

Variação espaço-temporal na produção de propágulos de espécies de mangue no Sudeste do Brasil

Spatial and temporal variability in the production of propagules in mangrove forests in Southeastern Brazil

Carolina dos Santos Cardoso¹, Filipe de Oliveira Chaves¹, Mário Luiz Gomes Soares¹

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo: Nos sistemas florestais, a distribuição de plantas adultas depende da disponibilidade de propágulos, de seu recrutamento e desenvolvimento. O conhecimento dos padrões da produção de propágulos é um dado importante sobre o ecossistema. Este estudo utilizou dados oriundos de cestas de serapilheira no manguezal de Guaratiba. Nestas florestas, a produção de propágulos apresentou picos no verão para *Avicennia schaueriana* e *Rhizophora mangle*, esta última com produção ao longo do ano. *Laguncularia racemosa* teve baixos valores, com um pico representativo no segundo ano monitorado. Os resultados da ANOVA de medidas repetidas com três fatores (tipos, anos e áreas), quanto à biomassa, apontou para *A. schaueriana* diferença significativa entre os anos e as áreas, as interações anos/tipos fisiográficos e anos/tipos fisiográficos/áreas. *R. mangle* apresentou diferença significativa entre os anos e as áreas e nas interações tipos fisiográficos/locais. *L. racemosa* não apresentou diferença estatística nos fatores testados. Entre as variáveis climáticas analisadas (precipitação, evapotranspiração, armazenamento de água no solo e balanço hídrico), observou-se que não houve um controle claro destes parâmetros na produção de propágulos. Todavia, quando considerado o período de floração à queda dos propágulos de cada espécie, identificou-se que o armazenamento de água no solo representa uma condição favorável para *A. schaueriana*.

Palavras-chave: Manguezal. Produção sazonal. Tipos fisiográficos. Investimento reprodutivo.

Abstract: In forests systems the adult plant distribution depends on the availability of propagules, recruitment and seedling development. Therefore the knowledge of the pattern of propagules production is important to understand this ecosystem. The data are from litterfall baskets in mangrove Guaratiba. Mangrove forests of Guaratiba presented propagules in the summer for *Avicennia schaueriana* and *Rhizophora mangle*, the last one with production throughout the year. *Laguncularia racemosa* presented the low production of propagules in the period of the study, with a representative peak just in 2012. The results with repeated measures ANOVA (3 factors – physiographic types, areas and years) shown to *A. schaueriana* significant difference between years, areas and for the interactions between years/physiographic types and years/physiographic types/areas. *R. mangle* showed significant difference between years, areas and for the interactions between physiographic type/areas. *L. racemosa* has no significant difference between the factors tested. Among the weather variables tested, no direct control of these parameters in the propagule production was detected. However, when considering the period between flowering and the release of propagules, it was observed that water storage in soil is important for the production of propagules of *A. schaueriana*.

Keywords: Mangrove. Seasonal production. Physiographic types. Reproductive investment.

CARDOSO, C. S., F. O. CHAVES & M. L. G. SOARES, 2016. Variação espaço-temporal na produção de propágulos de espécies de mangue no Sudeste do Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 10(3): 491-503.

Autor de correspondência: Carolina dos Santos Cardoso. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Oceanografia. Núcleo de Estudos em Manguezais. Rua São Francisco Xavier, 524, sala 4023-E – Maracanã. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP 20550-013 (biocarolina@gmail.com).

Recebido em 10/06/2015

Aprovado em 21/03/2016

Responsabilidade editorial: Mário Augusto G. Jardim



INTRODUÇÃO

Em sistemas florestais, a distribuição de plantas adultas depende, entre outros processos, do recrutamento de propágulos em um dado local, bem como do desenvolvimento e estabelecimento das plântulas, sendo estas fases consideradas como críticas à sobrevivência dos indivíduos (Crawley, 1997). Nesses sistemas, alguns tipos de perturbação podem levar a uma acumulação temporária de matéria orgânica em certos compartimentos e a realocação de recursos, ocorrendo fases de atividade e fases de dormência que são características de regiões com um clima sazonal (Schulze *et al.*, 2005). Essa alternância de fases na produção é comum em florestas de mangue e tal fato parece favorecer uma economia de energia para o investimento em reprodução (Fernandes *et al.*, 2007).

Em relação à sua biologia reprodutiva, algumas espécies de mangue possuem características de espécies pioneiras, apresentando características de *r*-estrategistas em certas espécies (Cintrón-Molero & Schaeffer-Novelli, 1992), enquanto outras possuem propágulos que acumulam grande quantidade de reservas nutritivas, permitindo sua sobrevivência ao flutuarem por longos períodos até encontrarem ambiente adequado à fixação (Schaeffer-Novelli, 1995). Essa diferença entre as espécies quanto a essas características permite ao ecossistema uma rápida colonização de novas áreas, como clareiras e bancos lamosos, e a manutenção de áreas já colonizadas, fato comprovado por pesquisas em laboratório e observações de campo nos manguezais da Austrália, que relatam a importância da dispersão de propágulos, seguida do seu estabelecimento e desenvolvimento, para a manutenção da floresta (Clarke *et al.*, 2001).

Tomlinson (1986) relata que a regeneração de manguezais degradados depende da possibilidade de aporte de propágulos e sobrevivência de plântulas, visto que a capacidade de propagação vegetativa das espécies de mangue é limitada. A regeneração da vegetação de mangue é um dos processos básicos na resposta aos distúrbios impostos a esse ecossistema, sendo vital para

a resiliência dos manguezais (Menéndez & Proy, 2000, 2001, 2002; Capote-Fuentes & Lewis, 2004). Assim, parte desta capacidade está associada à dispersão de propágulos (Cintrón-Molero & Schaeffer-Novelli, 1992).

Autores como Woodroffe (1982, 1985) e Burns & Ogden (1985) relatam uma variabilidade espaço-temporal na produção de propágulos (nem todas as árvores produzem propágulos todos os anos). Mackey & Smail (1995) verificaram diferenças na produção de partes reprodutivas (incluindo propágulos) entre os anos estudados. Wiium-Andersen & Christensen (1978) e Duke *et al.* (1984) descrevem para algumas espécies de mangue uma redução na produção de folhas, quando a produção de flores e de frutos foi máxima. Esses comportamentos sugerem que essas espécies investem um ano de sua produção no crescimento (acúmulo de biomassa) e outro ano na reprodução.

