

GERMINAÇÃO E REPICAGEM DE ESPÉCIES DE MANGUEZAL EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE LODO DA ETRI – PETROFLEX – MISTURADO AO SUBSTRATO

Freitas¹, Fábio Cardoso de; Santos², Monique Pinheiro; Damasceno³, Patricia; Sá⁴, Paulo Guilherme da Silva.

Introdução

O reaproveitamento para fins de cultivo de espécies de manguezal do lodo biológico gerado pelo tratamento terciário de resíduos industriais da Petroflex Ind. e Com. S.A. é uma alternativa ambientalmente correta para a minimização de resíduos. Os benefícios ambientais incorporam a recuperação de áreas de manguezal utilizando o lodo como adubo orgânico, o atendimento à legislação ambiental e o comprometimento com a contínua minimização das atividades poluidoras.

Metodologia

1. Delineamento experimental

Foram empregadas no experimento 2 espécies de manguezal (*Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa*) submetidas a 3 diferentes concentrações de lodo biológico prensado da Estação de Tratamento de Efluentes Industriais (ETRI) da Petroflex S.A., além de um controle, com oito repetições de 9 plântulas sorteadas ao acaso, com o objetivo de realizar uma análise quantitativa do potencial de germinação e da biometria linear das espécies. As sementeiras utilizadas foram palettes de madeira com dimensões de 1,5 x 1,0 x 0,1 metro, sendo divididas em 4 seções (foto 01).



Foto 01. Método de germinação em palette com os 4 tratamentos (*Avicennia schaueriana*)

¹ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / Petroflex S.A.

² Escola Nacional de Ciências Estatísticas - ENCE.

³ Escola Nacional de Ciências Estatísticas - ENCE

⁴ Escola Nacional de Saúde Pública - FIOCRUZ / Petroflex S.A.

O plantio foi realizado manualmente, em linhas, com espaçamento de 7 cm, recebendo 2 regas diárias utilizando água industrial. O experimento durou 10 semanas. O composto foi produzido com o lodo secundário e terciário da ETRI e os resíduos vegetais das atividades de paisagismo da Petroflex.

O substrato continha matéria orgânica, mineral e material inerte (areia), com adição de lodo cru nas proporções de 10, 20 e 30% do volume (tab. 01).

Tabela 01. Formulação do composto experimental, em percentuais.

Compostos	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3	Tratamento 4
Lodo da ETRI	0	10	20	30
Barro	25	20	15	10
Areia	25	20	15	10
Sedimento de mangue	25	25	25	25
Adubo curtido	25	25	25	25

Para cada tratamento, foi acrescentado um volume equivalente a 10% de maravalha.

Características do lodo e do substrato

Os resultados das análises do composto foram satisfatórios; sua utilização como matéria-prima possibilitaria uma economia em relação a calagens e adubações, uma vez que o pH encontra-se dentro dos parâmetros desejáveis, assim como a concentração de Al, que é fator limitante ao crescimento radicular e extremamente tóxico para as plantas (tab. 02).

Tabela 02. Caracterização agrônômica do composto biológico presente no substrato

Elementos	Resultados
pH	6,5
Al (cmol _d /dm ³)	0,0
Ca + Mg (cmol _d /dm ³)	13,4
Ca (cmol _d /dm ³)	13
Mg (cmol _d /dm ³)	0,4
P (mg/dm ³)	700
K (mg/dm ³)	1806
M.O. (g/kg)	244,04
C (g/kg)	141,56
N (%)	0,56
Mn (mg/dm ³) *	49,1
Fe (mg/dm ³) *	167
Zn (mg/dm ³) *	28,9
Cu (mg/dm ³) *	225

* Elementos disponíveis

Análises realizadas pela EMBRAPA - Agrobiologia / RJ em 16/10/2002.

Quanto aos parâmetros físico-químicos, presença de metais e concentração de compostos orgânicos, não foram encontrados valores acima do limite estabelecido pela NBR 10.004, à

exceção do ferro total. Deste modo, o lodo foi classificado como resíduo de Classe II (não inerte), podendo ser utilizado para a composição de adubo orgânico, desde que este não tenha como finalidade a produção de alimentos para consumo humano, sem que antes se comprovem as características atóxicas do composto através de testes experimentais (tab. 03).

Tabela 03: Parâmetros físico-químicos, concentração de compostos orgânicos e metais no lodo da ETRI.

