

III-353 - ESTUDO DO LODO DE ETA MISTURADO COM TERRA COMO SUBSTRATO PARA A PLANTA ORNAMENTAL ROSA DO DESERTO

Valdir Moreira de Souza⁽¹⁾

Biólogo, Especialista em Saúde e Segurança do Trabalho, Mestrando em Engenharia Ambiental no Programa de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro – PEA/UFRJ. Professor de Biologia da Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro – SEEDUC/RJ. Instrutor do Instituto de Tecnologia de Solda Firjan SENAI dos cursos Técnicos e de Aprendizagem Industrial na área de Meio Ambiente.

Jessica Rodrigues Pires da Silva⁽²⁾

Engenheira Química, Mestre em Tecnologias Ambientais e Sustentabilidade pelo Instituto de Tecnologia de Nova Iorque, Doutoranda do Programa de Engenharia Química do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ.

Roberta de Carvalho Martins⁽³⁾

Bióloga, Técnica em Meio Ambiente formada pelo Instituto de Tecnologia de Solda Firjan SENAI.

Rodrigo Bronel Lavratti Nunes⁽⁴⁾

Técnico em Meio Ambiente formado pelo Instituto de Tecnologia de Solda Firjan SENAI.

Igor Alberto Camara⁽⁵⁾

Técnico em Meio Ambiente formado pelo Instituto de Tecnologia de Solda Firjan SENAI.

Endereço⁽¹⁾: Rua. São Francisco Xavier, 601 - Maracanã, Rio de Janeiro - RJ, 20550-011 – Brasil – Tel. +55 21 96419-4626 - e-mail: ymsouza@firjan.com.br

Endereço⁽²⁾: jrsilva@peq.coppe.ufrj.

Endereço⁽³⁾: Rua Quiririm 1101 bloco 02 apt 701. CEP 21330-650. Rio de Janeiro/RJ. E-mail: robertacml1@yahoo.com.br

Endereço⁽⁴⁾: Rua Dr João Batista Leal, Qd M, lote 29, Engenho do mato Itaipu, Niterói/RJ. E-mail: rodrigobronel@gmail.com

Endereço⁽⁵⁾: Rua Estado do Rio, quadra c. Lote 13 Andrade de Araújo - Belford Roxo/ RJ. E-mail: theigorwoody@gmail.com

RESUMO

Um dos grandes desafios das indústrias modernas é a reutilização dos resíduos gerados em seus processos produtivos. No caso de estações de tratamento de água (ETA), uma dificuldade é a destinação final do lodo gerado no processo de transformação da água bruta em água potável. No Brasil, esse lodo é enquadrado como resíduo sólido e não deve ser lançado nos corpos d'água sem prévio tratamento. Por isso, são estudadas diversas alternativas para reutilização deste lodo, já que, ao contrário do lodo proveniente do tratamento de esgotos, nenhuma opção está regulamentada ainda. Neste trabalho foi estudada a disposição controlada do lodo no solo, por meio da aplicação de substrato (mistura de terra adubada e lodo) para cultivo de uma espécie da planta ornamental rosa do deserto. Para tal, o lodo foi caracterizado em parâmetros físico-químicos, revelando que possui nitrogênio e fósforo total em faixas muito similares às já encontradas em solos normais. Em seguida, foram testadas diferentes proporções de substrato para mudas de rosa do deserto. As mudas cresceram em termos de comprimento de caule, número e do tamanho de suas folhas em todas as proporções de lodo, inclusive com 100% dele. O maior crescimento médio das mudas foi obtido não com terra pura (controle), mas sim com proporção lodo:terra de 1:4 e 1:1. Esses resultados demonstram que a aplicação de lodo da ETA em solos é uma possível solução com potencial sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Destinação, disposição final, “lodo de ETA”, planta ornamental, solo.

