

## **FORMULAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE UTILIZANDO A FERRAMENTA SOLVER DO MICROSOFT OFFICE**

*Josely Dantas Fernandes*

Licenciado em Química pela UEPB, Doutor em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande. e-mail: joselysolo@yahoo.com.br

*Antonio Fernandes Monteiro Filho*

Engenheiro Agrônomo pela UFPB, Doutorando em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.  
e-mail: afernandesmf@gmail.com

*Lucia Helena Garófalo Chaves*

Engenheira Agrônoma, Dra., Professora Titular da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.  
e-mail: lhgarofalo@hotmail.com

*Carlos Pereira Gonçalves*

Engenheiro Agrônomo pela UFPB, Professor Titular do Curso de Agroecologia da Universidade Estadual da Paraíba.  
e-mail: carlospereirauepb@gmail.com

*Marcelo Pereira Cruz*

Graduando em Agroecologia da Universidade Estadual da Paraíba. e-mail: marcelo152act@hotmail.com

**Resumo** - Objetivou-se com este trabalho formular um biofertilizante capaz de suprir a necessidade nutricional da cultura do milho através da ferramenta SOLVER do Microsoft Office Excel versão 2001. Para isso, montou-se uma planilha eletrônica contendo as informações referentes a recomendação de adubação para a cultura do milho e a composição química dos diferentes componentes (ingredientes) utilizados na formulação do biofertilizante. Após o preparo do biofertilizante retirou-se uma amostra para caracterização físico-química. A ferramenta SOLVER mostrou-se eficiente na formulação do biofertilizante atendendo todas as restrições impostas pelo operador, porém, após análise, verificou-se que a concentração dos nutrientes: nitrogênio, cálcio, magnésio, ferro e fósforo estiveram bem abaixo do valor estimado pelo SOLVER; o mesmo não foi observado para o potássio e o enxofre que apresentaram valores próximos do calculado e para sódio e cloreto, cujas concentrações foram superiores ao esperado.

**Palavras-chave:** Biofertilizante; *Zea Mays*; adubação orgânica.

## **FORMULATION OF BIOFERTILIZER USING THE SOLVER TOOL OF MICROSOFT OFFICE**

**Abstract** - The objective of this study was to formulate a biofertilizer able to supply the nutritional need of the corn crop through the Solver tool of Microsoft Office Excel 2001 version. Thus, it was a spreadsheet containing the information on fertilizer recommendation for maize and chemical composition of different components (ingredients) used in the formulation of bio-fertilizers. After preparing the biofertilizer took a sample for physicochemical characterization. The Solver tool was efficient in the formulation of biofertilizer satisfying all the restrictions imposed by the operator, however, after analysis, found that the concentration of nutrients: nitrogen, calcium, magnesium, iron and phosphorus were well below the value estimated by SOLVER; the same was not observed for potassium and sulfur, which showed values close to the calculated and for sodium and chloride, whose concentrations were higher than expected.

**Keywords:** Biofertilizer; *Zea mays*; organic fertilizer.

### **INTRODUÇÃO**

Biofertilizante é um adubo líquido proveniente de uma digestão aeróbica ou anaeróbica a partir de uma mistura de materiais orgânicos (esterco, frutas, leite), minerais (macro e micronutrientes) e água. O seu uso vem se propagando como um componente importante para a agroecologia por promover a diminuição do uso de produtos químicos, produção de produtos

agrícolas com melhor qualidade nutricional para consumo in natura, além de reduzir o uso de fertilizantes industriais (VESSEY, 2003).

Praticamente não há informações sobre formulações de biofertilizantes específicos para atender a necessidade nutricional de determinada cultura. A grande dificuldade de formular um biofertilizante com tais características está no cálculo para balancear cada nutriente, uma vez que, os ingredientes orgânicos

