



AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE PROPÁGULOS E PLÂNTULAS DE ESPÉCIES DE MANGUE EM DIFERENTES SEDIMENTOS

VALUATION OF SEEDLING GROWTH OF MANGROVE SPECIES IN DIFFERENT SEDIMENTS

Beatriz Eiko Kitagami¹; Kauan Xavier Felizardo¹; Lana Lopes Da Silva¹; Patricia Fernanda Bueno De Oliveira¹; Rhauã Carlos Florido de Oliveira¹; Thales Gonçalves Francisco¹; Marília Cunha Lignon¹

Artigo recebido em: 30/03/2023 e aceito para publicação em: 19/08/2023.

DOI: <http://doi.org/10.14295/holos.v23i1.12492>

Resumo: Manguezais são ecossistemas de grande importância ecológica e econômica, devido aos serviços ecossistêmicos que oferecem para as comunidades humanas. Diversas áreas de manguezal estão localizadas próximas a regiões urbanizadas, o que contribui com a degradação desses ambientes, devido a inúmeros impactos antrópicos. O conhecimento sobre as características morfológicas do solo é essencial para auxiliar propostas de conservação e restauração desses ecossistemas. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento de propágulos e plântulas das espécies *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Avicennia schaueriana* (mangue preto) e *Laguncularia racemosa* (mangue branco) em diferentes tipos de sedimentos. O experimento utilizou um delineamento inteiramente casualizado, contendo três tratamentos (A: 100% areia; L: 100% lama; e misto, M: 50% areia + 50% lama), com três repetições cada, totalizando nove propágulos por espécie e 27 mudas no total. As amostras foram mantidas em ambiente com boa iluminação, regadas com água doce e medidas semanalmente, durante 15 semanas (de agosto a novembro de 2022). Todos os propágulos tiveram 100% de germinação nos três tipos de sedimento. Para verificar se os tratamentos tinham efeitos significativamente diferentes no desenvolvimento das mudas, foi realizada uma análise de variância e o Teste de Scott-Knott. Foi observado que os substratos lama e misto mostraram os melhores resultados de crescimento para as três espécies. O sedimento misto pode ser uma boa alternativa para o cultivo de mudas de mangue e projetos de restauração de manguezais, uma vez que demanda menos sedimento fino (lama) do próprio ecossistema.

Palavras-chave: Manguezal. Granulometria. Desenvolvimento. Solo. Estrutura vegetal.

Abstract: Mangroves are ecosystems of great ecological and economic importance, due to the many ecosystem services they provide to human communities. Currently, several mangrove areas are located near urbanized regions, which contributes to the degradation of these environments, due to various anthropic impacts. Knowledge about the morphological characteristics of the soil is essential for the work of conservation and restoration of these ecosystems. Therefore, the present study aimed to evaluate the growth of propagules and seedlings of the species *Rhizophora mangle* (red mangrove), *Avicennia schaueriana* (black mangrove) and *Laguncularia racemosa* (white mangrove) in different types of sediments. The experiment used a completely randomized design, with three treatments (A: 100% sand; L: 100% mud; and M: 50% sand + 50% mud), with three repetitions each, totaling nine seedlings per species and 27 seedlings in total. The samples were kept in an environment with good lighting, watered with fresh water, and measured weekly for three months (from August to November 2022). All propagules had 100% germination in all three types of sediment. To verify whether the treatments had significantly different effects on seedling development, an analysis of

¹Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo, SP. E-mails: (beatriz.kitagami@unesp.br, kauan.xavier@unesp.br, lane.lopez@unesp.br, patricia.b.oliveira@unesp.br, rhaua.oliveira@unesp.br, t.francisco@unesp.br, cunha.lignon@unesp.br)

variance and the Scott-Knott Test were performed. With the data obtained, it was observed that the mud and mixed substrates had good results for the three species, with the mixed sediment being a good alternative for growing mangrove seedlings, without the need to use the mud from the mangrove itself.

Keywords: Mangrove. Substrate. Granulometry. Soil. Restoration. Vegetation structure.

1 INTRODUÇÃO

Manguezais são ecossistemas de grande importância ambiental, social e econômica para o planeta, fornecendo inúmeros serviços ecossistêmicos para populações humanas, mas diversas pressões antrópicas e naturais na zona costeira vem causando perdas substanciais de áreas. Eles representam apenas cerca de 1% de todas as florestas do mundo, mas são importantes fontes de bens e serviços que beneficiam, direta e indiretamente, as comunidades costeiras e o planeta, com a produção de madeira, ingredientes medicinais, ciclagem de nutrientes, produtividade e manutenção da fauna marinha, proteção das áreas costeiras, entre outros (UNEP, 2014). Os manguezais foram reconhecidos como as florestas mais eficazes em depósito de carbono do planeta, em função da alta capacidade de captura e armazenamento por unidade de área que realizam (Spalding, 2021). A degradação desses ambientes pode agravar variações climáticas em escala global, já que as perdas dos manguezais e seus solos podem levar a um aumento significativo das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera (Thomson, 2021).

