Disposição de resíduos na agricultura: lodo de esgoto como fonte de nutrientes

Beatriz M. Serrat; Simone Bittencourt; Cleverson V. Andreoli;
Luiz A. T. P. da Silva; Thiago R. Santiago.

1. INTRODUÇÃO

Inicialmente é importante observar que a disposição de qualquer resíduo na agricultura está diretamente relacionada à necessidade de minimização de efeitos do desenvolvimento da sociedade contemporânea ao longo do tempo, efeitos estes nem sempre benéficos para o meio ambiente, à vida e ao próprio ser humano (ARMSTRONG, 2006). Assim, enquanto por um lado a sociedade busca a conquista de fronteiras desconhecidas se utilizando dos avanços científicos e tecnológicos, por outro terá que ficar vigilante para a manutenção ou melhoria da qualidade de vida da população.

No ambiente agrícola o manejo dos nutrientes passa pela visão ampliada das realidades econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais. Diante dessas influências ocorrem movimentos oscilatórios nos incentivos à industria, à pesquisa e ao consumo.

Como por exemplo vem sendo observado ao redor do mundo o temor causado pelos picos extremos alcançados pelos preços dos fertilizantes em 2009 (FIXEN, 2009), estimulando diversas ações, como o desenvolvimento e a implementacão de boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes. Essas discussões visam atualizar e fomentar a utilização correta de nutrientes aplicados nos cultivos agrícolas, tanto por razões econômicas e ambientais, a curto prazo, quanto por razões de gerenciamento da exploração de nutrientes obtidos de fontes não renováveis, como no caso dos fertilizantes fosfatados.

A inclusão de resíduos orgânicos no programa de adubação colabora com o manejo racional de nutrientes, podendo ampliar o tempo de exploração

das reservas minerais existentes, bem como reduz os impactos ambientais de concentrações indesejáveis desses materiais.

O retorno dos resíduos domésticos aos solos agrícola, como alternativa de fertilização de culturas, tem sido preocupação frequente no que diz respeito ao adequado manejo entre os sistemas e atua como complementar ao serviço de saneamento, reduzindo a ação poluente de resíduos, pois permite que uma fração desses possa ser utilizada adequadamente como insumo dentro do sistema. Desta forma os resíduos domésticos produzidos nas áreas urbanas, se devidamente tratados e higienizados, poderão percorrer o caminho de volta ao campo, completando o ciclo dos nutrientes neles contidos.

Neste texto será abordada a experiência da SANEPAR, procurando citar pesquisas relacionadas e destacar alguns resultados práticos que vêm contribuindo para a ciclagem dos nutrientes.

2. Nutrientes: aspectos sobre as reservas e seu uso eficiente.

A preocupação com o uso eficiente dos fertilizante pode ser observada na análise de Fixen (2009), o qual sugere aperfeiçoamento contínuo para o ganho de eficiência no uso dos nutrientes, pois comenta que embora as reservas e os recursos mundiais para N, P, K e S sejam adequadas num futuro previsível, os custos dos fertilizantes aumentarão com o tempo à medida que forem consumidos os materiais mais facilmente extraídos.

Entre os nutrientes citados, o autor apresenta como mais limitante o fósforo, o qual, com a tecnologia atual apresenta para as reservas mundiais longevidade média de exploração estimada para 93 anos, tendo a África do Sul como o país com o maior prazo (605 anos). Para as reservas brasileiras de fosfatos as estimativas estão limitadas atualmente, segundo o mesmo autor, em 43 anos de exploração.

O estímulo às boas práticas para o uso correto de fertilizantes passa das consequências econômicas do manejo de nutrientes obtidos de fontes não renováveis, tendo foco mais amplo na direção do desenvolvimento sustentável. Isso considera que os nutriente sejam escolhidos com a composição e

combinação adequadas e que sejam aplicados na dose, época e locais corretos (BRUULSEMA et al., 2009).

As integrações de diversos aspectos deverão também ser consideradas, como os de conservação do solo, no processo de erosão do solo quando ocorrerá saídas de nutrientes do sistema produtivo e possíveis entradas no sistema aquático, podendo interferir na qualidade dos corpos d'água.

