



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR (LABOMAR)
GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

CÉSAR VINÍCIUS CALDAS FREITAS

**INFLUÊNCIA DA HERBÁCEA FACILITADORA *Sesuvium portulacastrum* L.
(AIZOACEA) NO RECRUTAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE *Avicennia* spp. L.
(AVICENNIACEA) EM UMA ÁREA DEGRADADA NO MANGUEZAL DO RIO
PACOTI - CEARÁ**

FORTALEZA

2018

CÉSAR VINÍCIUS CALDAS FREITAS

INFLUÊNCIA DA HERBÁCEA FACILITADORA *Sesuvium portulacastrum* L.
(AIZOACEA) NO RECRUTAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE *Avicennia* spp. L.
(AVICENNIACEA) EM UMA ÁREA DEGRADADA NO MANGUEZAL DO RIO PACOTI
- CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a Obtenção ao título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Luís Ernesto Arruda Bezerra.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F936i

Freitas, César Vinícius Caldas.

Influência da herbácea facilitadora *Sesuvium portulacastrum* L. (AIZOACEA) no recrutamento e desenvolvimento de *Avicennia* spp. L. (AVICENNIACEA) em uma área degradada no manguezal do Rio Pacoti - Ceará / César Vinícius Caldas Freitas. – 2018.

44 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Luís Ernesto Arruda Bezerra.

1. Oceanografia biológica. 2. Manguezais. 3. Plantas facilitadoras. 4. Distúrbios antropogênicos. 5. Recuperação natural. I. Título.

CDD 5

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luís Ernesto Arruda Bezerra (Orientador)
Instituto de Ciências do Mar
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Mariana de Oliveira Bunger
Departamento de Biologia
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Alexander Cesar Ferreira
Bolsista PNP/CAPE/PPG Ciências Marinhas Tropicais
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Cláudio e Sandra.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luís Ernesto Arruda Bezerra, pela excelente orientação e por todo o auxílio que prestou durante esse processo até a conclusão deste trabalho, pelo seu tempo dedicado as correções do TCC e por todo o incentivo recebido.

Ao Alexander Cesar Ferreira um agradecimento especial, por todas as idas ao mangue, ao grande suporte que ofereceu durante o piloto do projeto, assim como a paciência as várias dúvidas que tive ao longo do caminho.

A professora Mariana Bunger pelo seu tempo concedido, por sua participação na banca mesmo com o curto período para a leitura desse trabalho, que infelizmente não pôde ser concluído antes. Assim como pelas sugestões e correções deste material.

Ao meu amigo José Vitor Machado, que sem ele também não teria sido possível a elaboração desse trabalho, pela companhia e auxílio ao longo desse ano de coletas, mesmo sob sol e chuva. As diversas dúvidas que ele me esclareceu, e a todo trabalho que tivemos no laboratório durante a análise dos sedimentos. Um agradecimento especial pelo grande auxílio que ele me prestou no processamento dos dados durante o período que estive embarcado.

A Poliana Guizardi um agradecimento especial pelo grande auxílio nas análises de variância das amostras do sedimento.

A minha família por todo o suporte recebido para que eu pudesse elaborar esse trabalho tranquilamente e por toda a paciência e carinho que tiveram comigo nesse período.

Aos meus amigos pelos ótimos momentos que passamos juntos ao longo do curso, sua companhia e suporte me permitiram chegar aqui hoje.

A todos os professores do Instituto de Ciências do mar pela minha formação especial, pelas excelentes aulas ministradas, pelas práticas em laboratório e aulas de campo.

Ao professor Rodrigo Maggioni pela oportunidade de aprendizado que tive no Laboratório de Biologia Molecular.

A professora Caroline Feitosa por toda a paciência e compreensão durante sua cadeira, quando passei por alguns problemas pessoais.

A Cida e Mônica do laboratório de Oceanografia Geológica, que estavam sempre presentes durante o processamento das amostras,

“Chamei esse princípio,
pelo qual cada pequena variação,
se útil é preservada,
pelo termo Seleção Natural.”
(Charles Darwin, “A Origem das espécies”, 1859).

RESUMO

Plantas facilitadoras iniciam o processo de colonização em áreas de manguezais impactadas por distúrbios antropogênicos, favorecendo, portanto a sucessão secundária nesses ecossistemas. Sua presença influencia positivamente o reestabelecimento e crescimento dos manguezais e, conseqüentemente, pode ser utilizada para acelerar a recuperação natural, ou por meio de manejo, de áreas impactadas. Este trabalho teve como objetivo avaliar o papel da herbácea *Sesuvium portulacastrum* no recrutamento e crescimento de *Avicennia* spp. em uma área de manguezal impactada no Rio Pacoti. Foram aleatorizados 5 quadrados amostrais de 2x2 m (4 m²) para as áreas com a presença da facilitadora *S. portulacastrum* e controle, onde foram realizadas, entre dezembro de 2017 e novembro de 2018, contagens e medidas mensais de altura e diâmetro, bem como coletas de sedimento nos períodos chuvoso e seco. Na mancha de *Sesuvium portulacastrum* foram 2746 medidas, as quais apresentaram altura média de 47,11 ± 22,73 cm e diâmetro médio de 6,82 ± 2,23 mm. Já na área controle foram realizadas 994 medidas, as quais apresentaram altura média de 59,73 ± 29,63 cm e diâmetro médio de 9,12 ± 4,15 mm. A densidade média para mancha de *S. portulacastrum* foi de 14,1 indivíduos/m² enquanto que para a área controle esse valor foi de 5,2 indivíduos/m². A taxa de crescimento relativo (TCR) foi de 0,01 cm/dia para a área de *S. portulacastrum* e de 0,04 cm/dia para a área controle. O número, a altura, o diâmetro e a densidade diferiram significativamente entre as áreas. A taxa de crescimento na área controle foi 4 vezes maior do que na mancha de *S. portulacastrum*. Os menores valores de tamanho, diâmetro e taxa de crescimento de *Avicennia* spp. na mancha de *S. portulacastrum* sugerem que haja competição por recursos entre as plântulas entre si e entre a herbácea *S. portulacastrum*. Por outro lado, o maior número de indivíduos e a maior densidade sugerem que *Sesuvium portulacastrum* facilita o recrutamento e o estabelecimento dos propágulos.

Palavras-chave: Oceanografia biológica. Manguezais. Plantas facilitadoras. Distúrbios Antropogênicos. Recuperação natural.

ABSTRACT

Nurse plants begin the colonization process in mangrove areas impacted by anthropogenic disturbances, promoting secondary succession in these ecosystems. Their presence influences positively mangrove reestablishment and growth; consequently, they can be used to accelerate impacted areas natural recovery or recovery by management. The objective of this work was evaluated the role of *Sesuvium portulacastrum* in the *Avicennia* spp. recruitment and growth in an impacted mangrove area in Pacoti river. Five 2 x 2 m (4 m²) sample squares were randomized to the area with the presence of the nurse herbaceous *S. portulacastrum* and the control area. Between December 2017 and November 2018, monthly counts and measurements of height and diameter were performed, as well sediment collect in the rainy and dry periods. In the *Sesuvium portulacastrum* area, 2746 measures were made, during the period from December 2017 to November 2018, which average height was 47.11 ± 22.73 cm and average diameter was 6.82 ± 2.23 mm. In the control area, 994 measures were made, which average height was 59.73 ± 29.63 cm and average diameter was 9.12 ± 4.15 mm. The average density to the *Sesuvium portulacastrum* area was 14,1 individuals/m², to the control area this value was 5,2 individuals/m². Relative growth rate (RGR) was 0.01 cm/day for *S. portulacastrum* area and 0.04 cm/day control area. The number, average height, average diameter, average density significantly differed between the sampled areas. The rate growth at control area was four time highers than the observed at *S. portulacastrum* area. The lowest values of height, diameter and growth rate of *Avicennia* spp. in *S. portulacastrum* area indicate that there is competition by resources between the seedlings and between the seedlings and the herbaceous *S. portulacastrum*. On the other hand, the greater number of individuals and the higher average density indicate that *Sesuvium portulacastrum* facilitates the propagules recruitment and establishment.

Key Words: Biological oceanography. Mangroves. Nurse plants. Anthropogenic disturbances. Natural recovery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Adaptações de <i>Avicennia</i> spp. ao ambiente estuarino. A. Raízes respiratórias, pumatóforos, notavelmente expostas. B. Excreção de sal pela folha de <i>Avicennia</i> spp.....	1
Figura 2 – <i>Sesuvium portulacastrum</i> no manguezal do Rio Pacoti, Ceará.....	3
Figura 3 – Localização geral do estuário do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.....	7
Figura 4 – Visão aérea da área de recuperação de manguezal no Rio Pacoti, Ceará, Brasil, com destaque para a área de estudo.....	7
Figura 5 – Valor de precipitação mensal (em mm) na área de estudo.....	8
Figura 6 – Fotografia aérea da área de estudo no manguezal do Rio Pacoti, CE de setembro de 1968, onde podem ser vistos os tanques de evaporação da salina.....	8
Figura 7 – Área de estudo evidenciando os dez quadrados amostrais de 2x2 m, sendo cinco na área controle (à esquerda) e cinco na mancha de <i>S. portulacastrum</i> adjacente (à direita).....	9
Figura 8 – Refratômetro analógico utilizado para a realização das medidas de salinidade na área amostral no manguezal do Rio Pacoti, Ceará.....	10
Figura 9 – Termômetro digital do tipo espeto utilizado para as medições de temperatura do solo na área amostral no manguezal do Rio Pacoti, Ceará.....	10
Figura 10 – Coleta de sedimento para a realização das análises sedimentológicas, no manguezal do Rio Pacoti, Ceará.....	10
Figura 11 – Determinação da granulometria do Sedimento. A- Agitador de peneiras onde o sedimento foi separado. B- o material retido em cada peneira foi pesado em uma balança de precisão analítica.....	11
Figura 12 – Pesagem das amostras antes e após a queima da matéria orgânica.....	12
Figura 13 – Número de indivíduos de <i>Avicennia</i> spp. no manguezal do Rio Pacoti,	

