

Liberação do N em solos de diferentes texturas com ou sem adubos orgânicos

N release in different textures soils with or without organic fertilizers

Claudio Fioreze^I Carlos Alberto Ceretta^{II} Sandro José Giacomini^{III} Gustavo Trentin^{III}
Felipe Lorensini^{IV}

RESUMO

A liberação do N em um solo sob adubação orgânica é afetada por vários fatores como a quantidade e as características do resíduo adicionado, as condições climáticas e o tipo de solo, dentre outros. Este estudo objetivou avaliar a eficiência da cama de aves de corte e do dejetos líquido de suínos em três solos de diferentes texturas. Foram incubados os solos franco-arenoso (238g argila kg⁻¹), argilo-siltoso (470g argila kg⁻¹) e muito-argiloso (605g argila kg⁻¹), aos quais se adicionou ou não a cama de aves e o dejetos líquido de suínos. Foi determinada a progressão de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ aos 0, 7, 14, 28, 56 e 112 dias de incubação e calculou-se a taxa de mineralização líquida e as porcentagens de N disponível e de N mineral líquido em relação ao N total e orgânico adicionados, respectivamente. O maior teor de argila fez com que a nitrificação ocorresse de forma mais gradual, independente do tipo de adubo orgânico adicionado, o que contribuiu para diminuir o potencial poluente do N. A mineralização líquida do N também foi maior no solo franco-arenoso. Isso ratifica a recomendação de parcelar o suprimento do nitrogênio aos cultivos, em especial em solos arenosos e com dejetos líquidos ricos em N amoniacal. Os resultados sinalizam que os índices oficiais de eficiência de liberação do N (IELN), de 80% para o dejetos líquido de suínos e 50% para a cama de aves, podem estar superestimados. Nesse aspecto, parece ser importante descontar o N mineral liberado pelo solo no cálculo do IELN para não promover a depleção da matéria orgânica do solo a médio ou longo prazo. Por fim, os resultados apontam para a necessidade de aprofundar estudos para que as classes texturais dos solos sejam consideradas como uma variável para a recomendação de N através de adubos orgânicos.

Palavras-chave: eficiência da adubação, N disponível, dejetos líquido suíno, cama de aves.

ABSTRACT

The N release in the soil with organic fertilization is affected by various factors, such as the amount and the characteristics of the added manure, climatic conditions and soil type. This study aimed to evaluate the effect of soil texture and the N release from two sources of organic fertilizer. Sandy loam soil (238mg clay kg⁻¹), silt clay (470mg kg⁻¹) and very-clay (605mg kg⁻¹) were incubated, to which the poultry litter (47% N-NH₄⁺) and the pig liquid slurry (14% N-NH₄⁺) were added or not. The contents of N-NH₄⁺ and N-NO₃⁻ was determined at 0, 7, 14, 28, 56 and 112 days after incubation and calculated the net mineralization and the percentage of available N and net mineral nitrogen in relation to the total and added organic N, respectively. The higher clay caused more gradually nitrification, regardless of the type of organic fertilizer added, which may help to reduce the polluting potential of N. The net N mineralization was also higher in sandy loam soil. This confirms the recommendation to spread the supply of nitrogen to crops, particularly in sandy soils and slurry rich in N-ammonia. The results indicated that the official indices of efficiency of N release (IELN), of 80% for the pig liquid slurry and 50% for the poultry litter, may be overestimated. Therefore, it seems important to consider the N mineral of the soil in the calculation of the efficiency of the release to reduce the depletion of soil organic matter in a medium or long term. Finally, the results point to the need for further studies so that the soil texture classes are considered as a variable to the recommended nitrogen through organic fertilizers.

Key words: fertilizer efficiency, available N, pig liquid slurry and poultry litter.

^IInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, 97555-000, Alegrete, RS, Brasil. E-mail: fioreze2004@gmail.com. Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

^{III}Embrapa Pecuária Sul, Bagé, RS, Brasil

^{IV}Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

INTRODUÇÃO

A eficiência da absorção de nitrogênio (N) por plantas não leguminosas depende da presença de N mineral na solução do solo na quantidade e na época adequada. Essa eficácia nutricional será tanto maior quanto maior for o sincronismo entre a liberação do N pelo processo de mineralização e a demanda pelas plantas. Variáveis como a composição dos materiais, a taxa de aplicação, a atividade microbiana, as condições climáticas e o tipo de solo afetam a mineralização do N.

