

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE
ECOSSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS
MESTRADO EM ECOLOGIA**

MATHEUS MANO CLARA

**DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Laguncularia racemosa* EM
TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS COM DIFERENTES NÍVEIS DE
SALINIDADE E SOMBREAMENTO**

SANTOS/SP

2016

MATHEUS MANO CLARA

**DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Laguncularia racemosa* EM
TRATAMENTOS EXPERIMENTAIS COM DIFERENTES NÍVEIS DE
SALINIDADE E SOMBREAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, sob a orientação do Prof. Dr. Miguel Petrere Jr..

SANTOS/SP

2016

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Mano-Clara, Matheus.

Desenvolvimento de plântulas de *Laguncularia racemosa* em tratamentos experimentais com diferentes níveis de salinidade e sombreamento/ Matheus Mano Clara, 2016. n. de f. 77

Orientador: Miguel Petrere Jr..

Dissertação (Mestrado) - Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Santos, SP, 2016.

1. *Laguncularia racemosa*. 2. Cultivo. 3. Salinidade. 4. Sombreamento. 5. Manguezal. I - Petrere, Miguel. II - Desenvolvimento de plântulas de *Laguncularia racemosa* em tratamentos experimentais com diferentes níveis de salinidade e sombreamento.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

Dedico essa dissertação a todos que de alguma forma fizeram com que ela fosse possível, e ao manguezal que foi a fonte primordial de todo esse processo.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof^o Dr. Miguel Petrere Jr. Por sua grande contribuição, especialmente para o campo complexo da estatística, e em todos os pontos desse trabalho e por me aturar nesses dois últimos anos.

Ao Prof^o Dr. Fabio Giordano, por sempre participar e me apoiar em meus projetos e ideias, mais que qualquer um, desde o início da graduação até o fim do mestrado. A Prof^a Dr. ^a Mara Angelina Galvão Magenta pelas ótimas conversas sobre diversos temas relevantes ou não para esse projeto. Ao Prof^o Dr. João Marcos Miragaia Schmiegelow pelo auxílio com dúvidas que surgiram. Ao professor Patella pela ajuda com o contato no exército.

Um grande agradecimento ao Tenente Coronel Alexsandro Henrique Silva, ao 1^o Tenente Guilherme Eduardo Silva Magalhães e ao 2^o Tenente Filipi Nogueira Mota, do 2^o Grupo de Artilharia Antiaérea (2^oGAA Ae) do exército, pelo recebimento e auxílio na Fortaleza de Itaipu, sem o qual esse trabalho não seria concretizado.

Aos alunos de graduação Gilda Amaral e Rafael Antonio Oliveira de Carvalho, pelo grande auxílio nas várias etapas desse projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES – pela bolsa concedida.

Ao meu irmão Lucas Mano Clara, pelas ideias e ajuda na montagem das estruturas dos viveiros, ao meu namorado Raphael Gama, pelo apoio e compreensão pelas ausências, e especialmente a minha mãe, Solange Mariane Coimbra Mano, por auxiliar literalmente em todas as partes desse trabalho, tomando chuva, queimando no sol, carregando lodo e anotando uma infinidade de dados, sem ela esse trabalho NUNCA seria terminado.

A todos muito obrigado

“Se o saber cria problemas, a ignorância não os resolve”

Isaac Asimov

RESUMO

Manguezais são ecossistemas costeiros, de transição entre o ambiente terrestre e o marinho, constituídos basicamente por angiospermas lenhosas tolerantes à salinidade e à baixa oxigenação do sedimento. São ambientes de grande produtividade e importância ecológica, sendo sua regeneração importante. Nesse sentido esse trabalho visa obter informações sobre o desenvolvimento de *Laguncularia racemosa* em diferentes métodos de cultivo, visando a produção de mudas. Os métodos de cultivo utilizados foram de cultivo direto (grupo 1); cultivo em berçário e posterior passagem para os tratamentos com rega periódica (grupo 2); cultivo em berçário com posterior passagem para os tratamentos em tanques onde os vasos foram imersos (grupo 3). Todas as plântulas foram acompanhadas por 120 dias. Foram utilizados quatro níveis de sombreamento (0, 35, 50 e 80%) e quatro níveis de salinidade (0, 6, 35 e 95 g/l). Foram coletados dados de altura, diâmetro, número de folhas, teor de água e condições fitossanitárias. O cultivo direto mostrou elevada mortalidade, com 99,65% das plântulas utilizada morrendo após o final desta etapa. O cultivo no berçário se mostrou satisfatório apresentando taxas de mortalidade de 4,44% no grupo 2 e de 6% no grupo 3. No grupo 2 a mortalidade ao final do acompanhamento foi de 72,5%, onde a salinidade mostrou-se significativa nesse resultado, ocorrendo uma correlação diretamente proporcional entre o aumento da salinidade e a mortalidade. O desenvolvimento não mostrou relação significativa com a salinidade nem o sombreamento, as plântulas cresceram em média $10,3 \pm 7,1$ mm no período de 120 dias. O diâmetro médio aumentou em $0,27 \pm 0,38$ mm e não apresentou relação significativa com os tratamentos. Os aumentos do número de folhas não mostraram relação com a salinidade e sombreamento. O grupo 3 apresentou mortalidade total de 50% passados 120 dias. A salinidade resultou em mortalidade muito mais elevada nas concentrações de 35 g/l e 95 g/l e o desenvolvimento das plântulas não mostrou alteração significativa nem pelo sombreamento, nem pela salinidade. As plântulas cresceram em média $7,54 \pm 8,43$ mm nos 120 dias de acompanhamento. O diâmetro médio teve um acréscimo de $0,74 \pm 0,38$ mm nos 120 dias, mas não houve relação significativa com os tratamentos. O ganho de folhas não apresentou relação significativa com os tratamentos. O teor de água mostrou comportamento de queda com o passar do tempo, e de queda mais acentuada em um período com temperaturas e intensidade luminosa mais elevadas. A condição fitossanitária que mostrou alguma relação significativa com os tratamentos foi representada pelos danos causados por herbivoria, altamente relacionados à salinidade, havendo uma queda considerável com o aumento da salinidade e a produção de ramos laterais, que se mostrou maior nos tratamentos de salinidade 0 g/l e 6 g/l. A má formação foliar, folhas cloróticas, danos causados pelo vento e morte da gema apical não apresentaram relação significativa com os tratamentos utilizados. O uso de berçários mostrou ser extremamente satisfatório, assim como o cultivo em tanques com os vasos imersos. A salinidade de 6 g/l parece a mais adequada para o cultivo, por apresentar baixa mortalidade, boa produção de ramos laterais e possibilitar certa resistência à herbivoria.

Palavras-chave: *Laguncularia racemosa*. Cultivo. Salinidade. Sombreamento. Manguezal.

ABSTRACT

Mangroves are coastal, transitional ecosystems between the terrestrial and marine environments, basically constituted by woody angiosperms tolerant to salinity and low oxygenation of the sediment. They are environments of great productivity and ecological importance, and their regeneration is important. In this sense, this work aims to obtain information on the development of *Laguncularia racemosa* in different cultivation methods, aiming the production of seedlings. The cultivation methods used were direct cultivation (group 1); Nursery cultivation and subsequent passage to treatments with periodic irrigation (group 2); Nursery culture with subsequent passage to the treatments in tanks where the vessels were immersed (group 3). All seedlings were followed for 120 days. Four levels of shading (0, 35, 50 and 80%) and four levels of salinity (0, 35 and 95 g / l) were used. Data of height, diameter, number of leaves, water content and phytosanitary conditions were collected. Direct cultivation showed high mortality, with 99.65% of the seedlings used dying after the end of this stage. Nursery cultivation was satisfactory, presenting mortality rates of 4.44% in group 2 and 6% in group 3. In group 2, mortality at the end of the follow-up was 72.5%, where salinity was significant. In this result, with a directly proportional correlation between salinity increase and mortality. The development showed no significant relationship with salinity or shading, and seedlings grew on average 10.3 ± 7.1 mm in the 120 day period. The mean diameter increased by 0.27 ± 0.38 mm and showed no significant relationship with the treatments. Increases in leaf numbers were not related to salinity and shading. Group 3 had a total mortality of 50% after 120 days. Salinity resulted in much higher mortality at concentrations of 35 g / l and 95 g / l and seedling development showed no significant change either by shading or salinity. Seedlings grew on average 7.54 ± 8.43 mm in the 120 days of follow-up. The mean diameter had an increase of 0.74 ± 0.38 mm in the 120 days, but there was no significant relationship with the treatments. The leaf gain did not present a significant relationship with the treatments. The water content showed a drop behavior over time, and a more pronounced drop in a period with higher temperatures and light intensity. The phytosanitary condition that showed some significant relationship with the treatments was represented by herbivory damages, highly related to the salinity, with a considerable decrease with the salinity increase and the lateral branches production, which was higher in the salinity treatments 0 g / l and 6 g / l. Leaf malformation, chlorotic leaves, wind damage and apical yolk death did not show a significant relationship with the treatments used. The use of nurseries showed to be extremely satisfactory, as well as the cultivation in tanks with the vessels immersed. The salinity of 6 g / l seems to be the most adequate for the cultivation, because it presents low mortality, good production of lateral branches and to allow some resistance to herbivory.

Key-words: *Laguncularia racemosa*. Cultivation. Salinity. Shading. Mangrove

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Área de manguezal próxima ao SEST/SENAT (área verde) no município de São Vicente (23°57'05S; 46°25'01°O). Fonte: Google Earth.....19
- Figura 2. Frutos de *Laguncularia racemosa* imersos em água com salinidade de 4g/l (esquerda), detalhe dos frutos imersos (direita).....20
- Figura 3. Esquema demonstrativo das diferentes variáveis medidas: A – altura do epicótilo; B – Altura do hipocótilo; C – diâmetro basal; A+B – altura total....21
- Figura 4. Pesagem da massa úmida das diferentes partes da plântula em balança de precisão: (A) folha; (B) caule; (C) raiz.....23
- Figura 5. Esquema da disposição dos viveiros e dos tratamentos de salinidade no interior dos mesmos. Os valores em porcentagem representam a quantidade de sombreamento nos viveiros; As cores verde, azul, amarelo e vermelho representam as salinidades de 0, 6, 35 e 95 g/l, respectivamente....24
- Figura 6. Localização do SEST/SENAT (em amarelo) no município de São Vicente, litoral do Estado de São Paulo (23°57'05S; 46°25'01°O). Fonte: Google Earth.....25
- Figura 7. Distribuição dos viveiros e das plântulas do cultivo direto na área do SEST/SENAT de São Vicente. Os valores em porcentagem representam o nível de sombreamento de cada viveiro.....26
- Figura 8. Berçário onde os frutos iniciaram o desenvolvimento. 1. Berçário com os recipientes plásticos sendo colocados no tanque com água; 2. Frutos iniciando o crescimento, após 8 dias no viveiro; 3. Plântulas após período de desenvolvimento no berçário.....27
- Figura 9. Localização da área usada para o terceiro grupo de plântulas (elipse amarelo), na área do 2º GAAAE do exército, no município de Praia Grande, litoral do estado de São Paulo (24°01'02S; 46°23'54°O). Fonte: Google Earth.....29
- Figura 10. (Esquerda) Posicionamento das plântulas dentro de um viveiro e tanques onde as plântulas ficam imersas em água com as diferentes salinidades, 6g/L (azul); 35g/L (amarelo); 0g/L (verde); 95g/L (vermelho); (Direita) Posicionamento dos viveiros na área do 2º GAAAE em Praia Grande.....30
- Figura 11. Frutos que apresentaram “inversão”. O rompimento do fruto próximo ao pedúnculo era feito pela região onde há a inserção do cotilédone no hipocótilo (RI). A radícula se mantinha dentro do fruto (Ra), junto dos cotilédones (Cot).....38

Figura 12. Gráfico da taxa de mortalidade das plântulas em relação e a salinidade. Os dados foram analisados por uma ANOVA bi fatorial onde a mortalidade é a variável dependente. A taxa de mortalidade está expressa em (%), as linhas perpendiculares representam o desvio padrão.....	42
Figura 13. Gráfico da taxa de mortalidade das plântulas em relação e a salinidade. Os dados foram analisados por uma ANOVA bi fatorial onde a mortalidade é a variável dependente. A taxa de mortalidade está expressa em (%), as linhas perpendiculares representam o desvio padrão de cada média dos níveis do tratamento salinidade.....	44
Figura 14. Gráficos com os valores médios de número de folhas nos diferentes tratamentos, na medida inicial e nas 12 medidas seguintes, feitas durante o período de acompanhamento. Os valores 0, 6 e 35 referem-se à salinidade.....	47
Figura 15. Gráfico apresentando o tamanho médio das plântulas nos diferentes níveis de sombreamento: 0%, 35%, 50% e 80%, ao longo dos 120 dias de acompanhamento. Os valores t0 a t12 representam as datas das medidas. A altura está expressa em (mm).....	48
Figura 16. Gráfico apresentando o tamanho médio das plântulas nos diferentes níveis de salinidade: 0 g/l e 6 g/l, ao longo dos 120 dias de acompanhamento. Os valores t0 a t12 representam as datas das medidas. A altura está expressa em (mm).....	48
Figura 17. Gráficos com os valores médios de número de folhas nos diferentes tratamentos, na medida inicial e nas 12 medidas seguintes, feitas durante o período de acompanhamento. Os valores 0, 6 e 35 referem-se à salinidade. As medidas foram feitas a cada 10 dias.....	49
Figura 18. Gráficos do teor de água das plântulas com relação ao sombreamento. As linhas representam a salinidade onde as plântulas foram cultivadas. Os pontos pretos indicam plântulas que estavam mortas na data da coleta. Valores estão em (%)......	50
Figura 19. Gráficos do teor de água das plântulas com relação à salinidade. As linhas representam o sombreamento onde as plântulas foram cultivadas. Os pontos pretos indicam plântulas que estavam mortas na data da coleta. Valores estão em (%)......	51
Figura 20. Gráficos das taxas de herbivoria relacionadas com o sombreamento (esquerda) e a salinidade (direita) no grupo 3. As taxas de herbivoria são apresentadas em (%), as linhas representam o desvio padrão.....	53
Figura 21. Gráficos das taxas de produção e ramos laterais, relacionadas com o sombreamento (esquerda) e a salinidade (direita) no grupo 3. As taxas de produção de ramos laterais são apresentadas em (%), as linhas representam o desvio padrão.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela de ANOVA gerada com os dados da mortalidade do grupo com cultivo direto (grupo 1).....	40
Tabela 2. Tabela de ANOVA gerada com os dados da mortalidade do cultivo com berçário e rega periódica (grupo 2).....	42
Tabela 3. Resultado do teste de Tukey para a comparação das médias das da taxa de mortalidade nos diferentes níveis de salinidade no grupo 2. As diferenças significativas entre as médias estão apresentadas em amarelo. Note que esses valores não são probabilidades, apenas diferenças entre médias.....	42
Tabela 4. Tabela de ANOVA gerada com os dados da mortalidade do cultivo com berçário e tanques de imersão (grupo 3).....	44
Tabela 5. Resultado do teste de Tukey para a comparação das médias das da taxa de mortalidade nos diferentes níveis de salinidade no grupo 3. As diferenças significativas entre as médias estão apresentadas em amarelo.....	44
Tabela 6. Tabela de ANOVA gerada com os dados de crescimento total do cultivo com berçário e rega periódica (grupo 2).....	46
Tabela 7. Porcentagem média, seguida do desvio padrão, de plântulas que apresentaram as folhas atacadas por herbívoros nas diferentes combinações de tratamentos.....	52
Tabela 8. Tabela de ANOVA gerada com os dados de herbivoria no cultivo com berçário e tanques de imersão (grupo 3).....	53
Tabela 9. Resultado do teste de Tukey para a comparação das médias das da taxa de plântulas que sofreram danos por herbivoria nos diferentes níveis de salinidade no grupo 3. As diferenças significativas entre as médias estão apresentadas em amarelo.....	53
Tabela 10. Porcentagem média, seguida do desvio padrão, de plântulas que apresentaram as folhas danificadas por fatores climáticos nas diferentes combinações de tratamentos.	54
Tabela 11. Tabela de ANOVA gerada com os dados sobre plântulas danificadas por fatores climáticos no cultivo com berçário e tanques de imersão (grupo 3).....	55
Tabela 12. Tabela de ANOVA gerada com os dados sobre plântulas com clorose foliar no cultivo com berçário e tanques de imersão (grupo 3).....	55
Tabela 13. Porcentagem média, seguida do desvio padrão, de plântulas que apresentaram folhas cloróticas nas diferentes combinações de tratamentos.....	56

Tabela 14. Tabela de ANOVA gerada com os dados sobre mortalidade da gema apical das plântulas no cultivo com berçário e tanques de imersão (grupo 3).....	57
Tabela 15. Porcentagem média, seguida do desvio padrão, de plântulas que apresentaram morte da gema apical nas diferentes combinações de tratamentos.....	57
Tabela 16. Porcentagem média de plântulas que apresentaram produção de ramos laterais nos diferentes tratamentos.....	58
Tabela 17. Tabela de ANOVA gerada com os dados sobre produção de ramos laterais das plântulas no cultivo com berçário e tanques de imersão (grupo 3).....	58
Tabela 18. Resultado do teste de Tukey para a comparação das médias da frequência de plântulas que apresentavam ramos laterais nos diferentes níveis de salinidade no grupo 3. As diferenças significativas entre as médias estão apresentadas em amarelo.....	59

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. A COLETA E A GERMINAÇÃO INICIAL DOS FRUTOS	19
3.2. MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DAS PLÂNTULAS	20
3.2.1. GRUPO DE ACOMPANHAMENTO	20
3.2.2. GRUPO SACRIFICIAL	22
3.3. MÉTODOS DE CULTIVO	23
3.3.1. DESENHO EXPERIMENTAL DOS CULTIVOS	23
3.3.2. CULTIVO DIRETO COM REGA PERIÓDICA (GRUPO 1)	24
3.3.3. CULTIVO COM BERÇÁRIO E REGA PERIÓDICA (GRUPO 2)	26
3.3.4. CULTIVO COM BERÇÁRIO E TANQUES DE IMERSÃO (GRUPO 3)	28
3.4. A ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	30
4. RESULTADOS	38
4.1. GERMINAÇÃO DOS FRUTOS	38
4.1.1. GERMINAÇÃO DE FRUTOS DO CULTIVO DIRETO (GRUPO 1)	38
4.1.2. GERMINAÇÃO DOS FRUTOS DO CULTIVO COM BERÇÁRIO E REGA PERIÓDICA (GRUPO 2)	39
4.1.3. GERMINAÇÃO DOS FRUTOS DO CULTIVO COM BERÇÁRIO E TANQUES DE IMERSÃO (GRUPO 3)	39
4.2. MORTALIDADE	40
4.2.1. MORTALIDADE NO CULTIVO DIRETO (GRUPO 1)	40
4.2.2. MORTALIDADE NO CULTIVO COM BERÇÁRIO E REGA PERIÓDICA (GRUPO 2)	40
4.2.3 MORTALIDADE NO CULTIVO COM BERÇÁRIO E TANQUES DE IMERSÃO (GRUPO 3)	43
4.3. DESENVOLVIMENTO DAS PLÂNTULAS	45
4.3.1 DESENVOLVIMENTO DO CULTIVO COM BERÇÁRIO E REGA PERIÓDICA (GRUPO 2)	45
4.3.2 DESENVOLVIMENTO DO CULTIVO COM BERÇÁRIO E TANQUES DE IMERSÃO (GRUPO 3)	47
4.4. TEOR DE ÁGUA	50
4.5. CONDIÇÕES FITOSSANITÁRIAS	51
5. DISCUSSÃO	60
5.1. GERMINAÇÃO DOS FRUTOS	60
5.2. MORTALIDADE	60

5.3. DESENVOLVIMENTO DAS PLÂNTULAS	63
5.4. TEOR DE ÁGUA	67
5.5. CONDIÇÕES FITOSSANITÁRIAS.....	68
6. CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
APÊNDICES	79

1. INTRODUÇÃO

Manguezal é um ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés. É constituído de espécies vegetais lenhosas típicas (Angiospermas), além de micro e macroalgas, adaptadas à flutuação de salinidade e caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio. Ocorre em regiões costeiras abrigadas e apresenta condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies de animais, sendo considerado importante transformador de nutrientes em matéria orgânica e gerador de bens e serviços (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Espécies de mangue apresentam em comum diversas adaptações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e reprodutivas que as permitem que cresçam no habitat de manguezal. Considerando o conjunto dessas diversas adaptações, aproximadamente 84 espécies pertencentes a 39 gêneros e 26 famílias são reconhecidas em todo o planeta como espécies de mangue (SAENGER, 2002). Essas espécies podem variar quanto a sua dependência do habitat litorâneo. No entanto, de todas as espécies aceitas mundialmente como espécies de mangue, 63 são encontradas somente nas comunidades de manguezal, e 21 são espécies frequentes, porém não exclusivas, podendo estender sua ocorrência a comunidades imediatamente acima dos manguezais (SAENGER *et al.*, 1983)

De acordo com Walsh (1974) as condições ideais para o desenvolvimento dos manguezais incluem temperaturas médias anuais acima de 20°C com mínimas superiores a 15°C, a precipitação deve ser maior que 1.500 mm/ano e sem períodos prolongados de seca; as marés que são o principal mecanismo de entrada de água salgada nos manguezais; áreas abrigadas como estuários, baías, lagunas, praias com pouca declividade. Os manguezais estão distribuídos apenas nas zonas tropicais e subtropicais do planeta, raramente sendo encontrados em regiões fora do limite da isoterma de 16°C (SAENGER, 2002). Como consequência desses diversos fatores, sua

arquitetura é o resultado de uma interação entre as características biológicas das espécies e dos diversos fatores ambientais que ocorrem nesses sistemas (CINTRÓN, 1987; WALSH, 1974; TOMLINSON, 1986).

