

ESTRUTURA DE MANGUEZAIS EM DIFERENTES ESTÁGIOS SUCESSIONAIS NO ESTUÁRIO DO RIO PIAUÍ, SERGIPE-BRASIL

Ricardo V. Kilca¹
Malcon do P. Costa²
Roselaine R. Zanini³
Fabricio A. Carvalho⁴
Adnilton F. da Costa⁵

Abstract

A comparative study of three mangrove forests was held in Piauí river estuary, south coast of Sergipe State, Brazil. The forests represented the following successional stages: initial (P), intermediate (P2) and advanced (P3). Plots of 500 m² were set up in each forest, and all trees with DBH \geq 1.59cm were sampled and measured. The differences between forests tree communities and its main populations were analyzed through mean tests, including several structures parameters. A linear regression analysis was applied to the main populations to test the occurrence of allometric patterns, and made inferences about their growth aspects. The results showed that the densities of individuals and richness of species decreased, while height, diameter and basal area of trees increased significantly according to successional stages. Species richness were higher in P1 (4 spp.), followed by P2 (2 spp.) and P3 (1 spp.). However, only *Laguncularia racemosa* (P1) and *Rizophora mangle* (P2 e P3) were the most important species in forest structures. *Laguncularia racemosa* tended to invest more in height growth in a mangrove initial stage, while *R. mangle* invested more in radial growth in a mangrove advanced stage. The studied forest mangroves in Piauí presented structural aspects similar to those founded throughout mangroves with similar ages along Northeastern and Southeastern coast of Brazil.

Key-words: Mangroves, secondary succession, Sergipe coast.

Resumo

Um estudo comparativo entre três florestas de mangue foi realizado no estuário do rio Piauí, sul do litoral de Sergipe. As florestas representaram os estágios, inicial (P1), intermediário (P2) e avançado (P3) de sucessão. Em cada floresta

¹ Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais (UFU), PPG em Estatística e Modelagem Quantitativa – UFSM.

² Mestre em Ciências Florestais (UFLA), PPG em Engenharia Florestal - UFSM

³ Doutora em Epidemiologia (UFLA), PPG em Estatística e Modelagem Quantitativa – UFSM.

⁴ Doutor em Ecologia (UnB), Analista Ambiental do Instituto Estadual do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (INEA), Superintendência IX-X (Supsul), Campos dos Goytacazes - RJ.

⁵ Mestre em Ecologia (UnB), Instituto Amuirandê, Aracaju - SE.

Endereço para correspondência: PPG-Estatística e Modelagem Quantitativa, CCNE, Prédio 13, sala 1205A. Universidade Federal de Santa Maria, Cidade Universitária – Camobi, km 9, CEP 97105-900, Fone(55) 3220 8612, e-mail: rvkilka@gmail.com.

foram instaladas parcelas de 500m² onde todos os indivíduos arbóreos com DAP \geq 1,59cm foram amostrados e mensurados. Foram avaliadas as diferenças na comunidade e das principais populações arbóreas entre as três florestas utilizando testes de diferenças de médias para os atributos estruturais. Uma análise de regressão linear foi empregada para verificar a existência de padrões alométricos nas principais espécies e inferir sobre suas características de crescimento. Os resultados revelaram que a densidade de indivíduos e riqueza de espécies diminuíram e a altura, o diâmetro dos caules e a área basal aumentaram significativamente com o avanço do estágio de sucessão do manguezal. A riqueza de espécies foi maior na P1 (4 spp.), seguido da P2 (2 spp.) e P3 (1 spp.). Entretanto, apenas *Laguncularia racemosa* (P1) e *Rizophora mangle* (P2 e P3) apareceram como espécies mais importantes na estrutura das comunidades. *Laguncularia racemosa* tendeu a investir mais em crescimento em altura no mangue em estágio inicial ao passo que *R. mangle* investiu mais em crescimento radial no mangue em estágio tardio de desenvolvimento. Os mangues do rio Piauí possuíram características estruturais em comum com outros mangues de idades similares da região litorânea nordeste e sudeste do Brasil.

Palavras-chave: Manguezais, sucessão secundária, litoral Sergipe.

Introdução

Estuário é um corpo de água costeiro semi-fechado, com uma livre ligação com oceano aberto, no interior do qual a água do mar é diluída pela água doce proveniente da drenagem continental (Kjerfve, 1989). Nos trópicos, a região costeira de transição entre o ambiente terrestre e marinho é caracterizada pela predominância de florestas de mangue (Richards, 1952; Rodrigues, 1975). Neste ambiente de transição, os manguezais apresentam elevada complexidade estrutural e funcional em resposta às condições do ambiente inundável, salgado, redutor, anóxico, e pelas alterações geomorfológicas (Schaeffer-Novelli, 2002). A importância dos manguezais na região litorânea deve-se aos diversos serviços ambientais realizados como filtros biológicos, habitat para espécies produtoras e exportadoras de detritos, controladores da hidrodinâmica, erosão, e estabilizadores da linha costeira. Como fontes de produtos naturais renováveis, atuam na manutenção da produção pesqueira, fonte de lenha e carvão, extração de tanino, produção de mel e base para diversos produtos manufaturados (FAO, 2003).

Ao longo do litoral brasileiro, existem algumas centenas de estuários com dimensões variando desde poucos até centenas de quilômetros. Os estuários localizados entre os estados do Amapá e Santa Catarina distinguem-se por apresentar, em geral, uma estreita faixa de florestas de mangue (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1985). A caracterização estrutural da vegetação de mangue constitui uma valiosa ferramenta para o entendimento da resposta desses ecossistemas às condições ambientais existentes, às pressões antrópicas, bem como aos estudos e ações que levam à conservação do ambiente (Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986). Lugo *et al.* (1981) citam a importância de realizar estudos em manguezais alterados, pois demonstram a

capacidade de regeneração desses ecossistemas frente à impactos e que, conseqüentemente, poderão nortear a formulação de projetos de recuperação desses ecossistemas. A análise de mangues alterados e em diferentes estágios sucessionais de desenvolvimento pode fornecer importantes pistas sobre a sucessão secundária pós-distúrbio.

No Brasil, a vegetação de mangue é considerada como Área de Preservação Permanente e diversos dispositivos constitucionais (Constituição Federal e Constituições Estaduais) e infra-constitucionais (leis, decretos, resoluções, instruções normativas) impõe uma série de ordenações do uso e/ou de ações em áreas de manguezais (Schaeffer-Novelli, 2002). Entretanto, os manguezais encontram-se seriamente ameaçados em várias regiões do Brasil (Lacerda, 1999) e um grande empecilho para o desenvolvimento de uma correta política de conservação, recuperação e/ou utilização sustentável dos recursos dos manguezais esbarra justamente na grande carência de estudos e informações científicas acerca desses ecossistemas. São raros, por exemplo, os estudos que avaliam as mudanças na vegetação de mangue frente aos impactos/perturbações naturais e/ou antrópicas (ver Panitz & Porto Filho, 1995; Soares, 1999; Souza & Sampaio, 2001; Soares *et al.*, 2003, Bernini & Resende, 2004; Silva *et al.*, 2005).

Os manguezais remanescentes do estado do Sergipe apresentam uma das maiores áreas dessa vegetação na região nordeste (Lacerda, 1999). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, o estuário do rio Piauí comporta uma das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade, denominada Complexo estuarino Piauí - Fundo Real (MMA, 2002). Conforme os registros disponíveis, ainda são raros os inventários biológicos nessa região (MMA, 2002), principalmente sobre a estrutura dos manguezais existentes, o que impede um melhor esclarecimento sobre o potencial desses ecossistemas para a biodiversidade regional dentro das políticas de conservação existentes. Portanto, esse estudo foi elaborado com objetivo de fornecer informações sobre a estrutura das espécies nos manguezais e algumas características acerca da sucessão desses ecossistemas no estuário do rio Piauí, uma das mais importantes áreas para conservação da biodiversidade do estado do Sergipe.

