



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Estrutura fitossociológica de mangue em área de sucessão ecológica no município do Conde, Paraíba, Brasil

Ana Paula de Araújo Alves¹, Débora Coelho Moura², Janaína Barbosa da Silva³

¹Doutoranda, Programa de Pós-Graduação de Engenharia e Gestão de Recursos Naturais (PPGEGRN), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba, Brasil, paulinha02_araujo@hotmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-8540-2142>) Autor correspondente; ²Docente e Doutora na Unidade Acadêmica de Geografia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba, Brasil, debygeo@hotmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-2663-2308>) ³Ph.D. e Docente na Unidade Acadêmica de Geografia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba, Brasil janainasimov@yahoo.com.br (<https://orcid.org/0000-0001-6366-2165>).

Artigo recebido em 05/11/2025 e aceito em 13/07/2026

RESUMO

Os manguezais são ecossistemas costeiros responsáveis por diversos serviços ecossistêmicos, como proteção costeira e manutenção da biodiversidade. Entre seus ambientes associados, os Campos salinos ou apicuns são áreas de transição com características ambientais específicas, que podem atuar como zonas de desenvolvimento da vegetação de mangue. Entretanto, os processos de colonização e sucessão ecológica nessas áreas ainda apresentam lacunas de conhecimento. O presente estudo buscou analisar a composição florística, fitossociológica e a sucessão do mangue em áreas de apicum no estuário do Rio Gramame, município do Conde, Paraíba, Brasil. Foram avaliadas dez parcelas em áreas de sucessão e uma parcela de referência em bosque consolidado, considerando a identificação das espécies, parâmetros estruturais da vegetação e análise da similaridade florística entre as áreas amostradas. Foram registradas três espécies características de manguezal: *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. A espécie *Laguncularia racemosa* apresentou maior representatividade nas áreas em sucessão, indicando elevada capacidade de colonização e estabelecimento em estágios iniciais de desenvolvimento. *Rhizophora mangle* apresentou dominância em estabilidade estrutural, e a *Avicennia schaueriana* apresentou ampla distribuição, mas menor densidade. A parcela de referência apresentou maior desenvolvimento estrutural da vegetação, com indivíduos adultos e maior estabilidade da comunidade. O índice de similaridade revelou dois agrupamentos distintos de parcelas, revelando a influência das variações ambientais, como salinidade e regime hídrico, sobre a composição florística. Os resultados demonstram que as áreas de apicum apresentam dinâmica sucessional e reforçam a importância do conhecimento estrutural da vegetação para subsidiar estratégias de conservação e manejo dos manguezais.

Palavras-chave: Apicum. Ecossistema. *Laguncularia racemosa*. Manguezal.

Phytosociological structure of mangrove in an area of ecological succession in the municipality of Conde, Paraíba, Brazil

ABSTRACT

Mangroves are coastal ecosystems responsible for various ecosystem services, such as coastal protection and biodiversity maintenance. Among their associated environments, salt marshes or apicuns are transitional areas with specific environmental characteristics that can act as zones for the development of mangrove vegetation. However, the processes of colonization and ecological succession in these areas still present gaps in knowledge. This study aimed to analyze the floristic and phytosociological composition and succession of mangroves in apicum areas in the Gramame River estuary, municipality of Conde, Paraíba, Brazil. Ten plots in successional areas and one reference plot in consolidated forest were evaluated, considering the identification of species, structural parameters of the vegetation, and analysis of floristic similarity between the sampled areas. Three characteristic mangrove species were recorded: *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa*, and *Rhizophora mangle*. The species *Laguncularia racemosa* showed greater representation in the successional areas, indicating a high capacity for colonization and establishment in the early stages of development. *Rhizophora mangle* showed dominance in structural stability, and *Avicennia schaueriana* showed wide distribution but lower density. The reference plot showed greater structural development of the vegetation, with adult individuals and greater community stability. The similarity index revealed two distinct groupings of plots, revealing the influence of environmental variations, such as salinity and water regime, on the floristic composition. The results demonstrate that the apicum areas exhibit successional dynamics and reinforce the importance of structural knowledge of the vegetation to support conservation and management strategies for mangroves.

Keywords: Ecosystem. *Laguncularia racemosa*. Mangrove. Salt marsh.

Introdução

Os estudos fitossociológicos em áreas de manguezais são fundamentais para a compreensão da estrutura, composição e dinâmica dessas comunidades vegetais. Esses ambientes são considerados ecossistemas costeiros altamente produtivos presentes em regiões tropicais e subtropicais, desempenham funções ecológicas essenciais, como proteção contra a erosão, sequestro de carbono e suporte à biodiversidade marinha e terrestre (Schaeffer-Novelli, 1995; Sannigrahi et al., 2020; Basyuni et al., 2025; Winterwerp et al., 2025).

Do ponto de vista ecológico, os estudos fitossociológicos permitem identificar a distribuição e predominância das espécies vegetais no ambiente, analisando parâmetros como frequência, densidade e dominância. Essas informações são cruciais para compreender as interações ecológicas e os fatores ambientais que influenciam a dinâmica dos manguezais, como salinidade, regime hidrológico e disponibilidade de nutrientes (Silva et al., 2020; Pimentel Victorio et al., 2023).

Metodologicamente, a fitossociologia utiliza técnicas de amostragem sistemática, geralmente utilizando parcelas onde são coletados dados sobre altura, diâmetro e abundância das espécies arbóreas. As principais espécies encontradas nesses ecossistemas no Brasil pertencem aos gêneros *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia*, cuja distribuição varia conforme as condições ambientais e os impactos antrópicos (Lima e Colpo, 2014; Kitagami et al., 2023;).

Entre as formações que compõem o ecossistema manguezal, destacam-se os Campos Salinos (*apicuns*), também conhecidos como salgados ou planícies hipersalinas (Araújo, et al., 2019; Lima et al., 2025). Essas áreas, em geral são desprovidas de vegetação arbórea, ocorrendo em ambientes de borda e internas no manguezal e em áreas de transição entre os sedimentos de encostas e os mangues, onde a influência das marés é menos intensa e a salinidade tende a ser mais elevada (Souza et al., 2023). De acordo com Ribeiro et al. (2026) é relevante estudar a dinâmica de áreas de *apicuns* por ser uma feição que representa o estágio sucessional da vegetação de mangue.

As áreas de sucessão são importantes para a estabilidade e dinâmica ambiental do manguezal, assim estudos de fitossociologia são importantes. Além de fornecer subsídios à conservação e manejo sustentável, permite avaliar a distribuição

das espécies e identificar o estágio sucessório da comunidade, podendo ser indicativo do estado de conservação. A crescente pressão antrópica, incluindo a expansão urbana, a poluição e a exploração desordenada, representam um risco significativo para a integridade dos manguezais, tornando ainda mais urgente o monitoramento dessas áreas (Vikou et al., 2023; Valderrama et al., 2026).

Dessa forma, a aplicação da fitossociologia nos manguezais contribui diretamente para a formulação de políticas públicas e ações de preservação, garantindo a manutenção dos serviços ecossistêmicos prestados por esses ambientes e a conservação da biodiversidade costeira (Gonçalves et al., 2020; Santos Junior et al., 2021).

A fitossociologia objetiva de analisar a estrutura, composição e interações das comunidades vegetais e amplamente adotada em estudos pelo mundo, a exemplo, na Indonésia, Djameluddin et al. (2024) realizaram uma pesquisa na Ilha Mantehage para analisar a dinâmica e composição das espécies de mangue para contribuir com a gestão ambiental local.

No Brasil tem-se como exemplos, estudos desenvolvidos por Faro et al. (2023) na foz do Rio Amazonas na Ilha de Marajó, Região Norte, analisando a composição e estrutura da vegetação de mangue. Na Região Nordeste, Santana et al. (2020) nos bosques de manguezais em Aracaju-SE, caracterizaram a estrutura e a florística da área promovendo subsídios de monitoramento para áreas degradadas locais.

Considerando a relevância dos manguezais como ecossistemas costeiros e a necessidade de compreender os processos de regeneração natural em áreas de transição, esta pesquisa buscar preencher lacunas em relação a estrutura da vegetação de mangue em estágio sucessional em áreas de apicum no estuário do Rio Gramame, Paraíba, Brasil. Dessa forma, a pesquisa objetivou analisar a composição florística, a estrutura fitossociológica e a dinâmica sucessional das espécies de mangue, através da avaliação dos parâmetros ecológicos e da similaridade entre as áreas amostradas, contribuindo para a compreensão dos processos de colonização fornecendo subsídios para ações de conservação e manejo desses ambientes.

Material e métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em áreas de apicum, previamente caracterizadas por Araújo et al. (2019), localizadas no estuário do Rio Gramame, litoral sul do Estado da Paraíba, no município do Conde (Figura 1). Os pontos de amostragem foram estabelecidos na região interna do estuário, nas margens dos *Apicuns*, onde foram identificadas áreas de sucessão em visita prévia de campo. Inserida na unidade geoambiental dos Tabuleiros Costeiros, a região apresenta relevo composto por superfícies planas, com formas tabulares. A faixa

litorânea estreita é delimitada, por falésias associadas às formações Barreiras e Beberibe, além de depósitos flúvio-marinhos. Os solos predominantes na área pertencem à classe dos Argissolos Vermelhos (Barbosa e Furrier, 2014; Barbosa et al., 2019; Teódulo et al. 2024).

