

PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO EM SOLOS SOB EFEITO DE DOSES DE LODO DE ESGOTO

CIRO AUGUSTO DE SOUZA MAGALHÃES¹, ISABELA VOLPI FURTINI², JOSÉ MARIA DE LIMA³, ANTONIO EDUARDO FURTINI NETO⁴, LUIZ ROBERTO GUIMARÃES GUILHERME⁵, CARLOS ALBERTO SILVA⁶

RESUMO

Neste trabalho objetivou-se avaliar a produtividade de grãos do feijoeiro em solos sob efeito de doses de lodo de esgoto. Foram utilizadas colunas de lisímetros contendo material de solo com estrutura original de Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (LVAd) e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico (PVAd). Utilizou-se um delineamento experimental em blocos ao acaso, com um esquema fatorial de $4 \times 3 + 3$ compreendendo 4 doses de lodo de esgoto (0; 10; 20; 40 Mg ha⁻¹), três solos (LVAd, LVdf e PVAd) mais uma testemunha sem adubação nitrogenada em cada solo, com três repetições. A aplicação de lodo de esgoto proporcionou ganhos de produtividade de grãos de feijão até as doses de 19,8; 19,1 e 15,5 Mg ha⁻¹ para o LVdf, LVAd e PVAd, respectivamente. A maior dose atrasou o desenvolvimento das plantas de feijoeiro, prolongando o ciclo em aproximadamente 10 dias, além de reduzir a produtividade de grãos. Os teores foliares de micronutrientes catiônicos aumentaram nas maiores doses, principalmente Fe e Mn no LVAd e Zn em todos os solos.

Palavras-chaves: biossólido, nutrição de plantas, lisímetros.

INTRODUÇÃO

A utilização de materiais considerados como resíduos de processos de produções industriais ou agroindustriais em sistemas de produção agrícola vem aumentando bastante nos últimos anos, devido à possibilidade de sua utilização para fins agrícolas como fonte de nutrientes às plantas, além de representar uma maneira de se dar uma disposição final mais apropriada a esses resíduos. O tratamento de esgotos gera um resíduo rico em nutrientes e matéria orgânica, o biossólido ou lodo de esgoto, que pode ser usado na agricultura como fonte de nutrientes, desde que respeitada à legislação e os critérios técnicos que regulam o uso desse material (Silva, 2008). Os teores de N, P e S nesses materiais são relativamente altos, além da possibilidade de conterem também altas concentrações de micronutrientes e metais pesados (Tedesco et al., 2008).

Em algumas cidades, como é o caso de Lavras-MG, têm sido criadas estações de tratamento de esgotos, o que poderá ocasionar um aumento do uso desse material em áreas agrícolas. Esse uso deve ser precedido de estudos técnicos que garantam a qualidade dos alimentos produzidos nessas áreas e evite a poluição do solo, aquíferos e fontes de água potável pelos contaminantes que possam estar presentes no lodo de esgoto. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a produtividade do feijoeiro em solos distintos, em função da aplicação de doses de lodo de esgoto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na bateria de Lisímetros do DCS/UFLA. Para aplicação do lodo de esgoto e implantação da cultura do feijoeiro, foram usadas colunas de 0,9 m de profundidade e 1 m

¹ Doutorando em Ciência do Solo, UFLA, ciroasm@yahoo.com.br

² Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas, UFLA, isafurtini@yahoo.com.br

³ Professor do Departamento de Ciência do Solo, UFLA, jmlima@dcs.ufla.br

⁴ Professor do Departamento de Ciência do Solo, UFLA, afurtini@dcs.ufla.br

⁵ Professor do Departamento de Ciência do Solo, UFLA, guilherm@dcs.ufla.br

⁶ Professor do Departamento de Ciência do Solo, UFLA, csilva@dcs.ufla.br

de diâmetro, contendo amostras com estrutura original de três classes de solos da região de Lavras (Latosolo Vermelho Distroférico típico - LVdf, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico - LVAd, e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico - PVAd). Utilizou-se um delineamento experimental em blocos ao acaso, com um esquema fatorial de $4 \times 3 + 3$ compreendendo 4 doses de lodo de esgoto (0; 10; 20; 40 Mg ha⁻¹), três solos (LVAd, LVdf e PVAd) mais uma testemunha sem adubação nitrogenada em cada solo, com três repetições.