INTRODUÇÃO

Durante o tratamento convencional da água são gerados resíduos, denominados lodos, que ficam retidos nos decantadores e filtros. Os lodos devem ser removidos frequentemente para evitar sobrecarga das unidades ou arraste para a água tratada. São compostos basicamente de água, resíduos de coagulação química (hidróxidos), resíduos de abrandamento por precipitação química (carbonato de cálcio, hidróxido de magnésio e cal), resíduos da pré-sedimentação da água bruta (areias, siltes, argilas e detritos orgânicos de origem vegetal) e resíduos do uso de auxiliares de coagulação (PEREIRA, 2011).

O lodo oriundo de uma Estação de Tratamento de água (ETA), apesar do baixo teor de sólidos, se enquadra como resíduo sólido. Portanto, seu gerenciamento está enquadrado pelas premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010). Além disso, ETAs são desde 1997 consideradas empreendimentos potencialmente poluidoras, logo, sujeitas ao licenciamento ambiental (BRASIL, 1997), e como parte integrante do licenciamento devem ser apresentados plano de gerenciamento de seus resíduos sólidos incluindo lodo. Entretanto, no Brasil a maioria das ETAs foi construída antes da promulgação destas leis e por isso raramente foram construídas contemplando sistema de destinação e disposição do final do lodo. Como consequência, a grande maioria das ETAs em operação tradicionalmente destina o lodo aos sistemas hídricos mais próximos (PEREIRA, 2011; ACHON & CORDEIRO, 2015). Os autores Achon & Cordeiro (2015), por exemplo, fizeram estudo diagnóstico de destinação e disposição final do lodo gerado em 22 ETAs de 15 municípios de uma Sub-Bacia Hidrográfica localizada no Estado de São Paulo, e concluíram que 86% delas destinam o lodo sem tratamento para corpos de água, apenas 9% desaguam o lodo e o destinam a aterro sanitário e os outros 5% encaminham o lodo para estações de tratamento de esgoto.

O lodo no corpo hídrico causa impactos ambientais devido à presença de sais de ferro ou alumínio dos agentes químicos usados no tratamento da água, aumentando a toxicidade prejudicial à camada bentônica e peixes (SOARES et al. 2004). Além disso, deve-se considerar que atualmente é exigência legal no licenciamento de novas ETAs ou ampliações o destino correto do lodo.

Esses fatores fazem com que se estudem diversas alternativas para reutilização do lodo da ETA. Ao contrário do lodo proveniente do tratamento de esgotos, que teve pelo menos uma opção - a disposição agrícola - regulamentada pela Resolução CONAMA 375 (BRASIL, 2006), o reúso do lodo da ETA nunca foi regulamentado, e por este motivo, quando não acaba em corpo hídrico, o lodo costuma ser destinado a aterro sanitário. Algumas opções mais sustentáveis que o aterramento já foram estudadas, e incluem incorporação em materiais de construção civil (tijolo, cimento, cerâmica), recuperação de áreas degradadas e aplicação controlada no solo (ISAAC et al. 2004, OLIVEIRA et al. 2004, JUNIOR et al. 2006, RANGEL et al. 2008, BITTENCOURT et al. 2012)

Apesar de estudos mostrarem alguns aspectos negativos sobre a aplicação desse resíduo no solo, ainda existem poucos relatos sobre a interferência dessa prática no desenvolvimento das plantas. A aplicação desse resíduo no solo usado para produção de mudas pode ser uma alternativa para disposição do lodo de ETA, especificamente para cultivo de plantas ornamentais, pois o fato da planta não ser ingerida e portanto ter limitado contato com o ser humano permite um limite maior de tolerância para o contato da planta com eventuais contaminantes presentes no lodo da ETA.