O clima da região é classificado como Tropical Quente e Úmido (As'), de acordo com Köppen, é influenciado pela Massa Tropical Atlântica durante o outono e inverno e pela Zona de Convergência Intertropical verão-outono. As temperaturas são amenas devido à influência dessas massas de ar, com médias anuais entre 20°C e 25°C.

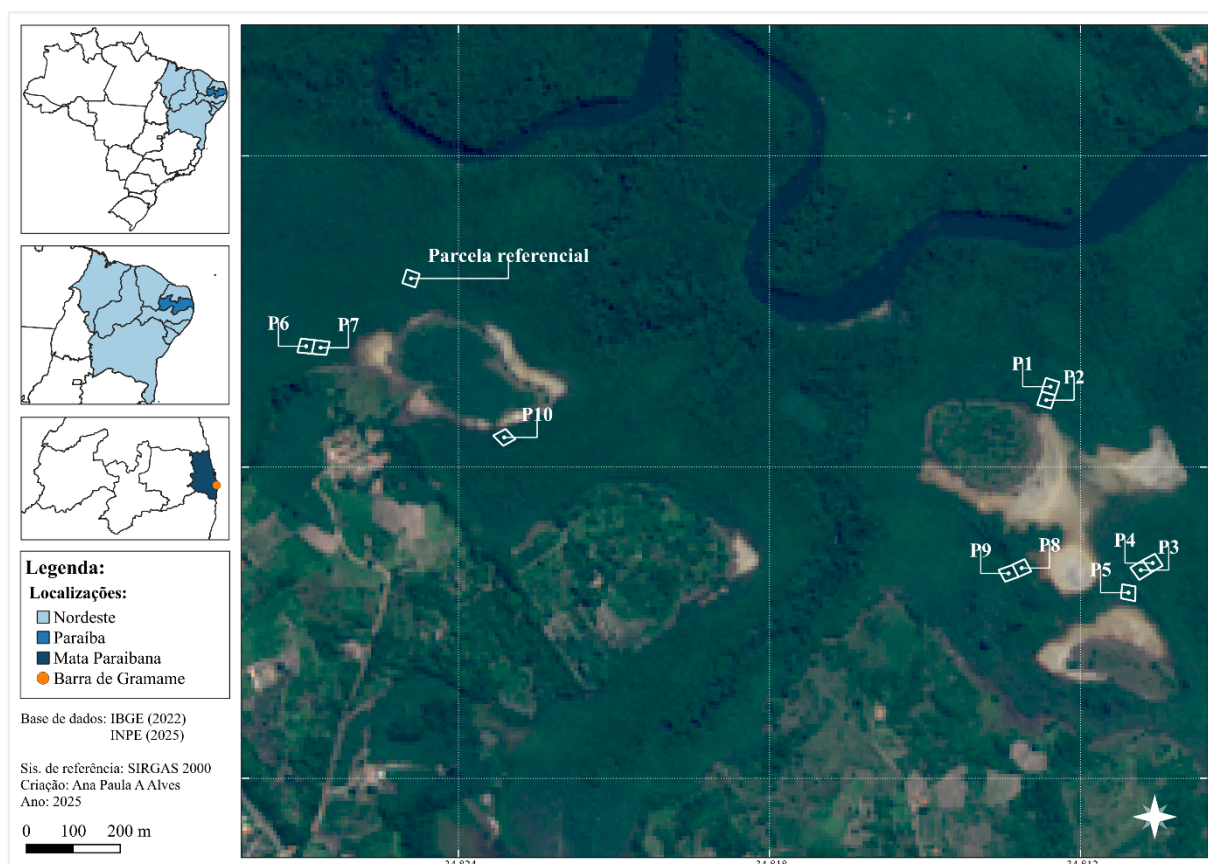


Figura 1. Localização da área de estudo e distribuição das parcelas amostrais (P1-P10) e da parcela referencial em manguezal na Barra de Gramame, Conde, Paraíba, Brasil. Fonte: Elaborada pela autora, (2025).

A pluviosidade anual oscila entre 1.800 mm e 2.100 mm (Araújo et al., 2019).

Amostragem

Os parâmetros fitossociológicos foram obtidos conforme descrito, por Schaeffer-Novelli et al. (2015). Foram calculados o Diâmetro a altura do peito (DAP); Densidade Absoluta (DA), Densidade Relativa (DR), Dominância Absoluta

(DoA), Dominância Relativa (DoR) e Valor de Cobertura (VC).

Essa metodologia refere-se, que em cada parcela, foram medidos o DAP (Diâmetro à altura do peito), quando igual ou superior a 12,56 cm, e a altura total (Alt. H) dos indivíduos. Também foram medidos os indivíduos, que estavam bifurcados

abaixo de 1,30 metros de altura, e os de troncos (fustes). Os dados das espécies foram classificados em arbustivo, com 10 parcelas 30x30m (900m², totalizando 9.000m²) subdivididas em 90 parcelas 5x5m (Figura 2). A vegetação arbórea, foram delimitadas, com uma Parcela de Referência para a comparação estrutural das espécies das demais parcelas (Figura 2).

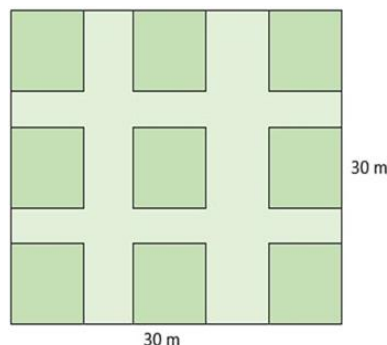


Figura 2. Representação da organização das parcelas (900m²) e sub-parcelas (5x5 m).

A quantidade de parcelas foi definida considerando a extensão da área disponível, a representatividade das diferentes condições estruturais observadas em campo e a necessidade de analisar a heterogeneidade ambiental existente no gradiente sucessional. A parcela referencial foi escolhida por apresentar características estruturais de um bosque consolidado, representando uma condição de maior desenvolvimento da vegetação para comparação com as áreas de sucessão.

Em cada parcela os espécimes férteis foram coletados e identificados no Laboratório de Botânica do Departamento de Biologia, e sob o tombamento 2770-2776. Estas foram incorporadas ao acervo do Herbário Manuel de Arruda Câmara

(HACAM) localizado na Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campus I, Campina Grande.

Para a análise da sucessão ecológica da vegetação de mangue, foram realizados cálculos da média e o desvio padrão referente do Diâmetro a Altura do Peito-DAP. Os índices ecológicos das áreas e registro das espécies amostradas foi comparado a partir do índice de similaridade de Jaccard (Magurran, 2004), o qual foi utilizado matriz binária de presença e ausência das espécies registradas em cada parcela para avaliar a proximidade florística entre as áreas. Os valores de similaridades foram utilizados para elaborar dendograma pelo método de agrupamento, possibilitando identificar parcelas com composição florística semelhante.

Os espécimes menores que 1m foram estabelecidos como plântulas e calculados apenas a Densidade Absoluta (DA) e a Densidade Relativa (DR). Para indivíduos acima de um metro, foram calculados os demais parâmetros. Os espécimes menores que 1m foram estabelecidos como plântulas e calculados apenas a Densidade Absoluta (DA) e a Densidade Relativa (DR). Para indivíduos acima de um metro, foram calculados os demais parâmetros.

Resultados e discussão

Quantificação dos indivíduos

Foram quantificadas 7.573 plântulas de mangue na área em sucessões menores que 1 metro, e 1.916 indivíduos maiores que 1 m nas áreas de mangue. Na área referencial foram contabilizados 399 indivíduos, todos maiores que 2,5 m. Todos os indivíduos estão distribuídos em três famílias: Combretaceae, Acanthaceae e Rhizophoraceae e três espécies *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn, *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm, *Rhizophora mangle* L. e respectivamente (Figura 3).

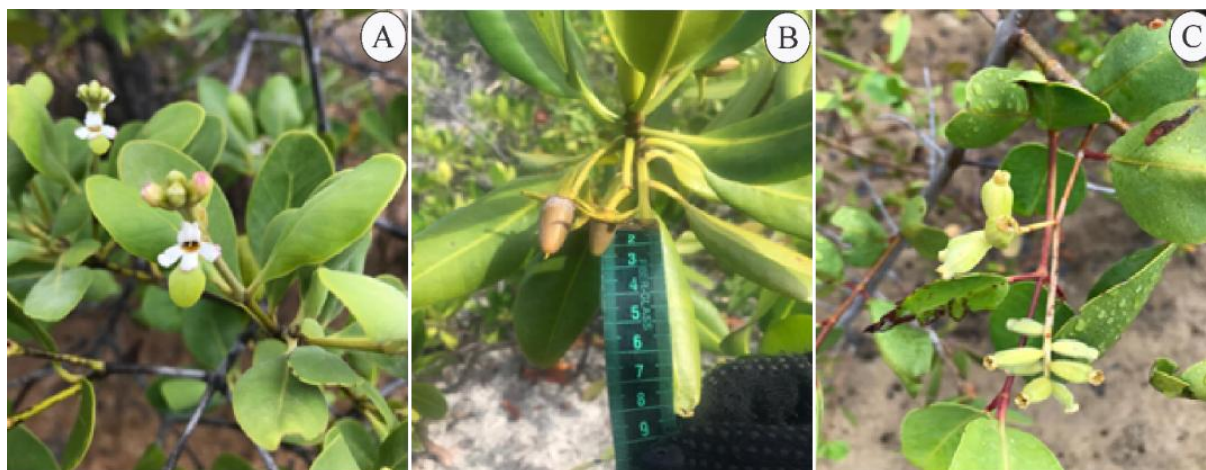


Figura 3. Espécie de mangue do estuário de Barra de Gramame, Conde/PB, Brasil. A: *Avicennia schaueriana*; B: *Rhizophora mangle*; C: *Laguncularia racemosa*

A análise da quantidade de indivíduos por espécie com altura maior que 1 m, apresenta predominância da *Laguncularia racemosa* áreas avaliadas (Figura 4), evidenciando maiores valores de abundância em comparação com as demais espécies registradas. Isso indica maior capacidade de estabelecimento dessa espécie ao longo do período sucessional. Embora a *Avicennia schaueriana* e a *Rhizophora mangle* também tenham ocorrido, suas densidades apresentaram valores inferiores e maior variação entre as áreas, o que surge uma distribuição mais dependentes das condições locais de inundação. A representatividade de *L. racemosa* neste estudo corrobora resultados encontrados em diferentes manguezais brasileiros, em que a espécie ocorre em estágios sucessionais como observado em Iguape-SP, Ilheus-BA, na Lagoa do Jequiá/Alagoas, na FLONA Ibura-SE e Aracaju-SE (Santana et al., 2020; Barros, 2021).