	Ceará, entre dezembro/2017 e novembro/2018. Barras azuis: área controle. Barras vermelhas: área de <i>S. portulacastrum</i>	13
Figura 14	– Altura média mensal de <i>Avicennia</i> spp. no manguezal do Rio Pacoti, CE, entre dezembro/2017 e novembro/2018. Barras azuis: área controle. Barras vermelhas: área de <i>S. portulacastrum</i>	15
Figura 15	– Diâmetro médio mensal do caule de <i>Avicennia</i> spp. no manguezal do Rio Pacoti, CE, entre dezembro/2017 e novembro/2018. Barras azuis: área controle. Barras vermelhas: área de <i>S. portulacastrum</i>	15
Figura 16	– Altura e diâmetro médio de indivíduos de <i>Avicennia</i> spp. para a área controle e para a mancha de <i>S. portulacastrum</i> , durante as estações chuvosa e seca no manguezal do Rio Pacoti, Ceará. A. Valor da altura média para a área controle e para a mancha de <i>S. portulacastrum</i> , durante as estações chuvosa e seca. B. Valor do diâmetro para a área controle e para a mancha de <i>S. portulacastrum</i> , durante as estações chuvosa e seca.....	16
Figura 17	– Densidade durante os períodos seco e chuvoso em ambas as áreas, manguezal do Rio Pacoti, Ceará.....	17
Figura 18	– Temperatura média, para os períodos seco e chuvoso, nas áreas com a presença da herbácea facilitadora <i>Sesuvium portulacastrum</i> e controle, no manguezal do Rio Pacoti, CE.....	18
Figura 19	– Salinidade nos períodos chuvoso e seco para a área com a presença da facilitadora <i>S. portulacastrum</i> e área controle, no manguezal do Rio Pacoti, Ceará.....	19
Figura 20	– Produção de propágulos e floração de <i>Avicennia</i> spp., na área de estudo no estuário do Rio Pacoti, CE. A- produção de propágulo no período chuvoso. B- floração no período seco.....	24
Figura 21	– Número e tamanho das ramificações dos galhos em <i>Avicennia</i> spp. no Manguezal do Rio Pacoti, Ceará. A- área com a presença da facilitadora <i>S. portulacastrum</i> . B- área controle.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores do teste de ANOVA (dois fatores) para temperatura, durante os meses de dezembro/2017 a setembro/2018, na área de estudo, no manguezal do Rio Pacoti, Ceará. (SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; F: valor de teste; p: probabilidade de significância; *significância $p < 0,05$).....	19
Tabela 2 – Valores do teste de ANOVA (dois fatores) para salinidade na área de estudo no manguezal do Rio Pacoti, Ceará. (SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; F: valor de teste; p: probabilidade de significância; *significância $p < 0,05$).....	20
Tabela 3 – Valores do teste de ANOVA (dois fatores) para matéria orgânica na área de estudo no manguezal do Rio Pacoti, Ceará. (SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; F: valor de teste; p: probabilidade de significância; *significância $p < 0,05$).....	20
Tabela 4 – Composição granulométrica, grau de seleção e classificação para o sedimento na mancha de <i>Sesuvium portulacastrum</i> , nos meses de dezembro/2017, abril/2018 e setembro/2018, na área de estudo no estuário do Rio Pacoti, CE.....	21
Tabela 5 – Composição granulométrica, grau de seleção e classificação para o sedimento na área controle, nos meses de dezembro/2017, abril/2018 e setembro/2018, na área de estudo no estuário do Rio Pacoti, CE.....	22

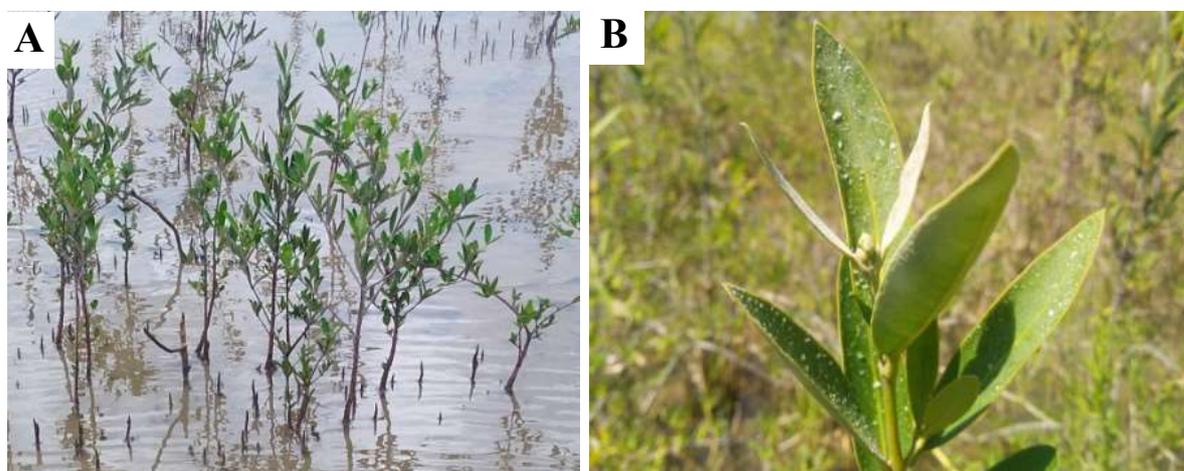
SUMÁRIO

	RESUMO	vii
	ABSTRACT.....	viii
	LISTA DE FIGURAS.....	ix
	LISTA DE TABELAS.....	xi
1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3	OBJETIVOS	5
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	6
4.1	Área de Estudo.....	6
4.2	Procedimentos de Campo.....	9
4.3	Procedimento de Laboratório e Análise de Dados.....	11
4.3.1	Análise Sedimentológica.....	11
4.3.2	Análises Estatísticas.....	12
5	RESULTADOS.....	14
35.1	Parâmetros Bióticos.....	14
5.2	Parâmetros Sedimentológicos.....	18
6	DISCUSSÃO.....	23
7	CONCLUSÃO.....	27
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

Manguezais constituem um ecossistema diverso composto predominantemente por árvores e arbustos, que crescem em ambientes costeiros nas zonas entre marés, ou em regiões estuarinas (Duke, 1992). Compartilham adaptações altamente especializadas e conhecidas, dependendo da espécie essas adaptações podem ser raízes respiratórias notavelmente expostas (pneumatóforos), raízes de sustentação, folhas excretoras de sal (Figura 1) e dispersão dos seus propágulos na água (Duke, 1992).

Figura 1- Adaptações de *Avicennia* spp. ao ambiente estuarino. A. Raízes respiratórias, pneumatóforos, notavelmente expostas. B. Excreção de sal pela folha de *Avicennia* spp.



Fonte: registro do autor.

Manguezais são ecossistemas costeiros importantes, compostos por mais de 69 espécies. As árvores de mangues estão distribuídas entre as latitudes de 25°N e 30°S, crescendo de forma onipresente na faixa entre o continente e o mar, formando florestas tolerantes a salinidade, com complexas teias alimentares e dinâmicas do ecossistema (Duke, 1992; Lugo e Snedaker, 1974; Tomlinson, 1976). Constituem comunidades biológicas com elevada produtividade que ocupam mundialmente uma área em torno de 170.000 km² ao longo das regiões costeiras (Lacerda, 2002; Valiela et al., 2001). No continente americano, essa distribuição não é uniforme, uma vez que as regiões costeiras do Atlântico e do Caribe abrigam quase 70% da área de manguezais (Lacerda, 2002). O Brasil possui em torno 7% dos manguezais do mundo, sendo o terceiro país em extensão de área de manguezais do planeta (FAO, 2007). De acordo com Magris e Barreto (2010) a maior concentração de áreas de

manguezal no Brasil está localizada na região Norte, com 60 - 70% da área total de manguezais.

A destruição das florestas de manguezais ocorre globalmente. De acordo com Valiela et al. (2001) a área atual de manguezais é substancialmente menor do que sua área original, com uma perda média de 35%. Em escala mundial, a perda anual da área de florestas de manguezais é 2,1%, o que corresponde a um valor aproximado de 103 km² por ano. No Brasil a perda da cobertura das florestas de manguezais durante os últimos 25 anos foi de 50.000 hectares, equivalente a cerca de 4% da área de manguezal do país (FAO, 2007).

A conversão em viveiros de camarão, áreas para produção de sal e em menor escala para atividade agrícola ou pecuária, assim como a construção de portos e instalações industriais são fontes crescentes de impactos nesse ecossistema (Lacerda, 2002). Considerando que todos os manguezais no Brasil são Áreas de Proteção Permanentes (APPs), o desmatamento ilegal é ainda mais sério e inaceitável (Ferreira et al., 2016).

A recuperação ou restauração de um ecossistema pode ser recomendada quando o ecossistema foi alterado de tal forma que não pode mais se autocorrigir ou se auto-renovar (Clements, 1929). Portanto a restauração e a recuperação natural são ferramentas que podem auxiliar na redução da perda dos ecossistemas de manguezais. Ferreira et al. (2015) demonstraram que a restauração pode ser justificada para acelerar a recuperação de grupos funcionais e serviços do ecossistema, assim como promover uma elevada produção de biomassa. Porém, a restauração ecológica pode não envolver somente a reintrodução artificial da comunidade original dominante, mas também a introdução de espécies facilitadoras que promovam o aprisionamento e estabelecimento das sementes (Day e Wright, 1989).

As abordagens de restauração ecológica devem então ser baseadas na compreensão da dinâmica sucessional do sistema, assim como dos requisitos de crescimento das espécies de plantas dominantes (McKee et al., 2007). Nesse contexto as plantas facilitadoras iniciam o processo de colonização em áreas de manguezais impactadas por distúrbios antropogênicos, favorecendo, portanto a sucessão secundária nesses ecossistemas (McKee et al., 2007). Sua presença pode influenciar positivamente o reestabelecimento e crescimento dos manguezais e, conseqüentemente, pode ser utilizada para acelerar a recuperação natural, ou por meio de manejo, de áreas impactadas (McKee et al., 2007; Teutli-Hernández et al., 2017).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Halófitas são plantas capazes de passar todo o seu ciclo de vida em ambientes onde a concentração de sal é próxima a 200mM (NaCl) ou mais. Porém representam apenas 1% da flora mundial (Flowers e Colmer, 2008). *Sesuvium portulacastrum* (Figura 2) é uma halófito herbácea perene pertencente a família Aizoaceae. Produz ramos de cor rosada-arroxeadada e flores ocasionalmente brancas. Cresce naturalmente na costa subtropical e em áreas quentes ao redor do mundo (Pasternak et al., 1995; Ramani et al., 2006; Lokhande et al., 2010; Lokhande et al., 2011), sendo bem adaptada a elevada salinidade e a seca (Slama et al., 2015). Possui um crescimento rápido, se desenvolvendo bem em baixas concentrações de nutrientes no solo (Muchate et al., 2016). Sua sobrevivência em ambientes de elevada salinidade se deve à acumulação de íons de sal em suas células e tecidos (Lokhande et al., 2010; Rabhi, M. et al., 2010; Lokhande et al., 2011).

