

II-003 – PARÂMETROS INORGÂNICOS DE LODO DE ESGOTO E DESTINAÇÃO AGRÍCOLA NO PARANÁ, 2014 E 2015

Simone Bittencourt⁽¹⁾

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Agronomia pela UFPR. Doutora em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela UFPR. Profissional da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Melissa Czorne Sotta Ziliotto

Graduanda em Engenharia Química pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR). Estagiária da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

Endereço⁽¹⁾: Rua Eng. Antônio Batista Ribas, 151, Tarumã, Curitiba – Paraná. CEP: 82.800-130. Brasil. Tel.: +55(41) 3330-7194. E-mail: sbittencourt@sanepar.com.br.

RESUMO

O lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto (ETE) é um material orgânico que possui nutrientes, como nitrogênio e fósforo, e quando aplicado em solos traz benefícios para suas características físico-químicas e biológicas, contribuindo também para o desenvolvimento vegetal. Por esta razão, a Resolução Conama 375/06, que normatiza o uso agrícola de lodos de esgoto no Brasil, considera essa forma de uso uma alternativa com vantagens ambientais quando comparada a outras práticas, como a disposição em aterro sanitário, por exemplo. No estado do Paraná, o uso agrícola foi adotado como forma prioritária de destinação para o lodo gerado nas ETES operadas pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Dentre os requisitos de qualidade dos lotes de lodo, são atendidos os limites máximos de concentração de substâncias inorgânicas. O presente visou fornecer dados de parâmetros inorgânicos de 70 lotes de lodo de esgoto tratado de diferentes localidades do Paraná, nos anos de 2014 e 2015. Os resultados servem como subsídio em estudos comparativos de lodos de esgoto gerados em locais ou regiões distintas, uma vez que consideram as diferenças entre os métodos de tratamento de esgoto e procedimentos de higienização a que foram submetidos.

PALAVRAS-CHAVE: Biossólidos, reciclagem, Resolução Conama 375/06, Resolução Sema 021/09.

INTRODUÇÃO

No Paraná, o uso agrícola foi adotado como opção prioritária de destinação para o lodo gerado nas ETES operadas pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Além do Paraná, a aplicação de lodo de esgoto em solos está restrita a poucos estados, como São Paulo, Rio Grande do Sul e Distrito Federal (SAMPAIO, 2013), e recentemente Espírito Santo.

Dessa forma, frente a escassez de dados sobre as características dos lodos destinados para uso agrícola, o presente estudo de caso teve por objetivo fornecer dados comparativos de substâncias inorgânicas de lodos gerados em diferentes sistemas de tratamento de esgoto, tratados em Unidades de Gerenciamento de Lodo (UGL) operadas pela Sanepar no Paraná, nos anos de 2014 e 2015. O estudo busca, apresentar resultados que possam ser utilizados como subsídios em análises comparativas com lodos gerados em diferentes locais ou regiões brasileiras.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estado do Paraná é composto por 399 municípios, dos quais a Sanepar atua em 345 com sistemas de abastecimento de água e em 174 com sistemas de esgotamento sanitário. O volume de esgoto faturado pela empresa no ano de 2015 foi de 392,5 milhões de m³ ano⁻¹, sendo esse tratado em 234 ETES (SANEPAR, 2015). O sistema de tratamento de esgoto adotado foi em reatores anaeróbios, tipo Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) seguido ou não de pós-tratamento, com exceção da ETE Belém, no município de Curitiba, na qual o tratamento biológico do esgoto foi aeróbio, em sistema de lodos ativados de aeração prolongada.

Nas ETEs com sistemas de tratamento contendo reatores anaeróbios, tipo UASB, verificou-se a existência ou não de unidades de pós-tratamento como: flotação por ar dissolvido; lagoa de polimento; lagoa aerada e filtro anaeróbio. Em nenhuma das ETEs, objeto do presente estudo, verificou-se a existência de decantador primário em operação.

No período do presente estudo (2014 e 2015) as ETEs operadas pela empresa geraram em média 18.762 toneladas de sólidos totais (t_{ST}) ano⁻¹, sendo a Região Metropolitana de Curitiba (RMC) e a ETE Belém (pertencente a RMC) responsáveis, respectivamente, por 48% e 20% desse total. Para o cálculo de geração de lodo, foram obtidos do sistema corporativo de controle de dados da Sanepar, denominado Sistema de Controle e Vigilância da Qualidade de Água e Esgoto (SQA), os dados mensais de volume total e de teor de sólidos totais (ST) do lodo bruto líquido descartado (antes do desaguamento) das ETEs operadas pela empresa, nos anos de 2014 e 2015.