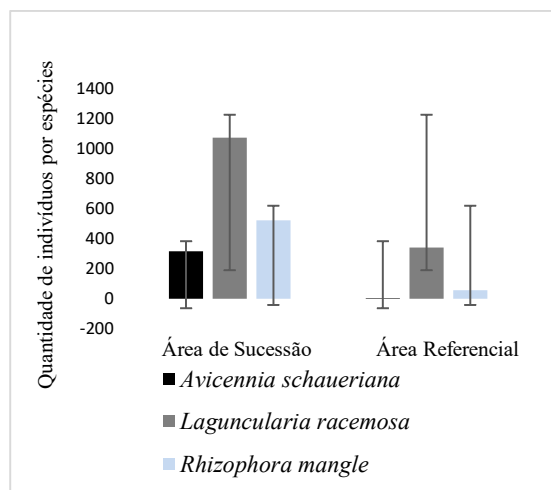


Figura 4. Quantidade de indivíduos por espécie > 1 m.

A *L. racemosa* é a maior população nas parcelas menores que 1 m (Figura 5), contudo, na Parcela Referencial não houve nenhum registro, corroborando-a como espécie pioneira sucessional, resultados identificados nos estudos de Diniz et al. (2020) e Santana et al. (2020).

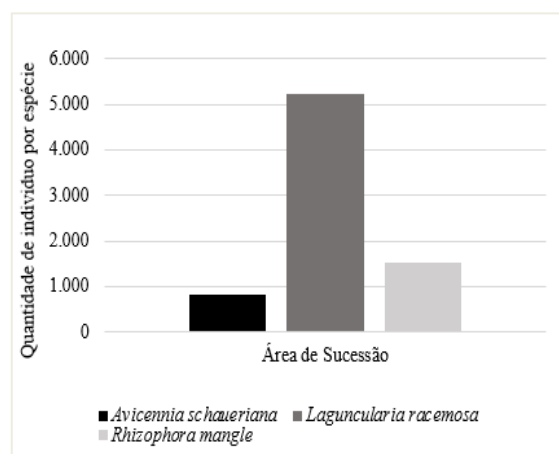


Figura 5. Quantidade de indivíduos por espécies < 1 m

Esse resultado indica a tendência sucessional dos manguezais, em que espécies pioneiras são gradualmente substituídas por espécies mais adaptadas a estágios avançados de desenvolvimento.

Os dados apresentados nas figuras expressam que as áreas de sucessão analisadas se encontram em estágios iniciais de desenvolvimento, em que de acordo com Cheng et al, (2023), *L. racemosa* se destaca na recomposição vegetal e estabilização do ecossistema manguezal.

Parâmetros fitossociológicos

Os resultados dos parâmetros fitossociológicos do estrato > 1m em diferentes estágios de sucessão estão representados nas Tabela 1. As espécies *Avicennia schaueriana* e *Rhizophora mangle* ocorreram em todas as parcelas, apresentando ampla distribuição sucessional. A *Laguncularia racemosa* esteve ausente nas parcelas 2 e 3, variando na densidade e dominância nas demais parcelas em que ocorreu.

Nas dez parcelas a *A. schaueriana* apresentou os maiores valores de área basal (0,1917) e dominância absoluta (0,262222), contribuindo significativamente com a biomassa lenhosa e estrutural no estuário de Gramame e como espécie pioneira nas parcelas 1, 2 e 3. O que indica seu papel na ocupação espacial do ambiente, que segundo Santana et al., (2020) tem na área basal total de a sua contribuição espacial.

A elevada densidade relativa de *L. racemosa* apresenta sua vantagem competitiva nas fases iniciais da sucessão, o que indica maior capacidade de recrutamento e estabelecimento sob condições ambientais favoráveis, que de acordo com Silva et al. (2021) e Pimentel Victório et al. (2023) reflete a sua capacidade de sucessão e recrutamento, indicando

assim vantagens competitivas no estágio atual de sucessão.

A *R. mangle* demonstrou os maiores valores de dominância relativa (82,64%) e valor de cobertura (157,00), indicando estabilidade desta espécie no estuário do Rio Gramame. Os valores encontrados refletem na contribuição da *R. mangle* para a área basal total da comunidade e importância ecológica no ecossistema no Manguezal do Rio Gramame.

As espécies *A. schaueriana* e *R. mangle* apresentaram maior dominância em decorrência da maior área basal, esta última apresenta uma distribuição mais equilibrada entre as parcelas analisadas. Esses resultados também foram encontrados nos estudos realizados por Madi et al. (2016) em áreas de sucessão no Paraná e Santana et al. (2020) em Sergipe.

A análise comparativa entre as parcelas em Sucessão e Referencial (Tabela 1 e 2) revela que esta última apresenta maiores valores médios de densidade e dominância, o que é esperado para áreas de mangues mais estruturados e estáveis ecologicamente. A elevada dominância de *L. racemosa* e a presença expressiva de *R. mangle* indicam uma comunidade mais madura/adulta, com estratificação consolidada e maior equilíbrio na ocupação do espaço (Li et al., 2020; Bai et al., 2023; Solano et al., 2024; Flores-de-Santiago et., 2023).

Tabela 1. Parâmetros fitossociológicos (estrato > 1m) para todas as áreas em sucessão

Parcela	Espécie	Ni	Abi = gm ²	DA	DR	DoA	DoR	VC	VC (%)
1	<i>Avicennia schaueriana</i>	57	0,0998	0,52	48,72	0,000443	66,72	115,44	57,72
	<i>Laguncularia racemosa</i>	18	0,0079	0,52	15,38	0,000035	5,30	20,68	10,34
	<i>Rhizophora mangle</i>	42	0,0418	0,52	35,90	0,000186	27,98	63,88	31,94
2	<i>Avicennia schaueriana</i>	57	0,1917	0,40	62,64	0,000852	81,36	144,00	72,00
	<i>Laguncularia racemosa</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Rhizophora mangle</i>	34	0,0439	0,40	37,36	0,151111	18,64	56,00	28,00
3	<i>Avicennia schaueriana</i>	59	0,1089	0,48	55,14	0,262222	43,27	98,42	49,21
	<i>Laguncularia racemosa</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Rhizophora mangle</i>	48	0,1428	0,48	44,86	0,213333	56,73	101,58	50,79
4	<i>Avicennia schaueriana</i>	19	0,0385	0,35	24,36	0,000171	17,18	41,54	20,77
	<i>Laguncularia racemosa</i>	1	0,0004	0,35	1,28	0,000002	0,17	1,46	0,73
	<i>Rhizophora mangle</i>	58	0,1850	0,35	74,36	0,000822	82,64	157,00	78,50
5	<i>Avicennia schaueriana</i>	55	0,0723	1,28	19,16	0,000321	36,04	55,20	27,60
	<i>Laguncularia racemosa</i>	178	0,1004	1,28	62,02	0,000446	50,08	112,10	56,05

	<i>Rhizophora mangle</i>	54	0,0278	1,28	18,82	0,000124	13,88	32,70	16,35
6	<i>Avicennia schaueriana</i>	13	0,0157	0,06	5,08	0,000070	9,09	14,17	7,08
	<i>Laguncularia racemosa</i>	158	0,0913	0,70	61,72	0,000406	52,81	114,53	57,26
	<i>Rhizophora mangle</i>	85	0,0659	0,38	33,20	0,000293	38,10	71,31	35,65
7	<i>Avicennia schaueriana</i>	14	0,0264	0,61	10,14	0,000117	12,31	22,45	11,23
	<i>Laguncularia racemosa</i>	46	0,1563	0,61	33,33	0,000694	72,85	106,18	53,09
	<i>Rhizophora mangle</i>	78	0,0318	0,61	56,52	0,000142	14,84	71,36	35,68
8	<i>Avicennia schaueriana</i>	27	0,0771	1,16	10,38	0,000343	40,22	50,60	25,30
	<i>Laguncularia</i>	209	0,0992	1,16	80,38	0,000441	51,78	132,16	66,08
	<i>Rhizophora mangle</i>	24	0,0153	1,16	9,23	0,000068	8,00	17,24	8,62
9	<i>Avicennia schaueriana</i>	15	0,0117	0,81	8,20	0,000052	11,07	19,27	9,63
	<i>Laguncularia</i>	123	0,0713	0,81	67,21	0,000317	67,24	134,45	67,23
	<i>Rhizophora mangle</i>	45	0,0230	0,81	24,59	0,000102	21,69	46,28	23,14
10	<i>Avicennia schaueriana</i>	2	0,0276	1,77	0,50	0,000123	16,84	17,34	8,67
	<i>Laguncularia racemosa</i>	342	0,0819	1,77	85,71	0,000364	50,00	135,72	67,86
	<i>Rhizophora mangle</i>	55	0,0543	1,77	13,78	0,000241	33,16	46,94	23,47
Valores Máximos		342	0,1917	1,77	85,71	0,262222	82,64	157,00	78,50
Valores Mínimos		1	0,0004	0,06	0,50	0,000002	0,17	1,46	0,73
Médias		68	0,0682	0,80	35,71	0,022637	35,71	71,43	35,71

Ni = Número de indivíduos; **Abi** = Área Basal = Área Transversal no ponto de medição da circunferência do caule; **DA** = Densidade Absoluta; **DR** = Densidade Relativa; **DoA** = Dominância Absoluta; **DoR** = Dominância Relativa; **VC** = Valor de Cobertura. *a espécie *Laguncularia* não foi encontrada nas áreas 2 e 3.