Figura 2- *Sesuvium portulacastrum* no manguezal do Rio Pacoti, Ceará.



Fonte: registro do autor.

Sesuvium portulacastrum desempenha um papel importante na proteção do meio ambiente, agindo na fixação de areia nas dunas, estabilização de solos salinos e fitodessalinização do solo, podendo atuar como uma solução alternativa para o problema dos solos em regiões semiáridas do mundo (Lokhande et al., 2010; Rabhi et al., 2010; Lokhande et al., 2011). Também possui a capacidade de acumular metais pesados do solo (Lokhande et al., 2012; Rhabi et al., 2010), essa acumulação de íons tóxicos de sal se dá em seus vacúolos (Lokhande et al., 2012). Ghnaya et al. (2005) demonstraram essa capacidade de

hiperacumulação de metais pesados, onde foi observado que *S. portulacastrum* pode acumular grandes quantidades de Cd^{2+} em seus brotos, o que sugere seu potencial uso para fitoremediação de solos salinos contaminados por cádmio.

Em áreas de manguezais impactadas, o estabelecimento inicial de vegetação não-lenhosa tem sido observado. Dentre essa vegetação há espécies do gênero *Salicornia*, *Batis*, *Borrchia* e *Sesuvium* (Milbrant e Tinsley, 2006). Essas espécies de herbáceas pioneiras, uma vez estabelecidas, diminuem os efeitos de condições ambientais extremas, atuando como plantas facilitadoras (Padilla e Pugnaire, 2006). Promovem, assim, o desenvolvimento de outras espécies de plantas, oferecendo microhabitats que são mais favoráveis à germinação de sementes ou estabelecimento das mudas do que o ambiente circundante (Padilla e Pugnaire, 2006). *S. portulacastrum* foi caracterizada por Lonard e Judd (1997) como uma importante espécie pioneira nos trópicos e subtropicais, sendo seu sucesso, como espécie colonizadora, atribuído à sua capacidade de se propagar por fragmentos vegetativos tolerantes a salinidade, bem como sua resistência ao soterramento, às elevadas temperaturas do substrato e as baixas concentrações de nutriente do solo.

O recrutamento de espécies de mangue é um fator crucial na recuperação de áreas impactadas. McKee et al., (2007) reportou efeitos positivos de *Sesuvium portulacastrum* e *Distichlis spicata* em *Rizophora mangle* em Belize. As duas espécies promoveram um aumento no estabelecimento de *R. mangle* por meio do aprisionamento dos propágulos, e redução da temperatura e aumento da aeração do solo.

Entretanto, a recolonização e crescimento de manguezais em ambientes severos (hipersalinos e áridos) podem ser extremamente lentos (McKee, 1995). A salinidade é um dos maiores limitantes ambientais e, geralmente, plantas sob condições salinas são estressadas pelo aumento no potencial osmótico em seu enraizamento (Munns, 2002). *Sesuvium portulacastrum* é uma acumuladora de sal associada ao ambiente de manguezal, uma vez que apresenta um elevado ajuste osmótico em condições de estresse devido a elevada salinidade do meio (Lokhande et al., 2010). O estabelecimento de vegetação herbácea pode ser o primeiro passo na preparação para a recuperação de manguezais onde condições estressantes prevalecem, uma vez que aumentam o aprisionamento de propágulos e reduzem as condições estressantes do solo (McKee et al., 2007).

3. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo avaliar o papel da herbácea facilitadora *Sesuvium portulacastrum* no recrutamento e crescimento de *Avicennia* spp. em uma área impactada no manguezal do Rio Pacoti.

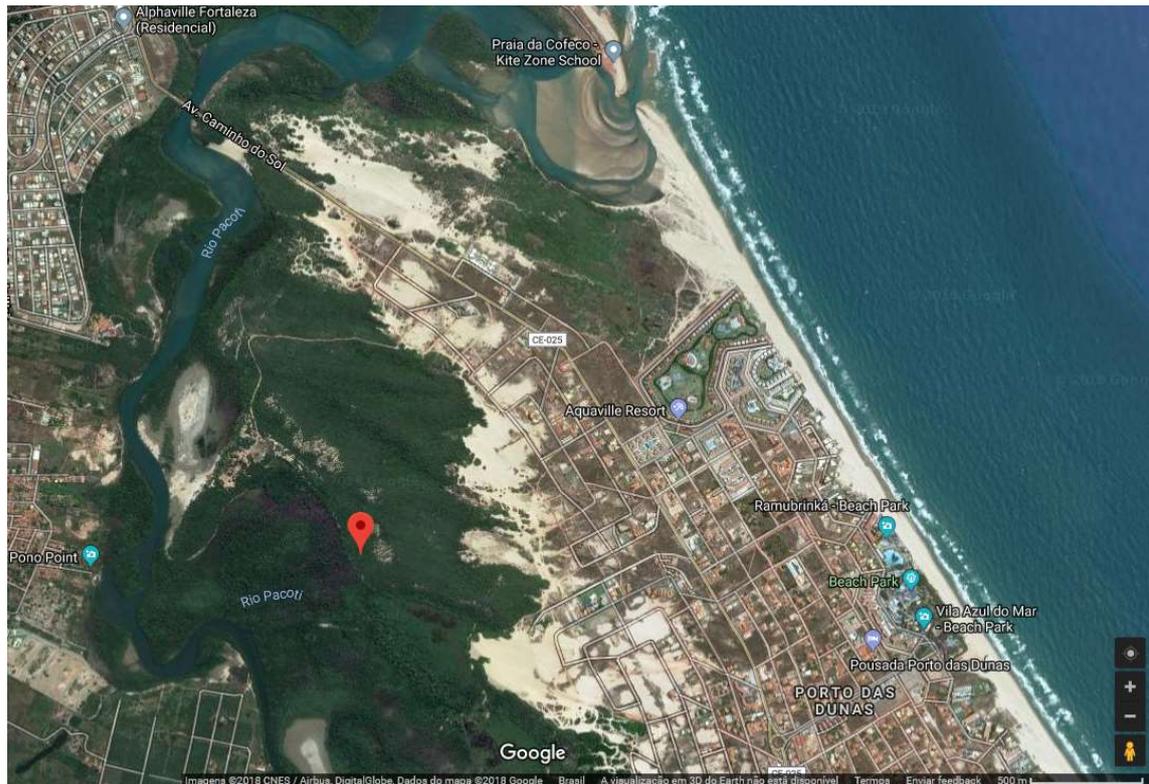
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O local selecionado para área de estudo foi o manguezal localizado no Rio Pacoti (Figura 3), na região metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará, no Nordeste brasileiro, entre as latitudes 3° 53' 15" S e 3° 55' 0" S e entre as longitudes 38° 22' 30" W e 38° 26' 5" W (Figura 4). A maior parte do estuário está compreendida na APA (Área de Proteção Ambiental) do estuário do Rio Pacoti. O clima é tropical com média anual de chuvas em torno de 1.200 mm, distribuídas no período chuvoso que vai de Fevereiro a Junho. O período seco vai de Julho a Janeiro. Em 2018, de acordo com dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), a estação chuvosa se estendeu de janeiro a julho, enquanto a estação seca compreendeu os meses de agosto de 2018 a novembro de 2018 (Figura 5). A temperatura média é em torno de 25 a 27° C (Oliveira 1993).

Essa a área abrigou uma salina que foi construída sobre a vegetação nativa de mangue em 1958 e operou até 1980, sendo então abandonada (Figura 6). Desde então, ocorre um processo de recuperação natural das florestas de mangue, que em algumas áreas sofrem com as alterações morfológicas feitas pelo empreendimento que impediram a regeneração das condições edáficas e hidrológicas, prejudicando então a recuperação natural do manguezal. Na área nota-se a presença de manchas de herbáceas, principalmente *Sesuvium portulacastrum* e *Batis maritima*, onde é possível observar o crescimento de espécies de mangue, com *Avicennia* spp., bem como em solo lamoso, sem a presença das facilitadoras.

Figura 3- Localização geral do estuário do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.



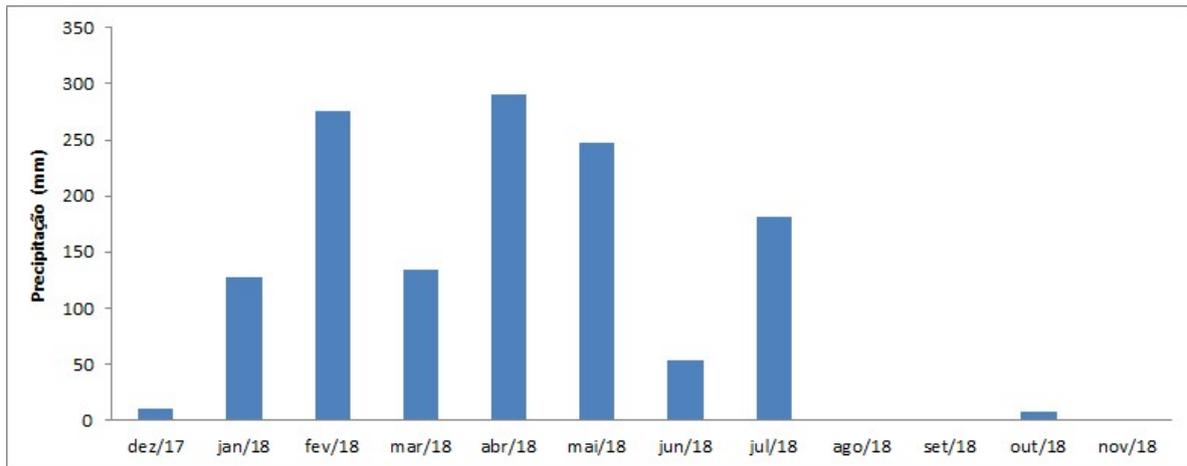
Fonte: registro do autor.