A granulometria dos solos na camada de 0-20 cm foi determinada pelo método da pipeta (Embrapa, 1997) e os teores de argila, silte e areia, respectivamente, foram: 460, 190, 350 g kg⁻¹, para o LVAd, 680, 90 e 230 g kg⁻¹, para o LVdf, e 330, 200 e 470 g kg⁻¹, para o PVAd. O lodo de esgoto foi proveniente da cidade de Jundiá - SP, e apresenta teores de N = 21,2 g kg⁻¹, K = 0,7 g kg⁻¹, Cu = 547 mg kg⁻¹, Fe = 15 g kg⁻¹, Mn = 425 mg kg⁻¹ e Zn = 839 mg kg⁻¹.

O lodo de esgoto foi adicionado e incorporado aos solos, até 20 cm de profundidade, em 15 de maio de 2009. Foi adicionado nitrogênio (N) na sementeira, na dose de 40 kg ha⁻¹ de N, para todos os tratamentos, exceto a testemunha. O potássio foi adicionado em função das doses de lodo de esgoto: 100 kg ha⁻¹ K₂O, para a testemunha e para a dose 0; 75 para a dose 10; 50 para a dose 20 e 0 para a dose 40 Mg ha⁻¹ de lodo, de modo a nivelar as quantidades totais de K adicionadas aos solos.

Desde a incorporação do lodo no solo até o início do experimento os solos foram irrigados regularmente, para que a tensão de água fosse mantida entre 6 e 20 kPa, com auxílio de sensores de tensão de água colocados nos solos. A sementeira foi realizada em 20/07/2009, utilizando-se sementes de feijão Carioca, cultivar BRS MG Talismã.

No início do florescimento, foi retirada uma amostra de solo de cada lisímetro para a avaliação de seus atributos químicos, segundo metodologia descrita em Embrapa (1997). Nessa mesma época, foi realizado o corte da primeira folha amadurecida a partir da ponta do ramo de cada planta da parcela experimental. Em seguida as folhas foram lavadas em água corrente e destilada, e mantidas em estufa com renovação e circulação forçada de ar (65 °C) até obtenção de massa constante. As folhas secas foram moídas em moinho do tipo Willey e acondicionadas em recipientes plásticos. Esse material foi submetido à digestão sulfúrica para a determinação dos teores de N e digestão nitro-perclórica para a determinação dos teores de K e micronutrientes. No final do ciclo do feijoeiro, após colheita manual, as vagens juntamente com os grãos foram mantidos em estufa com renovação e circulação forçada de ar (65 °C) até obtenção de massa constante. Em seguida, foram debulhadas e determinadas as massas de grãos, para que, posteriormente as amostras pudessem ser moídas em moinho tipo Willey e acondicionadas até a realização das análises químicas.

A produtividade e os teores de nutrientes nas folhas em função dos tratamentos foram analisados com auxílio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Também foram ajustadas equações de regressão para produtividade de grãos em função das doses de lodo de esgoto, para cada solo estudado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos químicos dos solos por ocasião do florescimento encontram-se na Tabela 1. Em todos os solos, houve redução do pH em água, em 0,5 unidades, comparando-se a maior dose com a testemunha, indicando que as maiores doses de lodo de esgoto promoveram maior acidificação do solo. O N-total aumentou com o aumento das doses de lodo de esgoto, já o K disponível foi menor nas maiores doses de lodo. Na Tabela 2 são apresentados os teores de N e K nas folhas do feijoeiro na época do florescimento. Houve aumento nos teores de N nas folhas das plantas de feijoeiro nas maiores doses de lodo, enquanto para o K não houve diferença significativa.

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

Tabela 1 - Atributos dos solos sob efeito de doses de lodo de esgoto na época do florescimento do feijoeiro.