Parâmetros	Resultados	NBR 10.004	Método	Unidade
pH	5,1	-	Massa bruta	-
Sólidos totais	83,3	-	Massa bruta	%
Sólidos voláteis	13,4	-	Massa bruta	%
Umidade	16,7	-	Massa bruta	%
Matéria orgânica	8,4	-	Massa bruta	%
Óleos e graxas	0,6	5,0	Massa bruta	%
Fenóis	n.d.	-	Massa bruta	mg/kg
Cianetos	n.d.	1.000	Massa bruta	mg/kg
Acrlonitrila	n.d.	-	Massa bruta	mg/kg
Estireno	0,08	-	Massa bruta	mg/kg
Benzeno	n.d.	20	Massa bruta	mg/kg
Tolueno	n.d.	-	Massa bruta	mg/kg
Etil-Benzeno	n.d.	-	Massa bruta	mg/kg
Cádmio	<0,001	0,5	Lixiviação	mg/L
Chumbo	0,01	0,05	Lixiviação	mg/L
Cromo total	<0,01	0,05	Lixiviação	mg/L
Manganês	0,03	0,1	Solubilização	mg/L
Ferro total	0,5	0,3	Solubilização	mg/L
Cobre	<0,01	1,0	Solubilização	mg/L
Sódio	7,0	200	Solubilização	mg/L
Alumínio	<0,04	0,2	Solubilização	mg/L
Zinco	<0,1	5,0	Solubilização	mg/L
Cloretos	35	250	Solubilização	mg/L
Fluoretos	0,4	1,5	Lixiviação	mg/L
Cianetos	<0,05	0,1	Solubilização	mg/L
Nitratos	<0,05	10	Solubilização	mg/L
Fenóis	<0,001	0,001	Solubilização	mg/L
Dureza	40	500	Solubilização	mg/L
Sulfatos	22	400	Solubilização	mg/L
Surfactantes (MBAS)	<0,2	0,2	Solubilização	mg/L

* Análises realizadas pela Hidroquímica Engenharia e Laboratórios Ltda., em 25/02/2002.

Fatores de acompanhamento e seleção para repicagem

Foi realizada uma avaliação biométrica semanal referente ao crescimento em mm/dia e à quantidade de folhas novas por semana, como também a quantificação das perdas. A repicagem foi realizada por meio do transplante das plântulas para sacos plásticos de 15x20 cm. No momento da repicagem, as plântulas apresentavam um tamanho mínimo de 10 cm e ao menos 2 folhas desenvolvidas.



Foto 02. Plântulas de *Laguncularia racemosa* após transplante (repicagem).

Resultados

Através do teste Duncan, sugere-se que *Avicennia schaueriana* tem um melhor desenvolvimento em altura quando é aplicado o tratamento de 0% de lodo, sendo que na primeira e na última semana não ocorreu diferença significativa (gráf. 01).

Laguncularia racemosa, por sua vez, apresenta um comportamento diferenciado (gráf. 02).



Foto 03. Mudas de *Avicennia schaueriana* cultivadas em lodo cru (30%) após o encerramento do experimento

Estabelecendo a hipótese de que a proporção de lodo adicionada em cada tratamento afeta diretamente o crescimento das mudas, ou seja, adotando a hipótese estatística.

