

Aplicação de problemas de programação linear para otimização e planejamento de plantações agrícolas

Application of linear programming problems for optimization and planning of agricultural plantations

RESUMO

Matheus Carvalho Cortes
mcortes@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

Thelma Pretel Brandão Vecchi
thelma@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

Este presente artigo tem por objetivo abordar a otimização matemática através da Programação Linear (PL), aplicada em problemas que envolvem planejamento e investimento nas plantações agrícolas de quatro culturas: soja, milho verão, milho 2ª safra e trigo. Os dados para a pesquisa foram coletados em uma cooperativa do noroeste do Paraná e, para a resolução dos problemas, utilizou-se o método Simplex do software Solver do Microsoft Excel, considerado uma das ferramentas mais comuns utilizadas na PL. Através da metodologia aplicada foram alcançados os objetivos da pesquisa e obtidos resultados precisos. Por meio da análise dos resultados observou-se a eficácia da metodologia utilizada para se obter resultados otimizados e resolver com precisão os problemas em questão.

PALAVRAS-CHAVE: Otimização matemática. Programação linear. Planejamento de plantações agrícolas.

ABSTRACT

This article aims to address mathematical optimization through Linear Programming (LP), applied to problems involving planning and investment in agricultural plantations for four crops: soybeans, summer corn, 2nd crop corn and wheat. The data for the research were collected in a cooperative in the northwest of Paraná and, to solve the problems, the Simplex method of the Microsoft Excel Solver software was used, considered one of the most common tools used in LP. Through the applied methodology, the research objectives were achieved and accurate results were obtained. Through the analysis of the results it was observed the effectiveness of the methodology used to obtain optimized results and to solve with precision the problems in question.

KEYWORDS: Mathematical optimization. Linear Programming. Planning of agricultural plantations.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A Programação Linear (PL) é uma técnica matemática muito utilizada para resolver problemas de otimização matemática, em que deseja-se encontrar o valor das variáveis que maximizam ou minimizam uma determinada função, desempenhando um importante papel no mundo real. Muitas aplicações práticas de ciências, como engenharia e economia, podem ser ilustrados por meio de Problemas de Programação Linear (PPL), como, por exemplo, a minimização dos custos de energia em uma fábrica ou a maximização dos lucros em uma indústria, levando em consideração certas restrições para atingir o objetivo do problema (LINS; CALÔBA, 2006).

Este artigo apresenta quatro problemas relacionados à agricultura, dos quais objetiva-se maximizar os lucros no plantio de quatro culturas, que são: soja, milho verão, milho 2ª safra e trigo, considerando restrições relacionadas à mão de obra, tamanho do terreno onde será realizada a plantação das culturas e o capital para investimento. A agricultura é uma atividade econômica de extrema importância na região noroeste do Paraná, o que contribui para seu reconhecimento por todo o país. Além disso, são realizados grandes investimentos voltados à incorporação de tecnologia e na consequente dinamização da produção, o que evidencia o avanço tecnológico e a relevância da agricultura na região e faz com que as atividades agrícolas nela realizadas contribuam significativamente para o PIB do país (SERRA, 2010).

Para desenvolver o problema foram coletados dados de uma cooperativa do noroeste do estado do Paraná. Os problemas trabalhados evidenciam a importância de se otimizar problemas envolvendo plantações agrícolas, visto que isso auxilia a planejar a estratégia de investimento a ser implantada e utilizar a quantidade exata de cada recurso disponível para atingir o máximo lucro possível.

