



INSTITUTO FEDERAL
MINAS GERAIS
Reitoria

Pró-Reitoria de Pesquisa, Inovação
e Pós-Graduação



SEMINÁRIO DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Resumo Expandido

Título da Pesquisa: Determinação da taxa de mineralização de nitrogênio de diferentes resíduos orgânicos aplicados no solo em condição de campo.		
Palavras-chave: degradação, fração de mineralização, taxa de decomposição		
Campus: São João Evangelista	Tipo de Bolsa: PIBIC-Jr	Financiador: FAPEMIG
Bolsista (as): Neyller Lima Figueiredo		
Professor Orientador: José Roberto de Paula		
Área de Conhecimento: Ciência do solo		

Resumo: Com a realização deste trabalho, objetivou-se estimar o coeficiente e a taxa anual de mineralização do nitrogênio orgânico contido em esterco de bovinos, de galinhas poedeiras e de suínos, além de composto de lixo urbano e lodo de esgoto, em condição de campo, incorporados ou aplicados superficialmente, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) de São João Evangelista – MG. As taxas mineralização estimadas do nitrogênio orgânico (NO), utilizando-se equações exponenciais de primeira ordem ($TmNO_{Est}$), quando os resíduos foram incorporados ao solo, variaram de 13,2 a 60,2%, em 1 ano, e as constantes de acúmulo de nitrogênio mineral (k_N) de 0,000179 d^{-1} a 0,000975 d^{-1} . Dispostos superficialmente ao solo, as $TmNO_{Est}$ dos resíduos, variaram de 18,6 a 64,6%, em 1 ano, e as k_N de 0,000085 d^{-1} a 0,002688 d^{-1} . A $TmNO_{Est}$ de 41,2% quando da aplicação superficial do lodo de esgoto digerido anaerobiamente analisado neste trabalho, foi superior à da fração de mineralização mínima estabelecida na Resolução CONAMA Nº 375/2006 para o mesmo resíduo. Variações nas $TmNO_{Est}$ e k_N estiveram associadas à forma de aplicação (incorporada ou superficial) e amostragem de amostras do solo receptor dos resíduos.

INTRODUÇÃO:

No estudo da dinâmica de mineralização do nitrogênio orgânico (NO) de resíduos aplicados a solos, tem-se adotado a premissa de que esta pode ser adequadamente descrita por uma equação de cinética de primeira ordem (Stanford & Smith, 1972). Segundo Pereira (2003), a relação entre as variáveis envolvidas no processo de decomposição da matéria orgânica é, geralmente, descrita por modelos não lineares, destacando-se os modelos exponenciais.

Devido à complexidade e ao grande número de fatores que afetam a dinâmica do nitrogênio no solo, tem sido difícil, segundo Barros et al. (2010), encontrar características desse meio que, indiretamente, possibilitem estimativas dos parâmetros dos modelos de mineralização de formas orgânicas em resíduos, quando da sua aplicação ao solo.

A estimativa da concentração de nitrogênio mineralizado em função do tempo tem sido realizada, normalmente, trabalhando-se dados obtidos em estudos desenvolvidos em laboratório, sob condições controladas de temperatura e/ou conteúdo de água no solo (Boeira et al., 2002; Barros et al., 2010; Vanegas Chácon, 2006; Boeira et al., 2011).

Existe carência de informações sobre a disponibilização de nitrogênio quando da aplicação de um resíduo orgânico no solo, em condição de campo, notadamente no que se refere às condições edafoclimáticas brasileiras. Por esta razão, estudos relacionados ao assunto assumem grande importância, visando-se estabelecer critérios e práticas tecnicamente adequados para se resguardar, além do atendimento

das necessidades nutricionais das culturas, a qualidade do solo e dos mananciais de água superficial e subterrânea, em áreas de disposição final desses resíduos.

Diante do exposto, desenvolveu-se este trabalho, no qual objetivou-se estimar o coeficiente e a taxa anual de mineralização do nitrogênio orgânico de diferentes resíduos orgânicos, em condição de campo, quando estes foram incorporados ou aplicados superficialmente em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd).

METODOLOGIA:

O experimento foi conduzido em condição de campo, em área de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd), no Setor do Viveiro de Produção de Mudas do IFMG – SJE, em São João Evangelista, MG.

