

Mineralização de nitrogênio em função da temperatura de incubação do solo⁽¹⁾

Fernando Kuhnen⁽²⁾; Mara Cristina Pessôa da Cruz⁽³⁾; Manoel Evaristo Ferreira⁽³⁾ & Thiago de Barros Sylvestre⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Parte da tese de doutorado do primeiro autor. Projeto com recursos Fapesp.

⁽²⁾ Estudante de doutorado (Ciência do Solo); UNESP/FCAV - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; Jaboticabal, SP; kuhnenf@gmail.com. Bolsista Fapesp. ⁽³⁾ Professor; UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP; mcpcruz@fcav.unesp.br, evaristo@fcav.unesp.br ⁽⁴⁾ Estudante de doutorado (Ciência do Solo), UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP; thiagosylvestre@hotmail.com.

RESUMO: A estimativa do N orgânico do solo que pode ser transformando em mineral em determinado período de tempo é uma medida útil da capacidade de fornecimento de N para plantas. O objetivo com este trabalho foi determinar a taxa de mineralização do nitrogênio de solos em temperatura constante e variável. Para isto, 17 amostras de solo, coletadas na camada de 0 a 20 cm, foram submetidas a incubação em colunas percoladoras a 28°C e a 18/23°C por 10/14 horas, por 112 dias. Em cada data de avaliação (0, 3, 7, 14, 21, 28, 49, 70, 91 e 112 dias) foram feitas lixiviações com solução de CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ e determinação das formas N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ por destilação. A incubação de amostras de solo a 28°C resultou em maiores quantidades de N mineralizado quando comparada com incubação a 18°/23°C por 10/14 horas.

Termos de indexação: amônio, nitrato, N-mineral.

INTRODUÇÃO

A temperatura é um dos fatores que interfere nas transformações do N de adubos ou de resíduos orgânicos ou industriais aplicados aos solos. Condições ótimas de ocorrência das transformações de N orgânico a N-NH₄⁺ são associadas com temperaturas entre 25 e 35°C (Havlin et al., 2005). A nitrificação, fase final das transformações, que inclui as reações de conversão de N-NH₄⁺ a N-NO₃⁻, é máxima a 25°C (Sahrawat, 2008).

Uma das críticas aos métodos de incubação em laboratório para a determinação da taxa de mineralização de N é a manutenção da temperatura e da umidade constantes e próximas do ótimo durante todo o período de avaliação. Stanford & Smith (1972), que propuseram o método de incubação mais utilizado, empregaram 35°C, e Yagi et al. (2009) concluíram que com o uso desta temperatura de incubação obtêm-se valores superestimados. Assim, os resultados obtidos em laboratório podem não representar adequadamente a mineralização do nitrogênio em campo (Wienhold, 2007) e, uma proposta que pode superar o problema foi feita por Agehara & Warncke (2005). Os autores submeteram amostras de solo a temperaturas de

15/10, 20/15 e 25/20°C por 14/10 horas, durante o período de incubação e observaram aumento na produção das formas minerais de N com o aumento da temperatura.

Utilizar a variação de temperatura do solo próxima a média observada no período de crescimento das plantas pode ser uma maneira de solucionar a questão da superestimação observada nos estudos de incubação de solos.

Deste modo, objetivou-se determinar a taxa de mineralização de nitrogênio de solos em temperatura constante e variável.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas 17 amostras de solos, no Estado de São Paulo, com variação nos teores de matéria orgânica e de argila. A caracterização química (Raij et al., 2001) e a granulometria (Camargo et al., 2009) dos solos estão na **Tabela 1**. Amostras dos solos receberam CaCO₃ e MgCO₃ (proporção Ca:Mg 2:1), para elevar o V% a 70, e foram incubadas por 10 dias em casa de vegetação, a aproximadamente 60% da capacidade de retenção de água.

O procedimento para determinação da taxa de mineralização de N orgânico dos solos seguiu o método proposto por Stanford & Smith (1972), com modificações nos tempos e temperaturas de incubação. Foi utilizada mistura de 15 g de solo + 15 g de areia lavada com solução de HCl 6 mol L⁻¹, a qual foi transferida para tubo de percolação, de vidro, umedecida a 60% da capacidade de retenção de água e incubada em BOD sob: 1) temperatura constante de 28°C, recomendada na norma Cetesb P4.230, para determinação da taxa de mineralização do N de lodos de sistemas de tratamento biológico (Cetesb, 1999); e 2) temperatura variável de 18/23°C por 10/14 horas, combinação que simula a variação média diária das temperaturas do solo, no inverno, no município de Jaboticabal (Volpe et al., 2006). Nos dois experimentos foram utilizadas três repetições por tratamento. Para determinar a quantidade de nitrogênio mineralizada foi feita lixiviação com 100 mL de solução de CaCl₂ 0,01 mol

L^{-1} aos 0; 3; 7; 14; 21; 28; 49; 70; 91 e 112 dias de incubação. Nos lixiviados foram feitas determinações de $N-NH_4^+$ e de $N-NO_3^-$ por meio de destilação a vapor com adição de MgO e de liga de Devarda, respectivamente (Cantarella & Trivelin, 2001).