3. Ciclagem de nutrientes: Resíduos domésticos.

A inclusão de resíduos orgânicos no programa de adubação, quando adequada e devidamente controlada, colabora com o manejo racional de nutrientes, podendo ampliar o tempo de exploração das reservas minerais existentes, bem como reduz os impactos ambientais de concentrações indesejáveis desses materiais. Ainda pode trazer para o solo benefícios em seus atributos químicos, físicos e biológicos.

Enquanto por um lado adequada destinação final dos resíduos domésticos constitui-se em uma necessidade de saúde pública, de preservação ambiental e de responsabilidade social por outro o retorno da matéria orgânica e nutrientes ao solo, poderá evitar problemas de contaminação e degradação dos recursos hídricos e poderá contribuir para a produção de alimentos, forrageiras, fibras e biocombustíveis (SILVA, 2007 e FIXEN, 2009).

Pesquisas com o uso de lodo de esgoto desenvolvidas em Projetos de Reciclagem de Biossólido (LARA, 2001) e em Programas de Pesquisa de Saneamento Básico (ANDREOLI et al., 2001) apontaram orientações para a disposição final deste resíduo, com destaque para a aplicação no solo, tanto na recuperação de áreas degradadas quanto visando cultivos agrícolas. Resultados diversos, referentes ao desenvolvimento vegetal, foram e vêm sendo obtidos em pesquisas sob condições controladas (BETIOLet al.1983; PEDROZA et al. 2003; WACHOWICZ & SERRAT, 2006; PEDROZA et al. 2006; CHUEIRI, 2007), contribuindo para redirecionar os caminhos da recomendação e do manejo do lodo de esgoto na agricultura.

Um potencial agrícola favorável do lodo de esgoto tem sido relatado em muitos experimentos de campo, ou seja, este tem apresentado resultados iguais ou superiores à aplicação de fertilizantes minerais, conforme foi obtido por Lourenço et al. (1995), Favaretto et al. (1997), Deschamps & Favaretto (1998) e Tamanini (2004).

4. Disposição de lodo de esgoto como fonte de nutrientes na agricultura: A experiência da SANEPAR

Na região metropolitana de Curitiba de 2000 a 2008, foram destinadas 105 mil toneladas de lodo de esgoto (25% ST) a 120 áreas para o cultivo de feijão, milho, soja, adubo verde, trigo, aveia, cobertura de inverno, grameiras (implantação), pós colheita e implantação de fruteiras de caroço (BITTENCOURT et al., 2009a).

O uso agrícola de lodo de esgoto no Paraná é normatizado no nível federal, pela Resolução Conama 375/2006 (BRASIL, 2006) e pelo Decreto nº 4954 de 14 de janeiro de 2.004 (BRASIL, 2004) e no nível estadual pela Resolução Sema 021/09 (PARANÁ, 2009). Realiza-se um rigoroso controle, garantindo a qualidade do lodo destinado aos agricultores, quanto aos odores, à contaminação por metais pesados e microrganismos potencialmente patogênicos. No processo de higienização, por exemplo, o lodo de esgoto empregado passa por estabilização alcalina prolongada, a qual é eficiente na inativação dos ovos e larvas de helmintos. Utilizam-se misturas de cal virgem em dosagens de 30 a 50% em relação aos sólidos totais de lodo. (THOMAZ-SOCCOL et al., 1999; FERNANDES et al., 1996; BITTENCOURT et al., 2009b).

No ano de 2007 a produção estimada de lodo de esgoto, com base em sólidos totais (ST) das 227 estações de tratamento de esgoto (ETEs) da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) foi de 15.680 t / ano (ST), destacando que a região metropolitana de Curitiba produz 5.076 t / ano (ST), correspondente a 32,4% do total do estado (SANEPAR, 2007).

Após pesquisas iniciadas em 1988 que envolveram diversas instituições e programas internacionais, em 2007 iniciou-se o licienciamento de Unidades de Gerenciamento de Lodo de Esgoto (UGLs). Das 88 UGLs definidas, até o

primeiro semestre de 2009 foram licenciadas 34 e 16 aguardam a emissão da autorização ambiental.