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos para a Área Referencial (AR).

Parcela	Espécie	Ni	Abi gm ²	DA	DR	DoA	DoR	VC	VC (%)
AR	<i>Avicennia schaueriana</i>	2	0,0276	0,443	0,50	0,000031	16,84	17,34	8,67
	<i>Laguncularia racemosa</i>	342	0,0819	0,061	621,82	0,000091	150,79	772,61	386,30
	<i>Rhizophora mangle</i>	55	0,0543	0,380	16,08	0,000061	66,32	82,40	41,20
Soma		399	0,1638	0,88	638,40	0,000182	233,95	872,35	436,17
Valores Máximos		342	0,0819	0,44	621,82	0,000091	150,79	772,61	386,30
Valores Mínimos		2	0,0276	0,06	0,50	0,000031	16,84	17,34	8,67
Médias		133	0,0546	0,29	212,80	0,000061	77,98	290,78	145,39

Ni = Número de indivíduos; **Abi** = Área Basal = Área Transversal no ponto de medição da circunferência do caule; **DA** = Densidade Absoluta; **DR** = Densidade Relativa; **DoA** = Dominância Absoluta; **DoR** = Dominância Relativa; **VC** = Valor de Cobertura.

Na Parcela de Área Referencial (Tabela 2), *L. racemosa* apresentou valor mínimo apenas para a densidade absoluta (0,061). Para os demais parâmetros fitossociológicos apresentaram maiores valores em relação as outras espécies, com evidência para o valor de cobertura 386,30%, densidade relativa 621,82 e

dominância 150,79. Condições semelhantes foram obtidas por Santos et al. (2012) no estuário do Rio São Francisco, Sergipe, e por Almeida et al. (2014), ao estudarem a estrutura de uma área de manguezal do Rio Tabatinga, Pernambuco, onde constataram que a *L. racemosa* constituiu um bosque adulto.

A espécie *L. racemosa* se desenvolve melhor em locais distantes das margens e das inundações frequentes e em áreas de terra firme menos alagadas, além disso essa espécie indica elevada capacidade de competitividade em áreas de estágios iniciais de sucessão (Zhang et al., 2025).

A *R. mangle* ocorreu onde é constante as inundações pelas marés que segundo Gonçalves et al. (2018) e Branoff e Martinuzzi, (2020) propicia maior dispersão e adaptação dessa espécie no ambiente estuarino.

A Tabela 3 apresenta os valores de Densidade Absoluta (DA) e Densidade Relativa (DR) das espécies *A. schaueriana*, *L. racemosa* e *R. mangle* nas dez parcelas amostradas, considerando apenas os indivíduos com altura inferior a 1 metro. Para esse estrato, foram mensuradas apenas as alturas dos espécimes. Essa abordagem, segundo Sánchez et al. 2021, possibilita compreender o padrão de sucessão das espécies e identificar quais delas apresentam maior sucesso de estabelecimento nas diferentes áreas do mangue.

Para estrato menor que 1 m, a espécie *L. racemosa* apresentou maior valor para todos os parâmetros fitossociológicos: densidade absoluta (11,55), densidade relativa (97,23) e número de indivíduos (2.526), apesar da sua ausência na Parcela 2. De acordo com Yoshikai et., (2022) esse tipo de predominância pode estar associado à ampla tolerância da espécie às variações de salinidade e à sua adaptação em ambientes com maior aporte de sedimentos e menor inundação.

A *R. mangle* apresentou valores expressivos apenas para a densidade relativa, com destaque nas parcelas 2 (70,03) e 4 (83,70). Enquanto que, a *A. schaueriana* registrou menores valores densidade absoluta (2,0) e densidade relativa (0,60) em todas as parcelas analisadas.

Isto pode estar relacionada com as condições edáficas e de salinidade das áreas, pois

estes são fatores essenciais para o estabelecimento das espécies de mangue (Nobrega et al., 2021; Lacerda et al., 2024; Wang et al., 2024; Reis et al., 2025).

Nesse contexto, é importante salientar que a densidade é um fator relevante que marca um diferencial ao longo do tempo no processo de colonização em manguezal (Mai et al. 2021; Cinto-Castro et al, 2022; Stthi et al. 2025).

Santana et al. (2020), afirmam que as estruturas dos manguezais são reflexos de maturidade, com quatro tipos de fases: a colonização (aumento da densidade de caules); o desenvolvimento (redução da densidade, em decorrência da mortalidade por competição); a maturidade (estabilização da densidade); e senescência (redução da densidade, com amplas brechas no dossel e ausência de sucessão).

A Figura 6 representa a variação da Densidade Absoluta (DA) entre as parcelas analisadas. Verifica-se uma discrepância entre as parcelas, com valor mínimo (0,60) apresentado na parcela 4, enquanto o valor máximo (11,55) ocorreu na parcela 10. Além disso, as parcelas 5, 6, 8 e 10 por apresentaram maiores valores de DA (3,82; 3,82; 5,16 e 11,55, respectivamente), indicam condições propícias ao desenvolvimento de plântulas, que pode estar associado à maior estabilidade do substrato e à menor influência de salinidade. Tais fatores contribuem para a germinação e o enraizamento das espécies, favorecendo a continuidade do processo sucessional natural do ecossistema manguezal. As parcelas 3 (0,97) e 4 (0,60) apresentaram menores valores DA, das quais tem menor predisposição ao estabelecimento das plântulas, como resultado de maior salinidade ou maior competição.

Tabela 3. Densidades (estrato < 1 m) para todas as áreas

Parcela	Espécie	Ni	DA	DR
1	<i>Avicennia schaueriana</i>	144	1,37	46,75
	<i>Laguncularia racemosa</i>	83	1,37	26,95
	<i>Rhizophora mangle</i>	81	1,37	26,30
2	<i>Avicennia schaueriana</i>	101	1,50	29,97
	<i>Laguncularia racemosa</i> *	-	-	-
	<i>Rhizophora mangle</i>	236	1,50	70,03
3	<i>Avicennia schaueriana</i>	61	0,97	27,85
	<i>Laguncularia racemosa</i>	6	0,97	2,74
	<i>Rhizophora mangle</i>	152	0,97	69,41
4	<i>Avicennia schaueriana</i>	2	0,60	1,48
	<i>Laguncularia racemosa</i>	20	0,60	14,81
	<i>Rhizophora mangle</i>	113	0,60	83,70
5	<i>Avicennia schaueriana</i>	127	3,82	14,77
	<i>Laguncularia racemosa</i>	473	3,82	55,00
	<i>Rhizophora mangle</i>	260	3,82	30,23
6	<i>Avicennia schaueriana</i>	127	3,82	14,77
	<i>Laguncularia racemosa</i>	473	3,82	55,00
	<i>Rhizophora mangle</i>	260	3,82	30,23
7	<i>Avicennia schaueriana</i>	15	2,12	3,15
	<i>Laguncularia racemosa</i>	342	2,12	71,85
	<i>Rhizophora mangle</i>	119	2,12	25,00
8	<i>Avicennia schaueriana</i>	229	5,16	19,72
	<i>Laguncularia racemosa</i>	925	5,16	79,67
	<i>Rhizophora mangle</i>	7	5,16	0,60
9	<i>Avicennia schaueriana</i>	7	2,75	1,13
	<i>Laguncularia racemosa</i>	379	2,75	61,23
	<i>Rhizophora mangle</i>	233	2,75	37,64
10	<i>Avicennia schaueriana</i> *	-	-	-
	<i>Laguncularia racemosa</i>	2526	11,55	97,23
	<i>Rhizophora mangle</i>	72	11,55	2,77
Valores Máximos		2526	11,55	97,23
Valores Mínimos		2	0,60	0,60
Médias		270	3,14	35,71

Ni = Número de indivíduos; **DA** = Densidade Absoluta; **DR** = Densidade Relativa; *as espécies *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana* não foram encontradas nas áreas 2 e 10, respectivamente.

