

Influência do lodo de esgoto compostado e do N mineral na produtividade e nutrição do triticale

Influence of sewage sludge compost and mineral N in the productivity and nutrition of triticale

Thomaz Figueiredo Lobo^{1*}; Helio Grassi Filho²; Leonardo Theodoro Bull³; Murilo Rodrigues de Oliveira⁴

Resumo: Atualmente, o uso agrícola do lodo de esgoto como adubo orgânico é considerado alternativa promissora de disposição final deste resíduo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de lodo de esgoto compostado, como fonte de N, comparativamente N mineral na nutrição e produtividade do triticale. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP de Botucatu, localizada em São Manuel, SP. Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos e cinco repetições: T0 – sem adubação nitrogenada; T1 – adubação química nitrogenada de acordo com a recomendação para a cultura; T2 – 50% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto e 50% na forma mineral; T3 – 100% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto; T4 – 150% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto; e T5 – 200% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto. Foi avaliado o número de plantas finais, rendimento de matéria seca e de grão, massa de 1000 sementes, teores foliares e a exportação de nutrientes. O aumento da dose de lodo proporcionou incremento no rendimento de grão, no teor foliar de N, Ca, S e Zn e na exportação de N, P, K, Mg, S, Mn e Zn, não influenciou no estande, rendimento de matéria seca e massa de 1000 grãos. O N mineral influenciou no teor foliar de Ca.

Palavras-chave: sustentabilidade, exportação de nutrientes, rendimento de grão, adubação orgânica, diagnose foliar.

Abstract: Currently, the agricultural use of sewage sludge as organic fertilizer is considered a promising alternative to final disposal. The objective of this study was to evaluate the application of composted sewage sludge as a source of N compared mineral N nutrition and yield of triticale. The experiment was conducted at the Experimental Farm San Manuel, belonging to the Faculty of Agricultural Sciences, UNESP, Botucatu, located in San Manuel, SP. The experimental design was adopted in randomized block design with six treatments and five replications: T0 - nitrogen fertilization; T1 - nitrogen chemical fertilizer according to the recommendation for culture; T2 - 50% nitrogen from sewage sludge and 50% in mineral form; T3 - 100% nitrogen from sewage sludge; T4 - 150% nitrogen from sewage sludge; and T5 - 200% nitrogen from sewage sludge. The number of final plant dry matter yield and grain weight of 1000 seeds, foliar concentrations and nutrient export was evaluated. Increased sludge dose provided an increase in grain yield in foliar contents of N, Ca, S and Zn and export of N, P, K, Mg, S, Mn and Zn, did not affect the stand, yield matters and dry weight of 1000 grains. The mineral N influenced the foliar Ca.

Keywords: sustainability, nutrient export, grain yield, organic fertilizer, foliar diagnosis.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o destino final do lodo de esgoto geralmente é o aterro sanitário. Além do alto custo, que pode chegar a 50% do custo operacional de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) a disposição de um resíduo no aterro com elevada carga orgânica, agrava o problema relativo ao manejo do lixo urbano. A adição do lodo de esgoto ao solo parece ser a melhor opção sob o ponto de vista econômico e ambiental, uma vez que apresenta o menor custo, promove a reciclagem de nutrientes e

fornecer matéria orgânica (BETIOL & CAMARGO, 2007). No entanto, é preciso conhecimento da sua composição, para o cálculo da quantidade adequada a ser incorporada, sem correr o risco de toxicidade às plantas e, em certas situações aos animais e ao homem, além de não poluir o ambiente (CETESB, 1999).

O lodo de esgoto pode liberar, na solução do solo, grande quantidade de N mineral nos primeiros dias após sua aplicação, se houver condições propícias à mineralização da matéria orgânica (BOEIRA, 2004).

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/11/2013; aprovado em 05/12/2013

¹Professor doutor – Universidade Sagrado Coração de Jesus – USC – Dep. Ciência e tecnologia Ambiental. E-mail: thomaz.lobosuperig.com.br

²Professor doutor – Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Dep. Recursos Naturais/ Ciência do Solo

³Professor doutor – Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Dep. Recursos Naturais/ Ciência do Solo

⁴Aluno de graduação - Universidade Sagrado Coração de Jesus – USC – Curso Engenharia Agronomica.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de lodo de esgoto compostado, como fonte de N, comparativamente ao N mineral na nutrição e produtividade do triticale.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP de Botucatu, localizada

no município de São Manuel a 22° 25' Latitude Sul, 48° 34' Longitude Oeste, com altitude de 750 metros. Os dados climatológicos da área experimental encontra-se na Figura 1. Durante a condução do experimento ocorreu uma precipitação pluvial total de 117,5 mm, sendo estes dados determinados junto ao experimento. Os dados de temperaturas médias mensais das mínimas, médias e máximas foram fornecidos pelo Departamento Recursos Naturais, Área de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP de Botucatu.