De acordo com Schaeffer-Novelli *et al.* (1990), os manguezais estão distribuídos por toda a costa brasileira, tendo como limite norte o Cabo Orange (04°30'N), onde a precipitação média anual é de 3.250 mm, o que permite seu máximo desenvolvimento; e como limite sul a região de Laguna (28°30'S), em Santa Catarina, onde a temperatura média anual para o mês mais frio é de 15,7°C.-No Brasil, ocupam uma área que varia entre 10.000 km² (HERZ, 1991) a 25.000 km² (SAENGER *et al.* 1983).

Os manguezais são considerados um dos ecossistemas mais produtivos do mundo (WOODROFFE, 1982), o que torna um berçário natural, tanto para espécies que neles vivem, quanto para espécies oriundas de áreas adjacentes que migram para os manguezais durante, pelo menos, uma fase do ciclo de vida (BOTO, 1982; MASTALLER, 1989). Também tornam possível o equilíbrio da geomorfologia costeira de assentar solos instáveis, bem como combater a erosão e o assoreamento de estuários, baías e portos. Funcionam como filtro biológico, pois seu sistema de raízes diminui a velocidade da água, aumentando a deposição de partículas, além de funcionar como quebra-mar e quebra-vento (SCHAFFER-NOVELLI *et al.*, 1995).

Desempenham papel fundamental no controle das emissões de carbono atmosférico, uma vez que armazenam grande quantidade desse gás nas camadas mais profundas do solo. Por outro lado, quando há degradação e desmatamento esse carbono é liberado, resultando em emissões potencialmente elevadas de gases do efeito estufa. (DONATO *et al.*, 2011). Em recente estudo, Sanchirico *et al.* (2012) verificaram que há um grande potencial dos manguezais serem incorporados em programas de Redução de Emissões por Degradação e Desmatamento (REDD). Infelizmente, o carbono aprisionado no solo, que constitui a maior parte do carbono dos manguezais, ainda é excluído da compensação de carbono no REDD.

Os manguezais da Baixada Santista representam cerca de 43% dos 231 km² de manguezais da costa paulista. Um levantamento do seu estado de

conservação, baseado em fotografias aéreas entre 1958 e 1989, mostrou que 44% (58 km²) dos manguezais originalmente existentes na Baixada Santista encontravam-se degradados e 16% (20 km²) haviam sido aterrados para ocupação urbana ou industrial, sendo que apenas 40% (53 km²) ainda se mantinham em bom estado de conservação, a maioria na região de Bertioga (CETESB, 2001).

Tendo em vista a importância do ecossistema manguezal, e sua degradação, a recuperação é um processo de grande importância, podendo ser natural ou com interferência humana (MENEZES, 1999). A regeneração natural é um pode ser mais benéfica que o plantio, por reduzir gastos e as falhas que podem ocorrer (LEWIS & STREEVER, 2000), porém a regeneração natural depende de diversos fatores como aporte de propágulos e sobrevivência das plântulas, visto que é limitada, nas espécies de mangue, a capacidade de propagação vegetativa (TOMLINSON, 1986), e sendo a germinação e o estabelecimento da plântula, uma fase muito crítica, particularmente para as espécies de mangue, devido a fatores como salinidade, substratos instáveis e inundações periódicas (MCKEE, 1995), a produção de mudas para o posterior cultivo, é um método que pode facilitar o desenvolvimento inicial das plantas, e dessa forma facilitar o processo de regeneração natural.

A espécie *Laguncularia racemosa* foi escolhida por ser uma espécie pioneira em áreas degradadas (PERIA *et al.*, 1990; BELTRAN, 2012), que apresenta índices de sobrevivência que podem ser superiores a 60% (SILVA *et al.*, 1998; BONILLA *et al.*, 2010) e um crescimento considerado rápido (BELTRAN, 2012; QUEIROZ *et al.*, 2013). Também é uma espécie que compõe boa parte dos bosques de manguezal na região da Baixada Santista (SCHMIEGELOW e GIANESELLA, 2014), sendo assim uma espécie de grande valor para a recuperação de áreas degradadas.

A melhora no conhecimento sobre o desenvolvimento inicial de espécies de mangue, e como elas respondem a fatores diversos no início de seu desenvolvimento são importantes para auxiliar na produção de mudas para o reflorestamento de áreas de manguezais degradados e ampliar o conjunto de informações sobre as espécies.

2. OBJETIVOS

Esta dissertação teve por objetivo principal avaliar o desenvolvimento experimental de mudas de *Laguncularia racemosa* em diferentes combinações de tratamentos de sombreamento e salinidade, e diferentes métodos de cultivo em viveiros visando à produção de mudas para a recomposição de manguezais.

Seus objetivos específicos são os seguintes:

- a) Testar três diferentes métodos de cultivo para *Laguncularia racemosa*
- a) Avaliar a mortalidade de plântulas em diferentes métodos de cultivo e em diferentes combinações de tratamentos.
- b) Acompanhar o desenvolvimento das plântulas quanto ao ganho em altura, diâmetro basal e número de folhas nos diferentes métodos de cultivo e tratamentos.
- d) Acompanhar a variação na composição de água nas plântulas nos diferentes tratamentos.
- e) Verificar as condições fitossanitárias das plântulas após o período de cultivo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. A COLETA E A GERMINAÇÃO INICIAL DOS FRUTOS

As coletas dos frutos de *Laguncularia racemosa* foram efetuadas em duas datas. A primeira coleta ocorreu em 9 de maio de 2015 e a segunda em 15 de fevereiro de 2016, ambas na área de manguezal próxima ao SEST/SENAT no município de São Vicente (Figura 1). Os frutos foram coletados do substrato, quando aparentavam ter recém caído da árvore mãe, exibindo coloração verde amarelada e sem danos causados por animais, ou diretamente da árvore mãe, quando aparentavam já estarem maduros, com a mesma coloração. Foram coletados cerca de 2000 frutos na primeira viagem e, na segunda, por volta de 2800. Esses valores foram estimados a partir do peso de amostras aleatórias de 20 frutos.



Figura 1. Área de manguezal próxima ao SEST/SENAT (área verde) no município de São Vicente (23°57'05S; 46°25'01°O). Fonte: Google Earth.

O método para germinação inicial dos frutos consistiu em deixá-los imersos em água com uma concentração baixa de sal (2 a 4 g/l), método semelhante ao utilizado por Tsuji (2010) e Lopes (2013), para evitar a proliferação de fungos e permitir o desenvolvimento inicial dos frutos. Em um período de 15 a 20 dias estes estavam prontos para serem plantados, quando o hipocótilo havia se projetado entre 1,5 a 2 centímetros para fora de sua cápsula (Figura 2). A decisão de se escolher os frutos a serem cultivados se

deu pelo tamanho do hipocótilo já projetado e pela sua condição, descartando aqueles que apresentavam algum dano ou má formação.



Figura 2. Frutos de *Laguncularia racemosa* imersos em água com salinidade de 4g/l (esquerda), detalhe dos frutos imersos (direita).

3.2. MEDIÇÃO DOS PARÂMETROS DAS PLÂNTULAS

As plântulas utilizadas foram divididas em 3 diferentes grupos, dependendo dos dados que seriam coletados. Assim as plântulas foram divididas em grupo de acompanhamento: que foram medidas periodicamente ao longo do trabalho; grupo sacrificial: que foi composto por plântulas que eram utilizadas para coleta de dados como teor de água; grupo de substituição: composto por plântulas que tiveram a função de substituir plântulas do grupo de acompanhamento que morreram, esse grupo também era medido. O número de plântulas em cada grupo variou nos diferentes métodos de cultivo utilizados.

3.2.1. GRUPO DE ACOMPANHAMENTO

O acompanhamento das plântulas foi feito sempre em períodos de 120 dias, com medidas a cada 10 dias de cinco variáveis diferentes: altura do hipocótilo, altura do epicótilo, altura total, diâmetro basal e número de folhas de acordo com a Figura 3.

- Altura do hipocótilo (AH): medida a partir do ponto onde o caule se encontra com o substrato até o ponto de inserção do cotilédone no caule, através de uma régua metálica.

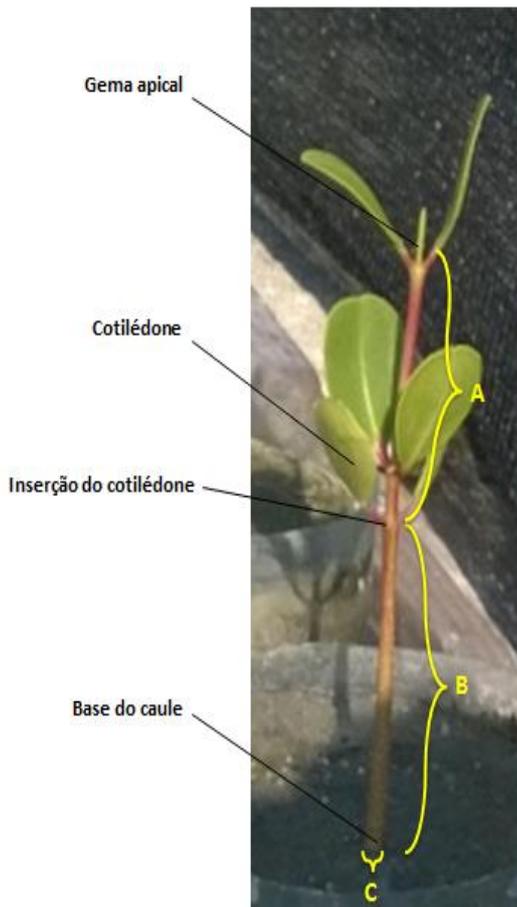


Figura 3. Esquema demonstrativo das diferentes variáveis medidas: A – altura do epicótilo; B – Altura do hipocótilo; C – diâmetro basal; A+B – altura total.

- Altura do epicótilo (AE): medida do ponto de inserção do cotilédono no caule até a gema apical mais elevada, através de uma régua metálica.
- Altura total ($AT = AH + AE$): medida feita do ponto onde o caule se encontra com o substrato até a gema apical mais elevada, também através de uma régua metálica
- Diâmetro basal (DB): medida do diâmetro do ponto do caule mais próximo ao substrato, através de um paquímetro digital.
- Número de folhas (NF): contagem do número de folhas totalmente desenvolvidas e desenroladas. Não foram considerados os cotilédones e folhas ainda em desenvolvimento ou enroladas.

As plântulas que fariam parte do grupo de acompanhamento foram sorteadas dentre todas as plântulas utilizadas. Esse procedimento foi seguido em todos os métodos de cultivo. Todos os dados foram coletados em campo e passados para planilhas apresentadas no Apêndice A.

Foram coletadas informações sobre a condição de saúde das plântulas ao final do período de acompanhamento. Para essa observação foram utilizadas todas as plântulas que estavam vivas ao final do período de 120 dias de acompanhamento o que compreendeu as plântulas do grupo de

acompanhamento e do grupo de substituição. Foram observados os seguintes fatores:

- Condição das folhas: Saudáveis; Cloróticas; Murchas; Má Formação; Danos por fatores climáticos; Danos por herbivoria.
- Condição do caule: Saudável; Retorcido; Danos por herbivoria.

As taxas de mortalidade nos tratamentos foram calculadas pelo quociente entre o número de plântulas mortas com o número de plântulas inicialmente cultivadas. Para a obtenção da taxa de mortalidade foram utilizadas as plântulas dos grupos de acompanhamento e substituição.

3.2.2. GRUPO SACRIFICIAL

O teor de água foi analisado a partir do grupo sacrificial de plântulas. As coletas foram feitas a cada 15 dias, sendo coletadas 32 plântulas em cada campanha, duas por combinação de tratamentos, de um total de 16 combinações.

As plântulas coletadas foram retiradas do substrato por meio de lavagem para não danificar o sistema radicular que, em seguida, teve seu peso fresco aferido por uma balança de precisão de 0,1 mg, sendo cada parte, raiz, caule e folhas (incluindo os cotilédones quando presentes), pesadas separadamente (Figura 4). As partes de cada plântula foram colocadas em sacos de papel e postas em estufa a 60°C por 72 horas, até estabilização da massa da amostra. Em sequência, as partes de cada plântula foram novamente pesadas em balança de precisão. O teor de água em cada parte das plântulas foi calculado através da equação:

$$\text{Teor de água(\%)} = \left(\frac{MF - MS}{MF} \right) \times 100$$

Sendo:

MF – Massa fresca

MS – Massa seca

Todos os dados coletados nessa etapa foram escritos em tabelas apresentadas no Apêndice B.

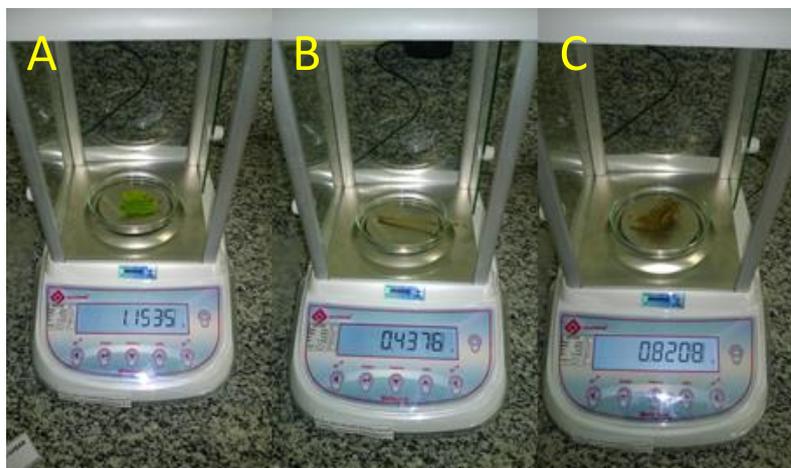


Figura 4. Pesagem da massa úmida das diferentes partes da plântula em balança de precisão: (A) folha; (B) caule; (C) raiz.

3.3. MÉTODOS DE CULTIVO

3.3.1. DESENHO EXPERIMENTAL DOS CULTIVOS

O desenho experimental para os tratamentos de sombreamento e salinidade foram os mesmos em todos os métodos de cultivo, e consistiu na utilização de quatro níveis de sombreamento (0%, 35%, 50% e 80%) e quatro níveis de salinidade (0 g/l, 6 g/l, 35 g/l e 95 g/l), formando 16 combinações de tratamentos.

Foram utilizados 8 viveiros, sendo 2 para cada nível de sombreamento. Os viveiros foram feitos com estrutura metálica cobertos por telas sombrite para controlar o nível de sombreamento. A salinidade foi dividida dentro de cada viveiro, com os quatro níveis de salinidade presentes em cada um dos viveiros. Tanto o posicionamento dos viveiros como o posicionamento dos grupos com diferentes salinidades dentro de cada viveiro foram aleatorizados para evitar vícios na metodologia (Figura 5).

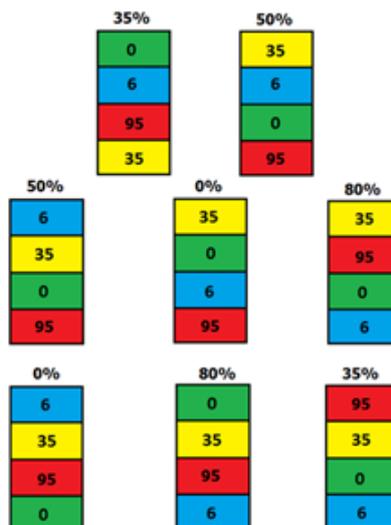


Figura 5. Esquema da disposição dos viveiros e dos tratamentos de salinidade no interior dos mesmos. Os valores em porcentagem representam a quantidade de sombreamento nos viveiros; As cores verde, azul, amarelo e vermelho representam as salinidades de 0, 6, 35 e 95 g/l, respectivamente.

O posicionamento das plântulas dos diferentes grupos (acompanhamento, sacrificial e substituição), foi aleatorizado dentro de cada viveiro. As plântulas foram identificadas com etiquetas coladas nos vasos, e seu posicionamento era modificado a cada medição para que a posição da plântula dentro do viveiro não fosse um fator de influência nos resultados finais.

3.3.2. CULTIVO DIRETO COM REGA PERIÓDICA (GRUPO 1)

Esse método de cultivo foi o primeiro a ser testado utilizando-se os frutos coletados em 9 de maio de 2015. Foi iniciado em 10 de junho de 2015 na área do SEST/SENAT, no município de São Vicente – SP (Figura 6).