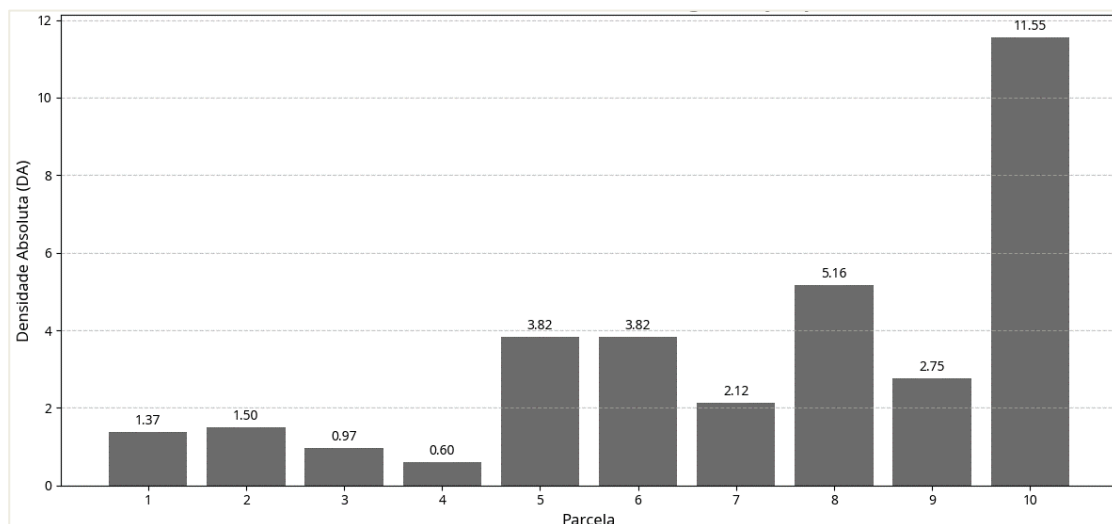


Figura 6. Densidade Absoluta do estrato nas parcelas de sucessão

A Figura 7 apresenta os valores de Densidade Relativa (DR) do estrato inferior a 1 m, por espécie, nas Parcelas de Sucessão. Observa-se a dominância da espécie *Laguncularia racemosa*, registrada em quase todas as parcelas (5, 6, 7, 8, 9 e 10). Destaca-se, especialmente, as Parcelas 7, 8, 9 e 10, onde essa espécie apresentou os maiores valores de DR 71,8 %, 79,7%, 61,2% e 97,23%, respectivamente, indicando um processo de colonização expressiva. A ausência de *A. schaueriana* na Parcela 10 demonstra um ambiente de colonização recente.

A *L. racemosa* desempenha papel relevante nas fases iniciais da sucessão ecológica do manguezal, contribuindo para a estabilização do substrato, acúmulo de sedimentos e formação de um ambiente propício ao estabelecimento de outras espécies (Wang et al, 2026). Assim, a elevada densidade observada reflete a capacidade adaptativa de *L. racemosa* a condições de variação de salinidade e alagamento, características típicas de áreas em processo de regeneração natural (Cunha-Lignon, et al., 2009; Zhang et al, 2025; Zhu et al. 2023).

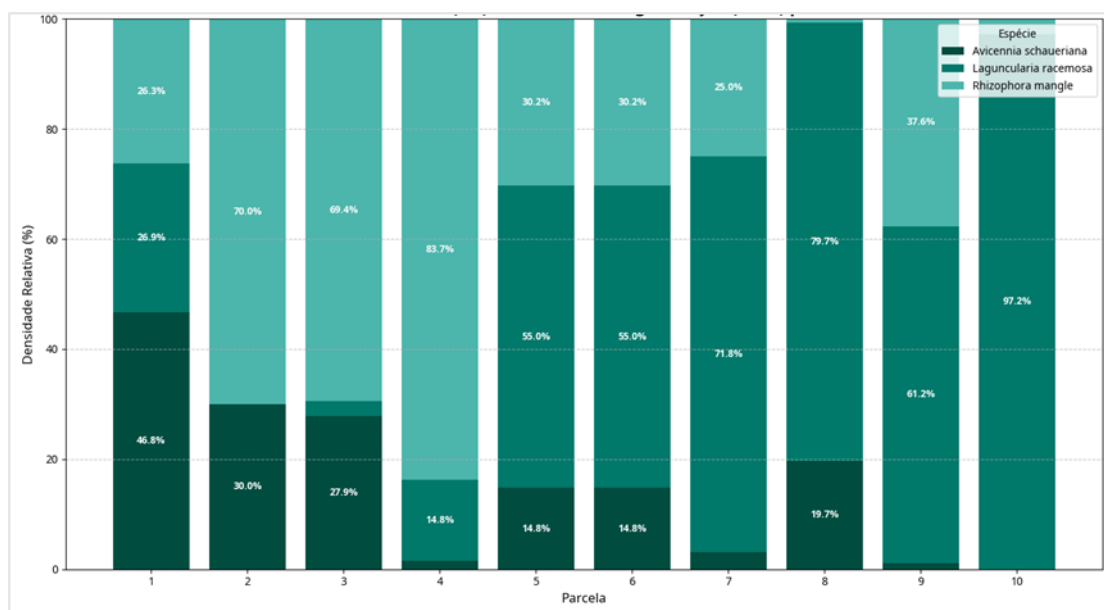


Figura 7. Densidade Relativa do estrato (<1 m) por espécie nas Parcelas de Sucessão.

Nas Parcelas 2, 3 e 4, ocorre o domínio da *Rhizophora mangle*, destaque para a Parcela 4, que apresentou o maior valor de DR (83,70%), embora com DA reduzida (0,60). Essa predominância pode

estar relacionada às condições ambientais locais, caracterizadas por maior frequência de inundação, e o fluxo de maré e salinidade mais estável, fatores que favorecem o estabelecimento de *R. mangle*.

A Parcela 1 representa um ambiente mais equilibrado, com a ocorrência das três espécies (*A. schaueriana*, *L. racemosa*, *R. mangle*). Nessa parcela, destaca-se maior representatividade da *A. schaueriana* (46,75% DR) seguida por *L. racemosa* (26,95% DR) e *R. mangle* (26,30% DR). Esse processo pode sugerir uma zona de transição ecológica, na qual as condições ambientais moderadas permitem a coexistência das três espécies, revelando um estágio intermediário de sucessão ecológica.

Portanto, a variação na DA e na DR entre as parcelas indica heterogeneidade ambiental no estuário do Rio Gramame, com diferentes parcelas representando distintos estágios de sucessão. A Parcela 1 é a mais diversa em termos de sucessão, e as Parcelas 4 e 10 representam os extremos de dominância e densidade.

Essa variação estrutural está relacionada à distribuição espacial das fisionomias do ecossistema, especialmente à presença dos apicuns que funcionam como zonas de transição entre o manguezal consolidado e as porções mais continentais. De acordo com Santos e Ribeiro (2019) os *apicuns* contribuem para a heterogeneidade do ambiente, influenciando fatores como salinidade, inundação e disponibilidade de nutrientes, os quais condicionam a colonização, o crescimento e a sucessão das espécies vegetais.

Dessa maneira, considera-se que a coexistência de parcelas com diferentes densidades e composições florísticas em *apicuns*, enfatiza o mosaico e a dinâmica do manguezal do Rio Gramame, evidenciando sua complexidade

ecológica e a relevância de compreender a interação entre sua fisionomia para fins de conservação e manejo ambiental.

Estratificação das espécies

A Tabela 4 apresenta a estratificação geral das espécies *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* nas 10 parcelas de sucessão, além da parcela da Área Referencial. Os espécimes foram agrupados em três estratos de altura por espécie: a) indivíduos com altura ≤ 2 m; b) entre > 2 m e ≤ 3 m; c) e > 3 m. Essa categorização permitiu compreender o porte e o estágio de desenvolvimento da vegetação em cada Parcela, oferecendo subsídios para a compreensão da estrutura vertical e da dinâmica sucessional do mangue do Rio Gramame.

Verificou-se, que nas parcelas de Sucessão a espécie *L. racemosa* foi representativa nos critérios de ≤ 2 m com 908 indivíduos e para > 2 m ≤ 3 m com 149. Já *R. mangle* obteve maior destaque no critério ≤ 2 m com 274 indivíduo. Enquanto que, na parcela da Parcela Referencial não foi identificada nenhuma espécie com tamanho ≤ 2 m, sendo encontrados indivíduos a partir de 2 m de altura para todas as espécies. Esses resultados são semelhantes a estudos realizados em Mimika na Indonésia por Aslan et al. (2018) e Quadros et al. (2019); na China, por Hogan et al. (2022) e também em Alagoas/Brasil, por Paiva (2018).

Na Parcela Referencial as espécies *L. racemosa* (134), *A. schaueriana* (16) e *R. mangle* (11) apresentaram maior número de indivíduos com altura superior a três metros de altura, justificado por apresentarem maior área basal, apesar da ocorrência de poucos indivíduos. Onde, a altura dos espécimes de mangue varia conforme o tempo de sucessão e conservação (Proffitt e Devlin, 2005; Nguyen et al., 2020; Aslan et al., 2022; Lima et al., 2023).