Neste trabalho foi estudada a disposição controlada do lodo no solo, por meio da aplicação de substrato (mistura de terra adubada comum e lodo) para cultivo de uma espécie de planta ornamental, a rosa do deserto. Essa planta (nome científico: *Adenium Obesum*), também conhecida como flor do deserto, é originária do Sul da África e da Península Arábica. Ela pode alcançar os 4 metros de altura e um metro e meio de largura. A beleza de suas flores e caule a tornaram uma visada planta ornamental no Brasil, ajudado pelo fato que como são plantas habituadas ao clima do deserto, se adaptam e se desenvolvem bem em países tropicais.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi investigar a possibilidade de destinar o lodo gerado na ETA para disposição controlada no solo, ao mesmo tempo fornecendo um substrato adequado ao cultivo da planta ornamental rosa do deserto. Esse destino é uma solução bem mais econômica e sustentável para o descarte do lodo da ETA que a atualmente praticada - destinação em aterro sanitário.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi dividido em três etapas.

PRIMEIRA ETAPA: CARACTERIZAÇÃO DO LODO DA ETA

O lodo usado nesse estudo foi fornecido pela concessionária de uma planta de tratamento de água convencional. Essa ETA dispõe atualmente de estrutura para secagem do lodo até obter uma torta com cerca de 20% de sólidos, que é então encaminhada para aterro sanitário.

O lodo recebido da ETA foi caracterizado em ocasiões diferentes para os seguintes parâmetros físico-químicos: conteúdo de carbono orgânico total, percentual de massa sólida (umidade), nitrogênio Kjeldahl e fósforo total, pois esses são parâmetros fundamentais para a determinação da qualidade do lodo para uso como solo, ou para disposição controlada no solo. As metodologias analíticas utilizadas foram de acordo com os métodos apresentados na Tabela 1:

Tabela1: métodos utilizados para análise dos parâmetros físico-químicos

Parâmetro	Método	Limite de quantificação do método
Carbono orgânico total	Manual de Análise de Água, Solo Fértil, 2ª edição - 1997 – EMBRAPA	0,30%
Percentual de massa sólida	Manual de métodos de análise de solo, 2ª edição - 1997 – EMBRAPA	Não aplicável
Nitrogênio Kjeldahl	SMEWW 4500 N. Organic - C - Semi-Micro-Kjeldahl Method	5 mg/kg
Fósforo total	USEPA 200.7	2,106 mg/kg

SEGUNDA ETAPA: PREPARO DO SUBSTRATO

A segunda etapa do experimento consistiu na separação e pesagem de quantidades selecionadas de terra e lodo da ETA, conforme especificado na Tabela 2. A mistura terra + lodo, denominou-se substrato.

Tabela 2: Quantidades selecionadas de terra comum e lodo da ETA em cada vaso.

Vasos	Porcentagem de terra comum em massa	Porcentagem de lodo em massa
1	100%	0%
2	95%	5%
3	90%	10%
4	80%	20%
5	70%	30%
6	60%	40%
7	50%	50%
8	0%	100%

Foram testadas oito proporções diferentes de terra e lodo, sendo uma delas o controle, que é 100% de terra comum. No controle se espera desenvolvimento “padrão” das mudas, a ser comparado com o desenvolvimento observado ao introduzir quantidades crescentes de lodo no substrato. Outra proporção usada foi 100% de lodo, o “pior cenário possível”, pois eventuais componentes prejudiciais ao desenvolvimento das mudas que estejam presentes no lodo (por exemplo, residuais de agentes coagulantes e floculantes) não serão diluídos pela introdução da terra comum.

Os ensaios foram feitos em um primeiro lote de 8 recipientes e um segundo lote, duplicata do primeiro, que se iniciou 1 dia depois do primeiro lote. Para isso, foram preparados dois recipientes para cada proporção listada na Tabela 2. Para fazer a separação e pesagem dos materiais, foram utilizados 16 recipientes de plástico com capacidade de 200 g, pá, balança semi-analítica, lodo de ETA (fornecida pela concessionária operadora da ETA) e terra adubada comercial com composição conhecida (terra preta, tufa, húmus de minhoca, esterco tratado, argila, adubo orgânico e calcário).