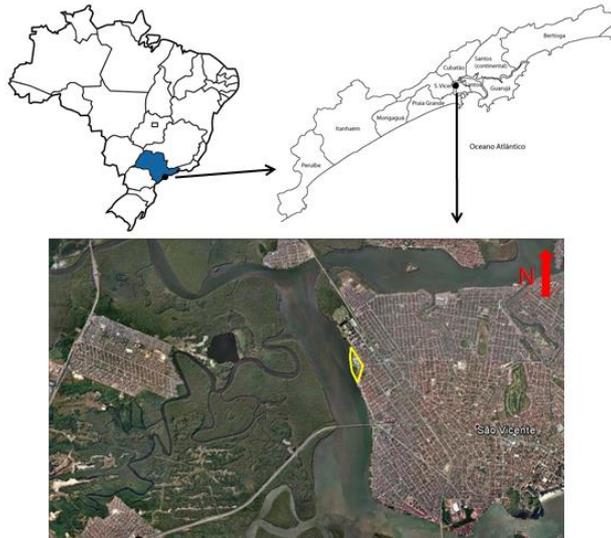


Figura 6. Localização do SEST/SENAT (em amarelo) no município de São Vicente, litoral do Estado de São Paulo (23°57'05S; 46°25'01°O). Fonte: Google Earth.

Essa forma de cultivo consistiu no plantio dos frutos já germinados, utilizando-se a metodologia descrita no item 3.1., diretamente em saquinhos plásticos para o cultivo de mudas com dimensões de 14x20x0,01 cm quando dobrados, preenchidos com sedimento proveniente do próprio manguezal onde os frutos foram coletados. Os mesmos foram alocados nos diferentes tratamentos, sem um período intermediário de crescimento ou adaptação.

Foram utilizados 576 frutos de *Laguncularia racemosa* para esse experimento. Destes, 160 frutos foram sorteadas para o grupo de acompanhamento, com 10 frutos em cada uma das 16 combinações de tratamentos; 256 foram sorteadas para o grupo sacrificial, 16 por combinação de tratamentos; 160 para o grupo de substituição, sendo 10 por combinação de tratamentos (Figura 7). Os frutos passaram por um período de 7 dias para adaptação, após o qual os tratamentos com as diferentes salinidades seriam iniciados, consistindo em regas feitas a cada dois dias com aproximadamente 50 ml de água.

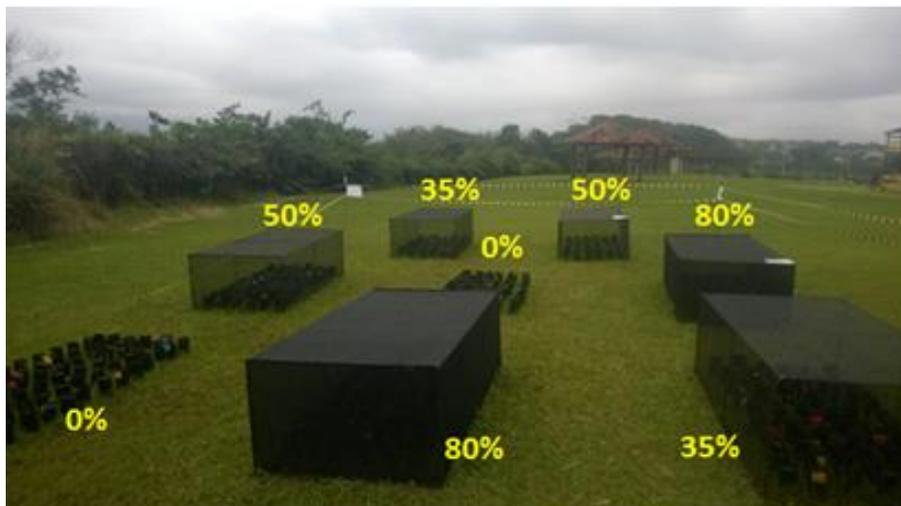


Figura 7. Distribuição dos viveiros e das plântulas do cultivo direto na área do SEST/SENAT de São Vicente. Os valores em porcentagem representam o nível de sombreamento de cada viveiro.

3.3.3. CULTIVO COM BERÇÁRIO E REGA PERIÓDICA (GRUPO 2)

Esse método consistiu na utilização de um berçário, onde os frutos recém-germinados puderam se desenvolver por um período em um ambiente protegido das condições climáticas como ventos e agressão mecânica da chuva, visando um início de desenvolvimento facilitado, visto que esse é o período mais crítico do desenvolvimento dessa espécie (RABONOWITZ, 1978; REY, 1994).

O berçário era uma estrutura com telhado de plástico transparente e com as laterais cobertas, para a proteção contra o vento e a chuva. A parte interna apresentava um tanque que permitia a permanência de uma fina camada de água, com salinidade de 0 g/l, de cerca de 1,5 cm, de forma a manter o substrato dentro dos vasos sempre úmido (Figura 8).



Figura 8. Berçário onde os frutos iniciaram o desenvolvimento. 1. Berçário com os recipientes plásticos sendo colocados no tanque com água; 2. Frutos iniciando o crescimento, após 8 dias no viveiro; 3. Plântulas após período de desenvolvimento no berçário.

Os frutos recém-germinados foram cultivados em recipientes plásticos com aproximadamente 50 ml de substrato coletado no bosque de mangue onde os frutos foram pegos. Esses recipientes foram furados na parte inferior para permitir a entrada de água e colocados dentro do berçário com capacidade para até 770 plântulas.

Esse método de cultivo foi executado a partir do dia 2 de julho de 2015, em sequência ao método do item 3.3.2. (Cultivo direto), para testar outra metodologia. Por questões de uso da área do SEST/SENAT não foi possível fazer os dois métodos ao mesmo tempo.

As plântulas permaneceram no berçário por um período de 40 dias, após os quais foram transferidas para os tratamentos nos viveiros. A separação e a disposição dos tratamentos, com dois viveiros para cada um dos quatro níveis de sombreamento e quatro tratamentos de salinidade dentro de cada viveiro, se mantiveram como explicado no item 3.3.1..

Devido ao fato de esse método ter se iniciado no começo do mês de julho quando não eram mais encontrados frutos de *Laguncularia racemosa*, foram utilizados frutos da coleta de 9 de maio de 2015, os mesmo utilizados no cultivo direto, sendo que poucos dos que foram coletados em maio ainda estavam nos padrões estabelecidos anteriormente nessa dissertação, no item 3.1.. No total foram obtidas 90 plântulas no berçário, sendo 80 delas utilizadas nos tratamentos. Por causa do baixo número de plântulas o grupo sacrificial e de substituição não foram utilizados, enquanto que o grupo de acompanhamento contou com 80 plântulas, sendo cinco para cada uma das 16 combinações de tratamentos de sombreamento e salinidade.

As plântulas foram cultivadas em sacos plástico idênticos ao utilizados no método de cultivo direto. Essas plântulas foram regadas a cada dois dias com aproximadamente 50 ml de água, da mesma forma que no método de cultivo direto. O acompanhamento das plântulas foi feito como descrito no item 3.2.1..

3.3.4. CULTIVO COM BERÇÁRIO E TANQUES DE IMERSÃO (GRUPO 3)

O cultivo utilizando-se berçário e tanques de imersão durante os tratamentos se iniciou em 1º de março de 2016 e teve a fase de tratamentos executada dentro da área da Fortaleza de Itaipu, local onde está o 2º Grupo de Artilharia Antiaérea (2º GAAe) do Exército Brasileiro, no município de Praia Grande – SP (Figura 9).

Esse novo método de cultivo foi proposto após observações dos resultados dos métodos anteriores e pelo conhecimento e experiências anteriores dos autores e foi muito semelhante ao utilizado por Krauss e Allen (2003) com plântulas de *Rhizophora mangle* e *Bruguiera sexangula* no Havaí.

Após a coleta em fevereiro de 2016 e germinação dos frutos, os mesmos passaram um de 67 dias no berçário, nas mesmas condições do item 3.3.3. (berçário e rega). Após esse período as plântulas foram colocadas nos viveiros onde passaram por um período de adaptação de sete dias, após o qual, receberam os tratamentos já descritos no item 3.3.1..

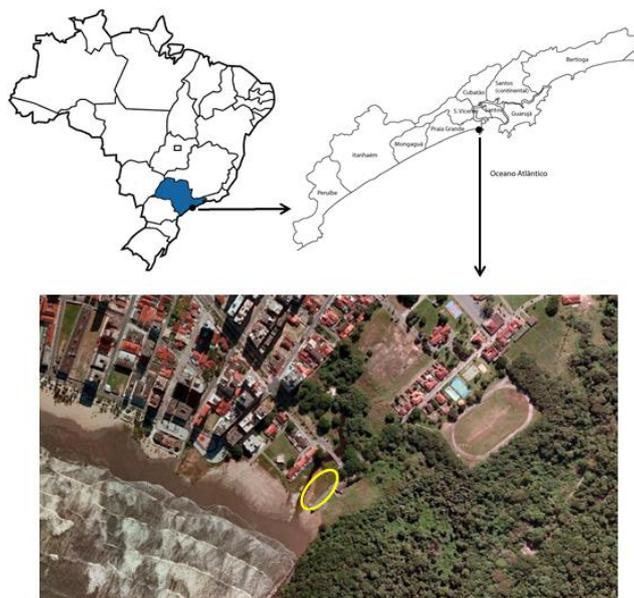


Figura 9. Localização da área usada para o terceiro grupo de plântulas (elipse amarelo), na área do 2º GAAe do exército, no município de Praia Grande, litoral do estado de São Paulo (24°01'02S; 46°23'54°O). Fonte: Google Earth.

As concentrações de salinidade foram as mesmas (0 g/l; 6 g/l; 35 g/l; 95 g/l) porém não foi utilizada rega, e sim tanques de imersão, que consistiram em reservatórios com as dimensões de 48x94x5cm preenchidos com água nas salinidades estipuladas (Figura 10). O controle da salinidade foi feito a partir de medidas periódicas, utilizando-se um refratômetro, e correção dos níveis de salinidade quando necessário. Devido ao fato dos tanques estarem expostos, e dessa forma sujeitos a evaporação e efeito de chuvas, foi estipulado um intervalo de salinidade a ser aceito em cada tanque, sendo eles: de 0 a 1g/L, para o tanque padrão 0; de 5 a 8 g/l, para o tanque padrão 6; de 33 a 37 g/l, para o tanque padrão 35; de 93 a 98 g/l, para o tanque padrão 95. Mesmo quando a salinidade se encontrava dentro do intervalo tentava-se corrigi-la para o valor padrão.

Nesse método foram utilizadas 576 plântulas, com 160 no grupo de acompanhamento, sendo 10 plântulas para cada combinação de tratamentos; 256 para o grupo sacrificial, 16 em cada combinação; 160 no grupo de

substituição, sendo 10 por combinação. O acompanhamento e os dados do teor de água foram obtidos a partir da metodologia descrita no item 3.2. dessa dissertação.



Figura 10. (Esquerda) Posicionamento das plântulas dentro de um viveiro e tanques onde as plântulas ficam imersas em água com as diferentes salinidades, 6g/L (azul); 35g/L (amarelo); 0g/L (verde); 95g/L (vermelho); (Direita) Posicionamento dos viveiros na área do 2º GAAe em Praia Grande.

3.4. A ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Como foi explicado, o planejamento experimental adotado nesta dissertação pressupõe a realização de 12 medidas repetidas (amostragens) ao longo do tempo (uma amostra a cada 10 dias, durante 120 dias), sobre as mesmas unidades experimentais (a unidade experimental é cada saquinho com uma única plântula), onde os tratamentos são o sombreamento (com quatro níveis, incluindo o controle) e a salinidade (também com quatro níveis, incluindo o controle), com duas replicações dentro de cada célula. A célula é um viveiro, com diferentes combinações de salinidade e sombreamento. O experimento tem 160 observações ao longo do tempo, totalizando, portanto, 1920 dados para a análise. Um experimento de medida repetida ao longo do tempo é também chamado longitudinal, pois cada sujeito (unidade experimental) é medido sequencialmente para avaliar o efeito do tempo. Estudos longitudinais são frequentemente utilizados em Psicologia, Medicina e Sociologia, por exemplo, para estudar os eventos de vida em toda a vida útil de um único indivíduo ou pode atravessar gerações. A razão para isto é que ao contrário de estudos transversais, em que diferentes indivíduos com as

mesmas características são comparados pontualmente, os estudos longitudinais utilizam as mesmas pessoas e por isso as diferenças observadas têm menor probabilidade de ser o resultado de hábitos culturais. Em delineamentos com medidas repetidas o uso de blocos é levado ao extremo, pois cada sujeito (que pode ser uma pessoa, um vaso com planta, uma gaiola com peixes) é um bloco. Assim, a variabilidade entre os sujeitos, devido a diferenças individuais é completamente removida do termo de erro (STEVENS, 2009).

Como é comum nesse tipo de experimento, a sequência dos tempos t_1 , t_2 , ..., t_{10} não é casualizada e assim não é conhecida a estrutura de covariância das observações no tempo (VIVALDI, 1999).

Como foi mencionado, a principal vantagem do delineamento com medidas repetidas é que eles fornecem uma precisão melhor para comparar tratamentos porque todas as fontes de variabilidade entre os indivíduos são excluídas do erro experimental, uma vez que quaisquer dois tratamentos podem ser comparados diretamente para cada sujeito. Assim, pode-se ver que os indivíduos servem como seus próprios controles. Outra vantagem, é que ele economiza os indivíduos que recebem os tratamentos, o que é importante, por exemplo, em estudos em pesquisa em Medicina relacionados a doenças raras, quando apenas poucos indivíduos são disponíveis, ou quando o material de pesquisa que vai receber o(s) tratamento(s) é muito caro. Além disso, quando o interesse está em estudar os efeitos de um mesmo tratamento ao longo do tempo, como, por exemplo, a forma da curva de aprendizagem em face de diferentes métodos de ensino, é desejável observar o mesmo indivíduo em diferentes instantes de tempo, em vez de observar diferentes indivíduos no mesmo instante. Porém, esses delineamentos têm uma séria desvantagem em potencial, pois pode haver vários tipos de interferência. Um tipo de interferência é o efeito da ordem que é ligado com a aplicação do tratamento. Por exemplo, na avaliação de cinco tipos diferentes de anúncios, os indivíduos tendem a dar maiores (ou menores) notas aos anúncios exibidos perto do fim da sequência do que no seu início. Outro tipo de interferência está relacionado com a precedência de um tratamento anterior. Por exemplo, na avaliação de cinco diferentes receitas de sopa, uma receita de sabor mais brando pode receber

uma classificação superior (ou inferior) quando precedida por uma receita altamente temperada do que quando precedida por uma receita mais branda. Este tipo de interferência é chamado de efeito *carryover*.

Várias medidas podem ser tomadas para evitar esse efeito, como por exemplo, a randomização da aplicação da ordem dos tratamentos se os termos de erro forem independentes. Permitir um tempo suficiente entre tratamentos é muitas vezes um meio eficaz de reduzir os efeitos do *carryover*. Experimentos em quadrado latino também podem ser usados para minimizar o problema (KUTNER *et al*, 2005).

Assim a opção pela análise de medidas repetidas (FREITAS, 1999; TAMHANE, 2009; HOWELL, 2013) é devida a:

- (i) A importância de se testar a evolução temporal da influência dos tratamentos sobre a variável resposta (Y).
- (ii) Ao fato de que a realização de amostras consecutivas nas mesmas unidades experimentais ao longo do tempo viola o princípio da independência na ANOVA clássica.

A vantagem do planejamento com medidas repetidas é que, além de testar a existência de diferenças entre os tratamentos, este tipo de análise avalia o efeito das variações temporais sobre os tratamentos, testando as interações de cada um desses tratamentos com o tempo (GIRDEN, 1992).

A análise com medidas repetidas no tempo é, em princípio, uma MANOVA (**M**ultivariate **A**nalisis of **V**ariance - Análise de Variância Multivariada) (HAND e TAYLOR, 1987; CROWDER e HAND, 1996; GIRDEN, 1992; NORMAN e STREINER, 1993; OTT, 1988; TABACHNIK e FIDEL, 2013), que tem a desvantagem de não ser aplicável quando há menos indivíduos do que sequências temporais (*trials*), (WILKINSON *et al.*, 1996). De fato, uma análise com medidas repetidas é a preferida, pois a MANOVA ignora que existe uma sequência no tempo e os testes de significância são menos sensíveis do que os univariados (VIVALDI, 1999). Na realidade o *output* da MANOVA numa análise com medidas repetidas serve para avaliar se o perfil (gráfico dos valores da variável dependente em função do tempo) é horizontal, (WILKINSON *et al*, 1996). Assim, um esquema experimental com medidas

repetidas pode ser analisado de modo univariado, como um modelo *split-plot*, se determinadas condições forem atendidas. Isto é vantajoso, uma vez que os testes univariados apresentam em geral maior sensibilidade para perceber diferenças entre tratamentos (Cole e Grizzle, 1966), além dos testes univariados possibilitarem interpretação mais clara e mais simples (MACEIA *et al.*, 1994; FREITAS, 1999).

As suposições da ANOVA univariada com medidas repetidas são:

- (1) independência entre as unidades amostrais (mas não entre as medidas, o que é inerente ao modelo);
- (2) homogeneidade de variâncias;
- (3) normalidade dos dados e
- (4) esfericidade dos componentes ortogonais (COLE e GRIZZEL, 1966; CHRISTENSEN, 1991; GIRDEN, 1992).

A esfericidade é uma condição para a ANOVA com medidas repetidas pelo método univariado (GIRDEN, 1992) e foi proposta por Huynh e Feldt (1970) e considera que todas as diferenças entre os pares de medidas devem ser igualmente variáveis (FREITAS, 1999).

O princípio fundamental dos delineamentos *split-plot* é a divisão das unidades experimentais consideradas principais (UP – variação entre tratamentos), para os quais os níveis de um ou mais fatores são aplicados em unidades experimentais secundárias (US – variação dentro dos tratamentos) e o tempo e a interação dos fatores com o tempo como componentes da unidade secundária (FREITAS, 1999; MEAD *et al.*, 2012).

Deve ser ressaltado que nos delineamentos *split-plot* as respostas das unidades principais e secundárias aos tratamentos são sempre uniformemente correlacionadas uma vez que as medidas são efetuadas no mesmo momento. Nos delineamentos com medidas repetidas no tempo essas correlações podem ou não permanecer uniformes, uma vez que as unidades experimentais podem ser diversamente influenciadas pelo fator tempo (GIRDEN, 1992; FREITAS, 1999). A condição de esfericidade verifica a uniformidade das correlações entre medidas tomadas em diversos momentos. Conforme Huynh e Feldt (1970) uma

condição necessária e suficiente para usar a análise de variância univariada no modelo de parcelas subdivididas para um experimento com medidas repetidas, é que a matriz de covariância satisfaça a condição de esfericidade ou circularidade, o que equivale especificar que as variâncias entre os pares de erros sejam todos iguais. Para testar tal condição, Mauchly (1940) originalmente propôs o teste de esfericidade com o objetivo de verificar se uma determinada população normal multivariada apresenta homogeneidade de variâncias entre as diferenças de todos os pares de combinações dos grupos relacionados. O teste de Mauchly é o análogo (mas não igual) ao teste de homogeneidade de variâncias numa ANOVA comum, como os testes de Levene, Cochran ou Bartlett. Esse teste tem sido muito criticado, pois falha em detectar desvios da esfericidade em amostras pequenas e detecta desvios em excesso em amostras grandes. A esfericidade só pode ser avaliada quando há três ou mais repetições e quanto mais repetições houver o risco de violação aumenta.