O lodo foi tratado em UGLs, que são unidades, vinculadas ou não a uma ETE, que realizam o gerenciamento de lodo gerado por uma ou mais ETEs, para fins de reciclagem agrícola (PARANÁ, 2009). No período da realização do presente estudo, a Sanepar contava com 81 UGLs licenciadas, das quais 28 UGLs (constituídas por 113 ETEs) destinaram lodo para uso agrícola.

O processo de higienização adotado foi o de estabilização alcalina prolongada (EAP) que consiste na adição de cal calcítica (CaO) ou cal dolomítica (CaO + MgO) ao lodo de esgoto, em uma proporção entre 30 a 50% dos sólidos totais (ST) do lodo. O pH é elevado acima de 12, com posterior período de cura de 30 dias. No presente estudo de caso não se identificou o registro da quantidade e tipo de cal adicionada em cada lote, não sendo possível calcular a quantidade média de cal adicionada para os diferentes grupos de lotes de lodo estudados. O lote de lodo de esgoto consiste na quantidade de lodo de esgoto, destinado para uso agrícola, gerada por uma UGL no período compreendido entre duas amostragens subsequentes, caracterizadas físico-química e microbiologicamente (PARANÁ, 2009).

COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Os documentos, em meio físico e digital, utilizados para a coleta de dados foram: os relatórios de rastreabilidade dos anos de 2014 e 2015 e laudos laboratoriais de caracterização dos lotes de lodo destinados para aplicação em áreas agrícolas, no período.

O relatório de rastreabilidade é o documento que contém dados anuais que possibilitam relacionar a origem e qualidade dos lotes de lodo de esgoto, utilizado como insumo agrícola, com as respectivas glebas agrícolas e culturas onde foram utilizados, objetivando identificar não conformidades e problemas para saúde humana, animal ou ambiental (PARANÁ, 2009). Dos relatórios de rastreabilidade foram obtidos os seguintes dados: quantidade, em toneladas de massa total e toneladas de sólidos totais (t_{ST}), de lodo de esgoto destinado ao uso agrícola; quantidade de hectares (ha) que receberam lodo de esgoto, total e por propriedade agrícola; dose de aplicação de lodo de esgoto nas áreas agrícolas; cultivos agrícolas e florestais, nos quais o lodo de esgoto foi aplicado; número de agricultores que utilizaram o lodo de esgoto e municípios onde estavam localizadas as áreas agrícolas que receberam lodo de esgoto. Para análise de dados, os lotes de lodo de esgoto foram agrupados, conforme apresentado na Tabela 1.

Os resultados de substâncias inorgânicas foram obtidos de laudos laboratoriais de 70 lotes de lodo de esgoto, analisados segundo os Métodos 3050 (USEPA, 1996) e 3051 (USEPA, 2007), conforme estabelecido pela Resolução n. 375 de 29 de agosto de 2006 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Resolução Conama 375/06).

As análises laboratoriais foram realizadas por empresas contratadas pela Sanepar para caracterização dos lotes de lodo de esgoto para uso agrícola. Destaca-se que os limites de quantificação laboratorial para uma mesma substância inorgânica diferiram de laboratório para laboratório, os quais são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1: Categorias de agrupamento dos dados dos lotes de lodo de esgoto higienizados por estabilização alcalina prolongada, destinados ao uso agrícola no Paraná, em 2014 a 2015.

Identificação do grupo de lotes de lodo	Belém	Outras RMC	Interior
Origem	UGL Belém	4 UGLs (Atuba, CIC Xisto, Padilha Sul e Fazenda Rio Grande)	23 UGLs
Número de ETEs que fazem parte das UGLs	1	24	88
Localização da UGL	Curitiba	Região Metropolitana de Curitiba	23 municípios do interior do Estado do Paraná
Processo biológico de tratamento de esgoto	Lodos ativados de aeração prolongada	Sistemas contendo reatores anaeróbios, tipo UASB	Sistemas contendo reatores anaeróbios, tipo UASB
Pós tratamento do esgoto	Não	Sim	Em alguns sistemas
Desaguamento do lodo	Centrífugas	Centrífugas e leitos de secagem	Centrífugas e leitos de secagem
Quantidade de lotes destinados para uso agrícola (2014 – 2015)	16	20	34
Quantidade de projetos agrônômicos elaborados (2014 – 2015)	43	33	91

NOTA: O projeto agrônômico é o documento elaborado por profissional habilitado visando a aplicação de lodo de esgoto em determinada área agrícola, observando os critérios e procedimentos da legislação vigente (PARANÁ, 2009).