Material e métodos

Área de estudo – O estuário do rio Piauí, localiza-se no extremo sul da região fisiográfica do litoral do Sergipe (11°26' S e 37°23'O). O clima da região é do tipo megatérmico úmido a sub-úmido (Aw, segundo a classificação de Köppen), com temperatura média no ano de 27,7°C, precipitação pluviométrica média anual de 1.561,7mm e período chuvoso de fevereiro a agosto. O relevo está representado por planícies flúvio-marinhas e solos Areno-quartzosos marinhos e solos indiscriminados de mangues, fixando vegetação de Mata Atlântica e vegetação de mangue (SEPLANTEC/SUPES, 2000). As três áreas de mangue inventariadas neste estudo localizam-se nas margens do rio Piauí, entre as localidades de Terra Caída, no município de Indiaroba e Porto dos Cavalos, no município de Estância (Figura 1).

Conforme Franco (1983), as margens do rio Piauí apresentam o manguezal como a vegetação predominante, podendo atingir grande porte (15-20 m). O autor registrou que uma porção significativa de áreas de mangue foram bastante exploradas no passado para a fabricação de lápis. Nas áreas de interflúvio do rio Piauí ocorre também vegetação de campo de várzea, campo e mata de restinga, vegetação de praia e dunas, mata perenifolia ou mata atlântica e vegetação de cerrado sentido restrito (Franco 1983).

As três parcelas sofrem influência diária da maré, que cobre diariamente os solos das florestas. As amostragens da vegetação foram realizadas no período de baixa-mar (~11:00 até ~16:00). Os mangues de diferentes idades foram escolhidos de acordo com suas diferenças fisionômicas, principalmente quanto ao porte das florestas, e assim caracterizados:

Parcela 1 (P1) - porção de vegetação de mangue com elevada densidade de indivíduos de pequeno porte. Essa vegetação teve histórico de corte raso e foi denominado de mangue em estágio inicial de regeneração. O substrato da floresta foi predominante de textura arenosa. Localizada em Terra Caída, margem esquerda do rio Piauí (Figuras 1 e 2);

Parcela 2 (P2) - porção de vegetação de mangue com indivíduos de maior porte que em P1. Apresentou histórico de trechos da vegetação que sofreram diferentes intensidades de corte e, portanto, foi denominada de mangue em estágio intermediário de regeneração. O substrato predominante da floresta foi de lama argilosa. Localizada em Porto dos Cavalos (Figura 1 e 2).

Parcela 3 (P3) - porção de vegetação de mangue com os indivíduos de maior porte. Não foram encontrados registros de perturbação antrópica nesse manguezal, entretanto, seu porte não é maior do que os manguezais considerados em estágio maduro no estuário (R.V. Kilca, obs. pess.). Assim, esse manguezal foi denominado de mangue em estágio avançado de sucessão. O substrato predominante foi argiloso. Localizada distante 10 m da Parcela 2, em Porto dos Cavalos (Figuras 1 e 2).

Segundo a classificação de Cintrón *et al.* (1980), as florestas de mangue estudadas são do tipo fisiográfico ribeirinho, o qual margeia rios e canais de maré e exhibe melhor desenvolvimento estrutural, quando comparado aos outros tipos fisiográficos (franja e bacia).

Delineamento amostral da vegetação – Foram instaladas cinco parcelas de 10m X 10 m em cada uma dos três fragmentos de mangues com diferentes idades. No interior de cada sub-parcela foram medidas todas as espécies arbóreas com circunferências dos caules maior que 5 cm (ou DAP \geq 1,59) a uma altura de 1,30 m do nível do sedimento, exceto para a *Rizophora mangle* que teve medidas de seus caules tomadas a 1m acima da inserção do rizóforo mais alto (quando presente). As plantas com múltiplos caules tiveram seus caules contabilizados no cálculo de área basal. As alturas totais das plantas foram estimadas visualmente. Os nomes botânicos das espécies arbóreas e suas respectivas famílias seguiram a classificação taxonômica conforme APG (APG II, 2003).

Delineamento Estatístico – Para a caracterização estrutural das espécies em cada floresta de mangue foram calculados os seguintes atributos fitossociológicos (conforme Müller-Dombois & Ellenberg, 1974): densidade absoluta (DA: ind./ha), densidade relativa por espécie (DR: %), frequência absoluta por espécie (FA: %), área basal por espécie (AB: $m^2 \cdot ha^{-1}$) e o índice do valor de importância por espécie (VI: %). Esses atributos forneceram as informações gerais sobre as populações mais importantes em cada um dos estágios de desenvolvimento do manguezal. Uma estimativa integrada do porte de todos os indivíduos amostrados em cada um dos três manguezais foi apresentada através de gráficos de dispersão com valores de $Altura \times DAP$.

Outros atributos foram calculados para cada comunidade como um todo: altura (m), diâmetro dos caules (cm) e área basal total (AB estimada em $m^2 \cdot ha^{-1}$). Os dois primeiros atributos tiveram seus valores médios comparados entre os três estandes através do teste ANOVA de um fator, seguido do teste de Tukey, para o atributo altura (dados paramétricos) e do teste Kruskal-Wallis, para DAP (dados não-paramétricos). No caso em que foi necessário comparar esses mesmos atributos apenas entre dois sítios, foi utilizado o teste t (Student) para amostras independentes (para altura) ou o teste U de Mann-Whitney (para DAP).

As espécies consideradas mais importantes no processo de sucessão tiveram avaliados seus aspectos de crescimentos. A relação dos valores de altura e DAP dos indivíduos amostrados foram analisadas através de análise de regressão com os valores originais dos dois atributos (dados logaritmizados e normalizados não demonstraram mudanças significativas na análise). Os dados permitiram inferir se as espécies investem mais em crescimento em altura (longitudinal), em radial (DAP) ou uniforme (altura e DAP) nas diferentes idades dos mangues. Foram realizados testes de adequação dos modelos gerados por meio de análises de linearidade dos parâmetros (teste *F*), de normalidade (teste Kolmogorov-Smirnov), de homocedasticidade (análise de dispersão dos resíduos) e autocorrelação dos resíduos (teste de Durbin-Watson). As análises de regressão entre o diâmetro e a altura das plantas foram realizadas a partir de modelos de regressão linear simples e não lineares, de acordo com o comportamento das variáveis. Foram utilizados os modelos não lineares de crescimento de Huxley (1924) e a regressão logística (Sterck & Bongers, 1998). Para todos os testes estatísticos foi considerado um nível de significância de 5%. Todas as análises e gráficos foram elaborados nos softwares Statistica v.6.0[®] (Statsoft, 2001) e R v.2.9.2 (Crawley, 2007).

Resultados

A análise das três parcelas de mesmo tamanho amostral revelou que a densidade de plantas tende a decrescer com o aumento da idade do mangue. O decréscimo na densidade foi comprovado tanto pelos valores absolutos obtidos por parcela ($500m^2$) como pela média das densidades por unidade amostral ($100m^2$). Entretanto, não foi considerado significativo o decréscimo médio entre a P2 e a P3 (Tabela 1). Por outro lado, a média de altura das plantas foi significativamente maior na floresta madura (P3) em relação às duas

florestas em estágios secundários (P1 e P2). A área basal estimada também aumentou com a idade do manguezal (Tabela 1). Da mesma forma, foi registrado o aumento significativo da mediana para os atributos diâmetros dos caules (DAP) na P3 em relação as P2 e P1. (Tabela 1). Embora tenha sido registrado um maior valor na média para altura e na mediana para o DAP na P2 em relação à P1, essa diferença não foi significativa estatisticamente (Tabela 1).