MATERIAL E MÉTODOS

Os problemas em foco na pesquisa foram resolvidos por meio do método Simplex do solver do software Excel, que consiste em uma ferramenta muito utilizada para resolver problemas que envolvem a otimização de dados por intermédio da Programação Linear. O método Simplex é uma técnica utilizada para determinar a solução ideal de um PPL, que consiste em encontrar o valor das incógnitas que maximizam ou minimizam a função objetivo, baseando-se na execução contínua de operações matemáticas para obter os valores ideais das incógnitas do problema. Nesse método o problema deve ser organizado nas seguintes partes (LINS; CALÔBA, 2006):

- Variáveis de decisão: São as variáveis (incógnitas) que compõem a solução ideal do problema, de modo que maximize ou minimize a função objetivo.
- Função objetivo: É a função formada pela soma dos produtos dos coeficientes por suas respectivas variáveis de decisão, que se deseja maximizar ou minimizar no problema.
- Restrições: São números que representam os limites máximos ou mínimos que certos atributos do problema podem atingir.

De maneira geral, os problemas de programação linear possuem a seguinte estrutura (MANSILHA; FARRET; KULLMANN, 2017):

Variáveis de decisão: x_1, x_2, \dots, x_n

$$\text{Restrições: } a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots + a_{1n} \cdot x_n (\leq = \geq) b_1 \quad (1)$$

$$a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \dots + a_{2n} \cdot x_n (\leq = \geq) b_2 \quad (2)$$

$$a_{m1} \cdot x_1 + a_{m2} \cdot x_2 + \dots + a_{mn} \cdot x_n (\leq = \geq) b_m \quad (3)$$

$$\text{Função objetivo: } \max/\min C_1 \cdot x_1 + C_2 \cdot x_2 + \dots + C_n \cdot x_n \quad (4)$$

$$x_n \geq 0 \longrightarrow \text{restrição de não negatividade} \quad (5)$$

$n = 1, \dots, i$

$x_n \longrightarrow$ incógnita n que se busca encontrar o valor para otimizar o problema

$a_{mn} \longrightarrow$ coeficiente m ligado à variável de decisão x_n

$b_m \longrightarrow$ limite máximo ou mínimo de uma determinada restrição

$c_n \longrightarrow$ coeficiente n da função objetivo ligado à variável x_n

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro problema resolvido nessa pesquisa aborda uma situação em que um agricultor dispõe dos seguintes recursos para realizar sua plantação: 15 homens, 50 hectares de terra e R\$ 600.000,00 de orçamento. O agricultor deseja maximizar seus lucros com o plantio de soja e milho verão, que são culturas plantadas durante o verão, e considerou certos critérios para otimizar seu investimento, os quais são ilustrados pelos dados contidos na Tabela 1:

Tabela 1 – Mão de obra, custo de produção e lucro esperado

Itens	Soja	Milho Verão
Mão de Obra (h/há)	0,02	0,02
Investimentos/há(R\$)	2.360,83	2.980,57
Valor/há(R\$)	5.850,00	6.930,00

Fonte: Autoria Própria (2020)

Após a resolução do problema, concluiu-se que somente o plantio de milho verão seria viável ao produtor agrícola, chegando aos seguintes valores ideais para os atributos das restrições: Mão de obra: 1 homem; Número de hectares: 50 hectares; Capital investido: R\$ 149.028,05. Além disso, o produtor obteve uma receita bruta de R\$ 346.500,00 (função objetivo maximizada), o que gera uma receita líquida (lucro) de R\$ 197.471,50.

O segundo problema apresenta uma situação em que um agricultor dispõe dos seguintes recursos para realizar sua plantação: 10 homens, 71 hectares de terra e R\$ 741.000,00 de capital para investimento. O agricultor deseja maximizar

seus lucros com o plantio de trigo e milho 2ª safra, que são culturas plantadas durante o inverno, e considerou determinados critérios para otimizar seu investimento, os quais são ilustrados pelos dados contidos na Tabela 2:

Tabela 2 – Mão de obra, custo de produção e lucro esperado

Itens	Trigo	Milho 2ª Safra
Mão de Obra (h/há)	0,02	0,02
Investimentos/há(R\$)	1.866,00	2.230,24
Valor/há(R\$)	2.990,00	4.025,00

Fonte: Autoria Própria (2020)

Após a resolução do problema, concluiu-se que somente o plantio de milho verão seria viável ao produtor agrícola, chegando aos seguintes valores ideais para os atributos das restrições: Mão de obra: 2 homens; Número de hectares: 71 hectares; Capital investido: R\$ 158.347,04. Além disso, o produtor adquiriu uma receita bruta de R\$ 285.775,00 (função objetivo maximizada), o que gera uma receita líquida (lucro) de R\$ 127.427,96.

