

LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO COMO FERTILIZANTE NO CULTIVO DE FUMO E AVEIA

Jessica Alberton Zomer*

Cyntia Ely**

Rossano Umberto Comelli***

Maurício Vicente Alves****

Everton Skoronski*****

RESUMO: Este artigo teve como objetivo estudar a valorização de lodo de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) como fertilizante no cultivo de fumo e aveia. Foram realizados três tratamentos para cada cultura, sendo que o primeiro não utilizou fertilizante, o segundo utilizou como fertilizante o lodo de ETE e o terceiro recebeu adubo mineral. Foram acompanhados nas culturas parâmetros como desenvolvimento das plantas, aspectos sanitários, aspectos nutricionais e presença de metais. Os resultados demonstraram-se positivos com relação ao uso do lodo de ETE como fertilizante nas culturas testadas. Na cultura da aveia a utilização do lodo de ETE apresentou resultados semelhantes à adubação mineral nos aspectos de crescimento, desenvolvimento e produtividade. Em relação aos aspectos nutricionais da aveia, o maior teor de proteína total foi encontrado naquela sem adubação e o maior teor de fibra bruta foi na aveia com adubação mineral. A cultura não apresentou contaminação por coliformes e salmonela-tradicional. Na cultura do fumo, as plantas com adubação mineral e lodo de ETE apresentaram desenvolvimento semelhante, com plantas saudáveis, ao contrário das plantas sem adubação, que se desenvolveram de forma inferior, com menor crescimento das plantas. Desta forma, o lodo de ETE apresenta elevado potencial como fertilizante para as culturas de fumo e aveia.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de resíduos; Saneamento; Aveia (*Avena strigosa* Schereb); Fumo (*Nicotiana tabacum* L.); Lodo de estação de tratamento de esgoto.

* Química Industrial, Especialista em Gestão Ambiental pela Universidade do Sul de Santa Catarina, Brasil.
E-mail: jessica.zomer@unisol.br

** Engenheira Ambiental. Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina. Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

*** Químico Industrial e Especialista em Gestão Ambiental. Operador no Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Orleans, Brasil.

**** Doutor em Ciência do Solo. Doente na Universidade do Oeste de Santa Catarina, Brasil.

***** Doutor em Engenharia Química. Docente permanente no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Santa Catarina, Brasil.

SEWERAGE SLUDGE FROM A TREATMENT PLANT AS FERTILIZER IN TOBACCO AND OATS PLANTATIONS

ABSTRACT: Sewerage sludge from a Sewerage Treatment Plant (STP) was analyzed as a fertilizing agent in the culture of tobacco and oats. Three treatments from each culture were studied: treatment without any fertilizers; treatment with STP sludge as fertilizer; treatment with mineral fertilizer. Parameters included plant development, health aspects, nutritional aspects and the presence of metals. Results were positive with regard to STP sludge as fertilizers in the cultures under analysis. The use of STP sludge in oats culture had similar results as mineral fertilization with regard to growth, development and productivity. High rates of total protein were registered in oats with fertilization and a higher rate of crude fibers was reported in oats with mineral fertilization. Crops were not contaminated by coliforms and salmonella. Tobacco plants with mineral fertilization and STP sludge had similar development (healthy plants); the opposite occurred with plants without any fertilization. They had a lower development rate and lower growth rates. STP sludge has a great capacity as fertilizer for tobacco and oats crops.

KEY WORDS: Wastes management; Public works; Oats (*Avena strigosa* Schereb); Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.); Sewerage sludge from treatment plant.

INTRODUÇÃO

A disposição final de resíduos sólidos (lodo), provenientes de estações de tratamento de esgotos sanitários (ETE), é considerada um grave problema ambiental de âmbito mundial (COSTA, 1995). Dentre os diversos métodos para disposição final de lodos residuais tem-se a incorporação em materiais de construção civil (TAY; SHOW, 1992; SOUZA, 2010), a conversão termoquímica (BORGES, 2008), a disposição em aterros sanitários e a aplicação controlada no solo (MOTTA et al., 2005).

