

DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO COM A APLICAÇÃO DE ESTERCO BOVINO  
E EFLUENTE DE BIODIGESTOR EM UM PODZÓLICO VERMELHO-AMARFLO\*

Soil Nitrogen Availability From Applications of Cattle Manure  
and Biodigester effluent.

Celso Aita\*\* e Marcos Rubens Fries\*\*

**RESUMO**

Foram conduzidos de novembro de 1983 a fevereiro de 1984, em casa de vegetação, no município de Santa Maria, RS, um experimento de incubação e um com cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) visando avaliar a disponibilidade de nitrogênio com a aplicação de doses crescentes (9,18 e 27 t/ha em base seca) de esterco bovino "in natura" e efluente de biodigestor em solo Podzólico vermelho-amarelo. Em ambos os experimentos a disponibilidade de nitrogênio foi maior nos tratamentos com efluente em relação ao esterco. Nos tratamentos com efluente, os teores de nitrogênio mineral foram independentes das dosagens utilizadas enquanto que nos tratamentos com esterco, o aumento das dosagens de 9 para 27 t/ha resultou numa diminuição dos teores de  $N-N\bar{O}_3 + N-N\bar{O}_2$  do solo.

UNITERMOS: Esterco bovino "in natura", efluente de biodigestor, disponibilidade de nitrogênio no solo.

**SUMMARY**

From November of 1983 to February of 1984, in Santa Maria, RS, an incubation and a sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) growth greenhouse experiments were conducted to evaluate nitrogen availability under increasing rates (9, 18 and 27 t/ha, in a dry weight basis) of cattle manure and biodigester effluent in a Red Yellow Podzolic soil. In both experiments the nitrogen availability was higher with effluent treatments as compared to cattle manure treatments. Under effluent treatments the mineral-nitrogen contents were independent of the rates used while under the cattle manure treatments the rate increase from

---

\* Parte do trabalho realizado junto ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria para a elaboração da dissertação de mestrado do primeiro autor.

\*\* Professor Assistente e Professor Adjunto, respectivamente, do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, CEP - 97.119, Santa Maria, RS.

9 to 27 t/ha caused a decrease of the nitrate plus nitrite-nitrogen soil content.

KEY WORDS: Cattle manure, biodigester effluent, soil nitrogen availability.

## INTRODUÇÃO

O agravamento da crise do petróleo, com conseqüente aumento no custo da produção dos fertilizantes minerais, tem motivado o interesse de pessoas ligadas ao setor agrícola pela digestão anaeróbica de resíduos orgânicos em biodigestores ou esterqueiras, visando a produção de gás combustível e fertilizante orgânico.

Durante o processo fermentativo ocorrem complexas transformações bioquímicas que resultam na produção de um efluente orgânico com características distintas em relação ao material original (BUNGAY, 1981). Em vista disso, resíduos orgânicos já biodigeridos ou "in natura" poderão apresentar um comportamento diferenciado quando incorporados ao solo, principalmente no que se refere à disponibilidade de nitrogênio, como salientam RYAN et alii (1973) e HSIEH et alii (1981). Estudos envolvendo este aspecto são ainda escassos na agricultura sul-riograndense.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade de nitrogênio no solo com a aplicação de doses crescentes de efluente de biodigester e esterco bovino "in natura".

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no período de novembro/1983 a fevereiro/1984, em casa de vegetação, na Estação Experimental de Silvicultura de Boca do Monte, Município de Santa Maria, RS, em solo pertencente à Unidade de Mapeamento São Pedro (Podzólico Vermelho-Amarelo, PALEUDALF).

Os tratamentos constaram de doses crescentes de esterco bovino "in natura" e efluente de biodigester (9, 18 e 27t/ha, em peso seco); testemunha e N mineral (180kg/ha). Para eliminar possíveis limitações de P e K, o teor desses nutrientes foi equiparado para todos os tratamentos utilizando-se 200kg/ha de P + 250kg/ha de K na forma de  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  e KCl, respectivamente. A fonte de N no tratamento com N mineral foi o  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . A dose de 9t/ha, tanto de esterco como de efluente, foi estabelecida com base no teor de N total dos resíduos (Tabela 1), a fim de se obter o mesmo teor de N do tratamento onde foi utilizado o  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (180kg/ha).