possuem macro e micronutrientes em concentrações diferentes. O SOLVER do Microsoft Office Excel é uma ferramenta que poderá ser utilizada para solucionar tal problema por otimizar (minimizar ou maximizar) uma função de variáveis chamada de função objetivo, sujeita a uma série de equações ou inequações lineares (LISBOA, 2002). Assim, a utilização da ferramenta SOLVER constitui-se uma alternativa que o produtor rural poderá utilizar para formular um biofertilizante com composição química pré-definida. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi formular um biofertilizante capaz de atender a necessidade nutricional da cultura do milho através da ferramenta Solver do Microsoft Office Excel versão 2001.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais/ Campus-II/ UEPB, situada na cidade de Lagoa Seca – PB. Através dos dados referenciados por Pereira et al. (2007) e Cavalcanti (1998) elaborou-se uma planilha eletrônica no Microsoft Office Excel (Tabela 1) contendo a composição química de alguns ingredientes comumente utilizados na formulação de biofertilizantes, o custo de cada ingrediente e a necessidade nutricional da cultura do milho: 30 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N); 60 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 50 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K<sub>2</sub>O); 2.100 g de ferro (Fe); 340 g de manganês (Mn); 110 g de cobre (Cu) e 400 g de zinco (Zn). Na recomendação dos micronutrientes, consideraram-se os quantitativos extraídos do solo por esta cultura (COELHO & RESENDE, 2008). Com base no exposto, formulou-se o biofertilizante para 1000 L de solução atendendo a necessidade nutricional da cultura, porém, o mesmo foi preparado para 200 L.

**Tabela 1.** Composição química dos diferentes ingredientes utilizados na formulação do biofertilizante para 200 L de solução e necessidade nutricional da cultura do milho.

Nutrientes	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Necessidade Nutricional --kg--
	-----%-----														
N	12,8	0,5	0,8	0,1	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,2	0,1	0,8	0,1	0,0	41,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0
K <sub>2</sub> O	0,9	2,4	0,7	0,1	0,0	0,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0
Na	0,3	0,9	0,4	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca	0,3	0,8	1,6	0,1	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0	0,0	2,4
Mg	0,2	0,4	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	12,0	0,0	1,0
S	0,3	0,4	0,0	1,0	0,0	12,0	0,0	12,0	11,0	21,0	13,0	0,0	0,0	11,5	0,0
Cl	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Zn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,08
Fe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,42
Mn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,07
Cu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02
<b>Custo kg</b>	<b>0,0</b>	<b>1,7</b>	<b>0,0</b>	<b>7</b>	<b>0,05</b>	<b>4,32</b>	<b>4,0</b>	<b>4,52</b>	<b>10,0</b>	<b>5,25</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,4</b>	<b>2,0</b>

A = sangue bovino; B = melaço; C = esterco bovino; D = soro de leite; E = uréia; F = Superfosfato triplo; G = cloreto de potássio; H = sulfato de cobre; I = sulfato de zinco; J = sulfato de manganês; K = sulfato de magnésio; L = água; M = calcáreo dolomítico; N = sulfato de ferro. Fonte: Pereira et al. (2007).

Na formulação do biofertilizante foram acrescentados alguns fertilizantes minerais (uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio) no intuito de suplementar os baixos teores em nitrogênio, fósforo e potássio dos ingredientes orgânicos,

objetivando assim, atender a necessidade da cultura. Para limitar quantitativos excessivos ou escassos de determinados ingredientes ou nutrientes, utilizou-se restrições de igualdade, maior igual e de menor igual de acordo com a Tabela 2.

**Tabela 2.** Restrições impostas durante a formulação do biofertilizante.

Qtd	SR	ME	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Zn	Na	Ca	Mg	S	Cl	Fe	Mn	Cu	EB	SG
=	≥	=	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	≥	=	≤
-----L-----kg-----																
200	80	10	6	12	10	0,08	0	2,4	1	0	0	0,42	0,07	0,02	40	4

Qtd = quantidade; SR = soro de leite; ME = melão; N = nitrogênio; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = fósforo; K<sub>2</sub>O = potássio; Zn = zinco; Na = sódio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; Cl = cloro; Fe = ferro; Mn = manganês; Cu = cobre; EB = esterco bovino; SG = sangue bovino.

A restrição imposta ao sangue ocorreu em virtude do odor desagradável que este produz durante o processo de maturação do biofertilizante; quanto ao soro de leite e o melão, a restrição de maior igual e de igualdade, respectivamente, foi imposta com o objetivo de favorecer a ação microbiana. Além do mais, o elevado teor de umidade presente no soro de leite, limitou a utilização da água durante a formulação do biofertilizante. Duas semanas após o preparo, retirou-se uma amostra do biofertilizante diluindo-a cem vezes na qual foi encaminhada para o laboratório de dessalinização LABDES/UFCG para caracterização físico-química segundo metodologia descrita no Standard Methods (1998).

