

Uso de Lodo de Esgoto como Fertilizante Orgânico: Disponibilização de Nitrogênio em Solo Tropical

Rita Carla Boeira¹

Introdução

Sob o ponto de vista de nutrição nitrogenada das plantas, não importa qual a fonte escolhida para adubação (orgânica ou química), desde que ela seja usada adequadamente e seja capaz de disponibilizar N às plantas, em formas minerais. Durante a mineralização de resíduos orgânicos no solo, um dos produtos é o amônio (NH_4^+), que pode ser retido pelo solo, absorvido pelas plantas ou convertido em nitrato (NO_3^-). O nitrato, por sua vez, pode ser absorvido pelas plantas, lixiviado para fora da zona de absorção das raízes ou ser convertido a nitrogênio gasoso (N_2) e perdido para a atmosfera.

Assim, qualquer fonte de N, orgânica ou mineral, apresenta a possibilidade de causar acumulação excessiva de nitrato na água de beber, se não for aplicada em doses, épocas e localização corretas.

Como os lodos de esgoto são ricos em N orgânico, a geração de nitrato é um fator que limita as quantidades deste resíduo aplicáveis em áreas agrícolas, com segu-

rança ambiental. Em consequência, para a determinação da dose agrônômica ideal, é necessário determinar a quantidade do nitrogênio orgânico contido em um lodo de esgoto que é potencialmente mineralizável.

A fração de mineralização de nitrogênio de lodos de esgoto pode ser usada como um dos critérios para definição de doses máximas a aplicar em determinada situação de solo, de clima e de cultura, quando não houver outros critérios mais restritivos ao uso do resíduo como, por exemplo, elevados teores de fósforo, de metais pesados, de patógenos, ou de outras substâncias. Esta avaliação pode ser feita em campo, ou em laboratório, medindo-se periodicamente as quantidades de N mineral produzidas por uma mistura conhecida de lodo e de solo, obtendo-se também a taxa de mineralização do nitrogênio orgânico. Trata-se de uma propriedade do resíduo que nos informa qual a quantidade de nitrogênio orgânico que será transformada em nitrogênio mineral em determinado período de tempo, bem como a velocidade em que as etapas desse processo poderão ocorrer, ao se aplicar o lodo ao solo.

¹ Engenheira Agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Rod. SP-340 Tanquinho Velho - Caixa Postal 69 Cep13820-000 - Jaguariúna, SP. E-mail: rcboeira@cnpma.embrapa.br

Neste trabalho, foi avaliada em laboratório a fração de mineralização potencial do N orgânico contido no lodo de esgoto anaeróbio originário da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Franca/SP, a qual recebe, basicamente, esgotos domésticos.

O experimento de incubação aeróbia (sem lixiviação) foi conduzido durante 105 dias, utilizando-se um Latossolo com textura argilosa misturado a doses equivalentes à aplicação de 3, 6, 12 e 24 t/ha de lodo seco, sob temperatura (24°C) e umidade relativa média do ar (60%) controladas. O teor de N orgânico no lodo de esgoto foi de 40 kg/tonelada (4%; base seca). Com o ajuste das medidas de produção de N mineral ao longo do tempo de incubação a um modelo matemático (exponencial simples), obteve-se a quantidade de N orgânico potencialmente mineralizável em cada dose de lodo aplicada ao solo (Tabela 1). Utilizou-se a técnica de regressão linear destas estimativas para as doses de N orgânico aplicadas ao solo via lodo.

Tabela 1. Estimativa da quantidade de N mineral gerada em várias épocas, em Latossolo incubado com lodo de esgoto, coletado em 1999 na Estação de Tratamento de Esgotos de Franca/SP. Ajuste dos dados experimentais ao modelo exponencial simples.

Dose de lodo (base seca)	Nitrogênio potencialmente mineralizável do lodo de esgoto	Variação líquida de N mineralizado a partir do lodo de esgoto					
		Dias após a aplicação do lodo					
		10	15	30	90	180	360
----- kg/ha -----							
3.000	41	8	11	20	36	40	41
6.000	84	14	20	35	67	81	84
12.000	167	17	25	46	105	145	164
24.000	215	28	41	74	155	198	214

A partir dos dados experimentais, obteve-se a fração de mineralização do lodo de Franca, que foi estimada em 34%. Este valor significa que 34% da quantidade de N orgânico aplicada via lodo de esgoto de Franca é potencialmente mineralizável neste solo, no decorrer de um cultivo anual.