Segundo a última pesquisa nacional de saneamento básico, pelo IBGE, em 2008, entre 1.091 ETE's, 164 delas lançam o lodo sem tratamento em rios ou mar, 97 em terrenos, 452 realizam a disposição em aterros, 19 enviam para incineração, 169 realizam o reaproveitamento e 316 realizam outros processos. Observa-se

considerável número de estações que apresentam um gerenciamento inadequado, enviando o lodo a cursos de água ou em terrenos sem o devido tratamento. Além disto, a disposição em aterros sanitários, embora ambientalmente adequado, apresenta elevados custos e favorece o comprometimento de áreas para disposição de resíduos. Assim, a utilização do lodo de ETE como matéria-prima alternativa em determinados processos possui grande importância socioeconômica, existindo ainda um grande campo a ser explorado.

Nesta direção, lodos de esgoto têm sido utilizados como fertilizante agrícola para aumentar a produtividade das culturas (LATARE et al., 2014, NOGUEIRA et al., 2013, SUCIU et al., 2015), pois possuem material de elevado potencial agrônômico, rico em matéria orgânica e nutrientes, como nitrogênio e fósforo (PEDROZA et al., 2006; TAMANINI et al., 2008). No entanto, o uso agrícola de lodos tem alguns riscos potenciais associados com a presença de metais pesados, compostos orgânicos tóxicos e de microrganismos patogênicos, aspectos que devem ser levados em consideração para uma utilização segura deste subproduto como um condicionador do solo (SOLER-ROVIRA et al., 1996).

Estudos com cultura de trigo mostraram resultados com efeitos positivos da aplicação de lodo de esgoto, em que os autores obtiverem maior quantidade de carbono orgânico total, melhoria nos atributos físicos como densidade do solo, reduzida em cerca de 20% na camada superficial e aumento do diâmetro médio ponderado dos agregados do solo (MONDAL et al., 2015). Em outro estudo realizado na Europa, os autores relataram que é mais adequado aplicar 5 t ha⁻¹ de lodo de esgoto anualmente do que 15 t ha⁻¹ a cada três meses, sendo que aplicadas doses abaixo destes valores, pode-se evitar a contaminação das águas subterrâneas e os efeitos negativos sobre os organismos do solo (SUCIU et al., 2015). Embora diversos trabalhos apontem a viabilidade de aplicação do lodo de ETE como fertilizante agrícola, estudos relacionados ao cultivo de aveia e fumo são insuficientes ou mesmo inexistentes.

Com base neste cenário, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho do lodo proveniente do tratamento de esgoto como fertilizante agrícola nas culturas de aveia e fumo buscando a valorização deste resíduo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em um terreno da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), operada pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (Samae), no município de Orleans – SC, no decorrer dos meses de abril a agosto de 2013. O lodo foi retirado de uma lagoa facultativa e depositado em um reservatório multiuso, até sua estabilização (06 meses). Após este tempo, o lodo foi aplicado aos cultivos, *in natura*, diretamente do reservatório. Além disto, o lodo foi classificado segundo a norma ABNT NBR 10.004/2004, quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde humana. Foram ainda determinadas as características referentes ao lodo como nitrogênio, fósforo, potássio e carbono orgânico, utilizando metodologias presentes em Tedesco et al. (1995).

Foram utilizadas no experimento as culturas de fumo (*Nicotiana tabacum*) e aveia preta (*Avena strigosa*). O delineamento experimental foi disposto em três parcelas, com 9 m² cada, contando com três tratamentos: adubação com lodo de esgoto, adubação mineral e um tratamento como testemunha, sem adubação. O controle hídrico foi realizado informalmente, baseado na experiência com outras culturas do campo experimental. Houve irrigação durante o plantio, apenas nos três primeiros dias. Ao longo dos experimentos não foi necessário este procedimento pela ocorrência de chuvas suficientes às necessidades das culturas.

As doses de lodo de esgoto corresponderam a 3,67 L m⁻² para a cultura do fumo e 4 L m⁻² para a cultura da aveia. Para a adubação mineral utilizada no experimento foi considerada uma fórmula de adubo com nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), na relação de 5-20-10 (equivalente a 5% de N, 20% de P₂O₅, 10% de K₂O). As duas culturas receberam a mesma formulação de adubo mineral. A quantidade de adubo aplicada baseou-se nas recomendações do Manual de Adubação e Calagem para RS/ SC (CQFS RS/SC, 2004), correspondendo a 33,34 g m⁻² para a cultura do fumo e 22,23 g m⁻² para a cultura da aveia.