Esse resíduo vem sendo utilizado como insumo na Região Metropolitana de Curitiba – Paraná. Em 2007, período de adaptação às determinações das resoluções Conama 375/06 e Sema 021/07, as estações de tratamento de esgoto (ETEs) desta região destinaram 8.903 toneladas de lodo de esgoto higienizado por estabilização alcalina prolongada (umidade média de 64%, 3.205 t ST c/ cal), para aplicação em 295 ha, no cultivo de milho, feijão, soja, adubação verde, pós-colheita e implantação de pomar de fruticultura de caroço. Foram atendidos 29 agricultores familiares que obtiveram uma economia média de R$ 467,90 por hectare, na redução de uso de fertilizantes minerais e calcário (BITTENCOURT et al, 2009b).

Tendo como exemplo o lodo de esgoto disposto na agricultura no ano de 2007, tabela 1, verifica-se que cada tonelada pode reciclar em média 18,1 kg de nitrogênio, 2,8 kg de fósforo e 1,8 kg de potássio. Esses valores foram correspondentes à 58,0 t de nitrogênio, 9,0 t de fósforo 5,8 t de potássio para o total de 3.205,08 t de ST de lodo de esgoto.

Tabela 1 – Características dos lotes de lodo das ETEs da RMC, destinados ao uso agrícola no ano de 2007

Parâmetros	N	P_2O_5	P	K_2O	K	CaO	MgO	MO	ST	Umidade	C/N
	g $100g^{-1}$ de Sólidos Totais										
Média	**1,81**	**0,63**	**0,28**	**0,21**	**0,18**	**24,90**	**1,36**	**29,71**	**35,80**	**64,20**	**10,72**
Máximo	3,11	1,18	0,52	0,37	0,31	43,40	9,63	61,46	63,47	77,45	18,45
Mínimo	1	0,04	0,02	0,10	0,09	11,00	0,47 10^{-3}	8,82	22,55	36,53	7,69
Desvio Padrão	0,7	0,3		0,1		8,1	2,7	13,2	10,9	10,9	3,4
C V %	38,2	44,8		37,4		32,7	199,6	44,5	30,5	17	31,7

Em 2008 a SANEPAR dispôs na agricultura de 21.683,40 t de lodo de esgoto higienizado com 41,09 % de ST, com a concentração média por tonelada de 19,9 kg de nitrogênio, 3,1 kg de fósforo e 1,7 kg de potássio tonelada de sólidos totais (ST) , tabela 2. Isso para o total de 8.345,54 t de ST, correspondeu a 166 t de nitrogênio, 26 t de de fósforo e a 14 t de potássio recicladas no período de um ano, atendendo uma área de 571 ha.

Tabela 2 – Características dos lotes de lodo das ETEs da RMC, destinados ao uso agrícola no ano de 2008

Parâmetros	N	P_2O_5	P	K_2O	K	CaO	MgO	MO	ST	Umidade	C/N
	g $100g^{-1}$ de Sólidos Totais										
Média	**1,99**	**0,7**	**0,31**	**0,2**	**0,17**	**16,36**	**3,18**	**38,58**	**41,09**	**60,33**	**7,31**
Máximo	3,4	2,08	0,91	1,1	0,92	40,62	15,04	75,12	87,4	78,53	12,63
Mínimo	0,56	0,1	0,04	0,06	0,05	0,58	$0,3\ 10^{-3}$	2,06	21,47	19,81	1,04
Desvio Padrão	0,7	0,6		0,2		10	3,6	19	16	13,9	2,7
C V %	60,8	80,9		106,8		60,8	111,5	49,2	38,8	23,1	36,6

Importante observar que como os lotes de lodo de esgoto liberados para a disposição agrícola têm as concentrações das sustâncias inorgânicas inferiores aos limites da legislação, conforme pode ser observado para 2008 na tabela 3. Segundo Bittencourt et. al. (2009a), isto é resultado dos esforços conjuntos e contínuos no controle do recebimento de descargas não domésticas na rede de esgoto, estabelecendo critérios para efluentes industriais e controlando descargas irregulares.