O presente estudo teve como objetivo comparar a produção de propágulos de espécies de mangue ao longo do gradiente de inundação pelas marés de duas áreas diferentes durante três anos. Assim, foram testadas três hipóteses para cada espécie: (1) a produção média de propágulos é similar nas duas áreas de mangue, (2) a produção média de propágulos é similar nas três zonas da floresta de mangue e (3) a produção média de propágulos é similar nos anos monitorados. A produção de propágulos foi ainda relacionada com variáveis climáticas como possíveis controladoras de mudanças sazonais.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido ao sul do estado do Rio de Janeiro (Figura 1), entre as coordenadas 23° 00' 35.76" S/43° 36' 48.62" O e 23° 0' 18.53" S/43° 34' 19.43" O, na Reserva Biológica Estadual de Guaratiba, que abriga uma das principais florestas de mangue do estado e o principal remanescente de manguezais do município do Rio de Janeiro (Soares, 1997).

Estevam (2013), analisando série histórica de parâmetros climáticos entre os anos de 1985 e 2011 da Estação Meteorológica da Marambaia, descreve, neste

baía de Sepetiba. Em cada transversal, foram posicionadas três estações, somando um total de dezoito estações, que representam zonas com diferentes frequências de inundações pelas marés (florestas de franja, bacia e transição).

Nas estações de amostragem, foram instaladas seis cestas coletoras, com área de 0,25 m² e malha de 1 mm randomicamente posicionadas, totalizando cento e oito cestas. As áreas foram monitoradas mensalmente, entre os anos de 2010 a 2013.

Os propágulos coletados nas cestas foram separados por espécie – *Avicennia schaueriana* (Stapft & Leechm ex Moldenke), *Laguncularia racemosa* (L.) e *Rhizophora mangle* (L.) –, posteriormente levados à estufa para secagem (60 °C) até a obtenção de peso seco constante (~ 1 semana), atingindo-se os valores de biomassa.

ANÁLISES DOS DADOS

Para análise sazonal de cada espécie, foram confeccionados gráficos com valor mensal (g.m⁻².mês⁻¹) para cada tipo fisiográfico, nas duas áreas, para as três espécies ao longo dos três anos (36 meses).

As hipóteses relacionadas a cada espécie foram testadas quanto às suas diferenças significativas ($p < 0,05$) utilizando ANOVA de medidas repetidas, considerando os efeitos entre as duas áreas de estudo (baía de Sepetiba e rio Piracão), as diferentes zonas da floresta (franja, bacia e transição), os anos (2011, 2012 e 2013) e os efeitos das interações (áreas*zonas*anos), sendo usado *a posteriori* o teste de Tukey. Todas as análises foram realizadas no programa Statistica 7.0®, onde se utilizaram os valores de produção de propágulos anuais de cada transversal (g.m⁻².ano⁻¹), expressos em peso seco para cada espécie. As variáveis climáticas (precipitação, evapotranspiração, armazenamento de água no solo e excedente/déficit hídrico) foram relacionadas com a produção de propágulos.

COMPARAÇÃO COM O BALANÇO HÍDRICO

A partir dos dados da Estação Meteorológica da Marambaia, localizada na latitude 23° 03' S, longitude

43° 36' W e altitude de 9,7 metros, foi realizada análise da disponibilidade hídrica para as florestas de mangue da região de estudo, segundo método de cálculo de balanço hídrico, proposto por Thornthwaite & Mather (1955).

Foram realizadas regressões entre a produção de propágulos (g.m⁻².mês⁻¹) de cada espécie com a precipitação, a evapotranspiração potencial, o armazenamento e o balanço hídrico (déficit/excedente hídrico), utilizando valores mensais. As regressões foram realizadas considerando as três espécies nos tipos fisiográficos e nas duas áreas do monitoramento.

No presente estudo, foram consideradas essenciais para a produção de propágulos as condições favoráveis nos meses de floração e desenvolvimento deles. Nesse sentido, para a determinação dos períodos de floração de cada espécie, foi utilizado como referência o estudo de Adaime (1985), que analisou a produção de serapilheira em florestas de mangue de Cananeia. Este estudo foi escolhido como base para determinação das fenofases por estar na mesma região do sudeste brasileiro, onde os manguezais são compostos pelas mesmas espécies encontradas em Guaratiba e por se tratar de um estudo bastante minucioso sobre a produção de serapilheira.

Com o mês de pico de floração identificado, foi possível ponderar a influência das variáveis climáticas analisadas sobre o pico da produção de propágulos a partir do começo do processo reprodutivo. Foram calculadas as médias mensais dos valores de armazenamento de água no solo do período correspondente ao pico de floração para cada espécie e utilizou-se ANOVA para testar a diferença entre os períodos.

Foi analisada também a fitossociologia das estações de coleta, por meio do trabalho de Chaves *et al.* (2010), realizado no mesmo local deste estudo. Estes autores utilizaram dois transectos para distribuir, de maneira crescente, as estações no sentido do mar para o continente.

RESULTADOS

Durante o período do estudo, as florestas de mangue de Guaratiba apresentaram produção total de biomassa de propágulos variando de meses de ausência de produção até

o máximo de 138,87 $\text{g.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$. Esta máxima foi registrada na área da baía de Sepetiba, na zona de franja, em fevereiro de 2012. Na área do rio Piracão, a máxima registrada foi de 90,73 $\text{g.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$, na zona de franja, em fevereiro de 2013.

Quando considerada a produção de propágulos por espécie, *A. schaueriana* apresentou a maior produção, com 131,14 $\text{g.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$, registrado no verão do segundo ano (fevereiro de 2012) na franja da área da baía de Sepetiba.

R. mangle apresentou maior produção na transição da baía de Sepetiba, com 73,12 $\text{g.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$, em março de 2013. Na área do rio Piracão, a máxima produção desta espécie foi de 53,94 $\text{g.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$, na franja, em fevereiro de 2013. *L. racemosa* apresentou os menores valores de

biomassa de propágulos, havendo meses com ausência de produção, e máxima de 10,18 $\text{g.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$, na transição da área do rio Piracão, em março de 2012.