As principais características do solo e dos resíduos orgânicos encontram-se na Tabela 1 e foram obtidas conforme a seguinte metodologia:

No solo

pH, em potenciômetro na relação solo: água de 1:1;  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-+N-NO_2^-$  (TEDESCO, 1978); N-total (GALLAHER et alii, 1976); Carbono orgânico (Walkley-Black e Mebius modificado descritos por NELSON & SOMMERS, 1982); P e K disponíveis (MIELNICZUK et alii, 1969); Ca, Mg e Al trocáveis (VETTORI, 1969); Análise granulométrica, pelo método da pipeta.

Nos resíduos orgânicos

pH, em potenciômetro em uma alíquota de aproximadamente 50 ml de resíduos;  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^-+N-NO_2^-$  (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1983), N-total, P, K, Ca e Mg (TEDESCO, 1982); Carbono orgânico (Walkley-Black e Mebius modificado descritos por NELSON & SOMMERS, 1982); Celulose, hemicelulose e lignina (método de Van Soest, descrito por SILVA, 1981); Matéria seca, secando-se os resíduos em estufa a 105°C até peso constante.

O esterco e o efluente foram obtidos a partir do mesmo lote de animais. O esterco, fermentado durante 40-45 dias em um biodigestor modelo indiano com capacidade de 16 m<sup>3</sup> constituiu o efluente de biodigestor.

Na instalação do experimento de incubação, os resíduos orgânicos, na forma líquida, foram incorporados uniformemente a 0,5kg de solo seco. O solo assim tratado foi colocado em frascos de vidro com um litro de capacidade. No final do experimento (70 dias), foram determinados os teores de  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^- + N-NO_2^-$  no solo seguindo-se a metodologia descrita por TEDESCO (1978).

Na implantação do experimento com sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench cv AG 1011), a quantidade de solo seco correspondente a cada vaso (2,5 kg) foi espalhada sobre um filme de polietileno onde foram uniformemente distribuídos e incorporados os resíduos orgânicos na forma líquida.

O experimento constou de oito tratamentos e 21 repetições. Durante o primeiro mês, foram efetuadas amostragens semanais e a partir daí, até o final do experimento (70 dias), a intervalos de 14 dias. Em cada amostragem, num total de sete, foram destruídas três repetições de cada tratamento e determinados os teores de  $N-NH_4^+$  e  $N-NO_3^- + N-NO_2^-$

TABELA 1. Principais características físicas e químicas do solo e dos resíduos orgânicos utilizados (\*)

Características do solo		Características dos resíduos orgânicos		
		Estерco	Efluente	
pH em água	5,70	pH	7,50	6,80
N-total (ppm)	827,13	N-total (%)	2,00	2,00
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	35,70	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	1015,02	2176,12
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	13,50	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	0,00	0,00
N-orgânico (ppm)	777,93	N-orgânico (%)	1,90	1,78
C-orgânico (%)	1,35	C-orgânico (%)	36,90	36,91
Ca(me/100g)	3,15	Ca(%)	0,87	0,91
Mg(me/100g)	1,67	Mg(%)	0,44	0,47
P(ppm)	20,40	P(%)	0,33	0,39
K(ppm)	72,00	K(%)	1,11	1,39
Al(me/100g)	0,60	Mat.seca(%)	15,77	5,59
Argila (%)	16,13	Relação C/N	18,45	18,45
Silte (%)	22,71	Celulose (%)	33,06	28,61
Areia grossa (%)	22,78	Hemicelulose (%)	17,30	11,67
Areia fina (%)	38,38	lignina (%)	14,91	18,87

(\*) - Os dados analíticos dos resíduos orgânicos referem-se à base seca.

no solo úmido em destilador de arraste de vapores semi-micro Kjeldahl após a extração com KCl 1 N (TEDESCO, 1978).

