

Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico¹

Leandro Barradas Pereira², Orivaldo Arf²,
Neli Cristina Belmiro dos Santos³, Aline Estela Zini de Oliveira⁴, Lauro Kenji Komuro⁴

ABSTRACT

Fertilization management in bean crop under organic production system

Nowadays the food production systems tend to include the sustainable management of soil and water. One of the main obstacles to the organic cultivation of common bean is the fertilization management. This study aimed to evaluate doses of organic fertilizer containing slaughterhouse residues (1.0 t ha⁻¹, 1.5 t ha⁻¹, 2.0 t ha⁻¹ and 2.5 t ha⁻¹). The experimental design was randomized blocks in a 4x2x2 factorial scheme, with 16 treatments and 4 replications. Plant dry weight; foliar diagnose; initial and final plant population; number of pods per plant, grains per plant and grains per pod; 1000-grain weight; and grain yield were evaluated. It was concluded that the methods and time of organic fertilizer application do not affect the production components and yield in common bean. The dose of 2.5 t ha⁻¹ of organic fertilizer provided the highest common bean yield in 2012, but it did not express its maximum production capacity.

KEY-WORDS: *Phaseolus vulgaris* L.; organic fertilizer; cattle residues.

RESUMO

Atualmente, os sistemas de produção de alimentos tendem a incluir manejos sustentáveis do solo e da água. Um dos principais desafios do cultivo orgânico do feijoeiro é o manejo da adubação. Este trabalho objetivou avaliar doses de fertilizante orgânico à base de resíduos de frigorífico (1,0 t ha⁻¹; 1,5 t ha⁻¹; 2,0 t ha⁻¹; e 2,5 t ha⁻¹). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2x2, com 16 tratamentos e 4 repetições. Foram realizadas as seguintes avaliações: massa seca de plantas; diagnose foliar; população inicial e final de plantas; número de vagens por planta, grãos por planta e grãos por vagem; massa de 100 grãos; e produtividade de grãos. Concluiu-se que os métodos e épocas de aplicação do fertilizante orgânico não influenciam os componentes de produção e produtividade do feijoeiro. A dose de 2,5 t ha⁻¹ de fertilizante orgânico propiciou a maior produtividade do feijoeiro em 2012, porém, não expressou sua capacidade máxima de produção.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L.; fertilizante orgânico; resíduos bovinos.

INTRODUÇÃO

O feijão é um dos alimentos básicos do povo brasileiro e de grande parte da América Latina. Apresenta fundamental importância, devido ao fato de ser fonte acessível de proteínas, com elevado valor energético. A sua comercialização é instável e os riscos climáticos atrelados à cultura dificultam uma maior adesão de agricultores, em todo o País (Conab 2013).

Uma das alternativas para aumentar a estabilidade da sua comercialização é a agregação de valor ao grão, que pode ser alcançada com a utilização do

sistema de produção orgânico. A procura por feijão produzido organicamente tem aumentado, mesmo com preços de venda do produto cerca de 30-40 % superiores ao do feijão cultivado de forma convencional (Santos 2011).

Darolt (2000) verificou que os principais entraves para a produção orgânica estão relacionados à falta de crédito específico para produtores, dificuldades para a comercialização da produção e falta de experiência e informação técnica.

Os principais limitantes à sustentabilidade no cultivo do feijoeiro comum, em sistemas orgânicos

1. Trabalho recebido em jan./2014 e aceito para publicação em jan./2015 (<http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4528018>).

2. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Socioeconomia, Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mails: leandro.pereira61@etec.sp.gov.br, arf@agr.feis.unesp.br.

3. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Pólo Regional do Extremo Oeste, Andradina, SP, Brasil. E-mail: neli@apta.sp.gov.br.

4. Escola Técnica Estadual Sebastiana Augusta de Moraes, Andradina, SP, Brasil. E-mails: aline.oliveira301@etec.sp.gov.br, lauro.komuro@etec.sp.gov.br.

e convencionais, incluem o manejo do solo e do fertilizante, principalmente no que diz respeito à má distribuição de nutrientes no perfil do solo, bem como ao desequilíbrio entre os mesmos (Aidar & Kluthcouski 2009).

Os fertilizantes orgânicos apresentam composição variável conforme sua origem, teor de umidade e processamento, antes de sua aplicação. A mineralização de nutrientes como o nitrogênio (N) e o fósforo (P), no solo, depende, principalmente, da relação carbono/nitrogênio (C/N) do material orgânico. Compostos com relação C/N inferior a 25 e C/P inferior a 200 liberam a maior parte do N e do P no primeiro ano da aplicação. Em geral, produtos de origem animal sofrem um processo de mineralização mais acelerado do que produtos de origem vegetal, quando submetidos às mesmas condições de temperatura ambiente e umidade no solo.

No sistema orgânico de produção para a fertilização dos solos são usados adubos verdes, restos de colheitas, tortas e farinhas de vegetais fermentados, compostos orgânicos bioestabilizados, resíduos industriais e agroindustriais isentos de agentes químicos ou biológicos com potencial poluente e de contaminação, fosfatos naturais e semisolubilizados, farinhas de ossos, termofosfatos, escórias e rochas minerais moídas, como fonte de cálcio, magnésio, fósforo, potássio e micronutrientes (sempre de baixa solubilidade).

Não há registros de uso de compostos orgânicos elaborados com resíduos de frigorífico, no solo. Esses adubos são elaborados a partir de capim do rúmen, sangue e couro de bovinos de corte. O processo de fabricação é realizado a céu aberto, com o auxílio de micro-organismos que aceleram a degradação do material orgânico, transformando-o em adubo orgânico.

Alguns estudos têm evidenciado a viabilidade do uso de fertilizantes orgânicos em sistemas de produção orgânica e aumento de produtividade em feijão caupi (Cavalcante et al. 2009, Melo et al. 2009, Pereira et al. 2013), feijão de vagem (Alves et al. 2000) e feijoeiro comum (Pereira et al. 2011).

