

Produção de serapilheira em dois manguezais do estado do Paraná, Brasil

Litter production in two mangrove areas in the state of Paraná, Brazil

Letícia Larcher¹

Maria Regina Torres Boeger¹

Guilherme Nogueira²

Carlos Bruno Reissmann³

Universidade Federal do Paraná

Caixa postal 19.031

CEP 81531-990 – Curitiba, PR, Brasil

Autora para correspondência: leticialarcher@gmail.com

RESUMO

Serapilheira é a camada formada pela deposição e pelo acúmulo do material proveniente das espécies vegetais e representa a maior contribuição da entrada de nutrientes nos ecossistemas de manguezal. As variações encontradas na produção desse material são resultantes da ação de diferentes fatores ambientais e intrínsecos das espécies. Este estudo teve como objetivo estimar e comparar a produção da serapilheira de dois bosques de mangue no estado do Paraná, com diferentes padrões estruturais. Foram instalados 15 coletores em cada área, e realizaram-se as coletas mensalmente. Em ambas as áreas, a fração folhas foi o principal componente da serapilheira, seguida por ramos, material reprodutivo e miscelânea. As espécies apresentaram maior deposição de folhas e material reprodutivo nos meses com maior temperatura e maior precipitação. A salinidade parece ser o fator que mais influencia a produção total de serapilheira, resultando em uma baixa produtividade anual quando comparada com outras áreas de latitudes semelhantes.

Palavras-chave: Antonina; Guaratuba; mangue; material decíduo.

ABSTRACT

Litter is the layer formed by the deposition and accumulation of material from plant species and represents the largest contribution to the entry of nutrients in mangrove ecosystems. The variations found in the production of this material is a result of the action of different environmental and intrinsic factors from the species. This study aims to estimate and compare the production of litter from two mangroves in the state of Paraná, with different structural patterns. 15 collectors were installed in each area and samples were collected monthly. In both areas, the fraction of leaves was the main component of litter, followed by branches, reproductive material, and miscellanea. Species showed greater deposition of leaves and reproductive material in the months with higher temperatures and precipitation. Salinity seems to be the main factor affecting the total production of litter among other soil characteristics.

Keywords: Antonina; Guaratuba; litterfall; forest structure.

Recebido: 13 fev. 2014

Aceito: 27 maio 2014

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil.

² Curso de Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, UFPR, Curitiba, PR, Brasil.

³ Departamento de Solos, Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba, PR, Brasil.

INTRODUÇÃO

As comunidades vegetais representam um papel-chave nos processos de ciclagem e fluxos de entrada e saída de nutrientes no ecossistema (BERNINI *et al.*, 2006 [7]). Parte dessa dinâmica refere-se à queda de material vegetal, denominada serapilheira ou folheto (GONÇALVES; FERNANDES; CARVALHO, 2006 [16]). A serapilheira representa uma quantidade significativa de matéria orgânica que se torna disponível com a decomposição, fornecendo uma importante fonte de nutrientes para as plantas (AKÉ-CASTILLO; VÁZQUES; LÓPEZ-PORTILLO, 2006 [2]). A queda do material vegetal é influenciada pela composição florística, geomorfologia, sazonalidade, condição climática e poluição. A participação de cada fator é altamente variável entre os diferentes ecossistemas (SÁNCHEZ-ANDRÉS *et al.*, 2010 [29]), e, por isso, a produção de serapilheira tem sido utilizada como uma medida de produtividade dos ecossistemas (CHEN; WANG; ZHANG, 2009 [12]).

Apesar de os manguezais serem reconhecidos como ecossistemas bastante produtivos (CHEN; WANG; ZHANG, 2009 [12]), sua estrutura é relativamente simples, com número de estratos geralmente reduzido e baixa diversidade de espécies, diferentemente de outras florestas tropicais (SOARES, 1999 [35]; MATNI; MENEZES; MEHLIG, 2006 [22]). Nos manguezais brasileiros, é comum ocorrerem quatro espécies (*Rhizophora mangle* L., *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke, *Avicennia germinans* (L.) Stearn e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f.) e outros gêneros associados, como *Conocarpus* e *Spartina* (MATNI; MENEZES; MEHLIG, 2006 [22]; BERNINI; REZENDE, 2010 [6]). A produção de serapilheira dos bosques de mangue reflete a produtividade desse ecossistema (FERNANDES, 2003 [15]), além de representar um papel importante na manutenção dos ecossistemas aquáticos adjacentes, por meio da exportação de matéria orgânica, o que gera um rico reservatório de energia e nutrientes disponíveis (FARIAS; FERNANDES; REISE, 2006 [14]).