O Manual de Recomendação de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC (CQFS RS/SC, 2004) apresenta como principais parâmetros para a adubação orgânica a concentração de N, fósforo e potássio, o teor de matéria seca e o índice de eficiência de liberação de nutrientes (IELN) para fertilizante orgânico, nos dois primeiros cultivos. Todos esses fatores devem ser considerados e ponderados para que a recomendação seja eficiente e se diminua o potencial poluente (SÖRENSEN, 2001; GIACOMINI & AITA, 2006). Além disso, a forma que o N se encontra nos dejetos tem grande importância na sua liberação, pois os dejetos armazenados na condição líquida possuem elevado teor de N na forma amoniacal, como ocorre com os dejetos de suínos (50 - 60% N-NH₄⁺) e de bovinos (25 - 30% N-NH₄⁺) (CERETTA et al., 2003).

Em geral, os dejetos animais são aplicados na superfície do solo e antes da implantação das culturas. Nessas condições, segue-se uma rápida oxidação do NH₄⁺ a nitrito (NO₂⁻) e posteriormente a nitrato (NO₃⁻), o qual possui baixa interação com os constituintes do solo, sendo facilmente transferido pelo processo de lixiviação. Algumas alternativas para este problema são a aplicação parcelada dos dejetos e o uso de inibidores da nitrificação (CERETTA et al., 2003; GIACOMINI, 2005). Portanto, conforme a taxa e a quantidade de N que é mineralizado, podem intensificar-se problemas já crônicos como a emissão de gases, a contaminação de alimentos e a eutrofização das águas (SEGANFREDO, 1999).

Nesse sentido, para melhor compreender a dinâmica do N e do C no solo nestas situações, realizam-se estudos de incubação de solos com resíduos e adubos orgânicos. Assim, por exemplo, BECHINI & MARINO (2009) concluíram que o valor fertilizante dos adubos orgânicos no primeiro cultivo dever-se-ia somente ao teor de NH₄⁺, pois a fração orgânica do N só seria mineralizada muito lentamente. Outros trabalhos, no entanto, indicam ser fundamental avaliar o potencial de imobilização do NH₄⁺ dos dejetos e o efeito dos solos no N das frações orgânicas para melhor prever a mineralização líquida do N de adubos

orgânicos (SÖRENSEN, 2001; THOMSEN et al., 2003; AZEEZ & AVERBEKE, 2010). Em relação ao tipo de solo, a adsorção aos constituintes do solo dos produtos da decomposição dos dejetos acaba promovendo limitação temporária à atividade microbiana, dificultando o acesso direto ao N orgânico e retardando assim a sua mineralização (MCLAUCHLAN, 2006; KHALIL et al., 2005). Por esta razão, a mineralização é muito mais intensa em solos mais arenosos, especialmente se há revolvimento. Estudo de SAGGAR et al. (1996) conclui que, além do teor de argila, a mineralogia afeta a área superficial específica do solo e assim contribui para regular a dinâmica do N. Como há poucos trabalhos neste enfoque no Brasil, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de três classes texturais de solo e da aplicação de duas fontes de características diferentes de adubo orgânico na dinâmica do N no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os três solos foram coletados em três municípios do Rio Grande do Sul (Santa Maria, Silveira Martins e Passo Fundo), na camada de 0-20cm, sendo suas características apresentadas na tabela 1.

Os solos foram peneirados em malha 4mm e sua umidade foi corrigida para 80% da capacidade de campo. Em seguida os solos foram homogeneizados com os dejetos e posteriormente foi colocada uma quantidade de solo equivalente a 117,8g de solo seco de cada tipo de solo em potes de acrílico de 110mL, seguindo-se de compactação para obter-se densidade equivalente a 1,2g cm⁻³. Os tratamentos adicionados nos três tipos de solo foram cama de aves (matéria seca 84,3%; N- total 2,87%; N-NH₄⁺ 0,39%; N-NO₃⁻

Tabela 1 - Características dos três solos utilizados no estudo de incubação.