Quando a hipótese de esfericidade dos componentes ortogonais é aceita, os resultados do teste univariado são válidos e a probabilidade crítica do teste F é preservada, como critério para se testar a hipótese de interesse (FREITAS, 1999; GIRDEN, 1992; MAUCHLY, 1940). Se ela for violada deve ser tomada a decisão de se realizar uma MANOVA (que não supõe esfericidade) ou uma ANOVA univariada. Se a ANOVA for selecionada esta deve ser apropriadamente corrigida dependendo do grau de violação. Os resultados do teste univariado podem ser corrigidos a partir de duas estimativas de ξ (ver o modelo abaixo), uma fornecida por Greenhouse e Geisser (1959) (critério G-G) e outra por Huyn e Feldt (1956) (critério H-F). Neste caso, a probabilidade crítica para o teste de hipótese serão os valores corrigidos de ξ . Porém, a capacidade das estimativas de Greenhouse e Geisser (1959) e Huyn e Feldt (1956) de corrigir as distorções causadas pela violação da esfericidade pode ser limitada e o emprego de testes univariados pode levar a erros tipo I ou seja, a rejeição da hipótese nula quando ela é verdadeira (FREITAS, 1999; SYSTAT 11, 2004). A violação da esfericidade também interfere nos testes *post hoc*. Assim se esfericidade é violada, o método de Bonferroni parece ser geralmente o mais robusto das técnicas univariadas,

especialmente em termos de poder e controle do erro tipo I . Quando a hipótese de esfericidade não é rejeitada o teste de Tukey pode ser usado (FIELD, 2013).

A estatística de teste para essas estimativas é denominada épsilon (ϵ) que fornece uma medida de desvio da esfericidade. Assim ao avaliar ϵ podemos determinar o grau de desvio da esfericidade. Se as variâncias de todos pares possíveis de desvios são iguais, ϵ será exatamente igual a 1. Se ocorrer violação ϵ será menor que 1 e quanto menor o valor, pior será a violação. O critério de Huyn-Feldt é considerado menos conservativo do que o de Greenhouse-Geisser. Girden (1992) recomenda a seguinte solução para esse problema: quando $\epsilon > .75$, a correção de Huynh-Feldt deveria ser aplicada e quando $\epsilon < .75$ ou nada for conhecido de antemão acerca da esfericidade a correção de Greenhouse-Geisser deveria ser aplicada. Se a condição de simetria composta for satisfeita o valor da probabilidade de G-G não vai diferir muito do valor de p na *within subjects* ANOVA. A esfericidade, por vezes, referida como circularidade é uma forma mais geral de simetria composta. A simetria composta (*compound symmetry*) é baseada na matriz de covariância dos dados brutos, sem computar as diferenças pareadas. É uma suposição que exige variâncias iguais dentro de cada coluna no tempo (*trial*) é mais restritiva do que a esfericidade porque exige covariâncias iguais entre as colunas espaçadas no tempo. Se a suposição de simetria composta é válida para um conjunto de dados, então o pressuposto da esfericidade também é válido (é possível, porém muito raro, que os dados violem a suposição da simetria composta, mesmo quando o pressuposto da esfericidade é válido). Embora a simetria composta possa ser uma condição suficiente para a ANOVA com medidas repetidas, ela não é uma condição necessária. Se a esfericidade é obedecida os valores da probabilidade H-F serão similares ao valor de p da *within subjects* ANOVA. Em resumo, a probabilidade H-F tende a ser mais liberal que a da G-G, porque a suposição de simetria composta não é exigida em análises de medidas repetidas univariadas para ser válida de acordo com Wilkinson *et al*, (1996).

O modelo matemático referente ao delineamento experimental desta dissertação é o seguinte (FREITAS, 1999; YAMAMOTO *et al.*, 2014):

$$Y_{ijt} = \mu + Sa_i + So_j + Sa_i * So_j + \varepsilon_{ij} + \sigma_t + Sa_i * \sigma_t + So_j * \sigma_t + Sa_i * So_j * \sigma_t + \xi_{ijt}$$

Onde:

Y_{ijt} – variável resposta de interesse (AH, AE, AT, DB, NF)

μ - média geral

Sa_i - efeito da salinidade ($i = 1,2,3,4$)

So_j - efeito do sombreamento ($j = 1,2,3,4$)

$Sa_i * So_j$ - interação de primeira ordem, entre a salinidade e o sombreamento

ε_{ij} - o termo de resíduo nas unidades principais, ou parcelas, onde estão os tratamentos.

σ_t - efeito do tempo ($t = 1,2, \dots, 12$)

$Sa_i * \sigma_t$ - interação de primeira ordem, entre a salinidade e o tempo

$So_j * \sigma_t$ - interação de primeira ordem, entre o sombreamento e o tempo

$Sa_i * So_j * \sigma_t$ - interação de segunda ordem entre a salinidade, sombreamento e o tempo

ξ_{ijt} - o termo de resíduo nas unidades secundárias

Suposições:

$$\varepsilon_{ij} \sim N[0, \sigma_{UP}^2]$$

$$\xi_{ijt} \sim N[0, \sigma_{US}^2]$$

sendo:

σ_{UP}^2 - variância das observações na unidade principal

σ_{US}^2 - variância das observações na unidade secundária

As taxas de mortalidade, assim como os dados das condições fitossanitárias, entre os diferentes tratamentos foram comparados utilizando-se uma ANOVA de dois fatores sendo os fatores o sombreamento (com 4 níveis) e

a salinidade (com 4 níveis). Os valores em porcentagem eram convertidos para valores do arcosseno da raiz quadrada, para assim serem submetidos à ANOVA (VIEIRA, 2006). O modelo matemático referente a essa análise é o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + S_{0i} + S_{aj} + S_{0i} * S_{aj} + \epsilon_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} – variável resposta de interesse (Taxa de mortalidade)

μ - média geral

S_{0i} – definido acima

S_{aj} – definido acima

$S_{0i} * S_{aj}$ – definido acima

ϵ_{ij} - resíduo da análise

Quando foi encontrada significância para um fator, o teste de Tukey para comparação das médias foi aplicado.

O programa adotado para os cálculos foi a versão 11 do SYSTAT. A anova de medidas repetidas foi feita no programa JMP versão 13, SAS Institute inc.

4. RESULTADOS

4.1. GERMINAÇÃO DOS FRUTOS

4.1.1. GERMINAÇÃO DE FRUTOS DO CULTIVO DIRETO (GRUPO 1)

Os resultados obtidos neste item se referem aos frutos coletados em 9 de maio de 2015.

Após o período de 20 dias imersos em uma solução salina a 4 g/l, dos aproximadamente 2000 frutos, conforme o método descrito no item 3.1., apenas 42% (836 frutos) apresentavam algum tipo de germinação. Destes, 90,7% apresentaram germinação normal, muitos já estavam com o tamanho estipulado para o cultivo; 4,66% apresentavam “inversão”, com o hipocótilo se expondo próximo ao pedúnculo do fruto (Figura 11); 2,75% apresentaram rompimento, quando o hipocótilo não se expunha da forma correta e levava ao rompimento do fruto e à inviabilidade da plântula, ou má formação; 1,91% apresentavam dois embriões no mesmo fruto.



Figura 11. Frutos que apresentaram “inversão”. O rompimento do fruto próximo ao pedúnculo era feito pela região onde há a inserção do cotilédono no hipocótilo (RI). A radícula se mantinha dentro do fruto (Ra), junto dos cotilédones (Cot).

Os demais frutos dessa coleta acabaram por não germinar. O motivo da não germinação dos frutos não foi investigada nessa dissertação.

4.1.2. GERMINAÇÃO DOS FRUTOS DO CULTIVO COM BERÇÁRIO E REGA PERIÓDICA (GRUPO 2)

Os frutos utilizados nesse método de cultivo foram coletados na mesma campanha da coleta dos frutos do item 4.1.1.. Porém, só foram utilizados posteriormente, por questões referentes à utilização da área onde os cultivos foram efetuados.

Esses frutos passaram um período mais prolongado imersos na solução salina. Por isso, dos 260 frutos que restaram do tratamento anterior, somente 35% (90 frutos) puderam ser utilizados, por estarem ainda dentro dos padrões estabelecidos na metodologia dessa dissertação. Os demais frutos estavam em estágio mais avançado de desenvolvimento.

4.1.3. GERMINAÇÃO DOS FRUTOS DO CULTIVO COM BERÇÁRIO E TANQUES DE IMERSÃO (GRUPO 3)

Os frutos utilizados neste item foram os coletados em 15 de fevereiro de 2016.

Entre os aproximadamente 2800 frutos coletados, conforme o método descrito no item 3.1., 76% (2130 frutos) apresentaram algum sinal de germinação. O restante não mostrou nenhum sinal, mesmo passado o período de 20 dias e mais 10 dias adicionais estipulados.

Passados os 20 dias em imersão na solução salina, dos 2130 frutos que apresentaram sinal de germinação, 92% apresentaram germinação normal, sem nenhuma má formação; 4,31% apresentaram “inversão” (Figura 11); 2,53% apresentaram rompimento ou outro tipo de má formação; 2% apresentaram plântulas gêmeas.

4.2. MORTALIDADE

4.2.1. MORTALIDADE NO CULTIVO DIRETO (GRUPO 1)

O grupo 1 apresentou mortalidade muito elevada logo no início do desenvolvimento, ainda no período de adaptação. A mortalidade foi elevada em todos os viveiros: 74,3% para os viveiros a pleno sol; 84,72% para os viveiros com 35,0% de sombreamento; 74,3% para os viveiros com 50,0% de sombreamento; 70,8% nos viveiros com 80,0% de sombreamento. Esses valores não apresentaram diferença significativa entre si de acordo com a ANOVA (Tabela 1). A ANOVA foi visualmente validada quanto á homogeneidade de variâncias e normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk $p=0,96$).

Tabela 1. Tabela de ANOVA gerada com os dados da mortalidade do grupo com cultivo direto (grupo 1).

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
SOMBRA	0.032	3	0.010	1.725	0.2992
Error	0.025	4	0.006		

As 138 plântulas que estavam vivas após o período de 10 dias iniciais foram retiradas e colocadas em um berçário, semelhante ao descrito no item 3.3., na tentativa de salvá-las e observar alguma melhora, porém, somente 2 plântulas sobreviveram.

Ao final desta primeira etapa, 574 das 576 plântulas utilizadas inicialmente morreram, representando uma taxa de mortalidade total de 99,65%.

4.2.2. MORTALIDADE NO CULTIVO COM BERÇÁRIO E REGA PERIÓDICA (GRUPO 2)

A mortalidade das plântulas no grupo 2 foi anotada em três momentos: após o período de desenvolvimento no berçário, logo após o período de adaptação ao transplante para o local onde foi aplicado o tratamento, e após o término do acompanhamento nos tratamentos.

No grupo 2 foram utilizadas 90 plântulas no berçário. O número foi reduzido por se tratarem dos frutos germinados que sobraram da coleta para o grupo 1. Dessa forma muitos já se apresentavam em fase de desenvolvimento mais avançado, não podendo ser utilizados. Ao final do período de crescimento no berçário, 4 plântulas das 90 utilizadas haviam morrido, representando uma mortalidade 4,44%. O período de adaptação transcorreu sem a morte de nenhuma das plântulas

A mortalidade total no grupo 2 foi de 72,5%, com a morte de 58 das 80 plântulas usadas inicialmente.

A ANOVA bi fatorial aplicada aos dados de mortalidade mostrou que os tratamentos de sombreamento (0%; 35%; 50%; 80% de sombra) e salinidade (0 g/l; 6 g/l; 35 g/l; 95 g/l) influenciaram de forma significativa na mortalidade das plântulas. A salinidade apresentou resultado altamente significativo, $p < 0,01$ enquanto que o sombreamento apresentou valor de $p = 0,07$ (não significativo). A interação entre esses dois fatores não se mostrou significativa ($p = 0,288$) (Tabela 2). A ANOVA foi validada quanto a homogeneidade, enquanto o teste de normalidade resultou em $p = 0,005$ para o teste de Shapiro-Wilk. Os testes foram balanceados. O resultado do teste de Tukey (VIEIRA, 2006) para comparação das médias nas diferentes salinidades é apresentada na Tabela 3.

O sombreamento, apesar de não ter sido significativo, apresentou uma tendência de queda da mortalidade conforme esse fator era aumentado, com a mortalidade sendo mais elevada nos tratamentos deixados a pleno sol e a menor nos tratamentos com 80% de sombreamento, sendo de 89,6% e 62,5% respectivamente.

A salinidade mostrou um aumento da mortalidade juntamente com o aumento da salinidade (Figura 12). A interação entre sombreamento e salinidade não apresentou nenhum comportamento uniforme entre os tratamentos, havendo uma tendência de queda da mortalidade com o aumento do sombreamento em todas as salinidades.

Parte da mortalidade se deu devido à herbivoria por formigas, o que ocorreu em apenas duas plântulas, representando assim uma mortalidade de 2,5% do total de plântulas. Não houve danos causados por outros herbívoros.

Tabela 2. Tabela de ANOVA gerada com os dados da mortalidade do cultivo com berçário e rega periódica (grupo 2).

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
SOMBRA	0.871	3	0.290	2.827	0.0717
SAL	2.789	3	0.929	9.053	0.0009
SOMBRA*SAL	1.562	9	0.173	1.690	0.1722
Error	1.643	16	0.102		

Tabela 3. Resultado do teste de Tukey para a comparação das médias das da taxa de mortalidade nos diferentes níveis de salinidade no grupo 2. As diferenças significativas entre as médias estão apresentadas em amarelo. Note que esses valores não são probabilidades, apenas diferenças entre médias.

	0 g/l	6 g/l	35 g/l	95 g/l
0 g/l	-	0,217	0,294	0,644
6 g/l		-	0,512	0,862
35 g/l			-	0,350
95 g/l				-

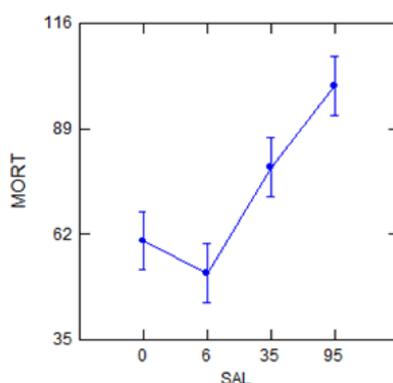


Figura 12. Gráfico da taxa de mortalidade das plântulas em relação e a salinidade. Os dados foram analisados por uma ANOVA bi fatorial onde a mortalidade é a variável dependente. A taxa de mortalidade está expressa em (%), as linhas perpendiculares representam o desvio padrão.

4.2.3 MORTALIDADE NO CULTIVO COM BERÇÁRIO E TANQUES DE IMERSÃO (GRUPO 3)

Da mesma forma que no grupo 2, a mortalidade no grupo 3 foi observada em três momentos distintos: após o período no berçário; logo após o período de adaptação ao transplante para os tratamentos; após o término do acompanhamento dos tratamentos.

Nesse grupo foram utilizados frutos coletados em fevereiro de 2016. No berçário foram cultivados 700 frutos, sendo que 6% desses morreram no período de 67 dias em que as plântulas permaneceram no berçário.

Durante o período de adaptação todas as plântulas sobreviveram sem nenhum dano.

Passado o período de acompanhamento de 120 dias a mortalidade total desse grupo foi de 50%, 160 das 320 plântulas morreram. O número 320 engloba as 160 plântulas usadas no acompanhamento e as 160 plântulas que ficaram de reserva, como descrito no item 3.3.4. dessa dissertação.

A aplicação de uma ANOVA bi fatorial onde a mortalidade é a variável dependente mostrou que a salinidade se mostrou altamente significativa, $p < 0,01$. Quanto ao sombreamento, seu efeito não foi significativo ($p = 0,49$). A interação entre os dois fatores também não foi significativa ($p = 0,28$) (Tabela 4). A ANOVA foi validada quanto a homogeneidade e o teste de normalidade de Shapiro-Wilk $p = 0,02$. O resultado do teste de Tukey (VIEIRA, 2006) para comparação das médias nas diferentes salinidades é apresentada na Tabela 5.

O sombreamento gerou uma tendência de queda da mortalidade conforme aumentava.

A mortalidade em 0 g/l e 6 g/l foram significativamente menores que a dos tratamentos de 35 g/l e 95 g/l, que também apresentaram diferenças significativa entre si, com mais plântulas sobrevivendo à salinidade de 35 g/l do que a de 95 g/l, onde quase a totalidade das plântulas morreram (Figura 13).

Tabela 4. Tabela de ANOVA gerada com os dados da mortalidade do cultivo com berçário e tanques de imersão (grupo 3).

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
SOMBRA	0.109	3	0.036	0.833	0.4949
SAL	9.985	3	3.328	76.213	0.0000
SOMBRA*SAL	0.534	9	0.059	1.360	0.2831
Error	0.698	16	0.043		

Tabela 5. Resultado do teste de Tukey para a comparação das médias das da taxa de mortalidade nos diferentes níveis de salinidade no grupo 3. As diferenças significativas entre as médias estão apresentadas em amarelo.

	0 g/l	6 g/l	35 g/l	95 g/l
0 g/l	-	0,26	0,777	1,113
6 g/l		-	1,038	1,374
35 g/l			-	0,336
95 g/l				-

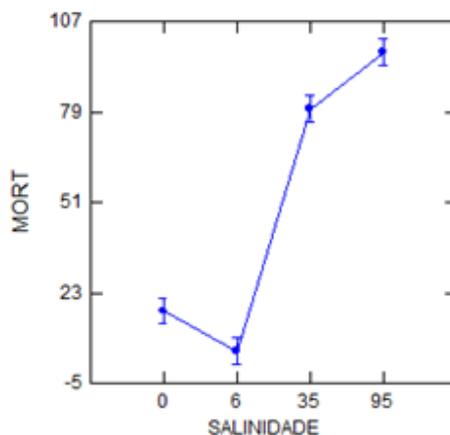


Figura 13. Gráfico da taxa de mortalidade das plântulas em relação e a salinidade. Os dados foram analisados por uma ANOVA bi fatorial onde a mortalidade é a variável dependente. A taxa de mortalidade está expressa em (%), as linhas perpendiculares representam o desvio padrão de cada média dos níveis do tratamento salinidade.

A mortalidade devido a herbivoria foi de 2,8% em todo o grupo 3. Casos de mortalidade devido a herbivoria só ocorreram nos tratamentos de salinidade 0 g/l, e ocorrendo nos sombreamentos de 35%, 50% e 80%, com esse último apresentando maior mortalidade. A herbivoria ocorreu por insetos da ordem *Lepidoptera*. Houve somente uma plântula que morreu por ação de insetos sugadores de seiva.