O lodo usado originou-se do lodo que estava sendo encaminhado para aterro sanitário após passar por processo de secagem na própria ETA. Portanto, não houve por secagem adicional do lodo antes da mistura com terra.

TERCEIRA ETAPA – MEDIÇÃO E INSERÇÃO DAS MUDAS NOS RECIPIENTES

Nesta etapa, iniciada em setembro de 2018, foram separadas 16 pequenas mudas de rosa do deserto, todas com estágio de desenvolvimento muito similar e originárias da mesma planta-mãe. Cada muda foi medida, considerando o tamanho do caule (da raiz até o início das folhas), o número de folhas já existentes e comprimento dessas as folhas (medidas acompanhando a nervura central).

Após a medição, as mudas foram enxertadas nos recipientes, e todos os recipientes foram expostos a iluminação artificial constante, com fotoperíodo de 24 horas de luz usando lâmpada de potência 85 W. A temperatura foi mantida entre 23°C a 27°C, respectivamente. As mudas foram regadas a cada 2 dias, sempre regando todas as mudas com a mesma quantidade de água.

O experimento teve duração de 1 mês e 12 dias. Após esse período, as mudas foram retiradas dos recipientes e imediatamente medidas da mesma forma que no início do experimento.

RESULTADOS OBTIDOS: CARACTERIZAÇÃO DO LODO DA ETA

A caracterização físico-química obtida da análise do lodo foi de: carbono orgânico total 25% \pm 6%, percentual de massa sólida 17% \pm 1%, Nitrogênio Kjeldahl 8373,33 mg/kg \pm 1216 mg/kg e fósforo total 628 mg/kg \pm 80 mg/kg.

RESULTADOS OBTIDOS: MUDAS DE ROSA DO DESERTO NO SUBSTRATO

Ao longo do experimento, observou-se que não houve morte de mudas em nenhum recipiente, nem mesmo no recipiente que continha 100% de lodo. A Tabela 3 mostra os dados referentes às mudas de rosa do deserto no início e no final do experimento do primeiro lote, e a Tabela 4, do segundo lote, duplicata do primeiro.

Tabela 3: Dados das mudas de rosa do deserto dos experimentos do primeiro lote.

Vaso	Início do experimento			Final do experimento		
	Comprimento do caule (cm)	Quantidade de folhas	Tamanho das folhas (cm)	Comprimento do caule (cm)	Quantidade de folhas	Tamanho das folhas (cm)
1	3	4	1 - 1,3 / 2 - 0,9 / 3 - 1,3 / 4 - 1,0	3,5	8	1 - 7,6 / 2 - 1,4 / 3 - 1,5 / 4 - 1,3 / 5 - 0,9 / 6 - 0,9 / 7 - 1,2 / 8 - 0,3