Os esterco de bovinos (gado de leite) (EB), de galinhas poedeiras (EG) e de suínos (ES) foram coletados nos setores de produção do IFMG – SJE; o lodo de esgoto digerido anaerobicamente (LE) foi obtido junto à Estação de Tratamento de Esgoto Ipanema, município de Ipatinga, Minas Gerais, onde o tratamento do esgoto ocorre em reatores anaeróbios de fluxo ascendente; e o composto de lixo urbano (CL) foi proveniente da área de produção da Central de Resíduos do Vale do Aço, também do município de Ipatinga.

A caracterização dos resíduos envolveu a quantificação das concentrações de carbono orgânico facilmente oxidável (CO_{fo}), de N_T , de P, Ca, Mg e K; além da determinação dos sólidos totais (ST), sólidos fixos totais (SFT) e sólidos voláteis totais (SVT) (Tabela 1). O CO_{fo} e N_T foram determinados seguindo-se a metodologia descrita por Matos (2010). Os teores de Ca, Mg, P e K foram determinados seguindo-se os métodos apresentados por Ribeiro et al. (1999). As determinações de ST, SFT e SVT foram realizadas seguindo o método gravimétrico, apresentado na norma ABNT/NBR 10664 (ABNT, 1989).

As análises para caracterização do LVAd utilizado no experimento foram realizadas de acordo com Ribeiro et al. (1999). O solo apresentou as seguintes características: pH em água de 5,72; 2,3 mg dm^{-3} de P; 50 mg dm^{-3} de K; 2,4 $cmol_c dm^{-3}$ de Ca^{2+} ; 0,9 $cmol_c dm^{-3}$ de Mg^{2+} ; 0,1 $cmol_c dm^{-3}$ de Al^{3+} ; 3,54 $cmol_c dm^{-3}$ de H+Al; soma de bases trocáveis (SB) de 3,43 $cmol_c dm^{-3}$; capacidade de troca catiônica (CTC potencial a pH 7,00) de 6,97 $cmol_c dm^{-3}$; saturação por bases (V) de 49%; e CO_{fo} de 1,95 dag kg^{-1} .

Na área experimental, o solo foi retirado do local, formando buracos, onde foram introduzidos vasos com 30 cm de altura, 25 cm de diâmetro superior e 20 cm de diâmetro inferior. Os vasos, perfurados com setenta orifícios de 1 cm de diâmetro médio, no fundo e nas paredes laterais, foram preenchidos com 11,7 dm^{-3} do próprio solo removido. O objetivo da perfuração dos vasos foi possibilitar contato do solo contido no interior do vaso com o circunvizinho, sem haver restrição ao movimento de solutos entre os dois meios. Todos os vasos foram enterrados de forma que a parte superior do mesmo ficasse rente à superfície do solo.

Nesses vasos, adotou-se duas formas de aplicação dos resíduos: incorporado e disposto superficialmente no solo. Na incorporação dos resíduos orgânicos, os mesmos foram misturados homogeneamente ao solo contido nos vasos. Na aplicação superficial, os resíduos orgânicos foram dispostos

Tabela 1 – Características químicas e físico-químicas dos resíduos orgânicos

Variável ⁽²⁾	Unidade	Resíduo orgânico ⁽¹⁾				
		EB	CL	EG	LE	ES
CO_{Fo}	dag kg^{-1}	24,74	30,56	5,82	39,29	23,28

COT	dag kg ⁻¹	32,13	39,69	7,56	51,03	30,23
N _T	dag kg ⁻¹	1,51	1,05	1,18	3,44	2,37
C/N		21,28	37,80	6,41	14,83	12,76
P	mg dm ⁻³	164,90	151,40	881,80	84,10	1170,10
pH _{H2O}		9,32	8,10	9,24	6,49	8,52
K	mg dm ⁻³	5100,00	3450,00	1300,00	500,00	5250,00
Ca	cmol _c dm ⁻³	2,70	11,70	0,90	21,00	5,10
Mg	cmol _c dm ⁻³	1,20	4,20	0,50	3,10	3,30
CTC _{pH 7}	cmol _c dm ⁻³	17,59	25,54	5,31	27,53	22,57
CTC/COT	mol _c kg ⁻¹	0,55	0,64	0,70	0,54	0,75
Sólidos totais	g kg ⁻¹	902,30	760,20	913,60	898,40	860,50
Sólidos fixos totais	g kg ⁻¹	379,60	674,80	800,70	518,20	351,80
Sólidos voláteis totais	g kg ⁻¹	620,40	325,30	199,30	481,80	648,20
Teor de água	dag kg ⁻¹	9,80	24,00	8,60	10,20	14,00