O solo de ambos os experimentos foi umedecido até aproximadamente 80% da capacidade de campo e mantido nesse nível de umidade através da reposição diária de água.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições. O efeito dos tratamentos sobre as variáveis em estudo foi medido através de contrastes ortogonais, comparando-se grupos de tratamentos entre si pelo teste F, ao nível de significância de 5% de probabilidade. Para verificar a relação de dependência entre doses de resíduos orgânicos e as variáveis medidas, utilizou-se o estudo da regressão polinomial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início do experimento de incubação, o  $\text{N-NH}_4^+$  foi a forma predominante de nitrogênio mineral no solo, enquanto que no final do período de incubação a quase totalidade do nitrogênio mineral esteve presente como  $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$  (Tabela 2). Este resultado demonstra que o  $\text{N-NH}_4^+$  inicial foi completamente oxidado em 70 dias de incubação.

Com o aumento das doses de ambos os resíduos ocorreu uma diminuição na produção líquida de nitrogênio mineral (Figura 1). Esta redução foi mais acentuada nos tratamentos com esterco onde, na dose de 27 t/ha, os teores finais de  $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$  foram menores que aqueles encontrados no início do experimento (Tabela 2).

No experimento com sorgo, observa-se que a partir de 14 dias os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  foram inferiores a 7,1 ppm em todos os tratamentos que receberam resíduos orgânicos (Tabela 3).

Mesmo com a adição de 180 kg/ha de nitrogênio mineral, os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  foram menores do que 4,5 ppm já aos 28 dias após a instalação do experimento. Estes resultados demonstram a rápida taxa de oxidação do  $\text{N-NH}_4^+$  presente no solo, no início do experimento. Rápidas taxas de nitrificação foram encontradas por EPSTEIN et alii (1978) em um estudo de incubação em que foram adicionados lodo de esgoto digerido e "in natura" em solo franco-siltoso. Com doses inferiores a 16 t/ha, o  $\text{N-NH}_4^+$  inicial foi totalmente oxidado no período de 1-3 semanas. Aumentando a dose para 48 t/ha, o mesmo comportamento só foi verificado 13 semanas após o início da incubação.

Em ambos os experimentos, o aumento das doses de esterco de 9 para 27 t/ha, resultou numa diminuição dos teores de  $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$  do solo, enquanto que para o efluente, os teores de  $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$  foram independentes das quantidades de resíduos utilizadas (Tabelas 2 e 3).

Os dados apresentados na Figura 2 mostram que nos períodos iniciais de cultivo (até 28 dias), os teores de  $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$  foram significativamente menores nos tratamentos que receberam esterco em relação ao efluente, com destaque para a dose de 27 t/ha. Este comportamento, já verificado no experimento de incubação, se deve, provavelmente, ao tipo de tratamento a que os resíduos orgânicos foram submetidos antes de serem adicionados ao solo. Durante o processo de digestão anaeróbica, grande parte dos constituintes carbonados de fácil oxidação são perdidos como  $\text{CO}_2$  e principalmente  $\text{CH}_4$ , como relata BRYANT (1979). Já no esterco "in natura", a maior parte do material energético pron-

TABELA 2. Concentração inicial, final e produção líquida de nitrogênio mineral no experimento de incubação. Média de três repetições.

Tratamentos	Concentração Inicial (ppm)			Concentração Final (ppm)			Produção* Líquida (ppm)
	N-Mineral			N-Mineral			
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Total	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Total	
Testemunha	58,3	13,1	71,4	0,6	111,5	112,1	40,7
N mineral	148,2	13,6	161,8	6,9	191,3	198,2	36,4
9 t/ha Ef. Biodig.	71,7	11,1	82,8	1,5	121,1	122,6	39,8
18t/ha Ef. Biodig.	82,8	9,1	91,8	1,4	118,7	120,1	28,2
27t/ha Ef. Biodig.	91,3	10,4	101,7	1,2	116,3	117,5	15,8
9 t/ha Esterco	65,1	10,6	75,7	2,0	110,3	112,3	36,6
18t/ha Esterco	69,5	12,0	81,5	2,2	88,3	90,5	9,0
27t/ha Esterco	72,4	11,9	84,3	1,9	71,1	73,0	-11,3

\* Produção líquida = N mineral total final - N mineral total inicial.