Figura 4- Visão aérea da área de recuperação de manguezal no Rio Pacoti, Ceará, Brasil, com destaque para a área de estudo.



Fonte: Google Maps.

Figura 5- Valor de precipitação mensal (em mm) na área de estudo.



Fonte: elaborado pelo autor com dados fornecidos pela FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.

Figura 6 – Fotografia aérea da área de estudo no manguezal do Rio Pacoti, CE de setembro de 1968, onde podem ser vistos os tanques de evaporação da salina.



Fonte: CPRM (1968).

4.2. Procedimentos de Campo

Foram selecionados aleatoriamente 10 quadrados amostrais de 2 x 2 m, sendo 5 em uma mancha *S. portulacastrum* e 5 em uma área controle adjacente, sem a presença da facilitadora (Figura 7). Nessas áreas, mensalmente, entre dezembro de 2017 e abril de 2018, foram contadas e medidas quanto à altura e diâmetro os indivíduos de *Avicennia* spp. com uso de fita métrica e paquímetro, respectivamente. Foram incluídas na contagem apenas plântulas que apresentaram altura superior a 13 cm. A medida da altura se deu do solo até a altura da gema apical. Já o diâmetro foi medido a uma altura de 10 cm do solo.

Figura 7 – Área de estudo evidenciando os dez quadrados amostrais de 2x2 m, sendo cinco na área controle (à esquerda) e cinco na mancha de *S. portulacastrum* adjacente (à direita).



Fonte: registro do autor.

Foi mensurada a salinidade da água percolada, com a utilização de refratômetro durante os períodos seco (dezembro de 2017 e outubro de 2018) e chuvoso (abril de 2018) a fim de avaliar a variação sazonal desse parâmetro (Figura 8). A temperatura superficial do solo foi medida durante os meses de dezembro de 2017 a setembro de 2018, com uso de termômetro (Figura 9). Também foram coletadas amostras de sedimento durante os períodos seco (dezembro de 2017 e outubro de 2018) e chuvoso (abril de 2018), em ambas as áreas, para posterior determinação de umidade, granulometria e teor de matéria orgânica em laboratório (Figura 10).

Figura 8- Refratômetro analógico utilizado para a realização das medidas de salinidade na área amostral no manguezal do Rio Pacoti, Ceará.



Fonte: registro do autor

Figura 9- Termômetro digital do tipo espeto utilizado para as medições de temperatura do solo na área amostral no manguezal do Rio Pacoti, Ceará.



Fonte: registro do autor.

Figura 10- Coleta de sedimento para a realização das análises sedimentológicas, no manguezal do Rio Pacoti, Ceará.



Fonte: registro do autor.

4.3. Procedimentos de Laboratório e Análise de Dados

4.3.1 Análise Sedimentológicas

As análises sedimentológicas baseiam-se na determinação do percentual de umidade, teor de matéria orgânica e análise granulométrica. A determinação do percentual de umidade do sedimento foi realizada através da diferença de peso entre a amostra fresca e após a secagem em estufa a 60°C por 48 horas (figura 11A e B). A fórmula utilizada para a determinação desse valor, seguindo a NBR 6457 da Associação Brasileira de Normas e Técnicas, é expressa na Equação 1:

$$h = [(M1-M2)/(M2-M3)] \times 100 \quad (1)$$

Onde:

h = teor de umidade, em %

M1 = massa do solo úmido mais a massa do recipiente, em g

M2 = massa do solo seco mais a massa do recipiente, em g

M3 = massa do recipiente, em g

Figura 11- Determinação da granulometria do Sedimento. A- Agitador de peneiras onde o sedimento foi separado. B- o material retido em cada peneira foi pesado em uma balança de precisão analítica.



Fonte: registro do autor.

O teor de matéria orgânica foi determinado a partir de uma adaptação do método de Dean (1974) onde frações de 2g de cada amostra foram submetidas à queima em forno, tipo mufla, a 450°C. Após duas horas, as amostras foram postas em dessecador para resfriamento, livre de umidade e pesadas novamente (figura 12). A fórmula utilizada para calcular valor foi determinada pela Equação 2:

$$M.O = (M_c \times 100) / M_s \quad (2)$$

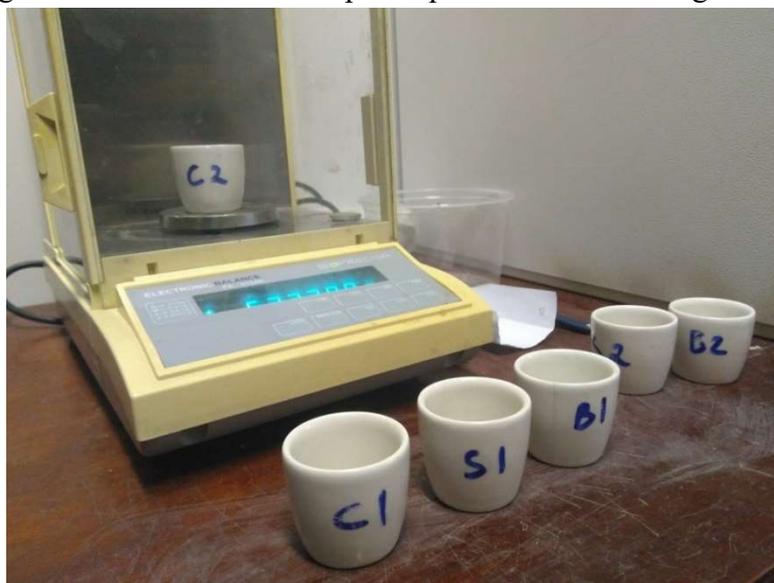
Onde:

M.O = teor de matéria orgânica, em %

M_c = peso da amostra seca mais peso do cadinho, após a queima

M_s = peso da amostra seca mais peso do cadinho, antes da queima

Figura 12 - Pesagem das amostras antes e após a queima da matéria orgânica.



Fonte: registro do autor.

4.3.2 Análises Estatísticas

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi calculada subtraindo a altura final (H_f) da altura inicial (H_i) e dividindo pelo número de dias amostrados (d) [TCR = (H_f-H_i)/d]. O recrutamento médio foi calculado a partir da diferença do número de indivíduos entre o mês final (novembro de 2018) e o mês inicial (dezembro de 2017), o recrutamento para os períodos seco e chuvoso foram calculados da mesma maneira, considerando seus respectivos meses finais e iniciais.

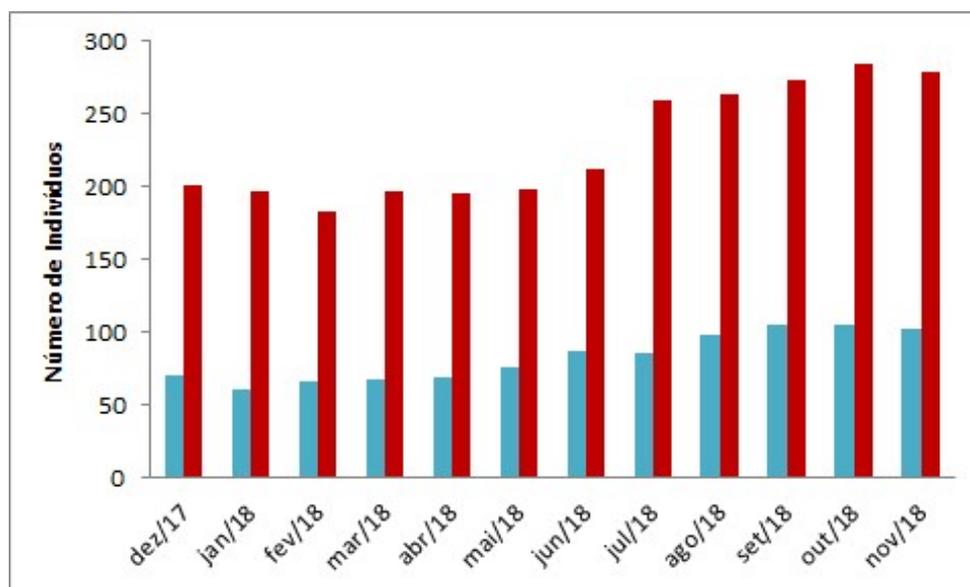
Foi realizado o Teste t de Student para avaliar o grau de significância entre as áreas amostrais e entre os períodos seco e chuvoso. Sendo o Teste t de Student aplicado para o número de indivíduos contatos, para medidas de altura, diâmetro, para os dados de densidade. Uma análise de variância (ANOVA) foi utilizada para os dados do sedimento, sendo estes: temperatura, salinidade, matéria orgânica (Gotelli e Ellison, 2011). Os dados de granulometria foram analisados com a utilização do programa ANASED.

6. RESULTADOS

6.1. Parâmetros Bióticos

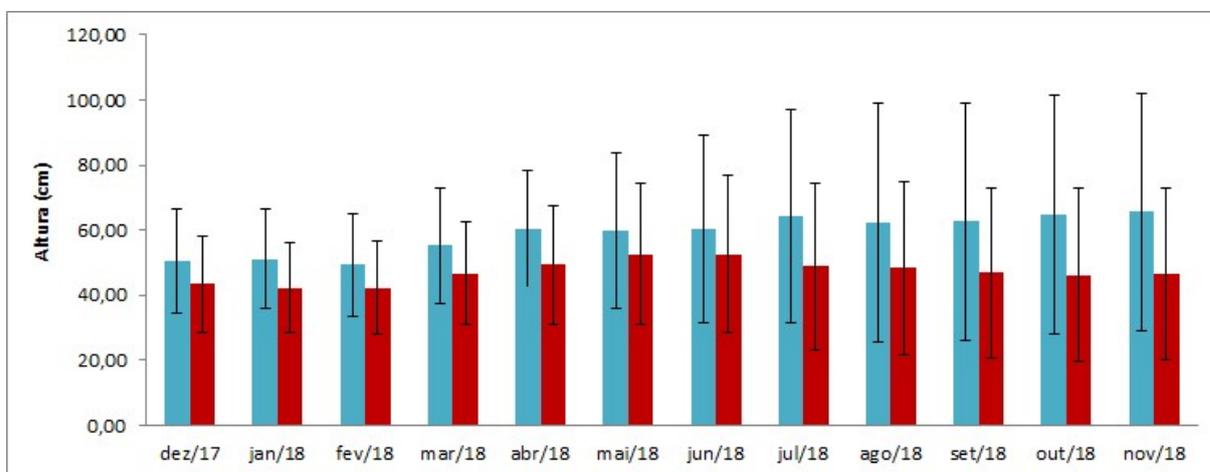
Na mancha de *S. portulacastrum* foram realizadas 2746 medidas de *Avicennia* spp., as quais apresentaram altura média de $47,11 \pm 22,73$ cm e diâmetro médio de $6,82 \pm 2,23$ mm. Na área controle foram realizadas 994 medidas de *Avicennia* spp., as quais apresentaram altura média de $59,73 \pm 29,63$ cm e diâmetro médio de $9,12 \pm 4,15$ mm. A variação mensal do número de indivíduos, da altura e do diâmetro médios nas duas áreas pode ser observada nas Figuras 13, 14 e 15, respectivamente. O número de indivíduos amostrados ($t = 11,86$; $p < 0,0001$), a altura ($t = 13,25$; $p < 0,0001$) e o diâmetro ($t = 19,09$; $p < 0,0001$) diferiram significativamente nas áreas amostrais. Esses valores estão expressos na tabela 1.