O controle hídrico foi realizado informalmente, baseado na observação. Houve irrigação durante o plantio e apenas nos três primeiros dias, sendo que ao longo dos experimentos não foi necessário, pela ocorrência de chuvas suficientes às necessidades das culturas.

O município de Orleans – SC apresenta a predominância dos tipos de solos argilosos (Argissolo Vermelho Amarelo e Cambissolos), conforme a classificação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2013), porém no local do estudo, predomina o solo tipo Argissolo. Para o plantio, o solo foi previamente preparado com o auxílio de um trator, o qual foi limpo e arado. A adubação do lodo e do adubo mineral ocorreu com o revolvimento de 10 cm de solo e foi realizada um dia antes do plantio das culturas.

O fumo utilizado foi da espécie *Nicotiana Tabacum* L., variedade Amarelinho. Cada unidade experimental foi dividida em duas fileiras paralelas, as mudas foram plantadas a uma distância de 0,50 m, totalizando 22 mudas por canteiro, conforme Figura 1 (a).

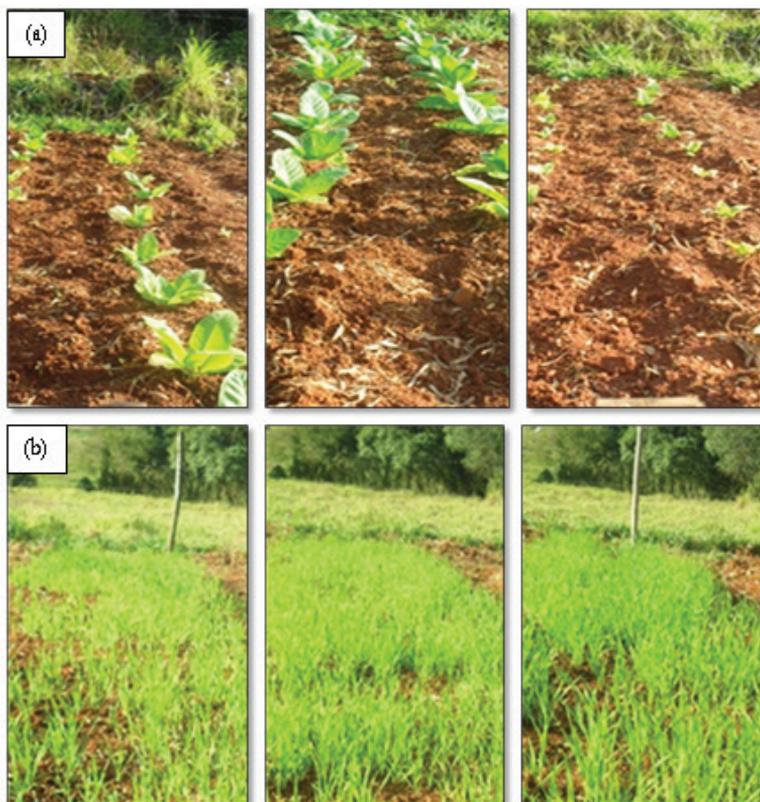


Figura 1 (a). Unidades experimentais do fumo, parcelas com lodo de ETE (esquerda), sem adubação (centro) e com adubo mineral (direita); 1 (b) Unidades experimentais da aveia, parcelas com lodo de ETE (esquerda), sem adubação (centro) e com adubo mineral (direita).

Na cultura do fumo foi realizado o acompanhamento periódico do crescimento e desenvolvimento das plantas, pelo número de folhas por planta. A primeira contagem foi realizada 35 dias após o plantio; os demais foram aos 50, 63, 77, 85 e 98 dias. No decorrer do experimento, a cultura foi mantida livre de ervas daninhas, por meio da realização de capinas manual com frequência semanal. Para o controle de eventuais pragas, foi utilizado apenas um inseticida, tendo como ingrediente ativo o acefato. Foram realizadas três aplicações, aos 28, 43 e 67 dias, as aplicações seguiram as recomendações de diluição do rótulo, recomendados pelo fabricante. Foi utilizado também no entorno do terreno, próximo ao cercado de proteção, isca formicida granulada. Para o combate de formigas cortadeiras, no qual o ingrediente ativo é sulfluramida (N-ethylperfluorooctane-1-sulfonamide); a distribuição foi realizada conforme recomendação do fabricante.