H₀: $\alpha_{0\%} = \alpha_{10\%} = \alpha_{20\%} = \alpha_{30\%} = 0$

H₁: Pelo menos um $\alpha_i \neq 0$ $i = 1, 2, 3, 4$

Foi proposto o modelo matemático abaixo,

Crescimento = $\mu + \alpha_i + e_{ij}$

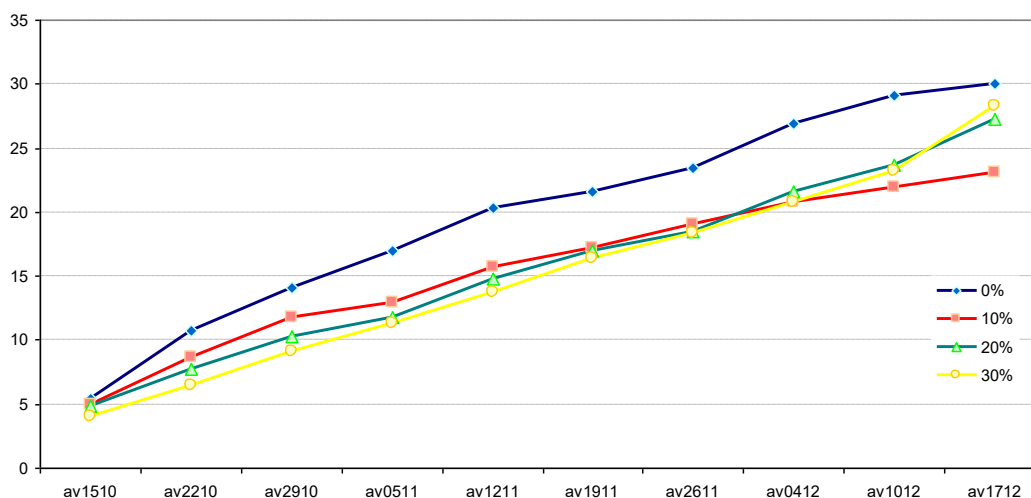
Onde μ é a média de crescimento e α_i é o efeito devido à aplicação do lodo.

Com um nível de significância de 5% tem-se $F_{\text{tabelado}} = F(0, 05, 3, 220) = 2.60$; de acordo com os dados da análise de variância (ANOVA), temos para cada data as seguintes conclusões:

Na segunda semana de condução do experimento já se observam diferenças entre os tratamentos com *Avicennia schaueriana*. Estas diferenças se mantêm até a última semana de tratamento, quando não se observam mais desigualdades. Os resultados do teste F para *Avicennia schaueriana* sugerem que as características fisiológicas desta espécie, sobretudo na eficiência de absorção, de assimilação e de utilização de nutrientes sejam menores que as de *Laguncularia racemosa*.

Através dos resultados do teste Duncan, o qual compara as médias de crescimento para encontrar a que difere significativamente das outras, sugere-se que *Avicennia schaueriana* tem um melhor desenvolvimento em altura quando é aplicado o tratamento de 0% de lodo, sendo que na primeira e na última semana não ocorreu diferença significativa.

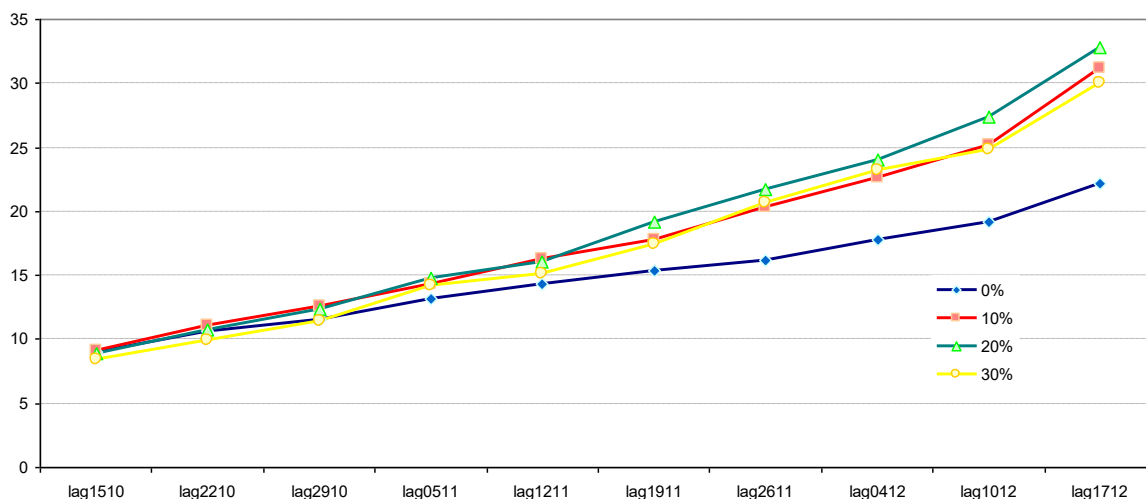
Gráfico 1: Média de crescimento de *Avicennia schaueriana*



Laguncularia racemosa, por sua vez, apresenta um comportamento diferenciado com base na análise dos resultados do teste F. Somente a partir da quinta semana se observam diferenças entre os tratamentos, e essas diferenças se mantêm até o final do experimento. As características da espécie seriam responsáveis por essa melhor resposta, já que foram submetidas às mesmas condições e substrato.

O teste Duncan sugere que o melhor resultado no seu desenvolvimento em altura é atingido quando são aplicados os tratamentos de 10%, 20% e 30% de lodo, pois estes não diferem significativamente entre si, mas diferem significativamente do tratamento com 0% de lodo, o qual possui a menor média de crescimento.