Os resultados de N mineral (N- NH_4^+ e N- NO_3^-) obtidos nos dois experimentos de incubação em laboratório foram ajustados ao modelo exponencial de primeira ordem, proposto por Stanford & Smith (1972). Para comparação do N mineralizado entre os métodos, foram realizados testes de paralelismo (teste t) e coincidência entre as retas (teste F) obtidas pela transformação dos dados de tempo em $\log(t+1)$ e o N mineralizado acumulado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior quantidade de nitrogênio mineralizado foi obtida na primeira avaliação (tempo zero), para todos os solos, e nas duas condições de temperatura. Este resultado é esperado e é normalmente atribuído às frações orgânicas de fácil mineralização (Rhoden et al., 2006; Yagi et al., 2009), provenientes da reciclagem da biomassa microbiana, estimulada pela aeração resultante do preparo e manuseio das amostras de solo (Stanford & Smith, 1972; Camargo et al., 1997). No caso das amostras avaliadas há ainda a incubação dos solos com carbonatos por 10 dias, previamente à instalação das colunas. O efeito da calagem no aumento das quantidades de N mineralizado é associado à elevação nos valores de pH e nos teores de bases trocáveis, e à diminuição do Al^{3+} tóxico, fatores que aumentam a atividade de organismos mineralizadores (Silva et al., 1999). Aumento na mineralização do N após aplicação de calcário em sete amostras de solos, de 37 a 78% em relação aos mesmos solos sem calagem, foi relatado por Silva et al. (1994).

A partir de 7 dias de incubação, a quantidade de N mineralizada foi semelhante para todos os solos.

Após a rápida mineralização inicial, ocorreram diminuição e estabilização do N mineralizado até o fim do período de incubação, o que está associado à mineralização lenta de compostos orgânicos com maior peso molecular (Parker & Sommers, 1983; Yagi et al., 2009).

Na incubação a 28°C, as quantidades totais mineralizadas nos 112 dias variaram de 45 (PVA 8) a 377 $mg\ kg^{-1}$ (LV 1) de N. Com a incubação a 18/23°C por 10/14 horas a variação foi de 34 (PVA 17) a 342 $mg\ kg^{-1}$ (LV 1) de N. Considerando que a umidade foi constante em todos os solos, em temperatura maior e constante a ciclagem do N pelos microrganismos do solo foi favorecida e houve maior quantidade de N mineralizado.

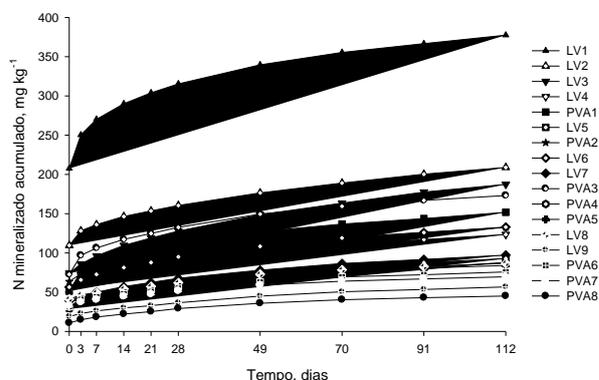


Figura 1 - Nitrogênio mineralizado acumulado dos 17 solos submetidos a incubação a 28°C por 112 dias.

Aumento na produção de formas minerais com o aumento de temperatura também foi relatado por Agehara & Warncke (2005). Segundo os autores, o aumento na temperatura induz a mudança na comunidade microbiana do solo, favorecendo a metabolização de substratos não utilizados em temperaturas menores. Por outro lado, Cookson et al. (2007) admitem que o efeito da elevação da temperatura está associado ao aumento da atividade microbiana, resultando em maior consumo de C e aumento subsequente na quantidade de N disponível.

Em todos os solos, nas duas condições de incubação, os resultados de N mineralizado acumulado (**Figuras 1 e 2**) ajustaram ao modelo exponencial de primeira ordem, com coeficientes de determinação acima de 0,93, significativos a 1% (**Tabela 2**). As constantes de mineralização variaram de 0,0524 a 0,3830 $mg\ dia^{-1}$ de N para os solos mantidos a 28°C, valores menores do que os determinados na incubação a 18/23°C por 10/14 horas, que foram de 0,0717 a 0,4705 $mg\ dia^{-1}$ de N. Os maiores valores foram obtidos para os solos com maiores teores de MO, o que está de acordo com o pressuposto de Stanford & Smith (1972), segundo o qual os valores de N_0 e k são maiores quando há maior quantidade de substrato para os microrganismos do solo.