Propriedade	-----Tipos de solo-----		
	Franco-arenoso	Argilo-siltoso	Muito argiloso
Argila (g kg ⁻¹)	238	470	605
Areia (g kg ⁻¹)	446	104	156
Silte (g kg ⁻¹)	316	426	239
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	24	49	32
pH	5,9	4,7	6,5
N-NH ₄ ⁺ (mg kg ⁻¹)	1,0	2,0	1,0
N-NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)	4,0	8,0	4,0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	4,0	13,4	3,2
K (mg dm ⁻³)	148	256	168
P (mg dm ⁻³)	45	55	33
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,7	1,8	2,1
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,2	1,0	1,1

0,03%) e dejetos líquidos de suínos (matéria seca 3,30%; N- total 0,23%; N-NH₄⁺ 0,11%; N-NO₃⁻ 0,01%), equivalentes às doses de 8Mg ha⁻¹ e 40m³ ha⁻¹, respectivamente. Essas doses foram definidas em função da necessidade média de N para cultura da batata.

O delineamento utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, as quais foram colocadas em frascos de vidro de 1,5 litros, totalizando 216 recipientes de acrílico de 110mL. Os frascos foram tampados para evitar a perda excessiva de umidade e acondicionados em uma incubadora sob ausência de luz e à temperatura de 25°C.

Foi determinado o teor de N mineral (TEDESCO et al., 1995) no momento da montagem do experimento (tempo zero) e depois aos 7, 14, 28, 56 e 112 dias de incubação. Com esses resultados, foram calculados, para cada data a mineralização líquida do nitrogênio (ΔN_{min}) (Equação 1), que indica os processos líquidos de mineralização (se positiva, predominou a mineralização; se negativa, predominou a imobilização), a percentagem de N mineral disponível (%NDP), que representa o incremento de N mineral no solo em relação ao N total adicionado (Equação 2), e a percentagem de mineralização líquida de N (%N_{min}L), que corresponde à contribuição da fração orgânica do adubo orgânico para o N mineral (Equação 3).

$$\Delta N_{min} = N_{min\ FO} - N_{min\ Test} \quad \text{Equação 1}$$

em que: N_{min FO} = teor de N mineral do tratamento com fertilizante orgânico (mg kg⁻¹); N_{min Test} = teor de N mineral da testemunha (mg kg⁻¹).

$$\% NDP = (N_{min\ total} - N_{min\ Test}) / N_{total\ adicionado} \times 100$$

Equação 2

em que: N_{min total} = N mineral acumulado durante o período de incubação (mg kg⁻¹); N_{min Test} = N mineral da testemunha em cada coleta (mg kg⁻¹); N_{total adicionado} = N total adicionado via fertilizante orgânico (mg kg⁻¹).

$$\% N_{min}L = (N_{min\ FO} - N_{min\ Test}) / N_{orgânico\ adicionado} \times 100$$

Equação 3

em que: N_{min FO} = N_{min} do tratamento com fertilizante orgânico (mg kg⁻¹); N_{min Test} = N_{min} da testemunha (mg kg⁻¹); N_{orgânico adicionado} = N adicionado na forma orgânica (mg kg⁻¹).

Os parâmetros %NDP como o %N_{min}L servem para compreender a capacidade dos adubos orgânicos e dos solos em prover N mineral ao sistema, assim como avaliar o potencial de eficácia de uso do IELN de cada fonte testada (CQFS RS-SC, 2004). Os dados foram submetidos à comparação de médias pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2, observa-se a forte nitrificação N-NH₄⁺ no período inicial de incubação nos

tratamentos que receberam adição de cama de aves e dejetos líquidos de suínos. O processo de imobilização, porém, foi mais intenso no solo franco-arenoso (menos de sete dias), enquanto no argilo-siltoso se estendeu entre 7-14 dias e no solo muito argiloso foi mais gradual (até 56 dias), sendo que estes resultados independem do tipo de fertilizante orgânico adicionado.

O teor de N-NO₃⁻, por sua vez, foi alto em todos os solos desde o tempo zero (Tabela 2), devido a este íon ocorrer predominantemente em condições de aerobiose no solo. No solo argilo-siltoso, de maior conteúdo de matéria orgânica e N mineral, o teor de N-NO₃⁻ no tempo zero foi bem maior que nos demais solos. Este, porém, aumentou rapidamente em todos os solos, mas com diferentes taxas, sendo maior no arenoso e no siltoso em relação ao muito argiloso. As maiores taxas de mineralização são explicadas pela maior aeração e pela menor proteção química nestes solos com menor teor de argila.