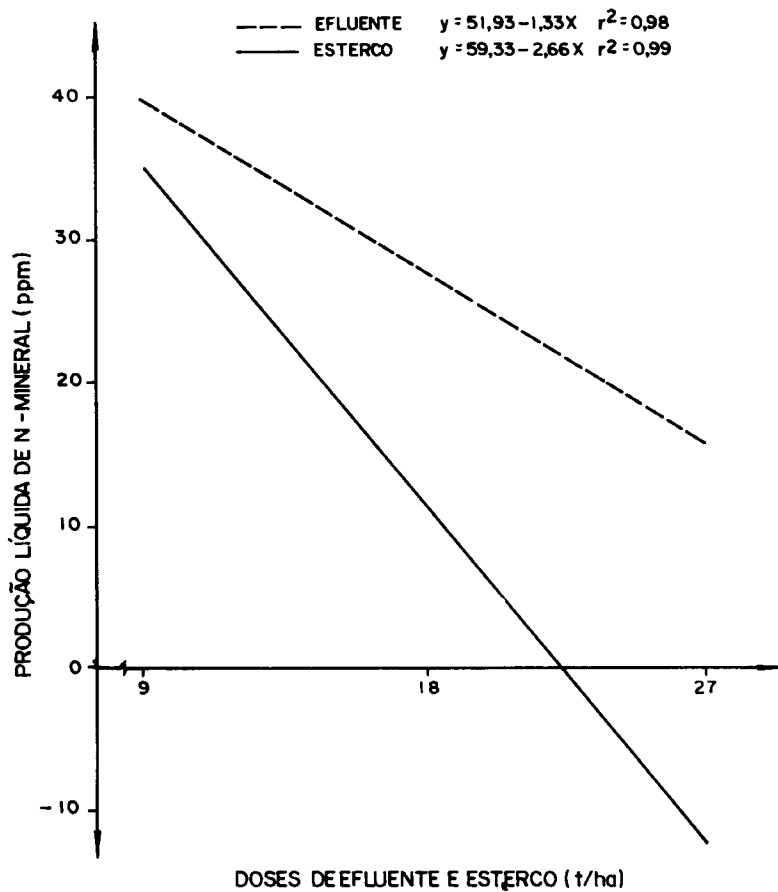


FIGURA 1. Relação de dependência entre doses de resíduos orgânicos (Efluente e Esterco) e produção líquida de nitrogênio no experimento de incubação.

TABELA 3. Teores de  $\text{N-NH}_4^+$  (ppm) e  $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$  (ppm) por amostragem, no solo do experimento com sorgo. Média de três repetições.

Tratamentos	Amostragens															
	Instalação		7 dias		14 dias		21 dias		28 dias		42 dias		56 dias		70 dias	
	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$
Testemunha	58,3	13,1	31,6	36,6	6,7	61,4	1,8	38,6	0,8	11,0	0,6	1,2	1,2	1,0	1,4	0,1
N-Mineral	148,2	13,6	117,1	40,2	70,2	78,4	17,2	85,6	4,5	37,7	1,7	1,7	0,4	0,7	0,7	0,2
9 t/ha Ef.Biodig.	71,7	11,1	53,4	45,1	2,8	56,5	2,6	26,8	1,0	3,1	0,2	1,5	0,7	0,4	0,7	0,2
18t/ha Ef.Biodig.	82,8	9,1	40,4	52,9	4,9	64,7	3,1	33,4	2,1	3,0	1,0	1,4	1,0	0,9	0,7	0,0
27t/ha Ef.Biodig.	91,3	10,4	39,1	50,3	2,7	54,1	4,2	29,9	2,0	6,7	1,7	2,9	1,8	0,7	1,0	0,1
9 t/ha Esterco	65,1	10,6	36,3	35,3	4,5	54,9	2,0	20,6	2,4	1,8	0,8	1,6	2,0	0,4	1,6	0,5
18t/ha Esterco	69,5	12,0	33,1	34,8	7,1	47,6	3,3	18,7	3,2	3,1	3,1	1,7	2,0	0,4	1,6	0,2
27t/ha Esterco	72,4	11,9	34,1	25,4	5,1	24,7	3,0	6,9	3,5	2,0	4,0	1,4	2,8	0,7	2,2	0,4



