

Sistema Computacional para Otimização na Seleção de Fertilizantes

Rafael Cesar Tieppo¹, Cassiano Cremon¹, Luís César da Silva², Rivanildo Dallacort¹, Adalberto Santi¹

¹*Departamento de Agronomia, Campus Universitário de Tangará da Serra, Universidade do Estado de Mato Grosso*

²*Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal do Espírito Santos, Campus de Alegre, Caixa Postal: 16,29500-000 Alegre ES, Brasi*

rafaeltieppo@yahoo.com.br

(Recebido em 08 de abril de 2010; aceito em 06 de novembro de 2010)

A adubação é uma das práticas agrícolas que mais onera o custo de produção das culturas comerciais. Deste modo, a otimização no uso de fertilizantes pode reduzir os custos de produção e elevar o lucro do produtor. Em lavouras comerciais, na compra das formulações mistas, o produtor pode reduzir o custo de aquisição ao optar por fontes de nutrientes que atendam as necessidades agrônômicas ao menor custo e com o maior nível de concentração. Desse modo para apoiar esse processo de tomada de decisão, este trabalho teve por objetivo desenvolver uma ferramenta que realize os cálculos e a análise de maneira rápida e exata das questões referentes aos custos e as quantidades das fontes de nutrientes. Para tanto, desenvolveu-se o sistema FOS (Fertilizer Optimization System), o mesmo foi estruturado no programa Excel versão 2003 (Microsoft Office) e os comandos macros foram implementados na linguagem de programação Visual Basic. Seus resultados foram comparados por meio do programa "Fertilizer Chooser". O sistema FOS apresenta-se como uma ferramenta para seleção e quantificação de fertilizantes para composição de misturas de adubos.

Palavras-chave: adubação; concentração de nutrientes; pesquisa operacional.

Fertilization is one of the agricultural practices that most impact the average production cost of commercial crops. Therefore, optimized fertilizer use can reduce production costs, raising producer profit. In commercial farming, producers can reduce the acquisition cost of mixing formulations by opting for nutrient sources that take care of agronomic needs at lower cost and with higher concentration levels. Thus, to support this decision-making process, this work was carried out with objective of providing a free tool to calculate and analyze, in a fast and accurate way, questions referring to costs and amounts of nutrient sources. This way, a tool called FOS (Fertilizer Optimization System), was implemented by using Excel 2003 (Microsoft Office) and Visual Basic programming language. The results from the FOS software were compared using "Fertilizer Chooser" software. The FOS software is a tool for fertilizer selection and quantification for mix formulation composition.

Keywords: fertilization; amounts of fertilizer nutrients; operational research..

1. INTRODUÇÃO

As cadeias produtivas do agronegócio brasileiro passam por uma fase de aprimoramento tecnológico, devido à necessidade de aperfeiçoar os processos de produção. Isto implica em reduzir custos, aumentar a produtividade e gerar produtos de melhor qualidade.

No setor primário de produção os fertilizantes e corretivos são insumos empregados para corrigir ou melhorar a fertilidade dos solos, devendo-se considerar a caracterização físico-química do solo e a cultura a ser implantada. Segundo ANDEF (2007), o custo de aquisição de fertilizantes no Brasil representa aproximadamente 14% do custo de produção de algodão, 37% para o milho e 17% para soja. Sendo assim, a otimização no uso de fertilizantes pode reduzir os custos de produção e conseqüentemente elevar o lucro do produtor.

De forma simplificada tem-se que a industrialização de fertilizantes envolve três fases: (i) extração e produção de matérias primas básicas (gás natural, rochas fosfática, enxofre) e matérias primas intermediárias (ácido sulfúrico, ácido fosfórico e ácido nítrico); (ii) produção dos fertilizantes básicos nitrogenados (uréia, nitrato de amônio, nitrocálcio e sulfato de amônio), fosfatados (superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfatos de amônio e fosfato natural

acidulado) e potássicos (cloreto de potássio e sulfato de potássio); e (iii) elaboração das misturadoras que misturam os fertilizantes básicos, o que resulta em formulações NPK com diferentes doses de nitrogênio, fósforo e potássio respectivamente.