4.3. DESENVOLVIMENTO DAS PLÂNTULAS

Não foi possível analisar os dados do grupo com cultivo direto (grupo 1) devido a elevada mortalidade, não sobrando plântulas vivas o suficiente para fazer qualquer análise.

4.3.1 DESENVOLVIMENTO DO CULTIVO COM BERÇÁRIO E REGA PERIÓDICA (GRUPO 2)

Devido à alta mortalidade, uma abordagem de medidas repetidas se mostrou inviável para a análise dos dados do grupo 2.

Os dados das plântulas dos tratamentos com sombreamento de 0% não foram utilizados, uma vez que somente duas plântulas nesse nível de tratamento sobreviveram, na salinidade 0 g/l, não havendo plântulas nos demais tratamentos de salinidade. Sendo assim, só foram considerados para análise os sombreamentos de 35%, 50% e 80% por apresentarem plântulas vivas nas salinidades de 0 g/l, 6 g/l e 35 g/l.

A ANOVA de dois fatores mostrou que para os valores de crescimento total não houve diferença significativa entre os tratamentos, e nenhum fator gerou modificação significativa (Tabela 6). A ANOVA apresentou heterogeneidade dos resíduos e a normalidade encontrada foi $p=0,02$ para o teste de Shapiro-Wilk.

Tabela 6. Tabela de ANOVA gerada com os dados de crescimento total do cultivo com berçário e rega periódica (grupo 2).

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
SOMBRA	1.368E+02	2	68.430	1.246	0.3251
SAL	1.553E+02	2	77.675	1.414	0.2839
SOMBRA*SAL	1.015E+02	4	25.388	0.462	0.7620
Error	6.038E+02	11	54.897		

A altura média (seguido do desvio padrão) das plântulas foi de $67,54 \pm 19,34$ mm, e o crescimento médio (seguido do desvio padrão) foi de $10,3 \pm 7,1$ mm, após um período de 120 dias.

Em relação ao crescimento das diferentes partes das plântulas, tanto o epicótilo como o hipocótilo apresentaram crescimento durante o acompanhamento, com o crescimento do hipocótilo ocorrendo por um período aproximado de 40 dias, após o qual somente o epicótilo era responsável pelo crescimento em altura das plântulas. Não houve diferença significativa no crescimento tanto do hipocótilo como do epicótilo nos diferentes tratamentos.

O diâmetro do caule das plântulas apresentou grande variação durante o acompanhamento, em muitos casos o valor das medidas diminuiu e aumentou diversas vezes e muitas plântulas terminaram o período de acompanhamento com diâmetros do caule menores que o inicial. Não houve diferença significativa no aumento do diâmetro entre os tratamentos, nem em relação aos fatores sombreamento e salinidade. Houve uma tendência de aumento do diâmetro médio juntamente com o aumento do sombreamento e uma diminuição do diâmetro médio com o aumento da salinidade, porém nenhum efeito desses fatores foi significativo. O valor médio (seguido do desvio padrão) do diâmetro das plântulas foi de $2,56 \pm 0,38$ mm, e o aumento do diâmetro foi de $0,27 \pm 0,38$ mm.

O número de folhas apresentou ganhos rápidos seguidos de perdas de folhas em muitos casos. A variabilidade desses dados foi muito pequena, sendo assim não foram analisados estatisticamente; a Figura 14 mostra o comportamento do ganho médio de folhas dos diferentes tratamentos.

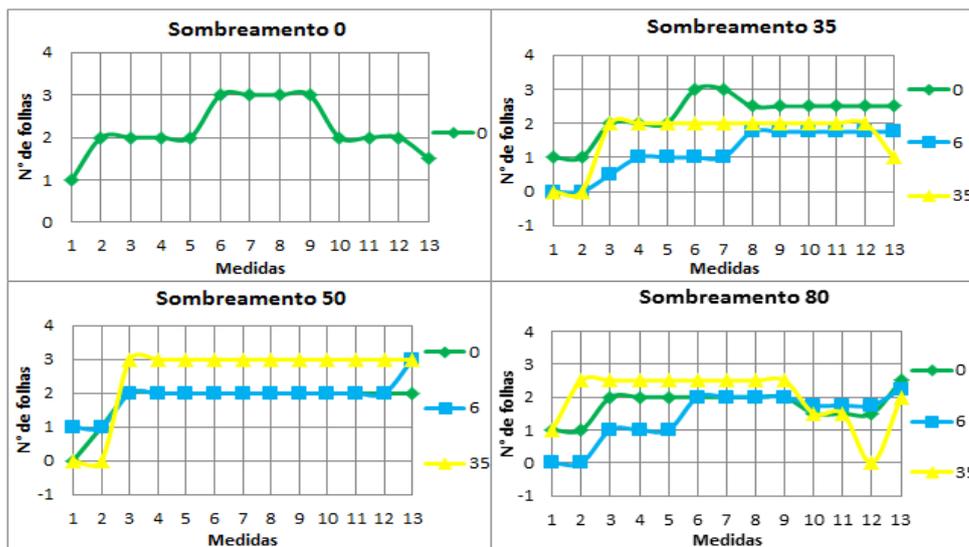


Figura 14. Gráficos com os valores médios de número de folhas nos diferentes tratamentos, na medida inicial e nas 12 medidas seguintes, feitas durante o período de acompanhamento. Os valores 0, 6 e 35 referem-se à salinidade.

4.3.2 DESENVOLVIMENTO DO CULTIVO COM BERÇÁRIO E TANQUES DE IMERSÃO (GRUPO 3)

Os dados de desenvolvimento foram coletados de todos os 16 tratamentos utilizados. Contudo, a abordagem estatística utilizando um *design* de uma *Three mixed way* com medidas repetidas impossibilita que grupos que tenham dados faltantes sejam utilizados. Sendo assim todos os grupos que apresentaram mortalidade de alguma plântula foram descartados. Contudo, os grupos que apresentaram mortalidade de plântulas que faziam parte do grupo de acompanhamento, o apresentaram em sua quase totalidade, impossibilitando, de qualquer forma, que fossem utilizados para uma análise estatística. Assim, somente oito conjuntos de tratamentos foram utilizados, sendo os de salinidade 0 g/l e 6 g/l em todos os quatro níveis de sombreamento.

A análise mostrou que nos tratamentos analisados nem o sombreamento nem a salinidade influenciou de forma significativa no crescimento das plântulas, somente o fator tempo apresentou significância no crescimento, o que obviamente pode ser encarado como um resultado trivial (Figura 15 e 16).

O crescimento do hipocótilo não foi considerável no período de acompanhamento, visto que na quase totalidade das plântulas essa parte já havia parado de crescer após o período de adaptação, tendo o crescimento sido feito quase que unicamente pelo epicótilo. A altura média (seguido do desvio padrão) das plântulas foi de $95,68 \pm 15,09$ mm, e o crescimento médio (seguido do desvio padrão) foi de $7,54 \pm 8,43$ mm, após um período de 120 dias.

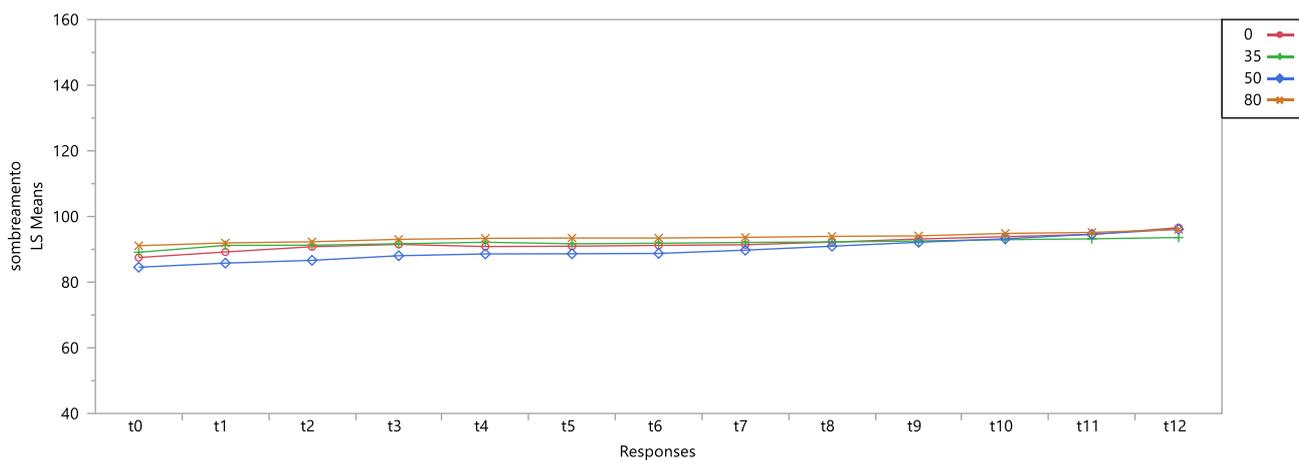


Figura 15. Gráfico apresentando o tamanho médio das plântulas nos diferentes níveis de sombreamento: 0%, 35%, 50% e 80%, ao longo dos 120 dias de acompanhamento. Os valores t0 a t12 representam as datas das medidas. A altura está expressa em (mm).

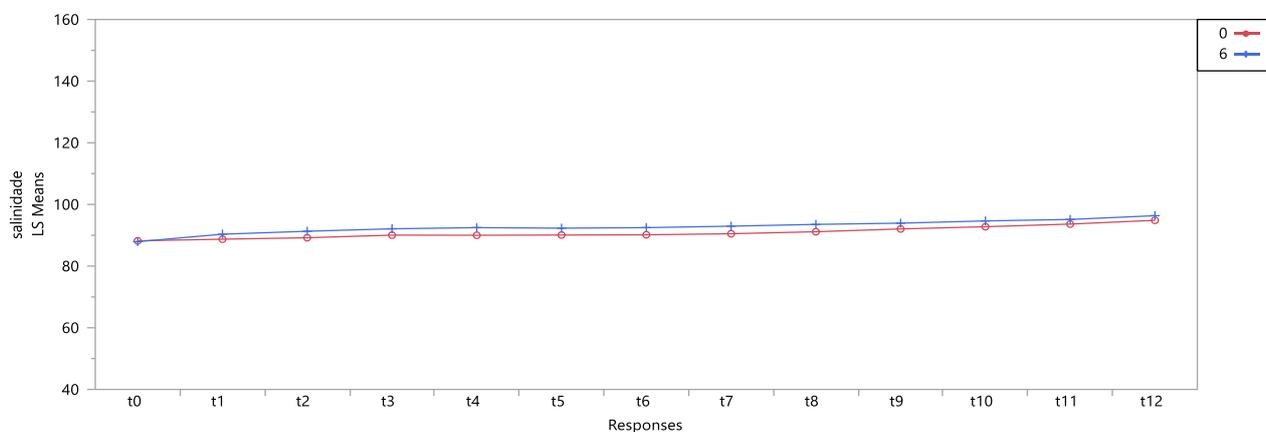


Figura 16. Gráfico apresentando o tamanho médio das plântulas nos diferentes níveis de salinidade: 0 g/l e 6 g/l, ao longo dos 120 dias de acompanhamento. Os valores t0 a t12 representam as datas das medidas. A altura está expressa em (mm).

O diâmetro no grupo 3 apresentou também grande variação, com plântulas que apresentaram perdas seguidas de ganhos na espessura dos caules. Nesse grupo somente 2 plântulas terminaram o período de acompanhamento com diâmetros menores que os iniciais, no entanto foram

variações muito pequenas, de 0,31mm e 0,09mm. A diferença entre o ganho em diâmetro nos diferentes tratamentos não foi significativa, contudo, o diâmetro apresentou uma leve tendência de aumento nos sombreamentos de 0% e 50%, apresentando valores menores nos grupos de sombreamento 35% e 80%. A salinidade de 6 g/l apresentou diâmetros ligeiramente maiores. O valor médio (seguido do desvio padrão) do diâmetro das plântulas foi de $3,49 \pm 0,43$ mm. O aumento do diâmetro foi de $0,74 \pm 0,38$ mm.

O ganho de folhas apresentou um comportamento de aumento gradual em todos os níveis de sombreamento com ganho mais lento no sombreamento de 35% e um ganho muito similar nos sombreamentos de 0 e 50%. A salinidade de 0 g/l e 6 g/l aparentam influenciar de forma similar no ganho de folhas, por outro lado a salinidade de 35 g/l mostrou gerar uma dificuldade na produção de folhas, fazendo com que as plântulas mantivessem a aproximadamente a mesma quantidade de folhas por todo o período de acompanhamento. A Figura 17 ilustra o comportamento do número de folhas nos diferentes tratamentos.

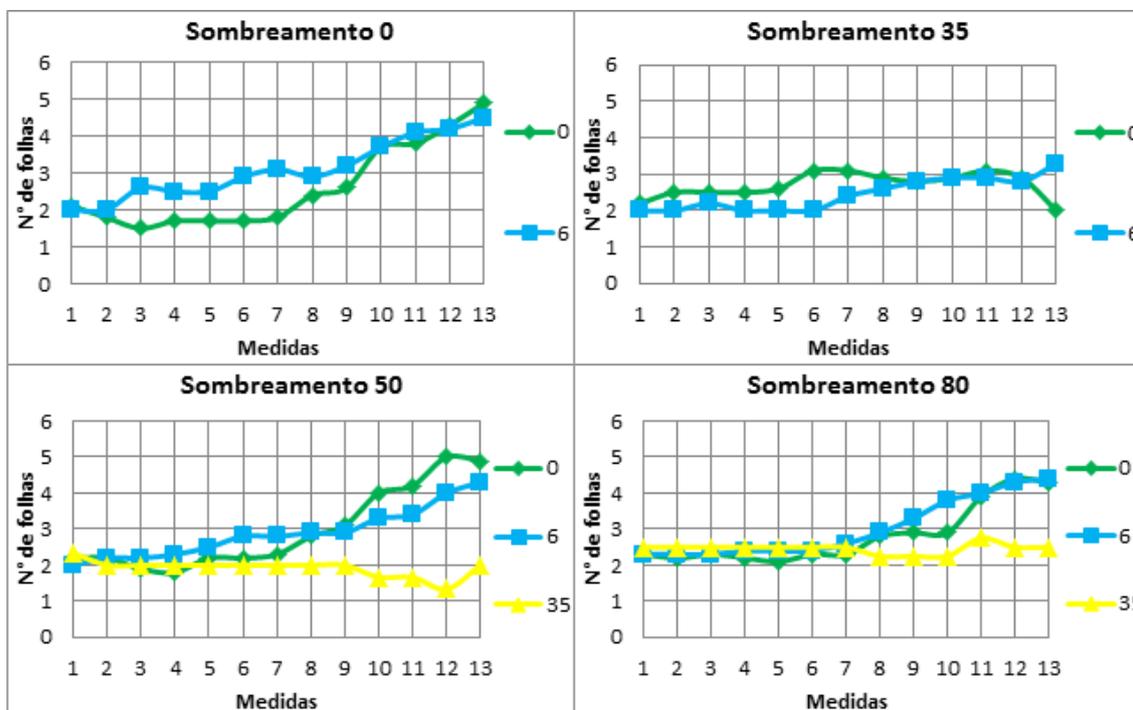


Figura 17. Gráficos com os valores médios de número de folhas nos diferentes tratamentos, na medida inicial e nas 12 medidas seguintes, feitas durante o período de acompanhamento. Os valores 0, 6 e 35 referem-se à salinidade. As medidas foram feitas a cada 10 dias.

4.4. TEOR DE ÁGUA

Os valores do teor de água das plântulas foram mensurados no grupo sacrificial, que só esteve presente no cultivo com imersão (grupo 3).

Os dados não foram submetidos a nenhuma análise estatística, visto que muitas das plântulas se encontravam mortas na data da coleta, o que altera as concentrações de água e até mesmo de matéria orgânica, que a plântula apresentava quando viva. Desta forma os dados foram somente plotados em gráficos (Figuras 18 e 19).

O teor de água mostrou uma tendência de queda com o passar do tempo em todos os níveis de sombreamento, apresentando uma queda na sexta coleta, seguida por um aumento do teor de água nas duas coletas seguintes. Nas salinidades de 0 g/l e 6 g/l o teor de água sempre foi mais elevado, com o teor de água da salinidade de 95 g/l sendo sempre o mais baixo. No sombreamento mais elevado, 80%, a salinidade de 35 g/l apresenta comportamento similar às duas salinidades mais baixas.

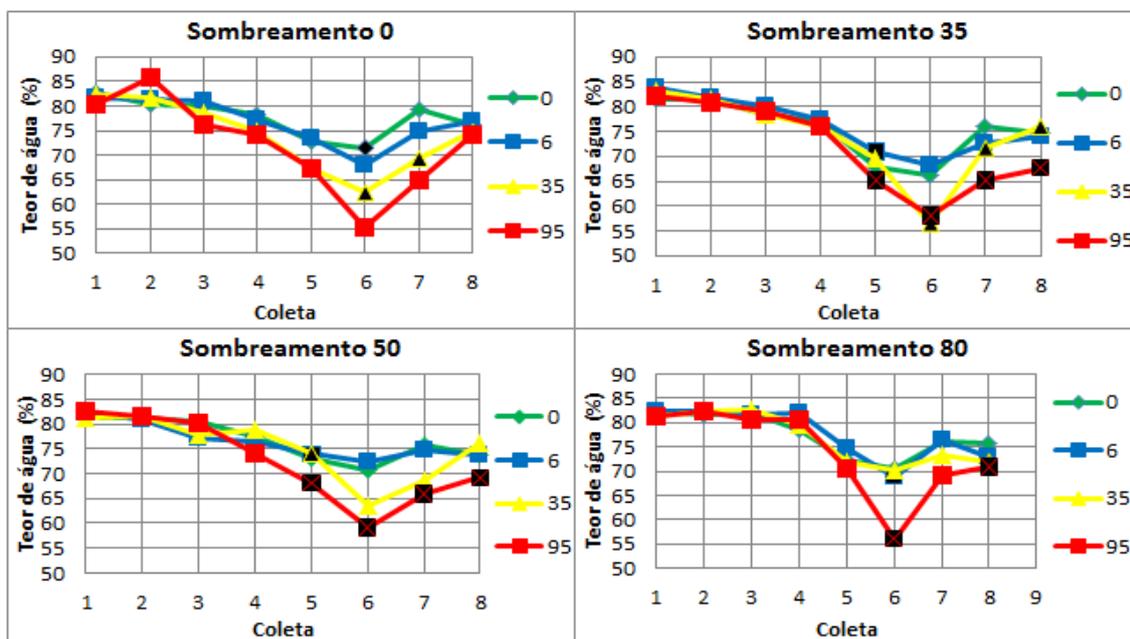


Figura 18. Gráficos do teor de água das plântulas com relação ao sombreamento. As linhas representam a salinidade onde as plântulas foram cultivadas. Os pontos pretos indicam plântulas que estavam mortas na data da coleta. Valores estão em (%).