Em escala regional, os manguezais apresentam características estruturais distintas ao longo da costa brasileira (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN-MOLERO; ADAIME, 1990 [30]; SOARES, 1999 [35]; CARMO *et al.*, 2000 [10]; SILVA; BERNINI; CARMO, 2005 [33]; ABREU *et al.*, 2006 [1]; MATNI; MENEZES; MEHLIG, 2006 [22]). Essa heterogeneidade é uma resposta à interação de vários fatores abióticos, como radiação solar, precipitação, vento, temperatura do ar, aporte de água doce, nutrientes, ação das marés e ondas e fatores antrópicos que atuam em diferentes escalas espaciais e temporais ao longo da costa brasileira (SOARES *et al.*, 2003 [36]; BERNINI; REZENDE, 2010 [5, 6]).

No litoral do estado do Paraná, os manguezais aparecem nas áreas mais protegidas, onde a baixa energia do ambiente propicia o depósito de sedimentos médios e finos (IPARDES, 1995 [17]). Os bosques de mangues são o tipo vegetacional dominante nas ilhas planas das baías e embocaduras dos rios (MAACK, 1946 [21]). Estudos prévios no litoral paranaense indicam que áreas geograficamente próximas, porém que diferem quanto a grau de perturbação e condições edáficas e de salinidade, podem apresentar diferenças na sua composição e estrutura vegetal. Boeger *et al.* (2011) [8], ao analisarem duas áreas de manguezais pertencentes às baías de Paranaguá e de Guaratuba, no Paraná, mostraram que características físico-químicas do solo parecem influenciar na distribuição e ocorrência das espécies, proporcionando manguezais com estruturas distintas.

Dessa forma, este artigo teve como objetivo estimar, de maneira comparativa, a produção total e frações de serapilheira de dois manguezais que se desenvolveram em diferentes condições de solo e salinidade, formando bosques de mangue estruturalmente distintos. A análise comparativa da produção de serapilheira é importante, pois subsidia medidas de conservação, como a escolha de áreas prioritárias para estudos de conservação e a avaliação das áreas de preservação permanente.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi conduzido em dois manguezais no estado do Paraná, localizados nas baías de Antonina e Guaratuba (figura 1). A Baía de Antonina faz parte do Complexo Estuarino de Paranaguá, que abrange um grande corpo aquoso de forma irregular, projetando-se continente adentro (KRUG; LEÃO; AMARAL, 2007 [19]), composto ainda pela Baía de Paranaguá, situada no eixo leste-oeste, e pelas baías Laranjeiras, Pinheiros e Guaraqueçaba, no eixo norte-sul (LANA *et al.*, 2001 [20]). As parcelas analisadas foram estabelecidas no estuário do Rio Nhundiaquara (tabela 1).

A Baía de Guaratuba é o segundo maior sistema estuarino do litoral do estado do Paraná. Comunica-se com o Oceano Atlântico por uma abertura de aproximadamente 500 m e prolonga-se para dentro do continente por cerca de 15 km, além de apresentar área superficial de 50,19 km² (NOERNBERG *et al.*, 2008 [24]). Estabeleceram-se as parcelas examinadas no Rio Pinheiros (tabela 1).

Os dados climáticos foram cedidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná (Simepar) e referem-se ao ano de 2010 (tabela 1). Obtiveram-se os dados edáficos das áreas estudadas por meio do trabalho de Boeger *et al.* (2011) [8].