Tabela 3 – Substâncias inorgânicas dos lotes de lodo das ETEs da RMC, destinados ao uso agrícola no ano de 2008

Parâmetros	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
	mg kg^{-1} de Sólidos Totais										
Média	**0,01**	**119,5**	**0,26**	**50,1**	**98,1**	**0,03**	**0,03**	**32,1**	**56,8**	**8,9**	**273,9**
Máximo	0,05	158	1	163	198,6	1	0,07	92,7	750	10,11	618
Mínimo	0,01	0	0	0	38	0	0	0,01	12	7,82	0,01
Desvio Padrão	0,01	41,4	0,4	38	37,7	0,03	0,02	27,2	122,5	1,9	177,1
C V %	114,8	34,6	0,35	75,7	38,5	505,5	70,8	84,6	215,4	21,1	64,6
Limites CONAMA 376	-	1300	39	1000	1500	-	-	420	-	100	2800
Limites SEMA Res.021/09	41	1300	20	1000	1000	16	50	420	300	100	2500

Nessa tabela é possível verificar que três micronutrientes foram citados, os quais apresentaram a reciclagem de 0,25 kg para o molibdênio, 819 kg para

o Cu e 2.286 kg para o zinco, considerando o valor de sólidos totais da tabela 3.

Muitos dos nutrientes presentes em resíduos orgânicos possuem liberação mais lenta que a dos fertilizantes minerais, sendo dependentes da mineralização da matéria orgânica, o que proporciona disponibilidade ao longo do tempo, favorecendo o melhor aproveitamento desses nutrientes (RAIJ et al., 1996).

A matéria orgânica também exerce influências nas propriedades físicas do solo, podendo melhorar sua estrutura, aeração e permeabilidade, com reflexos na redução dos riscos de erosão, além, de poder contribuir na capacidade de armazenamento e de infiltração da água (BETTIOL e CAMARGO, 2000).

A SANEPAR no ano de 2007 fez a disposição agrícola de 3.205,08 t (ST) de lodo de esgoto higienizado para a Região Metropolitana de Curitiba, com 29,7% de Matéria Orgânica. Em 2008 mais 8.345,54 t (ST) de lodo de esgoto também foi distribuído (com 38,58% de matéria orgânica), permitindo que 4.172 t de material orgânico nesses dois anos passasse a ter condições adequadas de incorporação ao solo. Desta forma este material passou a ter condições de contribuir para os atributos físico, químicos e biológicos do solo, expressando o seu potencial tanto de agregação quanto de degradabilidade e participando da reciclagem dos nutrientes nele contidos.

5.Considerações finais

Muito deve ser realizado. No momento apenas uma fração está sendo reciclada. Os nutrientes podem permanecer armazenados nos resíduos, podendo tornar-se passivos ambientais, ou quando as condições forem adequadas, retornarem ao solo.

Naturalmente que a logística, a qualidade do lodo de esgoto, sua aplicação com segurança sanitária, ambiental e agronômica e a rastreabilidade do material são questões de gestão que, juntamente com a participação dos agricultores, tem influência no desenvolvimento do processo. Dessa forma, estes aspectos devem ser considerados para o contínuo aprimoramento da gestão do uso agrícola de lodo de esgoto.

6. Bibliografia

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E.S.; FERNANDES, F. Disposição do lodo no solo. In: ANDREOLI, C.V.; SPERLING M. VON; FERNANDES F. *Lodo de esgotos: tratamento e disposição final.* Belo Horizonte: UFMG - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Sanepar, 2001.

ARMSTRONG, D. L. de P. *Lodo de esgoto alcalinizado como fonte de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do arroz.* Curitiba, 2006. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo). Universidade Federal do Paraná.

BETIOL, W.; CARVALHO, P. C. T.; FRANCO,B.J.D.C. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante. *O Solo*, Piracicaba, v. 75, n. 1, p. 44-54,1983.

BETTIOL, W; CAMARGO, O. A. *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna*: Embrapa, 2000.

BITTENCOURT, S.; ANDREOLI, C. V.; MOCHIDA, G. A.; SERRAT, B. M. *Uso agrícola de lodo de esgoto no estado do Paraná*. Trabalho apresentado no Workshop Uso Agrícola de Lodo de Esgoto: Avaliação após a resolução n. 375 do CONAMA, Campinas. 2009a.

BITTENCOURT, S.; ANDREOLI, C. V. ; MOCHIDA, G. A.; SOUZA, L. M. K. M.; SERRAT, B. M. *Aspectos agronômicos do uso agrícola de lodo de esgoto -região metropolitana de Curitiba.* Revista AIDIS de Ingenieríay Cienciasss Ambientales: Investigación, desarillo y prática. Vol 2, n. 1, 2009b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 375. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil,* Brasília, n. 167, 30 ago 2006, p. 141-146.

