

DISPOSIÇÃO DE LODO DE ESGOTO EM SOLO AGRÍCOLA E POTENCIALIDADE DE POLUIÇÃO DO AQUÍFERO FREÁTICO RASO

Ricardo Perobelli Borba* (IAC/ SP, PQ),
Otávio Antônio Camargo (IAC/ SP, PQ),
Wagner Bettiol (EMBRAPA/Jaguariúna, PQ),
Carmen Silvia Kira (IAL/ SP, PQ),
Alice Sakuma (IAL/ SP, PQ).
ricardo.perobelli.bo@terra.com.br

O papel do solo na reciclagem dos resíduos biodegradáveis tem recebido atenção especial em função do menor custo para a disposição dos resíduos, por poder trazer benefícios ao solo e também prolongar a vida útil dos aterros sanitários. O lodo de esgoto proveniente do tratamento de efluentes industriais e domésticos tem como principais constituintes C, N, P, K, Ca, Mg e S; além destes elementos podem ocorrer metalóides e metais pesados como As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Fe, Co, Mn, Mo, Hg, Sn e Zn. Apesar dos efeitos benéficos da aplicação do lodo no solo para fins agrícolas, que envolvem o aumento da fertilidade do solo pela diminuição da acidez, o fornecimento de nutrientes (N, Ca, P, S, e Zn) e pelo aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva, há o risco potencial de poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

Há cerca de sete anos é executado um experimento de aplicação de lodo de esgoto, para fins agrícolas, num Latossolo vermelho amarelo distroférico no campo experimental da EMBRAPA Meio Ambiente (Jaguariúna-SP). De dezembro de 2003 a março de 2004 foi realizado o monitoramento de metais e anions na água da zona não saturada sob uma parcela que recebeu lodo da estação de tratamento de esgoto de Barueri-SP. O lodo de esgoto foi aplicado com base na concentração de nitrogênio numa quantidade que forneceu oito vezes a dose recomendada de N adotada na fertilização mineral. Os cálculos das doses de lodo foram realizados em função do nitrogênio disponível para as plantas, considerando como sendo 30% a taxa de mineralização do nitrogênio orgânico presente no lodo. O monitoramento ocorreu nas profundidades 1, 2, 3, 4 e 5 m. A água foi coletada em cinco amostragens através de extratores de solução

do solo. Nas amostras de água, os cátions (Ca, Mg, K, Al, Fe, Mn, Na) e os anions (Cl, F, NO₂, NO₃, SO₄, PO₄) foram analisados por ICP – AES e por HPLC, respectivamente. Os metais pesados (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) foram determinados utilizando-se uma GF-AA, foram medidos ainda os parâmetros físico-químicos das amostras (pH, condutividade elétrica, Eh) e obtida a alcalinidade total por volumetria.

As amostras de água coletadas apresentaram parâmetros físico-químicos e concentrações dos principais íons variáveis ao longo do perfil do solo, em termos de profundidade, os valores relativos entre as amostras dos diferentes níveis mantiveram-se constantes ao longo do tempo. As amostras coletadas receberam suas denominações de acordo com a profundidade: N1 (1m), N2 (2m), N3 (3m), N4 (4m) e N5 (5m).

Os valores médios do pH, do Eh e da condutividade das amostras podem ser observados na Tabela 1. De modo resumido, as distribuições do pH, Eh e condutividade encontrados ao longo do perfil do poço foram:

- (i) $\text{pH}(\text{N}2) < \text{pH}(\text{N}1) \approx \text{pH}(\text{N}3) \leq \text{pH}(\text{N}4) \leq \text{pH}(\text{N}5)$;
- (ii) $\text{Eh}(\text{N}2) > \text{Eh}(\text{N}3) > \text{Eh}(\text{N}1) > \text{Eh}(\text{N}4) > \text{Eh}(\text{N}5)$;
- (iii) $\text{cond}(\text{N}2) > \text{cond}(\text{N}3) > \text{cond}(\text{N}1) > \text{cond}(\text{N}5) > \text{cond}(\text{N}4)$.