Figura 13- Número de indivíduos de *Avicennia* spp. no manguezal do Rio Pacoti, CE, entre dezembro/2017 e novembro/2018. Barras azuis: área controle. Barras vermelhas: área de *S. portulacastrum*.



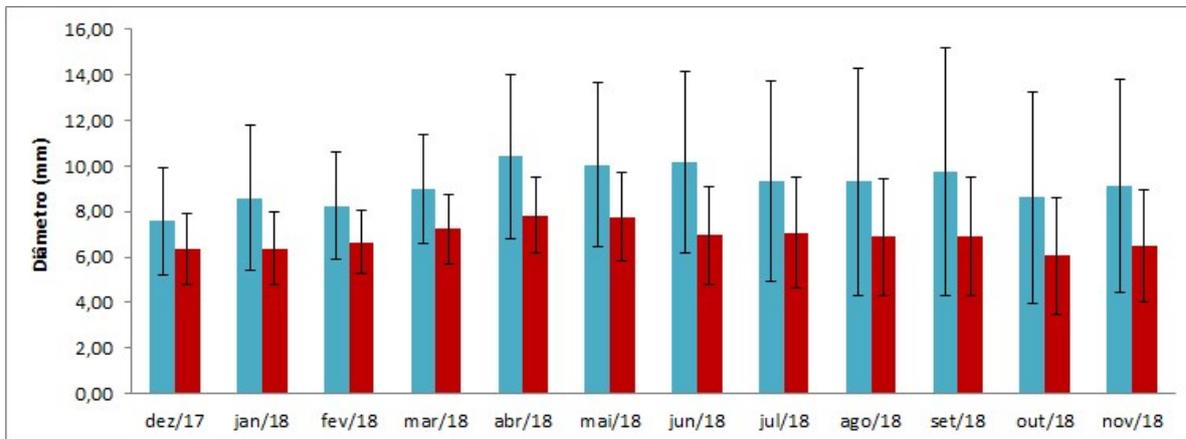
Fonte: gráficos elaborados pelo autor.

Figura 14- Altura média mensal de *Avicennia* spp. no manguezal do Rio Pacoti, CE, entre dezembro/2017 e novembro/2018. Barras azuis: área controle. Barras vermelhas: área de *S. portulacastrum*.



Fonte: gráfico elaborado pelo autor.

Figura 15- Diâmetro médio mensal do caule de *Avicennia* spp. no manguezal do Rio Pacoti, CE, entre dezembro/2017 e novembro/2018. Barras azuis: área controle. Barras vermelhas: área de *S. portulacastrum*.

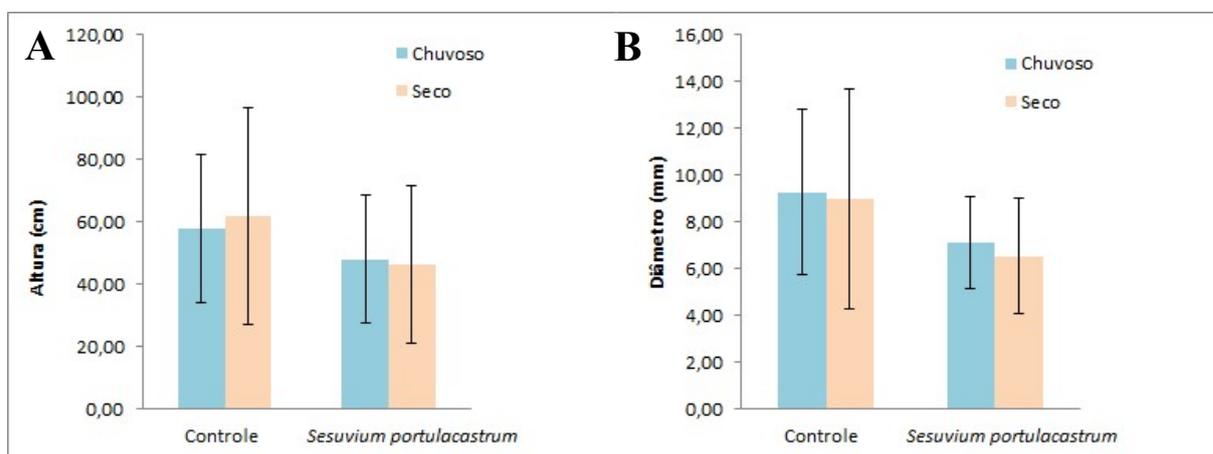


Fonte: gráfico elaborado pelo autor.

Foram feitas 1302 medidas de plantas de *Avicennia* spp. ao longo de todo o período chuvoso na mancha de *S. portulacastrum*, onde foi observada uma altura média de $47,98 \pm 20,58$ cm e diâmetro médio de $7,12 \pm 1,97$ mm. Na área controle, durante esse mesmo período, foram feitas 513 medidas de *Avicennia* spp., as quais apresentaram altura média de $57,77 \pm 23,93$ cm e diâmetro médio de $9,27 \pm 3,55$ mm. Durante o período seco, na mancha de *S. portulacastrum*, foram realizadas 1444 contagens de indivíduos de *Avicennia* spp. que apresentaram altura média de $46,42 \pm 25,25$ cm e diâmetro médio de $6,53 \pm 2,45$ mm. Para a

área controle esses valores foram de 481 contagens e medições de *Avicennia* spp., com altura média $61,97 \pm 34,70$ cm e diâmetro médio de $8,95 \pm 4,70$ mm (Figura 16). A taxa de crescimento relativo (TCR) foi de 0,010 cm/dia par a área de *S. portulacastrum* e de 0,04 cm/dia para a área controle. A TCR para o período chuvoso foi de 0,04 cm/dia na mancha de *S. portulacastrum* e 0,08 cm/dia para área controle. No período seco, entretanto, a TCR foi de -0,02 cm/dia na mancha de *S. portulacastrum* e 0,04 cm/dia para área de controle (Tabela 2).

Figura 16- Altura e diâmetro médio de indivíduos de *Avicennia* spp. para a área controle e para a mancha de *S. portulacastrum*, durante as estações chuvosa e seca no manguezal do Rio Pacoti, Ceará. A. Valor da altura média para a área controle e para a mancha de *S. portulacastrum*, durante as estações chuvosa e seca. B. Valor do diâmetro para a área controle e para a mancha de *S. portulacastrum*, durante as estações chuvosa e seca.



Fonte: gráficos elaborados pelo autor.

No período chuvoso, houve diferença significativa entre o número de indivíduos de *Avicennia* spp. nas duas áreas, com as maiores quantidades sendo registradas na mancha de *S. portulacastrum* ($t = 12,996$; $p < 0,0001$). Por outro lado, os indivíduos presentes na área controle foram significativamente maiores, com relação a altura média ($t = 8,788$; $p < 0,0001$) e ao diâmetro médio ($t = 17,17$; $p < 0,0001$). Da mesma forma, para o período seco, foram registrados significativamente mais indivíduos de *Avicennia* spp. na mancha de *S. portulacastrum* do que na área controle ($t = 9,859$; $p < 0,0001$). Contudo, tal qual no período chuvoso, os indivíduos de *Avicennia* spp. foram maiores na área controle, tanto com relação a altura ($t = 10,601$; $p < 0,0001$) quanto com relação ao diâmetro médio ($t = 14,079$; $p < 0,0001$), do que na mancha de *S. portulacastrum*.

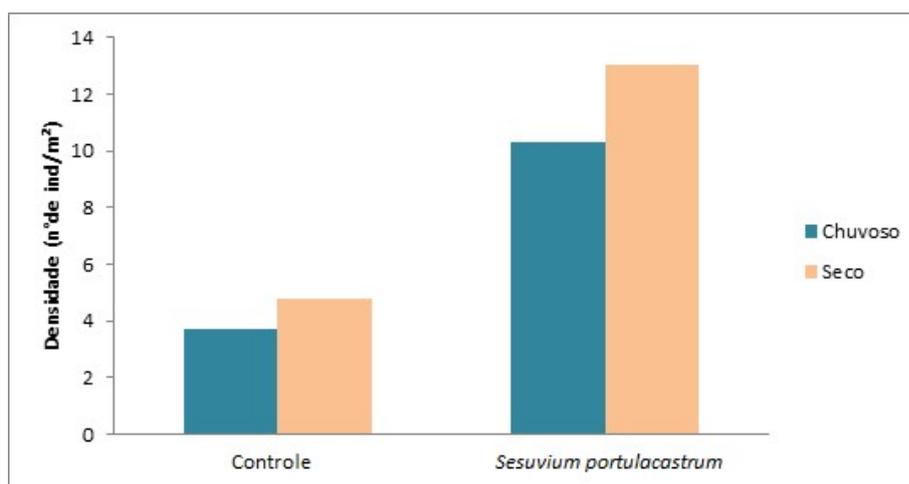
O número de indivíduos presentes na mancha de *S. portulacastrum* diferiu

significativamente entre os períodos seco e chuvoso ($t = 3,180$; $p < 0,01$), com o maior número de indivíduos de *Avicennia* spp. sendo registrados no período chuvoso. Esses indivíduos registrados no período chuvoso foram significativamente maiores com relação à altura média ($t = 2,358$; $p < 0,02$) e ao diâmetro médio ($t = 6,429$; $p < 0,0001$).