Entre as espécies estudadas, *Avicennia schaueriana* apresentou padrões sazonais de forma mais clara, com picos de produção nos meses de verão. Ocorreram picos de diferentes intensidades nas duas áreas monitoradas ao longo dos três anos do estudo. Na área do rio Piracão, a produção é bem marcada, com picos nos meses de verão, e praticamente nula nos demais meses (Figura 2). Na área da baía de Sepetiba, também é possível observar picos nos meses de verão, porém eles se ampliam por um período maior, geralmente de um a dois meses.

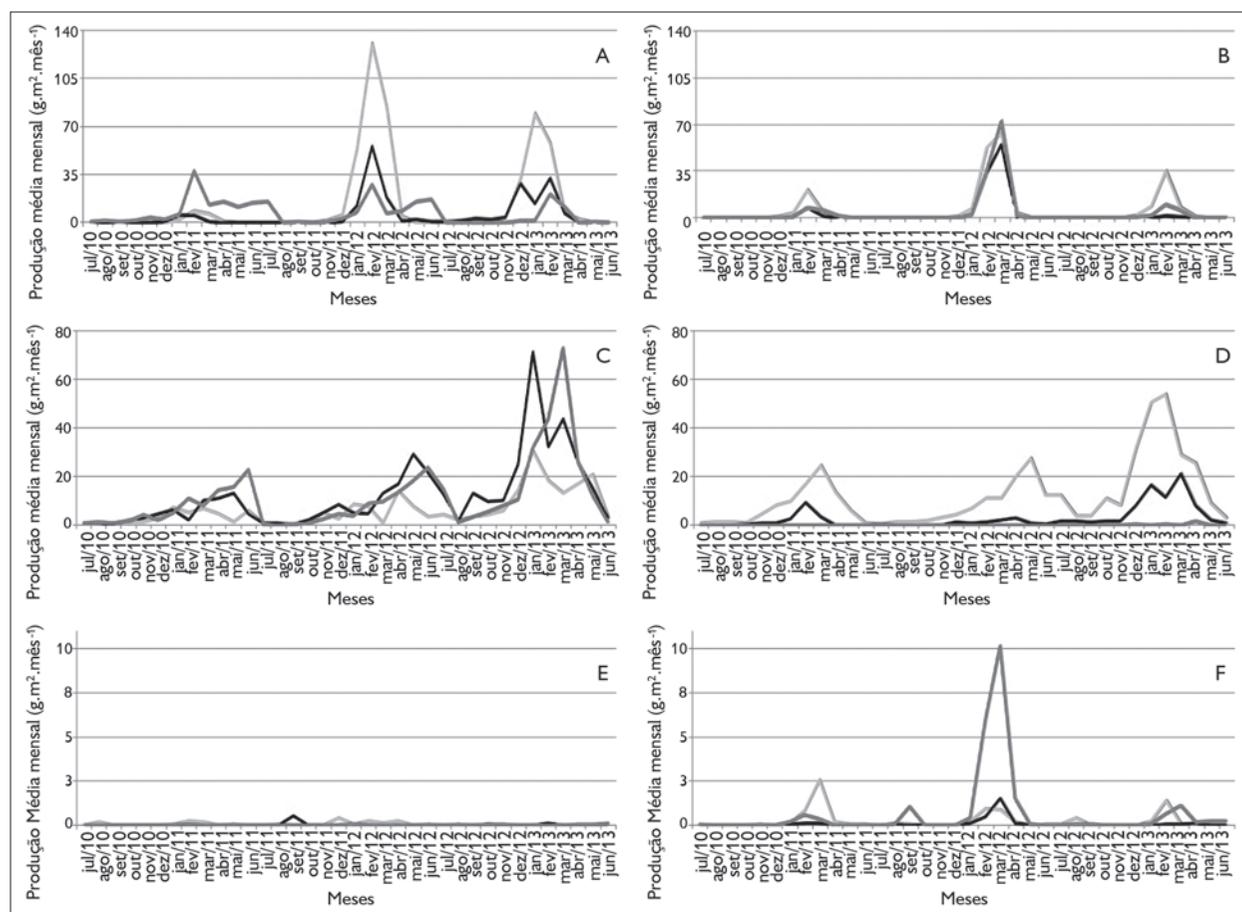


Figura 2. Produção sazonal de todas as espécies nas duas áreas: A) *A. schaueriana* na baía de Sepetiba; B) *A. schaueriana* no rio Piracão; C) *R. mangle* na baía de Sepetiba; D) *R. mangle* no rio Piracão; E) *L. racemosa* na baía de Sepetiba; F) *L. racemosa* no rio Piracão. Legenda: linha cinza-claro= franja; linha preta = baía; linha cinza-escuro = transição.

R. mangle apresentou os maiores períodos contínuos de produção de propágulos, em comparação com as duas outras espécies, com os mais longos picos e em diferentes momentos ao longo dos três anos de monitoramento. De modo geral, a área da baía de Sepetiba apresentou maior produção (Figura 2). *L. racemosa* apresentou padrões sazonais na produção de propágulos, com picos nos meses de verão, e produção de propágulos em diferentes momentos ao longo do ano, comportamento observado especialmente na franja da baía de Sepetiba (Figura 2).

ANÁLISES DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E BALANÇO HÍDRICO

A evapotranspiração potencial foi correlacionada positivamente com todas as espécies, principalmente na franja. *A. schaueriana* apresentou diferença significativa para evapotranspiração na franja e transição da área do rio Piracão. Na baía de Sepetiba, esta espécie apresentou diferença significativa para evapotranspiração na franja, bacia e transição, e também para precipitação na transição (Tabela 1). *R. mangle* apresentou mais relações significativas entre a produção e as variáveis climáticas.

Tabela 1. Resultados das regressões da produção de propágulos de *A. schaueriana*, *R. mangle* e *L. racemosa* por tipo fisiográfico e área de estudo, com os parâmetros climáticos. Valores com p significativos grifados. Legendas: BH = balanço hídrico; Arm = armazenamento; P = precipitação; ETP = evapotranspiração.