Quanto ao efeito do tipo de dejetos na nitrificação, no início, a taxa foi similar, mas, a partir dos 14 dias, os teores foram significativamente maiores nos tratamentos com cama de aves, confirmando estudos similares como o de SISTANI et al. (2008). Atribui-se o processo de nitrificação inicial principalmente ao maior nível de N amoniacal adicionado via dejetos (BECHINI & MARINO, 2009). Porém, ao longo do tempo, o aumento do N-NO₃⁻ guardou relação com o nível de N total adicionado, que foi muito maior na cama de aves (216mg kg⁻¹) em relação ao dejetos de suínos (97mg kg⁻¹). Esta constatação contraria estudo destes mesmos autores, que atribuíram tão somente ao teor de N-NH₄⁺ dos dejetos bovinos a fonte de N mineral de curto prazo. Além disso, os resultados confirmaram que o teor de argila realmente afeta a proteção inicial do N-NH₄⁺, o que pode tornar o processo de nitrificação mais sincronizado com a marcha de absorção do N das culturas.

A figura 1 mostra mineralização líquida do N negativa no início da incubação (7-14 dias) em todos os casos, ou seja, houve predomínio da imobilização sobre a mineralização. Logo depois, a nitrificação predominou e aumentou até o final do período avaliado, indicando que uma parte da fração orgânica do N já estava sendo mineralizada. Porém houve intensidades diferenciadas na mineralização líquida do N entre os solos e, em maior escala, entre os dejetos. Nos tratamentos com cama de aves, esta taxa foi muito maior e em ritmo crescente, devido ao maior nível de N total e orgânico adicionado em relação ao dejetos de suínos.

Quanto ao efeito da textura do solo, os maiores valores de mineralização líquida ocorreram no solo franco-arenoso. No solo muito argiloso, houve

Tabela 2 - Produção de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ durante a incubação de três solos com e sem adubos orgânicos (cama de aves e dejetos líquidos de suínos). Santa Maria-RS, 2009.

Tempo	Fonte de adubação	-----Solo franco-arenoso-----		-----Solo argilo-siltoso-----		-----Solo muito-argiloso-----	
		N - NH_4^+	N - NO_3^-	N - NH_4^+	N - NO_3^-	N - NH_4^+	N - NO_3^-
0 dias	Testemunha	1,4 Bc	21,8 Bb	1,2 Bb	48,2 Ab	4,8 Ab	20,8 Bb
	Cama	25,3 Ab	27,2 Ba	23,7 Ba	55,2 Aa	22,0 Cb	26,6 Ba
	Dejeto	29,0 Aa	21,6 Bb	24,3 Ba	48,1 Ab	25,7 Ba	21,1 Bb
7 dias	Testemunha	0,6 Cb	23,7 Cc	1,3 Bc	53,0 Ab	2,3 Ac	28,9 Bb
	Cama	1,3 Ca	51,6 Ba	10,3 Ba	73,0 Aa	18,1 Aa	35,6 Ca
	Dejeto	1,8 Ba	48,7 Bb	2,8 Bb	70,9 Aa	15,1 Ab	36,3 Ca
14 dias	Testemunha	1,4 Ab	27,3 Cb	1,4 Ac	55,2 Ac	1,7 Ac	30,5 Bb
	Cama	1,0 Cb	55,1 Ba	2,1 Bb	84,9 Aa	16,7 Aa	45,7 Ca
	Dejeto	2,9 Ca	54,0 Ba	4,3 Ba	76,6 Ab	11,4 Ab	45,8 Ca
28 dias	Testemunha	0,3 Cb	27,7 Cc	1,9 Bb	59,6 Ac	3,1 Ac	33,9 Bc
	Cama	1,3 Ba	68,3 Ba	1,9 Bb	102,6 Aa	7,9 Aa	64,8 Ba
	Dejeto	1,7 Ca	57,9 Bb	3,0 Ba	82,7 Ab	5,8 Ab	55,2 Bb
56 dias	Testemunha	1,5 Bc	37,2 Cc	3,0 Ab	72,6 Ac	2,6 Aa	40,3 Bc
	Cama	3,5 Aa	99,1 Ba	2,5 Bb	128,0 Aa	2,5 Ba	82,7 Ca
	Dejeto	2,6 Bb	69,6 Bb	4,7 Aa	95,7 Ab	2,8 Ba	68,9 Bb
112 dias	Testemunha	0,8 Bb	43,1 Bc	2,5 Ab	104,8 Ab	0,6 Bb	44,9 Bc
	Cama	2,4 Ba	112,5 Ba	2,5 Bb	147,5 Aa	3,4 Aa	91,6 Ca
	Dejeto	1,4 Cb	82,5 Bb	7,1 Aa	104,8 Ab	2,9 Ba	68,1 Cb