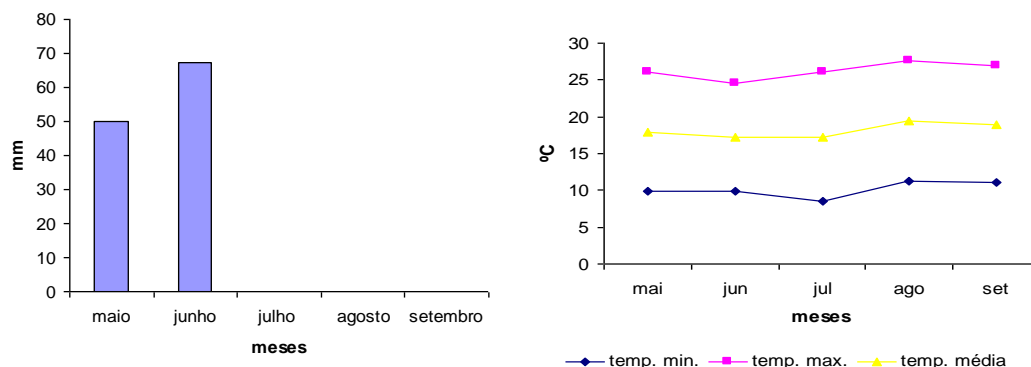


Figura 1 – Precipitação pluviométrica (a), temperaturas médias mensais das mínimas, médias e máximas (b) no período de maio a setembro de 2008, na estação climatológica da Fazenda Experimental de São Manuel.

Nesta área experimental já foram cultivadas as culturas de girassol (2 vezes), aveia preta com aplicação de lodo de esgoto e feijão comum com aplicação de lodo de esgoto compostado, sendo neste trabalho aplicado lodo de esgoto compostado na cultura do triticale.

Foi adotado o delineamento experimental em blocos casualizados, constituídos por seis tratamentos e cinco repetições assim definidos: T0 – sem adubação nitrogenada; T1 – adubação química nitrogenada (25 kg ha⁻¹ de N, tendo com fonte a uréia) aplicada aos 27 e 40 dias após da semeadura RAIJ et al., (1997); T2 – 50% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto e 50% na forma mineral aos 40 dias após a semeadura; T3 –

100% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto; T4 – 150% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto; T5 – 200% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto. Cada parcela apresentou uma área de 100 m² (14 x 7,2 m). Para a determinação da disponibilidade de N no lodo de esgoto foi considerado uma percentagem de mineralização de 30% do N, durante o período de desenvolvimento da cultura (CONAMA, 2006).

O composto apresenta as características descritas na Tabela 1, seguindo a metodologia de (LANARV, 1988). As quantidades aplicadas de lodo compostado em cada tratamento estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 – Características químicas do composto de lodo de esgoto utilizado no experimento.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Umid.	MO	C	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N	pH
-----%				-----					----- mg kg ⁻¹ -----						
2,3	2,0	0,4	60	50,4	28,4	1,9	0,3	1,6	1.340	304	23.250	472	3.750	12/1	6,6

Tabela 2 Quantidade de composto de lodo de esgoto compostado aplicado no cultivo do triticale

Tratamentos ¹	Quantidade úmida	base	Quantidade seca	base	Quantidade de N (total)	Quantidade de N mineralizado (30%)*
					kg ha ⁻¹	
T2	8.984		3.593,6		82,65	24,8
T3	17.968		7.187,2		165,3	49,6
T4	26.952		10.780,8		248,0	74,4
T5	35.936		14.374,4		330,6	99,2

* CONAMA (2006)¹ T2 - 50% AM + 50% LE, T3 - 100% LE, T4 - 150% LE, T5 - 200% LE.. AM, - Adubação mineral; LE - Lodo de esgoto

Na semeadura do triticale, utilizou-se a cultivar IPR 111. O espaçamento utilizado foi de 0,17 m entre linhas, com distribuição de 15 g de sementes/ m², o que equivale a 150 kg ha⁻¹ de sementes.

O cálculo da adubação de semeadura foi baseado pela média dos tratamentos da última análise de solo que

foi feita depois da cultura da aveia (Tabela 3) (RAIJ et al.,1997). Utilizou-se como fonte de P₂O₅ (65 kg ha⁻¹) e K₂O (21 kg ha⁻¹) o superfosfato triplo e cloreto de potássio respectivamente. A dosagem dessa mistura foi de 178 kg ha⁻¹.

