madrid: H. Blume Ediciones, 1979