BRUULSEMA t.; LEMUNYON, J.; HERZ, B. Fundamentos para utilização correta do seu fertilizante. *Informações Agronômicas,* IPNI*,* Piracicaba. n. 126 - junho, 2009, p.15-18.

CHUEIRI, W.A. *Lodo de esgoto alcalino e fertilizante: Efeitos sobre a Química do solo e plantas de trigo.* Curitiba: 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) –Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

DESSCHAMPS, C.; FAVARETTO, N. Efeito do lodo de esgoto complementado com fertilizante mineral na produtividade e desenvolvimento da cultura de feijoeiro e do girassol. *Sanare*, Curitiba, v.8, p.33-37,1997.

FAVARETTO, N.; DESCHAMPS, C.; DAROS, E.; PISSAIA, A. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade do solo e no crescimento e produtividade do milho. *Arquivos de Biologia e Tecnologia,* v.40, n.4, p.836-847, 1997.

FERNANDES, F.; ANDRAUS, S.; ANDREOLI, C.V. Eficiência dos processos de desinfecção do lodo da ETE-Belém com vista a seu uso agrícola. *SANARE,* v.5, n.5, p. 46-58, 1996.

FIXEN, P. E. Reservas mundiais de nutrientes dos fertilizantes. *Informações Agronômicas,* IPNI*,* Piracicaba*.* n. 126 - junho, 2009, p. 8-14.

LARA, 2001LARA, A I. Antecedentes. In: ANDREOLI, C.V.; LARA, A I.; FERNANDES F. *Reciclagem de Biossólidos, transformando problemas em soluções.* Curitiba: FINEP; SANEPAR, 2a ed., 2001. p.14-19.

LOURENÇO, R. S.; ANJOS, A. R. M.dos; LIBARDI, P. L. ; MEDRADO, M. S. M. . Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão, no sistema de produção da bracatinga. *SANARE*. SANEPAR, Curitiba, v. 5, n. 5, p. 90-92, 1996.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Resolução*

Sema 001/07. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Diário Oficial do Estado do Paraná, Edição 7395, 23 de janeiro de 2007.

PARANÁ, 2009

PEDROZA, J. P.; HAANDEL, A. C. van; BELTRAO, N. E. de M.; DIONÍSIO, J. A.;DUARTE, M. E. M. Qualidade tecnológica da pluma do algodoeiro herbáceo cultivado com biossólidos. *Revista brasileira engenharia agrícola ambiental,* v.10, n.3, p.586-592, 2006.

PEDROZA, J. P.; HAANDEL, A. C. van; BELTRAO, N. E. de M.; DIONÍSIO, J. A. Produção e componentes do algodoeiro herbáceo em função da aplicação de biossólidos. *Revista brasileira engenharia agrícola ambiental,* v.7, n.3, p.483-488, 2003.

RAIJ, B. Van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.* 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação, 1996. (Boletim Técnico, 100).

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná. *Plano diretor de resíduos de sistemas de esgotamento sanitário para o Paraná*. Curitiba, 2007.

SILVA, H. *WHO Guidelines for the safe use of wastewater,excreta and greywater in agriculture and aquaculture.* In: LEBLANC, R. LAUGHTON, P. RAJESH, T. Wastewater Biosolids Sustainability – technical, managerial and public synergi. New Brunswick – Canadá. June 24-27, 2007.

TAMANINI, C. R. *Recuperação de áreas degradadas com a utilização de biossólidos e gramíneas forrageiras.* Curitiba, 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 181 p.

THOMAZ-SOCCOL, V.; Paulino, R.C. ; Castro, E. Aspectos sanitários do uso agrícola do lodo de esgoto : helmintos e protozoários . In: *Reciclagem agrícola de lodos – transformando problemas em soluções*. P. 156-179, Editora Sanepar-ABES, Curitiba, 1999.

WACHOWICZ,C.; SERRAT, B.M. *Parâmetros Morfológicos de Gypsofphila paniculata L. cultivada com lodo de esgoto alcalinizado e adubação fosfatada* - editada em 07. Estudos de Biologia. , v.28, p.57 - 64, 2006.