No Brasil, ocorrem seis espécies vegetais de mangue, com três delas no Sudeste: *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Avicennia schaueriana* (mangue preto) e *Laguncularia racemosa* (mangue branco). A espécie *R. mangle* tem como característica marcante a presença de rizóforos, estruturas adaptadas para sustentação em ambientes de solo instável e encharcado (Sérgio, 2006), predominando nas franjas das florestas de mangue, além de seus propágulos com formato de lança e que chegam a ter longevidade de 12 meses (Fruehauf, 2005). Diferente da *Rhizophora*, os gêneros *Avicennia* e *Laguncularia* possuem raízes respiratórias chamadas de pneumatóforos, que ajudam a realizar trocas gasosas entre as plantas e o ambiente (Santos; Lima, 2021). *A. schaueriana* possui folhas mais alongadas e delicadas com a coloração verde clara, seus propágulos são pequenos e com alta flutuabilidade (Fruehauf, 2005). Já *L. racemosa* possui folhas arredondadas e o pecíolo vermelho, característica marcante da espécie. A planta adulta de *L. racemosa* atinge menores alturas do que as outras espécies mencionadas. Também possui propágulos pequenos e apresenta boa capacidade de crescimento em diversos tipos

de substratos (Silva, 2018). Cada espécie de mangue possui adaptações específicas aos fatores ambientais, sendo possível observar que, geralmente, as espécies são distribuídas em faixas de dominância, de acordo com as condições específicas de cada área, o que é chamado de zonação (Melo *et al.*, 2011). Alguns autores citam modelos de zonação para determinadas regiões, no entanto, essa distribuição pode ter variações. As espécies dominantes em cada tipo de floresta se diferem dependendo da estabilidade de cada local, considerando diferentes tipos fisiográficos, energias subsidiárias, características da vegetação, entre outros fatores (Cunha-lignon *et al.*, 2011). Nos manguezais do Brasil, principalmente na região Sudeste, geralmente as florestas de franja são dominadas por *R. mangle*, que ficam mais próximas ao estuário, regiões com micro-canais, sofrendo frequentes inundações pelas marés. *L. racemosa* podem ser encontradas em áreas de deposição de sedimento com baixa energia das marés, em região de sedimento mais arenoso e baixa salinidade. Já as florestas de bacia, localizadas mais próximas às restingas, apresentam a dominância de *A. schaueriana*, onde a inundação pelas marés é menor e a topografia mais elevada (Cunha-lignon *et al.*, 2011).

O manguezal é um ecossistema dinâmico, com uma vegetação que está constantemente se ajustando e respondendo aos processos geomorfológicos e à granulometria do sedimento, devido às suas diferentes origens (Fruehauf, 2005). Determinadas características ambientais, como profundidade e tipo de solo, salinidade intersticial e taxas de inundação de marés, são variáveis que regulam e mantêm os níveis de produtividade primária, respiração, ciclos de nutrientes e troca de matéria orgânica entre manguezais com outros ecossistemas adjacentes (Cavalcanti *et al.*, 2007), considerados processos responsáveis pela manutenção e renovação desses ambientes. *A. schaueriana* e *L. racemosa* são consideradas como espécies pioneiras, ou seja, que possuem rápidas taxas de crescimento, elevada capacidade reprodutiva, período prolongado de floração, entre outros aspectos (Santos; Lima, 2021). Essa diferença entre as espécies quanto a essas características permite uma rápida colonização de novas áreas (Cardoso *et al.*, 2015), possuindo assim, grande importância em processos de sucessão e reflorestamento.

O conhecimento sobre o desenvolvimento de espécies típicas de mangue nessas diferentes condições ambientais é necessário para melhores práticas de conservação e restauração desse ecossistema. É importante conhecer a relação que as plantas possuem com cada substrato para entender o comportamento de cada espécie e garantir sucesso no seu desenvolvimento. Estudos para avaliar o desenvolvimento do comprimento da parte aérea e das raízes são fatores importantes para prever a sobrevivência de mudas de

mangue em ambientes com alta dinâmica sedimentar e estabelecer medidas de restauração (Van Hespen *et al.*, 2022). Com isso, um dos fatores necessários para garantir a boa conservação desses ambientes é conhecer sobre a composição, gênese, morfologia e classificação do solo (Bomfim *et al.*, 2015). Diante disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar o crescimento de propágulos e plântulas das espécies *R. mangle*, *A. schaueriana* e *L. racemosa* em três diferentes tipos de sedimento: areia, lama e misto (50% areia + 50% lama).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Fitossanidade, da Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira, da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Registro, localizado na cidade de Registro, Estado de São Paulo. O município apresenta clima quente e úmido, com temperatura média anual de 24°C, sendo a temperatura máxima de 38°C e mínima de 13°C, umidade relativa de 84% e pluviosidade média de 1500 mm por ano (Prefeitura de Registro, 2022).

Os sedimentos e propágulos foram coletados no município de Cananéia, litoral sul de São Paulo, sendo que os propágulos de *L. racemosa* e *A. schaueriana* foram coletados no dia 25/06/2022, enquanto os de *R. mangle* no dia 09/07/2022. A coleta dos propágulos foi feita manualmente, selecionando aqueles encontrados no solo que estavam viáveis e sem partes externas danificadas. Os sedimentos arenoso e lamoso foram recolhidos com o auxílio de uma pá e baldes (Figura 1). O sedimento lamoso foi obtido no interior do manguezal, onde o solo é mais rico em matéria orgânica, enquanto o substrato arenoso na transição entre manguezal e restinga. Os propágulos foram posteriormente lavados em água corrente e armazenados para germinação até a data do plantio.