Com o advento da informática nas atividades agrícolas, programas para cálculo de recomendações agronômicas de fertilizantes e corretivos da acidez do solo têm sido desenvolvidos. Gubiani et al. (2007), desenvolveram um programa que fornece as necessidades de nitrogênio, fósforo e potássio para a adubação de base e cobertura e a necessidade de calcário para as culturas produtoras de grãos, hortaliças e forrageiras. Também há uma série de programas computacionais comerciais que realizam as mesmas funções, entre eles pode-se citar: Agroprecisa (2007), Agrotis (2003), entre outros. Esses programas têm em comum a finalidade de calcular as necessidades de nutrientes para uma determinada situação, porém nem todos proporcionam ao usuário a possibilidade de calcular uma combinação de fertilizantes que satisfaçam uma determinada condição de nutrientes desejada, ou seja, não disponibilizam uma ferramenta para calcular possíveis misturas de fertilizantes para atender uma determinada concentração de nutrientes. Fairhurst et al. (2004), desenvolveram um programa computacional que calcula à partir de uma formulação NPK desejada, a combinação de fertilizantes que busca atender as concentrações de nutrientes solicitadas.

O presente trabalho teve por objetivo promover às empresas e profissionais da área de produção vegetal, uma ferramenta que possibilite o cálculo e a análise do custo total da quantidade de cada fertilizante a ser misturado. Para tanto, foi desenvolvido um modelo computacional que utiliza o método de pesquisa operacional denominado programação linear, com o objetivo de selecionar e quantificar os fertilizantes na elaboração de misturas tipo NPK (inclusive os micronutrientes), preconizando uma eficácia agronômica e a redução de custos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Como o intuito de promover uma ferramenta que possa ser utilizada na maioria dos computadores pessoais, a planilha foi estruturada no programa Excel versão 2003 (Microsoft Office) e os comandos macros foram implementados na linguagem de programação Visual Basic. O modelo implementado baseia-se em programação linear e o algoritmo utiliza o método simplex desenvolvido por Dantzig (1951). A função objetivo busca selecionar os fertilizantes com menores custos, mas que atendam as concentrações de nutrientes desejadas. As variáveis são os fertilizantes com suas respectivas concentrações de nutrientes e preço de venda ao consumidor. As quantidades de fertilizantes básicos são calculadas em função da concentração de nutrientes recomendados e do fator de erro no momento da mistura, é válido salientar que a concentração de nutrientes e a porcentagem de erro no processo de mistura é inserida pelo usuário.

Para avaliação do programa desenvolvido, foi utilizado o programa “Fertilizer Chooser”, desenvolvido pelo Instituto Internacional de Pesquisa de Arroz, situado na cidade Los Baños na província de Laguna, Filipinas, que consiste em um sistema computacional de apoio para otimização da combinação de fertilizantes, objetivando-se a redução de custos, Fairhurst et al. (2004). Apesar do “Fertilizer Chooser” não se tratar de uma ferramenta de referência na área, na execução dos seus procedimentos o mesmo utiliza o algoritmo do método simplex, assim como, o sistema FOS. Dessa forma optou-se em utilizá-lo para validação do sistema desenvolvido.

Nos testes realizados, a configuração dos programas consistiu em permitir que ambos trabalhassem em dois cenários. O primeiro cenário (C1) foi formado por duas fontes de fertilizantes, sendo uma o superfosfato simples (SPS) com concentrações de 15% P_2O_5 , 8% de S, 16% de Ca e custo fictício de 0,80 dólares por quilo, a outra fonte foi o superfosfato triplo (SPT) com concentrações de 36% P_2O_5 , 10% Ca e custo fictício de 1,10 dólares por quilo. No segundo cenário (C2) além das duas fontes contidas no C1, inseriu-se mais uma fonte de fertilizante, o sulfato de potássio (SP) com concentrações de 50% K_2O , 18% de S e custo fictício de 0,75 dólares por quilo. Para cada cenário foi solicitado aos programas à otimização de duas formulações, sendo a primeira uma mistura NPK 0-14-0 e a segunda mistura NPKS 0-14-0-7.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interface do software consiste em uma planilha dividida em “dados de entrada” e “dados de saída” (figura 1). Nos dados de entrada o programa permite ao usuário cadastrar 14 tipos de fertilizantes, com suas respectivas concentrações de nutrientes e valores de comercialização. Após preencher os campos com os fertilizantes desejados, o usuário pode inserir as concentrações de nutrientes da formulação NPK recomendada, assim como, as concentrações de outros nutrientes desejados, como cálcio, enxofre, magnésio, zinco, cobre, manganês e boro. Se desejável, ainda é permitido inserir um fator de erro em porcentagem da variação dos nutrientes.