Experimentos conduzidos por Carvalho & Wanderley (2007), no Distrito Federal, mostraram que o feijão orgânico tem produtividade comparável à do feijão cultivado sob sistema convencional. Padovan et al. (2007) avaliaram doze cultivares, na região de Dourados (MS), mostrando a viabilidade do sistema orgânico de produção de feijão.

Uma das finalidades de um sistema orgânico de produção é a reciclagem de resíduos de origem orgânica, reduzindo, ao mínimo, o emprego de recursos não renováveis. A adubação orgânica é a forma mais importante de reconstruir, de maneira física, química e biológica, os solos, principalmente quando apresentam baixo teor de matéria orgânica.

Existem várias vantagens no uso de adubos orgânicos, como a melhoria na estrutura do solo, ativação microbiológica, aumentos nos teores de matéria orgânica e na resistência das plantas ao ataque de pragas e doenças, retenção de cátions (Ca, Mg e K) e efeito de proteção da umidade do solo. Assim, a adoção de técnicas de cultivo que possibilitem melhorar o manejo da cultura do feijão, em sistema orgânico, em condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas, pode ser de suma importância para o aumento da produtividade e qualidade de grãos.

Tendo-se em vista que o manejo da adubação orgânica pode proporcionar aumento na produtividade, desenvolveu-se este estudo com o objetivo de avaliar a influência de doses de fertilizante orgânico à base de resíduos de frigorífico, método e época de aplicação, nos componentes de produção e produtividade da cultura do feijão, em sistema de cultivo orgânico irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido nos anos de 2011 e 2012, em Andradina (SP), em área experimental da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) (20°55'S, 51°23'W e 379 m de altitude). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é tropical quente e úmido, com inverno seco. A precipitação média anual é de 1.150 mm, a temperatura média anual de 23 °C e a umidade relativa do ar de 70-80 % (Santos 2007). Os experimentos foram conduzidos na mesma área e, também, nas mesmas parcelas. Os valores de precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas da área de cultivo, durante a condução dos experimentos, constam na Figura 1. O fornecimento de água foi realizado por sistema fixo de irrigação por aspersão.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho (Oliveira et al. 1999) de textura arenosa. Antes da instalação dos experimentos, foram coletadas amostras de solo, as quais, após homogeneizadas, resultaram em amostra composta, que foi levada ao laboratório para análise química, sendo os resultados

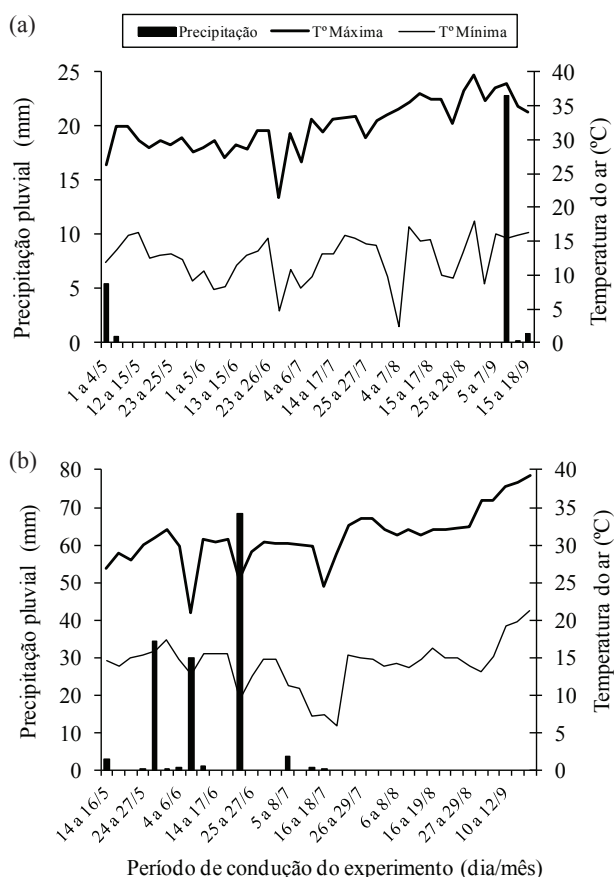


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máximas e mínimas (°C) registradas durante a condução dos experimentos, nos anos de 2011 (a) e 2012 (b) (Andradina, SP). Fonte: Ciiagro (2013).

determinados segundo metodologia descrita por Raji et al. (2001) (Tabela 1).

O solo da área experimental estava em pousio há mais de três anos, sem receber manejo físico e químico, e ocupado com pastagem (*Urochloa decumbens*). No primeiro e segundo anos de cultivo, realizou-se preparo convencional do solo, com uma aração, utilizando-se arado de aiveca, e uma gradagem. Em seguida, foi aplicado calcário dolomítico (PRNT = 95,4), na dose de 1,09 t ha⁻¹, apenas em

2011, e incorporado com grade. Em 15/02/2012, foi realizada a semeadura de sorgo granífero na área que permanecia em pousio, para controle das plantas espontâneas, sendo roçado no dia 07/05/2012.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2x2, com 16 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos por 4 doses do fertilizante orgânico (1,0 t ha⁻¹; 1,5 t ha⁻¹; 2,0 t ha⁻¹; e 2,5 t ha⁻¹), 2 métodos de aplicação do fertilizante orgânico (no sulco e a lanço incorporado) e 2 épocas de aplicação (antecipado em 30 dias e na semeadura). As parcelas foram constituídas por seis linhas de 6,0 m de comprimento, espaçadas 0,50 m entre si, apresentando uma área de 18 m². A área útil foi constituída pelas quatro linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha.