Figura 1 - Substratos de areia (esquerda) e lama (direita)



Fonte: Fotos de Marília Cunha Lignon.

O material utilizado como substrato no experimento consiste em três tipos de sedimentos: 100% areia (A), 100% lama (L) e misto (M), com 50% areia + 50% lama. Os substratos foram colocados em pequenos sacos plásticos de polietileno, que continham furos nas laterais e base para permitir a drenagem de água. No total, foram plantados nove propágulos de cada espécie, totalizando 27 mudas, sendo divididas três réplicas de cada espécie para cada tipo de sedimento (Figura 2). O plantio foi realizado no dia 09 de julho de 2022, sendo semeado um propágulo em cada saco e irrigados com água da rede pública. O estudo foi realizado durante 15 semanas, correspondente ao período entre 02 de agosto e 08 de novembro de 2022. Durante o experimento, as mudas foram deixadas em um ambiente com boa iluminação, sendo regadas com água doce a cada dois dias, em média, dependendo da umidade do sedimento.

Figura 2 - Propágulos de *A. schaueriana*, *R. mangle* e *L. racemosa* antes do plantio (em 10/07/2022)



Fotos: Marília Cunha Lignon.

Cada uma das espécies foi dividida utilizando um delineamento inteiramente casualizado (DIC), contendo três tratamentos (areia, lama e misto), cada um com três repetições, totalizando nove mudas por espécie e 27 amostras no total. As variáveis avaliadas neste estudo foram altura da planta (AP) e mortalidade (MT). A altura dos propágulos e plântulas (AP) foi medida a partir da base da muda até o ponto mais alto da planta, com o auxílio de uma escala métrica com medição em centímetros (cm), enquanto a mortalidade (MT) se deu pelo número de plantas que morreram ao longo do experimento. Todas as variáveis foram medidas semanalmente e os dados foram registrados em planilha de Excel.

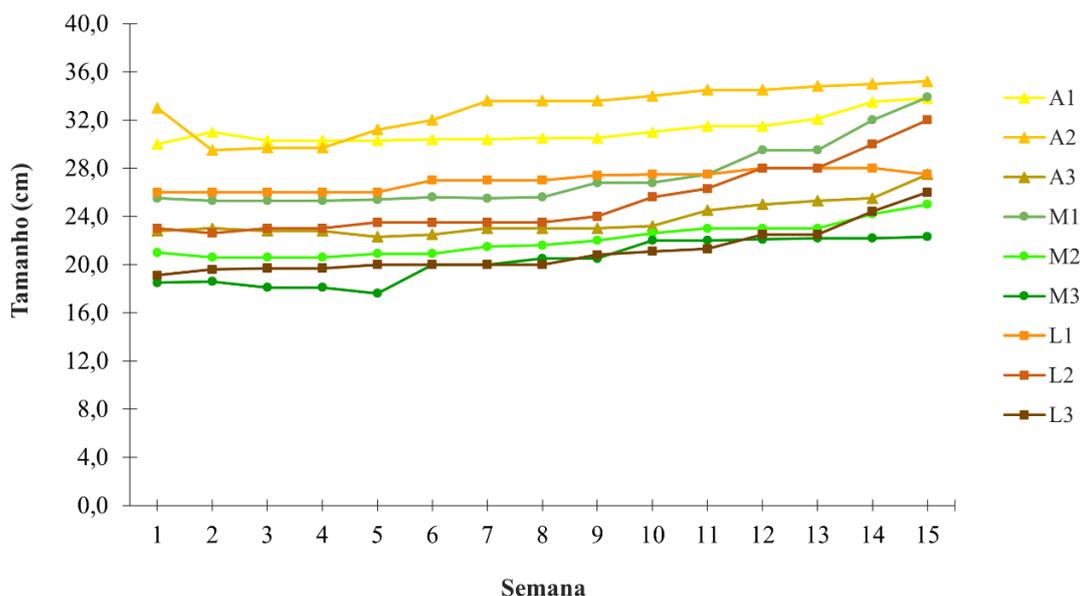
Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparados pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR, versão 5.8.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mudas da espécie *R. mangle* não se desenvolveram nas quatro primeiras semanas do experimento, com exceção da amostra A2, que apresentou crescimento de 2,4 cm entre as semanas 5 e 7 (Figura 3), depois estagnando novamente seu desenvolvimento até o final do estudo. Na semana 6 (06 de setembro), quando houve um aumento na temperatura

ambiente, a amostra M3 mostrou desenvolvimento superior em relação às semanas anteriores, com crescimento médio de 1,8 cm por semana, enquanto A2 e L1 também cresceram 1,6 cm e 1,0 cm, respectivamente. No restante do mês de setembro (semanas 8 a 9), as mudas não apresentaram mais crescimento. A partir da semana 11, as temperaturas voltaram a subir e foi observado que as amostras começaram a se desenvolver mais que nos meses anteriores, principalmente M1 e L2, que cresceram 2,0 cm e 1,7 cm, passando a ter um crescimento regular até o final do experimento. A amostra M3, a partir da semana 10, não apresentou mais sinais de crescimento. Nas semanas 14 e 15, foi observado um maior desenvolvimento entre A1, A3 e M2, em comparação aos meses anteriores, crescendo em uma semana 1,4 cm, 2,0 cm e 1,2 cm, respectivamente, enquanto as amostras M1, L2 e L3 mostraram crescimento de 2,2 cm, 2,0 cm e 1,8 cm nesse mesmo período (Figura 3).