As médias de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ foram comparadas entre si em cada tempo e nas linhas pelas letras maiúsculas; nas colunas, em cada solo, pelas letras minúsculas, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

uma redução mais pronunciada, devido à proteção da argila, inclusive no tratamento com cama de aves, em que a quantidade de N total adicionada foi mais que o dobro do dejetos de suínos. Infere-se, então, que a textura/mineralogia do solo é uma característica importante a ser considerada, principalmente quando se aplicam altas doses de adubos orgânicos e/ou quando estes possuem teores altos de N prontamente disponível ($N-NH_4^+$). Maiores cuidados devem ser tomados especialmente em aplicações de pré-plantio, como é o caso típico do cultivo de batata. Neste, a emergência das plantas se estende de 10 a 30 dias, dependendo da época de cultivo, mas o período de máxima absorção do N somente ocorre em torno de 30 dias depois, ou seja, é mais adequado aplicar uma parte do N no plantio e outra em cobertura (FIOREZE, 2005; PAULA, 2005).

Por fim, na figura 2, estão as curvas de resposta das duas variáveis calculadas e relacionadas à percentagem de mineralização do N orgânico adicionado em dois solos. Tanto as variáveis $\%NDP$

como $\%N_{min}L$ mostram potenciais de eficiência de liberação de N bastante diferentes em relação aos índices oficiais (ou IELN), propostos pelo Manual da CQFS RS/SC (2004), que são de 50% para a cama de aves e 80% para o dejetos líquidos de suínos. Por exemplo, aos 56 dias de incubação dos solos com cama de aves, a percentagem de N mineral disponível ($\%NDP$) calculada foi de apenas 29% no solo franco-arenoso, 25% no argilo-siltoso e 19% no muito argiloso, enquanto que, para os dejetos líquidos de suínos, o valor de $\%NDP$ foi levemente maior (35%, 25% e 30%, respectivamente). Já no final da incubação (112 dias), período que se poderia considerar na discussão, visto que o IELN não é calculado apenas para o período inicial, de maior absorção de N pelos cultivos, ainda assim os resultados pouco se alteraram.

Ao se analisar os valores da mineralização líquida ($\%N_{min}L$), em que se considera apenas a contribuição da fração orgânica de N, os valores calculados para a cama de aves foram ainda mais baixos: apenas 9%, 13% e 18% aos 56 dias de incubação,