a) *Otimização do Uso de Fertilizantes para Formulação de Adubação NPK*

Dados de Entrada

Insira a Concentração de Nutrientes e o Custo dos Fertilizantes

Fertilizante	Concentração de Nutrientes (%)									Retorna Valores Padrão		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn		Bo	US\$/Kg
Enchimento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,100	<input type="checkbox"/> Descartar
DAP	9	38	0	0	0	0	0	0	0	0	1,020	<input type="checkbox"/> Descartar
MAP	17	44	0	0	0	0	0	0	0	0	1,020	<input type="checkbox"/> Descartar
SS	0	15	0	8	16	0	0	0	0	0	0,480	<input type="checkbox"/> Descartar
ST	0	36	0	0	10	0	0	0	0	0	0,890	<input type="checkbox"/> Descartar
TermoMg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,480	<input checked="" type="checkbox"/> Descartar
FosNatReat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,000	<input checked="" type="checkbox"/> Descartar
AmoniaAnid	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,000	<input checked="" type="checkbox"/> Descartar
Ureia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,610	<input checked="" type="checkbox"/> Descartar
SulfatAmon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,470	<input checked="" type="checkbox"/> Descartar
KCl	0	0	58	0	0	0	0	0	0	0	0,660	<input type="checkbox"/> Descartar
SulfatPotas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,000	<input checked="" type="checkbox"/> Descartar
NitratPotas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,000	<input checked="" type="checkbox"/> Descartar
SulfatoKMg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,440	<input checked="" type="checkbox"/> Descartar

b) *Insira a recomendação agronômica desejada*

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Bo	Tolerância de variação dos nutrientes
0	18	18	2,5	0	0	0	0	0	0	0 %

Dados de Saída

Sugestão para a Formulação em Kg/t:

Enchimento	DAP	MAP	SS	ST	TermoMg	FosNatReat
7,36	0,00	0,00	312,50	369,79	0,00	0,00

AmoniaAnid

Ureia	SulfatAmon	KCl	SulfatPotas	NitratPotas	SulfatoKMg
0,00	0,00	310,34	0,00	0,00	0,00

Total (kg/t) 1000,00 **Custo da Formulação US\$/t** 684,68

Balanco Final de Nutrientes em Kg/t

Nutriente	Desejado	Calculado	Diferença
N	0	0,00	0,00
P ₂ O ₅	180	180,00	0,00
K ₂ O	180	180,00	0,00
S	2,5	25,00	0,00
Ca	0	86,98	86,98
Mg	0	0,00	0,00
Zn	0	0,00	0,00
Cu	0	0,00	0,00
Mn	0	0,00	0,00
Bo	0	0,00	0,00

Figura 1: a) Interface para inserir os dados de entrada conforme a necessidade do usuário. b) Interface para inserir a recomendação agrônômica e apresentação dos dados de saída.

Após inserir as características dos fertilizantes e as concentrações desejadas para ambos cenários (C1 e C2), realizou-se a simulação entre o sistema FOS e Fertilizer Chooser, obtendo-se os dados expressos tabela 1.

Tabela 1: Resumo dos resultados gerados pelos programas para as formulações desejadas.

Cenário	Programa	Formulação	Custo (US\$ t ⁻¹)	Fonte de Fertilizantes			Balanco de Nutrientes (Kg t ⁻¹)				
				SPS (Kg)	SPT (Kg)	SP (kg)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca
C1	Fertilizer Chooser	NPK 0-14-0	427,8	0	389,0	**	0	140	0	0	***
		NPKS 0-14-0-7	726,7	875,0	24,3	**	0	140	0	70	***
	FOS	NPK 0-14-0	427,78	0,00	388,89	**	0	140,0	0	0,0	38,89
		NPKS 0-14-0-7	726,74	875,0	24,31	**	0	140,0	0	70,0	142,43
C2	Fertilizer Chooser	NPK 0-14-0	427,8	0	388,9	0	0	140	0	0	***
		NPKS 0-14-0-7	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	FOS	NPK 0-14-0	427,78	0,0	388,89	0,00	0	140	0	0	38,89
		NPKS 0-14-0-7	719,44	0,0	388,89	388,89	0	140	194,4	70	38,89

* Sem solução. ** Não faz parte de C1. *** Informações não disponibilizadas pelo programa.

Nota-se na Tabela 1 que para o cenário C1, onde foram disponibilizados os fertilizantes SPS e SPT, os programas apresentaram os mesmos custos e quantidades necessárias de fertilizantes para satisfazer as condições de ambas formulações desejadas, ou seja, selecionaram as mesmas quantidades de SPS e SPT. Porém, o “Fertilizer Chooser” apresenta os valores com apenas uma casa decimal e o “FOS” com duas casas decimais, por meio desses dados concluiu-se que as informações geradas pelo “FOS” são iguais as geradas pelo “Fertilizer Chooser”. Dessa forma é possível afirmar que para o propósito do programa os resultados estão corretos.