	Tipos fisiográficos	Variáveis climáticas	<i>A. schaueriana</i>		<i>R. mangle</i>		<i>L. racemosa</i>	
			p	R ²	p	R ²	p	R ²
Rio Piracão	Franja	BH	0,6164	0,0075	<u>0,0037</u>	0,2224	<u>0,0116</u>	0,1730
		Arm	0,9800	0,0000	0,0502	0,1081	0,2539	0,0381
		P	0,1204	0,0694	0,2015	0,0475	0,5584	0,0102
		ETP	<u>0,0033</u>	0,2266	<u>0,0000</u>	0,4349	<u>0,0014</u>	0,2629
	Bacia	BH	0,7019	0,0044	<u>0,0201</u>	0,1489	0,5395	0,0112
		Arm	0,9071	0,0004	0,4757	0,0151	0,6401	0,0065
		P	0,6460	0,0063	0,4847	0,0145	0,9008	0,0005
		ETP	0,0804	0,00872	<u>0,0005</u>	0,3073	0,0760	0,0897
	Transição	BH	0,5679	0,0097	0,6428	0,0064	0,6900	0,0047
		Arm	0,8203	0,0015	0,4269	0,0187	0,7769	0,0024
		P	0,6091	0,0078	0,2723	0,0353	0,7545	0,0029
		ETP	<u>0,0481</u>	0,1100	0,4016	0,0208	0,0853	0,0846
Baía de Sepetiba	Franja	BH	0,8155	0,0016	<u>0,0028</u>	0,2336	0,8397	0,0012
		Arm	0,5124	0,0127	0,3335	0,0275	0,6802	0,0051
		P	0,0979	0,0785	0,4881	0,0142	0,6949	0,0046
		ETP	<u>0,0106</u>	0,1770	<u>0,0001</u>	0,3735	<u>0,0587</u>	0,1011
	Bacia	BH	0,6571	0,0057	<u>0,0191</u>	0,1239	0,7702	0,0025
		Arm	0,8748	0,0007	0,5095	0,0104	0,7056	0,0043
		P	0,0616	0,0963	0,3219	0,0234	0,5373	0,0113
		ETP	<u>0,0098</u>	0,1758	<u>0,0006</u>	0,2468	0,6361	0,0067
	Transição	BH	0,8090	0,0017	0,6683	0,0055	0,6946	0,0046
		Arm	0,6224	0,0072	0,7688	0,0026	0,5021	0,0134
		P	<u>0,0045</u>	0,2143	<u>0,0291</u>	0,1325	0,3014	0,0314
		ETP	<u>0,0047</u>	0,2123	<u>0,0197</u>	0,1498	0,2053	0,0467



As regressões com a evapotranspiração e o balanço hídrico foram os que tiveram resultados significativos. Entretanto, *L. racemosa* teve poucos resultados significativos com as variáveis testadas, sendo demonstrados com a evapotranspiração na franja das duas áreas e com o balanço hídrico na franja do Piracão.

Considerando o pico das produções de flores e o pico de liberação dos propágulos presentes em Adaime (1985), para *A. schaueriana*, as flores estão melhor representadas nas amostras dos meses de agosto a dezembro, com pico de ocorrência em outubro, durante a primavera. As flores de *R. mangle* ocorrem, principalmente, nos meses de março, abril e maio, com pico de propágulos para a mesma época, fato que nos leva a concluir que há aproximadamente um ano entre o evento de floração e a queda dos propágulos. Para *L. racemosa*, a ocorrência de flores está principalmente associada aos meses de fevereiro e março, com queda em janeiro e abril, e ausência a partir de junho.

O mês de fevereiro foi o de maior queda de propágulos e o de outubro o de maior queda de flores de

A. schaueriana. Notaram-se quatro meses entre um evento e outro. Desta forma, observou-se que o armazenamento de água no solo neste período foi diferente entre os três anos ($p < 0.0091$), com média do ano 2 (78,2 mm) maior do que do ano 1 (32,4 mm) e do ano 3 (36,6 mm), sendo o ano 2 diferente dos anos 1 ($p < 0,0127$) e 3 ($p < 0,0212$).

Para *R. mangle*, considerando os meses de janeiro a dezembro, referente ao período de produção de flores ao início da queda de propágulos, não houve diferença significativa no armazenamento de água no solo nos três anos ($p < 0.4205$). O ano 1 teve média de 57,84 mm, valor próximo do ano 2, com 56,09. O ano 3 apresentou a média mais baixa, com 43,34 mm.

Os meses de fevereiro e março, referentes ao período de produção de flores e liberação de propágulos de *L. racemosa*, apresentaram diferença significativa entre os anos quanto ao armazenamento de água no solo ($p < 0.0486$). Observou-se que a média do ano 3 (74,8 mm) foi maior em comparação com o ano 2 (38,0 mm) e que o ano 1 foi muito inferior (9,2 mm) (Figura 3).