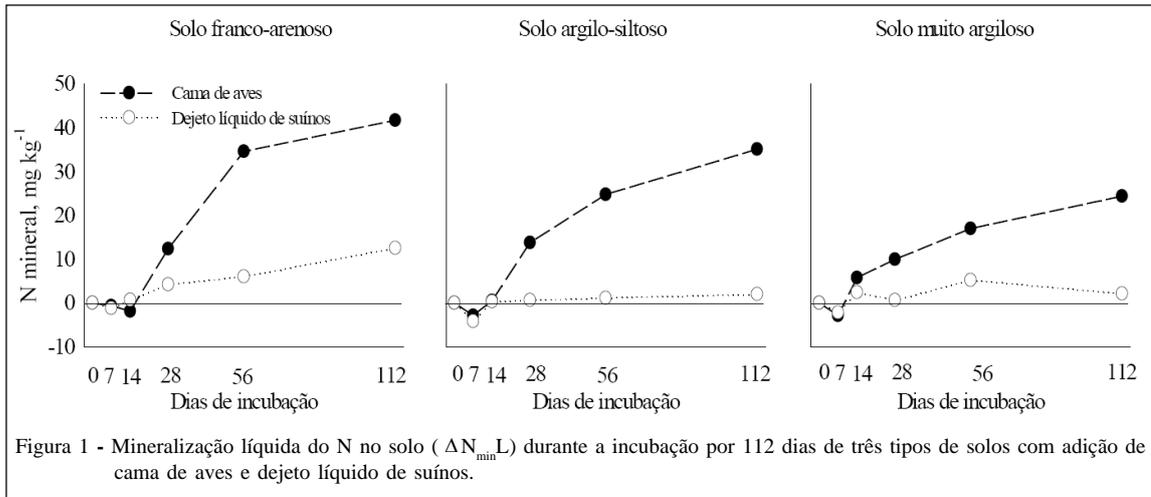


Figura 1 - Mineralização líquida do N no solo ($\Delta N_{\min}L$) durante a incubação por 112 dias de três tipos de solos com adição de cama de aves e dejetos líquidos de suínos.

respectivamente, para os solos muito argiloso, siltoso e arenoso. No caso do dejetos de suínos, os valores foram igualmente baixos, porém um pouco mais oscilantes.

CONCLUSÃO

A classe textural afeta a nitrificação do N no solo após a adição de adubos orgânicos, sendo que o

solo muito argiloso retardou este processo em todos os adubos orgânicos adicionados, reduzindo assim o potencial poluente do N no solo. A mineralização líquida do nitrogênio foi maior nos tratamentos com solo arenoso e com a adição de cama de aves de corte. Além disso, os índices de eficiência de liberação do N adotados pela CQFS RS-SC (2004) podem estar superestimados para as fontes estudadas frente às variáveis %NDP e %N_{min}L, o que pode levar à depleção da matéria orgânica do solo a médio ou longo prazo.

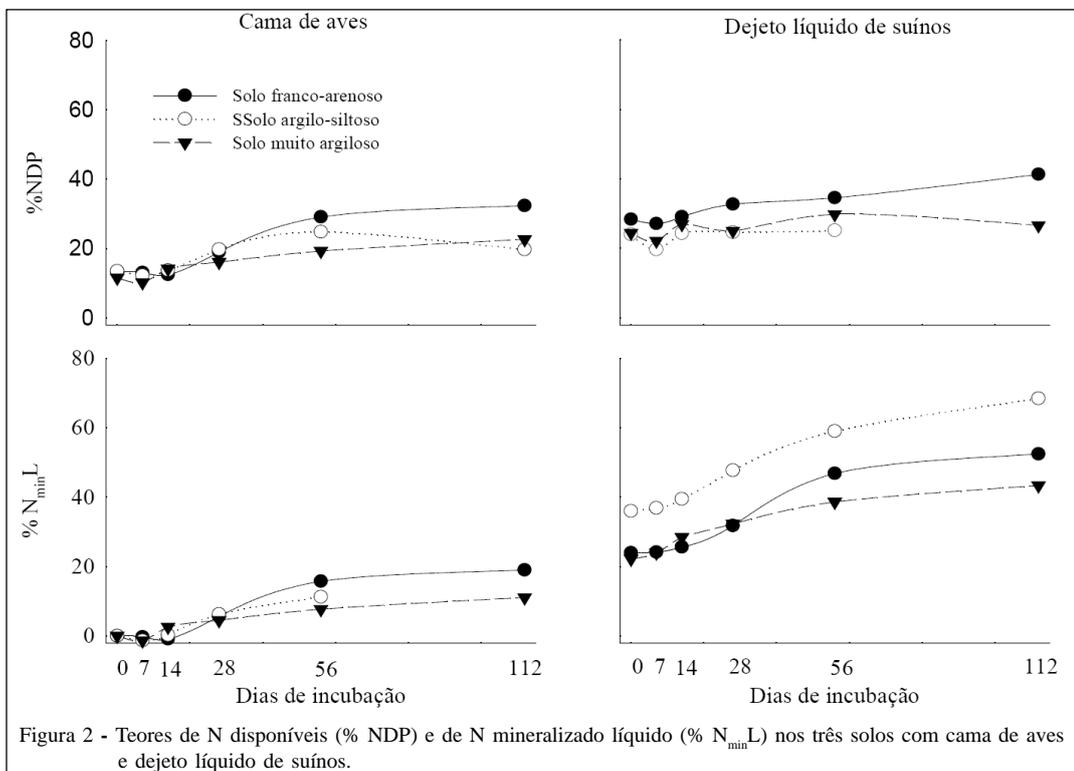


Figura 2 - Teores de N disponíveis (% NDP) e de N mineralizado líquido (% N_{min}L) nos três solos com cama de aves e dejetos líquidos de suínos.