Tabela 3 – Análise do solo na profundidade de 0 a 20 cm após o 3º cultivo

Trat	pH CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	H+Al	K	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg	SB	CTC	V %
T0	5,8	12	11	14	2,2	20	8	29	44	67
T1	5,3	11	7	17	1,9	17	7	25	43	60
T2	5,6	13	11	16	2,1	20	8	29	45	65
T3	5,4	12	15	17	2,0	18	7	27	44	61
T4	5,2	14	19	19	2,0	17	6	25	44	57
T5	5,3	17	19	20	2,0	20	7	29	49	60
M	5,4	13,2	13,6	17,2	2,1	18,5	6,9	27,5	44,7	61,5

Os parâmetros avaliados foram: stand final de plantas, produtividade de matéria seca e de grão (kg ha⁻¹), massa de 1000 grãos, teores de macro e micronutrientes nas folhas e exportação de nutrientes.

Para a determinação do número de plantas foram colhidas amostras de cada parcela de uma área de 4,25 m² e transformadas em números de plantas por hectare..

Na determinação da produtividade de matéria seca e de grão, foram utilizadas as mesmas plantas coletadas para a determinação do stand final. Os grãos das espigas foram separado do restante da planta e colocado em estufa para secagem, sendo pesadas. Os valores de matéria seca foram transformados em Kg ha⁻¹. Para a determinação da produtividade de grãos, os valores foram transformados para kg ha⁻¹ e corrigidos para 13% de umidade.

A massa de 1000 grãos foi determinada através da coleta e pesagem de oito amostras de 1000 grãos por parcela experimental (BRASIL, 1992).

Por ocasião do início da floração, foram coletadas amostras de dez folhas (folha bandeira) de cada parcela. Essas folhas foram lavadas com detergente e água deionizada, sendo posteriormente levadas à estufa com circulação de ar forçada até atingir peso constante. Em seguida, foram moídas e analisadas pelo Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo/ Botucatu/ SP, determinando-se os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn (MALAVOLTA et al, 1997).

Foram coletadas amostras de grãos em cada parcela, que foram submetidas à secagem em estufa de

ventilação forçada a 60 °C, moídas e posteriormente analisadas, determinando-se os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme a metodologia proposta por MALAVOLTA et al (1997). Em função dos teores de nutrientes e da produtividade de grãos por ha, foram determinadas as quantidades de macro e micronutrientes acumulados nos grãos e exportados com a colheita.

Os resultados foram submetidos a análise de variância e as média comparadas pelo teste de Duncan a 5%. Nos tratamentos T0, T3, T4 e T5, que sofreram o aumento da dose de lodo, foi efetuada uma regressão, para os parâmetros que houveram diferença significativa no teste de média.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao final do cultivo do triticale não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos testados para o número de plantas por hectare na colheita, matéria seca produzida e massa de 1000 grãos (Tabela 4). SILVA et al., (2008) não observaram diferença na massa de 1000 grãos com o aumento da dose de N em trigo. Estes resultados decorrem, provavelmente, da baixa exigência por N do triticale e pela falta de chuva durante o crescimento da cultura, fase de maior demanda por nutrientes, resultando em baixa taxa de mineralização do lodo de esgoto (Tabela 4). MELO et al. (2006), trabalhando com adubações nitrogenadas em triticale verificaram aumento linear de produtividade de matéria seca com adição de até 220 kg ha⁻¹ de N, em condições hídricas favoráveis

Tabela 4 Parâmetros produtivos do triticale manejados com lodo de esgoto

Tratamento	Nº de plantas na colheita	Massa Seca	Rendimento de grão	Massa de 1000 grãos
			kg ha ⁻¹	g
T0	1.825.897	1.674	1.353 b	44,9
T1	1.897.074	1.757	1.539 ab	44,4
T2	1.908.839	1.633	1.441 b	44,6
T3	2.050.016	1.857	1.381 b	45,5
T4	2.058.840	1.748	1.612 ab	46,2
T5	2.120.017	1.737	1.819 a	46,8
F	1,38 ^{ns}	0,21 ^{ns}	2,17 [*]	1,50 ^{ns}
Média	1.976.781	1.734,27	1.524,3	45,4
CV (%)	11,10	21,79	17,34	3,73

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. T0 – sem N, T1 –100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE, T4 – 150% LE, T5 – 200% LE,. AM, – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