O terceiro problema aborda uma situação em que um agricultor dispõe dos seguintes recursos para realizar sua plantação: 3 homens, 136 hectares de terra e R\$ 550.000,00 de orçamento. O agricultor deseja maximizar seus lucros com o plantio de soja e milho verão, que são culturas plantadas durante o verão, e considerou certos critérios para otimizar seu investimento, os quais são ilustrados pelos dados contidos na seguinte Tabela 3:

Tabela 3 – Mão de obra, custo de produção e lucro esperado

Itens	Soja	Milho Verão
Mão de Obra (h/há)	0,02	0,02
Investimentos/há(R\$)	1.937,00	3.468,00
Valor/há(R\$)	6.045,00	7.400,00

Fonte: Autoria Própria (2020)

Após a resolução do problema, concluiu-se que somente o plantio de milho verão seria viável ao produtor agrícola, chegando aos seguintes valores ideais para os atributos das restrições: Mão de obra: 3 homens; Número de hectares: 136 hectares; Capital investido: R\$ 471.648,00. Além disso, o produtor obteve uma receita bruta de R\$ 1.006.400,00 (função objetivo maximizada), o que gera uma receita líquida (lucro) de R\$ 534.752,00.

O quarto problema apresenta uma situação em que um agricultor dispõe dos seguintes recursos para realizar sua plantação: 6 homens, 200 hectares de terra e R\$ 682.000,00 de capital para investimento. O agricultor deseja maximizar seus

lucros com o plantio de trigo e milho 2ª safra, que são culturas plantadas durante o inverno, e considerou determinados critérios para otimizar seu investimento, os quais são ilustrados pelos dados contidos na seguinte Tabela 4:

Tabela 4 – Mão de obra, custo de produção e lucro esperado

Itens	Soja	Milho 2ª Safra
Mão de Obra (h/há)	0,02	0,02
Investimentos/há(R\$)	2.029,53	1.827,00
Valor/há(R\$)	3.480,00	2.960,00

Fonte: Autoria Própria (2020)

CONCLUSÃO

Analisando os resultados descritos no tópico anterior conclui-se que o método Simplex foi aplicado de maneira eficiente, proporcionando resultados apurados e adequados ao tema de estudo da pesquisa. Portanto, o método utilizado mostrou ser demasiadamente útil e preciso na otimização dos problemas trabalhados, visto que é um método muito utilizado para solucionar problemas que englobam Programação Linear, principalmente por ser relativamente simples de ser aplicado e render excelentes resultados a inúmeros tipos de problemas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPQ por todo o auxílio prestado durante a pesquisa, à UTFPR pela oportunidade e pela incrível experiência que a pesquisa proporcionou e à orientadora Thelma Pretel Brandão Vecchi pela excelente orientação e suporte ao longo da realização do projeto.

REFERÊNCIAS

CALÔBA, G. M.; LINS, M. P. E. **Programação Linear com aplicação em teoria dos jogos e avaliação de desempenho (data envelopment analysis)**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006. p. 1-54.

FARRET, F. A.; KULLMANN, D. H.; MANSILHA, M. B. Programação linear: método de otimização simplex e software OTIMIZA. **Revista Espacios**, Rio Grande do Sul, v. 38, n. 60, p. 4, Setembro 2017. ISSN ISSN 0798 1015. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n60/a17v38n60p04.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2020.

SERRA, E. **Noroeste do Paraná: o avanço das lavouras de cana e a nova Maringá**. Janeiro 2010. 96. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/download/11958/6984>. Acesso em: 17 jul. 2020.