

## SISTEMA DE OTIMIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO E DA COMERCIALIZAÇÃO DE LÍRIOS: UMA APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR

José Vicente Caixeta-Filho<sup>1</sup>  
Jan Maarten van Swaay-Neto<sup>2</sup>  
Antonio de Pádua Wagemaker<sup>3</sup>

### Resumo

Modelo de programação linear foi desenvolvido para auxiliar tomadas de decisões voltadas ao planejamento de produção e comercialização de lírios de produtor representativo de Holambra, SP. A maximização da função objetivo “resultado econômico da empresa” está sujeita às seguintes restrições: estoque de bulbos; características do tempo de ciclo de produção; limites mínimo e máximo de vendas; características e limitações da ocupação de cada tipo de estufa; exigências técnicas do mercado (mínimo de botões/hastes). A principal variável endógena calculada diz respeito ao número de canteiros em determinada estufa, a partir de lote específico de bulbos, de certa variedade, de determinado grupo (flor de corte ou flor de vaso, por exemplo), com as devidas previsões (por semana) de plantio e de colheita. Os primeiros resultados obtidos são bastante razoáveis, apontando inclusive para a reformulação de estratégias de produção e de comercialização, o que até então era considerado como inquestionável pelo produtor.

**Palavras-chave:** floricultura; programação linear; planejamento de produção.

### Abstract

A linear programming model was developed, for a representative lily farmer from Holambra region in the State of São Paulo, Brazil, as a means of helping the decision making process associated to production planning and trade of lily cut and pot flowers. The objective function was defined as being the “gross economic result” of the farm. The maximization of such a function was subject to constraints related to: bulb inventory; characteristics of the production cycle duration; upper and lower limits of sales, defined by the market; usage limitations for each type of greenhouse; technical requirements (minimum number of buds and minimum number of stems). The main decision variable to be calculated through this optimization model is the number of flower beds in a specific greenhouse, originated from a specific bulb batch, from a specific lily variety, for a specific use (e.g., potting flower or cutting flower), taking into consideration the pertinent planting week as well the expected harvesting week. The results already obtained from the implementation of this model reveal themselves as being very reasonable, pointing out to the redefinition of strategies of production and trade of lily, which had never been questionable by the farmer.

**Keywords:** flower sector; linear programming; production planning.

<sup>1</sup> Departamento de Economia, Administração e Sociologia; ESALQ/USP; E-mail: [jvcaixet@carpa.ciagri.usp.br](mailto:jvcaixet@carpa.ciagri.usp.br)

<sup>2</sup> (Engenheiro Agrônomo, diretor da empresa Interativa S/C Ltda.; E-mail: [interati@dglnet.com.br](mailto:interati@dglnet.com.br))

<sup>3</sup> Analista de Sistemas, diretor da Wagemaker Consultoria Ltda.; E-mail: [wagemak@bestway.com.br](mailto:wagemak@bestway.com.br)

## 1. Introdução

Tal como os demais setores da economia, o setor de flores e plantas ornamentais experimenta os efeitos da globalização. Mais especificamente para o caso brasileiro, contribuem para o aumento da competição: crescimento da produção em pólos tradicionais, como o município de Holambra – SP; instalação de empresas nacionais e estrangeiras para o fornecimento de mudas e sementes; estímulo governamental à produção de flores e plantas, visando o aumento da renda de pequenos e médios agricultores e das exportações; surgimento de novos pólos regionais de produção, como o município de Guarapuava – PR; importação de flores e plantas (naturais e artificiais); excesso de oferta de flores. Essa maior competição vem acarretando, claramente, uma forte redução de preços, assim como maiores exigências de qualidade.

Nesse sentido, o produtor não pode ficar alheio às mudanças no mercado em que atua, e necessita utilizar ferramentas que o auxiliem na tomada de decisão visando o fechamento de bons negócios, redução dos custos e melhoria da qualidade.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de ferramentas computacionais, notadamente apoiadas em modelos matemáticos de otimização, para auxiliar as tomadas de decisão de um produtor representativo de lírios de Holambra e região.

## 2. Material e métodos

Não tem sido observada muita tradição no desenvolvimento de modelos de otimização para o setor de flores, mesmo em termos internacionais. Alguns exemplos vêm de Schumacher et al. (1984), que desenvolveram um modelo de programação linear para um sistema de produção e de vendas de cravos, assim como a partir de Chao et al. (1998a, 1998b) que formularam, implementaram e avaliaram um sistema de controle para a produção de rosas.