Tabela 2: Limites de quantificação laboratorial, verificados nos laudos analíticos de diferentes laboratórios para substâncias inorgânicas que apresentaram resultados abaixo do limite

Parâmetro Inorgânicos ¹	Arsênio (As)	Bário (Ba)	Cádmio (Cd)	Cobre (Cu)	Mercúrio (Hg)	Molibdênio (Mo)	Níquel (Ni)	Chumbo (Pb)	Selênio (Se)
LQ (mg kg ⁻¹)	0,04 0,50 10,00	0,04 20,00	0,05 0,24 1,00	1,20	0,04 1,00 1,48 10,00	0,04 0,40 0,50 10,00	2,00 3,20 10,00	4,00	0,04 0,40 0,50 10,00
Laudos com resultado abaixo do LQ	70	10	23	1	65	66	4	2	69

NOTA: LQ - Limites de quantificação laboratorial. Laudos referentes aos lotes de lodo destinados a uso agrícola no Paraná, em 2014 a 2015.

Os dados obtidos foram armazenados em planilha do Excel (Microsoft). Para comparação de médias dos parâmetros analisados, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com diferentes números de repetições e o teste t ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do software Assistat versão 7,7 beta (SILVA, 2016).

Na comparação de médias utilizou-se o limite de detecção laboratorial (Tabela 2) para os resultados que se encontravam abaixo deste. Na análise de parâmetros inorgânicos, determinaram-se os percentis 75, 90, 95 e 99 utilizando o programa Excel (Microsoft).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos anos de 2014 e 2015 foram aplicadas 46.361 t de lodo de esgoto higienizadas por EAP (20.670 t_{ST}) em 3.280 ha de áreas agrícolas do estado do Paraná (Tabela 3), sendo a dose média de aplicação de 6,94 t_{ST} ha⁻¹. As UGLs da RMC foram responsáveis por 65% do total do lodo destinado em toneladas de matéria seca.

Tabela 3: Destinação agrícola de lodo de esgoto higienizado por estabilização alcalina prolongada, por grupo de UGL, no Paraná em 2014 a 2015.

Grupo de UGL	Toneladas Destinadas		Área aplicada (ha)	Dose média de aplicação (t _{ST} ha ⁻¹)
	Massa Total	Sólidos Totais		
Belém	15.935	4.586	784	4,8
Outras RMC	17.732	8.896	1.033	8,7
Interior	12.694	7.188	1.463	6,1
TOTAL	46.361	20.670	3.280	6,9

Para a UGL Belém houve uma redução na quantidade de lodo destinada a uso agrícola no ano de 2015 quando comparado com 2014, ao contrário do que foi observado para os demais grupos de UGLs (Figura 1). Essa redução foi ocasionada pela impossibilidade realização do processo de higienização do lodo, devido ao uso da área dos pátios de armazenamento e cura, para a construção de novas unidades estruturais na ETE. Dessa forma, no ano de 2015 uma maior quantidade de lodo da ETE Belém foi destinada para aterro sanitário e consequentemente uma menor quantidade de área agrícola recebeu lodo proveniente dessa UGL (Figura 1).