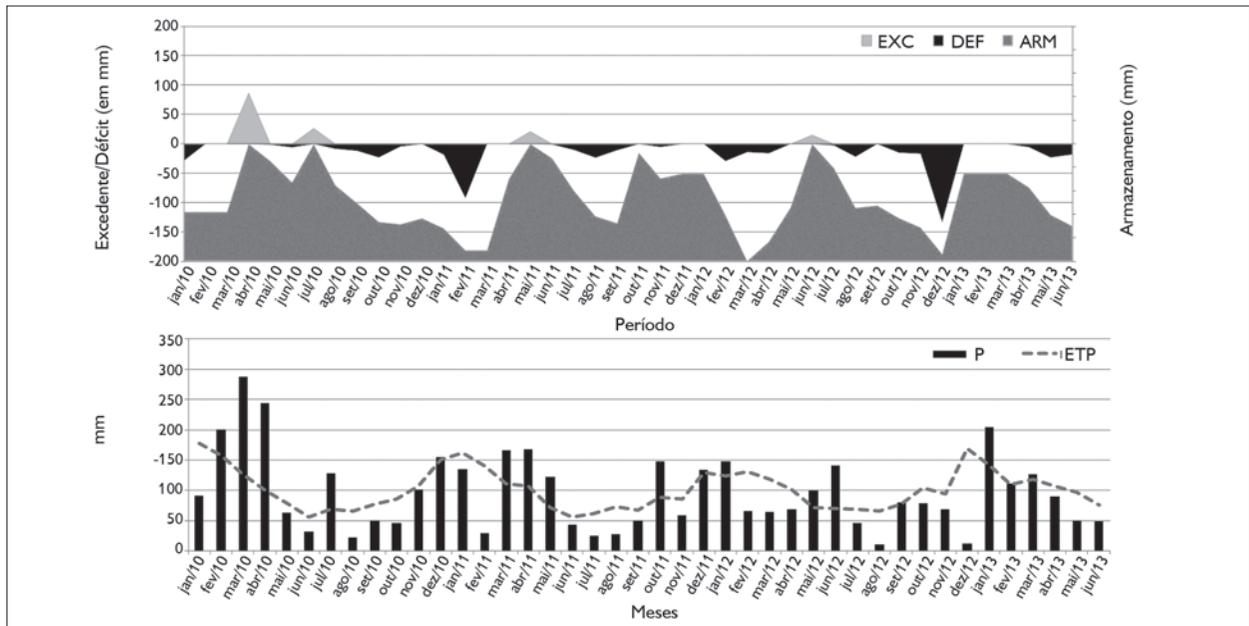


Figura 3. Balanço hídrico sequencial da região de Guaratiba a partir de dados adquiridos da Estação Meteorológica da Marambaia (Rio de Janeiro, RJ), entre janeiro de 2010 e junho de 2013. Legendas: EXC = excedente de água no solo; DEF = déficit de água no solo; ARM = armazenamento de água no solo. Valores mensais da precipitação (P) e da evapotranspiração (ETP) considerados entre janeiro de 2010 e junho de 2013.

Entre os principais resultados da fitossociologia das florestas de mangue na região está a dominância de *A. schaueriana* em quatro estações e igual participação em outras duas, das 13 estações analisadas na baía de Sepetiba, com maior desenvolvimento estrutural, principalmente nas estações da franja (Tabela 2). No Piracão, a dominância esteve relacionada a *R. mangle* na franja e na bacia, posteriormente a *L. laguncularia* nas porções mais internas do manguezal.

A produção de propágulos de *A. schaueriana* foi dependente do ano e do tipo fisiográfico, a exemplo dos resultados da alta produção no ano 2 na franja da baía de Sepetiba, sendo este o maior pico de propágulos registrado ao longo do monitoramento. Na transição deste local, foram constatados valores mais baixos e a baixa variabilidade interanual, apesar de ele ter representado a maior contribuição de propágulos entre os tipos no ano 1. Apesar destas diferenças encontradas no ano 2, os três tipos tiveram grande aumento na sua produção e não apresentaram diferença entre eles neste mesmo ano.

No Piracão, onde os valores de produção de propágulos para *A. schaueriana* nos três tipos são menores em relação a outra área, não foi verificada dominância desta espécie em nenhuma das estações analisadas. Foi constatado, de modo geral, o mesmo padrão interanual, com maior produção no ano 2, seguido dos anos 3 e 1; da mesma forma, a franja apresenta grande importância, principalmente nos anos 1 e 3, devido à reduzida produção dos demais tipos, pois no ano 2 todos os tipos aumentam a produção. Tais distinções entre as duas áreas podem representar boa parte do resultado encontrado para a diferença entre áreas, em que foi constatado a maior produção de propágulos na baía de Sepetiba.

Na baía de Sepetiba, *R. mangle* apresentou variabilidade interanual para todos os tipos fisiográficos, com maiores produções nos anos 3 > 2 > 1, sendo bem próximo o nível de produção nos anos 1 e 2. A importância dos tipos fisiográficos ao longo do monitoramento foi alternada para transição e a bacia, sendo transição no ano 1, bacia no ano 2 e ambas no ano 3.

Tabela 2. Parâmetros estruturais de estações na região de Guaratiba, numeração crescente em direção ao continente, seguindo franja, bacia e transição. Legendas: Rh = *Rhizophora mangle*; Av = *Avicennia schaueriana*; Lg = *Laguncularia racemosa*; DAP = diâmetro a altura do peito. Adaptado de Chaves *et al.* (2010).

Estação	Rio Piracão				Baía de Sepetiba			
	Espécie dominante	Tipo	Altura média (m)	DAP médio (cm)	Espécie dominante	Tipo	Altura média (m)	DAP médio (cm)
1	Rh	Franja	7,71	7,37	Av	Franja	6,81	7,18
2	Rh/Av	Franja	5,61	6,31	Av	Franja	9,57	13,55
3	Rh	Franja	5,04	5,86	Av	Franja	6,51	5,96
4	Rh	Bacia	3,05	4,56	Rh	Bacia	5,67	4,75
5	Rh/Av/Lg	Bacia	3,07	2,65	Rh	Bacia	7,98	8,39
6	Lg	Transição	2,88	3,62	Rh	Bacia	8,68	10,66
7	Lg	Transição	2,48	2,5	Rh/Av	Bacia	7,85	9,11
8	Lg	Transição	1,55	2,25	Rh/Av	Bacia	5,76	5,62
9	Lg	Transição	1,57	1,61	Av	Transição	3,39	3,47
10	Lg	Transição	0,6	3,15	Rh	Transição	2,81	2,06
11					Rh	Transição	1,83	1,33
12					Rh	Transição	0,65	1,66
13					Rh	Transição	0,48	1,88



No Piracão, a franja foi a mais importante durante todo o período, aumentando sua produção paulatinamente. A bacia seguiu o mesmo padrão escrito anteriormente, porém em menor escala de produção. Para *R. mangle*, a composição da espécie no local parece refletir de forma mais clara nos resultados da produção em cada tipo fisiográfico nas duas áreas. A produção de propágulos foi dependente do local e do tipo, resultado que reflete a composição de *R. mangle* nas áreas analisadas.

A média da produção anual de propágulos para a espécie *A. schaueriana* apontou diferença significativa entre as áreas ($F = 6,36$; $p = 0,026$) e entre os anos ($F = 15,96$; $p = 0,000$). O teste *a posteriori* Tukey apresentou diferença do ano 2 em relação aos anos 1 ($p = 0,000$) e 3 ($p = 0,002$). Entre as interações testadas, apenas entre os anos e os tipos fisiográficos registrou-se diferença significativa ($F = 3,16$; $p = 0,031$). Esse teste apontou que o segundo ano na franja se destacou com resultados de diferenças significativas entre: ano 1 na franja ($p = 0,000$); ano 1 na bacia ($p = 0,000$); ano 3 na bacia ($p = 0,003$); ano 1 na transição ($p = 0,011$); ano 3 na transição ($p = 0,000$).