Foi utilizada aveia preta da variedade Embrapa 139, semeada “a lanço”, utilizando-se 100 g de sementes para cada unidade experimental. Na Figura 1 (b) pode-se observar o desenvolvimento da cultura. Foi realizado o acompanhamento do crescimento e desenvolvimento de 30 plantas, pela altura da planta e determinado o teor de massa verde, proteína total, fibra bruta, matéria mineral e presença de metais, de acordo com a metodologia proposta pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (BRASIL, 1998). Foram analisados também os aspectos sanitários (coliformes). A determinação quantitativa dos coliformes totais seguiu a metodologia descrita no Official Methods of Analysis - 998.08 / 991.14 / 986.33 (AOAC, 1995); para a contagem dos coliformes termotolerantes foram utilizados kits da 3M⁰ certificados por AFNOR 3M 01/2 - 09/89C e a determinação qualitativa de salmonela pela técnica de presença/ausência (ISO 6579:2002).

Uma caracterização do solo foi realizada, analisando-se os parâmetros apresentados na Tabela 1. A metodologia empregada para a análise destes parâmetros, bem como a interpretação dos resultados, está descrita no Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2004).

As amostras de solo foram efetuadas na profundidade de 0 a 0,2 m, coletando diversos pontos aleatórios do terreno, totalizando 15 amostras simples, para formar uma amostra composta, coletadas em uma área de 60 m². Esta metodologia de amostragem encontra-se de acordo com o recomendado por

Machado (1999), que sugere pelo menos 15 amostras simples para cada 4 hectares de área homogênea. Na área considerada não havia plantação de culturas agrícolas, apenas grama, que foi retirada do terreno para o preparo do solo.

Tabela 1. Teor de argila e características químicas do solo antes do plantio

Determinação	Unidade	Resultado
Teor de argila	%	42,00
pH (H ₂ O)		5,30
Índice SMP		6,00
P	mg dm ⁻³	4,70
K ⁺	mg dm ⁻³	87,00
M. O.	%	1,60
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,40
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	1,90
Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	1,00
H + Al	cmol _c dm ⁻³	4,36
SB	cmol _c dm ⁻³	3,18
CTC	cmol _c dm ⁻³	7,54
V	%	42,18

H + Al – acidez potencial; P – fósforo disponível; M.O. – matéria orgânica; K⁺, Al³⁺, Ca⁺² e Mg⁺² – potássio, alumínio, cálcio e magnésio trocável, respectivamente; SB - Soma de bases trocáveis; CTC – capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – índice de saturação de bases.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 LODO DE ETE

Os valores dos extratos de solubilização e lixiviação para a classificação do lodo utilizado no experimento, segundo ABNT NBR 10.004:2004, estão descritos na Tabela 2, bem como a presença de nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) e carbono orgânico.

Tabela 2. Limite máximo permitido nos extratos de solubilização e lixiviação, segundo NBR 10.004:2004, e os respectivos resultados e nutrientes presentes no lodo de ETE usado no estudo

Parâmetros	Extrato solubilizado		Extrato lixiviado	
	Limite máximo (mg L ⁻¹)	Resultados (mg L ⁻¹)	Limite máximo (mg L ⁻¹)	Resultados (mg L ⁻¹)
Alumínio	0,2	1,6		
Arsênio	0,01	<0,001	1,0	<0,001
Bário	0,7	<0,1	70,0	0,6
Cádmio	0,005	<0,001	0,5	<0,01
Chumbo	0,01	<0,001	1,0	<0,05
Cloreto	250,0	45,0		
Cobre	2,0	<0,01		
Cromo total	0,05	<0,02	5,0	<0,02
Fenóis totais	0,01	<0,01		
Ferro	0,3	0,61		
Fluoreto	1,5	0,9	150,0	0,2
Manganês	0,1	0,13		
Mercurio	0,001	<0,001	0,1	<0,001
Nitrato (expresso em N)	10,0	21,5		
Prata	0,05	<0,01	5,0	<0,01
Selênio	0,01	<0,001	1,0	<0,001
Sódio	200,0	71,36		
Sulfato (SO ₄)	250,0	224		
Surfactantes	0,5	Interferente		
Zinco	5,0	0,06		
		Lodo <i>in natura</i>		Seco a 65 °C
Nitrogênio total (%)		0,1		1,8
Fósforo total (P ₂ O ₅) (%)		0,03		0,6
Potássio (K ₂ O) sol. em H ₂ O (%)		0,003		0,05
Carbono orgânico (CO) (%)		1,0		17,6