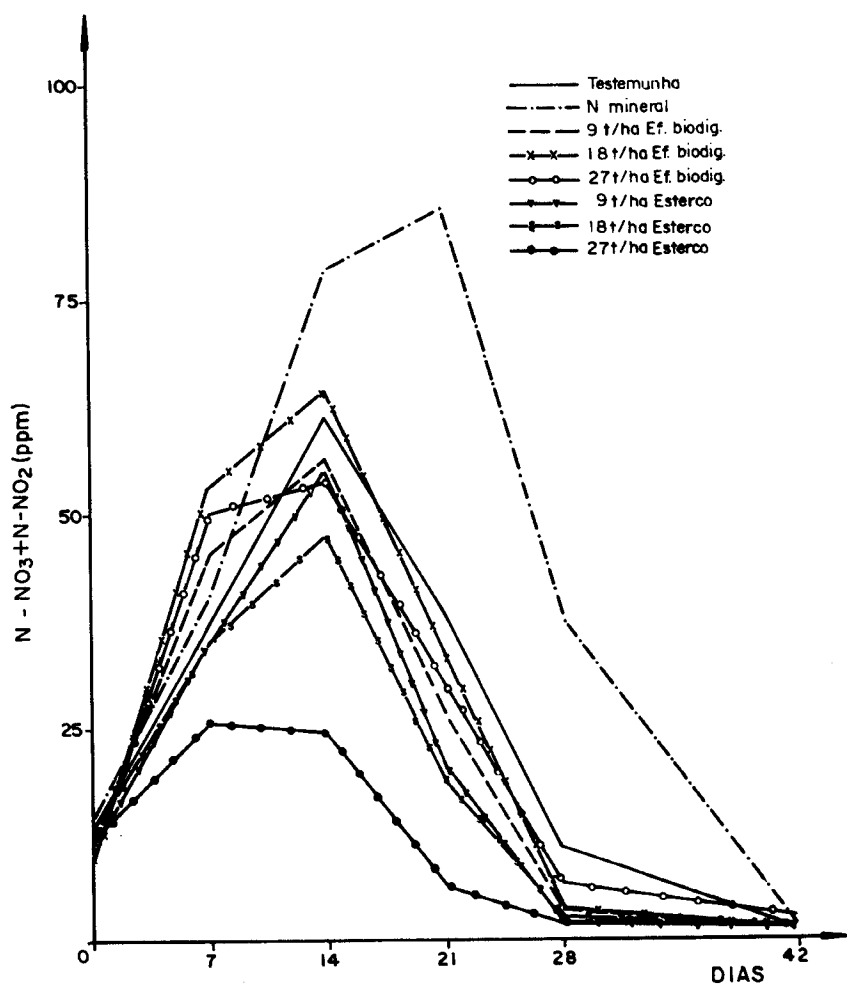


FIGURA 2. Teores de  $N-NO_3^- + N-NO_2^-$  no solo nos primeiros quarenta e dois dias de cultivo. Média de três repetições.

tamente disponível à população microbiana do solo ainda está presente, conferindo ao resíduo maior demanda biológica de oxigênio e, consequentemente, menor estabilidade biológica em relação ao efluente de biodigestor. Assim, os menores teores de  $N-NO_3 + N-NO_2$  encontrados nos tratamentos com esterco devem ter sido consequência da maior atividade microbiana proporcionada por este resíduo. Nestas condições, grande parte do  $N-NO_3$  deve ter sido imobilizado pelos microrganismos do solo e/ou atuando como aceptor final de elétrons durante a respiração anaeróbica e perdido por desnitrificação em microambientes do solo com baixa disponibilidade de  $O_2$ .

Perdas significativas de nitrogênio por desnitrificação também foram encontradas por WALLINGFORD et alii (1975) ao utilizarem esterco bovino em estudo conduzido a campo e por GUENZI et alii (1978) ao adicionarem 45 a 90 t/ha de esterco bovino "in natura" em um estudo conduzido em casa de vegetação. Em ambos os trabalhos, as perdas foram proporcionais às quantidades de esterco utilizadas.