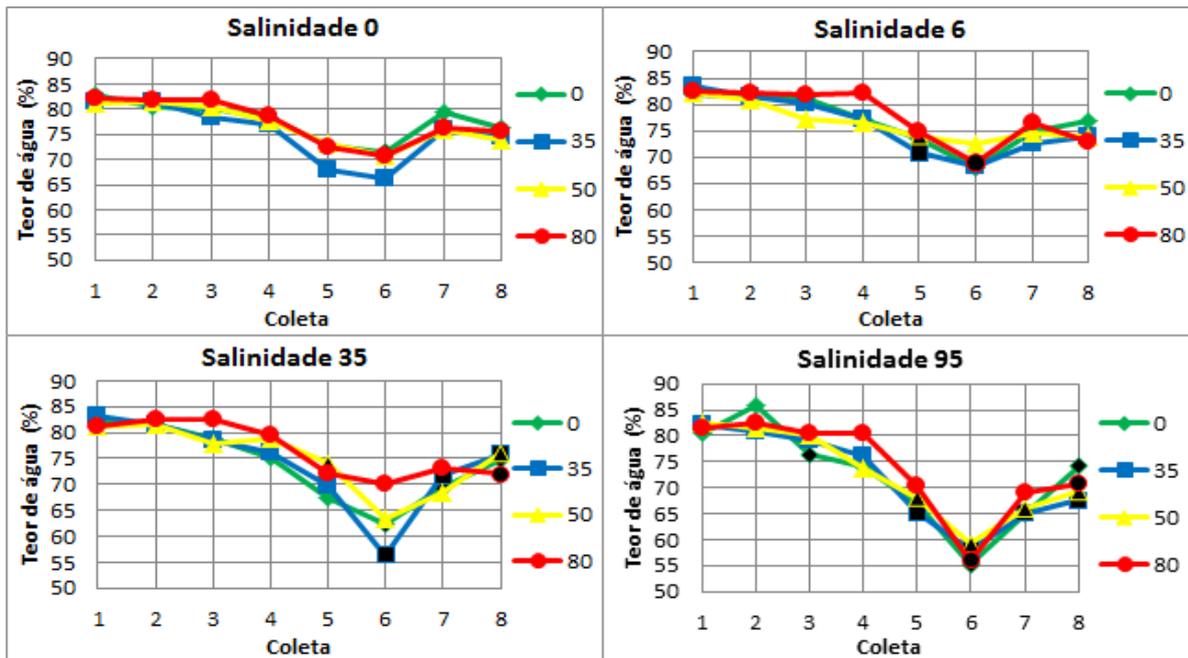


Figura 19. Gráficos do teor de água das plântulas com relação à salinidade. As linhas representam o sombreamento onde as plântulas foram cultivadas. Os pontos pretos indicam plântulas que estavam mortas na data da coleta. Valores estão em (%).

O teor de água apresentou comportamento similar ao encontrado em relação ao sombreamento, com uma queda no teor de água com o passar do tempo, e uma queda acentuada na sexta coleta, seguido de um crescimento no teor de água nas coletas seguintes. A variação do teor de água se mostrou maior com o aumento da salinidade. Em todos os níveis de salinidade o sombreamento de 80% foi o que apresentou as maiores quantidades de água.

4.5. CONDIÇÕES FITOSSANITÁRIAS

Não foi possível analisar os dados desse quesito no grupo de cultivo direto (grupo 1) porque a mortalidade foi de 100%. Os dados não foram coletados do grupo de rega periódica (grupo 2) devido ao baixo número de plântulas que sobreviveram nesse grupo, apenas 22 plântulas.

Somente o grupo com cultivo em imersão (grupo 3) teve os dados fitossanitários analisados.

Todos os tratamentos apresentaram danos devido à herbivoria causada por lagartas, exceto nos tratamentos de sombreamento 0% e salinidade 35 g/l e no de sombreamento 50% e salinidade 35 g/l. Todas as plântulas nos tratamentos com salinidade de 95 g/l morreram durante o acompanhamento ou não apresentavam folhas ao final do acompanhamento.

As proporções de plântulas que apresentaram danos devido à herbivoria estão representadas na Tabela 7.

A ANOVA bi fatorial feita para os dados sobre herbivoria mostrou que a salinidade foi o único fator que apresentou significância na relação com a herbivoria, apresentando um valor altamente significativo ($p < 0,001$). Tanto o sombreamento como a interação entre os dois fatores apresentaram valores de $p > 0,05$ (Tabela 8). A ANOVA foi validada quanto à homogeneidade, e o teste de normalidade resultou em $p = 0,16$ para o teste de Shapiro-Wilk. O resultado do teste de Tukey para comparação das médias nas diferentes salinidades é apresentado na Tabela 9. Os valores em amarelo indicam diferenças de médias significativas a 5%.

Tabela 7. Porcentagem média, seguida do desvio padrão, de plântulas que apresentaram as folhas atacadas por herbívoros nas diferentes combinações de tratamentos.

Salinidade	Sombreamento			
	0%	35%	50%	80%
0 g/l	46,7±18,9	43,8±8,8	76,4±2,0	71,4±0,1
6 g/l	16,1±8,6	21,1±1,6	28,8±12,3	45,0±21,2
35 g/l	0	25,0±0,0	0	8,3±11,8
95 g/l	-	-	-	-

Tabela 8. Tabela de ANOVA gerada com os dados de herbivoria no cultivo com berçário e tanques de imersão (grupo 3).

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
SOMBRA	0.212	3	0.070	1.623	0.2359
SAL	2.165	2	1.082	24.861	0.0000
SOMBRA*SAL	0.304	6	0.050	1.164	0.3856
Error	0.522	12	0.043		

Tabela 9. Resultado do teste de Tukey para a comparação das médias das da taxa de plântulas que sofreram danos por herbivoria nos diferentes níveis de salinidade no grupo 3. As diferenças significativas entre as médias estão apresentadas em amarelo.

	0 g/l	6 g/l	35 g/l
0 g/l	-	0,341	0,735
6 g/l		-	0,393
35 g/l			-

A salinidade apresentou comportamento inverso, com a herbivoria reduzindo com o aumento da salinidade, apresentando valores médios de 59,6%, 27,7% e 8,3% para as salinidades de 0 g/l, 6 g/l e 35 g/l respectivamente (Figura 20).

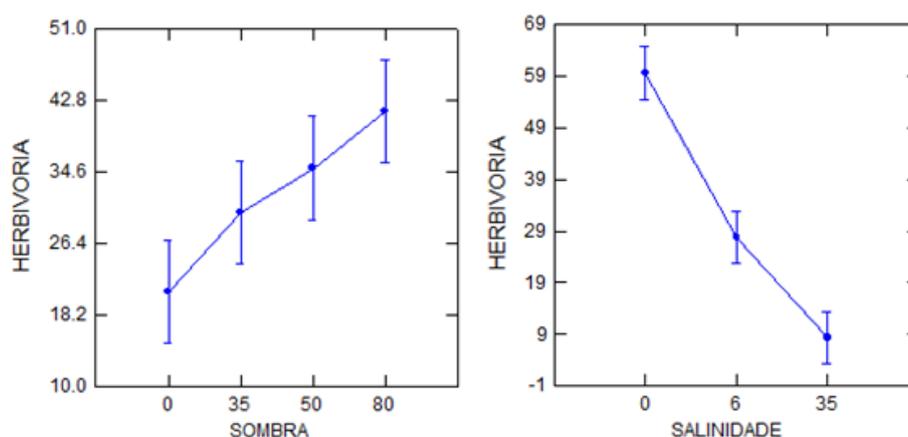


Figura 20. Gráficos das taxas de herbivoria relacionadas com o sombreamento (esquerda) e a salinidade (direita) no grupo 3. As taxas de herbivoria são apresentadas em (%), as linhas representam o desvio padrão.

Plântulas que apresentaram ataque por insetos sugadores de seiva foram encontradas somente no tratamento com 50% de sombreamento e na salinidade de 6 g/l. Outros casos em que houve ataque por insetos sugadores de seiva ocorreram no tratamento de salinidade 0 g/l e sombreamento 80%, porém levando a plântula a morte em questão de poucos dias.

A porcentagem de plântulas que apresentaram danos causados por fatores climáticos têm seus valores mostrados na Tabela 10.

Tabela 10. Porcentagem média, seguida do desvio padrão, de plântulas que apresentaram as folhas danificadas por fatores climáticos nas diferentes combinações de tratamentos.

Salinidade	Sombreamento			
	0%	35%	50%	80%
0 g/l	15.6±6,3	18.8±8,8	47.2±3,9	14.3±0,0
6 g/l	21,1±1,6	10.0±14,1	40.0±14,1	10.0±0,0
35 g/l	0	0	0	50.0±70,7
95 g/l	-	-	-	-

A ANOVA bi fatorial feita para os dados sobre plântulas danificadas pelo vento ou frio mostrou que nenhum fator apresentou significância em relação aos danos causados pelo vento ou pelo frio nas folhas das plântulas, apresentando valores de $p > 0,05$ tanto para a ação do sombreamento, como da salinidade e da interação entre ambos (Tabela 11). A ANOVA foi validada quanto a homogeneidade, e o teste de normalidade resultou em $p < 0,001$ para o teste de Shapiro-Wilk.

Tabela 11. Tabela de ANOVA gerada com os dados sobre plântulas danificadas por fatores climáticos no cultivo com berçário e tanques de imersão (grupo 3).

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
SOMBRA	0.333	3	0.111	0.961	0.4423
SAL	0.397	2	0.198	1.723	0.2198
SOMBRA*SAL	1.010	6	0.168	1.458	0.2717
Error	1.385	12	0.115		

A presença de folhas cloróticas não mostrou nenhuma relação significativa com qualquer um dos tratamentos (Tabela 12). A ANOVA foi validada quanto a homogeneidade, e o teste de normalidade resultou em $p=0,1$ para o teste de Shapiro-Wilk.

A clorose foliar não foi afetada de forma significativa nem pelo sombreamento, e nem pela salinidade. Da mesma forma nenhum dos fatores mostrou gerar um comportamento claro na taxa de folhas cloróticas.

Foi observada uma média 14,3%, 13,5%, 12,9% e 5,6% de plântulas com clorose, nos sombreamentos de 0%, 35%, 50% e 80%, respectivamente. Para a salinidade os valores médios foram de 4,3%, 17,4% e 12,9%, nas respectivas salinidades de 0, 6 e 35 g/l. Os valores médios para cada conjunto de tratamentos é apresentado na Tabela 13.

Tabela 12. Tabela de ANOVA gerada com os dados sobre plântulas com clorose foliar no cultivo com berçário e tanques de imersão (grupo 3).

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
SOMBRA	0.150	3	0.050	0.749	0.5434
SAL	0.284	2	0.142	2.132	0.1612
SOMBRA*SAL	0.525	6	0.087	1.311	0.3235
Error	0.801	12	0.066		

Tabela 13. Porcentagem média, seguida do desvio padrão, de plântulas que apresentaram folhas cloróticas nas diferentes combinações de tratamentos.

Salinidade	Sombreamento			
	0%	35%	50%	80%
0 g/l	11.1±15,7	0	6.3±8,8	0
6 g/l	31.7±2,4	15.6±6,3	22.5±3,5	0
35 g/l	0	25.0±0,0	10.0±0,0	16.7±23,5
95 g/l	-	-	-	-

A má formação de folhas foi observada em poucas plântulas. Não foi observado nenhum caso em sombreamentos mais elevados, 50% e 80%, nem na salinidade de 0 g/l. Quanto à salinidade houve um aumento de má formação com a elevação da concentração de sal, com uma média de 1,3% das plântulas da salinidade 6 g/l, e 6,3% das plântulas da salinidade 35 g/l, apresentando má formação de folhas.

Os caules não apresentaram anomalias em seu crescimento, independente do sombreamento ou salinidade. Uma única plântula, no tratamento em sombreamento 0 % e salinidade 0 g/l apresentou grande profusão de brotos.

A ANOVA com os dados da morte da gema apical mostrou não haver significativa relação entre qualquer um dos fatores com a mortalidade dos ápices (Tabela 14). A ANOVA foi validada quanto a homogeneidade, e o teste de normalidade resultou em $p=0,24$ para o teste de Shapiro-Wilk.

Tabela 14. Tabela de ANOVA gerada com os dados sobre mortalidade da gema apical das plântulas no cultivo com berçário e tanques de imersão (grupo 3).

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
SOMBRA	0.385	3	0.128	1.226	0.3427
SAL	0.294	2	0.147	1.407	0.2823
SOMBRA*SAL	0.101	6	0.016	0.161	0.9823
Error	1.256	12	0.104		

A ocorrência de ápices mortos foi baixa no sombreamento de 0%, média de 10,7%, e com valores próximos nos sombreamentos de 35%, 50%, e 80%, sendo uma média de 29,3%, 37,5% e 25,5% respectivamente. A salinidade apresentou valores médios de 25,9%, 30,5% e 20,8% de ápices mortos nas respectivas salinidades de 0 g/l, 6 g/l, e 35 g/l. A Tabela 15 apresenta os resultados da mortalidade dos ápices nos diversos tratamentos.

Tabela 15. Porcentagem média, seguida do desvio padrão, de plântulas que apresentaram morte da gema apical nas diferentes combinações de tratamentos.

Salinidade	Sombreamento			
	0%	35%	50%	80%
0 g/l	21.7±16,5	25.0±17,7	35.4±2,9	21.4±10,1
6 g/l	10.6±0,8	37.8±25,3	43.8±8,8	30.0±0,0
35 g/l	0	25.0±0,0	0	25.0±35,4
95 g/l	-	-	-	-

Também foi observada a emissão de ramos laterais nos diferentes tratamentos, independente da morte da gema apical (Tabela 16).

A produção de ramos laterais variou em função da salinidade ($p < 0,01$), havendo queda na salinidade de 35 g/l, e um aumento na salinidade de 6 g/l. A

influência do sombreamento e da interação entre sombreamento e salinidade não foi significativa (Tabela 17). A ANOVA foi apresentada homogeneidade dos resíduos, e a distribuição dos resíduos é normal ($p=0,31$), pelo teste de Shapiro-Wilk. O resultado do teste de Tukey para comparação das médias nas diferentes salinidades é apresentada na Tabela 18.

Tabela 16. Porcentagem média de plântulas que apresentaram produção de ramos laterais nos diferentes tratamentos.

Salinidade	Sombreamento			
	0%	35%	50%	80%
0 g/l	42.2±3,1	43.8±8,8	34.7±13,7	21.4±10,1
6 g/l	47.2±3,9	48.3±25,9	60.0±56,5	70.0±14,1
35 g/l	0	8.3±0,0	0	8.3±11,8
95 g/l	-	-	-	-

Tabela 17. Tabela de ANOVA gerada com os dados sobre produção de ramos laterais das plântulas no cultivo com berçário e tanques de imersão (grupo 3).

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
SOMBRA	0.150	3	0.050	0.434	0.7322
SAL	1.776	2	0.888	7.676	0.0071
SOMBRA*SAL	0.275	6	0.045	0.396	0.8671
Error	1.388	12	0.115		

Tabela 18. Resultado do teste de Tukey para a comparação das médias da frequência de plântulas que apresentavam ramos laterais nos diferentes níveis de salinidade no grupo 3. As diferenças significativas entre as médias estão apresentadas em amarelo.

	0 g/l	6 g/l	35 g/l
0 g/l	-	0,251	0,408
6 g/l		-	0,660
35 g/l			-

A frequência de plântulas com ramos laterais mostrou valores médios de 29,8%, 33,5%, 42,7% e 33,3% para os sombreamentos de 0%, 35%, 50% e 80% respectivamente. A produção de ramos laterais apresentou valores médios de 35,5% para a salinidade de 0 g/l, 56,4% para a salinidade de 6 g/l e 12,5% na salinidade de 35 g/l (Figura 21).

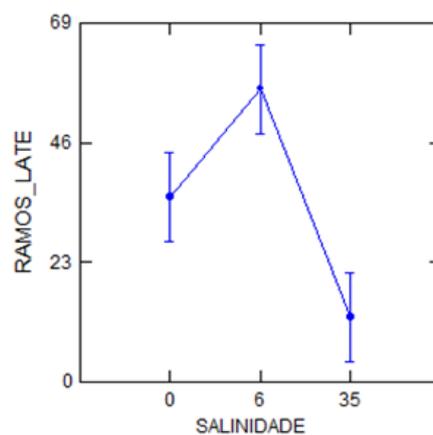


Figura 21. Gráficos das taxas de produção e ramos laterais, relacionadas com o sombreamento (esquerda) e a salinidade (direita) no grupo 3. As taxas de produção de ramos laterais são apresentadas em (%), as linhas representam o desvio padrão.

5. DISCUSSÃO

5.1. GERMINAÇÃO DOS FRUTOS

O método utilizado para a germinação dos frutos, semelhante ao utilizado por Tsuji (2010) e Lopes (2013), mostrou-se satisfatório, com a germinação de grande parte deles, em especial nos frutos utilizados no cultivo em imersão, coletados em fevereiro de 2016, que apresentou germinação de aproximadamente 76% dos frutos utilizados, mostrando valores superiores ao encontrados por Menezes *et al.* (1998) que obtiveram resultados insatisfatórios para a germinação de frutos de *Laguncularia racemosa* em estufas.

A diferença numérica na taxa de germinação de frutos que germinaram entre as duas coletas, 41,8% e 76% para a primeira e a segunda coleta respectivamente, pode estar relacionada ao período do ano em que foram feitas, a primeira em maio de 2015 e a segunda em fevereiro de 2016, assim a coleta feita no ano de 2015 ocorreu no período final de frutificação da *Laguncularia racemosa* (SCHMIEGELOW e GIANESELLA, 2014), onde a possibilidade de coletar frutos que não apresentavam condições necessárias para a germinação poderia ser mais elevada.

Com relação à taxa de frutos que apresentavam problemas na germinação, como “inversão” ou rompimento, as taxas se mantiveram muito próximas, de 9,3% na primeira coleta, e 8% na segunda. O fato de uma quantidade próxima a 10% dos frutos apresentarem problemas que aumentam as chances de mortalidade do indivíduo é um fator que poderia ser investigado, tanto quanto a seus possíveis efeitos na população, como nos fatores que podem influenciar nessas taxas de má formação.

5.2. MORTALIDADE

A mortalidade das plântulas foi o dado que apresentou maior diferença entre os distintos tratamentos e métodos de cultivo.

A fase inicial do cultivo apresentou grandes diferenças na mortalidade do grupo 1 em comparação com os grupos 2 e 3. A diferença no método de cultivo é o fator que explica essa grande mudança. A utilização de um berçário nos

grupos 2 e 3 evitou a alto grau de mortalidade que é comum à espécie *Laguncularia racemosa* na fase inicial de desenvolvimento (RABINOWITZ, 1978; RAY, 1994). Essa mortalidade ficou evidente no grupo 1, em que a mortalidade foi extremamente elevada nos primeiros dias, sem que houvesse sido aplicado qualquer tipo de tratamento, resultado muito semelhante ao encontrado por Tsuji (2010) que para *L. racemosa* observou mortalidade de 88,7% 29 dias após a germinação, valores muito próximos aos observados nesse trabalho após período de 10 dias. A subsequente mortalidade das plântulas sobreviventes quando foram transferidas para o berçário, onde a mortalidade continuou a ser elevada, provavelmente ocorreu em razão da debilidade causada anteriormente. Segundo Cavalcanti (2007), mesmo os embriões de *L. racemosa* apresentando plenas condições de iniciar o desenvolvimento por conta própria, não dependendo de recursos externos, são extremamente sensíveis aos fatores ambientais que os debilitam facilmente. Sendo assim o controle desses fatores nos primeiros dias de desenvolvimento é de extrema importância para o sucesso do indivíduo.