⁽¹⁾EB – esterco de bovinos; CL.- composto de lixo urbano; EG – esterco de galinhas poedeiras; LE – lodo de esgoto e ES – esterco de suínos;

⁽²⁾CO_{fo} - Carbono orgânico facilmente oxidável; COT – Carbono orgânico total = CO_{fo}/0,77; N_T - Nitrogênio total; C/N - Relação COT/N_T; P - Fósforo; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; CTC_{pH 7} - Capacidade de troca de cátions a pH 7.

na superfície do solo acondicionado nos vasos, não sendo feita qualquer incorporação. A dose aplicada de resíduos orgânicos ao solo foi equivalente a de 333 kg ha⁻¹ de N (1,95 g vaso⁻¹ de N).

O experimento foi conduzido por período de 360 dias, de dezembro de 2010 a novembro de 2011. Durante esse tempo foram coletadas, mensalmente, amostras com aproximadamente 80 cm³ das misturas de solo e resíduos, obtidas de três pontos aleatórios nos vasos, para quantificação dos teores de nitrogênio total (N_T), conforme Matos (2010); dos teores de nitrato e de amônio conforme Mendonça & Matos (2005). A concentração de NO foi obtida descontando a concentração das formas minerais do valor de N_T. A coleta mensal das amostras nos tratamentos com incorporação dos resíduos orgânicos foi realizada utilizando-se uma sonda com comprimento de 40 cm, suficientes para atingir o fundo dos vasos. Nos tratamentos que receberam aplicação superficial dos resíduos, a amostragem foi realizada com uso de uma colher, com coleta efetuada na profundidade de 0 a 2 cm.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 2 (cinco resíduos orgânicos e duas formas de aplicação) com parcelas subdivididas no tempo. Para controle experimental, foi incluído um tratamento testemunha (solo controle), no qual o solo, igualmente acondicionado em vasos, não recebeu a aplicação de qualquer resíduo orgânico.

Equações de regressão do modelo exponencial simples de cinética química de primeira ordem (Eq. 1) foram utilizadas para descrever a disponibilização do de nitrogênio mineral, tal como proposto por Stanford & Smith (1972):

$$N_m = NO_0(1 - e^{-KN^*t}) \quad [1]$$

em que:

N_m = concentração de nitrogênio orgânico mineralizado em determinado tempo (t) (mg kg⁻¹);

NO₀ = concentração de nitrogênio orgânico potencialmente mineralizável no solo (mg kg⁻¹);

K_N = constante de mineralização (dia⁻¹);

A quantidade de N mineralizado ou inorgânico foi calculada desde o início da incubação dos resíduos no solo, somando-se as concentrações de N-NH_4^+ e N-NO_3^- , determinadas mensalmente. Para obtenção do acúmulo de nitrogênio inorgânico (N_{InorgA}), foram obtidas as diferenças entre os teores de N inorgânico atual e os obtidos na data imediatamente anterior, substituindo os valores negativos por “zero”. Após isso, foram determinadas as concentrações acumuladas de N inorgânico com o tempo. Os dados de N_{InorgA} obtidos durante o período experimental foram utilizados para ajuste de equações exponenciais simples e posterior estimativa das taxas de mineralização e das constantes de acúmulo de nitrogênio (K_N) (Stanford & Smith, 1972; Matos et al., 1998; Febrer et al., 2002; Boeira et al., 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

As concentrações acumuladas de N inorgânico (N_{InorgA}) foram utilizadas na avaliação da dinâmica da mineralização do nitrogênio, utilizando-se o modelo proposto por Stanford & Smith (1972), cujos parâmetros estão apresentados na Tabela 2.