REFERÊNCIAS

- AZEEZ, J.O.; AVERBEKE, W.V. N mineralization potential of three animal manures applied on a sandy clay loam soil. **Bioresource Technology**, v.10, p.1016, 2010.
- BECHINI, L.; MARINO, P. Short-term nitrogen fertilizing value of liquid dairy manures is mainly due to ammonium. **Soil Science Society of America Journal**, v.73, n.6, p.2159-2169, 2009. Disponível em: <<http://wwwtest.agronomy.org/publications/sssaj/articles/73/6/2159>>. Acesso em: 13 mar. 2010. doi: 10.2136/sssaj2008.0217.
- CERETTA, C.A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.6, p.729-735, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2003000600009&script=sci_arttext>. Acesso em: 12 fev. 2010. doi: 10.1590/S0100-204X2003000600009.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.
- FIGEZE, C. **Transição agroecológica em sistemas de produção de batata**. 2005. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, RS.
- GIACOMINI, S.J. **Avaliação e modelização da dinâmica de C e N em solo com o uso de dejetos de suínos**. 2005. 247f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, RS.
- GIACOMINI, S.J.; AITA, C. Uso de dejetos animais em sistemas agrícolas. In: ALVES, B. et al. (Org.). **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no seqüestro de carbono e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Genesis, 2006. 216p.
- KHALIL, M.I. et al. Carbon and nitrogen mineralization in different upland soils of subtropic treated with organic materials. **Soil Biology & Biochemistry**, v.37, p.1507-1518, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071705000349>>. Acesso em: 15 fev. 2010. doi:10.1016/j.soilbio.2005.01.014.
- McLAUHLAN, K.K. Effects of soil texture on soil carbon and nitrogen dynamics after cessation of agriculture. **Geoderma**, v.136, p.289-299, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706106001194>>. Acesso em: 12 jan. 2010. doi: 10.1016/j.geoderma.2006.03.053.
- PAULA, A.L. de. **Acúmulo de massa seca e nitrogênio durante o crescimento e desenvolvimento da cultura da batata**. 2005. 37f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, RS.
- SAGGAR, A.S et al. ¹⁴C-labelled ryegrass turnover and residence times in soils vary-ing in clay content and mineralogy. **Soil Biology & Biochemistry**, v.28, p.1677-1686, 1996. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071796002507>>. Acesso em: 12 jan. 2010. doi: 10.1016/S0038-0717(96)00250-7.
- SEGANFREDO, M.A. Os dejetos suínos são um fertilizante ou um poluente? **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.16, n.3, p.129-141, 1999. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/8907/5028>>. Acesso em: 14 fev. 2010.
- SISTANI, K.R. et al. Laboratory and field evaluation of broiler litter nitrogen mineralization. **Bioresource Technology**, v.9, p.2603-2611, 2008. Disponível em: <<http://ddr.nal.usda.gov/dspace/handle/10113/13298>>. Acesso em: 8 fev. 2010. doi: 10.1016/j.biortech.2007.04.069.
- SÖRENSEN, P. Short-term nitrogen transformations in soil amended with animal manure. **Soil Biology & Biochemistry**, v.33, p.1211-216, 2001. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071701000256>>. Acesso em: 11 fev. 2010. doi: 10.1016/S0038-0717(01)00025-6.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS/FA/DA, 1995. 174p.
- THOMSEN, I.K. et al. Mineralization of ¹⁵N-labelled sheep manure in soils of different texture and water contents. **Biology and Fertility of Soils**, v.37, p.295-301, 2003. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/94963umkpu1ke8kj/>>. Acesso em: 7 mar. 2010. doi: 10.1007/s00374-003-0595-4.