Para o rendimento de grãos observa-se que o T5 (200% N – lodo de esgoto), foi superior aos T0, T2 e T3, não diferindo estatisticamente dos demais (Tabela 4). O aumento da dose de lodo compostado promoveu aumento na produtividade do triticale de forma linear ascendente (Figura 2). O período crítico do trigo, aquele em que a cultura expressa seu potencial produtivo, vai da

emergência até a sétima folha; o início deste período determina o número de espiguetas por espiga, e o final, o número de colmos por área (BREDEMIER & MUNDSTOCK, 2000). TEIXEIRA FILHO et al. (2007) constataram que a produtividade de grãos de trigo apresentou um pico de produção com a adição de 70 kg ha⁻¹ de N.

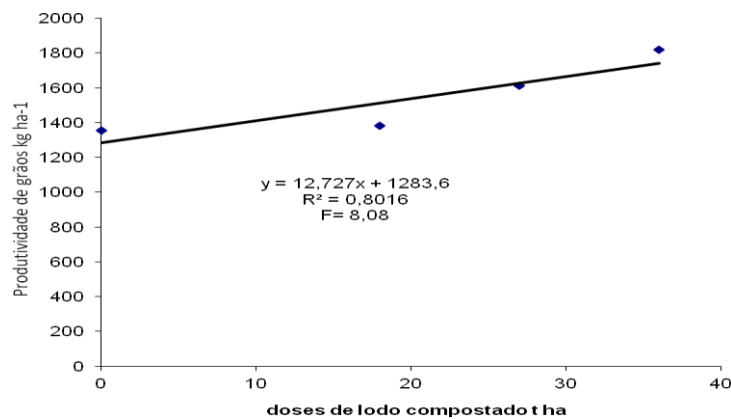


Figura 2 – Rendimento de grão do triticale em função do aumento da dose de lodo compostado.

MENEGHIN et al. (2008) obtiveram em trigo irrigado comparando doses de 0 e 70 kg ha⁻¹ de N uma produtividade de 2.175 e 3.101 kg ha⁻¹, respectivamente. SALA et al. (2008) obtiveram um melhor resultado em trigo irrigado com 85 kg ha⁻¹ de N.

A baixa produtividade do triticale pode ser atribuída à falta de chuva na fase de perfilhamento e do emborrachamento. SINGH & KUMAR (1981) demonstraram que os três períodos de desenvolvimento do trigo em ordem decrescente de sensibilidade ao déficit hídrico são: o emborrachamento/espigamento, florescimento e estágio vegetativo.

Não foi encontrado na literatura referência do teor foliar adequado de nutrientes para o triticale. Por isso, foram utilizados como referência os teores foliares estimados para a cultura do trigo CANTARELLA et al.

(1996): N (20 a 34 g kg⁻¹); P (2,1 a 3,3 g kg⁻¹); K (15 a 30 g kg⁻¹); Ca (2,5 a 10 g kg⁻¹); Mg (1,5 a 4 g kg⁻¹); S (1,5 a 3 g kg⁻¹); B (5 a 20 mg kg⁻¹); Cu (5 a 25 mg kg⁻¹); Fe (10 a 300 mg kg⁻¹); Mn (25 a 150 mg kg⁻¹); Zn (20 a 70 mg kg⁻¹).

Para o N verifica-se que todos os tratamentos apresentaram teores acima do adequado, isto pode ser explicado pelo fato de que a cultura anterior (feijão) apresenta baixa relação C/N em sua palha, facilitando sua mineralização e conseqüente liberação do N para o triticale. Verifica-se que o tratamento T5 foi significativamente maior que os tratamentos sem adição de lodo de esgoto (T0 e T1) (Tabela 5). Com o aumento da dose de lodo compostado, aumentou linearmente o teor de N na folha (Figura 3).

Tabela 5 – Teores foliares de macronutrientes no triticale

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
				g kg ⁻¹		
T0	34,4 c	1,48	17,0	3,0 b	1,74	2,70 c
T1	36,0 bc	1,20	16,4	3,8 a	1,80	2,70 c
T2	36,8 ab	1,30	15,0	4,0 a	1,88	3,20 bc
T3	37,0 ab	1,48	16,4	4,0 a	1,88	3,68 ab
T4	37,8 ab	1,56	15,8	4,2 a	1,84	3,72 ab
T5	38,8 a	1,40	18,0	4,4 a	1,92	4,04 a
F	5,32*	1,35 ^{ns}	0,54 ^{ns}	4,16*	0,72 ^{ns}	5,91*
Média	36,8	1,40	16,43	3,73,9	1,84	3,34
CV (%)	3,98	18,21	18,89	13,65	9,32	15,52