Os ingredientes e os quantitativos utilizados na produção dos 200 L de biofertilizante são apresentados na Tabela 3. De acordo com a ferramenta SOLVER, não foi incluído sulfato de magnésio no preparo do biofertilizante porque a quantidade do elemento Mg, 1,0 kg/200L, foi suprido pela mistura dos ingredientes orgânicos sangue bovino (A), melão (B), esterco bovino (C) e soro de leite (D), além de calcário dolomítico (M). As restrições impostas pelo operador de maior ou igual para soro de leite (80 L), menor ou igual para sangue (4 kg) e de igualdade para esterco bovino (40 kg), melão (10 L) e quantidade de biofertilizante produzido (200 L) foram atendidas (Tabela 3). O acréscimo de 2,1 L de água foi necessário para atender a exigência dos 200 L de biofertilizante.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Tabela 3.** Quantidade dos ingredientes calculados pela ferramenta SOLVER para produção dos 200 L de biofertilizante.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Custo
-----L-----kg-----													R\$
2,1	80	10	4	40	11,2	28,4	15,6	0,1	0,2	0,2	6,2	2	266,1

A = água; B = soro de leite; C = melão; D = sangue bovino; E = esterco bovino; F = uréia; G = Superfosfato triplo; H = cloreto de potássio; I = sulfato de cobre; J = sulfato de zinco; K = sulfato de manganês; L = calcário dolomítico; M = sulfato de ferro.

O biofertilizante formulado pela ferramenta SOLVER, levando em consideração o preço de cada ingrediente na Tabela 1, apresentou um custo de R\$ 266,10 ao agricultor, 6,50% maior se comparado à aquisição de 6; 12 e 10 kg de uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente. Entretanto, este custo poderá diminuir uma vez que, a maioria dos agricultores já possui os ingredientes orgânicos utilizados na formulação do biofertilizante e/ou, poderá incluir outros ingredientes disponíveis na sua propriedade a um custo zero, o que diminuirá ainda mais os custos. Para o Ca, o valor calculado foi de 8,8 kg/200 L, ou

seja, 266,66% maior que a quantidade exigida (2,4 kg); isto porque o superfosfato triplo e o calcário dolomítico, principais ingredientes para suprir a necessidade nutricional em P e em Mg, contribuíram com 64,54 e 26,70% no fornecimento do Ca, respectivamente. Com relação ao sódio (Na) e o cloreto (Cl), elementos em concentrações elevadas, os 80 L de soro de leite e os 15,6 kg de KCl acrescentados ao biofertilizante, foram os principais responsáveis pelos valores 2,2 e 7,3 kg de Na e Cl, respectivamente (Tabela 4).

**Tabela 4.** Quantidade dos nutrientes calculados pela ferramenta SOLVER para produção dos 200 L de biofertilizante.

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Zn	Na	Ca	Mg	S	Cl	Fe	Mn	Cu
-----kg-----											
6	12	10	0,08	2,2	8,8	1	4,6	7,3	0,42	0,07	0,02

O nitrogênio encontra-se principalmente na forma de íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) (Tabela 5), porém, este resultado pode ser alterado enquanto não houver a estabilização do biofertilizante, uma vez que o amônio depende da degradação dos compostos orgânicos nitrogenados, da redução do nitrato pela ação de bactérias nitrificantes, do pH da solução e da relação C:N de cada ingrediente utilizado no preparo do biofertilizante (MATA-ALVAREZ et al., 2000; PALHARES & CALIJURI, 2007).

**Tabela 5.** Análise química do biofertilizante diluído.

Parâmetros	Resultados
Condutividade elétrica, $\mu\text{mho/cm}$ a $25^\circ\text{C}$	2.890,0
Potencial hidrogeniônico, pH	4,0
Turbidez, (uT)	167,0
Cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), mg/L	2,0
Magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), mg/L	4,32
Dureza total ( $\text{CaCO}_3$ ), mg/L	87,5
Sódio ( $\text{Na}^+$ ), mg/L	354,1
Potássio ( $\text{K}^+$ ), mg/L	320,6
Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), mg/L	0,09
Ferro total, mg/L	3,01
Alcalinidade em hidróxido, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )	0,0
Alcalinidade em carbonatos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )	0,0
Alcalinidade em bicarbonatos, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )	24,8
Alcalinidade total, mg/L ( $\text{CaCO}_3$ )	24,8
Sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), mg/L	172,1
Fósforo total, mg/L	63,7
Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), mg/L	767,5
Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), mg/L	0,13
Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), mg/L	0,02
Amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), mg/L	6,64
Sílica ( $\text{SiO}_2$ ), mg/L	11,2
Total de sólidos dissolvidos secos a $180^\circ\text{C}$ , mg/L	1.913