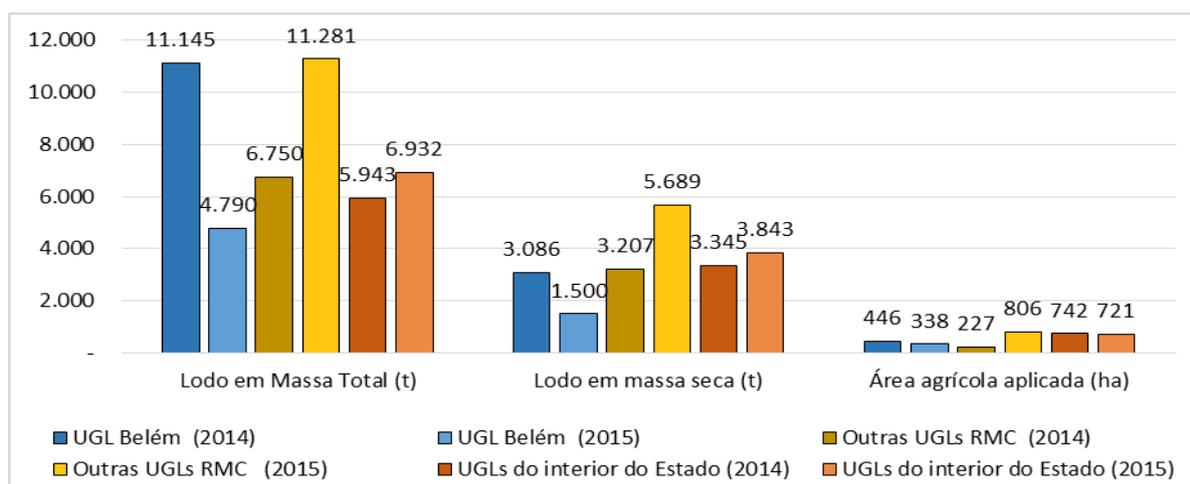


Figura 1: Quantidade lodo de esgoto higienizado por estabilização alcalina prolongada e de áreas agrícolas que receberam lodo, por grupo de UGL, no Paraná em 2014 e 2015.

No período de 2014 a 2015, os lotes de lodo foram utilizados por 54 agricultores, sendo aplicados nos cultivos de: adubação verde, feijão, soja, milho, trigo, noz pecã, laranjeira, seringueira e eucalipto em áreas agrícolas situadas em 26 municípios do estado.

PARÂMETROS INORGÂNICOS (METAIS) DOS LOTES DE LODO DE ESGOTO, POR GRUPO DE UGL

Todos os lotes das UGLs da RMC (inclusive a UGL Belém) apresentaram resultados abaixo do limite de detecção laboratorial para os parâmetros As, Mo e Se. Observa-se, pelos coeficientes de variação (Tabela 4) que houve uma grande variabilidade na concentração de metais nos lotes de lodo destinados a uso agrícola no Paraná em 2014 e 2015.

As médias para os lotes gerados nos três grupos de UGL foram iguais para Bário, Cádmiio e Zinco. Os lotes gerados no interior do Estado apresentaram médias superiores para os metais: Cromo, Cobre, Níquel e Chumbo e menores para Mercúrio.

Tabela 4: Média e coeficiente de variação dos parâmetros inorgânicos (metais) dos lotes de lodo higienizados por estabilização alcalina prolongada, por grupo de UGL, aplicados em áreas agrícolas no Paraná, em 2014 e 2015.

Parâmetro	UGL Belém		Outras RMC		Interior		TOTAL	
	Média (mg kg ⁻¹ ST)	CV (%)						
As	10,0 a	0	10,0 a	0	0,6 b	372	5,5	92
Ba	195,1 a	15	181,6 a	26	149,3 a	92	168,7	60
Cd	1,1 a	26	1,2 a	44	12,7 a	272	6,8	364
Cr	62,4 b	47	41,9 b	59	189,4 a	104	118,3	130
Cu	110 ab	14	73,4 b	25	140,8 a	75	114,5	70
Hg	3,8 a	113	2,8 a	132	0,15 b	222	1,7	185
Mo	10,0 a	0	10,0 a	0	1,2 b	194	5,7	82
Ni	26,4 b	29	20,7 b	82	42,8 a	74	32,7	79
Pb	21,9 b	25	14,9 b	32	65,9 a	100	41,3	126
Se	10,0 a	0	10,0 a	0	0,99 b	235	5,6	86
Zn	488,9 a	15	396,6 a	39	471,4 a	68	453,6	53

NOTA: As médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste t ao nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 5 apresenta a comparação entre os limites da Resolução Sema 021/09 com os percentis 75, 90, 95 e 99 para os metais dos lotes avaliados, confirmando a informação de que lodo gerado apresenta quantidades de substâncias inorgânicas (metais) abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução Sema 021/09 (BITTENCOURT *et al.*, 2010).

Tabela 5: Percentis 75, 90, 95 e 99 dos parâmetros inorgânicos (metais) dos lotes de lodo higienizados por estabilização alcalina prolongada, por grupo de UGL, aplicados em áreas agrícolas no Paraná, em 2014 a 2015, comparados aos limites da Resolução Sema 021/09.