O fertilizante orgânico utilizado foi à base de resíduos de frigorífico, no estado físico granulado e farelado, com teor de P (resina) = 281 mg dm⁻³; MO = 34 g dm⁻³; pH (CaCl₂) = 7,6; K = 12 mmol_c dm⁻³; Ca = 74 mmol_c dm⁻³; Mg = 19 mmol_c dm⁻³; H+Al = 8 mmol_c dm⁻³; Al = 0 mmol_c dm⁻³; S-SO₄⁻² = 206 mg dm⁻³; umidade = 2 %; e relação C/N de 10/1. O fertilizante orgânico foi produzido por uma empresa local, a partir de resíduos como capim do rúmen, chifres e couro de bovinos, sendo realizado processo de compostagem aeróbica, com aplicação de micro-organismos para acelerar a decomposição e melhorar a qualidade do composto orgânico.

O feijão foi semeado, mecanicamente, nos dias 31/05/2011 e 14/06/2012, utilizando-se a cultivar IAC-Alvorada, com as seguintes características: cultivar de grão tipo carioca, proveniente do Instituto Agrônomo de Campinas, com porte de planta semiereto (tipo III), moderada resistência a antracnose, ciclo de 92 dias da emergência à maturação fisiológica e tolerante ao escurecimento do grão (Carbonell et al. 2008). Utilizou-se espaçamento de 0,50 m entre as linhas e doze sementes por metro, com o objetivo de se obter população final de 240.000 plantas ha⁻¹.

Tabela 1. Análise química do solo, na camada de 0-0,20 m, antes da instalação dos experimentos (Andradina, SP, 2011 e 2012).

Cultivo	P _{resina}	MO	pH	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	CTC	V	S-SO ₄ ⁻²
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	(CaCl ₂)				mmol _c dm ⁻³				%	mg dm ⁻³
2011	4	19	4,9	2,3	14	5	24	1	21,3	45,3	47	2
2012	7	16	5,1	3,1	25	11	20	0	39,1	59,1	66	2

MO: matéria orgânica; SB: soma de bases; CTC: capacidade de trocar cátions a pH 7,0; V: saturação por bases.

Antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com a estirpe SEMIA 4088 de *Rhizobium tropici*, contendo $2,0 \times 10^9$ células viáveis por grama.

As intervenções nas plantas espontâneas, em ambos os anos de cultivo, foram realizadas com capinas manuais, aos 15 e 42 dias após a semeadura (DAS). Foram realizadas pulverizações com óleo de nim, na dose de 0,5 %, aos 15, 40 e 70 DAS, para controle preventivo de vaquinha (*Diabrotica speciosa*). Aos 28 DAS, foi realizada, em ambos os anos de cultivo, uma adubação foliar com fertilizante à base de pescados marinhos (1 % N), na dose de $0,8 \text{ L ha}^{-1}$, na forma de calda, aplicando-se 200 L ha^{-1} . Não houve aparecimento de doenças durante a condução do ensaio.

Em ambos os anos, a adubação de cobertura foi realizada aos 30 DAS, sendo aplicados 1.670 kg ha^{-1} de fertilizante orgânico farelado próximo à linha de semeadura, correspondendo a 50 kg ha^{-1} de N, levando-se em consideração a faixa de produtividade esperada ($1,5\text{-}2,5 \text{ t ha}^{-1}$) e as recomendações de Ambrosano et al. (1996).

Foram realizadas adubações foliares aos 56 DAS, com fertilizante organomineral Ecofol à base de cálcio (5,23 %), na pré-florada do feijoeiro, na dose de $1,0 \text{ L ha}^{-1}$, em forma de calda, aplicando-se 200 L ha^{-1} . O fertilizante é certificado para produção orgânica pela Ecocert Brasil.

As colheitas foram realizadas nos dias 16/09/2011 e 17/09/2012, quando foram arrancadas plantas de duas linhas de 5,0 m de comprimento na área útil das parcelas, e, posteriormente, trilhadas, aos 107 e 94 DAS, respectivamente.

Foram realizadas as seguintes avaliações:

a) *Massa seca de plantas*: por ocasião do florescimento das plantas, foram coletadas, ao acaso, 10 plantas da área útil de cada parcela, sendo levadas ao laboratório, acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados, e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada, à temperatura média de $60\text{-}70 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingirem massa constante;

b) *Diagnose foliar*: foi retirado o terceiro trifólio com pecíolo, por ocasião da avaliação da massa seca de plantas, sendo moído em moinho tipo Willey, para determinação dos teores de N-total, P, K, Ca, Mg e S, conforme metodologia descrita por Sarruge & Haag (1974) e Malavolta et al. (1997);

c) *População inicial e final de plantas*: avaliadas por meio da contagem das plantas em duas linhas de 5,0 m, na área útil das parcelas, na fase V₂

(50 % das plantas com folhas primárias expandidas), para a população de plantas inicial, e no momento da colheita, para a população de plantas final. Os dados foram transformados em plantas ha^{-1} .

