



CONDIÇÕES MORFOLÓGICAS DE MUDAS DE VEGETAÇÃO NATIVA CULTIVADAS COM LODO DE ETA

Elaine Basilio Figueiredo¹

Rosane Freire Boina²

Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos

Resumo

No processo de tratamento de água é gerado um resíduo (lodo) cuja destinação final adequada tem se tornado um desafio para as empresas de saneamento. Diante desse entrave, o presente trabalho teve como objetivo analisar parâmetros morfológicos de mudas cultivadas com lodo de estação de tratamento de água. Para tanto, foi utilizado dois tipos de lodo: *in natura* (LETAIN) e com carga reduzida de alumínio (LETASA) em diferentes dosagens (0%, 3%, 5%, 10% e 15%). Ao final de 90 dias de cultivo, os espécimes foram coletados, separados em parte aérea e raiz. As massas úmidas e secas (estufa a 65 °C, 24h) altura e diâmetro do coleto final foram verificados. Após 75 dias de experimento, verificou-se que a aplicação de lodo, pouco interferiu nas medidas biométricas efetuadas, especialmente no lodo (LETAIN). Em contrapartida, foram observados no (LETASA), nos tratamentos 3 e 4, a maior perda percentual de massa e o menor índice de desenvolvimento global. Esse resultado está relacionado a mobilidade do alumínio nesse tipo de lodo, beneficiado pelo pH do resíduo. De toda maneira o LETA utilizado nas dosagens aqui consideradas, pode ser aplicado no solo como uma alternativa de destinação final adequada. Essa recomendação é indicada para situação no qual ocorra controle minucioso do pH do solo, mantendo-o em valores superiores a 6.

Palavras-chave: Toxicidade; Destinação; Resíduo de Saneamento.

¹Aluna de mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Departamento de Engenharia Ambiental, elainebasifigueiredo@gmail.com

²Profa. Dra. Rosane Freire Boina, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus de Presidente Prudente, Departamento de Química e Bioquímica, rosane.freire@unesp.br



INTRODUÇÃO

O crescimento populacional tem requerido uma demanda sempre crescente por água de boa qualidade, o que está associado a um maior consumo de produtos químicos, gerando um maior volume de resíduos (SOBRINHO *et al.*, 2019).

A destinação final adequada desses resíduos, denominados lodo de estação de tratamento de água (LETA) tem se tornado um desafio para empresas de saneamento, uma vez que legislações cada vez mais restritivas, impõem à busca por soluções para o gerenciamento dos LETAs (CUNHA *et al.*, 2019).

Algumas alternativas de destinação final adequada para os LETAs são descritas por diversos autores. Esse resíduo pode ser utilizado na fabricação de tijolos e cerâmicas (SANTOS *et al.*, 2019), fertilizante (TEIXEIRA *et al.*, 2011) e recuperação de coagulantes (SANTOS *et al.*, 2019). Além dessas, Ferreira *et al.* (2017) sugerem o reaproveitamento agrícola do LETA, uma vez que sua aplicação no solo apresenta ajuste de pH, aumento da capacidade de retenção de água e condições de aeração do solo. No entanto, ainda segundo os autores, as estações de tratamento de água (ETAs) que utilizam sais de alumínio como coagulante geram lodos com menor potencial agrícola, uma vez que o alumínio não apresenta nenhuma função para o desenvolvimento das plantas.

Seguindo tais pressupostos, observa-se a necessidade de desenvolvimento de trabalhos aplicados ao estudo do efeito da concentração da carga metálica presente no LETA no desenvolvimento de cultivos.

Assim, esse trabalho teve como objetivo analisar parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de vegetação nativa cultivadas com lodo *in natura* e com carga reduzida de alumínio.

METODOLOGIA

Amostragem

As amostras de lodo foram coletadas na Estação de Tratamento de Água de Presidente Prudente - SP, a qual opera em ciclo convencional, empregando policloreto de alumínio (PAC) como coagulante. As amostras foram coletadas durante o período de limpeza dos decantadores, sendo acondicionadas em bombonas de polietileno.