Os resultados obtidos demonstram que com a aplicação de esterco bovino o qual tenha sido parcialmente estabilizado antes de ser adicionado ao solo, mesmo em doses elevadas, a imobilização e/ou as perdas de nitrogênio por desnitrificação são menores quando comparadas à aplicação de esterco bovino "in natura". Assim, o parcelamento das dosagens, a incorporação antecedendo a semeadura, a compostagem e a fermentação do esterco bovino "in natura" em biodigestor ou esterqueira são medidas que poderão diminuir a imobilização e as perdas de nitrogênio por desnitrificação, aumentando a disponibilidade de N para a cultura a ser explorada.

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- 1) a disponibilidade de nitrogênio foi significativamente maior nos tratamentos com efluente em relação aos tratamentos com esterco.
- 2) os teores de  $N-NO_3 + N-NO_2$  do solo diminuíram com o aumento das doses de esterco de 9 para 27 t/ha não tendo sido afetados pelo aumento das doses de efluente de biodigestor.
- 3) a maior disponibilidade de nitrogênio foi observada no tratamento com N mineral.

**LITERATURA CITADA**

1. BRYANT, M.P. Microbial methane production, theoretical aspects. *Journal of animal Science*, 48(1): 193-201, 1979.
2. BUNGAY, H.R. Anaerobic digestion. In: BUNDAY, H.R.; ed *Energy the Biomass Options*. New York, John Wiley, 1981. p. 163-84.
3. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Methods for chemical analysis of water and wastes*. Environmental Protection Agency. Ohio, 1983.
4. EPSTEIN, E.; KEANE, D.B.; MEISINGER, J.J. & LEGG, J.O. Mineralization of nitrogen from sewage sludge compost. *J. Environ. qual.* 7(2):217-22, 1978.
5. GALLAHER, R.N.; WELDON, C.O. & BOSWELL, F.C. A semiautomated procedure for total nitrogen in plant and soil samples. *Soil sci. Soc. Am. J.*, 40(6):887-9, 1976.
6. GUENZI, W.D.; BEARD, W.E.; WATANABE, F.S.; OLSEN, S.R. & PORTER, L.K. Nitrification and denitrification in cattle manure-amended soil. *J. Environ. qual.*, 7(2):196-202, 1978.
7. HSIEH, Y.P.; DOUGLAS, L.A. & MOTTO, H.L. Modeling sewage sludge decomposition in soil: II. Nitrogen transformations. *J. Environ. qual.*, 10:59-64, 1981.
8. MIELNICZUK, J.; LUDWIG, A. & BOHNEN, H. *Recomendação de adubo e calcário para os solos e culturas do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1969. 38p. (Boletim Técnico, 2).
9. NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R., ed *Methods of soil analysis*. Madison, Agronomy, 1982. p. 539-77.
10. RYAN, J.A.; KEENEY, D.R. & WALSH, L.M. Nitrogen transformations and availability of an anaerobically digested sewage sludge in soil. *J. Environ. qual.*, 2(4):489-92, 1973.
11. SILVA, D.J. da *Análise de alimentos*. Métodos químicos e biológicos. Viçosa, Imprensa Universitária. 1981. 166p.
12. TEDESCO, M.J. *Métodos de análise de nitrogênio total, amônio, nitrato e nitrito em solos e tecido vegetal*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, 1978. 19p. (Informativo interno, 1.78).
13. TEDESCO, M.J. *Extração simultânea de N, P, K, Ca, Mg em tecido de plantas por digestão por H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1982. 23p. (Informativo interno, 1-82).
14. VETTORI, L. *Métodos de análise de solo*. Ministério da agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do solo. Rio de Janeiro, 1969. 24 p. (Boletim Técnico, 7).
15. WALLINGFORD, G.W.; MURPHY, L.S.; POWERS, W.L. & MANCES, H.L. Denitrification in soil treated with beef - feedlot manure. *Comm. Soil Sci. Pl. Anal.* 6:147-61, 1975.