Os valores de K_N obtidos para os resíduos quando estes foram incorporados ou aplicados superficialmente ao solo receptor são inferiores em relação às constantes de acúmulo de N obtidas por Matos et al. (1998), Febrer et al. (2002) e Boeira et al. (2002).

As taxas de mineralização do NO, aos 360 dias de incubação, TmNO_{Est} , apresentadas na Tabela 2, foram calculadas a partir da Eq. 2, utilizando-se os parâmetros $\text{N}_{(\text{p})}$ e K_N obtidos após ajuste das equações exponenciais de cinética de primeira ordem aos dados acumulados de N inorgânico, na qual o referencial é o NO adicionado via resíduo.

$$\text{TmNO}_{\text{Est}} = (\text{N}_{(\text{m})} \text{ 360 dias do resíduo} - \text{N}_{(\text{m})} \text{ 360 dias do solo controle}) / (\text{NO adicionado} \times 100) \quad [\text{Eq. 2}]$$

em que,

TmNO_{Est} = taxa de mineralização, calculada a partir das equações exponenciais ajustadas, tomando-se o NO adicionado via resíduo como referencial (%);

$\text{N}_{(\text{m})}$ 360 dias do resíduo = nitrogênio mineralizado em 360 dias de incubação (dag kg^{-1});

$\text{N}_{(\text{m})}$ 360 dias do solo controle = nitrogênio mineralizado do solo controle após 360 dias (dag kg^{-1});

NO adicionado = nitrogênio orgânico adicionado no solo receptor via resíduo orgânico (dag kg^{-1}).

As taxas de mineralização do nitrogênio orgânico adicionado, estimadas por Vanegas Chacón (2006), em estudo sobre decomposição e mineralização de resíduos agroindustriais e urbanos em condições de laboratório e período de incubação de 30 dias, foram de 26,34% (EB), 110,4% (CL), 25,8% (EG) e 11,7% (ES). As TmNO_{Est} deste trabalho estimadas para 30 dias (Tabela 3), de 2,5% (EB), 2,6% (CL), 3,0% (EG) e 5,77% (ES) (incorporação dos resíduos) e 5,5% (EB), 5,0% (CL), 3,6% (EG) e 1,7% (ES) (disposição superficial dos resíduos), são muito inferiores às encontradas por Vanegas Chacón (2006).

Weiller et al. (2007) verificaram que, após 95 dias aproximadamente 39% do N aplicado via dejetos de suínos foi mineralizado com a incorporação no solo e, neste trabalho, estimou-se, para tempo o mesmo tempo de incubação dos dejetos, uma mineralização de 17,8% do NO do ES. Os mesmos autores, obtiveram

Tabela 2. Parâmetros das equações de cinética de primeira ordem⁽¹⁾ da decomposição do material orgânico, obtidos a partir dos ajustes dos dados da acumulação de nitrogênio inorgânico em solos nos quais os resíduos foram incorporados ou aplicados superficialmente

Forma de aplicação	Resíduo ⁽²⁾	NO adicionado (mg kg ⁻¹)	N _(p) (mg kg ⁻¹)	K _N (d ⁻¹)	R ²	N _(m) 360 dias (mg kg ⁻¹)	TmNO _{Est} (%) ⁽³⁾
	Solo controle	-	1412,6**	0,000106**	0,721	52,9	-
Incorporado	EB	160,8	1372,9**	0,000207**	0,815	98,6	28,4
	CL	164,8	1014,2**	0,000291**	0,870	100,9	29,1
	EG	141,8	299,5**	0,000975**	0,728	88,7	25,2
	LE	137,9	1138,2**	0,000179**	0,745	71,0	13,2
	ES	144,8	735,3**	0,000587**	0,762	140,1	60,2
Superficial	EB	160,8	5226,0**	0,000085**	0,856	156,8	64,6
	CL	164,8	267,5**	0,001625**	0,783	118,5	39,8
	EG	141,8	1346,4**	0,000240**	0,855	111,4	41,3
	LE	137,9	176,9**	0,002688**	0,912	109,7	41,2
	ES	144,8	920,9**	0,000252**	0,738	79,9	18,6