Considerando os valores de N_0 extrapolados para a profundidade de 0 a 20 cm, por hectare, a 18/23°C por 10/14 horas, as quantidades seriam de 87 (PVA 8) a 775 (LV1) $kg\ ha^{-1}$ de N, com média de 241 $kg\ ha^{-1}$ de N, enquanto que a 28°C, os valores seriam de 125 (PVA 8) a 832 (LV 1) $kg\ ha^{-1}$ de N, com média de 282 $kg\ ha^{-1}$ de N, 19,6% superior em comparação com o método de temperatura variável de 18/23°C. Ainda, segundo Yagi et al. (2009), estas quantidades de N mineralizadas seriam, aparentemente, muito maiores do que as

quantidades de N orgânico que poderiam ser mineralizadas nas condições naturais destes solos.

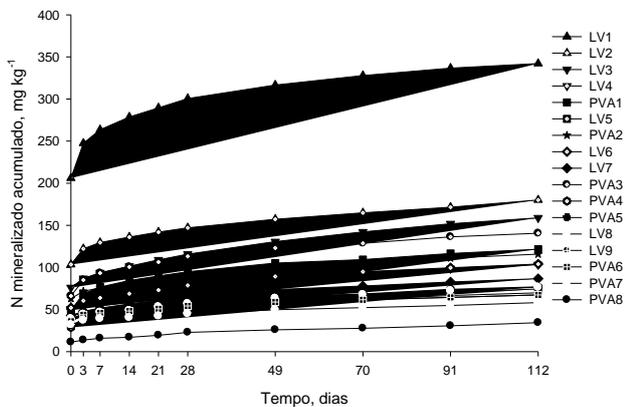


Figura 2 - Nitrogênio mineralizado acumulado dos 17 solos submetidos a incubação a 18/23°C por 112 dias.

Com os dados transformados em log (t+1) observou-se maior inclinação das retas obtidas a 28°C em 11 dos 17 solos (64% do total), o que significa que houve maior taxa de mineralização a 28°C. Com o teste de coincidência de retas (teste F), foram obtidas diferenças em 15 dos 17 solos (88% dos solos), indicando que, apesar da semelhança entre os resultados apresentados nas **Figuras 1 e 2**, não há mesma inclinação e nem o mesmo ponto de intersecção com o eixo quando a incubação das amostras é feita em cada uma das condições de temperatura.

CONCLUSÃO

A incubação de amostras de solo a 28°C resultou em maiores quantidades de N mineralizado quando comparada com incubação a 18°/23°C por 10/14 horas.

REFERÊNCIAS

AGEHARA, S. & WARNCKE, D. D. Soil moisture and temperature effects on nitrogen release from organic nitrogen sources. *Soil Science Society of America Journal*, 69:1844-1855, 2005.

CAMARGO, O. A. de; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A. et al. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas: Instituto Agronômico, 2009. 77p. (IAC. Boletim técnico, 106).

CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C. & VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio

Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21:575-579, 1997.

CANTARELLA, H. & TRIVELIN, P. C. O. Determinação de nitrogênio total em solo. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H. et al. ed. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. p.262-269.

CETESB. Aplicações de lodos de sistema de tratamento biológico em áreas agrícolas. Critérios para projetos e operações. São Paulo: Cetesb. 1999. 32p. (Norma P4.230)

COOKSON, W. R.; OSMAN, M.; MARSCHNER, P. et al. Controls on soil nitrogen cycling and microbial community composition across land use and incubation temperature. *Soil Biology & Biochemistry*, 39:744-756, 2007.

HAVLIN, J. L.; BEATON, J. D.; TISDALE, S. L. et al. *Soil fertility and fertilizers. An introduction to nutrient management*. 7. ed. New Jersey: Pearson Education, 2005. 515p.

PARKER, C. F. & SOMMERS, L. E. Mineralization of nitrogen in sewage sludge. *Journal of Environmental Quality*, 12:150-156, 1983.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H. et al. ed. *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas, Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RHODEN, A. C.; SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O. et al. Mineralização anaeróbia do nitrogênio em solos de várzea do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 36:1780-1787, 2006.

SAHRAWAT, K. L. Factors affecting nitrification in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39:1436-1446, 2008.

SILVA, C. A.; VALE, F. R. & GUILHERME, L. R. G. Efeito da calagem na mineralização do nitrogênio em solos de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 18:471-476, 1994.