Por ocasião da colheita, foram coletadas 10 plantas, em local pré-determinado, na área útil de cada parcela, para avaliação do número de vagens por planta (número total de vagens dividido pelo número de plantas), número de grãos por vagem (relação entre o número total de grãos e o número total de vagens), massa de 100 grãos (determinada pela coleta ao acaso e pesagem de quatro amostras de 100 grãos por parcela, tendo sua massa corrigida para 13 % de base úmida) e produtividade de grãos (as plantas da área útil de cada parcela foram arrancadas e levadas para secagem a pleno sol). Após a secagem, as mesmas foram submetidas a trilha manual, os grãos foram pesados e os dados transformados em kg ha^{-1} (13 % de base úmida).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$), para o modo e época de aplicação. Foi efetuada análise de regressão para as doses de fertilizante orgânico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes aos teores de macronutrientes foliares não apresentaram interações significativas entre época de aplicação, método de aplicação e doses de fertilizante, no primeiro ano de cultivo (Tabela 2). Os teores de fósforo, cálcio, magnésio e enxofre verificados nas folhas do feijoeiro, nos diferentes tratamentos, encontram-se dentro da faixa de teores adequados ($2,5\text{-}4,0 \text{ g kg}^{-1}$; $10\text{-}25 \text{ g kg}^{-1}$; $2,5\text{-}5,0 \text{ g kg}^{-1}$; e $2,0\text{-}3,0 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente), segundo Raij et al. (1997). No entanto, os teores de nitrogênio e potássio obtidos no presente experimento apresentaram valores inferiores à faixa considerada adequada ($30\text{-}50 \text{ g kg}^{-1}$ e $20\text{-}24 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente). Esse fato pode ser explicado pela baixa disponibilidade de matéria orgânica no solo (em torno de $16\text{-}19 \text{ g dm}^{-3}$), que, segundo Kluthcouski & Soares (2009), é fonte natural de nitrogênio para as plantas, além de ser responsável por aumentar a CTC, propiciando maior capacidade de retenção de nutrientes, como o potássio.

O teor de matéria orgânica reduziu-se de 19 g dm^{-3} para 16 g dm^{-3} , provavelmente devido à cultura presente antes da pastagem, que apresenta

Tabela 2. Valores médios e valores de F para teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S de feijão de inverno, em função da época, método de aplicação e doses de fertilizante orgânico à base de resíduos de frigorífico⁽¹⁾ (Andradina, SP, 2011).

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
<i>Época de aplicação</i>						
30 DAS	27,15	2,60	18,90	23,98	3,17	2,53
Semeadura	29,20	2,64	19,54	23,28	3,04	2,42
<i>Método de aplicação</i>						
Sulco	27,34	2,66	18,93	23,39	2,96 b	2,47
Lanço	29,01	2,58	19,51	23,86	3,26 a	2,48
<i>Doses de adubo (t ha⁻¹)</i>						
1,0	28,45	2,56	19,40	23,46	3,18	2,43
1,5	28,74	2,58	18,34	23,14	2,95	2,47
2,0	27,64	2,61	19,84	24,95	3,15	2,60
2,5	27,87	2,74	19,31	22,96	3,15	2,40
<i>Valor de F</i>						
Época de aplicação (EA)	3,54	0,14	0,65	0,62	1,44	1,48
Método de aplicação (MA)	2,33	0,62	0,53	0,27	7,61**	0,00
Dose de adubo (DA)	0,21	0,76	0,63	1,03	0,95	0,99
EA * MA	0,09	0,29	0,11	0,49	0,12	2,56
EA * DA	0,68	0,84	0,99	1,15	0,10	2,07
MA * DA	0,21	0,54	0,35	0,91	0,03	0,23
EA * MA * DA	0,71	0,68	0,18	0,55	0,20	0,50
Regressão linear	0,33	1,89	0,11	0,00	0,04	0,02
Regressão quadrática	0,00	0,34	0,11	0,86	1,12	1,83
CV (%)	15,48	14,19	16,47	15,05	14,18	13,93

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si a 5%, pelo teste Tukey. ** Significativo a 1%. ⁽¹⁾ Composição do fertilizante orgânico: teor de P (resina) = 281 mg dm⁻³; MO = 34 g dm⁻³; pH (CaCl₂) = 7,6; K = 12 mmol_c dm⁻³; Ca = 74 mmol_c dm⁻³; Mg = 19 mmol_c dm⁻³; H+Al = 8 mmol_c dm⁻³; Al = 0 mmol_c dm⁻³; S-SO₄⁻² = 206 mg dm⁻³; umidade = 2 %; relação C/N = 10/1.

grande volume de raízes fasciculadas e folhas, influenciando a matéria orgânica. No cultivo de 2011, houve diferenças significativas apenas para o teor do macronutriente magnésio, quanto ao método de aplicação do fertilizante, sendo seu teor de 3,26 g kg⁻¹, quando aplicado a lanço. Os teores de magnésio do presente trabalho foram semelhantes aos verificados por Araújo (2008) (4,12 g kg⁻¹; cultivar IAC-Votuporanga), em experimento de avaliação de cultivares de feijão em sistema orgânico de produção.

Para os teores de K, Ca, Mg e S, em 2012, verificaram-se interações significativas entre época de aplicação e método de aplicação (Tabelas 3 e 4). Observa-se que a aplicação do fertilizante orgânico aos 30 DAS proporcionou maior teor foliar de K no método de aplicação a lanço. Com relação aos teores foliares de Ca, Mg e S, esses foram maiores quando o fertilizante foi aplicado no momento da semeadura no sulco. A aplicação de fertilizante orgânico na linha de semeadura atinge a área de desenvolvimento radicular, proporcionando maior absorção de nutrientes.

No ano de cultivo 2011, verificou-se que houve influência do método de aplicação, sendo que a aplicação do fertilizante no sulco proporcionou maior população inicial de plantas (182.687 plantas ha⁻¹). Já

para a população final, não houve diferenças significativas (Tabela 5). Em 2012, não houve influência dos tratamentos para população inicial e final de plantas (Tabela 6).

A população de plantas esperada de 240.000 plantas ha⁻¹ não foi alcançada em 2011. De acordo com Souza et al. (2002), populações de plantas de 120-300 mil plantas ha⁻¹ não alteram a produtividade de grãos do feijoeiro. Populações finais por volta de 150, 170 e 220 mil plantas ha⁻¹, para a cultivar Pérola, em sucessão a braquiária, milho e milheto, respectivamente, foram observadas por Gomes Júnior (2006).

