

# Caracterização de lodos de esgoto produzidos na região metropolitana do Rio de Janeiro e potencial de uso na restauração florestal

Alan Henrique Marques de Abreu<sup>1</sup>; Jorge Makhoulouta Alonso<sup>2</sup>; Paulo Sérgio dos Santos Leles<sup>3</sup>; Elton Luis da Silva Abel<sup>4</sup>; Gerhard Valkinir Cabreira<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, M.Sc., Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro – CEDAE, Doutorando em Ciências Ambientais e Florestais, UFRRJ (alanhenriquem@gmail.com); <sup>2</sup>Engenheiro Florestal, M.Sc., Doutorando em Ciências Ambientais e Florestais, UFRRJ (j\_makh@hotmail.com); <sup>3</sup>Engenheiro Florestal, D.Sc., Professor Instituto de Florestas, UFRRJ (pleles@ufrj.br); <sup>4</sup>Engenheiro Florestal, M.Sc., Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro - CEDAE (elton@cedae.com.br); <sup>5</sup>Engenheiro Florestal, Mestrando em Ciências Ambientais e Florestais, UFRRJ (gerhard\_vc@hotmail.com)

APRESENTADO NO IV CBRA - CONGRESSO BRASILEIRO DE REFLORESTAMENTO AMBIENTAL - 19 A 21 DE OUTUBRO DE 2016, RIO DE JANEIRO/RJ

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi caracterizar lodos de esgoto de quatro estações de tratamento da região metropolitana do Rio de Janeiro e avaliar seu potencial de uso em atividades de restauração florestal. Foram analisadas amostras de oito lotes de lodo, oriundos de quatro estações de tratamento de esgoto (ETE) localizadas na região metropolitana do Rio de Janeiro - RJ. Essas ETEs recebem e tratam apenas esgotos domésticos. Para a caracterização dos lotes de lodo foram coletadas amostras dos diferentes lodos para análise, conforme os parâmetros dispostos na Resolução nº 375/2006 do CONAMA. Os lotes de lodo de esgoto analisados apresentaram os seguintes teores de nutrientes: N variando de 14,20 a 42,33 g kg<sup>-1</sup>; P entre 5,22 e 17,23 g kg<sup>-1</sup>; e K entre 1,82 e 5,00 g kg<sup>-1</sup>. Quanto à matéria orgânica, os teores ficaram entre 51,6 a 57,9%. A composição química dos lodos avaliados no presente trabalho se encontra dentro do padrão observado em ETEs de outros estados do Brasil. Os lodos não apresentaram restrições quanto aos teores de metais pesados, nem em relação a presença de agentes patogênicos. Existe grande potencial para a aplicação do lodo de esgoto na restauração florestal, tanto na adubação, quanto como condicionador de solo. Tal afirmação é comprovada pelas características do material e estudos realizados para produção de mudas nativas e na silvicultura de produção.

**Palavras-chave:** biossólido, reflorestamento, resíduos sólidos

## Introdução

Um dos maiores desafios ambientais das grandes cidades é o manejo dos seus resíduos sólidos, dentre os quais se encontra o lodo de esgoto, que pode ser definido como o resíduo sólido proveniente do tratamento de esgoto. Em grande parte do Brasil, a realidade é a mesma observada no estado do Rio de Janeiro, onde esse material é disposto quase que exclusivamente em aterros sanitários.

No entanto, o lodo de esgoto é rico em matéria orgânica e nutrientes que poderiam ser reaproveitados, aumentando a produtividade das culturas e diminuindo a dependência de fertilizantes químicos. A reciclagem agrícola e florestal do lodo é uma realidade em diversos países, sendo ainda bastante incipiente no Brasil.

Para reciclagem agrícola ou florestal do lodo de esgoto é necessário realizar uma boa caracterização do material, pois o mesmo pode conter níveis elevados de metais pesados ou organismos patogênicos. Além disso o lodo de esgoto pode ter variações nos teores de nutrientes em função da região onde ele é coletado, das características do efluente e do tratamento ao qual é submetido o esgoto e o próprio lodo, no que diz respeito a sua estabilização.