Outro detalhe observado, é que o sistema “FOS” demonstra um balanço completo de todos os nutrientes que compõem a mistura calculada, diferentemente do “Fertilizer Chooser” que apenas demonstra um balanço dos nutrientes solicitados. .

Para o cenário C2, ambos os programas apresentaram resultados iguais para a formulação que não solicitou uma quantidade de S, foram selecionadas as mesmas quantidades encontradas no cenário C1. No entanto, no cenário C2, para a formulação que solicitou uma quantidade de enxofre, o “Fertilizer Chooser” não apresentou solução. Já o sistema “FOS”, alterou as quantidades dos fertilizantes para a sugestão de mistura, propondo uma quantidade de 388,89 kg de SPT e 388,89 kg de SP, formando um custo de 719,44 dólares por tonelada, uma diferença de 7,30 dólares por tonelada em relação ao cenário C1 para a mesma formulação.

O motivo pelo qual o programa “Fertilizer Chooser” não proporcionou uma solução é que o algoritmo implementado nesse programa não possibilita que a mistura tenha outros nutrientes além do desejados. No cenário C2, o fertilizante SP possui além dos 18% de S, uma concentração de 50% de K_2O . Como a recomendação (0-14-0-7) não solicitou potássio e a concentração de S no SPS não é suficiente para atender a recomendação solicitada, o programa “Fertilizer Chooser” não apresentou resultados.

O algoritmo do sistema “FOS” possibilitou gerar uma solução para o usuário, pois permite a inclusão de outros nutrientes não especificados na recomendação. Como o sistema “FOS” exibiu um balanço dos nutrientes da solução encontrada, foi possível constatar a presença de $194,4 \text{ kg t}^{-1}$ de K_2O para na mistura sugerida pelo programa, dessa forma o usuário pode avaliar se a mesma está, ou não, de acordo com a sua necessidade.

Uma desvantagem do sistema computacional desenvolvido é que para seu funcionamento há necessidade da instalação prévia do Microsoft Excel pertencente ao pacote do Microsoft Office, haja vista que seu desenvolvimento foi realizado na referida planilha eletrônica juntamente com a linguagem de programação Visual Basic. Por outro lado, seu código fonte é aberto e pode ser adaptado para outra linguagem de programação, ou ainda, pode receber alterações em suas configurações de cálculo de acordo com as necessidades do usuário. Sendo assim, o sistema “FOS” trata-se de uma ferramenta computacional de uso livre, que poder ser alterada por qualquer profissional.

4. CONCLUSÃO

O sistema FOS apresentou-se como uma ferramenta prática na seleção e quantificação de fertilizantes para composição de fertilizantes mistos. O sistema “FOS” e o programa “Fertilizer Chooser” apresentaram os mesmos resultados para os testes realizados. O sistema “FOS” pode ser utilizado por todos os profissionais envolvidos nos processos de produção vegetal, desde que os mesmos tenham conhecimentos técnicos na área em questão.

-
1. AGROPECISA. Fertisolve. exe: software para a otimização da utilização de fertilizantes. Vinhedo: 2007. 1 CDROM..
 2. AGROTIS. Fértil Agrowin. exe: solução para interpretação de análises de solo e foliares com cálculo de adubação. Curitiba: 2003. 1 CDROM..
 3. ANDEF. Participação do controle químico de pragas no custo de produção vegetal no Brasil. [S.l.: s.n.], 2000. São Paulo, 30 de nov. 2007. Disponível em: http://www.undef.com.br/defesa_agricola/default.asp?cod=6 Acesso em: 15 de jan. 2008
 4. DANTIZG, G.B. (1951). Maximization of a Linear Function of Variables Subject to Linear Inequalities. In: Activity Analysis of Production and Allocation [edited by T.C. Koopmans], John Wiley & Sons, New York, 339-347.
 5. GUBIANI, P. I. et al. CADUB GHF – um programa computacional para cálculo da quantidade de fertilizantes e corretivos da acidez do solo para culturas produtoras de grãos, hortaliças e forrageiras. *Ciência Rural*, Santa Maria – RS, v. 37, n. 4, p. 1161-1165, 2007.
 6. FAIRHURST, T.H. et al. Fertilizer Chooser. Lincoln, NE: University of Nebraska-Lincoln, Singapore: Pacific Rim Palm Oil Limited, Manila (Philippines): International Rice Research Institute (IRRI). Disponível em: <http://www.irri.org/science/software/fertchooser.asp> 2004. Acesso em: 28 de maio 2009.