Solo	Doses (Mg ha ⁻¹)	pH	N	P	K	Ca	Mg	Al	V	MO	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			total												
			g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-- cmol _c dm ⁻³ --			%	dag kg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----					
LVdf	Testemunha	5,5	2,0	137	154	7,9	0,7	0,1	64	2,8	0,5	3,5	41	11	8
	0	5,4	2,0	239	86	10	0,9	0,1	71	2,4	0,4	3,5	47	17	8
	10	5,4	2,0	223	104	11	1,1	0,1	72	2,7	0,4	4,1	56	14	13
	20	5,2	2,2	299	103	13	1	0,1	73	2,9	0,6	4,9	80	19	30
	40	5,0	2,8	328	70	15	1,2	0,1	72	4,0	0,6	5,5	87	25	67
LVAd	Testemunha	5,4	2,0	326	143	9,5	0,8	0,1	73	2,0	0,4	1,4	50	54	4
	0	5,3	2,0	440	106	15	0,8	0,1	81	1,7	0,3	1,7	56	48	14
	10	5,1	2,0	261	93	9	0,8	0,2	69	2,0	0,5	2,1	78	70	13
	20	5,0	2,4	327	86	11	0,8	0,2	70	2,0	0,5	2,4	79	74	24
	40	4,9	2,6	315	78	13	0,9	0,2	72	2,6	0,6	3,3	81	62	46
PVAd	Testemunha	6,5	2,2	363	109	15	0,9	0,0	90	1,8	0,5	0,8	64	21	86
	0	6,3	2,3	330	104	12	1	0,0	85	2,4	0,4	0,6	73	32	59
	10	6,3	2,0	276	67	13	1,2	0,0	87	1,8	0,5	1,3	106	27	84
	20	6,1	2,3	291	82	14	1,5	0,0	85	2,1	0,5	1,6	135	39	98
	40	6,0	2,6	347	62	15	1,5	0,0	84	2,5	0,8	2,9	148	41	123

Tabela 2 - Teores de N e K (g kg⁻¹) nas folhas do feijoeiro na época do florescimento sob efeito de doses de lodo de esgoto*.

Doses (Mg ha ⁻¹)	LVAd	LVdf	PVAd
	N		
Testemunha	28,0C	28,7D	32,0C
0	34,0B	36,7C	37,7B
10	42,7A	43,7B	40,7B
20	47,0A	50,0A	49,0A
40	48,0A	48,7A	50,7A
K			
Testemunha	12,0A	11,5A	12,6A
0	12,4A	13,6A	12,0A
10	13,0A	12,4A	11,3A
20	11,3A	10,9A	13,0A
40	12,6A	11,1A	12,0A

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Em relação aos micronutrientes (Tabela 3), os teores de B foram menores para as maiores doses de lodo de esgoto, possivelmente em decorrência de efeito de diluição, pois as folhas se apresentavam muito maiores nesses tratamentos, embora os teores do nutriente se encontrem todos dentro da faixa crítica da cultura (Malavolta et al, 1997). O mesmo comportamento observado para o N foi obtido em relação aos micronutrientes catiônicos, uma vez que todos apresentaram teores mais elevados, com o aumento do fornecimento do lodo de esgoto. Quanto ao Cu e Fe, apenas no LVAd houve diferença significativa entre os tratamentos, com o maior teor ocorrendo na maior dose de lodo de esgoto. Apesar disso, os valores também não ultrapassaram a faixa crítica para o feijoeiro, de acordo com o mesmo autor, exceto para o ferro na maior dose. No caso do Mn, somente no LVAd houve diferenças significativas, com incremento nos teores do nutriente a partir de 10 Mg ha⁻¹, com teores acima da faixa crítica da cultura. Comportamento semelhante foi observado para os teores de zinco.

XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA
27 de setembro a 01 de outubro de 2010

Tabela 3 - Teores de micronutrientes (mg kg^{-1}) em folhas de feijoeiro na época do florescimento sob efeito de doses de lodo de esgoto*.