A ocupação do território brasileiro levou a grande desmatamento de florestas naturais e muitas dessas terras encontram-se hoje degradadas e ou subutilizadas. Acontecimentos como escassez de água para abastecimento de grandes cidades, mudanças climáticas e tragédias ambientais tem conscientizado a população e o poder público da necessidade de projetos de restauração florestal em áreas subutilizadas ou de alto interesse ecológico.

O uso do lodo de esgoto em atividades de restauração florestal consiste em interessante alternativa para a solução conjunta de dois problemas ambientais distintos e muito comuns em diversas regiões e estados do Brasil, que são a destinação final deste resíduo e a necessidade de plantios para restauração florestal.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o lodo de esgoto de diferentes estações de tratamento do estado do Rio de Janeiro e avaliar o potencial de utilização dos mesmos em atividades de restauração florestal.

## Material e Métodos

Foram analisadas amostras de oito lotes de lodo, oriundos de quatro estações de tratamento de esgoto (ETE) localizadas na região metropolitana do Rio de Janeiro - RJ, sendo elas: ETE Alegria, localizada no bairro do Caju, cidade do Rio de Janeiro; ETE Barra da Tijuca, situada no bairro de mesmo nome na cidade do Rio de Janeiro; ETE Ilha do Governador, no bairro de mesmo nome também na cidade do Rio de Janeiro; ETE Sarapuí, localizada no município de Belford Roxo - RJ. Essas ETEs recebem e tratam apenas esgotos domésticos e são administradas pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro, CEDAE.

Para a caracterização dos diferentes lotes de lodo foram coletadas amostras dos diferentes lotes de lodo para análise, conforme os parâmetros dispostos na Resolução nº 375/2006 do CONAMA (Brasil, 2006). O material foi analisado química e biologicamente de acordo com os procedimentos recomendados pela resolução.

A análise química dos lotes de lodo de esgoto consistiu na determinação dos teores totais dos seguintes elementos: N, P, K, Ca, Mg, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se e Zn. Dentre os quais, N, P, K, Ca e Mg são macronutrientes fundamentais para o crescimento das plantas. Enquanto As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se e Zn são considerados metais pesados potencialmente tóxicos. Também foram determinados o teor de matéria orgânica e o pH de cada lote de lodo de esgoto.

A caracterização microbiológica do biossólido foi realizada quanto a presença de coliformes termotolerantes, ovos viáveis de helmintos e *Salmonella* sp., corresponde a presença de patógenos nocivos a saúde humana. Através de tais análises o lodo de esgoto pode ser classificado em classe A (excelente qualidade) ou B (maiores restrições de uso), dependendo da presença e ou concentrações dos microrganismos em sua composição.

Os parâmetros microbiológicos e de metais pesados foram comparados com os máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 375 (Brasil, 2006) e avaliado se os mesmos atendem a legislação vigente relativa a aplicação de lodo no solo.

## Resultados e Discussão

A presença de altos teores de nutrientes nos lotes de lodo de esgoto analisados (Tabela 1) corrobora com os resultados observados em diferentes ETEs do Brasil (Sampaio, 2010; Carvalho et al., 2015; Nascimento, 2016). Sampaio (2010) analisando lodos produzidos em diferentes ETEs do Brasil, encontrou teores de N variando entre 22,5 a 55,3g kg<sup>-1</sup>, para P os teores variaram de 6 a 30 g kg<sup>-1</sup>, para K de 0,1 a 3,9g kg<sup>-1</sup> e para a matéria orgânica os teores variaram de 410 a 713g kg<sup>-1</sup>, valores semelhantes aos observados no presente trabalho.

Tabela 1: Teores de nutrientes e matéria orgânica (mg kg<sup>-1</sup>) presentes em lotes de lodo de estações de tratamento de esgotos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro - RJ.