**Significativo em nível de 1% de probabilidade;

⁽¹⁾ $N_{(m)} = N_{(p)}(1 - e^{-KNt})$, Em que N_(m) corresponde ao nitrogênio mineralizado no tempo t, em mg kg⁻¹; o N_(p), o nitrogênio potencialmente mineralizável do resíduo, em mg kg⁻¹; KN, a constante de velocidade da reação de mineralização do nitrogênio orgânico em solos receptores dos resíduos, em dias⁻¹; e t, o tempo, em dias,

R² = coeficiente de determinação;

⁽²⁾EB – esterco de bovinos; CL,- composto de lixo urbano; EG – esterco de galinhas poedeiras; LE – lodo de esgoto e ES – esterco de suínos;

⁽³⁾Taxa de mineralização: $(TmNO_{Est}) = (N_{(m)360 \text{ dias do resíduo}} - N_{(m)360 \text{ dias do solo controle}})/NO \text{ adicionado} * 100$.

mineralização de 32% quando os dejetos foram aplicados sobre a superfície do solo, enquanto neste trabalho foram obtidos $TmNO_{Est}$ de 5,3% (Tabela 3).

O LE apresentou $TmNO_{Est}$ aos 105 dias, de 4,0%, quando incorporado ao solo, e de 20,2%, quando disposto superficialmente (Tabela 3), valores inferiores aos encontrados por Boeira et al. (2002) que estimaram a fração de mineralização entre 20 e 38% (média de 31%), em trabalho sobre mineralização de nitrogênio orgânico em solo tropical receptor de lodo de esgoto, em período de monitoramento de 105 dias.

À exceção do que foi obtido para o ES, as $TmNO_{Est}$, dos resíduos aplicados superficialmente ao solo foram sempre superiores àquelas obtidas quando os resíduos foram incorporados ao solo. Esse fato pode ser decorrência da forma de amostragem diferenciada realizada nas duas formas de aplicação dos resíduos, pois quando aplicados concentrados na superfície do solo possibilitaram a coleta de maior quantidade de resíduo orgânico e, conseqüentemente, a detecção de maiores concentrações de N. Maiores concentrações de N, principalmente no início do período de monitoramento, irão proporcionar taxas de mineralização mais elevadas. Neste trabalho, a quantidade de NO adicionada via resíduo foi a mesma, independente da forma de aplicação (superficial ou incorporada), ou seja, as concentrações mais elevadas de N obtidas na aplicação superficial dos resíduos, proporcionaram maiores taxas de mineralização.

Tabela 3. Taxas de mineralização de N ($TmNO_{Est}$) estimadas após ajustes de equações de cinética de primeira ordem⁽¹⁾ em diversos tempos de decomposição do material orgânico, em solos nos quais os resíduos foram incorporados e dispostos superficialmente

.Resíduo ⁽²⁾	Tempo de decomposição (dias)							
	30		95		105		360	
	Forma de aplicação							
	Incorporado	Superficial	Incorporado	Superficial	Incorporado	Superficial	Incorporado	Superficial
	----- $TmNO_{Est}$ ⁽³⁾ (%)-----							
EB	2,5	5,5	7,8	17,2	8,6	19,0	28,4	64,6
CL	2,6	5,0	8,2	14,6	9,0	16,0	29,1	39,8
EG	2,9	3,6	8,7	11,4	9,6	12,6	25,2	41,3
LE	1,2	6,7	3,7	18,6	4,0	20,2	13,2	41,2
ES	5,8	1,7	17,8	5,3	19,6	5,8	60,2	18,6

⁽¹⁾ $N_{(m)} = N_{(p)}(1 - e^{-K_N t})$, Em que $N_{(m)}$ corresponde ao nitrogênio mineralizado no tempo t, em $mg\ kg^{-1}$; o $N_{(p)}$, o nitrogênio potencialmente mineralizável do resíduo, em $mg\ kg^{-1}$; K_N , a constante de velocidade da reação de mineralização do nitrogênio orgânico em solos receptores dos resíduos, em $dias^{-1}$; e t, o tempo, em dias,

R^2 = coeficiente de determinação;

⁽²⁾EB – esterco de bovinos; CL,- composto de lixo urbano; EG – esterco de galinhas poedeiras;

LE – lodo de esgoto e ES – esterco de suínos;

⁽³⁾Taxa de mineralização: $(TmNO_{Est}) = (N_{(m)360 \text{ dias do resíduo}} - N_{(m) 360 \text{ dias do solo controle}})/NO \text{ adicionado} * 100$.