R. mangle apresentou diferença significativa entre as áreas ($F = 7,82$, $p = 0,016$) e anos ($F = 27,36$, $p = 0,000$), como em ano 3 diferente do ano 1 ($p = 0,000$) e do ano 2 ($p = 0,000$). Entre as interações testadas, apenas para tipo fisiográfico*local houve diferença significativa ($F = 9,29$, $p = 0,003$), sendo a franja do Piracão diferente da bacia da baía de Sepetiba ($p = 0,018$), transição do Piracão ($p = 0,019$) e transição da baía de Sepetiba ($p = 0,027$). A média da produção anual de propágulos para *L. racemosa* foi semelhante estatisticamente, não apresentando diferença para nenhum dos fatores testados.

DISCUSSÃO

O padrão sazonal na produção dos propágulos de *A. schaueriana*, proposto por Fernandes (1999) para *A. germinans*, possui picos de propágulos de novembro até março (primavera e verão). Outros trabalhos demonstram comportamentos distintos para outras espécies do gênero

Avicennia, como em Ochieng & Erftemeijer (2002), com pico de produção de propágulos de *A. marina* no outono, na costa do Quênia, e em Wiium-Andersen & Christensen (1978), na ilha de Puket, na Tailândia, onde os frutos de *A. marina* tiveram queda observada no inverno.

A contínua produção anual de propágulos da espécie *R. mangle* encontrada neste estudo está de acordo com o descrito por Gill & Tomlinson (1971), Adaime (1985), Fernandes (1999) e Menezes (2010). Estes autores ressaltam ainda que tal processo de produção passa por variações quantitativas, atreladas, principalmente, ao período de verão (chuvoso). Na Flórida, o desenvolvimento do fruto estende-se também ao longo do inverno, caracterizando um processo mais lento de desenvolvimento (Gill & Tomlinson, 1971). Em Cananeia (São Paulo), os propágulos aumentam nos meses de março, abril e maio (Adaime, 1985). Na costa norte brasileira, os manguezais amazônicos apresentam picos de frutificação de outubro a abril (Fernandes, 1999). No presente estudo, notou-se também maior expressividade no verão, com um destacado aumento quantitativo no segundo e terceiro anos na área da baía de Sepetiba e no terceiro ano no rio Piracão, sendo que nesses períodos destacados o aumento na produção ocorreu de dezembro até março, o que divergiu, neste caso específico, em relação a manguezais de latitude semelhante.

Foi constatado que a evapotranspiração agiu de forma a elevar a produção de propágulos de *A. schaueriana* em diferentes florestas analisadas, apesar de Schaeffer-Novelli *et al.* (2000) afirmarem que a franja é pouco influenciada por este parâmetro, devido à sua proximidade com o corpo hídrico e por apresentar lavagem mais frequente. As florestas de bacia exigiriam mais água da chuva ou de escoamento para o seu melhor desenvolvimento. No entanto, neste estudo, *A. schaueriana* apresentou uma boa relação com esta variável, sendo R^2 mais elevado na franja do Piracão.

Semelhante comportamento foi encontrado para *R. mangle*, sendo de nosso conhecimento que *Rhizophora* é o gênero menos tolerante à salinidade (Cintrón-Molero & Schaeffer-Novelli, 1983) e talvez, neste caso, a relação com

as variáveis climáticas seja mais evidente. Para produção de serapilheira, Machado (2014) encontrou picos de produção provavelmente relacionados ao balanço hídrico, apesar de a autora ter deixado evidente que este seria um fator não determinante para a tendência geral. Portanto, devem-se considerar, além de outros fatores ambientais, a biologia das espécies e seus ritmos reprodutivos.

Silva & Fernandes (2011), analisando as fenofases de *A. germinans*, relatam a importância que a maior produção de flores no período seco possui, propiciando o amadurecimento dos frutos no período chuvoso, o que facilita a dispersão das sementes. Além da vantagem da dispersão, no período seco (inverno) tem-se um momento mais estável quanto às variações climáticas, época em que, apesar da pouca chuva, não há altas temperaturas, como no verão, não elevando as taxas de evapotranspiração. Já no período úmido (verão), a tendência é haver instabilidade nestas variações, pois, nesse momento, registram-se maiores volumes de chuva, com maiores taxas de evapotranspiração.

Para *A. schaueriana*, o maior pico de propágulos responde à condição favorável de maior armazenamento de água no solo. Essa pode ser a explicação das diferenças interanuais, ou seja, o importante é o armazenamento no solo, uma vez que isto é o que realmente reflete as condições favoráveis ou de estresse para a planta. Talvez, o que seja mais relevante para a produção de propágulos sejam condições climáticas favoráveis durante o desenvolvimento (floração ao amadurecimento), fato observado neste trabalho, mas não relatado em literatura específica. Esse comportamento não foi acompanhado por *R. mangle* e *L. racemosa*. Estas duas espécies não apresentaram esta possível relação de forma clara, devido à falta de ajuste nos dados de produção de floração e à queda de propágulos, para o que se sugere a realização de estudos especificamente voltados para essa análise. Para *L. racemosa*, podemos destacar a baixa produção e a queda irregular de flores e propágulos e, para *R. mangle*, a produção e queda contínua deles. Estes fatos podem mascarar a identificação de padrões que relacionem as variáveis climáticas e a produção de propágulos.

De modo geral, as respostas encontradas demonstram que a produção tende a ser maior nos meses com alta de evapotranspiração (superior a 100 mm), que teoricamente seria o período sob aumento de estresse, visto que a planta-mãe fica sujeita a mais perda de água, já estando em um ambiente salino que exige uma fisiologia específica, como é a região entremarés (Lugo & Snedaker, 1974; Ball, 1988).

No entanto, essa relação de estresse não é clara, pois o armazenamento de água no solo não está diretamente ligado ao aumento dos propágulos, o que seria um bom indicador de estresse hídrico/salino. Não se pode, porém, eliminar tal relação, a qual é capaz de significar que a formação dos propágulos (período anterior ao momento de queda analisado) ocorre em momento mais favorável, evidenciando também que, quando é menos favorável, os propágulos são liberados. Isso seria benéfico para a planta, figurando como um tipo de 'gatilho' para a liberação dos propágulos.