Figura 3 - Crescimento de propágulos e plântulas de *Rhizophora mangle* cultivadas em diferentes sedimentos. A: Areia; M: Misto; L: Lama

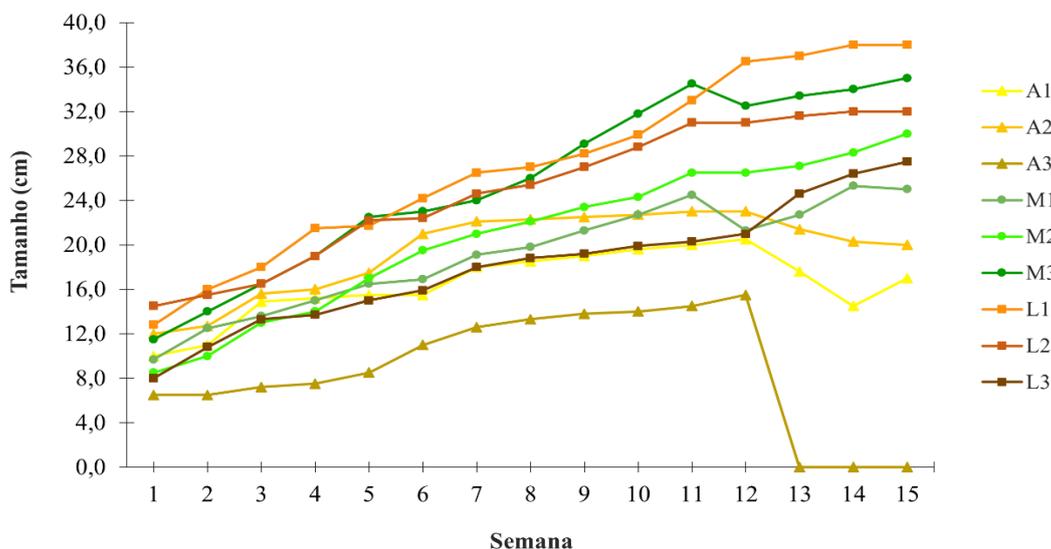


Fonte: Autoria própria.

Para a espécie *A. schaueriana*, nas cinco primeiras semanas do experimento, as mudas mostraram crescimento, principalmente L1, M2 e M3, com média por semana de 2,2 cm, 2,1 cm e 2,8 cm neste período (Figura 4). A amostra A3, no entanto, não cresceu até a semana 5. Nas semanas 6 e 7, A1, A2 e A3 tiveram crescimentos 2,5 cm, 3,5 cm e 2,5 cm, respectivamente, porém após a semana 7, o crescimento foi menor. Entre as semanas 7 e

9, o restante das mudas continuou crescendo, sendo as amostras L2, L3 e M3 as que mais se desenvolveram neste período (1,5 cm, 1,5 cm e 2,0 cm). Entre as semanas 11 e 12, as mudas apresentaram crescimento mais lento em comparação às semanas anteriores, exceto L1, que cresceu 3,5 cm. A partir da semana 7, as amostras na areia já não estavam mais apresentando sinais de crescimento e, após a semana 12, quando as temperaturas começaram a aumentar, A1 e A2 passaram a decrescer até o final do experimento, enquanto a amostra A3 morreu. Nas semanas 14 e 15, M2 e L3 mostraram leve crescimento de 1,5 cm ambas, enquanto o restante das mudas não apresentou diferenças no tamanho, com exceção de M1, que cresceu 2,6 cm na semana 14, e A1 que recuperou 2,5 cm na semana 15 do experimento.

Figura 4 - Crescimento de propágulos e plântulas de *Avicennia schaueriana* cultivadas em diferentes sedimentos. A: Areia; M: Misto; L: Lama.

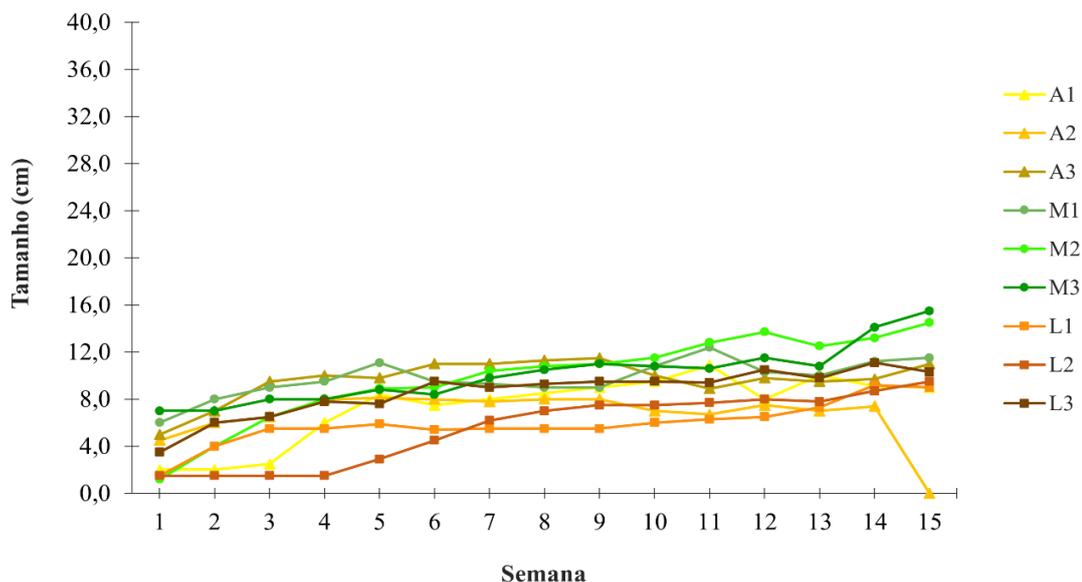


Fonte: Autoria própria.