2	3	4	1 - 1,0 / 2 - 1,2 / 3 - 1,5 / 4 - 0,9	4,5	8	1 - 1,5 / 2 - 1,4 / 3 - 1,8 / 4 - 1,3 / 5 - 1,3 / 6 - 1,0 / 7 - 1,0 / 8 - 1,0
3	2,9	5	1 - 1,0 / 2 - 0,9 / 3 - 0,9 / 4 - 1,0 / 5 - 0,4	3,5	8	1 - 2,0 / 2 - 2,0 / 3 - 1,0 / 4 - 1,3 / 5 - 0,9 / 6 - 1,1 / 7 - 1,0 / 8 - 1,0
4	3	5	1 - 0,5 / 2 - 1,0 / 3 - 1,0 / 4 - 1,2 / 5 - 1,2	4,5	8	1 - 1,0 / 2 - 1,4 / 3 - 1,5 / 4 - 1,3 / 5 - 1,8 / 6 - 1,9 / 7 - 1,0 / 8 - 0,8
5	2,8	5	1 - 1,9 / 2 - 1,1 / 3 - 1,8 / 4 - 1,9 / 5 - 0,4	4,5	6	1 - 2,5 / 2 - 2,3 / 3 - 2,2 / 4 - 3,0 / 5 - 2,0 / 6 - 1,7
6	3	5	1 - 1,0 / 2 - 1,2 / 3 - 1,0 / 4 - 1,2 / 5 - 0,5	5	10	1 - 2,3 / 2 - 2,5 / 3 - 1,6 / 4 - 2,4 / 5 - 1,3 / 6 - 1,0 / 7 - 1,2 / 8 - 1,3 / 9 - 0,1 / 10 - 1,2
7	3,2	5	1 - 0,9 / 2 - 1,2 / 3 - 0,9 / 4 - 1,0 / 5 - 1,5	5	10	1 - 1,5 / 2 - 2,7 / 3 - 1,8 / 4 - 2,9 / 5 - 3,0 / 6 - 0,9 / 7 - 1,9 / 8 - 1,0 / 9 - 1,5 / 10 - 2,0
8	3	6	1 - 0,5 / 2 - 1,1 / 3 - 1,0 / 4 - 0,5 / 5 - 0,5 / 6 - 0,2	3,8	9	1 - 0,8 / 2 - 2,3 / 3 - 1,5 / 4 - 1,1 / 5 - 1,2 / 6 - 1,3 / 7 - 0,8 / 8 - 1,3 / 9 - 1,2

**Tabela 4: Dados das mudas de rosa do deserto dos experimentos do segundo lote
(duplicata do primeiro lote).**

Vaso	Início do experimento			Final do experimento		
	Comprimento do caule (cm)	Quantidade de folhas	Tamanho das folhas	Comprimento do caule	Quantidade de folhas	Tamanho das folhas
1	2,5	4	1- 1,0 / 2-0,5 / 3-0,8 / 4-0,5	3,5	6	1-1,8 / 2 - 1,2 / 3- 1,5 / 4- 1,2 / 5- 0,6 / 6-1,0
2	3	5	1-1,0 / 2-1,0 / 3-1,1 / 4-1,2 / 5-0,3	3,5	8	1- 1,5 / 2- 1,8 / 3- 1,3 / 4- 1,9 / 5- 1,0 / 6- 1,2 / 7- 1,1 / 8-1,1
3	3	5	1-0,8/ 2-1,0 / 3-1,0 / 4-0,9 / 5-0,8	3	9	1- 1,2 / 2- 1,2 / 3- 1,3 / 4- 1,0 / 5- 1,0 / 6- 0,9 / 7-1,0 / 8-0,9 / 9-0,5
4	3,3	2	1-1,3 / 2-1,5	4,5	6	
5	2,2	4	1-0,7 / 2-1,0 / 3-1,3 / 4-0,9	2,5	4	1- 1,4 / 2- 1,7 / 3- 1,8 / 4-1,4
6	3	3	1-1,0 / 2-1,1 / 3-0,9	4,2	6	1- 1,4 / 2-2,0 / 3-1,5 / 4-1,0 / 5-1,2 / 6-1,5
7	2,5	4	1-1,5 / 2-1,6 / 3-0,9 / 4-1,0	3	10	1- 2,0 / 2- 2,0 / 3-1,8 / 4- 1,7 / 5- 0,9/ 6-1,7 / 7- 0,9 / 8-0,7

						/ 9- 0,4 / 10- 0,5
8	2,5	3	1-1,4 / 2-1,5 / 3-0,5	2,5	6	1- 1,3 / 2-1,6 / 3-0,7 / 4- 0,5 / 5- 1,0 / 6-0,5

A Tabela 5 apresenta um resumo das Tabelas 3 e 4 e a Figura 1 mostra as mudas ao final do experimento, prontas serem medidas.

Tabela 5: resumo das medições feitas nas mudas ao início e final do experimento, sendo o lote 2 duplicata do lote 1.