SILVA, C. A.; VALE, F. R.; ANDERSON, S. J. et al. Mineralização de nitrogênio e enxofre em solos brasileiros sob influência da calagem e fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34:1679-1689, 1999.

STANFORD, G. & SMITH, S. J. Nitrogen mineralization potentials of soil. *Soil Science Society of America Journal*, 36:465-471, 1972.

VOLPE, C. A.; CARGNELUTTI FILHO, A. & CARDOZO, N. P. Variabilidade temporal e espacial da temperatura do solo sob diferentes coberturas do solo, em Jaboticabal, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 4, Ribeirão Preto, 2006. Resumos. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Biometeorologia, 2006. 4p.

YAGI, R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. et al. Mineralização potencial e líquida de nitrogênio em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:385-394, 2009.

Tabela 1. Características químicas e granulometria dos solos.

Solo ¹	P resina mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	CTC	V	Areia	Silte	Argila
					----- mmol _c dm ⁻³ -----					%	----- g kg ⁻¹ -----		
LV1	14	75	5,5	3,2	73	32	38	108	146	74	390	140	470
LV2	11	63	5,6	3,3	44	20	31	67	98	68	280	160	560
LV3	21	50	5,2	5,0	42	15	47	62	109	57	170	130	700
LV4	11	40	4,4	1,6	16	4	52	22	74	29	720	50	230
LV5	68	35	5,3	4,1	33	11	31	48	79	61	590	30	380
LV6	8	33	4,9	1,9	21	7	34	30	64	47	720	20	260
LV7	17	32	5,1	4,9	24	12	34	41	75	55	570	50	380
LV8	15	23	4,9	2,6	18	10	31	31	62	50	590	10	400
LV9	73	22	4,8	2,1	18	4	38	24	62	39	660	40	300
PVA1	10	36	5,1	2,5	39	9	28	51	79	64	860	40	100
PVA2	123	33	5,7	3,4	41	15	20	59	79	75	810	70	120
PVA3	6	30	4,3	2,9	15	10	52	28	80	35	740	50	210
PVA4	5	27	4,8	2,3	18	9	31	29	60	49	750	70	180
PVA5	13	23	4,8	3,4	16	7	31	26	57	46	860	40	100
PVA6	5	21	5,1	2,8	20	6	22	29	51	57	850	30	120
PVA7	14	13	5,2	1,3	17	3	18	21	39	54	900	30	70
PVA8	24	9	5,1	1,7	9	4	16	15	31	48	870	40	90

¹LV = Latossolo Vermelho; PVA = Argissolo Vermelho-Amarelo.

Tabela 2. Nitrogênio potencialmente mineralizável (N₀), constante de mineralização (k) e coeficiente de determinação (R²) obtidos para os 17 solos mantidos em incubação a 28°C e a 18/23°C por 10/14 horas durante 112 dias.

Solos ¹	28°C			18/23°C por 10/14 horas		
	N ₀ ² mg kg ⁻¹	k ³ dia ⁻¹	R ²	N ₀ mg kg ⁻¹	k dia ⁻¹	R ²
LV1	332,80	0,3830	0,94**	309,90	0,4705	0,95**
LV2	175,50	0,3324	0,94**	155,40	0,4413	0,94**
LV3	160,80	0,1033	0,94**	131,70	0,2218	0,94**
LV4	103,30	0,2190	0,95**	88,01	0,3292	0,95**
PVA1	129,80	0,1540	0,96**	103,70	0,2530	0,96**
LV5	73,25	0,1501	0,94**	63,06	0,3038	0,93**
PVA2	109,50	0,2412	0,94**	98,03	0,3303	0,94**
LV6	112,90	0,1374	0,94**	87,18	0,2632	0,94**
LV7	84,07	0,1036	0,94**	73,05	0,2192	0,94**
PVA3	147,70	0,2307	0,95**	121,00	0,3032	0,95**
PVA4	80,71	0,0932	0,96**	65,07	0,1808	0,95**
PVA5	74,84	0,0804	0,95**	58,82	0,1541	0,94**
LV8	72,45	0,1833	0,93**	62,73	0,2792	0,93**
LV9	51,11	0,0650	0,95**	41,42	0,1298	0,93**
PVA6	63,33	0,1952	0,94**	57,40	0,3850	0,94**
PVA7	53,04	0,1890	0,94**	48,50	0,3943	0,94**
PVA8	42,01	0,0524	0,96**	29,32	0,0717	0,94**

¹LV = Latossolo Vermelho; PVA = Argissolo Vermelho-Amarelo; ²N₀: nitrogênio potencialmente mineralizável; ³k: constante de mineralização; **Significativo a 1% de probabilidade.