Embora não tenha sido analisado o N total do biofertilizante, estima-se que o mesmo apresenta 30 g/L de N (84% disponibilizado pela uréia), ou seja, abaixo da concentração de 20,02 g/L, conforme observado por Tesseroli Neto (2006). A concentração obtida de Ca, Mg, Fe e P foi muito inferior ao valor estimado pela ferramenta SOLVER; os únicos elementos que apresentaram valores próximos ao calculado foram o K (32,06 g/L) e o S (17,21 g/L); já o Al e o Na, apresentaram valores superiores ao desejado. Apesar disto, os teores destes elementos são maiores do que os apresentados por Villela Junior et al. (2003); contudo, é complexo este tipo de comparação pois existem muitas variações em função do modo de preparo, da matéria-prima utilizada e da metodologia pela qual o produto foi analisado, pois não existe uniformização para a análise do biofertilizante.

O biofertilizante, mesmo após diluição, apresentou um valor de pH igual a 4,0, considerado muito ácido, porém, estima-se valores próximos a neutralidade após estabilização do mesmo, confirmando informações de Magrini et al. (2009) que

verificaram aumento no valor de pH no decorrer do processo de maturação, chegando a 8,6 após 60 dias. Segundo Souza et al. (1995), o valor do pH do biofertilizante em geral situa-se entre 7,0 e 8,0; valores inferiores a estes indicam digestão incompleta e superiores apontam retenção excessivamente longa do biofertilizante no digestor. O biofertilizante ainda apresentou uma considerável concentração de sílica (1120 mg/L). Segundo Datnoff et al. (2001), plantas bem nutridas com Si, em geral, são mais resistentes a estresses ambientais bióticos (pragas e doenças) e abióticos (excesso de alumínio e deficiências hídricas).

## CONCLUSÃO

Teoricamente o biofertilizante formulado através da ferramenta Solver do Microsoft Office Excel atendeu a exigência nutricional da cultura do milho. Apesar do teor de nitrogênio estar aquém do esperado, o biofertilizante apresentou excelentes concentrações de potássio, enxofre e sílica, havendo assim, a

necessidade de novos trabalhos objetivando analisar a resposta da cultura a sua aplicação.

## REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, F. J. de A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. 2. apr. Recife: IPA, 1998. 198 p.

COELHO, A. M.; RESENDE, Á. V. **Exigências Nutricionais e Adubação do Milho Safrinha**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2008, 10 p. (Circular técnica, 111).

DATNOFF, L. E.; SNYDER, F. H.; KORNDÖRFER, G. H. (Eds.). **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 2001.

LISBOA, E. F.A. **Apostila de Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, RJ – Brasil, 2002.

MAGRINI, F. E.; VENTURIN, L.; SARTORI, V. C. Avaliação Microbiológica, pH e Umidade de Diferentes Fases de Maturação do Biofertilizante Bokashi. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, p. 431-435, 2009.

MATA-ALVAREZ, J.; MACÉ, S.; LABRÉS, P. Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives. **Bioresource Technology**, v. 74, p. 3-16, 2000.

PALHARES, J. C. P.; CALIJURI, M. C. Caracterização dos afluentes e efluentes suinícolas em sistemas de crescimento/terminação e qualificação de seu impacto ambiental. **Ciência Rural**, v.37, n.2, p.502-509, 2007.

PEREIRA, L. G. R.; ARAÚJO, G. G. L.; VOLTOLINI, T. V.; BARREIROS, D. C. Manejo nutricional de ovinos e caprinos em regiões semiáridas. In: SEMINÁRIO NORDESTINO DE PECUÁRIA, 11; 2007, Fortaleza. **Anais...** Repensando o agronegócio da pecuária: novos caminhos. Fortaleza: FAEC; CNA; SENAR; SEBRAE-CE, 2007.

SOUZA, J. S. I.; PEIXOTO, A. M.; TOLEDO, F. F. **Enciclopédia Agrícola Brasileira**. São Paulo: USP, ESALQ, v. 6, p. 431, 1995.

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 16th ed. Washington: APHA, 1985.

TESSEROLI NETO, E. A. **Biofertilizantes: Caracterização química, qualidade sanitária e eficiência em diferentes concentrações na cultura da alface**. Curitiba: UFPR, 2006. 52p. Dissertação Mestrado.

VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant Soil**, v. 255, p. 571–586, 2003.

VILLELA JUNIOR, L. V. E.; ARAUJO, J. A. C.; FACTOR, T. L. Comportamento do meloeiro sem solo com a utilização de biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, v.21, n. 2, p. 153-157, abril/junho, 2003.

Recebido em 10/03/2011

Aceito em 12/11/2011