Nota-se que, conforme Tabela 2, os parâmetros analisados no extrato lixiviado (ABNT NBR 10.005, 2004) não ultrapassaram os limites máximos permitidos, de acordo com a NBR 10.004:2004, anexo F, sendo caracterizado como não tóxico. Além disso, o lodo é caracterizado como não corrosivo, pois apresenta pH 7,18, situando-se dentro do limite (2,0 – 12,5); não reativo, pois não apresenta em sua constituição íons cianeto e sulfeto acima do limite estabelecido; não inflamável, ou seja, não produz fogo em condições normais de temperatura e pressão nem sob fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas. A patogenicidade não foi avaliada. Portanto, há indicações que o lodo se classifica como resíduo não perigoso de Classe II. Cabe ressaltar que esses valores se referem à caracterização já estabilizada, ou seja, com menor teor de compostos voláteis e microrganismos em relação ao mesmo material imediatamente removido do processo de tratamento.

De acordo com os resultados obtidos no extrato solubilizado, constata-se que os parâmetros alumínio, ferro, manganês e nitrato apresentam concentração superior ao padrão para o ensaio de solubilização, anexo G da ABNT NBR 10.004:2004, caracterizando assim o resíduo como não inerte e, portanto, o resíduo é considerado Classe IIA.

Com relação aos nutrientes, observa-se que no lodo seco a relação C/N apresenta valor próximo a 10, demonstrando o seu elevado potencial como fonte de nitrogênio. Além disto, foram ainda detectadas concentrações de fósforo e potássio, que poderiam ser valorizados como fonte de nutrientes para o cultivo de plantas. Uma vez que não foi observada a presença de metais pesados, considera-se que o lodo desta estação apresenta elevado potencial para uso na agricultura. No entanto, esta avaliação deve ser feita de estação para estação uma vez que os processos de tratamento e o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica são distintos. Neste sentido, ações de educação ambiental devem ser realizadas no sentido de esclarecer a população sobre os impactos do lançamento de resíduos indevidos ao sistema de esgotamento sanitário e como isso pode prejudicar o processo de gerenciamento destes resíduos de uma forma global.

3.1 FUMO

3.1.1 Análise do crescimento do fumo

O acompanhamento do número de folhas do fumo, descrito na Tabela 3, demonstra que o tratamento com lodo de ETE e adubo mineral não apresentaram diferença significativa entre eles, com exceção da análise aos 77 dias após o plantio, em que a adubação mineral acrescentou o número de folhas. Entretanto, em todos os dias avaliados, tanto a adubação mineral como a adubação com lodo apresentaram mais folhas de fumo que o tratamento testemunha.

Além disso, vale ressaltar que as plantas que receberam como adubação o lodo de ETE apresentaram-se visualmente saudáveis, com folhas verdes semelhantes às que receberam adubo mineral. Plantas doentes ou com falta de nutrientes/água apresentam coloração diferenciada, geralmente amareladas ou ainda a presença de folhas murchas.

Tabela 3. Média no número de folhas na cultura de fumo em cada um dos tratamentos avaliados em diferentes dias após o plantio

Tratamento	Dias após o plantio					
	35	50	63	77	85	98
Sem adubação	4,27 a	5,18 a	6,36 a	8,00 a	8,50 a	8,86 a
Lodo de ETE	6,45 b	8,18 b	9,40 b	10,77 b	11,09 b	11,68 b
Adubo mineral	6,68 b	9,22 b	10,95 b	12,63 c	13,09 b	13,86 b

* Médias acompanhadas pela mesma letra nas linhas não apresentam diferença em nível de significância de 5 % ao teste de Tukey.

3.2 AVEIA

3.2.1 Parâmetros de crescimento da aveia

Observa-se, conforme a Tabela 4, que durante os primeiros 50 dias, o desenvolvimento da altura da aveia cultivada com lodo de ETE apresentou-se de

maneira semelhante à aveia sem adubação. Porém, a partir da segunda avaliação, aos 77 dias, a aveia cultivada com lodo de ETE apresentou desempenho equivalente à aveia com adubação mineral. Ao final do ciclo de desenvolvimento, nas avaliações aos 85 e 98 dias, a aveia com adubação mineral apresentou melhor resultado em relação às plantas adubadas com lodo de ETE, porém esta, sendo melhor que o tratamento sem adubação.