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE, T4 – 150% LE, T5 – 200% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

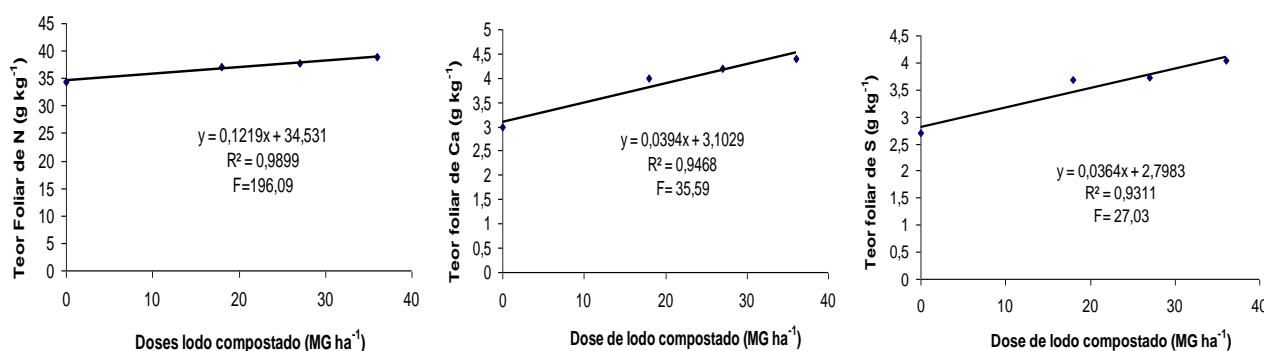


Figura 3 – Teor foliar de macronutrientes no triticale em função da dose de lodo compostado.

Quanto aos teores de P, K e Mg, observou-se que todos se encontraram abaixo do adequado e que não houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 5). Em relação ao Ca, todos os tratamentos apresentaram teores adequados e, entre os tratamentos, obteve-se menor teor no tratamento que não recebeu N. À medida que foi aumentando a dose de lodo compostado, o aumento do teor de Ca foi linear (Figura 3).

Para o S, os tratamentos que receberam adição de lodo de esgoto (T2, T3, T4 e T5), apresentaram teores acima do adequado e o tratamento que não recebeu lodo apresentaram teores adequados (Tabela 5). O lodo de esgoto apresenta uma boa quantidade de S (Tabela 1). Além disso, nas culturas anteriores foi utilizado superfosfato simples para suprir a adubação fosfatada em

todos os tratamentos, sendo que esta fonte de fertilizante contém S. Observou-se diferença significativa entre os tratamentos, sendo que os tratamentos que receberam somente lodo não diferiram entre si.

Para o B, todos os tratamentos apresentaram teor acima do adequado. Este fato pode ser explicado que a área onde o experimento foi conduzido foram efetuados dois cultivos de girassol que esta cultura necessita da aplicação do B, podendo-se considerar como efeito residual da aplicação de B do girassol, especialmente pelo teor de B encontrado no T0 (Tabela 6). Os tratamentos T5, T3 e T2 não diferiram entre si (Tabela 6). Não houve uma boa correlação com o teor de B em função das doses de lodo compostado.

Tabela 6 – Teores foliares de micronutrientes no triticale

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			mg kg ⁻¹		
T0	33,0 ab	8,8 ab	213,4	63,0 a	16,4 b
T1	26,8 b	9,4 ab	182,4	42,2 b	17,2 b
T2	34,8 a	9,4 ab	201,8	51,4 ab	17,0 b
T3	36,0 a	8,8 ab	196,8	55,8 a	20,0 ab
T4	27,0 b	8,4 b	199,8	58,4 a	21,8 a
T5	36,8 a	9,8 a	203,4	54,8 a	23,8 a
F	3,96*	2,30*	0,58 ^{ns}	3,18*	5,65*
Média	32,4	9,1	199,6	54,3	19,4
CV (%)	15,44	8,39	14,90	16,33	14,59

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

Quanto ao Cu, todos os tratamentos apresentaram teores adequados, e entre os tratamentos, apenas T5 foi estatisticamente superior ao T4 (Tabela 6) e não houve relação ao aumento da dose de lodo compostado. Para os teores de Fe, todos os tratamentos apresentaram teores adequados e não houve diferença estatística entre tratamentos. Já para o Mn, todos os tratamentos apresentaram teores adequados, sendo que apenas o T1 foi estatisticamente inferior aos demais.