A utilização dos berçários garantiu uma queda expressiva da mortalidade, visto que nos grupos 2 e 3 a mortalidade, nessa fase, foi de 4,4% e 6% respectivamente, após períodos de 40 e 67 dias respectivamente. Essa baixa mortalidade pode ser explicada pelo uso de água em salinidade 0 g/l nessa fase, uma vez que Ungar (1995) mostra que diferentemente dos adultos que apresentam mecanismos para evitar e tolerar o estresse hídrico e salino, as sementes de muitas halófitas são sensíveis aos efeitos tóxicos e osmóticos dos sais presentes no substrato. A melhora na qualidade das plântulas após esse período de berçário garantiu mortalidade zero para ambos os grupos, durante o período de adaptação em que as plântulas foram colocadas no local onde receberiam os tratamentos.

Os diferentes métodos para a irrigação das plântulas utilizados nos grupos 2 e 3, mostraram afetar a mortalidade das plântulas.

A rega periódica utilizada no grupo 2 mostrou-se uma forma inadequada de irrigar as plântulas de *L. racemosa*, uma vez que a mortalidade alcançada com a utilização desse método foi maior que a encontrada no grupo 3, para os tratamentos que envolviam salinidades de 0 e 6 g/l, e levando a uma

mortalidade total em tempo menor, nos tratamentos de salinidade 35 e 95 g/l, que no grupo 3. É muito provável que o curto período em que as plântulas passaram com uma umidade baixa no solo tenha sido o fator que levou a essa diferença na mortalidade, uma vez que no grupo 3 onde houve a imersão dos vasos em água, e conseqüentemente o solo estava sempre saturado de água, a mortalidade nos tratamentos de salinidade 0 e 6 g/l foi extremamente baixa. A concentração de sal no solo também pode ter levado a uma mortalidade maior e mais rápida, especialmente nos tratamentos que se utilizaram salinidades mais elevadas.

O sombreamento apresentou níveis de significância e padrões diferentes entre os grupos 2 e 3.

A significância do sombreamento para a mortalidade no grupo 2 foi de $p=0,07$, já no grupo 3 foi de $p= 0,49$ (Tabelas 2 e 4), essa diferença gera uma dúvida sobre qual outro fator influenciou os dois grupos, para que o sombreamento passasse a ter mais relevância no grupo 2 do que no grupo 3. Infelizmente com os dados coletados não é possível verificar qual o fator que causou essa mudança. Contudo, o tipo de rega utilizada, periódica no grupo 2 e imersão no grupo 3, podem ter influenciado nesse resultado, uma vez que a rega periódica deixava as plântulas mais expostas a estresse hídrico que o cultivo em imersão, fazendo assim com que o sombreamento influenciasse mais nesse grupo.

O padrão seguido pelo sombreamento também se alterou entre os dois grupos. Enquanto no grupo 3, o aumento do sombreamento levou uma queda na mortalidade, com uma leve alta no sombreamento de 35%, no grupo 2 a mortalidade sofreu elevação em sombreamento de 50%, para voltar a cair em sombreamento de 80%. Essa mudança de padrão pode estar relacionada com a mortalidade de plântulas do sombreamento de 50% devido à herbivoria por formigas, que só ocorreu com plântulas que estavam em um viveiro de 50% de sombreamento, sendo possível que, se não houvesse ocorrido a morte devido a herbivoria nesse tratamento, a mortalidade entre os sombreamentos de 35% e 50% no grupo 2 se igualassem.

A salinidade apresentou o mesmo padrão em ambos os grupos, e nos dois casos foi altamente significativa, com $p=0,0009$ e $p<0,0001$ (Tabelas 2 e 4) nos grupos 2 e 3 respectivamente. Da mesma forma que ocorreu com o sombreamento, algum fator deve ter influenciado de forma a fazer a salinidade ter um efeito mais intenso em um grupo do que em outro. A mortalidade apresentou forte alta nas salinidades de 35 e 95 g/l, apesar de Oliveira (2005), ao analisar dados de Joshi (1972) e Weishäupl (1981) afirmar que as plântulas de *L. racemosa* apresentam alto grau de tolerância dos tecidos em relação à salinidade, indicando que essa tolerância não se mantém em salinidades equivalente ou maiores que a da água do mar. Tsuji (2010) não encontrou relação significativa entre a mortalidade e a salinidade em um bosque de mangue no Pará, onde a possível flutuação da salinidade no período de estudo pode ser uma causa dessa ausência de relação. Trabalhos como os de Cavalcanti (2007) mostram que *L. racemosa* consegue formar bosques em locais com salinidade da água intersticial de 38 g/l.

A interação entre sombreamento e salinidade foi muito similar nos dois grupos, (Tabelas 2 e 4), havendo apenas algumas mudanças no comportamento dessa interação.

5.3. DESENVOLVIMENTO DAS PLÂNTULAS

O grupo 2 teve os dados analisados com uma ANOVA de dois fatores simples, enquanto que no grupo 3 foi utilizada uma metodologia de medidas repetidas. A diferença ocorreu devido a mortalidade de plântulas nos diferentes tratamentos, que inviabilizaram uma abordagem de medida repetida no grupo 2. Situação semelhante ocorreu no grupo 3 onde a grande mortalidade nos tratamentos de salinidade 35 e 95 g/l fizeram com que eles não fossem colocados na análise dos dados. O tratamento de sombreamento 0% do grupo 2 foi excluído das análises por motivo similar.

O crescimento em altura das plântulas não mostrou relação significativa com o fator salinidade no grupo 2, e nem no grupo 3. Santos e Giordano (2013) trabalhando com *Rhizophora mangle* observaram diferença significativa ao utilizar água nas salinidades de 0, 6, 35 e 100 g/l e água do próprio estuário, no

crescimento dessa espécie, contudo a diferença observada foi basicamente entre o tratamento de 100 g/l com os demais e entre as salinidades de 0 e 35 g/l, caso que poderia ter ocorrido nesse trabalho se os indivíduos de *Laguncularia racemosa* tivessem sobrevivido às salinidades de 35 e 95 g/l no grupo 3, ou houvesse sobrevivência de plântulas na salinidade de 0 g/l no grupo 2, o que poderia permitir demonstrar se *L. racemosa* teria comportamento semelhante a *Rhizophora mangle*, Krauss e Allen (2003) acharam resultados semelhantes para *R. mangle*. Oliveira (2005), observou que a germinação de frutos de *L. racemosa* sofre um aumento em salinidades de aproximadamente 7 a 35 g/l, sendo menor em salinidades de 0 g/l e nas salinidades maiores que 35 g/l, o que poderia se refletir no desenvolvimento da plântula no período pós germinação, contudo os dados não mostraram diferenças significativas no desenvolvimento. Ye *et al.* (2005) demonstraram que o aumento da salinidade pode levar à lentidão na germinação de diferentes espécies de mangue.

Diferenças entre o desenvolvimento de outras espécies de mangue em relação à salinidade podem ser observados em espécies como *Avicennia marina* em estudo feito por Ghowail *et al.* (1993), que mostrou comportamento de crescimento acelerado em salinidade de 20 g/l, seguido pelas salinidades de 10 e 30 g/l, sendo a salinidade de 0 g/l a de menor crescimento. Outro estudo feito com *A. marina* por Nguyen *et al.* (2015) mostrou ganho de matéria orgânica, conforme se elevava a salinidade, até um máximo de 75% da água do mar, aproximadamente 26g/l), sendo o crescimento em baixa salinidade muito pobre. Trabalho feito com *Bruguiera sexangula*, mostrou que essa espécie é sensível a salinidades mais elevadas (32 g/l) (KRAUSS e ALLEM, 2003), comportamento semelhante ao de *L. racemosa*.

A morte ou baixo desenvolvimento das raízes pode ter influenciado o crescimento e a mortalidade das plântulas. Oliveira (2005) ao expor frutos por 15 dias a diferentes salinidades constatou que salinidades próximas e superiores a 30 g/l geraram danos às radículas dos embriões no início do desenvolvimento, situação que pode ter ocorrido com as plântulas já desenvolvidas. Muitas plântulas das salinidades de 35 e 95 g/l do grupo 3, após o período de acompanhamento, deixaram de ter a salinidade da água ajustada,

ou foram colocadas no tanque de salinidade 6 g/l, e mostraram a produção de ramos novos e desenvolvimento satisfatório, comportamento semelhante ao encontrado por Smith e Snedaker (1995) com plântulas de *Rhizophora mangle*, indicando que o desenvolvimento inicial em salinidade superior ao do ambiente natural, pode garantir maior sobrevivência e vigor quando a plântula for cultivada em local com salinidade inferior à onde se desenvolveu.

O sombreamento não gerou mudanças significativas no crescimento das plântulas de *L. racemosa* da mesma forma que o observado por Lopes (2013) que cultivando plântulas de *L. racemosa* em sombreamentos de 0, 30 e 60% não achou diferença estatisticamente significativa para o crescimento entre os diferentes tratamentos. Krauss e Allen (2003) observaram que o aumento do sombreamento gerou modificação na área foliar e aporte de matéria orgânica para as partes aéreas de plântulas de *Rhizophora mangle* e *Bruguiera sexangula*, caso que pode ter ocorrido com *L. racemosa*, porém com os dados obtidos não é possível testar tal hipótese.

Uma diferença observada em relação ao desenvolvimento foi em relação ao tempo em que o hipocótilo apresentou crescimento. No grupo 2 o hipocótilo das plântulas apresentou crescimento por um período de aproximadamente 87 dias, sendo 40 dias no berçário, 7 dias no período de adaptação e mais 40 dias durante o acompanhamento. Já no grupo 3 o crescimento do hipocótilo se deu por um período aproximado de 70 dias, referentes ao período no berçário e o período de adaptação.

A diferença da altura média inicial das plântulas dos grupos 2 e 3, como pode ser observado nos itens 4.3.1. e 4.3.2. é explicada pelo período maior que as plântulas do grupo 3 passaram no berçário, como foi indicado no item 3.3., tendo o crescimento médio dos dois grupos na fase do berçário sendo similares.

As plântulas do grupo 2 apresentaram crescimento médio de $10,3 \pm 7,1$ mm (média \pm desvio padrão) no período de 120 dias, enquanto as do grupo 3 apresentaram $7,54 \pm 8,43$ em um período de 120 dias. A diferença pode ser explicada devido às condições climáticas distintas durante o período de crescimento dos diferentes grupos, já que as temperaturas médias durante o

desenvolvimento do grupo 2 foram superiores as temperaturas médias do período de desenvolvimento do grupo 3, fato esse semelhante ao observado por Beltran (2012) em plântulas de *Laguncularia racemosa* em uma área de regeneração no município de São Vicente, SP, onde o aumento da temperatura nos meses de dezembro de 2011 a maio de 2012 levaram a uma elevação da taxa de crescimento das plântulas estudadas. O crescimento médio das plântulas foi muito inferior ao encontrado por Paula *et al.* (2012) para *L. racemosa* em Acaraú, CE, onde as plântulas apresentaram crescimento de 337mm em 8 semanas, permitindo dessa forma que a autora afirmasse que *L. racemosa* consegue apresentar tamanho ideal para cultivo em ambiente natura em período de 2 meses, diferentemente dos dados desse estudo que mostraram altura média mais elevada de 95,68mm em período de 4 meses, 3,5 vezes menos que o encontrado no referido trabalho, no dobro do tempo.

O diâmetro do caule das plântulas apresentou comportamento interessante, aumentando e diminuindo diversas vezes durante o período de acompanhamento. Esse comportamento foi verificado em todas as plântulas a aparenta estar relacionado com o balanço hídrico do indivíduo, uma vez que as medidas tendiam a diminuir em períodos de temperaturas mais elevadas, e que no grupo 3 onde houve imersão dos vasos e conseqüentemente saturação da umidade do solo as plântulas apresentavam menores e menos frequentes variações negativas do diâmetro do caule. Tal comportamento pode estar relacionado ao fato de o tecido que se apresenta em maior quantidade em caules jovens é o parênquima, que pode reter ou liberar água com grande facilidade dependendo das condições ambientais (RAVEN *et al.*, 2011). O método de irrigação com imersão também apresentou diâmetros ligeiramente maiores, com as plântulas apresentando diâmetro médio de $3,49 \pm 0,43$ mm (média \pm desvio padrão), do que as plântulas do grupo que teve regas periódicas, que apresentou diâmetros médios de $2,56 \pm 0,38$. Assim como o observado por Lopes (2013) o sombreamento não gerou alterações no diâmetro das plântulas.

A diferença no comportamento do ganho de folhas só foi presente entre os grupos 2 e 3 e não entre os diferentes tratamentos dentro de cada grupo. O grupo 2 apresentou ganhos rápidos de folhas, seguidos de um período de

manutenção, apresentando uma queda em alguns casos. O grupo 3 teve um comportamento de ganho gradual de folhas durante todo o acompanhamento, com exceção da salinidade de 35 g/l onde as plântulas não apresentavam folhas no sombreamento de 35% e basicamente mantinham o mesmo número de folhas nos sombreamentos de 50% e 80%, o que indica uma interferência da salinidade no ganho de folhas como observado em plântulas de *L. racemosa* na região de Bragança, PA (TSUJI, 2010), onde a produção de folhas era suprimida na estação seca, quando a salinidade da água intersticial atingia valores entre 57 e 76 g/l.

5.4. TEOR DE ÁGUA

O comportamento apresentado nos dados do teor de água foram muito semelhantes tanto para as diferentes salinidade como para os diferentes sombreamentos, mostrando uma redução na quantidade de água nas plântulas com o passar do tempo, e apresentando uma redução abrupta nas plântulas da sexta coleta, fato esse relacionado a um período de calor que se iniciou no final do mês de junho antes da quinta coleta, com um pico de calor entre os dias 5 e 8 de julho, que levou a uma mortalidade elevada nas salinidades de 35 e 95 g/l, e antecedeu a coleta número 6, feita no dia 18 de julho. Visto que em todos os casos houve uma recuperação da quantidade de água nas plântulas nas coletas 7 e 8, é possível constatar que as plântulas de *L. racemosa*, são muito sensíveis a elevações de temperatura, quanto ao teor de água em seus tecidos.

É possível observar que o aumento do sombreamento garante maior proteção contra a perda de água, visto que especialmente as plântulas expostas à salinidade de 35 g/l tiveram menores perdas em sombreamentos mais elevados como 50 e 80%.

A salinidade mostrou deixar as plântulas mais propensas à perda de água, fato constatado ao se observar a elevada perda de água, independente do sombreamento, que ocorreu às plântulas expostas a salinidade de 95 g/l.

5.5. CONDIÇÕES FITOSSANITÁRIAS

A herbivoria no presente estudo foi fortemente influenciada pela salinidade à qual a plântula foi exposta nos tratamentos. A salinidade não só foi significativamente responsável por uma alteração na taxa de herbivoria, como todos os níveis de salinidade foram da mesma forma estatisticamente diferentes entre si (Figura 20). Esses dados demonstram que as plântulas de *L. racemosa* se beneficiam do acúmulo de sal no tecido de suas folhas como uma forma de evitar ou diminuir a herbivoria sofrida, ao menos por insetos da ordem *Lepidoptera*, que foram os observados nesse trabalho. É plausível se imaginar, de acordo com esses dados, que boques em áreas de menor salinidade estão mais susceptíveis a ataques de herbívoros, do que os que crescem em regiões de salinidade mais elevada.

A taxa de herbivoria apresentou uma tendência de aumento juntamente com o aumento do sombreamento, o que pode ser explicado pela maior proteção contra fatores como vento, chuva, sol e possivelmente predadores, que os viveiros com sombreamento mais elevado propiciavam, não sendo possível afirmar que o sombreamento por si só faça com que a plântula fique mais susceptível ao ataque de insetos.

Aparentemente a salinidade promoveu mudanças, em escala morfológica ou fisiológica, na estrutura foliar, de forma a tornar as folhas mais resistentes a danos causados pelos ventos e pelas baixas temperaturas, como extremidades murchas ou danificadas.

O nível de sombreamento pareceu influenciar a clorose e a má formação de folhas de forma semelhante, mesmo não apresentando influência significativa em ambos os casos, há uma aparente queda com o aumento do sombreamento, o que indica um papel da luz, ou da temperatura a ela relacionada, na geração desses problemas foliares. A salinidade parece influenciar de forma contrária ao sombreamento, com um aumento da clorose e má formação juntamente com o aumento da salinidade. Para a clorose houve significativa diferença entre o tratamento de 0 g/l e 6 g/l.

As condições do caule foram também influenciadas pelos fatores testados nos tratamentos. Observou-se que nem o sombreamento nem a

salinidade, apesar dos níveis elevados no tratamento de 95 g/l, foram capazes de gerar modificações na anatomia externa do caule, contudo modificações na anatomia interna podem ter ocorrido, de forma similar ao que Nguyen *et al.* (2015) encontraram para *Avicennia marina*, onde houve modificações na estrutura de células do xilema e outras partes do sistema vascular, com o aumento da salinidade.

Os tratamentos, entretanto, parecem ter gerado influência na mortalidade da gema apical, observado pelo aparente aumento da mortalidade do ápice com o aumento do sombreamento. Uma vez que em condições de ambiente não limitante (sem estresses nutricionais, de água, de radiação) o crescimento da planta é uma função do tempo térmico decorrido, visto que é a temperatura que regula a atividade meristemática (FONTANELI *et al.* 2012). A modificação na incidência de luz pode gerar a mortalidade da gema apical, uma vez que a incidência luminosa está diretamente relacionada com a temperatura no viveiros onde as plântulas foram cultivadas. O resultado foi contrário ao que era esperado pelos autores, visto que se acreditava que a maior causa de mortalidade do ápice seria a ação dos ventos e ressecamento causado pela forte exposição ao sol, fatores esses que eram atenuados nos viveiros que possuíam maior sombreamento, justamente pelo fato de as telas utilizadas para isso gerarem maior proteção contra os fatores citados.

A produção de ramos laterais acompanhou o comportamento da mortalidade da gema apical tanto em relação ao sombreamento como em relação à salinidade, comportamento já esperado uma vez que a mortalidade do ápice leva ao fim da dominância apical e conseqüentemente a produção de ramos laterais. No entanto, a produção de ramos laterais foi significativamente influenciada pela salinidade, $p=0,007$, diferentemente do observado para a mortalidade do ápice, o que indica que a presença de sal em baixas concentrações pode ser um fator estimulante para a produção de ramos laterais, possivelmente por gerar modificações bioquímicas que minimizem a dominância apical sobre as gemas axiais, possibilidade essa que pode ser investigada por trabalhos futuros, porém a exposição a salinidades mais elevadas mostrou ter comportamento inverso. A produção de ramos laterais em *Laguncularia racemosa* foi observada ocorrendo em poucos meses, na região

norte do Brasil, em estudo feito por Tsuji (2010), com uma média de 2 a 4 ramos em período de 3 meses e meio, sendo menores no período seco, onde a salinidade da água intersticial alcançou valores entre 57 e 76 g/l.