O mangue em estágio sucessional mais jovem (P1), apresentou o maior número de espécies, com *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn., *Avicennia germinans* (L.) L., *A. schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke e *Rizophora mangle* L.. O mangue em estágio sucessional intermediário (P2), apresentou duas espécies (*L. racemosa* e *R. mangle*) e o mangue em estágio maduro (P3) apresentou monodominância de *Rizophora mangle* (Tabela 2). Os parâmetros fitossociológicos dessas espécies diferiram entre as três idades de mangues. No mangue de idade mais jovem e sobre solos arenosos, a espécie *Laguncularia racemosa* ocorreu em todas as subunidades amostrais e teve um total de 173 indivíduos amostrados, que representou 97% da densidade total da parcela (DR). A dominância relativa dessa espécie também foi elevada (DoR= 94,75%) e, finalmente, apresentou-se como maior valor de importância (82,68%) da comunidade. A área basal de *L. racemosa*, estimada, foi igualmente a mais elevada ($4,18\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$) e sua estimativa de densidade por hectare ficou em torno de 3.540 indivíduos. A espécie *Avicennia schaueriana* ocorreu com dois indivíduos, sendo a segunda mais importante do estande (VI= 8,84%) devido, principalmente aos elevados valores de diâmetro dos caules dos indivíduos amostrados (DoR= 3,17%; AB= $0,14\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$). A estimativa de densidade por hectare para esta espécie ficou em torno de 40 indivíduos. *Avicennia germinans* e *R. mangle* foram as espécies que apresentaram apenas um indivíduo e, conseqüentemente os menores valores fitossociológicos do estande. A primeira espécie obteve maior VI que a segunda pelo fato de apresentar indivíduos de maior porte (AB= $0,08\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$). Estimou-se uma densidade de 20 ind./ha para as duas espécies nos mangues em estágio inicial de sucessão (Tabela 2). Não foram amostrados indivíduos mortos em pé na parcela 1. O gráfico de dispersão dos indivíduos amostrados na P1, conforme seus valores de DAP e altura, permitiram observar que a maioria dos indivíduos de *L. racemosa* apresentaram baixo porte (a maioria abaixo de 3,5m de altura e 6cm de DAP), sendo o maior diâmetro atingido igual a 12 cm (Figura 3A). A segunda mais importante da comunidade, *A. schaueriana*, demonstrou indivíduos com elevado porte (três dos cinco indivíduos com DAP > 6cm e altura > 4m) juntamente com *A. germinans*, que também atingiu elevado porte (DAP = 8cm e altura = 4m.) (Figura 3A).

No mangue em estágio intermediário de sucessão, situado em solos argilosos, ocorreram duas espécies. *Rizophora mangle* apresentou maior densidade ($n_{P2}= 63$, DR= 69%) e porte dos indivíduos (AB = $2,60\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$, DoR= 56,7%) em relação à *L. racemosa* ($n_{P2}= 26$, DR= 28%; AB= $1,91\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$; DoR= 41,71%). Assim, *R. mangle* possuiu também maior valor de importância na comunidade (VI= 56,8%) seguido de *L. racemosa* (VI= 38,2%). A estimativa

de número de indivíduos por hectare foi de 1260 ind. para *R. mangle* e 520 ind. para *L. racemosa* (Tabela 2). Foram amostrados apenas dois indivíduos mortos, com baixa importância para a comunidade (Tabela 2). Pode-se constatar também, que nessa parcela os indivíduos de *R. mangle* tenderam a apresentar indivíduos com maior porte que *L. racemosa* (Figura 3B). A primeira espécie apresentou a maior altura (com 8,3m) e *L. racemosa* o indivíduos com o maior diâmetro de caule (DAP > 15cm) (Figura 3B).

Por fim, o mangue em estágio sucessional mais avançado (P3), foi representado por apenas uma espécie, *Rizophora mangle* com 42 indivíduos amostrados que representou 93% do VI, 97,6% da DR e 99,64% da DoR. Embora com pouca densidade a área basal da espécie foi muito expressiva (AB= 16,73 m²/ha⁻¹), sendo a maior dentre os três estandes. Estimou-se que um hectare de mangue em estágio sucessional avançado possa ter 840 indivíduos (Tabela 2). Nessa comunidade foi amostrado apenas um indivíduo morto em pé (Tabela 2, Figura 3C). *Rizophora mangle* apresentou grande porte dos indivíduos, a maioria desses com altura maior que 8m e DAP maior que 10cm. Os maiores portes ficaram para indivíduos com 10m de altura e DAP > 16cm (Figura 3C).

As populações de *L. racemosa* diferiram significativamente quanto às médias de altura e DAP nos mangues em fase inicial e intermediário de sucessão, embora os valores médios tenham ficado no limite da rejeição dessa diferença (Tabela 3). Demonstrou-se que a altura foi o atributo que decresceu e o DAP foi o atributo que aumentou entre a P1 para a P2 (Tabela 3). As populações de *R. mangle* apresentaram maiores diferenças para os atributos altura e DAP, sendo o mangue em estágio avançado maduro com maiores valores médios nesses dois atributos que o mangue em estágio intermediário de sucessão (Tabela 3).

As diferentes idades de mangue também demonstraram que essas duas espécies apresentaram padrões de crescimentos específicos relacionados com o estágio de desenvolvimento do manguezal. As análises de regressão para AlturaxDAP das espécies foram altamente significativas. *Laguncularia racemosa* demonstrou que os valores dos coeficientes de determinação foram menores na P1 em relação à P2. Essas correlações menores deveram-se às maiores variações da relação AlturaxDAP nos indivíduos mais jovens, onde a população variou mais na altura do que no DAP. Devido a esse comportamento foi necessário o ajuste do modelo de regressão logística para melhorar a precisão das estimativas.

Pode-se estimar que a taxa de crescimento da altura em função do DAP para *L. racemosa* na P1 e interpretação da regressão logística, que o valor de 4,0485 relaciona-se a aproximadamente ao valor máximo de altura que a população alcançou no local, o valor de 0,8395 está relacionado ao ponto de inflexão da curva, ou seja, o ponto em que a taxa de aumento da altura com o diâmetro deixa de ser positiva para ficar negativa, e o valor de 2,1301 se relaciona com o aumento no crescimento em altura em relação ao diâmetro (Altura= 4,0485 / {1+e^[(0,8395-DAP)/2,1301]}, Figura 4). Assim, o modelo ajustado explicou apenas 42% da variação da altura em função do DAP. Na

P2, pode-se notar melhor a distribuição dos valores de Altura e DAP para *L. racemosa* sem a concentração de valores nas classes menores. Houve, conseqüentemente, maior correlação entre as duas variáveis ($r = 0,75$) e o modelo gerado demonstrou um aumento exponencial na altura de 1,71787 unidades de DAP dos indivíduos elevadas a um expoente de 0,29977 (Altura = $1,71787 \times \text{DAP}^{0,29977}$). Assim, 68% da variação da altura foi explicada pelo aumento no DAP. Nesse sentido, pode-se inferir que o crescimento dessa espécie foi exponencial nesse estágio de desenvolvimento do bosque. Conforme esses resultados, estimou-se que *Laguncularia racemosa* apresentou um comportamento de investir rapidamente em crescimento em altura (longitudinal), mais do que em DAP, na fase inicial de regeneração do mangue. Já na fase intermediária de sucessão, o crescimento dessa espécie tende a ser uniforme para altura e DAP (crescimento longitudinal e radial).