Tabela 4. Estratificação geral das espécies nas Parcelas de Sucessão e Referencial

Espécies	<i>Avicennia schaueriana</i>			<i>Laguncularia Racemosa</i>			<i>Rhizophora mangle</i>			Subtotal
Parcelas de Sucessão	> 1 ≤2m	> 2m ≤ 3m	>3m	≤ 2m	>2m ≤3m	>3m	≤2m	>2m ≤3m	>3m	
1	18	9	30	9	9	0	12	17	13	117
2	9	13	35	0	0	0	22	6	6	91
3	14	21	24	0	0	0	9	4	35	107
4	7	2	10	1	0	0	10	6	42	78
5	21	25	9	148	23	7	41	12	1	287
6	3	7	3	114	39	5	53	20	12	256
7	4	7	3	30	16	0	25	26	27	138
8	21	0	6	189	18	2	22	2	0	260
9	11	4	0	101	20	2	43	2	0	183
10	0	0	2	316	24	2	37	9	9	399
Total	108	88	122	908	149	18	274	104	145	1916
Parcela Referencial	<i>Avicennia schaueriana</i>			<i>Laguncularia Racemosa</i>			<i>Rhizophora mangle</i>			Total
	≤ 2m	>2m≤3m	>3m	≤ 2m	>2m≤3m	>3m	≤ 2m	>2m≤3m	>3m	
	0	0	16	0	10	134	0	1	11	172

Santana et al. (2020) e Restrepo et al, (2025) destacam que geralmente a dominância de *L. racemosa* é em decorrência de sua adaptação favorável às condições de luminosidades e solos expostos, e tendem a dominar áreas de sucessão em detrimento das outras espécies, tornando-as competitivas. Em contrapartida, *R. mangle* é uma espécie mais tolerante ao sombreamento e depende de sedimentos lamosos e inundados, atingindo maior altura em áreas de franja (Salas-Rabaza et al, 2024) o que foi identificado neste estudo nas parcelas do estuário do Rio Gramame.

Na Parcela Referencial ocorre a dominância de indivíduos adultos o que exibe estabilidade e maturidade estrutural da vegetação de mangue, com altura do dossel superior a três metros, onde as espécies apresentam-se ecologicamente consolidadas.

A Figura 8 corrobora com os resultados apresentados na Tabela 4. Observa-se que nas parcelas de sucessão as espécies se encontram em desenvolvimento sucessional, atingindo altura inferior a 4 metros, determinando uma população jovem. Nesse ambiente há predominância da *L. racemosa*, o que indica estágio inicial de colonização.

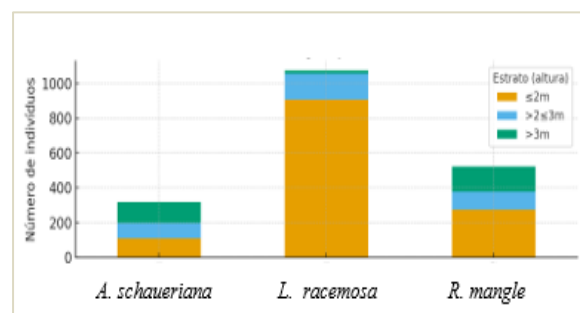


Figura 8. Distribuição do estrato por espécie das Parcelas de Sucessão.

Esses resultados indicam um processo sucessional coerente com a dinâmica ecológica dos manguezais, no qual as espécies se distribuem de acordo com suas estratégias adaptativas, preferências ambientais e capacidade de colonização (Pascoalini et al., 2014; Rodríguez-sobreyra et al, 2025).

De acordo com Detto et al. (2022) e Perri et al. (2023), a altura do dossel representa distribuem de acordo com suas estratégias adaptativas, preferências ambientais e capacidade de colonização.

Índice de similaridade

A análise de similaridade de Jaccard (Figura 9) evidencia a semelhança florística entre as três espécies registradas (*Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana* e *Rhizophora*

mangle) nas dez parcelas de sucessão analisadas. Observa-se a formação de dois grupos distintos: o primeiro, composto pelas áreas 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10, que apresentam alta similaridade com a ocorrência das três espécies, indicando condições ambientais e estágios sucessionais relativamente próximos. Essa proximidade pode estar relacionada a fatores como o regime de maré, a disponibilidade de nutrientes e a homogeneidade estrutural do ecossistema.

O segundo grupo é das parcelas 2 e 3, destacam-se como dissimilares em relação ao conjunto. Essa dissimilaridade pode estar associada não apenas à proximidade dessas, mas em virtude das propriedades do solo e da salinidade. Estudos realizados por Araújo et al. (2019) nessa mesma área, constataram alto teor de salinidade. Nesse caso, para confirmar essa possibilidade, análises de solo e água quanto as propriedades químicas e físicas, são necessárias. Frente aos resultados obtidos, considera-se que a estrutura da vegetação do manguezal resulta das interações entre as repostas dos fatores abióticos, dispersão e competição.

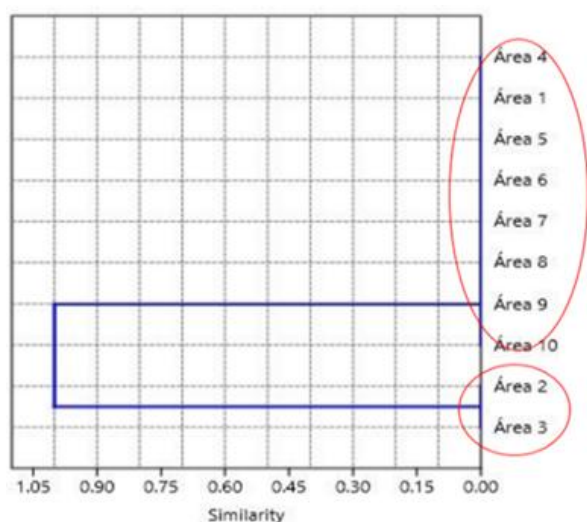


Figura 9. Dendrograma de similaridade de Jaccard.

Ressalta-se que, o índice de similaridade de Jaccard reforça a relevância de considerar as particularidades ambientais de cada área na análise da dinâmica sucessionais das florestas de manguezais, destacando a coexistência de trechos mais homogêneos e outros em processo diferenciado de sucessão (Hao et al., 2019; Wang et al, 2023; Lu et al, 2024).

Conclusões

Na área de estudo, foram identificadas as três espécies características de manguezal: *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. A partir dos parâmetros fitossociológicos foi possível verificar que *L. racemosa* apresentou maior número de indivíduos em todos os componentes, tanto na área de sucessão quanto na área de bosque.

A diferença dessas espécies nesses componentes esteve relacionada à estrutura, pois nas parcelas de sucessão se apresenta como indivíduos jovens com altura máxima até 3 m e na Área Referencial superior a 3 m de altura. Isto se justifica também pela idade ou maturidade, adaptação e conservação, haja vista que também se dá nas outras duas espécies. As variáveis de solo e teor de salinidade podem constituir outros importantes fatores que justificam a distinção e a similaridade entre as áreas. A sucessão envolve várias etapas, de forma progressiva e culminando ao clímax. As etapas compõem-se, a princípio, em áreas destituídas de vegetação, seguidas por populações pioneiras e por intermediárias chegando até o clímax.

Conhecer a composição florística e a estrutura fitossociológica de florestas são importantes mecanismos para a conservação da biodiversidade, possibilitando constatar o estado de conservação, além de proporcionar uma visão geral do potencial de estabelecimento das espécies, todos estes aspectos constituindo-se fundamentais para a implantação de políticas públicas para medidas para a conservação do ecossistema manguezal.

Agradecimentos

Sinceros agradecimentos à Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) pelo apoio financeiro concedido; ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais (PPGEGRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pelo suporte institucional, formação acadêmica e oportunidades para o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- Amaral, E. M., & Santos, C. V. (2022). Poluição e invasão de mangues em zonas litorâneas. *Bioscience* (Unisant), 11(2), 117–123. Disponível em: <https://periodicos.unisant.br/index.php/bio/article/viewFile/3029/2178>. Acesso em: 22 ago. 2025.