Assim sendo, o foco inicial deste trabalho esteve centrado no desenvolvimento de ferramentas de planejamento, para em seguida, tratar das questões associadas a controles. Para tal foram desenvolvidos um modelo matemático de programação linear para otimização do planejamento e um aplicativo para controle da produção, alimentação dos dados e análise dos resultados do modelo, ambos integrados naquilo que foi chamado de “Sistema de Planejamento e Controle da Produção de Lírios”.

O ponto de partida do planejamento de produção dá conta da estimativa das quantidades de lírios que podem ser vendidas por semana, detalhando-se as quantidades mínimas (contratos), máximas e preços médios por variedade. Essa estimativa é feita pelo produtor em função do seu conhecimento das características do mercado, visando minimizar os desvios entre produção e vendas, tanto excessos quanto faltas.

Considera-se, ainda, que o produtor tem domínio sobre o processo de produção. Isto significa que ele é capaz de prever o comportamento da cultura termos de ciclo, número de botões produzidos por bulbo, índice de perdas, produtividade, custo de produção, entre outros. Estes parâmetros podem variar de acordo com a variedade, época de plantio, tipo de estufa para plantio (ambiente), entre outros.

Na primeira etapa do planejamento cruza-se os dados da estimativa de vendas com os dados de ciclo, identificando as combinações possíveis denominadas épocas viáveis. O modelo é a ferramenta que reconhece estas combinações e sugere um plano de produção otimizado, respeitando os limites de viabilidade técnica e operacional do produtor. O plano de produção sugere o que, quanto, quando e onde plantar.

Com relação ao aplicativo de controle, este deve funcionar, idealmente, como ferramenta de trabalho para o responsável pela produção. Os apontamentos de produção e demais anotações devem ser mínimos mas ao mesmo tempo devem garantir todas as informações necessárias às atividades de planejamento e controle. Confrontar os resultados com o que foi

planejado permite ao produtor identificar os desvios, direcionar esforços para corrigi-los ou evitar que voltem a acontecer e elaborar uma lista de prioridades sobre as quais agir.

### 3. Resultados

A ferramenta computacional desenvolvida, compatível para Windows, foi programada em Visual Basic, apoiada em banco de dados Access, vem sendo processada em plataforma computacional (configuração mínima) Pentium 233 Mhz, com 32 Mb de memória RAM.

O modelo de programação linear incorporado, desenvolvido por meio da linguagem de otimização GAMS (Brooke et al., 1982), utilizou como função objetivo uma expressão característica do "resultado econômico" do produtor. A maximização dessa função objetivo deve estar sujeita a restrições que envolvam: estoque de bulbos; características do tempo de ciclo de produção; limites mínimo e máximo de vendas (mercado); características e limitações da ocupação de cada tipo de estufa; exigências técnicas do mercado (mínimo de botões e mínimo de hastes).

A principal variável endógena a ser calculada por esse modelo de otimização dá conta do número de canteiros em uma determinada estufa, a partir de um lote específico de bulbos, de uma certa variedade, de um determinado grupo (flor de corte ou flor de vaso, por exemplo), com as devidas previsões (por semana) de plantio e de colheita.

Assim sendo, a principal variável a ser calculada foi nomeada como NUMCANTjvgil, que representa o número de canteiros em uma determinada estufa, a partir de um lote "j" de bulbos, de uma certa variedade "v", de um determinado grupo "g", com previsão de plantio na semana "i" e previsão de colheita na semana "l".

Para que o modelo de otimização possa ser processado, necessita de uma série de dados que poderão ser alimentados através do banco de dados incorporado ao sistema de controle. Nesse aplicativo de controle, as principais entradas de dados envolvem: variedades, áreas de plantio, previsão de vendas, ciclos, tipo de estufa para plantio, estoque de bulbos, custo por bulbo, custo de produção, quantidades mínimas de botões e hastes, lotes de plantio em andamento e suas características: lote de bulbos, variedade, flor de corte ou vaso, data de plantio, local de plantio e previsão de colheita (vide Anexo 1 – Principais Telas do Sistema para Entrada de Dados).

As principais saídas/relatórios do sistema trazem, além das informações geradas pelo modelo matemático de otimização do planejamento (resultados financeiros; vendas; níveis de ocupação de estufas, de utilização de estoque, de plantio de canteiros, entre outros), follow-up de plantio, pendências dos lotes de plantio em andamento, etiquetas para venda, formulários de apontamento, entre outros (vide Anexo 2 - Principais Telas do Sistema para Análise dos Resultados do Modelo).