Obtenção do lodo *in natura* e lodo com carga reduzida de alumínio

As amostras de lodo passaram por adensamento gravitacional simples constituído por camada de geotêxtil (tecido) e brita. Para remoção da umidade residual, o material foi encaminhado para uma estufa de circulação forçada a 100°C até ser observada a ausência de umidade. Após, o material seco foi destorroado e triturado em moinho de facas e moinho de pratos. O material resultante foi denominado lodo *in natura* (LETAIN).

O lodo com carga reduzida de alumínio (LETASA) foi obtido por rota alcalina – ácida aplicando metodologia adaptada de Vilela (2020). O lodo foi homogeneizado em água destilada na proporção de 1:100 (m/v) e após, elevou-se o pH a 12 pela adição de hidróxido de sódio (NaOH – 50%) mantendo em agitação mecânica por 12 horas, a temperatura ambiente (25°C ± 3°C). Para a extração ácida, o pH foi reduzido a 2 pela adição de ácido clorídrico (HCl – 20%) permanecendo em agitação mecânica por 12 horas. Após a separação do material sobrenadante (coagulante recuperado), o lodo passou por adensamento e secagem.

Parâmetros morfológicos e análise qualitativa das mudas

A espécie vegetal escolhida para a análise dos parâmetros morfológicos foi a *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan, popularmente conhecida como Angico Vermelho. O Angico foi cultivado em quintuplicata considerando diferentes porcentagens de lodo incorporados em terra vegetal: 3% (T1), 5% (T2), 10% (T3) e 15% (T4) e um tratamento testemunha com 0% de lodo, por um período de 90 dias.

Após os 90 dias de cultivo, foi realizado a segregação das mudas em parte aérea e



sistema radicular para medição da massa verde e massa seca. A massa verde foi determinada de modo direto em balança analítica e a massa seca foi determinada após a secagem em estufa 65°C até atingir peso constante, conforme metodologia descrita por Bataglia *et al.* (1978). Esses dados foram utilizados para análise qualitativa das mudas por meio do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON *et al.*, 1960), apresentado na Equação 1.

$$IQD = \frac{PMST}{H/D + PMSPA/PMSR} \quad (1)$$

Em que: PMST: peso da matéria seca total (g); H: altura da parte aérea (cm); D: diâmetro do coleto (mm); PMSPA: peso da matéria seca da parte aérea (g); PMSR: peso da matéria seca da raiz (g).

Análise de dados

A análise dos dados foi realizada em vista ao tipo de lodo em estudo e a dosagem aplicada quanto ao valor de IQD obtido. A fim de verificar a existência de diferença significativa entre os fatores, foi empregado a análise de variância (ANOVA) a 95% de confiabilidade. Teste Tukey a 5 % de significância foram aplicados considerando o desdobramento do tipo de lodo sobre as dosagens aplicadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condições Morfológicas dos espécimes

Após 90 dias de experimento foram avaliados a massa úmida e massa seca da parte aérea e da raiz. Essas análises expressam as condições morfológicas dos espécimes e quantifica sua produção líquida (FONTES; DIAS; SILVA, 2005). Assim, com base nos valores obtidos para úmida e massa seca, foram calculadas suas porcentagens de redução, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Porcentagem de redução média de massa verde a massa seca

Tratamentos		Redução de Massa (%)				
		T	T1	T2	T3	T4
LETAIN	Parte aérea	54,17	48,94	45,58	49,39	52,43
	Raiz	63,89	57,78	52,21	64,80	63,71
LETASA	Parte aérea	54,17	52,15	52,94	52,48	40,66
	Raiz	63,89	61,59	62,74	66,25	66,80

T: Testemunha

No LETAIN observa-se acentuada redução de biomassa da parte aérea no tratamento testemunha (54,17%), seguido pelo tratamento 4 (52,43%). Entre os demais tratamentos, houve redução de massa de em média 47,97%.