Com relação ao Zn, os tratamentos que receberam 100, 150 e 200% de N do lodo de esgoto

apresentaram teores adequados (Tabela 6). Os demais tratamentos apresentaram teores inadequados deste elemento, fato este explicado que o lodo apresenta teores altos deste micronutriente. Os tratamentos T4 e T5 foram estatisticamente superiores a T0, T1 e T2, observando-se que o aumento da dose de lodo compostado acarretou aumento linear no teor de Zn nas folhas. Ao substituir os valores pela equação da reta, (Figura 4) verifica-se que para obter o teor adequado de Zn na folha necessita-se de 17,8 Mg ha⁻¹ de lodo compostado.

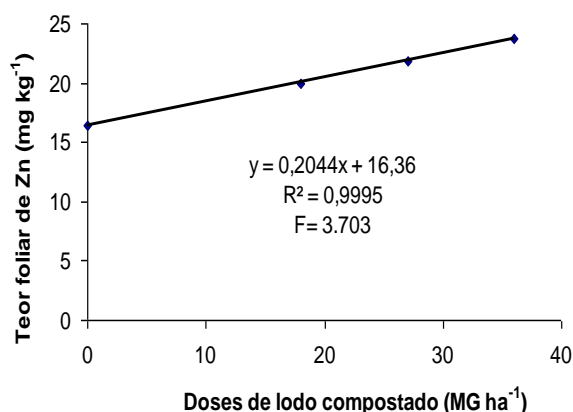


Figura 4 – Teor foliar de micronutrientes no triticale em função da dose de lodo compostado

Quanto à exportação de N, o tratamento T5, tratamento este que recebeu a maior dosagem de lodo, exportou uma quantidade maior de N em relação aos tratamentos T0, T1, T2 e T3. O T4 exportou mais que o tratamento que não recebeu N (T0) (Tabela 7). O aumento da dose de lodo aumentou a exportação de N linearmente

(Figura 5). Em média o trigo exporta em torno de 22 kg ha⁻¹ de N por tonelada de grão (CQRF/SRS/SC, 2004) e todos os tratamentos exportaram acima deste valor, destacando-se no T5 a exportação de N foi 98% superior à média mencionada. A mesma tendência foi observada na exportação de P, K, Mg e S (Tabela 7).

Tabela 7 – Exportação de macronutrientes do triticale.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
T0	27,97 c	4,38 b	5,77 b	0,81	1,92 b	2,01 c
T1	34,82 bc	4,59 b	6,67 b	1,39	2,18 b	2,42 abc
T2	33,15 bc	4,69 b	6,51 b	1,26	2,19 b	2,24 bc
T3	31,70 bc	4,74 b	6,41 b	1,03	2,10 b	2,37 abc
T4	38,79 ab	5,31 ab	7,59 ab	1,15	2,40 ab	2,67 ab
T5	43,63 a	6,48 a	8,90 a	1,37	2,77 a	2,94 a
F	4,60*	2,43*	3,26*	1,16 ^{ns}	2,87*	3,18*
Média	35,01	5,03	6,98	1,17	2,26	2,44
CV (%)	16,46	22,10	19,69	39,34	17,17	16,78

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE, T4 – 150% LE, T5 – 200% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