### 4. Considerações finais

Em depoimento recente durante uma apresentação do sistema para outros produtores do Veiling Holambra, o produtor atendido informou que a utilização da ferramenta de otimização aumentou em 25% o seu faturamento, além de trazer sensíveis melhoras à sua margem de lucro. Também em função da utilização da ferramenta, a compra de bulbos para plantio vem sendo otimizada. Segundo o produtor, o sistema lhe fornece ainda a base para o seu orçamento, incluindo vendas, compras de insumos e outros. Destacou também que os orçamentos previsto e realizado estão mais próximos, o que lhe dá uma maior segurança em suas tomadas de decisão. Além disso, a boa e adequada utilização do sistema tem lhe possibilitado o aumento das vendas antecipadas, eliminação de variedades deficitárias, agilidade no planejamento, identificação de gargalos, melhor acompanhamento da produção.

**5. Referências bibliográficas**

- Brooke, A., Kendrick, D., Meeraus, A., **GAMS: A User's Guide, Release 2.25**, The Scientific Press, San Francisco, 1992.
- Chao, K., Gates, R.S., Anderson, R.G., Knowledge-based control systems for single stem rose production – Part I: Systems analysis and design. **Transactions of the ASAE** 41(4), 1153-1161, 1998a.
- Chao, K., Gates, R.S., Anderson, R.G., Knowledge-based control systems for single stem rose production – Part II: Implementation and field evaluation. **Transactions of the ASAE** 41(4), 1163-1172, 1998b.
- Schumacher, S., Weston, F.C., Linear programming – an application to cut flower sales planting dates, and cooler inventories. **Hortscience** 19(3), 560, 1984.

ANEXO 1 – Principais Telas do Sistema para Entrada de Dados.

Cadastro de variedades

The screenshot shows a window titled "Variedades". It contains the following fields and controls:

- Variedade:
- Descrição:
- Sub-grupo:
- Cor:
- Photo: A large empty rectangular area on the right side.
- Buttons: "Incluir", "Salvar", "Obs.", "Localizar", "Retornar" at the bottom.

Previsão de vendas

The screenshot shows a window titled "Previsão de Vendas". It contains the following fields and controls:

- Variedade:
- Grupo:
- Unid.Venda:
- Ano:
- Semana:
- Qtde. Contratada:
- Qtde. Total:
- Preço Unitário:
- Buttons: "Incluir", "Salvar", "Localizar", "Retornar" at the bottom.

Ciclos

Variedade:	AR	ARUBA
Tamanho:	16	
País Origem:	NL	HOLANDA
Grupo:	FC	FLOR DE CORTE
Unid.Venda:	MC4	MAÇO C/ 4 HASTES
Sem.Plantio:	25	
Est.Brotação:	2	
Dias Ciclo:	115	Botões Haste: 5      % Perda: 0.50
Densidade:	12	Espaçamento: 160
Sem.Prev.Colheita:	41	

Incluir      Salvar      Localizar      Retornar

Lotes de plantio

Lote:	292	Variedade:	AR	ARUBA	
Tamanho:	16	Grupo:	FC	Unidade de Venda:	MC4
Lote-JDW:	140			Lote-SN:	99006376
Data Pronto Plantio:	24/01/1999			Data Lim.Plantio:	31/10/1999
Qtde.Prevista:	1920	Dt.Ret.C.F.:	23/06/1999	Qtde.Ret.C.F.:	1920
Plantio					
Data:	23/06/1999	Qt.Bulbos Plantados:	1920	Qt.Bulbos Descart.:	0
Estágio de	0	Densidade:	12	Qt.Caixas:	160
Dt.Espaçamento:	07/07/1999	C.F.Enraiz.:	19	Prev.Colheita:	16/10/1999
Tp.Enchim.:	TVEG	TERRA VEGETAL VIDA VERDE		Prev.hastes:	1.920
Tp. Caixa:	CXP19	CAIXA PLASTICA 19 CM		Prev.maços:	477
Tp. Banho:	6	DESCRIÇÃO PADRÃO SEIS - BANHO HOLANDA 1999.			
Tipo de Estufa prevista:	QLSI	QLS+OLS INCLINADA			

Salvar      Obs.      Localizar      Localis      Colheita      Fechto.      Retornar

ANEXO 2 – Principais Telas do Sistema para Análise dos Resultados do Modelo.