Doses (Mg ha^{-1})	LVAd	LVdf	PVAd
	B		
Testemunha	45A	38A	48A
0	34B	41A	34B
10	31B	38A	32B
20	36B	30B	33B
40	38B	34B	37B
Cu			
Testemunha	11B	16A	10A
0	11B	12A	10A
10	13B	15A	11A
20	11B	14A	11A
40	17A	13A	14A
Fe			
Testemunha	294B	284A	241A
0	259B	274A	221A
10	242B	249A	277A
20	267B	343A	211A
40	468A	191A	203A
Mn			
Testemunha	136B	120A	49A
0	197B	123A	63A
10	403A	157A	83A
20	445A	220A	91A
40	453A	158A	101A
Zn			
Testemunha	42B	40B	109B
0	98B	59B	168A
10	121B	90B	200A
20	165A	132A	207A
40	203A	164A	201A

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

Na Figura 1 são apresentadas as produtividades de grãos e equações de regressão ajustadas para cada solo, em função das doses de lodo de esgoto. A aplicação de lodo de esgoto incrementou a produção de grãos pelo feijoeiro no LVdf nas doses de 10 e 20 Mg ha^{-1} . Para o LVAd e PVAd, somente na dose de 20 Mg ha^{-1} o lodo de esgoto aumentou a produtividade de grãos. No PVAd, a maior dose de lodo resultou em menor produção de grãos, que foi semelhante à testemunha. O modelo quadrático ajustado mostra que a produtividade do feijoeiro aumentou com as doses de lodo de esgoto, atingiu um ponto de máximo e decresceu após esta dose, indicando que doses elevadas do material mostram um efeito depressivo sobre a produção. Derivando-se as equações para cada solo obtêm-se as doses que proporcionaram a produtividade máxima do feijoeiro. Para os dois Latossolos, elas estiveram próximas (19,8 e 19,1 Mg ha^{-1} , para o LVdf e LVAd, respectivamente), enquanto que no PVAd, a dose que resultou na máxima produtividade foi um pouco menor (15,5 Mg ha^{-1}). O fornecimento do lodo após estas doses provoca queda na produtividade, especialmente no PVAd. Destaca-se que neste último solo os menores teores de argila podem resultar em uma maior disponibilidade de elementos como o Cu, Fe, Mn e Zn, provocando toxidez às plantas. A utilização de lodo de esgoto também foi considerada benéfica no cultivo de milho e feijoeiro por Nascimento et al. (2004), na produção de madeira de *Eucalyptus grandis* por Silva et al. (2008) e na produtividade de grãos de milho por Lemainski e Silva (2006).