ETE	Lote	N	P	K	Ca	Mg	MO	pH
Alegria	I	38,83	6,16	5,00	2,36	0,15	544,1	5,5
Alegria	II	32,94	9,56	3,99	2,11	5,45	572,8	5,1
Barra	III	18,37	8,91	2,09	2,39	5,69	398,3	7,3
Ilha	IV	33,47	5,42	1,82	1,56	3,22	578,8	5,3
Ilha	V	28,78	5,22	1,57	1,74	3,22	589,4	5,0
Ilha	VI	14,24	5,53	4,01	18,51	5,83	598,7	6,5
Sarapuí	VII	42,33	17,23	2,73	1,35	2,95	515,9	6,3
Sarapuí	VIII	39,81	12,24	3,07	8,59	2,69	513,2	6,5
Média	-	31,09	8,78	3,03	4,83	3,65	538,9	5,8
Desv.Pad.	-	10,17	4,24	1,21	6,01	1,93	65,3	0,9

N – método Kjeldhal; P, Ca e Mg – ICP-OES; K – fotometria de chama; MO – método de Walkley e Black; pH – H<sub>2</sub>O.

Os lotes de lodo de esgoto analisados apresentaram níveis elevados de N, sendo o macronutriente em maior abundância, variando de 14,24 a 42,33 g kg<sup>-1</sup> de lodo de esgoto na base seca. No lodo de esgoto, a maior parcela de N encontra-se na forma orgânica, essa característica faz com que o mesmo seja liberado lentamente para o sistema, diminuindo a lixiviação em comparação a fertilizantes químicos (Carvalho et al., 2015). Tal característica pode ser favorável para plantios de restauração florestal, onde a aplicação de lodo poderia ocorrer na cova de plantio, disponibilizando lentamente o N para as plantas, dispensando o emprego do mesmo em cova, além de uma ou mais aplicações na adubação de cobertura.

O teor de P nos lotes de lodo analisados variou de 5,22 até 17,23 g kg<sup>-1</sup>, valores próximos aos observados em outros estudos (Sampaio, 2010; Carvalho et al., 2015). No geral, os solos brasileiros são bastante dependentes de adubações fosfatadas, pois o P encontra-se fortemente adsorvido nos minerais de argila dos solos, sendo muito baixa a sua disponibilidade para as plantas. Outra informação relevante é que os fertilizantes fosfatados tem sofrido grande aumento de preços devido a escassez de fontes naturais de P, sendo importante a busca por fontes alternativas desse nutriente, como a reciclagem do lodo de esgoto. Na restauração florestal o P é o principal nutriente aplicado na adubação de plantio, a utilização do lodo de esgoto em covas de plantio pode ser uma alternativa viável de substituição da adubação química, considerando a alta concentração de P presente nesse material.

Segundo Lima Filho (2015), que comparou diferentes doses de lodo de esgoto na adubação de plantio de *Chorisia speciosa* em relação a adubação convencional com superfosfato simples, o lodo de esgoto obteve resultado superior ao observado na fertilização química, mesmo na menor dose avaliada, correspondente a 0,8 litros por planta (0,44 kg). Tal resultado pode ser atribuído ao fato de que além de fornecer fósforo, o lodo de esgoto fornece matéria orgânica e outros nutrientes para as plantas, melhorando as características físicas e químicas do solo.

O K se apresenta em concentrações menores nos lodos de esgoto secos, o que ocorre devido à sua alta solubilidade, fazendo com que este nutriente permaneça diluído e seja descartado junto da água residuária. Dessa forma, para utilização do lodo de esgoto em plantios de restauração florestal, em solos pobres em K, sugere-se realizar a complementação deste nutriente por meio de adubações de cobertura com fertilizantes químicos ricos nesse nutriente.