Resultados financeiros

**Análise Financeira**

Total de Receitas: 235,000.00  
 Total de Custos: 151,000.00  
 Margem Contribuição: 84,000.00

Ano/Semana: 1999 41      Receita: 11,750.00

Ano/Sem.	Receitas
1999-41	11,750.00
1999-42	14,100.00
1999-43	18,800.00
1999-44	7,050.00
1999-45	7,050.00
1999-46	4,700.00
1999-47	23,500.00
1999-48	25,850.00
1999-49	28,200.00
1999-50	35,250.00
1999-51	47,000.00

Retornar

Resultados de vendas

**Análise de Vendas**

Variedade: AR ARUBA  
 Grupo: FC FLOR DE CORTE  
 Unid.Venda: MC4 MAÇO C/ 4 HASTES  
 Ano/Semana: 1999 41

Qtde. Contratada: 500      Prev. Colheita: 1280      Qtde. Total: 1280  
 Marginal Min.: 0      Preço Unitário: 5.00      Marginal Max.: 0.45

Var.	Grupo	U.V.	Venda	Contratada	Prev. Colheita	Total	Preço Prev.	Marg. Min.	Marg. Max.
AR	FC	MC4	1999 41	500	1,280	1,280	5.00	0.000	0.450
AR	FC	MC4	1999 42	250	250	3,000	5.00	0.000	0.000
AR	FC	MC4	1999 43	250	772	3,000	5.00	0.000	0.000
AR	FC	MC4	1999 44	250	3,000	3,000	5.00	0.000	1.090
AR	FC	MC4	1999 45	250	500	500	5.00	0.000	1.090
AR	FC	MC4	1999 46	250	500	500	5.00	0.000	1.220
AR	FC	MC4	1999 47	250	500	500	5.00	0.000	1.630
AR	FC	MC4	1999 48	250	500	500	5.00	0.000	1.940
AR	FC	MC4	1999 49	250	500	500	5.00	0.000	2.180

Salvar      Localizar      Regimular      Comparativo      Retornar

Resultados de ocupação dos canteiros

**Análise da Ocupação de Canteiros**

Ano/Semana: 1999 41

	QLSP	QLSI	PF
Canteiros Disponíveis:	64	38	27
Canteiros Ocupados:	10	15	14
Valor Marginal:	0.00	0.00	0.00

Ano/Sem	QLSP			QLSI			PF		
	C.Disp.	C.Ocup.	Vir.Marg.	C.Disp.	C.Ocup.	Vir.Marg.	C.Disp.	C.Ocup.	Vir.Marg.
1999-41	64	10	0.00	38	15	0.00	27	14	0.00
1999-42	68	25	0.00	48	28	0.00	32	22	0.00
1999-43	76	39	0.00	59	44	0.00	36	31	0.00
1999-44	84	61	0.00	69	59	0.00	40	35	0.00
1999-45	92	79	0.00	71	71	1,237.41	44	44	0.00
1999-46	102	89	0.00	84	79	0.00	48	48	161.25
1999-47	102	94	0.00	94	91	0.00	52	52	20.62
1999-48	102	102	536.14	107	104	0.00	58	57	0.00
1999-49	103	103	57.61	112	112	864.99	63	63	1,791.75
1999-50	103	103	1,585.25	123	123	422.40	72	72	0.00

Retornar

Resultados de plantio

**Análise de Plantio**

Ano/Semana Plantio: 1999 25 Lote: I-0000009 Ano/Semana Colheita: 1999 41

Varietade: AR ARUBA

Grupo: FC FLOR DE CORTE

Unid.Venda: MC4 MAÇO C/ 4 HASTES

Qtde.Bulbos: 5146 Qtde.Canteiros: 2 Qtde.Modelo: 1280

Qt.Cant.QLSP: 0 Qt.Cant.QLSI: 2 Qt.Cant.PF: 0

Plantio	Lote	Varietade	Grupo	Unid.Venda	Qt.Bulbos	Qt.Cant.	Colheita	Qt.Modelo
1999-25	I-0000009	AR	FC	MC4	5,146	2.00	1999-41	1,280
1999-26	I-0000009	AR	FC	MC4	1,005	0.39	1999-42	250
1999-27	I-0000009	AR	FC	MC4	3,105	1.21	1999-43	772
1999-28	I-0000009	AR	FC	MC4	12,060	4.71	1999-44	3,000
1999-29	I-0000009	AR	FC	MC4	2,010	0.79	1999-45	500
1999-30	I-0000009	AR	FC	MC4	2,010	0.79	1999-46	500
1999-31	I-0000009	AR	FC	MC4	2,010	0.79	1999-47	500
1999-32	I-0000009	AR	FC	MC4	2,010	0.79	1999-48	500
1999-33	I-0000009	AR	FC	MC4	2,010	0.79	1999-49	500

Localizar Retornar