Bittencourt et al. (2012) estudaram a aplicação de lodo de uma ETA em solo degradado, sobre a cultura do milho, não sendo observada a influência dos tratamentos (doses de lodo) no desenvolvimento vegetal da cultura, diferentemente dos resultados encontrados neste trabalho, que mostraram a aplicação do lodo como sendo equivalente à adubação química em alguns estágios.

Tabela 4. Média na altura da planta aveia (cm) em cada um dos tratamentos avaliados em diferentes dias após o plantio

Tratamento	Dias			
	50	77	85	98
Sem adubação	26,23 a	29,90 a	33,03 a	36,36 a
Lodo de ETE	26,90 a	34,83 b	37,43 b	40,63 b
Adubo mineral	32,53 b	36,20 b	41,36 c	48,00 c

* Médias acompanhadas pela mesma letra nas linhas não apresentam diferença em nível de significância de 5 % ao teste de Tukey.

3.2.2 Produtividade da aveia

A aveia no tratamento com lodo de ETE apresentou produção de matéria verde de 10.115 kg ha⁻¹, a aveia sem adubação produziu 8.585 kg ha⁻¹, e a aveia com adubo mineral produziu 11.245 kg ha⁻¹. A maior produção foi encontrada na aveia com adubo mineral, porém essa diferença foi pequena considerando-se o fato de ter sido realizado apenas uma adubação. Possivelmente, uma segunda adubação com lodo de ETE poderia permitir que fosse alcançada uma produção semelhante à adubação mineral, igualando o potencial de valorização do lodo de ETE como fertilizante quando comparado ao desempenho de fertilizantes tradicionais.

Não há na literatura trabalhos que utilizaram lodo de ETE em culturas de aveia e fumo. No entanto alguns trabalhos foram desenvolvidos com culturas diferentes. No estudo realizado por Pascual et al. (2010), a adubação com dois diferentes tipos de lodo de esgoto, em plantas de pimenta, aumentaram a folhagem e a matéria seca de raízes, bem como a produção de frutos, principalmente pelo maior número de frutos por planta e não houve efeito do lodo sobre o tamanho dos frutos (massa seca por fruto e diâmetro).

3.2.3 Aspectos sanitários

Os tratamentos na cultura da aveia não apresentaram contaminação por coliformes totais e coliformes termotolerantes. Os valores foram menores que $1,0 \times 10^1$ NMP g⁻¹, e apresentaram ausência de salmonela, situando-se abaixo dos limites permitidos pela resolução Conama 375/2006 (BRASIL, 2006). Estes resultados demonstram que o uso deste lodo não altera os aspectos sanitários do vegetal quando aplicado em culturas. Alguns fatores podem explicar este resultado, como o fato do lodo ser de uma lagoa facultativa e passar por um processo de estabilização, podendo ter reduzida a viabilidade celular dos microrganismos por desidratação ou por inativação térmica, pela exposição, por um longo período, a temperaturas acima de 40°C.

3.2.4 Aspectos nutricionais

Os teores de proteína foram maiores na aveia sem adubação, e o menor percentual foi encontrado na aveia com adubação mineral (Figura 2). O fato que possivelmente pode explicar essa variação está relacionado ao fato que as plantas que receberam adubação terem se desenvolvido muito rápido, não concentrando o nitrogênio, consequentemente não apresentando teores de proteínas em quantidade suficiente. Ferraz e Poggiani (2014) encontraram resultados semelhantes, porém analisando concentração de nitrogênio (N) nas raízes finas de eucalipto, a qual foi similar entre todos os tratamentos, variando de $8,7 \pm 1,0$ g kg⁻¹, o equivalente a 55,68 g kg⁻¹ de proteína total.

No trabalho de Ferraz e Poggiani (2014), os autores obtiveram teores de proteína bruta em raízes finas de eucalipto de $54,38 \pm 6,25 \text{ g Kg}^{-1}$, sendo similares entre todos os tratamentos (sem qualquer adubação; fertilização mineral NPK e adubação com lodo de esgoto).