6. CONCLUSÃO

O método de germinação em solução salina de baixa concentração (de 2 g/l a 4 g/l), se mostrou satisfatório, ao promover a germinação dos frutos, sem danos causados por fungos, de forma que os mesmos atinjam um desenvolvimento propício para o cultivo em um período de aproximadamente 15 dias. Uma parcela de aproximadamente 10% dos frutos de *Laguncularia racemosa* apresentam problemas durante a germinação, que podem elevar as chances de óbito do indivíduo.

O uso de um berçário nos primeiros dias de desenvolvimento da plântula é de extrema importância para o sucesso do indivíduo, uma vez que as plântulas de *L. racemosa* se mostram muito frágeis nos estágios iniciais de desenvolvimento. O uso de um berçário para posterior replantio em viveiro, gera um aumento considerável da sobrevivência e vigor das plântulas.

O cultivo utilizando-se da imersão dos vasos se apresentou como um método melhor de cultivo para *L. racemosa*, em relação a um método de rega periódica, uma vez que a mortalidade observada no método de imersão foi inferior à do método de rega periódica. Observou-se que essa espécie de árvore de mangue aparenta ser muito sensível a baixos níveis de umidade do solo.

O sombreamento não mostrou influenciar de forma significativa na mortalidade das plântulas de *L. racemosa*, em nenhum dos diferentes tipos de cultivo. Por outro lado, a salinidade mostrou influenciar a mortalidade de forma significativa, sendo a mortalidade elevada em salinidades iguais ou superiores a salinidade média da água do mar (35 g/l), independentemente do nível de sombreamento, tendo esse último conseguido somente retardar a morte das plântulas em intensidades mais elevadas.

O desenvolvimento das plântulas, no ganho de altura, diâmetro e número de folhas, não mostrou ser influenciado de forma significativa pelo

sombreamento nem pela salinidade nos níveis utilizados nesse trabalho, tendo no máximo alterado alguns padrões de desenvolvimento, mas de forma não significativa.

O teor de água medido nas plântulas apresentou uma tendência de queda com o passar do tempo, indicando que a plântula perde parte da quantidade de água de seu organismo conforme envelhece. A salinidade aparenta influenciar mais no teor de água da plântula do que o sombreamento. Também se demonstrou a fragilidade das plântulas de *L. racemosa* à modificação do teor de água devido a fatores ambientais como temperatura e insolação.

A herbivoria sofrida por *L. racemosa* mostrou estar bem relacionada a salinidade a qual a plântula é exposta, com a herbivoria diminuindo com o aumento da salinidade. Esse fato permite especular sobre a utilização do acúmulo de sais como defesa contra herbívoros

Demais condições fitossanitárias, como clorose foliar, danos pela ação do vento, má formação foliar e morte da gema apical não foram influenciados pelos diferentes níveis de salinidade e luminosidade

A produção de ramos laterais foi influenciada pelo nível de salinidade, sendo maior em salinidade baixas do que na ausência de sal, e menor em salinidades elevadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAN, E. V. **Avaliação da regeneração e testes de plantio em um manguezal aterrado no Rio Boturoca como medida compensatória para o licenciamento ambiental – São Vicente-SP.** 2012. 88 p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Ecologia) - Universidade Santa Cecília, Santos-SP. 2012.

BONILLA, O. H. *et al.* **Técnicas de plantio de espécies de mangue num fragmento florestal degradado na reserva ecológica particular em Sapiranga – Fortaleza – Ceará, Brasil.** Revista da Gestão Costeira Integrada, 2010.

BOTO, K. G. **Nutrient and organic fluxes in mangroves.** In: CLOUGH, B.F. (Ed.), *Mangrove Ecosystems in Australia.* Canberra: ANU Press, p. 239-257. 1982.

CAVALCANTI, V. F.; ANDRADE, A. C. S.; SOARES, M. L. G. **Germination of *Avicennia schaueriana* and *Laguncularia racemosa* from two physiographic types of mangrove forest.** Aquatic botany, n 86, p. 285-290. 2007.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL.

Sistema estuarino Santos e São Vicente. CETESB. São Paulo, p. 141. 2001.

CHRISTENSEN, R. . **Analysis of Variance, Design and Regression. Applied Statistical Methods** .Chapman & Hall, London, 364 p. 1996

CINTRÓN, G. **Caracterización y manejo de áreas de manglar.** In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, Cananéia, 1987. Síntese dos Conhecimentos. São Paulo: ACIESP, v. 3, p. 77-97. (Publicação da ACIESP, n. 54). 1987.

COLE, J.W. L. e J.E. GRIZZLE. **Applications of multivariate analysis of variance to repeated measures experiments.** *Biometrics*, 22, 810-28. 1966

CROWDER, M.J e D.J. HAND.. **Analysis of Repeated Measures. Monographs on Statistics and Applied Probability**, v. 41. Chapman & Hall, London, 257p. 1996

DONATO, D. C. *et al.* **Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics.** *Nature Geoscience*, n. 4, p. 293-297, 2011.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics.** 4a. ed. Sage, Los Angeles, 1072 p. 2013

FONTANELI, R. S., SANTOS, H. P., FONTANELI, R. S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA.** EMBRAPA, p. 544, 2012.

FREITA, C.E.C. **Os Efeitos de Recifes Artificiais sobre as Associações de Peixes do rio Tietê, na Área de Influência do Reservatório da UHE Barra Bonita (Estado de São Paulo – Brasil).** Tese de Doutorado, CHREA – USP, São Carlos, 133p. 1999

GIRDEN, E.R. **ANOVA: Repeated Measures.** SAGE University Paper. Series: Quantitative Applications in Social Sciences, 76p. 1992

GHOWAIL, S. I.; ABDEL-MONEM, A. M.; GHAMRY, W. M.; SABER, N. E. **Preliminary studies on the effect of different salinity levels on germination, growth and anatomy of mangrove (*Avicennia marina*).** Towards the rational use of high salinity tolerant plants. V. 1 p. 237-244. 1993. In: Tasks for vegetation science. V. 27. 1993.

GREENHOUSE, S.W. e S. GEISSER. **On methods in the profiles data.** *Psychometrika*, 24(2), 257-267. 1959

HAND, D.J. e C.C. TAYLOR.. **Multivariate Analysis of Variance and Repeated Measures. A Practical Approach Behavioural Scientists.** Chapman and Hall, London, 270p. 1987

HERZ, R. **Manguezais do Brasil.** Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. p. 233, 1991.

HOWELL, D.C. **Statistical Methods for Psychology.** 8a. ed., Wadsworth, CENGAGE Learning, Belmont, 796p. 2013

HUYNH, H. e L.S. FELDT. **Conditions under which mean square ratios in repeated measurement designs have exact F distributions.** *Journal of the American Statistical Association*, 65, 1582-89. 1970

JOSHI, G.V. **Physiological studies in germination of mangroves**. *Botanica marina* 15:91-95.1972

KRAUSS, K. W.; ALLEN J. A. **Influences of salinity and shade on seedling photosynthesis and growth of two mangrove species, *Rhizophora mangle* and *Bruguiera sexangula*, introduced to Hawaii**. *Aquatic Botany*. n. 77, p. 311-324, 2003.

KUTNER, M.H., C.J. NACHTSHEIM, J. NETER e W. LI. **Applied Linear Statistical Models**. McGraw-Hill Irwin, Boston,1415 p. 2005

LEWIS, R. R.; STREEVER, B. **Restoration of mangrove habitat**. U.S. Army Engineer Research and Development Center. Vicksburg, MS, p. 7. 2000.

LOPES, E. C.; ARAUJO, E. C.; COSTA, R. S.; DAHER, R. F.; FERNANDES, M. E. B. **Crescimento de mudas de mangue sob diferentes níveis de sombreamento na península de Ajuruteua, Bragança, Pará**. *Acta Amazonica*. v. 43, n. 3 p.291-296, 2013.

MACEIA, M.J., P.W. BETTOLI e D.R. DEVRIES. **Use a Split-plot analysis of variance design for repeated-measures fishery data**. *Fisheries*, 34, 33-38. 1994

MAHMOOD, S.S., L. LEVY, R.S. VASAN e T.J. WANG. **The Framingham Heart Study and the epidemiology of cardiovascular disease: a historical perspective**. *The Lancet*, 383(9921), 999-1008. 2003

MASTALLER, M. **Resumo da literatura sobre conceitos do uso de áreas de mangue, com referência especial para a aqüicultura artesanal**. Brasília: IBAMA, 1989.

MAUCHLY, J.W. **Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution**. *Annals of Mathematical Statistics*, 11, 204-9. 1940

McKee, K.L. **Interspecific variations in growth, biomass, partitioning, and defensive characteristics of neotropical mangrove seedlings: Response to light and nutrient availability**. *American Journal of Botany* 82: 299-307. 1995.

MEAD, R., S.G. GILMOUR e MEAD, A. 1012. **Statistical Principles for the Design of Experiments**. Cambridge University Press, Cambridge, 584p. 2012

MENEZES, G. V. **Recuperação de manguezais**: um estudo de caso na Baixada

Santista, Estado de São Paulo, Brasil. 1999. 145 f. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

São Paulo. 1999.

MENEZES, G. V.; POFFO, I. R. F.; EYSINK, G. G. J. **Estudo sobre a viabilidade e diferentes técnicas de recuperação de manguezais degradados em Cubatão – SP**. São Paulo: CETESB, (relatório técnico). 1998.

NGUYEN, H. T.; STANTON, D. E.; SCHIMITZ, N.; FARQUHAR, G. D.; BALL, M.C. **Growth responses of the mangrove *Avicennia marina* to salinity: development and function of shoot hydraulic systems require saline conditions**. *Annals of Botany*. v. 115, n. 3. p. 397-407. 2015.

NORMAN, G.R. e D.L. STREINER. **Biostatistics: a Bare Essentials**. Mosby, St. Louis, 260p. 1993

OLIVEIRA, V. F. **Influência do estresse hídrico e salino na germinação de propágulos de *Avicennia schaueriana* Stapf e *Leechman ex Moldenke e Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.** 2005. 92 p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Botânica) - Escola Nacional de Botânica Tropical, do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2005

OTT, R.L. **An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis**. PWS – Kent, Boston, 835p + apêndice. 1988

PAULA, A. L. S.; LIMA, B. K. S.; CARMO, E. L.; MAIA, R. C. Experiência com a produção de mudas de *Laguncularia racemosa* e *Avicennia* sp. para recuperação de manguezal degradado no estuário do rio Acaraú – CE. VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2012, Palmas – TO. **Anais do VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação: Palmas–TO. 2012.** Disponível em:

<<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/4620/1716>>.

Acesso em: 27 abr. 2014.

PERIA, L. C. S.; FERNANDES, P. P. C. P.; MENEZES, G. V.; GRASSO, M. & TOGNELLA, M. M. P. 1990. **Estudos estruturais comparativos entre bosques de manguezais impactados (Canal de Bertiooga) e não impactados (Ilha do Cardoso), estado de São Paulo**. Segundo Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira. Estrutura, função e manejo. Aciesp. Vol. 2. Águas de Lindóia-SP.

QUEIROZ, M. C. S.; VILHENA, T. S.; MELHIG, U. & MENEZES, M. P. M. **Análise de crescimento de *Laguncularia racemosa* (combrataceae) em manguezal da RESEX Caeté-Taperaçu**. 64^o Congresso Nacional de Botânica. Belo Horizonte-MG. 2013.

RABINOWITZ, D. **Mortality and initial propagule size in mangrove seedling in panama**. Journal of Ecology, v 66, n 1, p. 45-51. 1978

RAVEN, P. H., EVERT, R. F., EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. Guanabara Koogan. p. 830, 2011.

REY, J. R. (1994). **Effects of neighbors on growth and mortality of mangrove seedling in florida, U.S.A**. Wetlands, v 14, n 4, p. 308-315.

SAENGER, P. **Mangrove ecology, silviculture and conservaton**. Springer Science+Business Media Dordrecht. 360 p. 2002.

SAENGER, P., E.J. HEGER and I.D.S. DAVIE (Eds.). **Global status of mangrove ecosystems**. The Environmentalist 3 (Suppl.): 1-88. 1983.

SANCHIRICO, J. N.; SIIKAMÄKI, J.; JARDINE, S. L. **Global economic potential for reducing carbon dioxide emissions from mangrove loss**. PNAS, 2012. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/early/2012/07/25/1200519109>>. Acesso em: 20 set. 2016.

SANTOS, C. S.; GIORDANO, F. **Avaliação do crescimento de propágulos de *Rhizophora mangle* sujeitos a diferentes salinidades em cultivo realizado em viveiro em Praia Grande – SP**. 13^o Congresso Nacional de Iniciação Científica. SEMESP. V. 1. Campinas, São Paulo. 2013.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal. Ecossistema entre a terra e o mar.** Caribbean Ecological Research, São Paulo, Brasil, p.64, 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. *et al.* **Variability of mangrove ecosystems along the brazilian coast.** Estuaries, 13, 1990. 204-218.

SCHMIEGELOW, J. M. M., GIANESELLA, S. M. F. **ABSENCE OF ZONATION IN A MANGROVE FOREST IN SOUTHEASTERN BRAZIL.** BRAZILIAN JOURNAL OF OCEANOGRAPHY. V. 62, n. 2, p. 117-131, 2014.

SILVA, I. X.; MORAES, R. P. de; SANTOS R. P. dos *et al.* **Avaliação do estado de degradação dos ecossistemas da Baixada Santista – SP.** São Paulo: CETESB, 45p. (Relatório Técnico CETESB). 1991

SMITH, S.M., SNEDAKER, S.C. **Salinity responses in two populations of viviparous Rhizophora mangle L. seedlings.** Biotropica. v. 27, 435–440. 1995

STEVENS, J.P. **Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences.** 5a. ed. Routledge, N.Y., 663 p. 2009

SYSTAT 11. **Statistics.** SYSTAT Software Inc. Richmond, 1792p. 2004

TABACHNIK, B.G. E L. S. FIDELL. **Using Multivariate Statistics.** 6a. ed. Pearson, Boston, 1018 p. 2013

TAMHANE, A.C. **Statistical Analysis of Designed Experiments.** Theory and Applications. Wiley, Hoboken, 708 p. 2009

TOMLINSON, P. B. **The botany of mangroves.** Cambridge: Cambridge University press. 413p. 1986.

TSUJI T. **SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DAS ESPÉCIES ARBÓREAS DE MANGUE SEMEADAS EM ÁREAS DEGRADADAS NA PENÍNSULA DE AJURUTEUA, BRAGANÇA – PARÁ.** 2010. 60 p. DISSERTAÇÃO (Mestrado em Biologia Ambiental) - Instituto de Estudo Costeiro da Universidade Federal do Pará. Pará. 2010.

- Ungar, I.A. 1995. **Seed germination and seed-bank ecology in halophytes**. In: Kigel, J.& Galili, G. Seed development and seed germination. Marcel Dekker, New York, p.599- 628. Ye. 2005
- VIEIRA, S. **Análise de Variância (Anova)**. São Paulo. Atlas. 1 ed. 204 p. 2006.
- VIVALDI, L.J. **Análise de experimentos com dados repetidos ao longo do tempo ou espaço**. Doc. EMBRAPA – Cerrados, 8, 1-52. 1999
- WALSH, G. E. **Mangroves: a review**. In: Reimold, R. J. & Queen W. H. (eds.). Ecology of halophytes. Academic Press. New York, p. 51 -174. 1974.
- WEISHÄUPL, L. **Plantas de mangue, contribuição ao conhecimento de Laguncularia racemosa (L.) Gaertn. F. (Combretaceae)**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 156p. 1981
- WILKINSON, L., G. BLANK e C. GRUBER. **Desktop Data Analysis with SYSTAT**. Prentice-Hall, Uper Saddle River, USA, 798p. 1996
- WOODROFFE, C.D. **Litter production and decomposition in the New Zealand mangrove Avicennia marina (Forsk.) Vierh. var. resinifera (Forst.) Bakh**. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 16: 179–188. 1982.
- YAMAMOTO, K.C., C.E. C. FREITAS, J. ZUANON e L.E. HURD. **Fish diversity and species composition in small-sacle artificial reefs in Amazonian floodplain lakes: refugia or rare species?** Ecological Engineering, 67, 165-170. 2014
- YE, Y.; TAM, N. F. Y.; LU, C. Y.; WONG, Y. C. **Effects of salinity on germination, seedling growth and physiology of three salt-secreting mangrove species**. Aquatic Botany. n. 83. p. 193-205. 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Exemplo de planilha para coleta dos dados das plântulas

Viveiro Sombrite 80			Medida nº:				Data:		/ /	
	Altura Total		Altura hipo.		Altura epi.		Nº de folhas		Diâmetro	
Planta nº	Ant.	Atual	Ant.	Atual	Ant.	Atual	Ant.	Atual	Ant.	Atual
80/1-0-5										
80/1-0-8										
80/1-0-10										
80/1-0-16										
80/1-0-17										
80/1-35-2										
80/1-35-7										
80/1-35-8										
80/1-35-11										
80/1-35-16										
80/1-95-2										
80/1-95-5										
80/1-95-11										
80/1-95-13										
80/1-95-14										
80/1-6-1										
80/1-6-2										
80/1-6-4										
80/1-6-12										
80/1-6-13										
80/2-35-24										
80/2-35-26										
80/2-35-28										
80/2-35-31										
80/2-35-36										
80/2-95-19										
80/2-95-22										
80/2-95-25										
80/2-95-29										
80/2-95-36										
80/2-0-20										
80/2-0-22										
80/2-0-26										
80/2-0-32										
80/2-0-36										
80/2-6-20										
80/2-6-27										
80/2-6-30										
80/2-6-32										
80/2-6-34										
Observações:										

APÊNDICE B – exemplo de planilha para coleta dos dados do grupo sacrificial

Medida Nº												Data:	/	/
	Massa												Comp. Raiz	
Planta	Folha			Caule			Raiz			Total				
	Úmida	Seca	Livre. C.											
00-0-1													-	
00-0-30													-	
00-6-5													-	
00-6-22													-	
00-35-12													-	
00-35-23													-	
00-95-6													-	
00-95-21													-	
35-0-11													-	
35-0-31													-	
35-6-5													-	
35-6-26													-	
35-35-2													-	
35-35-32													-	
35-95-12													-	
35-95-19													-	
50-0-14													-	
50-0-33													-	
50-6-6													-	
50-6-34													-	
50-35-14													-	
50-35-33													-	
50-95-15													-	
50-95-20													-	
80-0-4													-	
80-0-19													-	
80-6-15													-	
80-6-21													-	
80-35-15													-	
80-35-25													-	
80-95-4													-	
80-95-34													-	

Observações: