

Mineralização aparente do nitrogênio de resíduos orgânicos aplicados ao solo⁽¹⁾.

Cácio Luiz Boechat⁽²⁾; **Marcos de Oliveira Ribeiro**⁽³⁾; **Marcela Rebouças Bomfim**⁽⁴⁾; **Adailton Conceição dos Santos**⁽⁵⁾; **Lucas de Oliveira Ribeiro**⁽⁴⁾; **Jorge Antonio Gonzaga Santos**⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do PPG em Ciências Agrárias da UFRB.

⁽²⁾ Doutorando em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 7712, Agronomia, Porto Alegre, RS, clboechat@hotmail.com; ⁽³⁾ Graduando em Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽⁴⁾ Doutoranda da Universidade Federal da Bahia; ⁽⁵⁾ Doutorando da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; ⁽⁶⁾ Professor Doutor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

RESUMO: O processo de mineralização que ocorre nos solos agrícolas e que envolvem os ciclos biogeoquímicos consiste na conversão biológica do elemento na sua forma orgânica para a inorgânica. Utilizou-se um DIC, em esquema fatorial 6 x 10, com 3 repetições. Os tratamentos consistiram de 150 g de solo com resíduo em dose previamente calculada. Aos 112 dias de incubação apenas os tratamentos controle e RPP apresentaram imobilização de N, com os maiores valores nos tratamentos RPC, LEM e LEL. A N_{ma} foi significativamente afetada pelos resíduos orgânicos, com os solos tratados exibindo uma concentração de N-mineral muito maior que o controle. O tempo de incubação afeta a mineralização total do N nos tratamentos. O LEL e o RPP fornecem quantidades constantes de N inorgânico ao longo dos 112 dias. O RPP e o LEM fornecem N mineral aproximadamente a partir de 28 dias de incubação. O RPC apresenta imobilização de nitrogênio até os 56 dias, ocorrendo mineralização somente após este período.

Termos de indexação: fertilidade, NO₃⁻ + NH₄⁺, resíduo urbano-industrial.

INTRODUÇÃO

O processo de mineralização que ocorre nos solos agrícolas e que envolvem os ciclos biogeoquímicos consiste na conversão biológica do elemento, ex: nitrogênio ligado organicamente em proteínas, amino açúcares e ácidos nucléicos, para a forma inorgânica (Hutchison & Walworth, 2007), sendo esta a disponível as plantas. Este processo ocorre de forma rápida em solos com alto teor de matéria orgânica com frações lábeis, dependendo dos fatores climáticos, físicos e biológicos (Andreoli, 2001). Já a imobilização é a retenção, na biomassa microbiana, do elemento na sua forma inorgânica liberado ao solo pelo processo de mineralização (Hutchison & Walworth, 2007).

Os processos de mineralização e imobilização de nitrogênio ocorrem simultaneamente no solo, contudo em direções opostas, onde a dinâmica e intensidade relativa destes, depende da quantidade

de nitrogênio na sua forma mineral no solo. O balanço líquido entre a mineralização e a imobilização é controlado por diversos fatores, sendo eles: fatores ambientais como temperatura e umidade do solo; fatores físicos do solo como textura, porosidade; fatores químicos como o pH; parâmetros da qualidade do resíduo que está sendo decomposto, tal como a relação C/N, C/P, C/S e o teor de frações facilmente decomponíveis (lábeis) e recalitrantes; o tipo de decompositores associados; a atividade e o tamanho da biomassa microbiana (Moreira & Siqueira, 2006).

Alguns lodos de esgoto possuem baixa relação C/N, o que significa pequeno suprimento de material energético, e rico em material proteico de fácil degradação pelos microrganismos (Lerch et al., 1993). Estas propriedades possibilitam rápida liberação de N mineral, através da mineralização do N orgânico aplicado (Gilmour & Skinner, 1999).

Este trabalho objetivou avaliar a mineralização de N de resíduos orgânicos incorporados a solo de baixa fertilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento com incubação de 112 dias foi conduzido para avaliar a mineralização do nitrogênio de resíduos orgânicos. Foi utilizada amostra de um Latossolo Amarelo coeso (Embrapa, 2006). A caracterização química e textural do solo foram feitas de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (1999) e dos resíduos conforme Tedesco et al. (1995) e estão apresentadas na Tabela 1.

Os resíduos utilizados foram: resíduo de fábrica de papel e celulose (RPC); resíduo de polo petroquímico (RPP); lodo de esgoto municipal (LEM); lodo de esgoto de laticínio (LEL) e resíduo da fábrica de polpa de frutas (RPF). As aplicações consistiram de 27,0; 22,2; 3,0; 5,2 e 5,2 Mg ha⁻¹ de matéria seca, respectivamente. As quantidades de compostos adicionadas ao solo foram definidas para fornecer 100 Kg N ha⁻¹.

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 10, sendo 5

resíduos incorporados ao solo + controle (solo sem resíduo), avaliados em 10 datas, com três repetições. Os tratamentos consistiam de 150 gramas de solo peneirado e acondicionados em potes plásticos. Os resíduos orgânicos foram adicionados ao solo conforme as doses calculadas, homogêneas vigorosamente por dois minutos para garantir uniformidade dentro e entre amostras.

Foi adicionada água deionizada a mistura até atingir 70% da capacidade de campo do solo. Os potes plásticos foram transferidos para uma incubadora DBO na ausência de luz, com umidade controlada e temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Os tratamentos foram avaliados a 0, 2, 7, 14, 28, 42, 56, 79, 91 e 112 dias após a incubação, com três replicações.

As análises de nitrogênio nítrico foram feitas utilizando o método descrito por Tedesco et al. (1995). Os teores de N-NO_3^- foram determinados imediatamente após a montagem do experimento (tempo 0).

A seguinte equação foi usada para estimar a mineralização aparente de N (N_{ma}), que representa a quantidade de N-orgânico do resíduo que foi mineralizado:

$$N_{ma} = ((N_{res2} - N_{res1}) - (N_{t2} - N_{t1}) / N_{ad}) * 100;$$

Sendo: N_{ma} (%) corresponde a mineralização aparente de N; N_{res1} e N_{res2} (mg 100 g⁻¹) quantificam o N mineral do solo nos tratamentos com o resíduo orgânico no início e no final de cada intervalo avaliado, respectivamente; N_{t1} e N_{t2} (mg 100 g⁻¹) quantidade de N nítrico do solo controle (sem resíduo) no início e no final de cada intervalo avaliado, respectivamente; e N_{ad} (mg 100 g⁻¹) N orgânico adicionado através do resíduo orgânico.

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e para a comparação das médias utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando o software Sisvar (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreram diferenças entre os tratamentos para a mineralização aparente do nitrogênio (N_{ma}), variando de - 41,38 a 102,17% nas datas 2 e 91 dias após o início da incubação para RPC e LEL, respectivamente (Tabela 2). A N_{ma} foi significativamente afetada pelos resíduos orgânicos, com os solos tratados exibindo uma concentração de N-mineral muito maior que o controle (solo sem resíduo) (Tabela 2). O tempo de incubação também afetou significativamente a mineralização total do N em todos os tratamentos (Tabela 2).

No segundo dia de incubação não houve

diferença para N_{ma} entre os tratamentos, exceto para o tratamento RPC que apresentou valor negativo de 41,38, sendo caracterizado por imobilização de N inorgânico, pela microbiota nativa do solo. Contudo, este comportamento se repetiu em menor intensidade para os tratamentos controle e RPP que também apresentaram valores negativos (Tabela 2).

A relação C:N elevada do resíduo de indústria de papel e celulose quando exposta a microbiota nativa gera um desequilíbrio, forçando os microrganismos a buscar fontes alternativas de N disponível para degradar todo o carbono presente no meio. No entanto, se não houver uma fonte de N disponível no solo para promover a decomposição, o processo será muito mais lento.

Ao 7º dia de incubação não foi observada diferença entre os tratamentos, porém o RPC e o LEM apresentaram imobilização de N inorgânico. Aos 14 dias exceto no controle e LEL, em todos os demais tratamentos ocorreu imobilização. O menor valor foi observado no tratamento com o RPC que se estendeu sobre processo de imobilização (valor negativo) até 56º dia de incubação (Tabela 2).

Aos 28 dias somente nos tratamentos com RPC e LEM observou-se imobilização de N sendo estes dois tratamentos os menores valores nesta data. Aos 42 dias observou-se mineralização líquida aparente em todos os tratamentos seguindo esta tendência até o último dia de incubação, exceto no RCP. Contudo, não houve diferenças para a mineralização na data. Aos 56 dias os piores tratamentos foram controle e RPC e estes resultados se seguiram até o 91º de incubação (Tabela 2).

O pico máximo de N_{ma} ocorreu aos 91 dias de incubação em todos os tratamentos com destaque para o LEL (102,17%), Contudo a máxima N_{ma} para o controle foi observada aos 70 dias e para o RPP aos 56 dias após o início da incubação (Tabela 2). Aos 112 dias apenas os tratamentos controle e RPP apresentaram imobilização de N, com os maiores valores nos tratamentos RPC, LEM e LEL (Tabela 2).

Observou-se que o período de mineralização e imobilização dos materiais estudados podem variar muito, sendo necessário o conhecimento prévio desta variável para a aplicação destes em nível de campo. O RPC apresentou imobilização de N até 56 dias de incubação, ocorrendo mineralização a partir desta data. Este material possui características químicas que comprometem o seu uso, contudo a depender da necessidade do agricultor pode-se fazer um planejamento prévio, tomando por base que este material libera N após 56 dias.

Avaliando os tratamentos dentro de cada data, observamos que ocorreram diferenças significativas

em função do tempo de incubação nos diferentes tratamentos (Tabela 2). O tratamento controle (solo sem resíduo) não apresentou diferença significativa para Nma durante todo o período estudado. No tratamento com RPC observou-se que os maiores valores de Nma foram dos 91 aos 112 dias de incubação, seguido dos dias 2 e 14, e dos 42 aos 70 dias (Tabela 2).

Observaram-se no RPP maior valores de Nma aos 70 e 90 dias de incubação seguidos do 42º dia. Contudo, o comportamento dos tratamentos LEM e LEL foi semelhante, sendo os maiores valores para Nma dos 56 aos 91 dias de incubação. O tratamento onde mais se observou domínio do processo de mineralização sobre o processo de imobilização foi com o uso do RPF. Os maiores valores de mineralização do N foram no 2º, 28º, 42º, 56º, 70º e 91º dia de incubação (Tabela 2). Portanto, a caracterização inicial da Nma é uma importante informação para o conhecimento do momento correto da incorporação do resíduo ao solo, baseando-se no período de maior necessidade de nitrogênio pela cultura agrícola a ser instalada na área.

CONCLUSÕES

O lodo de esgoto de laticínio e o resíduo de fábrica de polpa de frutas fornecem quantidades constantes de nitrogênio inorgânico ao longo dos 112 dias de incubação.

O resíduo de polo petroquímico e o lodo de esgoto municipal fornecem nitrogênio mineral aproximadamente a partir de 28 dias de incubação.

O resíduo de fábrica de papel e celulose apresenta imobilização de nitrogênio até os 56 dias de incubação, ocorrendo mineralização somente após este período.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFRB e ao CNPMF pelo apoio e financiamento do experimento.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V., PEGORINI, E. S., FERNANDES, F. **Disposição do lodo de esgoto no solo**. In: ANDREOLI, C. V., SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Coords.) Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. DESA/UFMG, SANEPAR. v. 6, p. 319-395, 2001.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQ). **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 370p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPQ). **Sistema Brasileiro de classificação de Solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 314p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, 35:1039-1042, 2011.

GILMOUR, J. T.; SKINNER, V. Predicting plant available nitrogen in land-applied biosolids. **Journal of Environmental Quality**, 28:1122-1126, 1999.

HUTCHISON, C. M. W.; WALWORTH, J. L. Evaluating the effects of gross nitrogen mineralization, immobilization, and nitrification on nitrogen fertilizer availability in soil experimentally contaminated with diesel. **Biodegradation**, 18:133-144, 2007.

LERCH, R. N.; AZARI, P.; BARBARICK, K. A.; SOMMERS, L. E.; WESTFALL, D. G. Sewage sludge proteins II: extract characterization. **Journal of Environmental Quality**, 22:625-629, 1993.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006, 729 p.

Tabela 1. Parâmetros químicos do solo e resíduos orgânicos utilizados no experimento.

Parâmetro	Solo	RC	RP	RM	RL	RF
pH em água (1:2,5)	5,2	8,30	7,40	5,67	6,90	5,40
P (mg dm ⁻³)	0,0	0,28	4,04	9,49	15,00	0,51
Ca (cmolc dm ⁻³)	1,12	38,05	23,36	11,97	39,64	5,64
Mg (cmolc dm ⁻³)	0,23	1,99	0,66	3,26	1,57	2,22
Carbono orgânico (g kg ⁻¹)	3,53	236,40	34,40	235,00	161,60	232,40
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	6,08	407,55	59,31	405,14	278,60	400,66
Nitrogênio amoniacal (mg kg ⁻¹)	57,12	263,20	750,12	8619,80	6184,40	460,60
Nitrogênio nítrico (mg kg ⁻¹)	100,8	171,08	855,40	421,12	36,96	881,72
Nitrogênio Kjeldahl (g kg ⁻¹)	0,94	3,72	4,49	32,63	19,20	19,50
Relação C/N	3,36	63,55	7,66	7,20	8,42	11,92

Tabela 2. Comparação das medias da mineralização de nitrogênio nos tratamentos com resíduos orgânicos durante o período de incubação.

Tratamento	N-Nma (%)									
	Período									
	0	2	7	14	28	42	56	70	91	112
Solo	Nd ^a	-0,83 abA	0,62 aA	1,04 abA	0,21 abA	0,31 abA	2,07 bcA	3,57 bA	3,17 cA	-0,41 bA
RPC	Nd	-41,38 bABC	-15,24 aC	-21,78 bABC	-30,49 bBC	-13,07 bABC	-9,8 cABC	1,99 bABC	30,49 bcA	19,6 abAB
RPP	Nd	-14,16 abD	4,36 aBC	-4,36 abBCD	8,71 abBCD	30,49 abABC	47,26 abABC	56,62 aAB	84,00 aA	-6,53 bCD
LEM	Nd	8,71 abBC	-23,96 aC	-8,71 abC	-13,07 bC	27,22 abABC	57,87 aAB	57,87 aAB	76,22 abA	25,04 abABC
LEL	Nd	25,04 aCD	14,15 aCD	31,58 aBCD	46,82 aABC	39,2 aBCD	81,17 aAB	87,14 aAB	102,17 aA	58,8 aABC
RPF	Nd	19,6 aAB	2,18 aB	-6,53 abB	17,42 abAB	17,2 abAB	69,69 aA	46,82 abAB	67,57 abA	1,09 bB

^a Não determinado