Metal	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
	mg kg ⁻¹ de ST										
Percentil 75	10	211,7	3,3	122,7	120,9	1	10	43,9	34,6	10	521,7
Percentil 90	10	263,4	15,7	304,7	186,4	10	10	70,2	124,9	10	736,3
Percentil 95	10	300,7	18,1	390,3	249,2	10	10	80,9	170,7	10	948,1
Percentil 99	10	491,6	77,4	672,6	446,7	10	10	110,7	215,7	10	1149,8
Resolução Sema 021/09	41	1300	20	1000	1000	16	50	300	300	100	2500

No Paraná, os lodos são gerados em ETEs cujo esgoto afluente é proveniente de áreas de baixa atividade industrial. A aceitação de efluentes industriais na rede de esgotamento doméstico da concessionária de saneamento, Sanepar, é condicionada ao atendimento, por parte da indústria, de critérios de qualidade do efluente São estabelecidos limites para: DBO, DQO, pH, temperatura, óleos e graxas, sólidos sedimentáveis, N, P, Ag, As, Cd, Cr, Cu, Fe solúvel, Hg, Ni, Pb, Se, Sn, Zn, benzeno, cianeto, clorofórmio, dicloroetano, estireno, etilbenzeno, fenol, fluoreto, sulfato, sulfeto, surfactantes, tetracloreto de carbono, tolueno e xileno. Os gestores podem estabelecer limites mais restritivos com base em avaliação local de capacidade das redes coletoras de esgoto e da ETE (SANEPAR, 2013).

CONCLUSÕES

O presente estudo mostrou os resultados da caracterização de 70 lotes de lodo de esgoto tratado de diferentes localidades do Paraná. Estes resultados servem para subsidiar estudos comparativos de lodos de esgoto gerados em locais ou regiões distintas, uma vez que considerou a diferença entre os métodos de tratamento de esgoto e procedimentos de higienização a que foram submetidos. Estes valores apresentados também podem orientar os profissionais responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos agrônômicos para o uso agrícola de lodo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater* (21st ed.). Washington: American Water Works Association (AWWA) & Water Pollution Control Federation (WPCF).
2. BITTENCOURT, S.; ANDREOLI, C. V.; MOCHIDA, G. A.; SERRAT, B. M. Uso agrícola de lodo de esgoto no estado do Paraná. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. (Ed.). *Uso Agrícola de Lodo de Esgoto: avaliação após a Resolução n.375 do Conama*. Botucatu: FEPAF, 2010. p. 281-300.
3. BRASIL. (2006) Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama n. 375, de 29 de agosto de 2006. 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, DF, 30 ago. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em 25/01/2013.
4. BRASIL. Presidência da República Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br>>. Acesso em: 29/03/2014.
5. COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ (SANEPAR). Sistema Normativo da Sanepar. *IT/OPE/1899 - Gestão de Efluentes Não Domésticos*. Curitiba: Sanepar, setembro, 2013.
6. COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ (SANEPAR). (2015) *2015 Relatório de Administração e de Sustentabilidade: Demonstrações Contábeis*. Curitiba: Sanepar, 155 p. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/investidores_rel_ian_dfp_itr/ian-dfp_itr/rel_Relat%C3%B3rios%20Trimestrais2015-12-31_0.pdf>. Acesso em: 24/08/2016.
7. PARANÁ. (2009) Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução Sema n. 021, de 30 de junho de 2009. Dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. *Diário Oficial [do] Estado do Paraná*, Curitiba, PR, 30 jun. 2009. Disponível em: <<http://www.documentos.dioe.pr.gov.br/dioe>>. Acesso em: 25/01/2013.
8. SAMPAIO, A. (2013). Afinal, queremos ou não viabilizar o uso agrícola do lodo produzido em estações de esgoto sanitário? Uma avaliação crítica da Resolução CONAMA 375. *Revista DAE*, n. 193, p. 16-27. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.109>>. Acesso em: 14/04/2014.
9. SILVA, F. de A. S. (2016) *Assistat Versão 7.7 beta*. DEAG-CTRN-UFCG.. Disponível em: <<http://www.assistat.com>>. Acesso em: 24/08/2016.
10. UNITED STATE ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (USEPA). (1996) *SW-846. Method 3050B. Acid digestion of sediments, sludges, and soils*, Revision 2. 1996. Disponível em: <<http://www.epa.gov/mwginternal/de5fs23hu73ds/progress?id=ZUDtoOA3po>>. Acesso em: 10/05/2014.
11. UNITED STATE ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (USEPA). (2007) *SW-846. Method 3051A. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils*. Revision 1. 2007. Disponível em: <<http://www.epa.gov/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=SFHJFrO4bb>>. Acesso em: 10/05/2014.