A taxa agrônômica de aplicação deste lodo poderá então ser calculada em função da recomendação de adubação nitrogenada para o cultivo de interesse (disponível em tabelas de adubação), considerando-se os teores de N mineral no lodo com sua umidade natural obtidos por análise química, e a fração de mineralização de N orgânico (obtida conforme relatado neste trabalho). A umidade natural do lodo de esgoto situa-se usualmente em torno de 80% no momento da

aplicação, considerando-se base úmida, o que representa que em cada 500 kg de lodo úmido tem-se 400 kg de água.

Por exemplo, no tratamento equivalente à aplicação de 3.000 kg/ha (base seca) deste lodo de esgoto (ou 120 kg/ha de N orgânico), estima-se um potencial de liberação de 41 kg de N/ha em formas minerais, geradas pela mineralização do lodo no solo (120 kg/ha x 34% = 41 kg/ha). A este valor, deve ser somado o teor de N mineral já presente no lodo úmido (3.000 kg/ha x 0,5% = 15 kg/ha). Ou seja, aplicando-se 3.000 kg/ha deste lodo de esgoto, estaremos adubando este solo com um total de: 41 + 15 = 56 kg de N/ha.

A quantidade potencial de mineralização de N é, no entanto, apenas um dos aspectos a ser considerado quando se utiliza lodos de esgoto como fertilizante nitrogenado. Outras questões importantes desta adubação dizem respeito ao modo como o resíduo é aplicado ao solo e às reais taxas de mineralização num determinado solo. Por exemplo, a forma de aplicação ao solo, incorporado ou em superfície, pode resultar em efeitos absolutamente diferentes quanto às quantidades de N disponibilizadas às plantas. Já as taxas de mineralização após a aplicação determinarão em que épocas e em que quantidades o nutriente estará disponível à absorção radicular, ou à lixiviação no perfil do solo (quando em quantidades acima das necessidades das plantas). Isto porque a liberação do nutriente inicia-se no momento da aplicação e perdura por muitos meses, diferentemente do que ocorre com fertilizantes minerais.

Assim, avaliando-se as taxas de mineralização obtidas neste trabalho, para as quatro doses de lodo aplicadas ao solo, observou-se que o comportamento foi semelhante àquele observado para outros lodos, o qual está relacionado à matéria orgânica do lodo, à biomassa e matéria recalcitrante. Ou seja, houve alta taxa de disponibilização de N mineral nos primeiros dias da incubação, devido à rápida mineralização de formas nitrogenadas lábeis, principalmente proteicas. A seguir, as quantidades mineralizadas foram diminuindo ao longo do tempo, com tendência de estabilização proximamente aos três meses, ou seja, a mineralização tornou-se lenta, mas continua (Tabela 1).

Isto significa que, quando for aplicado em campo, este, assim como outros lodos de esgoto podem liberar, à solução do solo, grande quantidade de N mineral nos primeiros dias após a aplicação, se houver condições propícias à mineralização da matéria orgânica. Além disso, os lodos anaeróbios como o de Franca podem conter elevados teores de N na forma amoniacal (0,4 a 1,0%, base seca), prontamente disponíveis no solo.

Assim, com a dose aplicada equivalente a 3.000 kg/ha de lodo (base seca), disponibilizaram-se imediatamente no solo quantidades equivalentes a 15 kg/ha de N mineral (devidas ao teor de N mineral no lodo úmido); se não houver raízes para absorvê-los, além de serem potencialmente lixiviáveis, podem também volatilizar-se. Na Tabela 1, observa-se que, iniciada a mineralização, em apenas 10 dias poderão ser liberados à solução do solo 8 kg/ha de nitrogênio mineral, o que representa quase 20% do potencial total de mineralização de N no primeiro ano (41 kg/ha). Em 30 dias, poderão ser disponibilizados 20 kg/ha de N. Assim, as épocas de intensa liberação de N a partir do lodo de esgoto poderão não coincidir com as épocas de maior absorção pelas plantas, se não houver planejamento adequado da forma e época de aplicação do resíduo ao solo.