Esse fato foi constatado quando encontramos a maior produção de propágulos nos meses de déficit hídrico. A associação desses dois fatos levantados pode significar que os propágulos são produzidos (momento da floração) em meses com maior disponibilidade hídrica ou menor estresse hídrico. Assim, os propágulos encontram-se formados e são liberados nos meses posteriores, nos quais a planta está sob maior estresse hídrico. O significado energético para a planta seria o de não manter uma estrutura que represente maior demanda de energia, ocorrendo a liberação dos propágulos; neste caso específico de Guaratiba, podemos observar que o momento coincide com a maior possibilidade de dispersão de seus propágulos (hidrocória), devido a aumento da precipitação nas áreas.

Um olhar mais detalhado nas florestas pode indicar como possível causa das variações na produção de propágulos a contribuição das espécies no manguezal de Guaratiba, como está descrito em Chaves *et al.* (2010).

Twilley *et al.* (1986) definem um padrão de produção de serapilheira, acompanhando a intensidade da energia hidrológica com uma ordem decrescente: floresta ribeirinha > floresta de franja > floresta de bacia > floresta anã.

Este estudo propõe o pensamento de possíveis diferenças de produção de propágulos entre os tipos fisiográficos, visto que o compartimento de propágulo é, em grande parte, responsável por variações, tanto temporais como espaciais, na produção de serapilheira em florestas de mangue (Chaves, 2007). Esse fato foi constatado na substituição da importância do maior papel produtivo nas zonas ao longo dos anos.

No entanto, considerando os tipos fisiográficos e o gradiente de desenvolvimento estrutural colocado por Chaves *et al.* (2010) e Estrada *et al.* (2013) para esta mesma região, no ano 2 o desenvolvimento das árvores parece não ter influenciado a produção, devido à mesma variação para todos os tipos. Desta forma, as variações para *A. schaueriana* parecem ser respostas temporais. Isso pode ser observado por seu comportamento sazonal bem marcado, por sua variação de produção interanual e pelos resultados dos testes estatísticos, que apontam diferença significativa para anos*tipos fisiográficos.

Casos específicos, como a transição do rio Piracão, podem ser explicados pela grande representatividade de *L. racemosa* nas florestas e pelo fato de a produção de propágulos responder dentro de sua característica fenológica, o que dificulta essa observação na baía de Sepetiba, por sua baixa representatividade.

Fernandes (1999) relatou diferentes comportamentos em variados pontos de florestas no Amapá, onde *L. racemosa* produziu frutos ao longo de todo o ano em um ponto e no outro ponto não. Segundo Smith III (1992), florestas de mangue sujeitas a maior frequência de distúrbios possuem maior representatividade da espécie *L. racemosa* quando comparadas a espécies de Rhizophoraceae. Estrada (2009) atribui a baixa representatividade desta espécie na região como possível indicador de que tais florestas encontram-se bem preservadas.

CONCLUSÃO

O presente estudo não encontrou similaridades, como apontado nas hipóteses, sendo demonstradas categoricamente distintas produções de propágulos de

mangue nas diferentes áreas e zonas e entre os anos monitorados. Foi constatada uma sazonalidade bastante característica para *A. schaueriana*, sendo a composição das florestas nos tipos fisiográficos considerada como controladora espacial para *R. mangle* e *L. racemosa*. Dessa forma, a variabilidade espaço-temporal nos anos é um reflexo da variação entre a produção máxima e mínima por tipo fisiográfico dessas espécies. A importância entre os tipos fisiográficos, as espécies e as áreas nas diferentes produções de propágulos é uma informação importante na dinâmica do ecossistema. Estes fatores agem como um sistema de autogestão, fazendo com que o ecossistema não tenha, assim, dependência de picos específicos de determinada espécie em um único tipo fisiográfico. As variáveis climáticas demonstraram uma associação mais ajustada aos ritmos fenológicos de *A. schaueriana*. Essa relação pode significar que a formação dos propágulos (período anterior ao momento de queda analisado) ocorre em momento mais favorável (maior armazenamento de água no solo), significando, ainda, que quando fica menos favorável (maior evapotranspiração) os propágulos são liberados.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa à primeira autora. Ao Instituto Estadual do Ambiente (INEA), responsável pela Reserva Biológica Estadual de Guaratiba, por autorizar os estudos nos manguezais da região. À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) de Guaratiba e à Empresa Brasileira de Telecomunicações e Participações S.A. (EMBRATEL/Guaratiba), pelo auxílio na logística de campo. Ao professor da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Gustavo Estrada, pelo auxílio na discussão das análises estatísticas. Ao Núcleo de Estudos em Manguezais (NEMA), por tornar este estudo possível com acesso aos campos e à estrutura de laboratório, e a toda a equipe envolvida nas coletas e no tratamento do material.