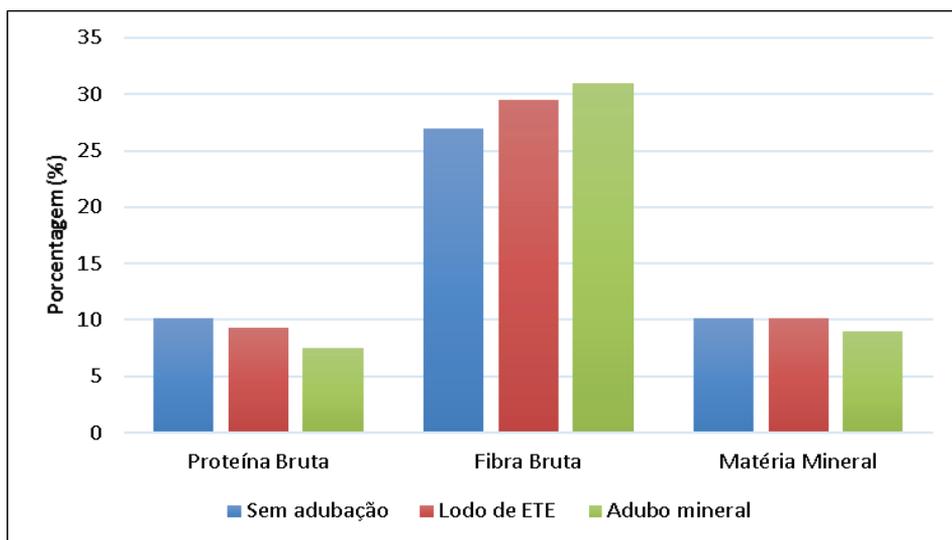


Figura 2. Teor de proteína, fibra e matéria mineral na aveia nos diferentes tipos de tratamento aplicado

3.2.5 Metais

Foi observado o desenvolvimento normal da aveia, pois os metais acompanhados não tiveram interferência negativa à cultura, conforme Tabela 5. Os metais fazem parte do quadro natural de nutrientes presentes nas plantas, apenas grandes alterações se tornariam prejudiciais ao seu desenvolvimento.

Tabela 5. Percentual de metais na aveia

Tratamento	Metais (%)				
	Alumínio	Ferro	Manganês	Potássio	Sódio
Sem adubação	0,02	0,03	0,05	3,00	0,05
Lodo de ETE	0,03	0,04	0,05	3,18	0,06
Adubo mineral	0,02	0,03	0,03	2,53	0,05

4 CONCLUSÃO

A utilização do lodo de ETE como fertilizante agrícola nas culturas de fumo e aveia pode ser viável, mediante o monitoramento da característica deste resíduo, objetivando satisfazer alguns pré-requisitos que tornem o seu uso seguro para os seres humanos, animais e o ambiente. No entanto, um estudo posterior é indispensável para determinar as concentrações exatas a serem aplicadas nas culturas, visando aperfeiçoar a relação adubação versus necessidade da planta.

Estudos neste sentido são muito importantes para países como o Brasil, com grande vocação agrícola. Ao mesmo tempo, ao passo que os investimentos em esgotamento sanitário forem avançando no Brasil, estratégias de gerenciamento de resíduos devem ser motivadas como os realizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

AFNOR - Association Française de Normalisation. Certificate Number 3M 01/2-09/89C. Coliform Count Plate in Food.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16. ed. Arlington, Virginia: Patricia Cunniff, 1995. vol. 1-2.

BERTON, R. S.; NOGUEIRA, T. A. R. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. (Org.). **Uso agrícola de lodo de esgoto**. Botucatu: FEPAF, 2010. p. 31-50.

BITTENCOURT, S.; SERRAT, B. M.; AISSE, M. M.; MARIN, L. M. K. S.; SIMÃO, C. C. Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 315-324, jul./set. 2012.

BORGES, F. **Caracterização e estudo da potencialidade de lodos de efluentes doméstico e industrial como combustível na geração de energia**. 2008. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Joinville, 2008.

BRASIL. IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**: 2008. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf >. Acesso em: 10 ago. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. Brasília: Sindicacões/Anfar, 1998.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução 375. Define critérios e procedimentos, para o uso de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 de agosto de 2006.