Já na área controle, o número de indivíduos de *Avicennia* spp. também foi significativamente maior no período chuvoso ($t = 3,190$; $p < 0,01$). Porém, os indivíduos foram maiores com relação a altura média no período seco ($t = 2,154$; $p < 0,04$). Não houve diferença significativa entre o diâmetro médio dos indivíduos da área controle nos dois períodos ($t = 1,219$; $p > 0,05$).

A densidade média para mancha de *Sesuvium* foi de 14,1 indivíduos/m², enquanto que para a área controle esse valor foi de 5,2 indivíduos/m², apresentando uma variação extremamente significativa ($t = 11,860$; $p < 0,0001$). Essa variação de densidade em ambas as áreas durante os períodos seco e chuvosos pode ser observada na Figura 17. A variação de densidade entre o período chuvoso entre as áreas apresentou variação estatisticamente significativa ($t = 13,006$; $p < 0,0001$). A variação de densidade entre o período seco entre as áreas também apresentou variação estatisticamente significativa ($t = 9,859$; $p < 0,0001$).

Figura 17- Densidade durante os períodos seco e chuvoso em ambas as áreas, manguezal do Rio Pacoti. Ceará.



Fonte: gráfico elaborado pelo autor.

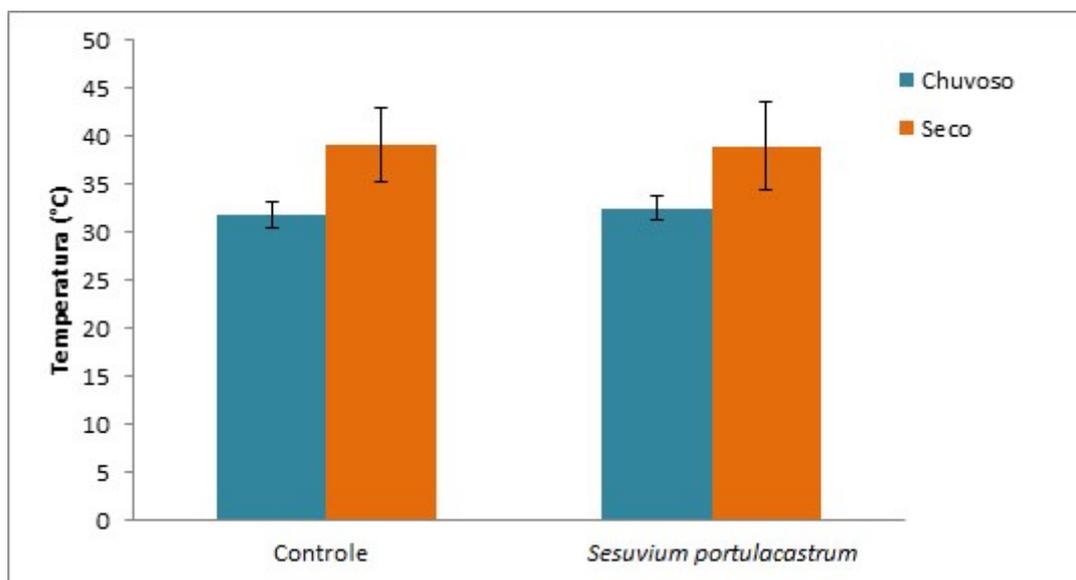
O recrutamento total foi de 78 indivíduos de *Avicennia* spp. para a mancha de *Sesuvium portulacastrum* e 32 para área controle. A maior parte do recrutamento ocorreu durante o período chuvoso, onde houve um recrutamento de 63 indivíduos para a mancha de

S. portulacastrum e 25 para área controle. Para o período seco esses valores foram de 15 e 4 indivíduos, para a área com a presença da facilitadora e para área controle, respectivamente.

6.1. Parâmetros Sedimentológicos

Os parâmetros sedimentológicos medidos em ambas as áreas foram temperatura (°C), salinidade, matéria orgânica (%), umidade (%) e granulometria. O valor médio de temperatura foi $35,12 \pm 4,16^{\circ}\text{C}$ para a área com a mancha de *S. portulacastrum* e $34,72 \pm 4,68^{\circ}\text{C}$ para área controle. Os dados de temperaturas foram coletados em todos os quadrados amostrais para ambas as áreas, nos meses de maio, junho, julho e setembro de 2018, esses valores estão expressos na Tabela 1. A temperatura máxima observada foi nos mês de Dezembro de 2017 para ambas as áreas, apresentando um valor de $42,2 \pm 2,77^{\circ}\text{C}$ para área com a presença de *Sesuvium portulacastrum* e $43,2 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$ para área controle. A temperatura média durante o período chuvoso foi de $32,5 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$ para a área com a presença de *S. portulacastrum* e $31,8 \pm 1,3^{\circ}\text{C}$ para área controle. Já para o período seco, as temperaturas registradas foram de $39 \pm 3,9^{\circ}\text{C}$ e $39,1 \pm 4,5^{\circ}\text{C}$ para área com a facilitadora e a área controle, respectivamente (Figura 18).

Figura 18- Temperatura média, para os períodos seco e chuvoso, nas áreas com a presença da herbácea facilitadora *Sesuvium portulacastrum* e controle, no manguezal do Rio Pacoti, CE.



Fonte: gráfico elaborado pelo autor.

A variação de temperatura entre ambas as áreas não apresentou diferença significativa (ANOVA), também não houve variação significativa de temperatura entre as

áreas em cada período (ANOVA). Entretanto, houve uma variação de temperatura bastante significativa entre os períodos seco e chuvoso (ANOVA) (Tabela 1).

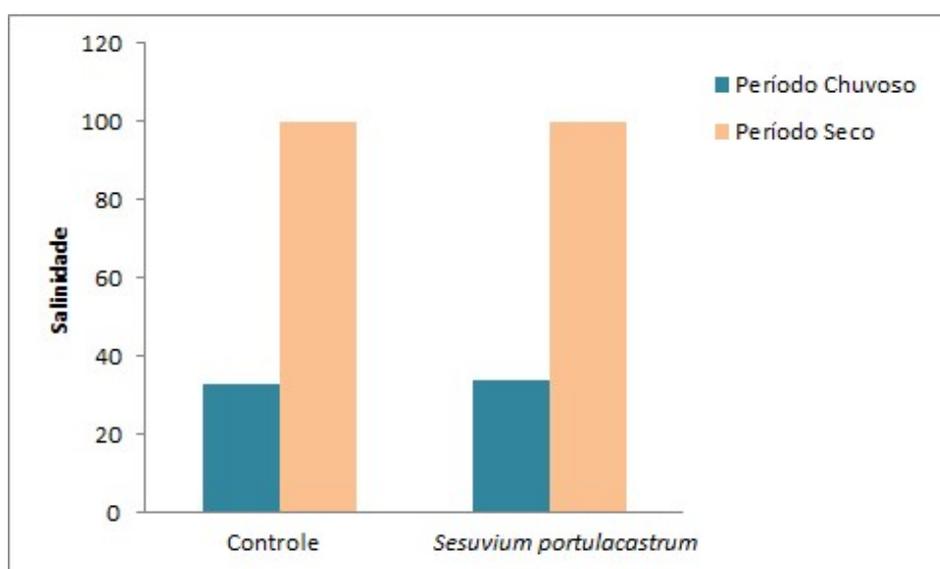
Tabela 1- Valores do teste de ANOVA (dois fatores) para temperatura, durante os meses de dezembro/2017 a setembro/2018, na área de estudo, no manguezal do Rio Pacoti, Ceará. (SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; F: valor de teste; p: probabilidade de significância; *significância $p < 0,05$).

Temperatura	SQ	GL	F	p
Local (<i>S. portulacastrum</i> x Controle)	2,00	1	0.2493	0.6199
Período (Chuvoso x Seco)	568.56	1	70.8714	<0,001*
Local x Período	2.08	1	0.2597	0.6128
Resíduo	369.03	46	-	-

Fonte: tabela elaborada pelo autor.

O valor médio de salinidade da água percolada do sedimento para a área com a presença da facilitadora *S. portulacastrum* foi de $59,33 \pm 44,06$ e para a área controle esse valor foi de $57 \pm 41,58$. Para o período chuvoso esse valor foi de 34 para a área com a facilitadora e 33 para área controle. Já durante o período seco, o valor de salinidade foi de 100 para área com *S. portulacastrum* e 100 para área controle (Figura 19).

Figura 19- Salinidade nos períodos chuvoso e seco para a área com a presença da facilitadora *S. portulacastrum* e área controle, no manguezal do Rio Pacoti, Ceará.



Fonte: gráfico elaborado pelo autor.

Não foi observada uma variação de salinidade significativa (ANOVA) entre ambas as áreas, e entre ambas as áreas durante o período chuvoso e seco. A variação de temperatura foi bastante significativa entre os períodos seco e chuvoso (ANOVA) (Tabela 2).

Tabela 2- Valores do teste de ANOVA (dois fatores) para salinidade na área de estudo no manguezal do Rio Pacoti, Ceará. (SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; F: valor de teste; p: probabilidade de significância; *significância $p < 0,05$).

Salinidade	SQ	GL	F	p
Local (<i>S. portulacastrum</i> x Controle)	0,7	1	0,0392	0,861325
Período (Chuvoso x Seco)	5896,3	1	346,8431	0,002871*
Local x Período	0,3	1	0,0196	0,901467
Resíduo	34,0	2	-	-

Fonte: tabela elaborada pelo autor.

Os valores médios de matéria orgânica do solo foram de $3,15 \pm 3,08\%$ para a área de *S. portulacastrum* e $3,17 \pm 2,77\%$ para área controle. Os valores observados durante o período chuvoso foram de $0,97\%$ para a área de *Sesuvium portulacastrum* e $1,21\%$ para a área controle. Durante o período seco os valores observados foram $5,33\%$ para a área de *Sesuvium portulacastrum* e $5,13\%$ para área controle. Não houve diferença significativa entre as áreas amostrais e entre os períodos seco e chuvosos (ANOVA) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores do teste de ANOVA (dois fatores) para matéria orgânica na área de estudo no manguezal do Rio Pacoti, Ceará. (SQ: soma dos quadrados; GL: grau de liberdade; F: valor de teste; p: probabilidade de significância; *significância $p < 0,05$).