Quanto à produção de massa seca de plantas, não houve diferença significativa para os métodos e épocas de aplicação do fertilizante, no cultivo em 2011 (Tabela 5). No entanto, em 2012, o aumento nas doses de fertilizante orgânico proporcionou aumento significativo na massa seca de plantas (Figura 2a) e os dados foram ajustados à equação linear $Y = 3,416 + 0,0016x$ ($R^2 = 0,92$). O aumento linear na massa seca de plantas indica que a maior dose (2.500 kg ha⁻¹) não foi suficiente para atingir um ponto máximo de desenvolvimento das plantas. A dose de 2.500 kg ha⁻¹ de fertilizante orgânico corresponde à aplicação de

Tabela 3. Valores médios e valores de F para teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S de feijão de inverno, em função da época, método de aplicação e doses de fertilizante orgânico à base de resíduos de frigorífico⁽¹⁾ (Andradina, SP, 2012).

Tratamento	g kg ⁻¹					
	N	P	K	Ca	Mg	S
<i>Época de aplicação</i>						
30 DAS	37,99	4,24	11,35	19,85	2,25 b	2,61
Semeadura	38,15	4,28	11,50	21,65	2,63 a	2,63
<i>Método de aplicação</i>						
Sulco	38,34	4,33	11,07	23,44 a	2,69 a	2,69
Lanço	37,80	4,18	11,78	18,05 b	2,19 b	2,55
<i>Doses do adubo (t ha⁻¹)</i>						
1,0	38,56	4,20	12,09	19,58	2,58	2,66
1,5	37,31	4,12	11,90	22,28	2,47	2,67
2,0	39,18	4,29	10,87	19,21	2,22	2,54
2,5	37,24	4,43	10,84	21,92	2,47	2,61
<i>Valor de F</i>						
Época de aplicação (EA)	0,04	0,12	0,04	1,22	4,37*	0,07
Método de aplicação (MA)	0,54	1,34	1,16	11,01**	7,54**	2,23
Dose do adubo (DA)	1,70	1,10	1,03	0,93	0,71	0,39
EA * MA	0,06	0,16	6,10*	4,32*	5,85*	13,41**
EA * DA	0,60	0,58	0,56	0,28	1,72	0,19
MA * DA	1,28	0,19	0,79	0,25	0,89	1,90
EA * MA * DA	1,27	0,38	0,87	0,93	1,70	0,77
Regressão linear	0,40	2,27	2,69	0,29	0,52	0,50
Regressão quadrática	0,22	0,71	0,01	0,00	0,98	0,10
CV (%)	7,70	11,62	22,80	31,32	30,02	14,19

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si a 5%, pelo teste Tukey. * Significativo a 5%; ** significativo a 1%. ⁽¹⁾ Composição do fertilizante orgânico: teor de P (resina) = 281 mg dm⁻³; MO = 34 g dm⁻³; pH (CaCl₂) = 7,6; K = 12 mmol_c dm⁻³; Ca = 74 mmol_c dm⁻³; Mg = 19 mmol_c dm⁻³; H+Al = 8 mmol_c dm⁻³; Al = 0 mmol_c dm⁻³; S-SO₄⁻² = 206 mg dm⁻³; umidade = 2%; relação C/N = 10/1.

Tabela 4. Desdobramento das interações significativas entre época de aplicação e método de aplicação nos teores foliares de K, Ca, Mg e S, em feijão orgânico (Andradina, SP, 2012).

Época de aplicação	Método de aplicação			
	Sulco		Lanço	
	Teor K foliar		Teor Ca foliar	
	g kg ⁻¹			
30 DAS	10,90 aA	12,65 aA	20,85 bA	18,84 aA
Semeadura	11,81 aA	10,34 bA	26,02 aA	17,26 aB
DMS	1,85		4,62	
	Teor Mg foliar		Teor S foliar	
	g kg ⁻¹			
30 DAS	2,28 bA	2,22 aA	2,51 bA	2,71 aA
Semeadura	3,10 aA	2,16 aB	2,87 aA	2,39 bB
DMS	0,52		0,26	

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si a 5%, pelo teste Tukey.

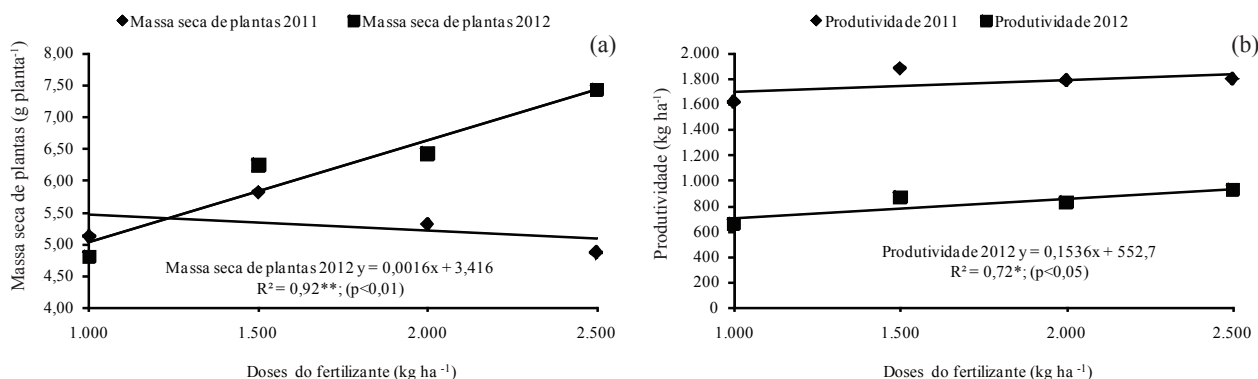


Figura 2. Massa seca de plantas (a) e produtividade (b), em função das doses de fertilizante orgânico (Andradina, SP, 2011 e 2012).

Tabela 5. Valores médios e resultados da análise de variância (valores de F) da população inicial (PI), população final (PF), massa seca de plantas de feijão (MF), número de vagens por planta (VP), número de grãos por planta (GP), número de grãos por vagem (GV), massa de 100 grãos (MG) e produtividade (PR) de feijão (Andradina, SP, 2011).