Vaso	Crescimento do caule		Crescimento médio (cm)	Aumento do número de folhas		Aumento médio
	Lote1	Lote 2		Lote 1	Lote 2	
1	0,5	1	0,75	4	2	3
2	1,5	0,5	1	4	3	3,5
3	0,6	0	0,3	3	4	3,5
4	1,5	1,2	1,35	3	4	3,5
5	1,7	0,3	1	1	0	0,5
6	2	1,2	1,6	5	3	4
7	1,8	0,5	1,15	5	6	5,5
8	0,8	0	0,4	3	3	3

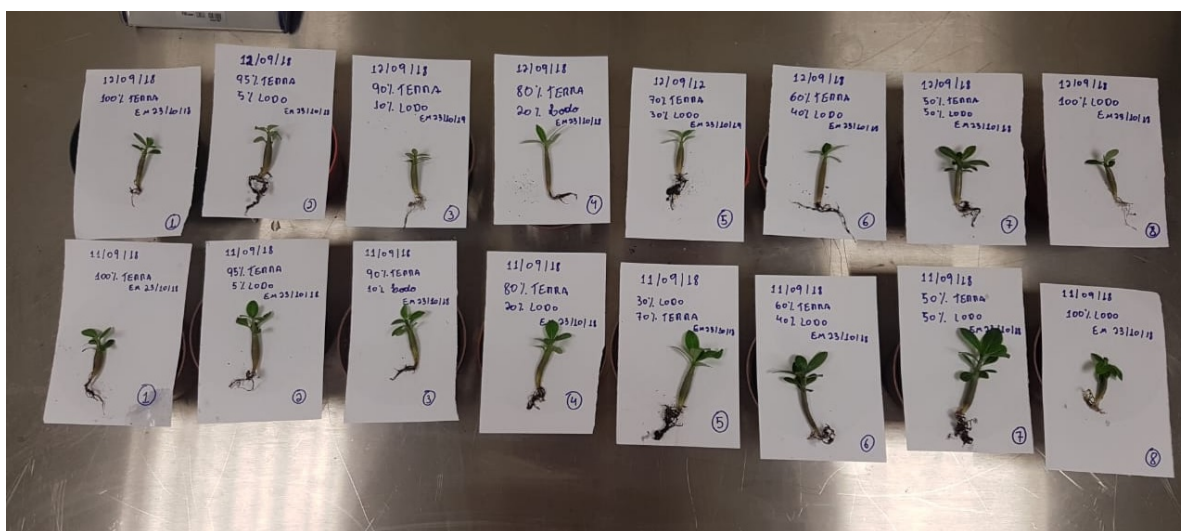


Figura 1: mudas de rosa do deserto após o fim do experimento.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A variabilidade observada nos parâmetros do lodo pode ser explicada pela própria dinâmica do processo de tratamento de água, cujas condições do processo não são estáticas e se refletem na composição do lodo. O fato do processo de secagem do lodo ser feito a céu aberto, dessa forma sujeito às condições climáticas, também interfere, pois um lote de lodo em secagem em período chuvoso tende a não atingir o mesmo percentual de massa sólida de um lote seco em período seco, no mesmo intervalo de tempo. Por fim, o tempo médio que o lodo fica secando (2 meses) pode variar alguns dias para mais ou para menos dependendo da logística de recolhimento do lote, o que também pode influenciar os parâmetros.