REFERÊNCIAS

- ADAIME, R. R., 1985. **Produção do bosque de mangue da Gamboa Nóbrega (Cananéia, 250 lat. S. Brasil)**: 1-305. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BALL, M. C., 1988. Ecophysiology of mangroves. **Trees** 2: 129-142.
- BROWN, M. S., 1984. Mangrove litter production dynamics. In: S. C. SNEDAKER & J. G. SNEDAKER (Eds.): **The mangrove ecosystem: research methods**: 223-237. UNESCO, Paris.
- BURNS, B. R. & J. OGDEN, 1985. The demography of the temperate mangrove [*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.] at its southern limit in New Zealand. **Australian Journal of Ecology** 10(2): 125-133.
- CAPOTE-FUENTES, R. T. & R. R. LEWIS, 2004. Resiliencia y restauración de los manglares del Golfo de México y el Caribe. **Memorias del Simposio Internacional de Restauración de Ecosistemas** 2: 346-355.
- CHAVES, F. O., 2007. **Caracterização e relações ambientais da produção de serapilheira em florestas de mangue da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro – RJ**. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CHAVES, F. O., J. R. GOMES, M. L. G. SOARES, G. C. D. ESTRADA, P. M. ALMEIDA & V. F. OLIVEIRA, 2010. Contribuição ao conhecimento e à conservação da planície costeira de Guaratiba – Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro – Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada** 8: 1-12.
- CINTRÓN-MOLERO, G. & Y. SCHAEFFER-NOVELLI, 1983. **Introducción a la ecología del manglar**: 1-109. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe, Montevideo.
- CINTRÓN-MOLERO, G. & Y. SCHAEFFER-NOVELLI, 1992. Ecology and management of New World mangroves. In: U. SEELIGER (Ed.): **Coastal plant communities of Latin America**: 233-258. Academic Press, California.
- CLARKE, P. J., R. A. KERRIGAN & C. J. WESTPHAL, 2001. Dispersal potential and early growth in 14 tropical mangroves: do early life history traits correlate with patterns of adult distribution? **Journal of Ecology** 89(4): 648-659.
- CRAWLEY, M. J., 1997. Biodiversity. In: M. J. CRAWLEY (Ed.): **Plant ecology**: 2nd ed.: 239-261. Blackwell Science Publications, Oxford.
- DUKE, N. C., J. S. BUNT & W. T. WILLIAMS, 1984. Observations on the floral and vegetative phenologies of northeastern Australian mangroves. **Australian Journal of Botany** 32(1): 87-99.
- ESTEVAM, M. R. M., 2013. **Dinâmica de uma planície hipersalina por espécies de mangue em Guaratiba, RJ**: 1-180. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- ESTRADA, G. C. D., 2009. **Análise da variabilidade estrutural de florestas de mangue de Guaratiba, Rio de Janeiro - RJ**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- ESTRADA, G. C. D., C. H. CALLADO, M. L. G. SOARES & C. S. LISI, 2008. Annual growth rings in the mangrove *Laguncularia racemosa* (Combretaceae). **Trees** 22(5): 663-670.
- ESTRADA, G. C. D., M. L. G. SOARES, F. O. CHAVES & V. F. CAVALCANTI, 2013. Analysis of the structural variability of mangrove forests through the physiographic types approach. **Aquatic Botany** 111: 135-143.
- FERNANDES, M. E. B., 1999. Phenological patterns of *Rhizophora* L., *Avicennia* L. and *Laguncularia* Gaertn. f. in Amazonian mangrove swamps. **Hydrobiologia** 413: 53-62.
- FERNANDES, M. E. B., A. A. M. NASCIMENTO & M. L. CARVALHO, 2007. Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de mangue no Furo Grande, Bragança-Pará. **Revista Árvore** 31(5): 949-958.
- GILL, A. M. & P. B. TOMLINSON, 1971. Studies on the growth of the red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) 3. Phenology of the shoot. **Biotropica** 3(2): 109-124.
- LUGO, A. E. & S. C. SNEDAKER, 1974. The ecology of mangroves. **Annual Review of Ecology and Systematics** 5: 39-64.
- MACHADO, M. R. O., 2014. **Produção de serapilheira em florestas de mangue de Guaratiba – RJ**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MACKEY, A. P. & G. SMIL, 1995. Spatial and temporal variation in litter fall of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. in the Brisbane river, Queensland, Australia. **Aquatic Botany** 52(1-2): 133-142.
- MENÉNDEZ, L. & J'. PROY, 2000. **Bases ecológicas para la restauración de manglares en áreas seleccionadas del archipiélago cubano y su relación con los cambios climáticos globales**. Programa Nacional de Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano, Havana.
- MENÉNDEZ, L. & J'. PROY, 2001. **Informe de salud de manglares de las provincias Camagüey y Ciego de Ávila**. Instituto de Ecología y Sistemática (IES) (Proyecto Sabana-Camagüey), Havana.
- MENÉNDEZ, L. & J'. PROY, 2002. **Informe de salud de manglares de río Máximo, Parque Nacional Caguanes y las provincias Matanzas y Villa Clara**. Instituto de Ecología y Sistemática (IES) (Proyecto Sabana-Camagüey), Havana.
- MENEZES, L. C. S., 2010. **Estrutura e produção de serapilheira de floresta de mangue da região estuarina-lagunar do baixo São Francisco sergipano**. Dissertação (Mestrado em Agrossistemas) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

- OCHIENG, C. A. & P. L. A. ERFTEMEIJER, 2002. Phenology, litterfall and nutrient resorption in *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh in Gazi Bay, Kenya. **Trees** 16(2): 167-171.
- SCHAEFFER- NOVELLI, Y., 1995. **Manguezal**: ecossistema entre a terra o mar. Cribbean Ecolgial Research, São Paulo.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y., G. CINTRÓN-MOLERO, M. L. G. SOARES & T. DE-ROSA, 2000. Brazilian mangroves. **Aquatic Ecosystem Health and Management Society** 3: 561-570.
- SCHULZE, E., E. BECK & K. MÜLLER-HOHENSTEIN, 2005. **Plant ecology**. Springer, Berlin/Heidelberg.
- SILVA, L. L. & M. E. B. FERNANDES, 2011. Relação entre os atributos estruturais das árvores de *Avicennia germinans* (L.) Stearn e sua fenologia reprodutiva. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia** 24(2): 51-57.
- SMITH, T. J. III, 1992. Forest structure. In: A. I. ROBERTSONS & D. M. ALONGI (Eds.): **Tropical mangrove ecosystems**: 101-136. American Geophysical Union, Washington.
- SOARES, M. L. G., 1997. **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil**: análise de modelos: 1-560. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- THORNTHWAITE, C. W. & J. R. MATHER, 1955. **The water balance**: 1-104. Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology (Publications in Climatology, v. VIII, n. 1), Centerton.
- TOMLINSON, P. B., 1986. **The botany of mangroves**: 1-417. Cambridge University Press, Cambridge.
- TWILLEY, R. R., A. E. LUGO & C. PATTERSON-ZUCCA, 1986. Litter production and turnover in basin mangrove forests in southwest Florida. **Ecology** 67(3): 670-683.
- WIUM-ANDERSEN, S. & B. CHRISTENSEN, 1978. Seasonal growth of mangrove trees in southern Thailand. II. Phenology of *Bruguiera cylindrica*, *Ceriops tagal*, *Lumnitzera littorea* and *Avicennia marina*. **Aquatic Botany** 5: 383-390.
- WOODROFFE, C. D., 1982. Litter production and decomposition in the New Zealand mangroves, *Avicennia marina* var. *resinifera*. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research** 16(2): 179-188.
- WOODROFFE, C. D., 1985. Studies of a mangrove basin, Tuff Crater, New Zealand. I. Mangrove biomass and production of detritus. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 20(3): 265-280.