Gráfico 2: Média de crescimento de *Laguncularia racemosa*



Dentre os elementos requeridos pelas células vegetais, depois do C, O e H, obtidos pela fotossíntese e absorção de água, o N é aquele requerido em maior quantidade, representando de 1,35 a 6,0% do peso seco do vegetal (MARSCHNER, 1995). A eficiência de utilização de N, que é a produtividade alcançada por unidade de fertilizante aplicado, é determinada por algumas variáveis: absorção de nitrato ou amônia, atividade da redutase do nitrato, tamanho do pool de estoque de nitrato, habilidade de mobilizar e translocar N para os órgãos colhíveis e adaptação à baixa disponibilidade de N no meio (DUNCAN & BALIGAR, 1990).

O que se observou no campo experimental sugere que houve, a partir da metade do tempo previsto para o encerramento do experimento, uma absorção mais eficiente de nitrogênio em *Laguncularia racemosa*. É clara a melhor adaptação desta espécie em relação a *Avicennia schaueriana*, principalmente naqueles tratamentos onde o crescimento foi proporcional à adição do lodo, mesmo que entre esses tratamentos a diferença não seja significativa como comprova o estudo estatístico aplicado.

O metabolismo de carbono e nitrogênio em *Laguncularia racemosa* é bem mais eficiente, e isso parece ser ainda mais evidente se levarmos em conta exatamente a que tempo se deu o crescimento na condução do estudo, já que este ocorreu na quinta semana (cerca de 35 dias após a repicagem), o que insinua ter ocorrido um tempo hábil para a cura do composto utilizado, ou seja, a degradação completa das bactérias que disponibilizaram o nitrogênio sob a forma de nitrato para uma possível absorção radicular das espécies. Desta forma houve um aumento substancial na disponibilidade de nutrientes para ambas as espécies propostas. Estudos posteriores em fisiologia vegetal poderão comprovar as hipóteses levantadas. Como a quantidade de nutrientes afeta o conteúdo de fitormônios e crescimento dos tecidos (MARSCHNER, 1995), e de uma forma geral os vegetais, sob condições de alto suprimento de N, diminuem o crescimento radicular, favorecendo o crescimento da parte aérea (KRAMER & BOYER, 1995), fica perceptível uma melhor absorção, assimilação, transporte e utilização dos nutrientes contidos no substrato por *Laguncularia racemosa* que por *Avicennia schaueriana*.

Referências bibliográficas

EHRENFELD, J. R. **Industrial ecology: a framework for product and process design** [s.l.], J. Cleaner Prod., v.5, n. 1-2, p. 87-95, 1997.

MARINHO, M; KIPERSTOK, A. 2001. Ecologia industrial e prevenção da poluição: uma contribuição ao debate regional. **Bahia Análise - Dados**. Volume 10, número 04. pp. 271-279.

PIMENTEL, CARLOS, 1995. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Edur, 1998. [9], 150 p.: il.

MARSCHNER, H. 1995. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, San Diego.

DUNCAN, R. R.; BALIGAR, V. C. 1990. Genetic and physiological basis of nutrient uptake and use efficiency: an overview. In: **Crops as enhancers of nutrient use**. DUNCAN, R. R.; BALIGAR, V. C. (eds.). Academic Press, San Diego, pp. 3-38.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. 1995. **Water relations of plants and soils**. Academic Press, San Diego.

Conclusões

Houve, a partir da metade do tempo previsto para o encerramento do experimento, uma absorção mais eficiente de nitrogênio em *Laguncularia racemosa*. É clara a melhor adaptação desta espécie em relação a *Avicennia schaueriana*, principalmente naqueles tratamentos onde o crescimento foi proporcional à adição do lodo, mesmo que entre esses tratamentos a diferença não seja significativa como comprova o estudo estatístico aplicado.

O metabolismo de carbono e nitrogênio em *Laguncularia racemosa* é bem mais eficiente, e isso parece ser ainda mais evidente se levarmos em conta exatamente a que tempo se deu o crescimento na condução do estudo, já que este ocorreu na quinta semana (cerca de 35 dias após a repicagem), o que sugere ter ocorrido um tempo hábil para a cura do composto utilizado, ou seja, a degradação completa das bactérias que disponibilizaram o nitrogênio sob a forma de nitrato para uma possível absorção radicular das espécies. Desta forma houve um aumento substancial na disponibilidade de nutrientes para ambas as espécies.