Tratamento	PI	PF	MF	VP	GP	GV	MG	PR
	plantas ha ⁻¹		g planta ⁻¹				g	kg ha ⁻¹
<i>Época de aplicação</i>								
30 DAS	177.000 a	128.062 a	5,09 a	11,59 a	41,84 a	4,09 a	27,58 a	1.839 a
Semeadura	177.125 a	127.125 a	5,46 a	11,50 a	42,68 a	4,31 a	28,25 a	1.698 a
<i>Método de aplicação</i>								
Sulco	182.687 a	128.937 a	5,09 a	11,53 a	42,46 a	4,18 a	28,32 a	1.706 a
Lanço	171.437 b	126.250 a	5,46 a	11,56 a	42,06 a	4,21 a	27,50 a	1.830 a
<i>Doses do adubo (t ha⁻¹)</i>								
1,0	181.000	129.375	5,12	10,62	38,93	3,75	28,16	1.612
1,5	173.750	126.750	5,81	12,31	45,75	4,56	27,69	1.880
2,0	175.750	127.500	5,31	12,25	44,81	4,56	27,70	1.784
2,5	177.750	126.750	4,87	11,00	39,56	3,93	28,12	1.797
<i>Valor de F</i>								
Época de aplicação (EA)	0,00	0,07	0,99	0,01	0,04	0,31	2,19	0,89
Método de aplicação (MA)	9,99**	0,64	0,99	0,00	0,01	0,00	3,41	0,69
Dose do adubo (DA)	0,75	0,13	1,11	1,20	0,81	1,16	0,32	0,56
EA * MA	0,40	2,27	0,02	1,72	0,48	1,08	0,09	0,00
EA * DA	0,41	0,90	0,82	0,09	0,22	0,36	0,30	0,44
MA * DA	0,35	0,22	0,56	0,70	0,69	0,67	0,62	0,58
EA * MA * DA	0,48	0,04	0,33	0,90	0,34	0,48	0,03	0,56
Regressão linear	0,23	0,22	0,55	0,09	0,00	0,10	0,00	0,47
Regressão quadrática	1,68	0,07	2,22	3,50	2,39	3,38	0,96	0,72
CV (%)	8,04	10,53	28,53	27,18	36,92	37,18	6,45	33,72

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si a 5%, pelo teste Tukey. ** Significativo a 1%.

Tabela 6. Valores médios e resultados da análise de variância (valores de F) da população inicial (PI), população final (PF), massa seca de plantas de feijão (MF), número de vagens por planta (VP), número de grãos por planta (GP), número de grãos por vagem (GV), massa de 100 grãos (MG) e produtividade (PR) de feijão (Andradina, SP, 2012).

Tratamento	PI	PF	MF	VP	GP	GV	MG	PR
	plantas ha ⁻¹		g planta ⁻¹				g	kg ha ⁻¹
<i>Época de aplicação</i>								
30 DAS	247.000 a	200.843 a	5,75 a	6,43 a	19,12	1,87	27,54 a	813 a
Semeadura	245.062 a	203.656 a	6,71 a	6,71 a	21,06	2,09	27,49 a	830 a
<i>Método de aplicação</i>								
Sulco	256.250 a	206.468 a	6,18 a	6,37 a	19,62	1,90	28,18 a	836 a
Lanço	235.812 a	198.031 a	6,28 a	6,78 a	20,56	2,06	26,85 a	807 a
<i>Doses do adubo (t ha⁻¹)</i>								
1,0	246.125	201.562	4,81	5,68	17,06	1,68	26,25	568
1,5	242.625	199.562	6,25	6,93	21,06	2,12	28,29	871
2,0	250.500	203.500	6,43	6,93	21,68	2,12	27,94	829
2,5	244.875	204.375	7,43	6,75	20,56	2,00	27,58	928
<i>Valor de F</i>								
Época de aplicação (EA)	0,03	0,09	3,12	0,33	1,12	1,37	0,00	0,06
Método de aplicação (MA)	3,81	0,85	0,02	0,70	0,26	0,70	1,39	0,18
Dose do adubo (DA)	0,10	0,05	3,89*	1,53	1,29	1,22	0,62	2,94*
EA * MA	0,00	0,31	1,17	3,49	6,60*	8,10**	0,38	1,39
EA * DA	1,24	1,53	1,39	0,67	0,29	0,32	0,83	1,32
MA * DA	1,10	0,29	0,81	0,07	0,16	0,25	0,66	1,31
EA * MA * DA	1,64	1,56	0,12	0,18	0,28	0,92	0,06	0,48
Regressão linear	0,00	0,09	10,81**	2,15	1,86	1,26	0,51	6,42*
Regressão quadrática	0,01	0,02	0,15	2,19	1,97	2,27	1,12	0,70
CV (%)	17,01	18,07	35,17	29,50	36,31	37,62	16,41	32,99

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, não diferem entre si a 5%, pelo teste Tukey. * Significativo a 5%; ** significativo a 1%.

70 kg ha⁻¹ de N na semeadura e a adubação de cobertura de 1.670 kg ha⁻¹ corresponde a 50 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Entretanto, esses valores não foram suficientes para suprir as necessidades de N do feijoeiro, devido à liberação lenta dos nutrientes, quando utilizados fertilizantes orgânicos.

Segundo Trani & Trani (2011), compostos orgânicos de relação C/N inferior a 25, como o utilizado na pesquisa, liberam N no primeiro ano de cultivo. Provavelmente, o feijoeiro não aproveitou todo o N aplicado, devido ao fato de seu ciclo ser curto (100 dias), ficando o N disponível para o segundo ano de cultivo. Observa-se que as médias das massas secas de plantas foram de 5,27 g planta⁻¹ e 6,23 g planta⁻¹, respectivamente em 2011 e 2012, demonstrando, portanto, um bom desenvolvimento vegetativo em 2012.