Com a dose equivalente a 6.000 kg/ha de lodo (base seca), poderá haver pronta disponibilização de 30 kg/ha de N, o qual já se encontra no lodo na forma mineral, o que representa aproximadamente um terço das exigências de N em um cultivo de milho, por exemplo. Em função disso, esta dose possivelmente seria desaconselhável à aplicação no campo, no caso de um sistema de incorporação de lodo ao solo antes da semeadura, pois ainda disponibilizaria, nos 15 dias iniciais de decomposição, mais 20 kg/ha de N (Tabela 1). Em situações como essa, com disponibilização de grandes quantidade de N, acima da capacidade de absorção radicular, chuvas intensas podem agravar ainda mais o risco potencial de lixiviação, e conseqüentemente de contaminação ambiental com nitrato.

Com as doses mais elevadas (12.000 e 24.000 kg/ha de lodo de esgoto, base seca), acentuam-se os riscos já citados acima, em função do elevado aporte inicial de N mineral contido no lodo de esgoto e da grande quantidade de N orgânico que é mineralizada, como se vê na Tabela 1.

Os resultados obtidos com o estudo das taxas de mineralização de N orgânico contidos em lodos de esgoto, nas nossas condições de solos e de climas

tropicais, são importantes e necessários para o estabelecimento de sistemas de uso agrônomo de lodo como fertilizante nitrogenado, visando-se minimizar riscos por contaminação de mananciais de água com nitrato. A fração de mineralização determinada neste trabalho, 34%, é superior à média citada para lodos digeridos anaerobiamente em outros países, 20%, o que deve-se em parte às diferenças no período de retenção do lodo no reator anaeróbio. Assim, a rápida mineralização inicial de grandes quantidades de N poderá ocorrer bem antes que as plantas de cultivos anuais tenham desenvolvido um sistema radicular capaz de absorver todo o amônio ou o nitrato que é gerado; esse N poderá então ser perdido por volatilização, ou lixiviado no perfil do solo, anulando o efeito desejado de aproveitá-lo na nutrição de plantas, e incorrendo em degradação ambiental.

A fração de mineralização estimada neste trabalho em 34% leva-nos à estimativa de que, após um ano, 66% do N orgânico aplicado via resíduo restará no solo, com taxas de mineralização mais lentas, porém contínuas. Visando-se reduzir os riscos ambientais de adubações nitrogenadas excessivas, esse efeito residual deve ser avaliado e considerado no cálculo de novas adubações nitrogenadas, particularmente no cálculo de doses agrônomicas ideais de lodos de esgoto utilizados em sistemas de manejo de solo com aplicações seqüenciais do resíduo numa mesma área.

O efeito residual pode ser determinado de forma similar à avaliação da fração de mineralização potencial relatada neste trabalho, fazendo-se determinações esporádicas das quantidades de N mineral produzidas pelos solos previamente tratados com lodo de esgoto, em ensaio de incubação aeróbia. Dados genéricos de literatura informam que a liberação de N destes compostos residuais diminui para 10% no segundo ano após a aplicação, 6% no terceiro, e 3% no quarto ano após a aplicação, o que implica em quantidades não desprezíveis do ponto de vista de segurança ambiental.

Comunicado Técnico, 12



Embrapa Meio Ambiente
Endereço: Rodovia SP-340 - Km 127,5
Tanquinho Velho - Caixa Postal 69
Cep. 13820-000 - Jaguariúna, SP
Fone: (19) 3867-8700
Fax: (19) 3867-8740
E-mail: sac@cnpma.embrapa.br

Comitê de publicações

Presidente: *Geraldo Stachetti Rodrigues*
Secretário-Executivo: *Maria Amélia de Toledo Leme*
Secretário: *Sandro Freitas Nunes*
Membros: *Marcelo A. Boechat Morandi, Maria Lúcia Saito, José Maria Guzman, Manoel Dornelas de Souza, Heloisa F. Fillzola, Cláudio C. de A. Buschinelli*

Expediente

Normalização Bibliográfica: *Maria Amélia de Toledo Leme*
Editoração eletrônica: *Alexandre R. Concelção*