- Araújo, E. D. S., Silva, J. B. da, Oliveira, T. de S., Santana, N. M. G. de, & Freire, M. B. G. dos F. (2019). Apicum do estuário de Barra de Gramame-PB: Análises físicas e químicas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(1), 112–123. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/237486>. Acesso em: 22 ago. 2025.
- Aslan, A., Rahman, A. F., & Robeson, S. M. (2018). Investigating the use of Alos Prism data in detecting mangrove succession through canopy height estimation. *Ecological Indicators*, 87, 136–143. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X17307884>. Acesso em: 22 ago. 2025.
- Aslan, A., & Aljahdali, M. O. (2022). Characterizing Global Patterns of Mangrove Canopy Height and Aboveground Biomass Derived from SRTM Data. *Forests*, 13(10), 1545. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/13/10/1545>. Acesso em: 13 out. 2025.
- Bai, J., Meng, Y., Gou, R., Dai, Z., Zhu, X., & Lin, G. (2023). The linkages between stomatal physiological traits and rapid expansion of exotic mangrove species (*Laguncularia racemosa*) in new territories. *Frontiers in Marine Science*, 10. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2023.1136443/full>. Acesso em: 13 out. 2025.
- Barros, A. B., Azevedo, J. A. M., Bastos, A. L., & Nascimento, V. X. (2021). Characterization and bioavailability of metals in the mangrove of the Meirim River Mouth, Maceió-AL. *Brazilian Journal of Development*, 7(2), 20133–20147. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/25307>. Acesso em: 13 out. 2025.
- Barbosa, T. S., & Furrier, M. (2014). Classificação multitemporal do uso e ocupação do solo do município do Conde – PB. *Revista GeoAmazônia*, 2(03), 113–122. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/geoamazonia/article/view/12404>. Acesso em: 10 out. 2025.
- Barbosa, T. S., Lima, V. F. de, & Furrier, M. (2019). Mapeamento geomorfológico e geomorfologia antropogênica do município do Conde – Paraíba. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 20(3). Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1571>. Acesso em: 10 out. 2025.
- Branoff, B. L., & Martinuzzi, S. (2020). The Structure and Composition of Puerto Rico's Urban Mangroves. *Forests*, 11(10), 1119. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/11/10/1119>. Acesso em: 15 out. 2025.
- Cheng, C., Ke, X., Lang, T., Zhong, C., Lv, X., Zhang, M., Chen, Y., Fang, Z., Zhou, H., & Chen, Y. (2023). Current Status and Potential Invasiveness Evaluation of an Exotic Mangrove Species, *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn, on Hainan Island, China. *Forests*, 14(10), 2036. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/10/2036>. Acesso em: 17 out. 2025.
- Cinco-Castro, S., Herrera-Silveira, J., & Comín, F. (2022). Sedimentation as a Support Ecosystem Service in Different Ecological Types of Mangroves. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/forests-and-global-change/articles/10.3389/ffgc.2022.733820/full>. Acesso em: 15 out. 2025.
- Cunha-Lignon, M., Mahiques, M. M., Schaeffer-Novelli, Y., Rodrigues, M., Klein, D. A., Goya, S. C., Menghini, R. P., Tolentino, C. C., Cintrón-Molero, G., & Dahdouh-Guebas, F. (2009). Analysis of mangrove forest succession, using sediment cores: A case study in the Cananéia–Iguape coastal system, São Paulo–Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 57(3), 161–174. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjoce/a/69wRzNnn4Ksw>
- Detto, M., Levine, J. M., & Pacala, S. W. (2022). Maintenance of high diversity in mechanistic forest dynamics models of competition for light. *Ecological Monographs*, 92(2), e1500. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ecm.1500>. Acesso em: 19 jul. 2025.
- Diniz, M. T. M., Silva, S. D. R. da, Silva, J. P. da, & Costa, D. F. da S. (2020). Unidades de paisagem da Costa Branca, nordeste do Brasil. *Revista do Departamento de Geografia*, 39, 169–183. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/159807>. Acesso em: 21 jul. 2025.
- Djamaluddin, R., Holmes, R., & Djabar, B. (2024). Assessing species composition and structural attributes across different habitats to evaluate changes and management effectiveness of protected mangroves. *Forest Ecology and Management*, 561, 121857. Disponível em:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112724001695>. Acesso em: 21 jul. 2025.
- Faro, B. L. S. O, Gomes, P. W. P., de Medeiros-Sarmiento, P. S., Beltrão, N. E. S., & Tavares-Martins, A. C. C. (2023). Composition and community structure of mangroves distributed on the east coast of Marajó Island, Brazil. *Wetlands Ecology and Management*, 31(1), 59–72. Disponível em: <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-024-04914-9>
- Flores-de-Santiago, F., Rodríguez-Sobreyra, R., Álvarez-Sánchez, L. F., Valderrama-Landeros, L., Amezcua, F., & Flores-Verdugo, F. (2023). Compreendendo a expansão natural do manguezal branco (*Laguncularia racemosa*) em uma enseada efêmera com base em análises geomorfológicas e dados de sensoriamento remoto. *Journal of Environmental Management*, 338, 117820. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479723006084>. Acesso em: 20 out. 2025.
- Gonçalves, F. B., Ferreira, R. A., Mello, A. A. D., Gama, D. C., Santos, T. I. S., Almeida, E. S. de, & Prata, A. P. do N. (2020). Composição e estrutura de uma área de manguezal da Floresta Nacional do Ibura, estado de Sergipe. *Acta Biológica Catarinense*, 7(1), 103–112. Disponível em: <https://periodicos.univille.br/ABC/article/view/165>. Acesso em: 20 out. 2025.
- Gonçalves, A. L., Cruz, V. M. S. da, Campos, J. R. dos P., & Souza, D. V. (2018). Composição florística e fitossociológica do manguezal da zona portuária de São Luís, Maranhão, Brasil. *BIOFIX Scientific Journal*, 3(1), 01–07. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/55789>. Acesso em: 20 out. 2025.
- Hao, M., Corral-Rivas, J. J., González-Elizondo, M. S., Ganeshaiah, K. N., Nava-Miranda, M. G., Zhang, C., Zhao, X., & von Gadow, K. (2019). Assessing biological dissimilarities between five forest communities. *Forest Ecosystems*, 6(1), 30. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0188-9>. Acesso em: 20 out. 2025.
- Hogan, J. A., Xu, H., & Baraloto, C. (2022). Intraspecific trait variation and species functional turnover in successional tropical forests: assessing trait imputation for community weighted means. Disponível em: <https://www.researchsquare.com/article/rs-404661/v2>. Acesso em: 20 out. 2025.
- Kitagami, B. E., Felizardo, K. X., Silva, L. L. da, Oliveira, P. F. B. de, Oliveira, R. C. F. de, Francisco, T. G., & Lignon, M. C. (2023). Avaliação do crescimento de propágulos e plântulas de espécies de mangue em diferentes sedimentos. *Holos Environment*, 23(1), 72–86. Disponível em: <https://www.ceau-unesp.org.br/holos/article/view/12492>. Acesso em: 20 out. 2025.
- Lacerda, L. D., Cavalcante, I. B. K., Soares, A. A., & Marins, R. V. (2024). Mobility, bioavailability and distribution of Fe and Cu in mangroves (*Avicennia schaueriana* and *Rhizophora mangle*) from a semiarid coast in NE Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 96, e20231075. Disponível em: https://www.scielo.br/j/aabc/a/Nb49Byndz9SNZVSSJ8XpqNj/?lang=en&utm_source=chatgpt.com. Acesso em : 22 set. 2025.
- Li, F. L., Zhong, L., Cheung, S. G., Wong, Y. S., Shin, P. K. S., Lei, A. P., Zhou, H. C., Song, X., & Tam, N. F. Y. (2020). Em termos de custo energético foliar, *Laguncularia racemosa* é mais invasiva que *Sonneratia apetala* no norte de Fujian, China? *Marine Pollution Bulletin*, 152, 110897. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X20300151>. Acesso em: 22 set. 2025.
- Lima, F. D. de, Fernandes, R. T. V., Oliveira, J. F. de, Pinto, A. R. M., Fernandes, R. T. V., Almeida, L. de F., Costa, D. F. da S., & Nascimento, L. (2025). Mapeamento das áreas de apicum disponíveis para carcinicultura no estado do Ceará, Nordeste, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 18(4), 3173–3190. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/264856>. Acesso em: 22 set. 2025.
- Lima, K. O. O., Tognella, M. M. P., Andrade, H. A., Cunha, S. R., Pascoalini, S. S., Martins, A. S., & Ghisolfi, R. D. (2023). Recruitment and mortality of *Rhizophora mangle* L. seedlings in the Tropical Southwestern Atlantic mangrove. *Brazilian Journal of Biology*, 83, e278789. Disponível em: https://www.scielo.br/bjb/a/cNpyJsS9RHY7ZP8yC7f7ymm/?lang=en&utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 22 set. 2025.
- Lima, R. G., & Colpo, K. D. (2014). Leaf-litter decomposition of the mangrove species *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* and *Rhizophora mangle*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94(2), 233–239. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-the-marine-biological-association-of-the->