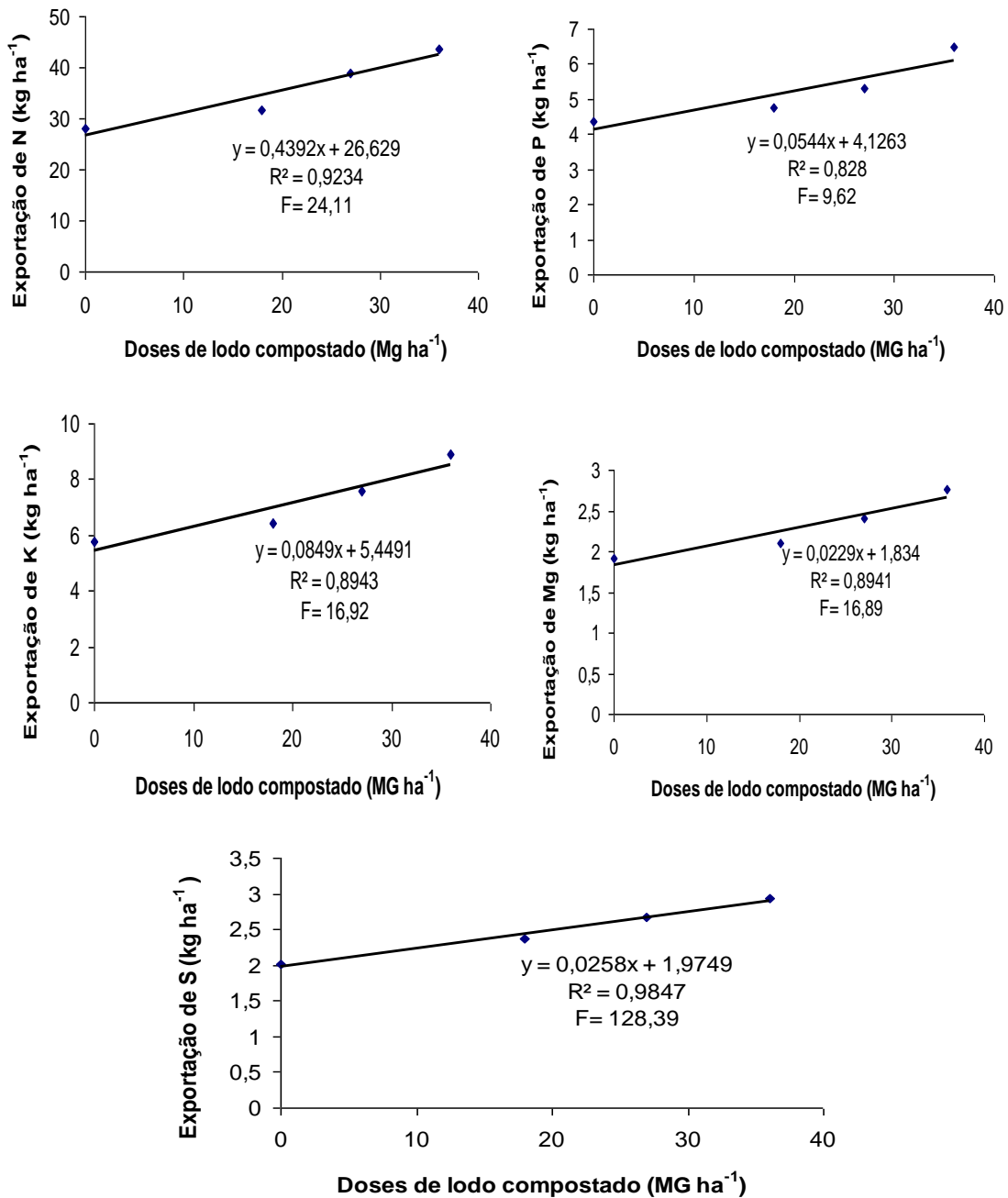


Figura 5 – Exportação de macronutrientes do triticale em função da dose de lodo compostado

Observa-se que a exportação de macronutrientes para todos os tratamentos obedeceu à seguinte ordem ascendente de exportação: $\text{N} > \text{K} > \text{P} > \text{S} > \text{Mg} > \text{Ca}$.

Verifica-se (Tabela 8) que o T5 favoreceu maior exportação de B que os demais tratamentos. Em função da dose de lodo compostado. Para Cu e Fe, não ocorreu variação na exportação (Tabela 8). Quanto ao Mn e ao Zn, a quantidade exportada aumentou de forma linear com o aumento da dose de lodo compostado; no T5 a exportação foi superior aos demais, não diferindo apenas do T4. A

exportação de micronutrientes se comportou da seguinte maneira: para os tratamentos que não receberam lodo (T0 e T1), a exportação foi na seguinte ordem: $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{B}$ (Tabela 7). Já os tratamentos T2 e T3, $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu}$; para o T4 a ordem de exportação foi: $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{B}$; e para o T5 foi $\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{B} > \text{Cu}$. Estas alterações podem ser explicadas por este resíduo apresentar altas concentrações destes micronutrientes, principalmente o Zn, como pode ser verificado em seus teores descritos na Tabela 1.

Tabela 8 – Exportação de micronutrientes do triticale

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g ha ⁻¹				
T0	7,39 b	9,68	108,15	82,46 c	64,00 c
T1	10,44 b	10,76	128,44	113,39 bc	97,09 bc
T2	11,64 b	10,54	192,38	121,23 bc	91,22 c
T3	7,90 b	9,92	119,53	117,81 bc	101,46 bc
T4	7,75 b	11,59	195,37	136,22 ab	138,64 ab
T5	23,56 a	12,78	165,47	164,67 a	166,57 a
F	8,24*	1,41 ^{ns}	1,02 ^{ns}	4,85*	6,77*
Média	11,45	10,88	151,56	122,63	109,83
CV	42,00	19,95	55,47	22,46	28,69