Nitrogênio Kjeldahl e fósforo total são dois dos principais macronutrientes para plantas. A porcentagem mássica deles no lodo é calculada a partir dos resultados apresentados como 0,8% e 0,06%, respectivamente. Para fins de comparação, fertilizantes comerciais apresentam teores muito maiores desses nutrientes: O Forth Flores® da fabricante Forth Jardim, por exemplo, tem 12% de nitrogênio e 5% de fósforo. Já solos agrícolas possuem os teores de nitrogênio, em geral, de 0,02 a 0,5 % (Rangel *et al.* 2008) e teores de fósforo na ordem de 0,08%, dos quais somente pequenas quantidades estão prontamente disponíveis às plantas (Sengik 2003; Machado & Souza 2012). Esses valores variam muito dependendo do solo e seu teor (argiloso, arenoso, etc.), mas já servem para ilustrar que o lodo da ETA possui nitrogênio e fósforo em faixas muito similares às encontradas em solos agrícolas, o que sinaliza a possibilidade de sua disposição controlada nesses solos sem prejuízos ao solo e seus usos posteriores.

Para investigar mais a fundo essa possibilidade, foi feito o experimento com mudas da planta ornamental rosa do deserto no substrato preparado com lodo e terra comercial simples. Desejou-se verificar se haveria morte das mudas em comparação a um controle só com terra, o que não ocorreu nem no primeiro lote nem no segundo (replicata do primeiro) para nenhuma proporção de lodo/terra, conforme se vê pelas Tabelas 3, 4 e 5. Chama atenção o fato que as mudas de rosa do deserto se desenvolveram até mesmo no lodo puro (recipiente 8), especialmente porque, sendo pequenas mudas, elas são bastante sensíveis, e qualquer perturbação indesejável no solo seria suficiente para prejudicar seu desenvolvimento.

Pela Tabela 5, observa-se que os resultados em todas as mudas foram de crescimento no tamanho do caule e/ou no número de folhas. Considerando-se a média dos experimentos, o maior crescimento geral foi obtido nos recipientes 4 (proporção lodo:terra 1:4) e 7 (proporção lodo:terra 1:1), com crescimento médio de caule de 1,35 e 1,15cm, respectivamente. Esses valores representam um aumento percentual médio de caule de 42,9% para a proporção 1:4 e 39% para a proporção 1:1, em um período de 42 dias. Esse crescimento de caule foi bem maior do que no controle (apenas terra), que foi de “apenas” 23,8%. Novamente chama a atenção o fato que as mudas se desenvolveram melhor em substrato com lodo e terra do que apenas na terra.

Houve uma variação relativamente grande nos dados entre um lote e outro, mesmo conduzidos simultaneamente com todas as condições iguais. Por exemplo, nos recipiente 3 e 8 lote 1 os caules cresceram bastante, e no lote 2 equivalente não cresceram nada; no lote 5 um a muda cresceu 1,7 cm e no lote 2 somente 0,3 cm.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esse trabalho consistiu em um estudo preliminar para avaliar uma solução para o lodo gerado no tratamento de água convencional: a disposição controlada desse resíduo no solo, de forma que ainda seja possível o uso desse solo para o cultivo de gêneros não-alimentícios, como por exemplo plantas ornamentais. Pelos resultados obtidos, verificou-se que o lodo da ETA possui nitrogênio e fósforo em faixas muito similares às já encontradas em solos, o que é um fator favorável à sua disposição nele.

Verificou-se também que, ao implantar pequenas mudas da planta ornamental rosa do deserto em um substrato composto por lodo e terra comum em diferentes proporções, as mudas se desenvolveram bem em todas as proporções de lodo, inclusive em 100% dele. As mudas apresentaram crescimento em altura, número e do tamanho de suas folhas em função do tempo. O fato de que as mudas de rosa do deserto se desenvolvem mesmo em lodo puro reforça a hipótese que o lodo não apresentou toxicidade às mudas e nem ao solo. Considerando-se a média dos experimentos, o maior crescimento das mudas foi obtido não com terra pura (controle), mas sim com proporção lodo:terra 1:4 e 1:1. Nesses casos, o crescimento percentual médio do caule em relação ao tamanho no início do experimento foi de 42,9% e 39%, respectivamente, enquanto no controle (apenas terra), foi de “apenas” 23,8%.