A espécie *R. mangle* também apresentou diferentes padrões de crescimento nos estágios intermediário (P2) e avançado de sucessão (P3) dos manguezais. Na P2, o modelo demonstrou que houve um acréscimo de 0,34 m de altura a cada aumento de 1 cm de DAP (Altura = $1,87595 + 0,34299\text{DAP}$). Apenas 56% da variação da altura foi explicada pela variação do DAP. Este padrão representa também um crescimento contínuo e uniforme para a espécie. No mangue em estágio avançado de sucessão, *R. mangle* apresentou um aumento exponencial na altura de 0,79316 unidades de DAP dos indivíduos elevadas a um expoente de 0,3181 (Altura = $0,79316 \times \text{DAP}^{0,3181}$). O modelo demonstrou que 25% da variação da altura foi explicada pela variação do DAP. Esse padrão informa que a espécie tende a investir mais em DAP do que em altura nos manguezais mais antigos. Todos os modelos apresentados foram validados através das análises dos seus respectivos resíduos os quais apresentaram normalidade, correlação residual não significativa e homocedasticidade (dados não apresentados).

Discussão

As quatro espécies amostradas nesse trabalho são as principais representantes das florestas de mangue no estuário do rio Piauí: *Rhizophora mangle* (mangue vermelho ou gaitera), *Laguncularia racemosa* (mangue branco ou tinteira), *Avicennia germinans* (mangue preto) e *A. schaueriana* (mangue siriúba ou canoé) (Franco 1983). Além dessas, outras, menos freqüentes, que foram observadas em diferentes locais do estuário são também comuns para a região nordeste: *Dalbergia ecastophillum* (L.) Taubert. (cipó bugi) e *Annona glabra* L. (panã), *Conocarpus erectus* (mangue-de-botão) e *Hibiscus tiliaceus* (guaxuma) (Franco, 1983; Lacerda, 1999; Souza & Sampaio, 2001; Calado & Sousa, 2003; Maia *et al.*, 2005). Nas áreas mais freqüentes à inundação ocorrem *R. mangle* e *L. racemosa*, as demais espécies são típicas de áreas que sofrem menos intervenção da variação de alagamento (Schaefer-Novelli, 2002). Lacerda (1999) cita que as espécies amostradas nesse estudo apresentam seu limite norte o estado do Amapá e o limite sul o estado de Santa Catarina, com exceção de *A. germinans* com limite no estado do Rio de Janeiro. Segundo o autor, dentro da região de abrangência essas espécies são

as mais freqüentes do litoral brasileiro. A baixa diversidade de espécies vegetais amostradas reflete uma característica singular dos manguezais da região Atlântica, Caribenha e do Pacífico Leste (Ellinson *et al.*, 1999).

A riqueza de espécies foi maior no mangue em estágio inicial de regeneração (P1) e menor no mangue em estágio mais avançado de sucessão (P3), concordando com outros estudos que relacionam o distúrbio como fator principal para promover a diversidade em manguezais, e que mangues mais antigos tendem a serem monodominantes (Soares, 1999; Soares *et al.*, 2003).

Nos manguezais avaliados, as espécies apresentaram variações em suas estruturas populacionais seguindo o gradiente de idade das florestas, onde a densidade de indivíduos decresceu e o porte da floresta aumentou (altura, DAP e AB) com avanço da sucessão. Soares (1999) investigou 15 florestas de mangue em diferentes estágios sucessionais e níveis de perturbação na Lagoa da Tijuca no Rio de Janeiro e registrou que manguezais perturbados e em regeneração apresentaram maiores densidades e menores valores de área basal (AB), diâmetro dos caules (DAP) e altura em relação aos bosques mais preservados e em estágio sucessional mais avançado. De forma similar com o presente estudo, Soares (1999) constatou uma relação consistente entre a estrutura e a composição de espécies nos mangues. Mangues alterados e de pequeno porte foram representados por grande número de *L. racemosa* e bosques mais preservados e desenvolvidos apresentaram predominância de *R. mangle*. Souza & Sampaio (2001) compararam 15 florestas de mangues em quatro níveis de perturbação no complexo estuarino de Suape e constataram que a densidade tende a diminuir no sentido de mangues perturbados para mangues não-perturbados e o porte (Altura, AB, DAP) tende a aumentar no mesmo sentido. Bosques preservados de grande porte e com monodominância de *R. mangle* também foram registrados pelos autores, assim como mangues em fase inicial de regeneração e em regeneração avançada onde predominaram *L. racemosa* com maior densidade e valor de importância. Mangues no estado do Piauí (litoral norte) em três estágios distintos de conservação também demonstraram decréscimo na densidade e aumento na estatura das florestas no sentido maior-menor degradação onde as espécies mais representativas dessas condições foram *L. racemosa* e *R. mangle*, respectivamente (de Deus *et al.* 2003). Esses resultados também estabeleceram uma relação positiva com alguns estudos desenvolvidos em décadas passadas em mangues neotropicais. Lugo & Snedaker (1974), também consideram que o tempo diminui a diversidade dos mangues devido à seleção do ambiente e tende a formar bosques monodominantes. De uma forma geral, mangues com maior freqüência de distúrbios, podem apresentar maior número de espécies e o predomínio do gênero *Laguncularia* e ausência de Rizophoraceae (Smith III, 1992).

As características estruturais gerais das três comunidades condizem com mangues com diferentes estágios sucessionais avaliados em outras regiões da costa brasileira. No estuário do Suape em Pernambuco, foram registradas florestas preservadas de mangue com 12 a 18m de altura e caules entre 19 e 34cm de DAP. Na mesma região, mangues em estágio inicial de

regeneração atingiram 2,2m de altura e 9cm de DAP máximo e mangues em estágios médios de sucessão apresentaram em torno de 6,5m de altura e 12 cm de DAP (Souza & Sampaio, 2001). Esses valores foram muito parecidos com os obtidos nos manguezais do rio Piauí, o que legitima as denominações empregadas.

Embora os dados obtidos nesse estudo concordem com outras pesquisas realizadas em mangues do litoral brasileiro, não se pode considerar esses resultados como padrões de regra entre as florestas de mangue. Outros estudos demonstraram características diversificadas, como a existência de manguezais em regeneração inicial com monodominância ou predominância de *R. mangle*, florestas bem desenvolvidas estruturalmente com monodominância de *L. racemosa* ou *A. schaueriana*, e uma variedade grande na riqueza de espécies em sítios com diferentes estágios de conservação (ver exemplos em Richards, 1952; Soares, 1999; Souza & Sampaio, 2001; Soares *et al.*, 2003; Olmos & Silva, 2003; Silva *et al.*, 2005). Essas mudanças estão relacionadas às condições de grau de perturbação, padrões de zonação e fatores físicos do ambiente onde ocorrem, indicando que as características sucessionais variam de acordo com os condicionantes bióticos e abióticos locais (Lugo & Snedaker, 1974; Schaffer-Novelli, 2002).