O Ca foi encontrado em teores que variaram de 1,35 a 18,51 g kg<sup>-1</sup> de lodo na base seca. Como nas ETEs estudadas não é adotado o tratamento de caleação para higienização do lodo, justificam-se os teores mais baixos de Ca nos lodos analisados em relação ao observado por outros autores (Carvalho et al., 2015; Nascimento, 2016). Os teores de Mg encontrados nos lotes analisados variaram de 0,15 a 5,83 g kg<sup>-1</sup>, valores semelhantes aos encontrados por Nascimento (2016), que analisaram lodos de 19 ETES do Estado de São Paulo e encontraram teores de Mg variando de 1,0 a 4,5 g kg<sup>-1</sup>.

Os lodos analisados apresentaram teores de matéria orgânica variando de 51,6 a 57,9%. O elevado teor de matéria orgânica é um dos principais atributos à serem levados em consideração para a reciclagem florestal deste material. Carvalho et al. (2015) ao analisarem a fração orgânica de cinco diferentes lodos, encontraram que mais de 70% do carbono e 80% do nitrogênio encontram-se no compartimento orgânico dos lodos de esgoto. Por esse motivo, o lodo tem sido amplamente utilizado como condicionador para melhoria das características químicas e físicas dos solos e, inclusive, sua aplicação tem sido indicada como uma das ações para mitigação das mudanças climáticas, visando aumentar o estoque de matéria orgânica e conseqüentemente de carbono no solo (Ouimet et al., 2015).

Em relação a análise dos agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos verificou-se que todos os lotes de lodo de esgoto amostrados podem ser classificados como de classe A, indicando que a concentração de microrganismos patogênicos nestes materiais está abaixo da máxima permitida, atendendo as normas da Resolução n° 375/2006 do CONAMA (Brasil, 2006).

Verificou-se que, para todos os lotes de lodo de esgoto analisados, as concentrações dos metais pesados foram menores que o máximo permitido pela legislação, caracterizando-os como viáveis para o aproveitamento florestal, no que se refere ao risco de contaminação por metais pesados. Considerando a concentração média de metais pesados nos lotes amostrados, em relação aos teores máximos permitidos na Resolução n° 375/2006 do CONAMA (Brasil, 2006), a ordem de atenção foi Pb>Zn>Ba>Cu>Cr>Ni>Cd>As>Se>Hg, que encontram-se respectivamente a 26, 23, 18, 13, 5, 5, 2, 2, 1 e 0,1% do limite máximo para utilização agrícola. Os lotes I e II, provenientes da ETE Alegria, são os que despertam maior atenção, pois, embora os teores de Pb estejam abaixo do limite estipulado pela legislação (300 mg kg<sup>-1</sup>), os mesmos estão, respectivamente, à 66 e 51% do limite máximo. Tendo em vista que as ETEs analisadas admitem receber apenas esgotos domiciliares, estes níveis de Pb podem indicar descargas clandestinas na rede coletora.

Na reciclagem agrícola do lodo de esgoto a concentração abaixo dos limites máximos permitidos não necessariamente elimina os riscos de contaminação, visto que sucessivas aplicações podem levar ao acúmulo destes metais no solo. A reciclagem florestal como fertilizante para plantios de restauração florestal ou condicionador de solos para recuperação de áreas degradadas, por exemplo, pode ser mais atrativa e segura do ponto de vista ambiental, visto que, nestas atividades seriam realizadas apenas uma ou duas aplicações. Sampaio et al. (2016) ao avaliarem os riscos de acumulação de metais pesados nas plantas e no solo, em aplicação de lodo de esgoto de até 20 t ha<sup>-1</sup> em plantios de recuperação de áreas degradadas, concluíram que o lodo pode ser utilizado de forma ambientalmente segura para esta finalidade.

Apesar do potencial e das vantagens que justificam a aplicação do lodo de esgoto como adubo ou condicionador de solo em plantios de restauração florestal, tal destinação ainda se mostra muito incipiente. Na silvicultura de produção de madeira existem estudos comprovando a eficiência deste material, como os de Silva et al. (2008) que analisando a fertilização de plantios de eucalipto com lodo de esgoto, determinaram que doses de 5 a 10 t ha<sup>-1</sup> podem substituir a necessidade das adubações nitrogenadas e fosfatadas, bem como de micronutrientes. No Canadá Ouimet et al. (2015), ao avaliarem após 16 anos os efeitos da aplicação de 30 t ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto em plantios de diferentes espécies florestais, observaram uma melhoria na qualidade do solo e ganho no crescimento de 18% para *Pinus resinosa*, 62% para *Picea glauca*, e 700% para *Quercus* sp. em relação ao tratamento sem fertilização.