As mudas de *L. racemosa* nos três substratos apresentaram crescimento nas semanas 1 e 2 do experimento (A2: 1,5 cm, A3: 2,0 cm, M1: 2,0 cm, M2: 2,8 cm, L1: 2,5 cm e L3: 2,5 cm), com exceção das amostras A1, M3 e L2, que não se desenvolveram (Figura 5). No entanto, A1 teve um maior avanço entre as semanas 3 e 5 (média de 2,0 cm por semana), apresentando um decréscimo na semana seguinte e, a partir da semana 6, não apresentou mais desenvolvimento, com exceção das semanas 11 e 13 (1,4 cm e 2,0 cm). As outras amostras no sedimento arenoso também não mostraram mais crescimento, apresentando alguns decréscimos durante o período de estudo, principalmente quando as temperaturas estavam acima de 19°C. Foi observado a mortalidade da amostra A2 na

semana 14, logo após a semana com a temperatura mais alta registrada durante o experimento. As amostras L2 e M2 apresentaram bom desenvolvimento até a semana 7 com crescimento de 4,7 cm e 9,2 cm, respectivamente, em comparação à primeira semana. L2 voltou a se desenvolver quando as temperaturas subiram, enquanto M2 só voltou a se desenvolver nas semanas 14 e 15 do experimento. A amostra M1 apresentou leve crescimento durante o experimento, tendo um melhor desenvolvimento nas semanas 10 e 11 (1,8 cm e 1,6 cm). Já M3 apresentou leve desenvolvimento entre as semanas 6 e 9 (média de 0,6 cm por semana), mostrando um maior crescimento nas semanas 14 e 15, crescendo 4,7 cm neste período. A amostra L3 estava se desenvolvendo até a semana 6, mas após isso, deu uma estagnada no crescimento, com exceção das semanas 12 e 14, que apresentou leve crescimento de 1,1 cm e 1,3 cm, respectivamente. L1 não mostrou desenvolvimento considerável durante todo o período de estudo, com exceção das duas primeiras semanas, que cresceu em média 2 cm, e a semana 14, com 1,9 cm.

Figura 5 - Crescimento de propágulos e plântulas de *Laguncularia racemosa* cultivadas em diferentes sedimentos. A: Areia; M: Misto; L: Lama

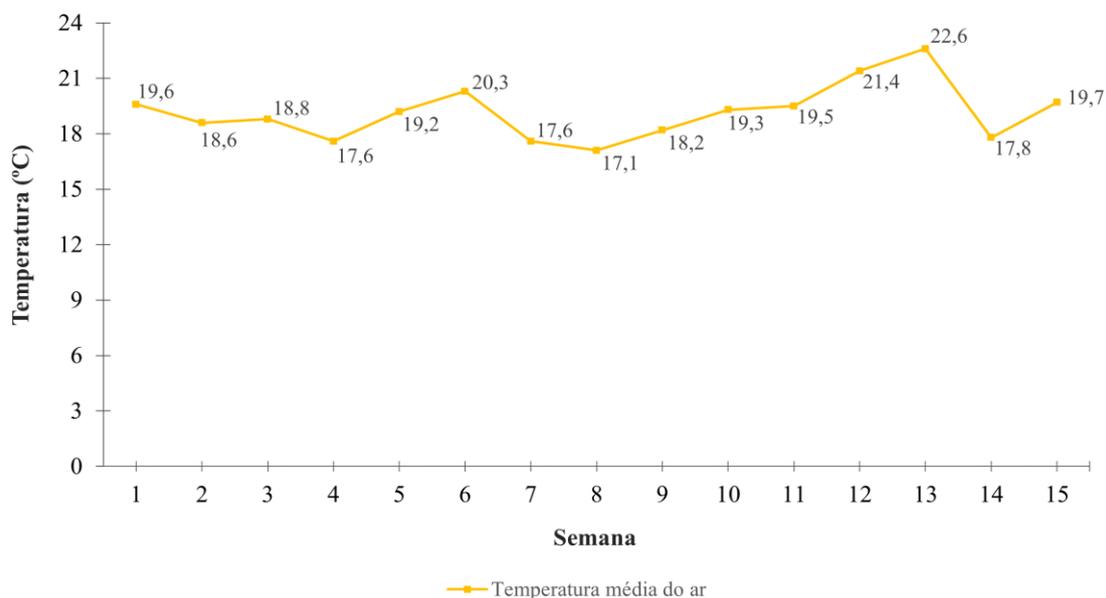


Fonte: Autoria própria.