Matéria Orgânica	SQ	GL	F	p
Local (<i>S. portulacastrum</i> x Controle)	4,6997	1	1,2738	0,3762
Período (Chuvoso x Seco)	18,2560	1	4,9480	0,1561
Local x Período	3,0342	1	0,8224	0,4602
Resíduo	7,3791	2	-	-

Fonte: tabela elaborada pelo autor

O teor de umidade médio para a área de *Sesuvium portulacastrum* foi de $27,30 \pm 5,02\%$. Para a área controle, esse valor foi de $32,09 \pm 10,4\%$. Também foi calculado o teor de umidade para os períodos chuvoso e seco. Durante o período chuvoso o valor observado foi de 30,85% para a área com a presença da facilitadora e 39,45% para a área controle. Já para o período seco, os valores foram de 23,76% e 24,74% para as áreas de *S. portulacastrum* e controle, respectivamente.

A granulometria indicou que para ambas as áreas a concentração de areia ficou acima de 70% para as 3 amostragens realizadas, enquanto os valores de cascalho foram menores do que 2% e os valores de finos (silte + argila) variaram de 19% a 28% aproximadamente. O grau de seleção dos grãos foi extremamente mal selecionado de acordo com o grau de seleção de Folk&Ward, e a classificação dos sedimentos foi lama terrígena arenosa (Tabela 4 e 5).

Tabela 4- Composição granulométrica, grau de seleção e classificação para o sedimento na mancha de *Sesuvium portulacastrum*, nos meses de dezembro/2017, abril/2018 e setembro/2018, na área de estudo no estuário do Rio Pacoti, CE.

Granulometria	Dezembro/2017	Abril/2018	Setembro/2018
Cascalho (%)	0,058	0,074	0,269
Areia (%)	73,52	80,25	77,82
Silte+Argila (Finos)(%)	26,419	19,672	21,91
F&W Grau de Seleção	Muito pobremente selecionado	Extremamente mal selecionado	Extremamente selecionado
Classificação de Larssonneur	Lama terrígena arenosa	Lama terrígena arenosa	Lama terrígena arenosa

Fonte: tabela elaborada pelo autor

Tabela 5- Composição granulométrica, grau de seleção e classificação para o sedimento na área controle, nos meses de dezembro/2017, abril/2018 e setembro/2018, na área de estudo no estuário do Rio Pacoti, CE.

Granulometria	Dezembro/2017	Abril/2018	Setembro/2018
Cascalho (%)	1,243	0,246	0,118
Areia (%)	70,76	77,39	78,48
Silte + Argila (%)	27,992	22,37	21,399
F&W Grau de Seleção	Muito pobremente selecionado	Extremamente mal selecionado	Extremamente selecionado
Classificação de Larsonneur	Lama terrígena arenosa	Lama terrígena arenosa	Lama terrígena arenosa

Fonte: tabela elaborada pelo autor

6. DISCUSSÃO

Em uma área de manguezal degradada, as condições hidrológicas e sedimentares mudam com a recuperação hidrológica; assim, os processos de sucessão secundária e de recuperação dos manguezais são favorecidos (Teutli-Hernández et al., 2017).

Nesse estudo foi observado que a facilitação por vegetação herbácea (*S. portulacastrum*) auxilia na recolonização de áreas de florestas de manguezais impactadas. Esse processo se dá pelo aumento na retenção dos propágulos, o que é evidenciado pela diferença de número de indivíduos amostrados em ambas as áreas. A densidade mais alta em áreas com a presença de manchas de facilitadoras comparada ao solo nu pode refletir o aprisionamento de propágulos, combinado com o requisito para o enraizamento desses propágulos (Mckee, 1995).

A altura e o diâmetro médio diferiram significativamente entre as áreas. A taxa de crescimento (TCR) também diferiu entre as áreas com a presença da facilitadora e sem a presença da facilitadora, onde a área com a presença de *S. portulacastrum* apresentou uma TCR anual de 0,1 cm/dia, enquanto que para área controle esse valor foi de 0,04 cm/dia, o que indica que a facilitadora não contribuiu para o crescimento de *Avicennia* spp. Mckee et al., (2007), demonstraram um resultado diferente para o crescimento de *Rhizophora mangle*, onde o crescimento observado para propágulos plantados e não plantados foi maior para área com a presença de facilitadora em comparação com o solo sem presença de herbácea facilitadora.

Os menores valores de altura média, diâmetro médio e taxa de crescimento podem estar relacionado à alta densidade das plantas, uma vez que há maior competição por recursos, já que não foi observada diferença significativa entre as áreas quanto às características do solo, como temperatura, salinidade, matéria orgânica e umidade, assim como ao elevado recrutamento, já que as plântulas eram medidas a partir de 15 cm de altura. Mckee et al., (2007) obtiveram um resultado similar em seu estudo onde a salinidade na mancha de *S. portulacastrum* foi similar ao solo nu adjacente, a umidade do solo (83 a 85%) e o teor de matéria orgânica (71 a 73%) variam levemente, não diferindo significativamente entre os solos de dentro e de fora da mancha.

A altura e o diâmetro médio diferiram para os indivíduos de *Avicennia* spp. na mancha de *Sesuvium portulacastrum*. Os valores para o período chuvoso foram maiores em

comparação com o período seco. Para área controle o maior valor de altura média foi observado no período seco, não havendo variação significativa do diâmetro entre ambos os períodos. Esse resultado pode ser explicado pela diferença no número de indivíduos recrutados em cada período. Um total de 63 indivíduos foi recrutado na mancha de *S. portulacastrum* durante o período chuvoso; deste total a maior parte ocorreu durante o mês de julho (48 indivíduos em comparação ao mês de junho), como pode ser observado na figura 13. Na área controle o recrutamento não foi grande o suficiente para que houvesse uma redução significativa na altura para o período seco. A germinação de *Avicennia* spp. inicia quando o propágulo se estabelece em um substrato adequado (Lewis, 2000).

O recrutamento está diretamente associado à produção de propágulos. Na área de estudo a presença de propágulos só foi observada nos meses do período chuvoso até o mês de maio de 2018 (Figura 20A). Em contraste, a floração de *Avicennia* spp. foi observada no período seco, com início no mês de agosto (Figura 21B).

Figura 20- Produção de propágulos e floração de *Avicennia* spp., na área de estudo no estuário do Rio Pacoti, CE. A- produção de propágulo no período chuvoso. B- floração no período seco.



Fonte: registro do autor.

Fernandes (1999) constatou que a floração de espécies de mangue (*Rizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*) em manguezais do norte do Brasil ocorrem geralmente durante o período seco, que compreende os meses de agosto a janeiro onde as temperaturas são elevadas. O período de produção de propágulos, ou frutificação,

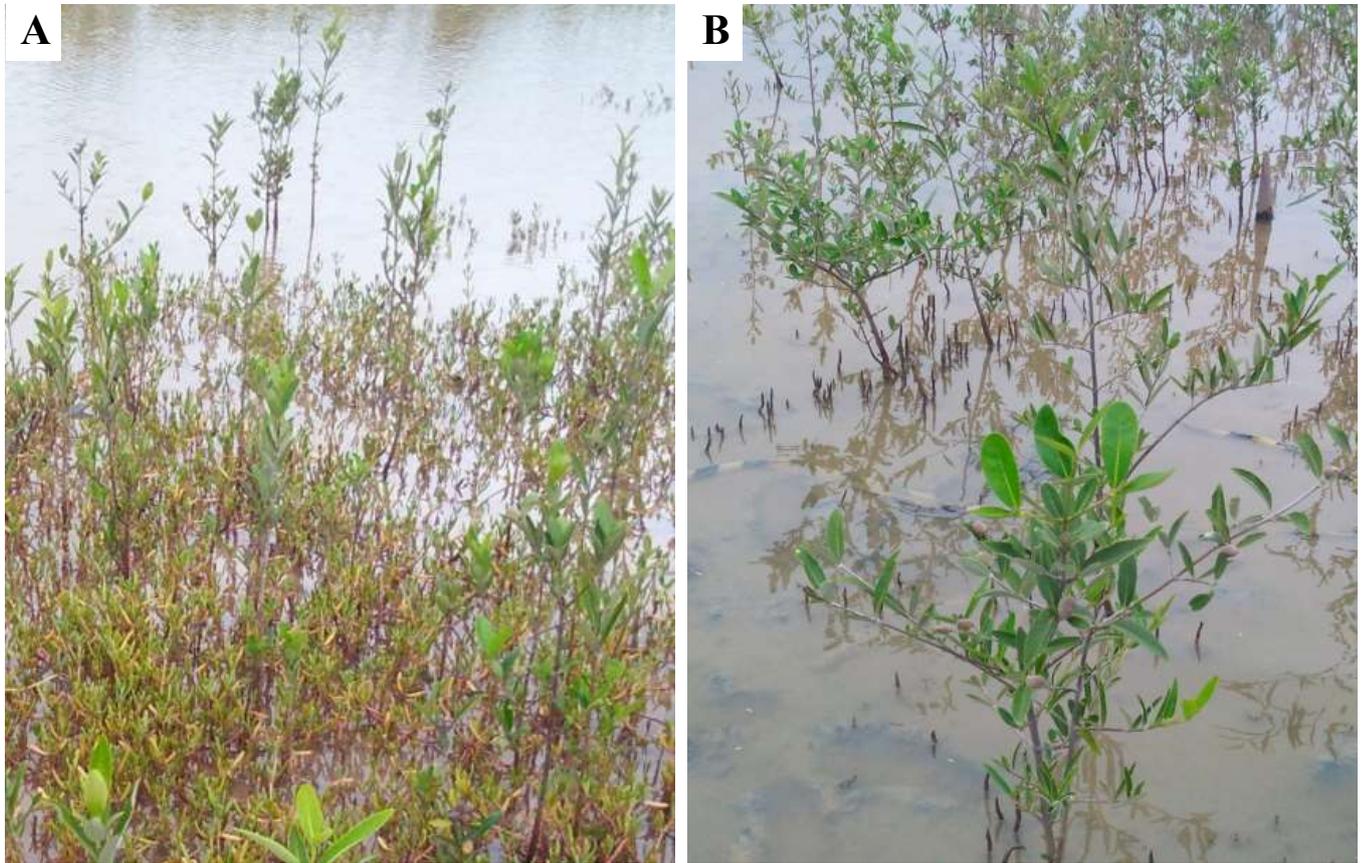
ocorre nos meses de outubro a abril, com maior frequência durante o período chuvoso. A produção de propágulos pode estar relacionada aos menores valores de salinidade do solo. A planta precisa investir uma grande quantidade de energia em seu crescimento ou manutenção (por exemplo: excluir ativamente íons de sal). Desse modo, terá menos energia disponível para investir na reprodução comparada a plantas com menores custos de manutenção (Grime, 1977; Reekie e Bazzaz 1987).