CONTIN, M.; MALEV, O.; IZOSIMOVA, A.; De NOBILI, M. Flocculation of sewage sludge with FeCl₃ modifies the bioavailability of potentially toxic elements when added to diferente soils. **Ecological Engineering**, v. 81, p. 278-288, 2015.

COSTA, V. R. Plásticos a caminho da reciclagem. **Ciência Hoje**, v. 18, n. 107, p. 8-15, mar. 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 1999. 412 p.

FERRAZ, A. de V.; POGGIANI, F. Biomassa, nutrientes e metais pesados em raízes de eucaliptos adubados com diferentes lodos de esgoto. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 311-320, abr./jun. 2014.

ISO, International Organization for Standardization. ISO 6579:2002/Amd 1:2007 **Detection of *Salmonella spp.* in animal faeces and in environmental samples from the primary production stage**, amendment 1, annex D. In Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection of *Salmonella spp.* Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2007.

LATARE, A. M.; KUMAR, O.; SINGH, S. K.; GUPTA, A. Direct and residual effect of sewage sludge on yield, heavy metals content and soil fertility under rice-wheat system. **Ecological Engineering**, v. 69, p. 17-24, 2014.

MACHADO, P.L.O.A. **Coleta de amostras de solos para análise (visando recomendação de adubos e corretivos)**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/dica01/dica01.html>>. Acesso em: 11 dez 2016.

MONDAL, S.; SINGH, R. D.; PATRA, A. K.; DWIVEDI, B. S.; Changes in soil quality in response to short-term application of municipal sewage sludge in a typical haplustept under cowpea-wheat cropping system. **Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management**, v. 4, p. 37-41, 2015.

MOTTA, A. C. V.; HOPPEN, C.; ANDREOLI, C. V.; TAMANINI, C. R.; FERNANDES, C. V. S.; PEGORINI, E. S.; SOCCOL, V. T. **Parecer técnico**: Disposição final de lodos de estação de tratamento de água. Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 43p.

NOGUEIRA, T. A. R.; FRANCO, A.; HE, Z.; BRAGA, V. S.; FIRME, L. P.; ABREU-JUNIOR, C. H. Short-term usage of sewage sludge as organic fertilizer to sugarcane in a tropical soil bears little threat of heavy metal contamination. **Journal of Environmental Management**, v. 114, p. 168-177, 2013.

PASCUAL, I.; AZCONA, I.; AGUIRREOLEA, J.; MORALES, F. N.; CORPAS, F. J.; PALMA, J. M.; RELLÁN-ÁLVAREZ, R.; SÁNCHEZ-DÍAZ, M. Growth, yield, and fruit quality of pepper plants amended with two sanitized sewage sludges. **Journal of Agricultural and food chemistry**, v. 58, p. 6951-6959, 2010.

PEDROZA, J. P.; HAANDEL, A. C.; BELTRÃO, N. E. M.; DIONÍSIO, J. A.; DUARTE, M. E. M. Qualidade tecnológica da pluma do algodoeiro herbáceo cultivado com biossólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 586-592, 2006.

RIO GRANDE DO SUL. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, RS, 2004. 394 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3. ed. Santa Maria: SBCS, 1997. 223 p.

SOLER-ROVIRA, P.; SOLER-SOLER, J.; SOLER-ROVIRA, J.; POLO, A. Agricultural use of sewage sludge and its regulation. **Fertilizer Research**, v. 43, p. 173-177, 1996.

SOUZA, F. R. **Compósito de lodo de estação de tratamento de água e serragem de madeira para uso como agregado graúdo em concreto**. 2010. 209f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SUCIU, N. A.; LAMASTRA, L.; TREVISAN, M. PAHs contente os sewage sludge in Europe and its use as soil fertilizer. **Waste Management**, v. 41, p. 119-127, 2015.

TAMANINI, C. R.; MOTTA, A. C. V.; ANDREOLI, C. V.; DOETZER, B. H. Land reclamation recovery with the sewage sludge use. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 4, p. 643-655, 2008.

TAY, J.-H.; SHOW, K.-Y. Utilization of municipal wastewater sludge as building and construction materials. **Resources, Conservation and Recyclin**, v. 6, n. 3, p. 191-204, maio 1992.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, RS: [s.n.], 1995. 174p.

ZONTA, E.; BRASIL, F. C.; GOI, S. R.; ROSA, M. M. T. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 7-52.

Recebido em: 2016-04-19

Aceito em: 2016-12-13