O potencial de uso do lodo de esgoto na restauração florestal também pode ser demonstrado por meio de estudos que avaliaram a produção de mudas de espécies florestais nativas, como o de Abreu (2014) onde se comparou a utilização de lodo de esgoto e substrato comercial para a produção de mudas de quatro espécies. O autor observou que a utilização do lodo de esgoto como substrato apresentou os melhores resultados, inclusive, formando mudas de qualidade sem a necessidade de realização de fertilização complementar. Outros autores também encontraram resultados positivos, corroborando a eficiência do uso de lodo de esgoto como substrato na produção de mudas florestais (Caldeira et al. 2012; Scheer et al. 2012).

## Conclusão

Os diferentes lotes de lodo de esgoto produzido nas ETEs do estado do Rio de Janeiro possuem grande quantidade de nutrientes e se apresentam dentro dos padrões preconizados pela legislação, possuindo grande potencial para uso na restauração florestal, tanto na adubação, quanto como condicionador de solo.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro - CEDAE e aos seus funcionários que estiveram de alguma forma envolvidos no desenvolvimento da presente pesquisa.

## Referências Bibliográficas

- ABREU, A.H.M. Biossólido na Produção de Mudanças Florestais da Mata Atlântica. 2014, 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução – CONAMA. Resolução no 375/2006. 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, n.167, p.141-146, 2006.
- CALDEIRA, M. V. W.; PERONI, L.; GOMES, D. R.; DELARMELINA, W. M.; TRAZZI, P. A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioviana* Baill). Scientia Forestalis. v.40, n.93, p.015-022, 2012.
- CARVALHO, C.S.; RIBEIRINHO, V.S.; ANDRADE, C.A.; GRUTZMACHER, P.; PIRES, A.M.M. Composição Química da Matéria Orgânica de Lodos de Esgoto. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. v.10, n.3, p.413-419, 2015.
- LIMA FILHO, P. Biossólido na restauração florestal: formação de mudas e adubação de plantio. 2015, 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- NASCIMENTO, A. L. Caracterização microbiológica, química e presença de poluentes orgânicos em amostras de lodo de esgoto de São Paulo. 2016, 87 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- OUILLET, R.; PION, A. P.; HÉBERT, M. Long term response of forest plantation productivity and soils to a single application of municipal biosolids. Canadian Journal of Soil Science. v.95, n.02, p.187-199, 2015.
- SAMPAIO, A. O. Adequação das estações de tratamento de esgotos sanitários à resolução número 375 do CONAMA In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a resolução nº 375 do CONAMA. Botucatu: FEPAF, p.265-278, 2010.
- SAMPAIO, T.F.; GUERRINI, I.A.; OTERO, X.L.; VAZQUEZ, F.M.; BOGIANI, J.C.; OLIVEIRA, F.C.; MARCIA, J.L.G.; CIOL, M.A.; LITTKKE, K.M.; HARRISON, R.B. The Impact of Biosolid Application on Soil and Native Plants in a Degraded Brazilian Atlantic Rainforest Soil. Water Air and Soil Pollution, v.227, n.1, p1-10, 2016.
- SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; BRESSAN, O. A.; SANTOS, K. G. Compostos de lodo de esgoto para a produção de mudas de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. Cerne. v.18, n.04, p.613-621, 2012.
- SILVA, P.H.M.; POGGIANI, F.; GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; MOREIRA, R.M.; Crescimento de *Eucalyptus grandis* Tratado com Diferentes Doses de Lodo de Esgoto Úmido e Seco, Condicionados com Polímeros. Scientia Forestalis. v.36, n.77, p. 79-88, 2008.