Quanto ao número de vagens por planta, não houve diferença significativa entre os tratamentos, nos dois anos de cultivo (Tabelas 5 e 6). Araújo (2008), avaliando cultivares, obteve 15,57 vagens por planta, para a IAC-Tunã. Médias menores para essa característica foram relatadas por Carvalho & Wanderley (2007), que obtiveram 6 vagens por planta, para a cultivar Aporé, em cultivo orgânico. Vale ressaltar que, no presente experimento, o número de vagens por planta foi muito variável nos anos de cultivo 2011 e 2012, apresentando média de 11,54 e 6,57 vagens por planta, respectivamente.

Para os números de grãos por planta e de grãos por vagem, não houve diferença significativa entre os tratamentos, no ano de cultivo 2011 (Tabela 5). No entanto, no ano de cultivo 2012, houve interações significativas para grãos por planta, entre época de aplicação e método de aplicação (Tabela 7).

Quanto ao método de aplicação do composto orgânico, Souza & Borel (1996) não encontraram diferenças entre a incorporação, aplicação superficial e na linha de semeadura. Observou-se que a aplicação do fertilizante orgânico na semeadura a lanço proporcionou maior número de grãos por planta (23,87). Para o número de grãos por vagem, houve interações significativas entre época de aplicação e método de aplicação (Tabela 7). A aplicação de fertilizante orgânico na semeadura a lanço proporcionou maior número de grãos por vagem (2,43).

Em sistema convencional, Arf et al. (2011) verificaram número médio de 4,13 grãos por vagem, na cultivar Pérola. Silva & Silveira (2000) também relatam produção maior (cerca de 5,05 grãos por vagem), na cultivar Aporé.

Tabela 7. Desdobramento das interações significativas entre época de aplicação e método de aplicação, no número de grãos por planta e número de grãos por vagem, em feijão orgânico (Andradina, SP, 2012).

Época de aplicação	Método de aplicação	
	Sulco	Lanço
	Número grãos planta ⁻¹	
30 DAS	21,00 aA	17,25 bA
Semeadura	18,25 aB	23,87 aA
DMS	5,18	
	Número grãos vagem ⁻¹	
30 DAS	2,06 aA	1,68 bA
Semeadura	1,75 aB	2,43 aA
DMS	0,53	

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro estudado, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si a 5%, pelo teste Tukey.

Importante componente produtivo na cultura do feijão, a massa média de 100 grãos não foi influenciada pelos tratamentos, nos dois anos de estudo (Tabelas 5 e 6). Segundo Carbonell et al. (2008), a massa de 100 grãos da cultivar IAC-Alvorada, obtida em sistema convencional, é de 27,5 g, sendo igual à massa média do presente trabalho. Assim, nota-se que a massa de 100 grãos, provavelmente, é uma característica intrínseca da cultivar, não apresentando influência do sistema de cultivo.

A produtividade de grãos não foi influenciada pelas doses, método e época de aplicação do fertilizante, no cultivo em 2011 (Tabela 5). No entanto, em 2012, o aumento nas doses do fertilizante orgânico proporcionou aumento significativo na produtividade (Figura 2b) e os dados foram ajustados à equação linear $Y = 552,7 + 0,1536x$ ($R^2 = 0,72$). O aumento linear na produtividade indica que a maior dose (2.500 kg ha⁻¹) não foi suficiente para atingir um ponto máximo de produtividade.

Scherer & Bartz (1984) referem-se ao emprego de 6,5 t ha⁻¹ de esterco de aves, em solo corrigido com calcário, para a obtenção de altos rendimentos na cultura do feijão. A dose de composto orgânico já decomposto para o feijão, sugerida por Pentead (2007), é de 10 t ha⁻¹. Entretanto, de acordo com Figueiredo et al. (2012), adubos orgânicos, em doses muito elevadas, tornam-se prejudiciais às culturas, o que vai depender de sua composição química, taxa de mineralização e teor de nitrogênio.

O feijoeiro alcançou maiores produtividades no primeiro ano, quando comparado ao segundo ano de cultivo. Esse fato pode ser explicado pelas condições climáticas desfavoráveis no ano de 2012.

Silva & Ribeiro (2009) relatam que a produtividade de grãos de feijoeiro é bastante afetada quando a temperatura do ar, na floração, apresenta valores acima de 35 °C e abaixo de 12 °C, provocando abortamento de flores. Verificou-se, na plena floração do feijoeiro (09/08/2012), temperaturas máximas de 32,1 °C e mínimas de 13,7 °C, sendo muito próximas do limite e podendo ter influenciado negativamente os componentes de produção e produtividade.

Araújo (2008) obteve produtividade média de 3.655 kg ha⁻¹, em sistema orgânico de produção do feijoeiro. Isso foi possível devido a algumas condições, dentre elas a temperatura média, que ficou em torno de 20-21 °C, sendo altamente favorável ao desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Didonet (2005) cita que, além do genótipo, a produtividade é fortemente dependente das condições de ambiente e fatores de manejo, portanto, as condições climáticas do presente experimento influenciaram essa variável negativamente, no ano de cultivo 2012.

Com base nos resultados constatados, verifica-se que a utilização de resíduos de frigorífico como fertilizante orgânico, na produção orgânica de feijoeiro comum, pode proporcionar incrementos significativos na produtividade da cultura até a dose de 2.500 kg ha⁻¹, no entanto, doses superiores devem ser avaliadas para a determinação do ponto de máxima produtividade do feijoeiro orgânico.