No presente estudo as análises de regressão através dos atributos AlturaxDAP revelaram que as duas espécies mais importantes ao longo da sucessão, *L. racemosa* e *R. mangle*, utilizam diferentes estratégias de crescimento de acordo com o estágio sucessional da floresta em que se encontram. *L. racemosa* apresentou, no mangue em estágio inicial de desenvolvimento, um crescimento mais longitudinal do que radial (maior crescimento em altura do que em DAP). No mangue em estágio intermediário de sucessão a espécie apresentou um crescimento mais uniforme (Figura 4). Nesse mesmo mangue, *R. mangle* também apresentou um crescimento uniforme porém, no mangue em estágio mais avançado a espécie demonstrou que tende a investir mais em crescimento radial do que longitudinal (Figura 4). Algumas informações sobre a biologia dessas espécies permitem entender sobre os comportamentos de crescimentos registrados. Ball (1980) e McKee (1995) consideram *L. racemosa* como uma espécie intolerante à sombra e dependente de sítios com solos mais férteis e estudos realizados no Brasil também concordam com essa hipótese (Soares, 1999; Menghini, 2004; Silva *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2007). Além disso, estudos demográficos indicam que *L. racemosa* apresenta uma elevada densidade em fases iniciais de regeneração de mangues (Soares, 1999) e alta taxa de mortalidade em ambientes de pouca luz (Menghini, 2004, Silva *et al.*, 2007). Portanto, a condição de elevada luminosidade no mangue em estágio inicial de desenvolvimento (P1) e menor luminosidade no mangue em sucessão intermediária (P2) pode ter sido fundamental para a predominância de *L. racemosa* e a sua estratégia de crescimento rápido nessas condições ambientais. Por outro lado, estudos mostram *R. mangle* como uma espécie tolerante à sombra (Ball, 1980, McKee, 1995), que geralmente atinge grande porte e bom desenvolvimento em florestas preservadas em solos lodosos (Soares, 1999). A condição ambiental

do mangue em estágio intermediário (P2) e avançado de sucessão (P3), favorece, portanto, o crescimento de *R. mangle*. A condição para que essa mesma espécie apresente um maior crescimento radial do que em altura na P3 pode estar relacionada com a possibilidade de que a floresta possa estar atingindo seu nível máximo de desenvolvimento, pois as florestas maduras na região geralmente atingem o máximo de 15-20 metros de altura, dependendo do sítio (Franco, 1983).

Este estudo de caso revelou algumas características das florestas de mangues no estuário do rio Piauí. A estrutura e alguns aspectos sucessionais dos mangues foram similares com registrados em outras florestas de mangues da região litorânea do nordeste e sudeste do Brasil, principalmente quanto à composição e dominância de uma espécie conforme o estágio de desenvolvimento do manguezal. Os impactos de corte da vegetação de manguezal alteram bruscamente tanto a estrutura das populações arbóreas como da comunidade como um todo. Assim, mangues em estágios secundários podem diferir significativamente dos manguezais em estágios maduros. A espécie *L. racemosa* apresentou grandes populações no mangue em estágio inicial onde os indivíduos demonstraram a tendência de crescimento rápido em altura, nos solos arenosos sujeitos à elevada luminosidade e alagamento diário. Por outro lado, *R. mangle* demonstrou maior densidade e desenvolvimento em mangues com idades mais avançadas de sucessão, onde há menor luminosidade disponível. O crescimento dessa espécie, quanto à altura e o DAP, demonstrou ser uniforme e constante em mangues em estágios intermediários, e investindo mais em DAP do que altura em mangues com idades avançadas. Os solos mais lodosos parecem beneficiar o desenvolvimento da espécie. Essas informações são de grande valia em programas de restauração de margens degradadas na região do estuário do rio Piauí. Entretanto, as florestas de mangue no estuário variam muito sua estrutura de acordo com as características físicas do ambiente (zonação), e por isso, a importância de mais estudos na região é fundamental para tirar conclusões seguras sobre a biologia das espécies e da estrutura das comunidades de mangues na região. Por se tratar de uma área de extrema importância para conservação da biodiversidade costeira (MMA, 2002), os estudos biológicos no estuário do rio Piauí devem ser incentivados. A parceria entre o governo, as universidades e o conjunto da sociedade vetor da atividade turística e de veraneio na região poderia resultar no desenvolvimento de programas, voltados principalmente para a população da localidade, que tenham o intuito de melhorar o conhecimento e a manutenção da biodiversidade local e regional.

Agradecimento

Ao Departamento de Estatística da Universidade Federal de Santa Maria por disponibilizar o software licenciado Statística v. 6.0 para as análises. Ao Dr. Luis Fernando Alberti por contribuir na elaboração do Abstract.

Referências

- APG (Angiosperm Phylogeny Group) II. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Bot. J.Linn.Soc.*, 141: 399-436.
- BALL, M.C. 1980. Patterns of secondary succession in a mangrove forest of south Florida. *Oecologia*, 44:226-235.
- BERNINI, E. & REZENDE, C.E. 2004. Estrutura da vegetação em florestas de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, 18 (3): 491-502.
- CALADO, T.C.S. & E.C. SOUSA. 2003. *Crustáceos do Complexo Estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba, Alagoas*. Maceió, Fapeal.
- CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1985. Características y desarrollo estructural de los manglares de Norte e Sur America. *Cienc. Interam.*, 25(1-4): 4-15.
- CINTRÓN, G.; LUGO A.E & MARTINEZ, R. 1980. Structural and functional properties of mangrove forests. In: *Annals of the Symposium Signaling the Complexion of the Flora of Panama*. Panamá, University of Panama, p. 53-67.
- CRAWLEY, M. J. *The R book*. Chichester: J. Wiley, 2007. 950 p.
- DEUS, M.S.M.; SAMPAIO, E.V.S.B; RODRIGUES, S.M.C.B. & ANDRADE, V.C. 2003. Estrutura da vegetação lenhosa de três áreas de manguezal do Piauí com diferentes históricos de distúrbio. *Brasil Florestal*, 78: 53-60.
- ELLISON, A.; FARNSWORTH, E.J. & MERKT, R.E. 1999. Origins of mangrove ecosystems and the mangrove biodiversity anomaly. *Global Ecology and Biogeography*, 8: 95-115.
- FRANCO, E. 1983. Biogeografia do estado do Sergipe. Aracajú, SEGRASE.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2003. Status and trends in mangrove area extent worldwide. In: Wilkie, M.L. & Fortuna, S. (Eds). *Forest Resources Assessment Working*. Paper No. 63. Forest Resources Division. Rome, FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/007/j1533e/J1533E00.htm#TopOfPage>. Acesso em 01 dez. 2008.
- HUXLEY, J. S. 1924. Constant differential growth-ratios and their significance. *Nature*, 114 (2877): 895-896.
- KJERFVE, B. 1989. Estuarine geomorphology and physical oceanography. In: Day, J.; HALL, C.; KEMP, M. & YANEZ-ARANCIBIA, A. (Eds). *Estuarine Ecology*. New York, Wiley, p. 47-78.
- LACERDA, L.D. 1999. Os manguezais do Brasil. In: VANNUCCI, M. (Ed.) *Os manguezais e nós: uma síntese de percepções*. São Paulo, Editora da USP, p. 185-196.
- LUGO, A.E. & SNEDAKER, S.C. 1974. The ecology of mangroves. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 5: 39-64.
- LUGO, A.E.; CINTRÓN, G. & GOENAGA, C.1981. Mangrove ecosystems under stress. In: BARRET, G.W. & ROSENBERG, R. (Eds). *Stress effects on natural ecosystems*. Sussex, John Wiley and Sons, p. 129-153.
- MAIA, L.P.; LACERDA, L.D.; MONTEIRO, L.H.U. & SOUZA, G.M. 2005. *Estudo das áreas de manguezais do Nordeste do Brasil: Avaliação das áreas de manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco*. Fortaleza, LABOMAR/ISME. Disponível em: http://www.abccam.com.br/download/Atlas_mangues_NE_%FAltima_vers%E3o%5B1%5D.pdf. Acesso em 13 dez. 2008.
- McKEE, K.L. 1995. Interspecific variations in growth, biomass, partitioning, and defensive characteristics of neotropical mangrove seedlings: Response to light and nutrient availability. *Am. J. Bot.*, 82 (3): 299-307.
- MENGHINI, R.P. 2004. *Dinâmica da regeneração natural de bosques de mangue impactados na Ilha Barnabé, Baixada Santista, São Paulo, Brasil*. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2002. *Avaliação e Ações Prioritárias para Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha*. Brasília, MMA/SBF.
- MÜLLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 1974. *Aims and methods in vegetation ecology*. New York, John Wiley and Sons.