CONCLUSÕES:

Tendo por base os resultados alcançados e considerando-se as condições em que o estudo foi realizado, conclui-se que:

– Quando incorporados ao solo, as $TmNO_{Est}$ dos resíduos orgânicos estudados variaram de 13,2 a 60,2% e as constantes médias de acúmulo de nitrogênio (K_N) de $0,000179 \text{ d}^{-1}$ ($0,065 \text{ ano}^{-1}$) a $0,000975 \text{ d}^{-1}$ ($0,356 \text{ ano}^{-1}$);

– Quando os mesmos resíduos foram dispostos superficialmente ao solo, as $TmNO_{Est}$ variaram de 18,6 a 64,6% e as constantes médias de acúmulo de nitrogênio (K_N) de $0,000085 \text{ d}^{-1}$ ($0,031 \text{ ano}^{-1}$) a $0,002688 \text{ d}^{-1}$ ($0,981 \text{ ano}^{-1}$);

– Menores taxas de mineralização de NO ($TmNO_{Est}$) foram obtidas quando os resíduos, à exceção do esterco de suínos, foram incorporados ao solo;

– A $TmNO_{Est}$ de 41,2% quando da aplicação superficial do lodo de esgoto foi superior à da fração de mineralização mínima estabelecida na Resolução CONAMA Nº 375/2006 para o mesmo resíduo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. NBR-10664, Rio de Janeiro-RJ, 1989. 7p.

BARROS, F.M.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; NEVES, J.C.L.; SILVA, D.D. Parametrização de modelos de mineralização do nitrogênio orgânico em solo tratado com água residuária da suinocultura. **Ambi-Agua**, Taubaté-SP, v.5, n.2, p.99-110, 2010.

BOEIRA, R.C.; LIGO, M.A.V.; DYNIA, J.F.D. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Pesq. agropec. bras.**, v.37, n.11, p.1639-1647, 2002.

BOEIRA, R.C.; LIGO, M.A.V.; MAXIMILIANO, V.C.B; PIRES, A.M.M. **Determinação da fração de mineralização de compostos nitrogenados de lodos de esgoto aplicados em solo agrícola**. Circular Técnica nº 20, EMBRAPA-Meio Ambiente. 2011. 5p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 375, de 29 de agosto, 2006. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, DF, 30 ago. 2006. Seção 1. p.141.

FEBRER; M.C.A.; MATOS, A.T.; SEDIYAMA, M.A.N.; COSTA, L.M. Dinâmica da decomposição mesofílica de resíduos orgânicos misturados com águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa-MG, v.10, n.1-4, 2002.

MATOS, A. T.; VIDIGAL S. M., SEDIYAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P.; RIBEIRO, M. F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.199-203, 1998.

MATOS, A.T. **Práticas de qualidade do meio físico ambiental**. Caderno Didático, Viçosa-MG: AEAGRI-MG/DEA/UFV, n.34, 2010. 100p.

MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa-MG, 2005. 77p.

PEREIRA, J.M. Predição do índice de mineralização do nitrogênio em solos através da comparação de modelos não lineares. In: SEAGRO, 10, Lavras, 2003. **Anais...** Lavras, MG. 2003.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃEZ, P.T.; ALVAREZ, V.H. (Ed.). Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes para o estado de Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais**, 1999. 359 p.

STANFORD, G.; SMITH, S.J. Nitrogen mineralization potential of soil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.36, n.2, p.465-471, 1972.

VANEGAS CHACÓN, E.A. **Caracterização, decomposição e biodisponibilidade de nitrogênio e fósforo de materiais orgânicos de origem e vegetal**. 2006. 143p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

WEILER, D.A.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; SANTOS, G.F.; SCHMALZ, C. R.; DALAZEN, G.; LONGHI, R.; OLIVO, J. Avaliação do potencial de nitrificação e mineralização do nitrogênio de dejetos suínos no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, Gramado, 2007. **Anais...**, Viçosa, MG, 2007. 5p.