Os principais íons encontrados na solução do solo foram: Ca, Mg, NO₃ e SO₄ (tabela 1). As concentrações do Ca, do NO₃ e do NO₂ atingiram seus valores máximos no segundo nível, para depois decaírem até o nível 5. O SO₄ apresenta concentrações elevadas apenas no primeiro nível, sendo praticamente inexistente nos demais níveis. Os teores de Mg cresceram do primeiro até o terceiro nível, quando atingiram seus maiores valores, e depois decaíram abruptamente nos dois últimos níveis. A alcalinidade total, assumida como HCO₃, diminui do primeiro para o segundo nível e depois cresce continuamente até o último nível. Dos constituintes traço chamam a atenção o Al, que aparece de modo permanente no segundo nível (onde o pH se encontra em 4,2), o Mn no terceiro nível e o Pb ao longo de todos os pontos de coleta. Os demais elementos (Fe, Cd, Cu, Ni, Zn) não foram detectados.

Tabela 1: Composição química média de todas as amostras de água coletadas do poço (5 amostragens)

Nível	pH	Eh	cond	Na	K	Ca	Mg	Mn	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄	Alc.Tot	Al	Mn	Pb
		(mV)	(microS)	mg/L												
1	5,5	494	1126	4	1	165	32	0,3	11	7	238	304	15	0,2	0,3	0,021
2	4,2	600	2187	5	2	246	72	1,0	19	25	1113	1,4	6	16	0,9	0,025
3	5,4	528	1542	4	3	95	95	2,3	28	9	772	0,5	13	0,4	2,3	0,029
4	6,2	474	36	1	1	5	0,5	0,0	0,3	0,3	1,2	0,5	23	0	0,005	0,020
5	6,5	459	60	1	1	10	0,4	0,0	0,2	0,5	0,8	0,6	38	0	0,007	0,032

Eh – potencial redox, Cond – condutividade; Alc.Tot – alcalinidade total

A mobilidade dos íons na solução do solo ao longo do perfil do solo deve ter sido influenciada pela carga elétrica líquida do solo. Segundo Borba et al. (2005) na parte superior do perfil do solo predominam cargas negativas, entretanto há uma inversão gradativa da carga de negativa para positiva com o aumento da profundidade. O ponto de virada da carga elétrica líquida do solo foi detectado aos 3 m de profundidade. Este deve ter sido o atributo do solo que produziu os efeitos mais marcantes sobre o nitrato, que foi adsorvido pelo solo com maior intensidade a partir dos 3 m de profundidade. Entre os cátions ocorreram comportamentos distintos: o Ca e o Mg foram praticamente retidos em sua totalidade até os 3 m de profundidade, enquanto que o Pb apresentou concentrações constantes ao longo de todo o perfil. É muito provável que esta movimentação do Pb esteja relacionada com sua adsorção em partículas coloidais que o arrastaram ao longo do perfil. O nitrato, até os 3 m, e o Pb, em todas as profundidades, apresentaram concentrações acima das permitidas pela legislação para o consumo humano (FUNASA, 2001) nas amostras de água do poço, que são de 44,3 mg/L 0,010mg/L respectivamente.

Uma vez que o lodo é aplicado considerando-se que haverá a mineralização de apenas 30% do N_{orgânico} contido no lodo em tempo hábil para ter utilidade agrícola, os 70% restantes de N_{orgânico} poderão sofrer mineralização posterior, serem acumulados no solo e transportados para a água subterrânea.

Os resultados obtidos acerca da mobilidade dos íons ao longo do perfil do solo, em especial do nitrato até 3 m de profundidade, indicam que a cota mínima de 1,2 m do aquífero freático para a aplicação de lodo

de esgoto para fins agrícolas, estabelecida pela norma P-4230 da Cetesb (1999), pode ser insuficiente para evitar a poluição da água subterrânea.

Referências:

BORBA, Ricardo Perobelli; CAMARGO, Otavio Antonio; BETTIOL, Wagner; COSTA, Vanessa Leonel. Variação do balanço de cargas superficiais ao longo do perfil do solo e sua influência na mobilidade de ânions (NO₃, SO₄, Cl) na zona não saturada *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, X., 2005, Porto de Galinhas. **Anais...** Porto de Galinhas: SBGq, 2005. CD-ROM.

CETESB. **Norma P 4230**: Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas - Critérios para projeto e operação: Manual técnico. São Paulo, 1999.

FUNASA. **Portaria N° 1.469** - Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. Brasília, 2001.