Em relação à mortalidade das plantas (MT), nenhuma das mudas de *R. mangle* morreram durante o experimento, porém, a partir da semana 10, a amostra M3 não apresentou mais avanços no seu desenvolvimento até a última medição do estudo. Para as mudas de *A. schaueriana*, apenas a amostra A3 morreu, observado na semana 13, quando foi medida a maior temperatura média durante o experimento, de 22,6°C (Figura 6).

Já para *L. racemosa*, apenas a amostra A2 morreu durante o experimento, observado na semana 15, quando a temperatura média era de 19,7°C.

Figura 6 - Temperatura média semanal (agosto a novembro) da cidade de Registro, SP, no ano de 2022



Fonte: Portal Agrometeorológico e Hidrológico do Estado de São Paulo.

Tabela 1 - Comparação do tamanho médio das mudas de mangue no início (02 de agosto, semana 1) e final (08 de novembro, semana 15) do experimento

Espécie	Período	Sedimentos		
		Areia	Lama	Misto
<i>R. mangle</i>	Início: 02 de agosto Semana 1	28,6 cm	21,7 cm	22,7 cm
	Final: 08 de novembro Semana 15	32,2 cm	27,1 cm	28,5 cm
<i>A. schaueriana</i>	Início: 02 de agosto Semana 1	9,5 cm	9,9 cm	11,8 cm
	Final: 08 de novembro Semana 15	12,3 cm	30,0 cm	32,5 cm
<i>L. racemosa</i>	Início: 02 de agosto Semana 1	3,8 cm	4,7 cm	2,2 cm
	Final: 08 de novembro Semana 15	6,7 cm	13,8 cm	9,6 cm

Durante o período de estudo (02 de agosto a 08 de novembro de 2022), as mudas de *R. mangle* tiveram um crescimento médio de 3,6 cm, 5,4 cm e 5,8 cm, nos sedimentos areia, misto e lama, respectivamente (Tabela 2). As mudas de *A. schaueriana* apresentaram o crescimento de 2,8 cm na areia, 20,1 cm no sedimento misto e 20,7 cm na lama,

observando que as plântulas dessas duas espécies se desenvolveram melhor no sedimento lamoso. Já *L. racemosa* teve seu melhor crescimento no sedimento misto, com 9,1 cm de diferença em comparação à semana 1 do experimento, enquanto os sedimentos areia e lama apresentaram o crescimento de 2,9 cm e 7,4 cm, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 - Crescimento médio final (erro padrão) de plântulas de *R. mangle*, *A. schaueriana* e *L. racemosa*, em cm, em função dos tipos de sedimentos utilizados (A: areia; M: misto; L: lama)

TRAT	Crescimento médio (erro padrão)		
	<i>R. mangle</i>	<i>A. schaueriana</i>	<i>L. racemosa</i>
A	3,6 b (1,61)	5,0 b (2,43)	4,3 b (1,83)
M	5,4 b (1,61)	20,1 a (2,43)	9,1 b (1,83)
L	5,8 b (1,61)	20,7 a (2,43)	7,4 b (1,83)

*Crescimentos médios seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si no teste de Scott-Knott, considerando o valor nominal de 5% de significância.

De acordo com os resultados da análise de variância, a espécie *R. mangle* (Tabela 3) não apresentou diferença significativa pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade para todos os tratamentos testados. Já na espécie *A. schaueriana* (Tabela 4), verificou-se uma diferença significativa pelo teste F, ao nível de 1% de significância, concluindo que os tratamentos testados possuem efeitos diferentes quanto ao crescimento das plântulas, com um grau de confiança de 99%. *L. racemosa* apresentou resultado similar à *R. mangle* (Tabela 5).

Tabela 3 - Resultado da análise de variância do crescimento médio final das mudas de *R. mangle* em diferentes sedimentos

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc	F _{crítico}
TRATAMENTO	2	8,51	4,25	0,55 ^{ns}	0,61	5,14
Erro padrão	6	46,67	7,78			
Total corrigido	8	55,18				
CV (%) =	56,66					
Média geral:	4,92					
				Número de observações:	9	

^{ns} - Efeito não significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados; QM = Quadrados médio; Fc = Valor do F calculado; Pr = Nível mínimo de significância do teste; F_{crítico} = Valor do F tabelado.

Tabela 4 - Resultado da análise de variância do crescimento médio final das mudas de *A. schaueriana* em diferentes sedimentos

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc	F _{crítico}
TRATAMENTO	2	475,95	237,97	13,41 ^{**}	0,01	5,14
Erro padrão	6	106,49	17,75			
Total corrigido	8	582,44				
CV (%) =	27,57					
Média geral:	15,28					
				Número de observações:	9	

^{**} - Efeito altamente significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 5 - Resultado da análise de variância do crescimento médio final das mudas de *L. racemosa* em diferentes sedimentos

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc	F_{crítico}
TRATAMENTO	2	35,11	17,55	1,75 ^{ns}	0,25	5,14
Erro padrão	6	60,35	10,06			
Total corrigido	8	95,46				
CV (%) =	45,60					
Média geral:	6,96			Número de observações:	9	

^{n.s.} - Efeito não significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade.