Quanto a redução de massa na raiz, nota-se uma queda significativa no tratamento 2 (52,21%) em relação ao tratamento testemunha. Destaques são dados ao tratamento 4 que, tanto na parte aérea (52,43%) quanto na raiz (63,71%), apresentou valores de redução de massa semelhante ao tratamento testemunha.

No LETASA, a redução de massa na parte aérea se apresentou de forma semelhante nos diferentes tratamentos, apresentando redução média de 50,48%, com exceção ao tratamento 4 que apresentou menor percentual de redução de massa (40,66%). Quanto a redução de massa na raiz, os valores se apresentam de forma semelhantes com destaque ao tratamento 4 apresentando maiores valores de redução.

Observações semelhantes foram realizadas por Codling *et al.* (2006) no rendimento de trigo (*Triticum aestivum*), no qual, maiores taxas de aplicação de lodo resultaram em maior redução de biomassa seca das plantas em estudo. Os autores acreditam que as reduções de biomassa com as adições de lodo podem ser resultado da maior fixação de fósforo pelo alumínio.

Índice de Qualidade de Dickson

De acordo com Carneiro (1995), o padrão de qualidade das mudas pode variar entre



as diferentes espécies de plantas e dentro de uma mesma espécie. Ainda segundo o autor, os parâmetros de qualidade podem ser influenciados pelas técnicas de produção e os recipientes em que as mudas foram cultivadas. Assim, os padrões de qualidade objetivam obter referências das características das plantas após o plantio em campo. Os resultados do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) do LETAIN e LETASA estão apresentados na Figura 1.

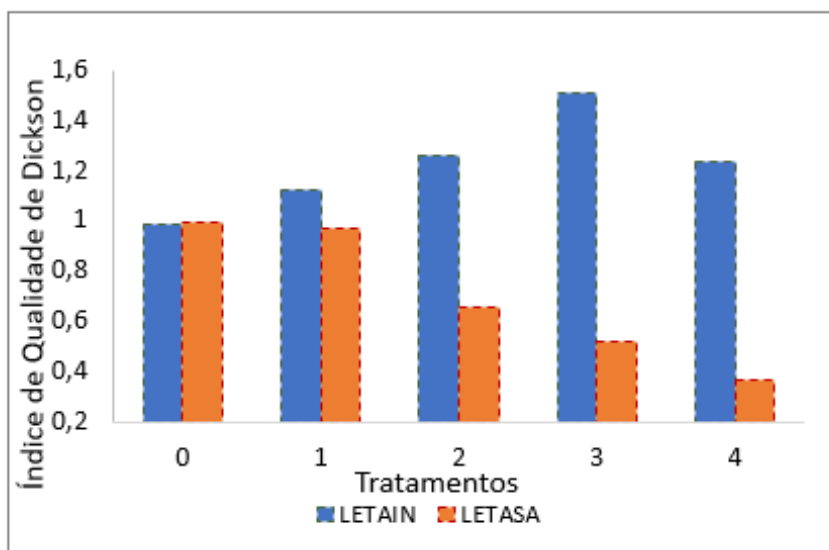


Figura 1 - Índice de Qualidade de Dickson do Angico Vermelho para LETAIN e LETASA

Observa-se que LETAIN e LETASA apresentaram comportamentos diferentes com relação aos valores de IQD. Os maiores valores de índice ocorreram para o tratamento 3 (10%), com IQD 1,51, no LETAIN. De acordo com Gomes (2001), quanto maior o valor de IQD obtido, melhor será o padrão de qualidade das mudas. Isso demonstra que os espécimes cultivados com 10% de lodo aplicado ao solo apresentariam maior produtividade em campo do que as demais.

No LETASA observa-se que o tratamento 1 (3%) obteve maior valor de índice, com IQD 0,97. Os demais tratamentos apresentaram valores decrescentes. Tal resultado está relacionado a mobilidade do alumínio nesse tipo de lodo, beneficiado pelo pH do mesmo.