- OLMOS, F. & SILVA, R.S. 2003. *Guará: ambiente, flora e fauna dos manguezais de Santos-Cubatão*. São Paulo, Ed. Empresa das Artes.
- PANITZ, C.M.N. & PORTO-FILHO, E. 1995. O manguezal do Rio Caveiras, Biguaçu, SC - Um estudo de caso: IV - Principais tensores e capacidade de recuperação do ecossistema. *Oecologia Brasiliensis*, 1(1):543-546.
- RICHARDS, P.W. 1952. *Tropical rain forest -an ecological study*. Cambridge, Cambridge Univ. Press.
- RODRIGUEZ, G. 1975. Some aspects of the ecology of tropical estuaries. In: GOLLEY, F.B.; MEDINA, E. (Eds.) *Tropical Ecological Systems: trends in terrestrial and aquatic research*. New York, Springer-Verlag, p. 313-333.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRÓN, G. 1986. *Guia para estudo de áreas de manguezal: estrutura, função e flora*. São Paulo, Caribbean Ecological Research.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 2002. *Manguezal, marisma e apicum*. Disponível em: http://www.anp.gov.br/guias_r8/perfuracao_r8/%C3%81reas_Priorit%C3%A1rias/manguezal_marisma_apicum.pdf. Acesso em 01 jun 2008.
- SEPLANTEC (Secretaria de estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia)/SUPES (Superintendência de Estudos e Pesquisas). 2000. *Informes Municipais: Aracaju*. Aracaju, SEPLANTEC.
- SILVA, M.A.B.; BERNINI, E. & CARMO, T.M.S. 2005. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. *Acta Bot. Bras.*, 19(3): 465-471.
- SILVA, E.G.; BERNINI, E. & REZENDE, C.E. 2007. Dinâmica de Plântulas e indivíduos jovens no manguezal do estuário Paraíba do Sul. XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar - XII COLACMAR. Disponível em: http://www.institutomilenioestuarios.com.br/pdfs/Paticipacao_Eventos/2_Resumos/18_Silva.pdf . Acesso em 02 jan 2009.
- SMITH III, T.J. 1992. Forest Structure. In: ROBERTSON, A.I. & ALONGI, A.M. (Eds.). *Coastal and Estuarine Studies: Tropical mangrove ecosystems*, v.41. Washington D.C., American Geophysical Union, p.101-136.
- SOARES, M.L.G. 1999. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Rev. Brasil. Biol.*, 59(3): 503-515.
- SOARES, M.L.G.; CHAVES, F.O.; CORRÊA, F.M. & SILVA JÚNIOR, C.M.G. 2003. Diversidade Estrutural de Bosques de Mangue e sua Relação com Distúrbios de Origem Antrópica: o caso da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro). Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Disponível em: <http://www.anuario.igeo.ufrj.br/>. Acesso em: 15 de dez. 2008.
- SOUZA, M.M. de A. & SAMPAIO, E.V.S.B. 2001. Variação temporal da estrutura dos bosques de mangue de Suape-PE após a construção do porto. *Acta bot. bras.*, 15 (1):1-12.
- STERCK, F.J. & BONGERS, F. 1998. Ontogenetic changes in size, allometry, and mechanical design of tropical rain forest trees. *American Journal of Botany*, 85: 266-272.
- STATSOFT. 2001. STATISTICA for Window - Computer programa manual. Versão 6.0 Tulsa, Statsoft Inc.

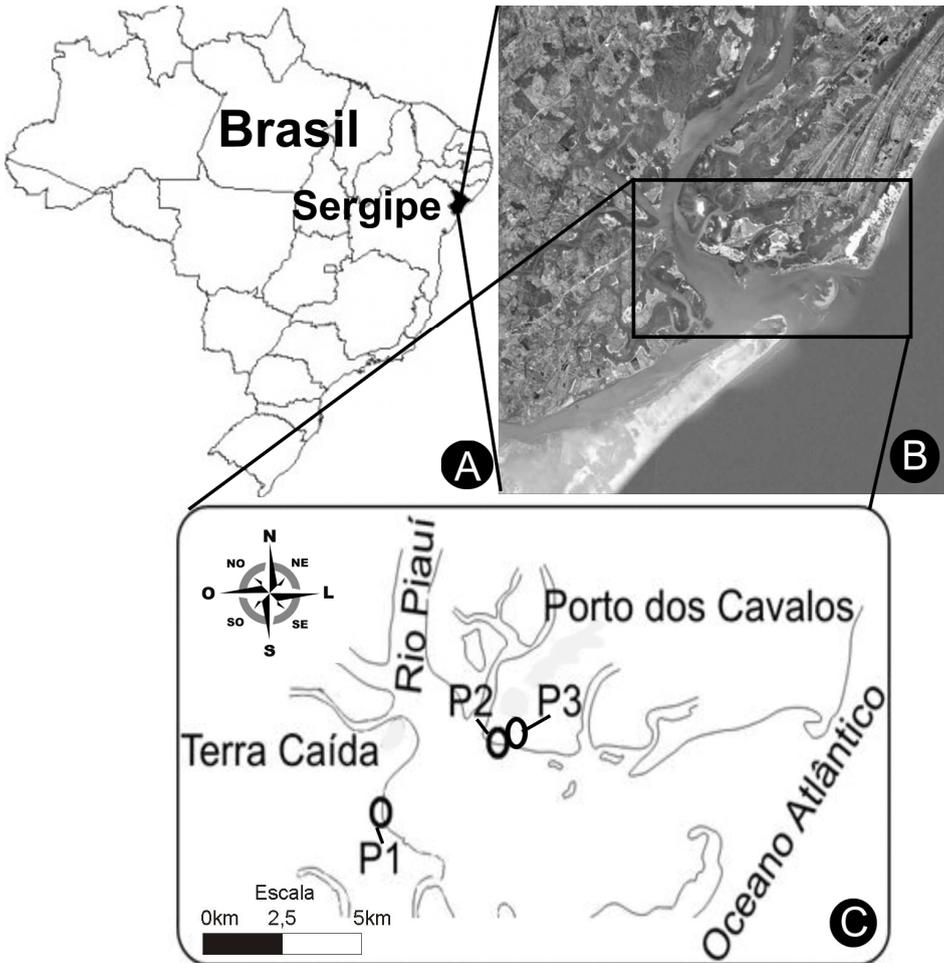


Figura 1. Localização do estado do Sergipe no Brasil (A) e imagem orbital do Complexo estuarino do rio Piauí no litoral sul do estado (B). No detalhe a localização das três áreas amostrais de mangues nas duas margens do rio Piauí (C), situadas em Porto dos Cavalos e Terra Caída. (Fonte da imagem orbital: <http://www.semarnh.se.gov.br/comitesbacias/uploads/img4843eb5b8b3a.jpg>).