Para verificar o efeito que cada tratamento teve no desenvolvimento das mudas, foi realizado o teste de Scott-Knott (Tabela 2), por meio da análise de variância, observando que na espécie *A. schaueriana*, os sedimentos misto e lama tiveram crescimentos superiores e estatisticamente semelhantes entre si, enquanto o sedimento arenoso foi estatisticamente inferior aos demais tratamentos, ao nível nominal de 5% de significância. Já nas espécies *R. mangle* e *L. racemosa*, conforme também já havia indicado o teste F, não houve diferença significativa entre as médias de desenvolvimento dos três tratamentos.

Resultados semelhantes foram obtidos por Araújo *et al.* (2014), que ao avaliar o crescimento da altura da parte aérea da planta, observaram que mudas da espécie *R. mangle* apresentaram maior crescimento no substrato de solo de mangue (lama), enquanto o tratamento areia teve a menor taxa de crescimento. Os tratamentos solo de mangue e latossolo não tiveram diferença significativa pelo teste de Tukey ($\alpha=5\%$) para esta espécie. No mesmo estudo, mudas de *L. racemosa* tiveram maior crescimento no substrato latossolo, enquanto outra espécie utilizada, *Avicennia germinans*, apresentou médias superiores semelhantes nos tratamentos solo de mangue e latossolo. Ambas as espécies tiveram o menor crescimento também no substrato arenoso (Araújo *et al.*, 2014).

Silva (2018) analisou o crescimento de indivíduos de *L. racemosa* em substratos com diferentes porcentagens de lama, concluindo que a proporção 25% lama e 75% areia apresentou o melhor desenvolvimento para a espécie, podendo indicar uma boa relação de sedimento e plântula. Na proporção 50% lama, a taxa de crescimento foi menor, mas não difere significativamente dos outros tratamentos, mostrando que a espécie pode ser considerada oportunista, pela capacidade de se desenvolver na maioria dos sedimentos. Em outro estudo, Prandi (2016) avaliou o desenvolvimento de *R. mangle* em diferentes substratos, concluindo que a espécie apresenta crescimento mais efetivo quando é usado lodo de mangue no plantio. Costa *et al.* (2016) também observaram que as mudas cultivadas em solo de mangue apresentaram os melhores crescimentos, no entanto, o menor desenvolvimento das três espécies estudadas foi no substrato latossolo. Já Fruehauf

(2005) citou a preferência de *L. racemosa* e *A. schaueriana* por substratos predominantemente arenosos e com teores de matéria orgânica abaixo de 25%, enquanto *R. mangle* apresentou predominância em sedimentos com maior quantidade de matéria orgânica. No presente estudo, os resultados obtidos no teste de Scott-Knott, foi observado que o tratamento arenoso apresentou o menor desenvolvimento em todas as espécies, sendo as mudas de *R. mangle* que tiveram o menor crescimento entre as três espécies (Tabela 2).

4 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo indicaram que o sedimento misto mostrou os melhores resultados para todas as espécies vegetais de mangue, principalmente *L. racemosa* (mangue branco), devido à preferência da espécie por substratos mais firmes, para garantir uma boa fixação. No substrato lamoso, houve maior crescimento para as mudas de *R. mangle* (mangue vermelho), por ser mais adaptada a sedimentos lodosos e de pouca sustentação. As plântulas de *A. schaueriana* (mangue preto) apresentaram maior crescimento a partir de outubro (semana 10), quando a temperatura ambiente começou a aumentar. No sedimento 100% arenoso, as três espécies apresentaram crescimento mais lento, por ser um solo mais seco e com menor teor de nutrientes.

As plântulas de mangue preto apresentaram o melhor desenvolvimento médio durante o experimento em comparação com as outras espécies de mangue. Plântulas de mangue branco tiveram um crescimento mais lento, em comparação ao mangue preto, porém é a espécie com menor propágulo. Apesar de apresentarem morfologicamente maior propágulo, as plântulas de mangue vermelho foram as que tiveram menor crescimento médio no período de estudo, indicando provavelmente maior tempo de desenvolvimento e/ou maior necessidade de estímulo de luz e calor. O melhor desenvolvimento de *A. schaueriana* e *L. racemosa* também pode ser pelo fato de as espécies serem identificadas como pioneiras, podendo apresentar maior facilidade na colonização de novos substratos e avanço no desenvolvimento de seus propágulos.

Em relação à mortalidade das plântulas, as espécies *A. schaueriana* e *L. racemosa* tiveram uma mortalidade cada no sedimento arenoso. Já *R. mangle*, nenhuma das mudas morreu durante as 15 semanas do experimento, no entanto, a partir da semana 10 (04/10), a amostra M3 não apresentou mais sinais de desenvolvimento de folhas e na sua altura.

Cada espécie vegetal de mangue possui tolerância e adaptações específicas a diferentes condições ambientais, respondendo de maneiras diversas, o que reflete no seu processo de desenvolvimento. Conhecer a relação que as plantas possuem com cada tipo de substrato é de extrema importância para entender o comportamento de cada espécie e garantir sucesso na sua sobrevivência e expansão. Com isso, conclui-se que o melhor entendimento sobre o crescimento e adaptação de propágulos e plântulas de mangue, além de como cada espécie responde a diferentes substratos de cultivo, poderá subsidiar propostas mais efetivas em ações para restauração de manguezais.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer os alunos do curso de Engenharia de Pesca, da UNESP, campus de Registro, Letícia Teixeira Cordeiro por sua ajuda na coleta dos propágulos e sedimentos, Carla dos Anjos Marchi, Lukas Yuya Makino e Sharlyane Gislene Lima pela ajuda na manutenção das plântulas e coleta de dados semanais, e Marina Paixão Gil por sua ajuda na análise de sobrevivência dos propágulos e plântulas.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, E. C.; COSTA, R. S.; LOPES, E. C.; DAHER, R. F.; FERNANDES, M. E. B. Qualidade das mudas de espécies arbóreas de mangue cultivadas em viveiro e diferentes substratos. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 11, n. 1/2, p. 21-32, 2014.