Ressalta-se que este foi um estudo preliminar, com um universo pequeno de amostras (14 amostras e 2 controles) e durante curto período de tempo. A fim de fortalecer as conclusões, recomenda-se trabalhos com mais amostras, maior espaço de tempo e, preferencialmente, sob condições de solo e atmosfera locais, ao invés de condições controladas no laboratório. Nessa etapa adicional, um tratamento estatístico deve ser feito de forma a validar se não há interferentes do estudo, como a própria fisiologia das mudas que pode ser o principal determinante para seu maior ou menor crescimento, ao invés do seu substrato.

De toda forma, os resultados já encontrados fornecem um forte indicativo que o lodo da ETA não apresenta toxicidade, ou apresenta uma toxicidade muito baixa. Isso fornece incentivo para seguir a pesquisa, buscando eventualmente pleitear ao órgão ambiental competente uma permissão para a disposição controlada desse resíduo no solo, evitando os custos do descarte em aterro sanitário. Além disso, a indicação de que esse que o lodo de uma ETA convencional, após secagem, pode ser misturado com terra adubada e se tornar um substrato de solo eficiente para o cultivo da rosa do deserto é de interesse para produtores dessa planta ornamental muito comercializada no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACHON, C.L., CORDEIRO, J.S., Destinação e disposição final de lodo gerado em ETA – Lei 12.305/2010. XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento De 24 a 29 de maio de 2015 – Poços de Caldas – MG
2. 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, Eng Sanit Ambient | v.17 n.3 315-324, jul/set 2012.
3. BRASIL, Lei nº 12305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Publicação DOU Seção 1 - 3/8/2010, Página 3 .
4. BRASIL. Resolução CONAMA nº 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. Publicação DOU nº 167, de 30/08/2006, pág. 141-146
5. BRASIL. Resolução CONAMA nº 237 de 19 de dezembro de 1997. Revisa procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a incorporar ao sistema de licenciamento os instrumentos de gestão ambiental e a integrar a atuação dos órgãos do SISNAMA na execução da Política Nacional do Meio Ambiente. Publicação DOU nº 247 de 22/12/1997, Seção 1.
6. ISAAC, R. de L.; MORITA, D. M.; SILVA Jr. A. P da; NOVAES, R. M.; ANDRADE, P. S.; PORRAS, A. C. Projeto Beta – Uso do Lodo de Estação de Tratamento de Água na Construção Civil - Relatório Final. Campinas, 2004
7. JUNIOR V.M.T., Mymrine, V. Ribeiro, R.A.C., Ponte H.A.. Utilização de lodo de eta no desenvolvimento de novos compostos cerâmicos 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil
8. MACHADO, V.J., SOUZA, C.H.E., Disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico de liberação lenta, Biosci. J., Uberlândia, v. 28, supplement 1, p. 1-7, Mar. 2012.
9. OLIVEIRA, E.M.S., MACHADO, S.Q., HOLANDA, J.N.F., Caracterização de resíduo (lodo) proveniente de estação de tratamento de águas visando sua utilização em cerâmica vermelha. Cerâmica 50 (2004) 324-330, ano 2004.
10. PEREIRA, V.E., Disposição de lodo adensado de ETA em ETE com tratamento primário quimicamente assistido. Campinas, 2011. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, 2011.
11. RANGEL, O.J.P., SLVA, C.A., GUIMARÃES, P.T.G., MELO, L.C.A., JUNIOR, A.C.O., Carbono orgânico e nitrogênio total do solo e suas relações com os espaçamentos de plantio de cafeeiro, R. Bras. Ci. Solo, 32:2051-2059, ano 2008.
12. SENGIK, E.S., Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas, ano 2003, disponível em <<http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf>>, acesso em 31 de março de 2019.
13. SOARES, L.V., ACHON, C.L., MEDGA, C.R., “Impactos Ambientais provocados pelo lançamento in natura de lodos provenientes de estações de tratamento de água”, Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, Florianópolis, Santa Catarina, ano 2004.