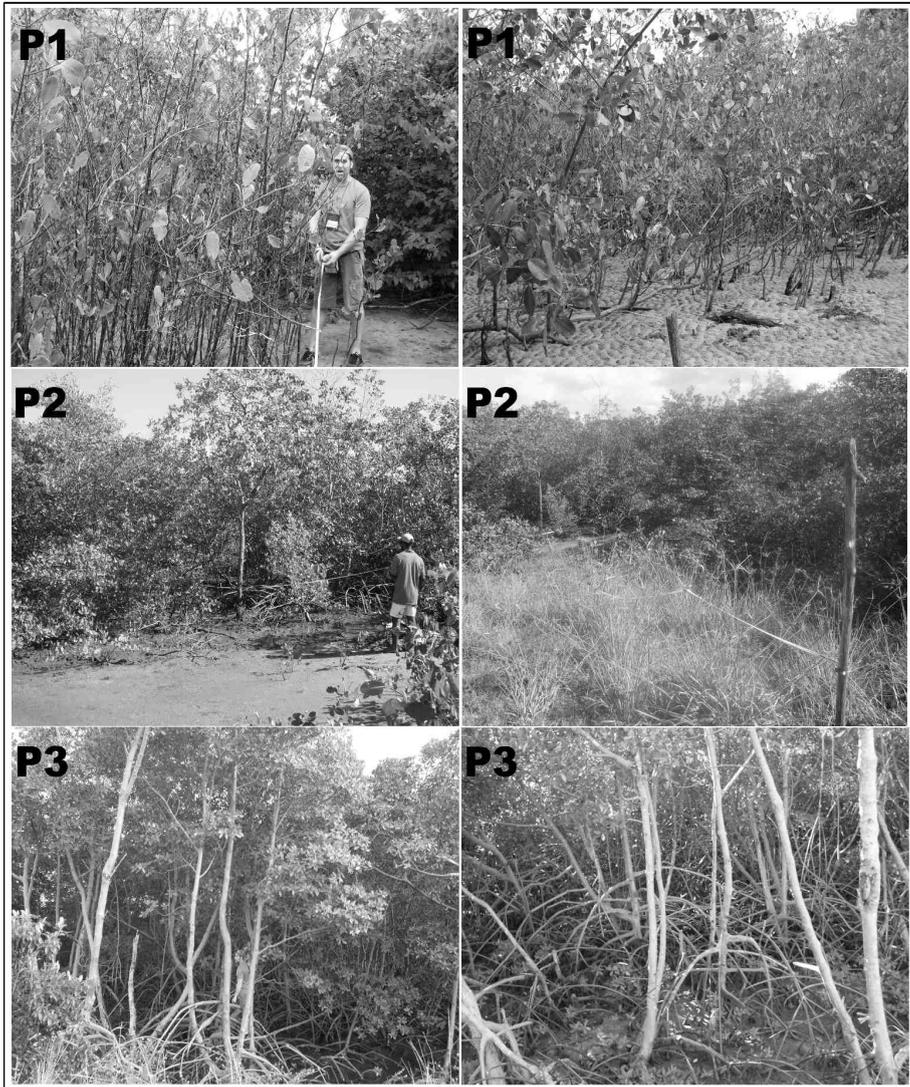


Figura 2. Parcelas instaladas em diferentes estágios sucessionais da vegetação de mangue nas margens do rio Piauí, Sergipe: P1 = mangue em estágio inicial de sucessão, P2 = mangue em estágio intermediário de sucessão e P3 = mangue em estágio avançado de sucessão (Fotografias de R.V. Kilca).

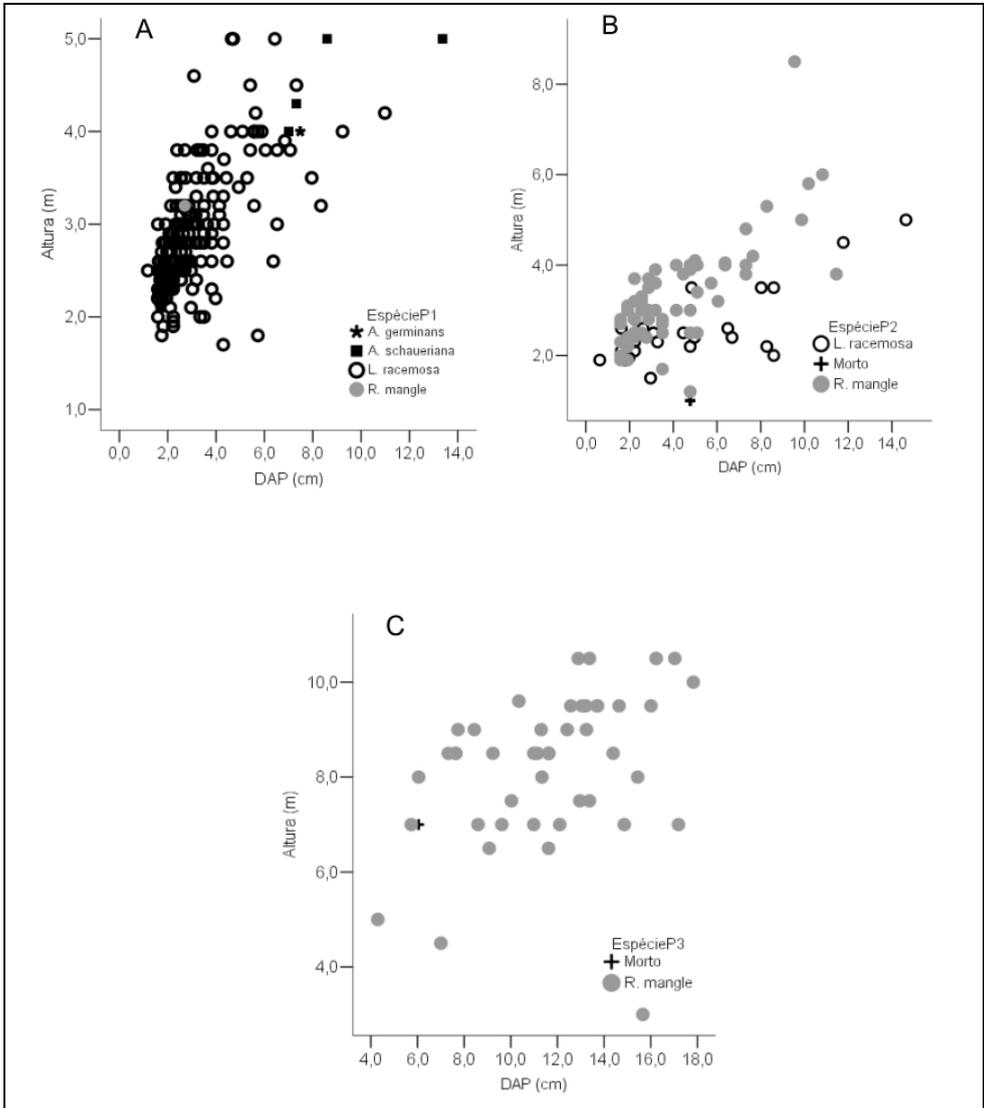


Figura 3. Diagramas de dispersão dos valores de altura (m) e DAP (cm) de todos os indivíduos amostrados nas três parcelas de mangues no estuário do rio Piauí, Sergipe. Mangue em estágio inicial de sucessão (A), mangue em estágio intermediário de sucessão (B) e mangue em estágio avançado de sucessão (C).