BOMFIM, M. R.; SANTOS, J. A. G.; COSTA, O. V.; OTERO, X. L.; VILAS BOAS, G. S.; CAPELÃO, V. S.; SANTOS, E. S.; NACIF, P. G. S. Genesis, Characterization, and Classification of Mangrove soils in the Subaé River Basin, Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1247-1260, 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140555>

CARDOSO, C. S.; CHAVES, F. O.; SOARES, M. L. G. Variação espaço-temporal na produção de propágulos de espécies de mangue no Sudeste do Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 10, p. 491-503, 2015. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v10i3.478>

CAVALCANTI, V. F.; DE ANDRADE, A. C. S.; SOARES, M. L. G. Germination of *Avicennia schaueriana* and *Laguncularia racemosa* from two physiographic types of mangrove forest. **Aquatic Botany**, v. 86, n. 3, p. 285-290, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2006.10.008>

CIIAGRO. **Portal Agrometeorológico e Hidrológico do Estado de São Paulo**, 2022. Comitê de Bacias Hidrográficas do Ribeira/Litoral Sul: Portal Agrometeorológico. Disponível em: <http://www.ciiagro.org.br/ribeira/climatico/executar>. Acesso em: 10 dez. 2022.

COSTA, R. S.; ARAUJO, E. C.; LOPES, E. C.; FERNANDES, M. E. B.; DAHER, R. F. Survival and growth of mangrove tree seedlings in different types of substrate on the Ajuruteua

Peninsula on the Amazon coast of Brazil. **Open Access Library Journal**, v. 3, n. 7, p. 1-9, 2016. <https://doi.org/10.4236/oalib.1102777>

CUNHA-LIGNON, M.; COELHO-JR, C.; ALMEIDA, R.; MENGHINI, R.P.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G.; DAHDUH-GUEBAS, F., 2011. Characterisation of mangrove forest types in view of conservation and management: a review of mangals at the Cananéia region, São Paulo State, Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 64, v. I, p. 349-353.

DONATO, D. C.; KAUFFMAN, J. B.; MURDIYARSO, D.; KURNIANTO, S.; STIDHAM, M.; KANNINEN, M.. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. **Nature Geoscience**, v. 4, p. 293–297, 2011. <https://doi.org/10.1038/ngeo1123>

FRUEHAUF, S. P. **Rhizophora mangle (mangue vermelho) em áreas contaminadas de manguezal na Baixada Santista**. 2005. Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo, 2005.

MELO, A.T.; SORIANO-SIERRA, E. J.; VEADO, R. W. V. Biogeografia dos Manguezais. **Geografia**, v. 36, n. 2, p. 311-334. 2011.

NOVELLI, Y. S.; LACERDA, L. D. **Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões Sul e Sudeste do Brasil**. São Paulo: Fundespa; Iousp; Petrobrás, 1994, 128-347.

PRANDI, M. F.; GIORDANO, F. Crescimento em altura de propágulos de mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*) em tratamentos experimentais com diferentes substratos de cultivo. **Unisanta BioScience**, v. 5, n. 4, p. 319-324, 2016.

ROVAI, A. S. **Restauração de manguezais no Brasil: retrospectiva e perspectivas**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2012.

SANTOS, A. L. G.; LIMA, N. G. B. Biogeografia dos manguezais: ocorrência, área de distribuição e diversidade de espécies. *In*: ENANPEGE, 15., 2021. **[Anais...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2021.

SÉRGIO, C.; LEITE, E.; PITTEI, H.; MARTUSCELLI, J.; MACHADO, P. Caracterização morfofisiológica do manguezal de Cananéia-SP. *In*: ENVIRONMENTAL AND HEALTH WORLD CONGRESS, 2006. **[Anais...]**. Santos. 2006.

SILVA, D. **Influência de diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de *Laguncularia racemosa***. 2018. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1981-1268.2018v12n3.39306>

SILVA, N. R.; MAIA, R. C. Avaliação do tamanho e peso de propágulos das espécies pioneiras de mangue na formação de plântulas para a recuperação de manguezais. **Gaia Scientia**, v. 12, n. 3, p. 117-128, 2018.

SPALDING, M. D.; LEAL, M. (editores). **O estado dos manguezais pelo mundo 2021**. Global Mangrove Alliance, 2021.

UNEP, 2014. The Importance of Mangroves to People: A Call to Action. van Bochove, J., Sullivan, E., Nakamura, T. (Eds). United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, Cambridge. 128 pp.

VAN HESPEN, R.; HU, Z.; PENG, Y.; ZHU, Z.; YSEBAERT, T.; BOUMA, T. J. Identifying trait-based tolerance to sediment dynamics during seedling establishment across eight mangrove species. **Limnology and Oceanography**, v. 67, n. 10, p. 2281-2295, 2022.