Houve variação sazonal no desenvolvimento dos indivíduos de *Avicennia* spp., uma vez que no período chuvoso foram registradas maiores taxas de crescimento para ambas as áreas. Esta diferença pode estar relacionada às variações de temperatura e salinidade observadas entre os dois períodos, nas duas áreas, uma vez que esses valores diferiram significativamente.

Suárez e Medina (2005), constataram que os parâmetros de crescimento de *Avicennia germinans* foram significativamente afetados pela salinidade e, apesar de sua capacidade interna de regular a concentração de sal e crescer em uma ampla gama de salinidades, sua capacidade de aumentar o tamanho das folhas foi limitada sob elevada salinidade. A temperatura também desempenhou um papel importante nesta variação sazonal do crescimento. Quando a temperatura sobe acima do valor ótimo para o crescimento das plântulas de *Avicennia* spp. sua resposta tende ser a redução do crescimento até atingir um ponto estático (Hastuti et al., 2012).

De fato, o crescimento de árvores da mesma espécie pode demonstrar uma elevada plasticidade no crescimento, com influência na altura, no diâmetro e na estrutura da árvore, dependendo de fatores ambientais como nutrientes, salinidade e taxa de inundação da área (Tomlinson, 1986; Suarez et al., 1998). Com relação à estrutura, foram observadas diferenças quanto à ramificação dos galhos entre as duas áreas. Foi observado que os indivíduos da área controle apresentaram um número aparentemente maior de ramificações, e ramificações mais longas, quando comparados aos indivíduos da mancha de *S. portulacastrum* (Figura 21 A e B).

Figura 21- Número e tamanho das ramificações dos galhos em *Avicennia* spp. no Manguezal do Rio Pacoti, Ceará. A- área com a presença da facilitadora *S. portulacastrum*. B- área controle.



Fonte: registro do autor.

7. CONCLUSÃO

A herbácea facilitadora *Sesuvium portulacastrum* contribuiu para o maior recrutamento e estabelecimento de *Avicennia* spp., provavelmente por aprisionar os propágulos, sendo este recrutamento maior no período chuvoso, levando a maiores densidades quando comparadas a áreas sem a presença da facilitadora.

Essa maior densidade, provavelmente, foi a responsável pelo menor crescimento de *Avicennia* spp. na mancha de *S. portulacastrum*. Isso pode ter se dado devido a maior competição, já que os parâmetros abióticos mensurados não diferiram entre as áreas.

As diferenças registradas nas taxas de crescimento entre os períodos seco e chuvoso, podem ter se dado devido às condições mais amenas de temperatura e salinidade do solo reportadas na época de chuvas, o que pode ter facilitado o crescimento das plantas.

8. REFERÊNCIAS

CLEMENTS, F.E., 1929. **Plant Competition**. Carnegie Institute of Washington Publications, p. 398.

CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) Serviço Geológico Brasil.

DAY, T. A., & R. G. WRIGHT, 1989. **Positive plant spatial association with *Eriogonum ovalifolium* in primary succession on cinder cones: seed-trapping nurse plants**. *Vegetatio* 80, 37–45.

DUKE, N., 1992. **Mangrove floristics and biogeography**. *Tropical Mangrove Ecosystems* 41, 63–100.

FAO, 2007. Food and agriculture organization of the United Nations. In: **The World's Mangroves 1980 - 2005**. FAO Forestry Paper, Rome.

FERNANDES, M. E., 1999. **Phenological patterns of *Rizophora* L., *Avicennia* L. and *Laguncularia* Gaertn. f. in Amazonian mangrove swamps**. *Hydrobiologia* 413, 53–62.

FERREIRA, A. C. et al., 2015. **Restoration versus natural regeneration in a neotropical mangrove: Effect on plant biomass and crab communities**. *Ocean & Coastal Management* 110, 38–45.

FERREIRA, A. C. et al., 2016. **Degradation and conservation of Brazilian mangroves, status and perspectives**. *Ocean & Coastal Management* 125, 38–46.

FLOWERS, T. J. & T. D. COLMER, 2008. **Salinity tolerance in halophytes**. *New Phytol.* 179, 945–963.

GNHAYA, T. et al., 2005. **Cadmium effects on growth and mineral nutrition of two halophytes: *Sesuvium portulacastrum* and *Mesembryanthemum crystallinum***. *J. Plant Physiol.* 162, 1133–1140.

GOTELLI, N. J. & A. M. ELLISON. 2011. **Princípios de estatística em ecologia**. Artmed, 527 pp.

GRIME, J. P., 1977. **Evidence for existence of three primary strategies in plants and its**

- relevance to ecological and evolutionary theory.** *The American Naturalist* 111, 1169–1194.
- HASTUTI, E. D. et al., 2012. **The effects of environmental factors on the dynamic growth pattern of mangrove *Avicennia marina*.** *Journal of Coastal Development* 16, 57–61.
- LACERDA, L.D., 2002. **Mangrove Ecosystems: Function and Management.** Vol.1. Springer Verlag, Heidelberg 292pp.
- LEWIS, R. R., 2000. **Ecologically based goal setting in mangrove forest and tidal marsh restoration.** *Ecological Engineering* 15, 191–198.
- LOKHANDE, V. H. et al., 2010. **Biochemical, physiological and growth changes in response to salinity in callus cultures of *Sesuvium portulacastrum* L.** *Plant Cell Tiss. Organ. Cult.* 102, 17–25.
- LOKHANDE, V. H. et al., 2011. **Effects of optimal and supra-optimal salinity stress on antioxidative defence, osmolytes and in vitro growth responses in *Sesuvium portulacastrum* L.** *Plant Cell Tiss. Organ. Cult.* 104, 41–49.
- LOKHANDE, V. H. et al., 2012. ***Sesuvium portulacastrum*, a plant for drought, salt stress, sand fixation, food and phytoremediation. A review.** *Agronomy for Sustainable Development* 33, 329–348.
- LONARD, R. I. & F. W. JUDD, 1997. **The biological flora of coastal dunes and wetlands. *Sesuvium portulacastrum* (L.).** *J Coastal Res* 13(1), 96–104.
- LUGO, A. E., & S. C. SNEDAKER, 1974. **The ecology of mangroves.** *Annual Review of Ecology and Systematics* 5, 39–64.
- MACNAE, W., 1968. **A general account of fauna and flora of mangrove swamps in the Indo-West Pacific region.** *Marine Biology* 6, 73–270.
- MAGRIS, R. A., & R. BARRETO, 2010. **Mapping and assessment of protection of mangrove habitats in Brazil.** *Pan Am. J. Aq. Sci.* 5, 546–556.
- MILBRANDT, E. C., & M. N. TINSLEY, 2006. **The role of saltwort (*Batis maritima* L.) in regeneration of degraded mangrove forests.** *Hydrobiologia* 568, 369–377.

- MCKEE, K. L. 1995. **Seedling recruitment patterns in a Belizean mangrove forest: effects of establishment and physico-chemical factors.** *Oecologia* 101, 448–460.
- MCKEE, K. L. et al., 2007. **Mangrove recruitment after forest disturbance is facilitated by herbaceous species in the Caribbean.** *Ecological Applications*, 17(6), 1678–1693.
- MUCHATE, N. S. et al., 2016. **Physiological responses of the halophyte *Sesuvium portulacastrum* to salt stress and their relevance for saline soil bio-reclamation.** *Flora* 224, 96–105.
- MUNNS, R., 2002. **Comparative physiology of salt and water stress.** *Plant Cell Environ* 25, 239–250.
- OLIVEIRA, A. M. E., 1993. **Composição e distribuição ecológica da ictiofauna no estuário do Rio Pacoti, Ceará, Brasil.** Tese Professor Titular, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 149pp.
- PADILLA, F. M., & F. I. PUGNAIRE, 2006. **The role of nurse plants in the restoration of degraded environments.** *Front Ecol Environ* 4(4), 196–202.
- PASTERNAK, D. 1995. **Research and utilization of halophytes in Israel.** *Halophyte and Biosaline Agriculture*, 424pp.
- RABHI, M. et al., 2010. **Phytodesalination of a salt-affected soil with the halophyte *Sesuvium portulacastrum* L. to arrange in advance the requirements for the successful growth of a glycophytic crop.** *Bioresour. Technol.* 101, 6822–6828.
- RAMANI, B. et al., 2006. ***Aster tripolium* L. and *Sesuvium portulacastrum* L.: two halophytes, two strategies to survive in saline habitats.** *Plant Physiol. Biochem.* 44, 395–408.
- REEKIE, E. G. & F. A. BAZZAZ, 1987. **Reproductive effort in plants. 1. Carbon Allocation to reproduction.** *The American Naturalist* 129, 876–896.
- SLAMA, I. et al., 2015. **Water deficit stress applied only or combined with salinity affects physiological parameters and antioxidant capacity in *Sesuvium portulacastrum*.** *Flora* 213, 69–76.

SUÁREZ, N. et al., 1998. **Salinity effects on the leaf water relations components and ion accumulation patterns in *Avicennia germinans* (L.) seedlings.** *Oecologia* 114, 299–304.

SUÁREZ, N. & E. MEDINA, 2005. **Salinity effect on plant growth and leaf demography of the mangrove, *Avicennia germinans* (L.).** *Trees* 19, 721–727.

TEUTLI-HERNÁNDEZ, C. et al. 2017. **Nurse species could facilitate the recruitment of mangrove seedlings after hydrological rehabilitation.** *Ecological Engineering*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.07.030>

TOMLINSON, P. B., 1986. **The botany of mangroves.** Cambridge University Press, 419pp.

VALIELA, I. et al., 2001. **Mangrove forests: one of the World's Threatened major tropical environments.** *BioScience* 51, 807–815.