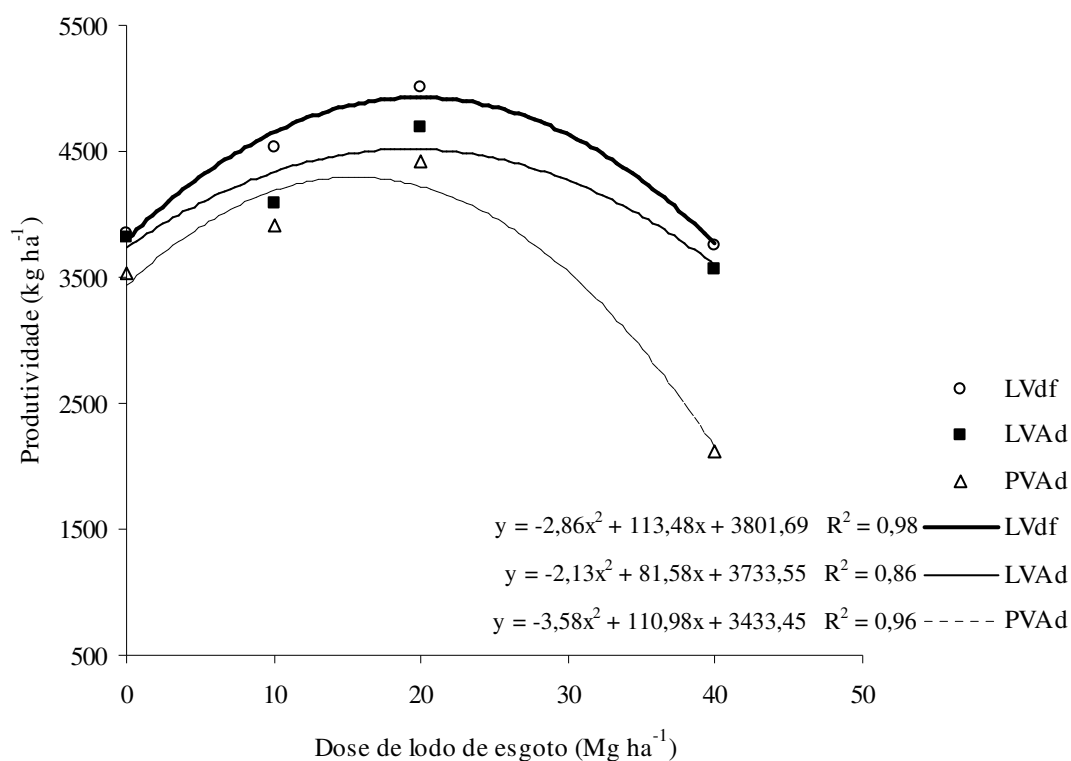


Figura 1 - Produtividade de feijão sob diferentes doses de lodo de esgoto.

Outra constatação obtida no presente experimento foi a maior amplitude do ciclo do feijoeiro nas maiores doses de lodo de esgoto, em todos os solos, o que atrasou a colheita em aproximadamente 10 dias. Esse atraso ocorreu principalmente na fase inicial de desenvolvimento das plantas, até cerca de 35 dias após a semeadura (Figura 2). Os maiores teores foliares de nutrientes, principalmente de Zn (Tabela 3), podem ter causado este comportamento. Após este período inicial, as plantas de feijoeiro cultivadas sob as maiores doses de lodo de esgoto apresentaram recuperação e completaram seu ciclo.



Figura 2 - Plantas de feijoeiro sem lodo (esquerda) e com 40 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto (direita), aos 35 dias após a semeadura.

Os resultados do presente trabalho demonstram a possibilidade de utilização agrícola de lodo de esgoto, em função da economia que pode ser obtida pela redução do uso de fertilizantes minerais e pelo fato de se dar uma melhor disposição final a este material, desde que as normas de uso e os fatores limitantes sejam respeitados. Além disso, a interação do lodo de esgoto com pesticidas e o risco de contaminação de águas subterrâneas por esses compostos e também por nitrato e metais

pesados presentes no bio-sólido devem fazer parte de estudos mais detalhados, que incluam não apenas a sua capacidade de incrementar a produtividade das culturas. Esse é um aspecto que deve ser considerado em trabalhos futuros.

CONCLUSÃO

A aplicação de lodo de esgoto proporcionou ganhos de produtividade de grãos de feijão até a dose de 19,8; 19,1 e 15,5 Mg ha⁻¹ para o LVdf, LVAd e PVAd, respectivamente.

A maior dose de lodo de esgoto atrasou o desenvolvimento das plantas de feijoeiro, prolongando o ciclo em aproximadamente 10 dias, além de reduzir a produtividade de grãos.

Os teores foliares de micronutrientes catiônicos aumentaram nas maiores doses, principalmente Fe e Mn no LVAd e Zn em todos os solos estudados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG, CAPES, CNPq, EPAMIG e INCT/CAFÉ, por bolsas de estudos e de pesquisa concedidas, apoio financeiro e suporte logístico.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: 45^a Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos. pp. 255-258. 2000.
- LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E.. Utilização do bio-sólido da CAESB na produção de milho no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 741-750. 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. rev. e atual. Piracicaba: Potafós, 1997.
- NASCIMENTO, C. W. et al. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.28, p. 385-392. 2004.
- SILVA, C.A. Uso de Resíduos Orgânicos na Agricultura. In: SANTOS et al. (Eds) **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008.
- SILVA, P. H. M. et al. Volume de madeira e concentração foliar de nutrientes em parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* fertilizadas com lodos de esgoto úmido e seco. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, p. 845-854, 2008.
- TEDESCO, M. J. et al. Resíduos Orgânicos no Solo e os Impactos no Ambiente. In: SANTOS et al. (Eds) **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008.