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. T0 – sem N, T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE, T4 – 150% LE, T5 – 200% LE. AM – Adubação mineral; LE – Lodo de esgoto

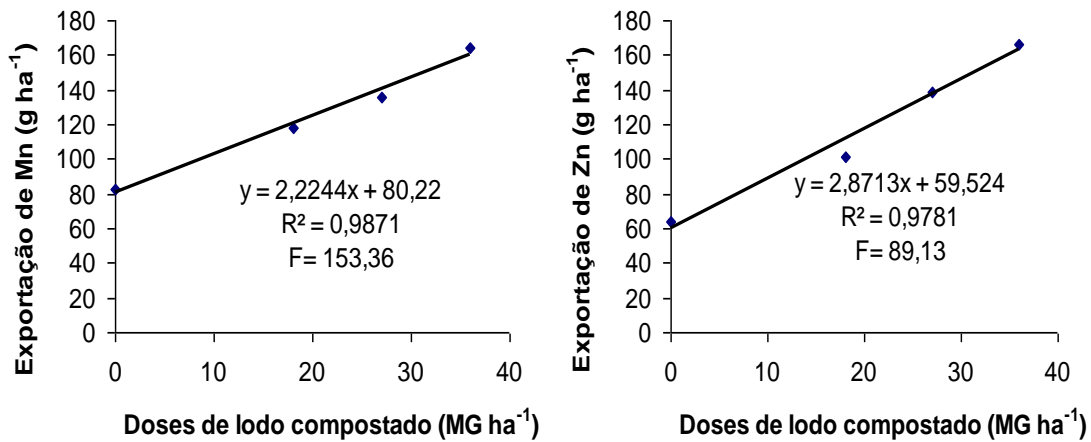


Figura 6 – Exportação de micronutrientes do triticale em função da dose de lodo compostado

CONCLUSÕES

O aumento da dose de lodo de esgoto compostado proporcionou incremento no rendimento de grão do triticale e não interferiu na produção de matéria seca, no número de plantas finais e na massa de 1000 sementes.

O lodo de esgoto compostado proporcionou aumento no teor foliar de N, Ca, S e Zn e aumentou exportação de N, P, K, Mg, S, Mn e Zn pelo triticale.

O N promoveu aumento foliar no teor de Ca e não influenciou na exportação de nutrientes pelo triticale.

REFERÊNCIAS

BETIOL, W.; CAMARGO, O.A. Lodo de esgoto na agricultura: potencial de uso e problemas. **TEC Hoje**, Belo Horizonte, p. 1-4, 2007.

BOEIRA, R. C. Uso do lodo de esgoto como fertilizante orgânico: disponibilização de nitrogênio em solos tropical. Comunicado Técnico, Jaguariuna, n. 12, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

BREDEMIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p. 365-372, 2000.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B.; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. Van et al. (Eds.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 45-47.

CETESB. Aplicação de lodo de sistema de tratamento em áreas agrícolas; critério para projeto e operação: manual técnico. São Paulo, 1999. 32 p. (CETESB NORMA P 4230).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO/ Santa Catarina. **Manual de recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul, 2004. 394 p.

COMPANIA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 375/2006. Disponível em: 29 de setembro de 2006. [htb://www.mma.gov.br/post/conama/legiano/](http://www.mma.gov.br/post/conama/legiano/). Acesso em: 10 de outubro de 2006.

LANARV, Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais. Brasília: Ministério da Agricultura, 1988. 104p.

MALAVOLTA, E., VITTI G. C., OLIVEIRA S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. 2ª edição. Piracicaba – SP. Editora Potafos, 1997. 319p.

MELO, M. R. et al. Avaliação de triticale adubado com diferentes doses de nitrogênio. Agencia paulista de Tecnologia dos agronegocios. Artigo 393. 2006.

MENEGHIN, M. F. S et al. Avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo para o trigo em latossolo vermelho do distrito federal. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viçosa, v.32, n. 5, p.1941-1948, 2008.

RAIJ, B.VAN et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: IAC, 1997, 198p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

SALA, V.M.R. et al. Condições de interação de novas bactérias diazotróficas endofíticas na cultura do trigo em interação com a adubação nitrogenada, no campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n. 3, p.1099-1106, 2008.

SILVA, S.A.da et al. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo em sistema de plantio direto no cerrado. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. especial, p. 2717-2722, 2008.

SINGH, K. P.; KUMAR, V. Water use and water-use efficiency of wheat and barley in relation to seeding dates, level of irrigation and nitrogen fertilization. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 3, p. 305-316, 1981.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, PR, v. 29, n. 3, p. 421-425, 2007.