- united-kingdom/article/leaf-litter-decomposition-of-the-mangrove-species-avicennia-schaueriana-laguncularia-racemosa-and-rhizophora-mangle/2DAADF7C0754D5131D1CF85FCA7F3BBA. Acesso: 21 set. 2025.
- Madi, A. P. L. M., Boeger, M. R. T., Larcher, L., Pelozo, A., Sereneski, C., Reissmann, C. B., & Padial, A. A. (2016). Estrutura do componente de regeneração natural e arbóreo de dois manguezais no estado do Paraná. *Ciência Florestal*, 26(1), 159–170. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/21100>. Acesso em: 22 set. 2025.
- Nguyen, L. T. M., Hoang, H. T., Ta, H. V., & Park, P. S. (2020). Comparison of Mangrove Stand Development on Accretion and Erosion Sites in Ca Mau, Vietnam. *Forests*, 11(6), 615. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/11/6/615>. Acesso em: 20 out. 2025.
- Nobrega, L. P., Silva, J. B., Luna, B. N. de, & Ferreira, B. G. (2021). Modulação de adaptações anatômicas de folhas de *Avicennia schaueriana* (Acanthaceae) por uma galhadora *Meunieriella* (Cecidomyiidae). *Flora*, 274, 151750. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367253020302498>. Acesso em: 20 out. 2025.
- Pascoalini, S. S., Lopes, D. M. de S., Falqueto, A. R., & Tognella, M. M. P. (2014). Abordagem ecofisiológica dos manguezais: uma revisão. *Biotemas*, 27(3), 1–11. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2014v27n3p1>. Acesso em: 20 out. 2025.
- Perri, S., Detto, M., Porporato, A., & Molini, A. (2023). Salinity-induced limits to mangrove canopy height. *Global Ecology and Biogeography*, 32(9), 1561–1574. <https://doi.org/10.1111/geb.13720>
- Pimentel Victório, C., Silva dos Santos, M., Cordeiro Dias, A., Silvério Pena Bento, J. P., dos Santos Ferreira, B. H., da Costa Souza, M., Kato Simas, N., & do Carmo de Oliveira Arruda, R. (2023). *Laguncularia racemosa* leaves indicate the presence of potentially toxic elements in mangroves. *Scientific Reports*, 13(1), 4845. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-31986-x>. Acesso em: 20 out. 2025.
- Proffitt, C. E., & Devlin, D. J. (2005). Long-Term Growth and Succession in Restored and Natural Mangrove Forests in Southwestern Florida. *Wetlands Ecology and Management*, 13(5), 531–551. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11273-004-2411-9>. Acesso em: 09 out. 2025.
- Quadros, A. F., Nordhaus, I., Reuter, H., & Zimmer, M. (2019). Modelling of mangrove annual leaf litterfall with emphasis on the role of vegetation structure. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 218, 292–299. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.12.012>. Acesso em: 09 out. 2025.
- Reis, A., Martins, A., Costa, Y., Rovai, A., & Barros, F. (2025). Understanding saltmarsh distribution and mangrove co-occurrence at tropical estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 323, 109413. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272771425002914>. Acesso em: 09 out. 2025.
- Restrepo, V. B., Castañeda-Moya, E., Kominoski, J. S., & Solohin, E. (2025). Multiple factors explain species-specific regeneration of mangrove seedlings and saplings after a major hurricane. *Ecosphere*, 16(6), e70298. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ecs2.70298>. Acesso em: 05 de jun. 2026.
- Ribeiro, F. P., Sá, A. C. D. S. de, & Rodrigues, G. G. (2026). Where does the hypersaline plain (apicum) begin and end in the intertidal zone of the Brazilian coast? *Veredas Do Direito*, 23(5), e235614–e235614. Disponível em: <https://doi.org/10.18623/rvd.v23.5614>. Acesso em: 05 de jun. 2026.
- Salas-Rabaza, J. A., Reyes-García, C., Méndez-Alonzo, R., Us-Santamaría, R., Flores-Mena, S., & Andrade, J. L. (2024). Hydroperiod modulates early growth and biomass partitioning in *Rhizophora mangle* L. *Aquatic Botany*, 191, 103747. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2023.103747>. Acesso em: 05 de jun. 2026.
- Sannigrahi, S., Zhang, Q., Pilla, F., Joshi, P. K., Basu, B., Keesstra, S., Roy, P. S., Wang, Y., Sutton, P. C., Chakraborti, S., Paul, S. K., & Sen, S. (2020). Responses of ecosystem services to natural and anthropogenic forcings: A spatial regression based assessment in the world's largest mangrove ecosystem. *Science of The Total Environment*, 715, 137004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720305143>. Acesso em: 07 out. 2025.
- Santana, N. M. G. de. (2013). *Apicuns de Barra de Catuama-PE: análise espaço temporal e características físicas e químicas dos sedimentos* [masterThesis]. Disponível em:

- <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29289>. Acesso em: 07 out. 2025.
- Santana, J. P., Oliveira, E. V. da S., Dantas, T. V. P., Landim, F., & Rochas, P. A. da. (2020). Fitossociologia de manguezais em zonas urbanas: Um estudo de caso em Aracaju, Sergipe. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(5), 2103–2113. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/244127>. Acesso em: 07 out. 2025.
- Santos Junior, H. B. dos., Araújo, E. A. A., Rodrigues, J. I. de M., Martins, W. B. R., Rangel-Vasconcelos, L. G. T., & Oliveira, F. de A. (2021). Fitossociologia e propriedades físicas da liteira em um ecossistema sucessional alterado pela agricultura itinerante na Amazônia oriental. *Scientia Plena*, 17(6). Disponível em: <https://www.scienciaplenu.org.br/sp/article/view/6082>. Acesso em: 05 out. 2025.
- Santos, T. O., Andrade, K. V. S., Santos, H. V. S., Castaneda, D. A. F. G., Santana, M. B. S., Holanda, F. S. R., & Santos, M. J. C. (2012). Caracterização estrutural de bosques de mangue: Estuário do São Francisco. *Scientia Plena*, 8(4(b)). Disponível em: <https://www.scienciaplenu.org.br/sp/article/view/1010>. Acesso em: 05 out. 2025.
- Santos, M. do C. F., & Ribeiro, F. P. (2019). Manejo da pesca do guaiamum: uma alternativa para conservação das áreas de apicum do nordeste oriental brasileiro. *Revista CEPSUL - Biodiversidade e Conservação Marinha*, 8, e2019004–e2019004. Disponível em: <https://doi.org/10.37002/revistacepsul.vol8.861e2019004>. Acesso em: 05 out. 2025.
- Schaeffer-Novelli, Y. (1995). Manguezal: Ecossistema entre a Terra e o Mar. *Caribbean Ecological Research*. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000882587>. Acesso em: 05 out. 2025.
- Schaeffer-Novelli, Y., Vale, C. C., & Cintrón, G. (2015). Monitoramento do ecossistema manguezal: estrutura e características funcionais. In A. Turra & M. R. Denadai (Orgs.), *Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros – Rede de Monitoramento de Habitat Bentônicos Costeiros – ReBentos* (pp. 62–80). Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/x49kz/pdf/turra-9788598729251-05.pdf>. Acesso em: 05 out. 2025.
- Silva, S. A., Barros, V. P. de O., & Oliveira, A. R. de. (2020). Estrutura fitossociológica do manguezal da Lagoa do Roteiro, Alagoas, Nordeste do Brasil. *Ciência Florestal*, 30(2), 532–541. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/39676>. Acesso em: 05 out. 2025.
- Silva, J. B. da, & Torres, M. F. A. (2021). Assinatura Energética dos Manguezais no Domínio Costeiro Brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(4), 2286–2303. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/249390>. Acesso em: 05 out. 2025.
- Sitthi, A., Pimple, U., Pioniot, C., & Gond, V. (2025). Assessing the effectiveness of mangrove rehabilitation using above-ground biomass and structural diversity. *Scientific Reports*, 15(1), 7839. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-92514-7>. Acesso em: 08 de jun. 2026.
- Souza, A. C. D., Souza, Y. G. de, Souza, J. L. de, Costa, D. F. da S., & Pinheiro, L. de S. (2023). A produção científica do serviço ecossistêmico de proteção costeira por manguezais. *Meio Ambiente (Brasil)*, 5(2). Disponível em: <https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/299>. Acesso em: 05 out. 2025.
- Solano, J. H., Moitinho, M. A., Chiaramonte, J. B., Bononi, L., Packer, A. P., Melo, I. S., Dini-Andreote, F., Tsai, S. M., & Taketani, R. G. (2024). Organic matter decay and bacterial community succession in mangroves under simulated climate change scenarios. *Brazilian Journal of Microbiology*, 55(4), 3353–3362. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42770-024-01455-2>. Acesso em: 21 de out. 2025.
- Teódulo, J. M. R., Silva, E. V. da, Teódulo, M. J. R., & Cirino, C. da S. (2024). Geomorfometria da bacia hidrográfica do Rio Gramame, litoral sul da Paraíba, Nordeste do Brasil. *Research, Society and Development*, 13(8), e0113846502–e0113846502. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/46502>. Acesso em: 22 de out. 2025.
- Valderrama, D., Polanía, J., Aguirre, V., & Orrego, S. A. (2026). Species-specific growth models inform sustainable management of *Rhizophora* mangle in the Colombian Caribbean. *Wetlands Ecology and Management*, 34(3), 38. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11273-026-10139-7>. Acesso em: 03 de jun. 2026.
- Vikou, SV de P., da Paz, OL de S., Pilatti, DM, & de Paula, EV (2023). Análise da pressão antrópica sobre os manguezais urbanos: subsídios para a

- proteção ambiental e o planejamento territorial. *Sociedade & Natureza*, 35 (1). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/3RMRdWhj3FcFdb3nGj5YHVG/?format=html&lang=en>. Acesso em: 22 de out.2025.
- Wang, L., Fu, Y., Yuan, Z., Wang, J., & Guan, Y. (2024). Identification and analysis of short-term and long-term salt-associated lncRNAs in the leaf of *Avicennia marina*. *BMC Plant Biology*, 24, 500. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11151563/>. Acesso em: 22 de out.2025.
- Wang, W., Xin, K., Chen, Y., Chen, Y., Jiang, Z., Sheng, N., Liao, B., & Xiong, Y. (2024). Spatio-temporal variation of water salinity in mangroves revealed by continuous monitoring and its relationship to floristic diversity. *Plant Diversity*, 46(1), 134–143. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pld.2023.06.006>. Acesso em: 05 de jun. 2026.
- Winterwerp, J. C., Bayney, A., Engel, S., Jack, L., Moseley, K., & Smits, B. (2025). Mangrove recovery by habitat restoration using nature-based solutions. *Ecological Engineering*, 212, 107520. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925857425000084>. Acesso em: 22 de out.2025.
- Yoshikai, M., Nakamura, T., Suwa, R., Sharma, S., Rollon, R., Yasuoka, J., Egawa, R., & Nadaoka, K. (2022). Predicting mangrove forest dynamics across a soil salinity gradient using an individual-based vegetation model linked with plant hydraulics. *Biogeosciences*, 19(6), 1813–1832. Disponível em: <https://bg.copernicus.org/articles/19/1813/2022/>. Acesso em: 22 de out.2025.
- Zhang, L., Zhang, Y., Deng, Y., Guo, P., Wang, W., & Wang, M. (2025). A espécie exótica *Laguncularia racemosa* impulsiona mudanças rápidas em comunidades de restauração de lagoas para manguezais. *Global Ecology and Conservation*, 58, e03481. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989425000824>. Acesso em: 22 de out.2025.