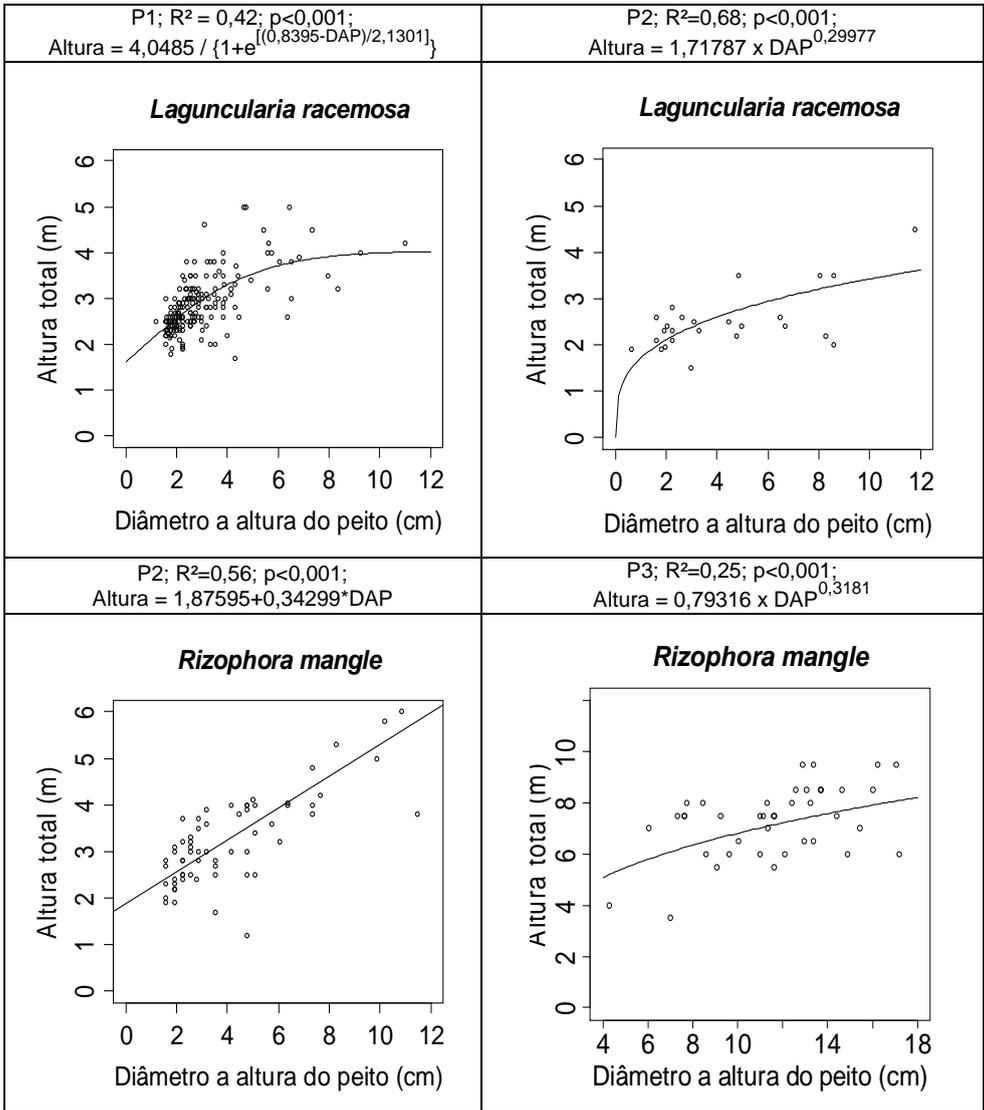


Figura 4. Regressão linear para as duas espécies mais importantes dos mangues inventariados no estuário do rio Piauí, Sergipe. Onde: P1 = mangue em estágio inicial de sucessão, P2 = mangue em estágio intermediário de sucessão e P3 = mangue em estágio avançado de sucessão. Os resultados dos testes de regressão: coeficiente de determinação (R^2), as probabilidades do teste F para confirmar a regressão e as equações dos modelos estimados para cada espécie foram apresentadas na parte superior dos gráficos.

Tabela 1. Características estruturais das três áreas de mangue em diferentes estágios sucessionais no estuário do rio Piauí, Sergipe.

Atributos*	n ¹	Parâmetros	Estatísticas
Densidade		A	
P1 ^a	177	35,4±14,9 ^a	F= 6,25; gl.= 2; p= 0,01. Tukey: a ≠ b, p< 0,05; a ≠ c, p= 0,01; a = b, p> 0,05
P2 ^b	91	14,4±13,5 ^b	
P3 ^c	43	8,75±1,5 ^c	
Altura		A	
P1 ^a	177	2,90±0,64 ^a	F= 676,38; gl.= 2; p< 0,001. Tukey: a = b, p> 0,05; a e b ≠ c, p< 0,01
P2 ^b	91	3,05±1,13 ^b	
P3 ^c	43	8,14±1,60 ^c	
DAP		B	
P1 ^a	177	2,54±2,53 ^a	KW= 107,5; p< 0,001 a ≠ b ≠ c, p< 0,01;
P2 ^b	91	3,18±7,63 ^b	
P3 ^c	43	11,61±11,43 ^c	
AB		C	
P1	177	4,421	
P2	91	4,596	
P3	43	16,79	

Densidade (ind./100m²); DAP (diâmetro do caule à 1,3m do solo medido em centímetros), área basal (valor estimado em metros/ha). Parâmetros: A= média±desvio-padrão; B= mediana±variância; C= valor absoluto (estimado para m².ha⁻¹). P1= mangue em estágio inicial de sucessão, P2= mangue em estágio médio de sucessão e P3= mangue em estágio avançado de sucessão. ¹n= número de indivíduos. F= Anova de um fator, seguido do teste de Tukey para a comparação das médias de densidade e altura. KW= Kruskal-Wallis para a comparação dos postos das parcelas no atributo DAP. A comparação de médias e postos par a par entre cada parcela foi representado pelas letras a, b e c (que correspondem as parcelas P1, P2 e P3, respectivamente) seguido do nível de significância do teste estatístico.

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas nas três áreas de mangue em diferentes estágios sucessionais no estuário do rio Piauí, Sergipe.

Espécies	n	FA	DA (ind.ha ⁻¹)	DR (%)	AB (m ² .ha ⁻¹)	DoR (%)	VI (%)
Parcela 1							
<i>Laguncularia racemosa</i>	173	100	3.540	97,74	4,184	94,75	82,68
<i>Avicennia schaueriana</i>	2	40	40	1,12	0,14	3,17	8,84
<i>Avicennia germinans</i>	1	20	20	0,56	0,08	1,81	4,49
<i>Rizophora mangle</i>	1	20	20	0,56	0,0114	0,25	3,97
Total	177		3540	100	4,421	100	100
Parcela 2							
<i>Rizophora mangle</i>	63	80	1260	69,23	2,608	56,74	56,80
<i>Lagunculariaracemosa</i>	26	80	520	28,57	1,917	41,71	38,24
Mortos	2	20	40	2,19	0,071	1,54	4,95
Total	91		1820	100	4,596	100	100
Parcela 3							
<i>Rizophora mangle</i>	42	100	840	97,67	16,73	99,64	93,55
Mortos	1	20	20	2,32	0,057	0,34	6,44
Total	43	120	880	100	16,79	100	100

n = numero de indivíduos; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; DA = densidade absoluta estimada; DR = densidade relativa; AB = área basal; DoR = dominância relativa; VI = valor de importância. Parcela 1= mangue em estágio inicial de sucessão; Parcela 2= mangue em estágio médio de sucessão e Parcela 3= mangue em estágio avançado de sucessão.

Tabela 3. Resultados dos testes de diferenças de médias em duas variáveis estruturais para as principais espécies arbóreas amostradas nas três áreas de mangues em diferentes estágios sucessionais no estuário do rio Piauí, Sergipe.

Espécies	n	Altura* ($\bar{X} \pm s$)	DAP* (Md±Var)
<i>Laguncularia racemosa</i> P1	173	2,88±0,66	2,54±2,36
<i>Laguncularia racemosa</i> P2	26	2,59±0,80	3,18±12,27
Estatística		t = 2,061; gl.=197; p= 0,040	U= 1711,5; z= -1,96; p= 0,049
<i>Rizophora mangle</i> P2	63	3,29±0,95	3,18±6
<i>Rizophora mangle</i> P3	42	7,15±1,37	11,61±10,9
Estatística		t =-14,36; gl.=103; p< 0,001	U= 109,5; z= -7,93; p< 0,001

Média e desvio padrão da amostra ($\bar{X} \pm s$), DAP (diâmetro do caule à 1,3m do solo medido em centímetros) com os parâmetros de mediana e variância (Md ± Var). Teste *t* para amostras independentes e teste *U* de Mann-whitney.