O efeito do tipo de lodo e a respectiva quantidade aplicada nos valores do IQD do

Angico foi verificado por análise de variância (ANOVA) (Tabela 2). Nesse caso, foi observado diferenças significativas entre o tipo de lodo e a interação do mesmo com o percentual aplicado no solo.

O desdobramento dos tipos de lodo com os valores de IQD apresentaram diferenças significativas no teste Tukey a 5% somente nos tratamentos 3 e tratamento 4 do LETASA, com 10% e 15% de lodo aplicado ao solo, respectivamente.

Tabela 2 - Médias do Índice de Qualidade de Dickson

Tipo de lodo	Tratamentos				
	0%	3%	5%	10%	15%
LETAIN	$0,99 \pm 0,13Aa$	$1,12 \pm 0,44Aa$	$1,26 \pm 0,31 Aa$	$1,51 \pm 0,72 Aa$	$1,23 \pm 0,79Aa$
LETASA		$0,97 \pm 0,69Ba$	$0,66 \pm 0,58 Ba$	$0,52 \pm 0,35 Bb$	$0,37 \pm 0,31 Bb$

Nas colunas, os valores de IQD seguidos de letras maiúsculas diferentes diferiram entre si pelo teste Tukey a 5%.

Acredita-se que a variação de IDQ presente no LETASA seja considerada devido a dosagem de um lodo que apresentava maior disponibilidade de alumínio trocável, haja vista que, o desenvolvimento das mudas não obtiveram o mesmo desempenho que no LETASA.

CONCLUSÕES

Após avaliar os resultados, é possível concluir que as variações morfológicas apresentadas pelas mudas de Angico Vermelho demonstraram potencial aplicação do LETAIN nas dosagens utilizadas nos cultivos. No entanto, a aplicação de LETASA interferiu desfavoravelmente no desenvolvimento dos cultivos, os quais apresentaram maior perda percentual de massa e menor índice de qualidade global.

De todo modo, em situações no qual ocorra controle minucioso do pH, o LETA pode ser aplicado no solo como alternativa de destinação final adequada.

REFERÊNCIAS

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1978.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451.

CODLING, E. E.; CHANEY, R. L.; MULCHI, C. L. Biomass yield and phosphorus availability to wheat grown on high phosphorus soils amended with phosphate inactivating residues. I. Drinking water treatment residue. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 7–8, p. 1039–1060, 28 maio 2006.

CUNHA, G. D; LIMA, J. S. V; STACHIW, R; TRONCO, K. M. Q. Caracterização e destinação ambientalmente corretas do lodo gerado pelas estações de tratamento de água. **Nature and Conservation**, v.12, n.2, p.19-30, 2019.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

FERREIRA, A. C. S; SILVA, J. B. G; PEREIRA, R. O; OLIVEIRA, A. P. S. Avaliação do capim Tifton cultivado em latossolo adubado com lodo de ETA. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 07, n. 01, p. 64 – 83, 2017.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; SILVA, D.J.H. **Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.1, p.94-99, 2005.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de Eucalyptus grandis, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001. 126f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SANTOS, A. S. P; CRUZ, C. L. B. M; RITER, E; SILVA, J. C. Aproveitamento de lodo de ETA para produção de muda florestal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30. **Anais...**Natal: ABES, 2019.

SOBRINHO, M. A. M; TAVARES, R. G; ARRUDA, V. C. M; CORREA, M. M; PEREIRA, L. J. R. Generation, treatment and final disposal of the waste of water treatment stations in the state of pernambuco, Brazil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 4, p. 761–771, 2019.

TEIXEIRA, S. T.; MELO, W. J.; SILVA, E. T. Plant nutrients in a degraded soil treated with water treatment sludge and cultivated with grasses and leguminous plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, n. 6, p. 1348-1354, 2007.

VILELA, R. L. T. **Avaliação do desempenho de coagulantes recuperados de lodo de ETA por extração via alcalina-ácida.** 2020. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira, 2020.