CONCLUSÕES

1. A aplicação de resíduos de frigorífico como adubo orgânico, a lanço ou no sulco de semeadura, aos 30 dias antes ou no dia da semeadura, não afeta os componentes de produção e produtividade do feijoeiro comum.
2. A maior dose (2.500 kg ha⁻¹) de fertilizante orgânico propiciou a maior produtividade do feijoeiro em 2012, porém, não expressou sua capacidade máxima de produção.
3. O incremento nas doses de fertilizante orgânico à base de resíduos de frigorífico proporcionou aumento da produtividade do feijoeiro até a dose de 2.500 kg ha⁻¹, no ano de 2012.

REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Realidade *versus* sustentabilidade na produção do feijoeiro comum. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H.

Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p. 23-33.

ALVES, E. U. et al. Produção de sementes de feijão-vagem em função de fontes e doses de matéria orgânica. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 215-221, 2000.

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A. Leguminosas e oleaginosas. In: RAIJ, B. V. et al. (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 187-203.

ARAÚJO, J. C. *Avaliação de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) para o sistema orgânico de produção*. 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

ARF, M. V. et al. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 430-438, 2011.

CARBONELL, S. A. M. et al. IAC-Alvorada and IAC-Diplomata: new common bean cultivars. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, v. 8, n. 2, p. 163-166, 2008.

CARVALHO, W. P.; WANDERLEY, A. L. Avaliação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) para o plantio em sistema orgânico no Distrito Federal. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 31, n. 3, p. 605-611, 2007.

CAVALCANTE, S. N. et al. Comportamento da produção do feijoeiro macassar (*Vigna unguiculata* L. Walp) em função de diferentes dosagens e concentrações de biofertilizante. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, Campina Grande, supl. esp. n. 1, p. 10-14, 2009.

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS (Ciiagro). *Resenha: Andradina no período de 31/05/2011 até 17/09/2012*. 2013. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Listagens/Resenha/LResenhaLocal.asp>>. Acesso em: 19 dez. 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2013/2014: 3º levantamento, dezembro de 2013*. 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_10_16_06_56_boletim_portugues_dezembro_2013.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2013.

DAROLT, M. R. *As dimensões da sustentabilidade: um estudo da agricultura orgânica na região metropolitana de Curitiba* - PR. 2000. 310 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

- DIDONET, A. D. Ecofisiologia e rendimento potencial do feijoeiro. In: DEL PELOSO, M. J.; MELO, L. C. (Eds.). *Potencial de rendimento da cultura do feijoeiro comum*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 9-37.
- FIGUEIREDO, C. C. et al. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 30, n. 1, p. 175-179, 2012.
- GOMES JÚNIOR, F. G. *Nitrogênio no feijoeiro em sistema de plantio direto sobre diferentes palhadas*: produtividade, composição química e qualidade fisiológica das sementes. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2006.
- KLUTHCOUSKI, J.; SOARES, D. M. Benefícios essenciais e exclusivos gerados ao solo pela matéria orgânica. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. *Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p. 109-116.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MELO, R. F. et al. Avaliação do uso de adubo orgânico nas culturas de milho e feijão caupi em barragem subterrânea. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 1264-1267, 2009.
- OLIVEIRA, J. B. et al. *Mapa pedológico do Estado de São Paulo*: legenda expandida. Campinas: Instituto Agronômico/Embrapa, 1999.
- PADOVAN, M. P. et al. Potencial da cultura do feijoeiro, submetido a manejo orgânico, na região de Dourados-MS. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Cruz Alta, v. 2, n. 1, 2007.
- PENTEADO, S. R. *Adubação na agricultura ecológica*: cálculo e recomendação numa abordagem simplificada. Campinas: Ed. do Autor, 2007.
- PEREIRA, L. B. et al. Aplicação de fertilizante orgânico em feijoeiro irrigado no período de inverno. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 10., 2011, Goiânia. *Resumos expandidos...* Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. 1 CD-ROM.
- PEREIRA, R. F. et al. Produção de feijão vigna sob adubação orgânica em ambiente semiárido. *Agropecuária Científica no Semiárido*, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 27-32, 2013.
- RAIJ, B. V. et al. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: IAC, 2001.
- SANTOS, N. C. B. *Comportamento de cultivares de feijoeiro e de milho verde em cultivo solteiro e consorciado*. 2007. 98 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2007.
- SANTOS, N. C. B. Potencialidades de produção do feijão orgânico. *Pesquisa & Tecnologia*, Campinas, v. 8, n. 2, 2011. Disponível em: <<http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2011/2011-julho-dezembro/1254-potencialidades-de-producao-do-feijao-organico-1/file.html>>. Acesso em: 04 fev. 2013.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba: ESALQ, 1974.
- SCHERER, E. E.; BARTZ, H. R. *Adubação do feijoeiro com esterco de aves, nitrogênio, fósforo e potássio*. Florianópolis: Empasc, 1984. (Boletim técnico, 10).
- SILVA, C. C.; SILVEIRA, P. M. Influência de sistemas agrícolas na resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado a adubação nitrogenada em cobertura. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 86-96, 2000.
- SILVA, C. S.; RIBEIRO, J. R. Zoneamento agroclimático para o feijão (2ª safra) nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Bahia. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. *Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009. p. 99-106.
- SOUZA, A. B. et al. Populações de plantas e níveis de adubação e calagem para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em um solo de baixa fertilidade. *Ciência e Agroecologia*, Lavras, v. 26, n. 1, p. 87-98, 2002.
- SOUZA, J. L.; BOREL, R. M. A. Avaliação técnica e econômica de formas de adubação orgânica com composto nas culturas de couve-flor e feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 36., 1996, Rio de Janeiro. *Anais...* Brasília, DF: Sociedade de Olericultura do Brasil, 1996. p. 121.
- TRANI, P. E.; TRANI, A. L. *Fertilizantes: cálculo de fórmulas comerciais*. Campinas: Instituto Agronômico, 2011. (Boletim técnico, 208).