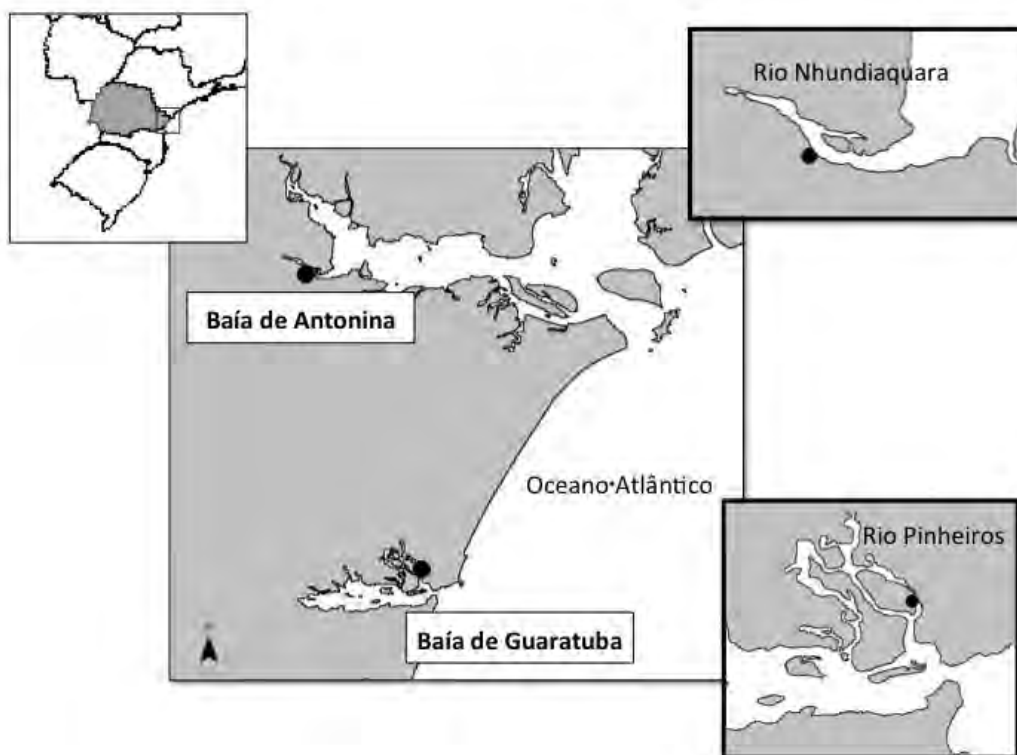


Figura 1 – Áreas de estudo analisadas no manguezal do estuário do Rio Nhundiaquara (Antonina, Paraná, Brasil) e no manguezal do estuário do Rio Pinheiros (Guaratuba, Paraná, Brasil).

Tabela 1 – Descrição das variáveis abióticas das áreas de estudo: Baía de Antonina e Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil.

	Baía de Antonina	Baía de Guaratuba
Posição geográfica	25°29'57" S 48°42'44" W	25°50'00" S 48°34'52" W
Temperatura média (mínima/máxima)	20,5°C (16,7°C/26,4°C)	20,8°C (18,0°C/24,2°C)
Clima	Cfa	Cfa
Precipitação anual no período estudado	2.733 mm	3.183 mm
Tipo de solo	Organossolo tiomórfico sálico sódico	Gleissolo tiomórfico sálico sódico
Salinidade da água intersticial	16,3‰	24,4‰
Potencial redox	-327,2 mV	-316,9 mV

METODOLOGIA

Em cada área de estudo foram instalados 15 coletores de serapilheira de 1 m² de área, presos com fio de náilon e suspensos a 1 m do solo, sob copas das árvores, distantes de 5 a 10 m do rio, na região de borda do manguezal. As coletas do material depositado sobre os coletores foram realizadas mensalmente, durante 13 meses (maio de 2010 a maio de 2011). O folheto foi removido com auxílio de uma escova e acondicionado em sacos de papel identificados para posterior caracterização das diferentes frações. Em laboratório, desidrataram-se as amostras em estufa a 50°C, com ventilação forçada, até atingir peso constante. Posteriormente, separou-se cada amostra nas seguintes frações: folhas, ramos, material reprodutivo (flores, frutos e sementes) e miscelânea, representada pelo material não identificado, e também se separaram as frações representadas por folhas e material reprodutivo por espécie. As frações, então, foram pesadas em balança analítica, e os dados, tabulados.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a comparação da produção de serapilheira entre as áreas, realizou-se o teste t de Student (ZAR, 1999 [40]), utilizando a média das espécies. Para comparar a produção de serapilheira entre as espécies e entre os meses, fez-se análise de variância (Anova), seguida de comparações pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). A relação entre a produção de serapilheira e os fatores abióticos das áreas estudadas (temperatura média, precipitação, radiação) foi testada pela correlação de Spearman e análise de regressão linear (ZAR, 1999 [40]). As análises foram desenvolvidas pelo programa Statistica, versão 7.0 (StatSoft, Inc. Tulsa, OK, USA).

RESULTADOS

A produção total de serapilheira variou nos meses analisados (tabelas 2 e 3), assim como entre as áreas estudadas ($t = 5,22$, $p < 0,0001$). O manguezal de Antonina tem maior produção mensal de serapilheira do que Guaratuba (figura 2). Ao longo dos meses, a serapilheira foi composta predominantemente pelas frações folhas, ramos e material reprodutivo, nessa ordem.

Tabela 2 – Valores médios e respectivos desvios padrão da produção por frações de serapilheira (kg.ha⁻¹) para *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*, por mês, da área de Antonina, no período entre maio de 2010 e maio de 2011. Valores de *F* e *p* referem-se a Anova, com 12 graus de liberdade. Médias seguidas pela mesma letra, em colunas, não são diferentes estatisticamente, no nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Mês	Folhas			Folhas total	Ramos	Material reprodutivo	Miscelânea
	<i>A. schaueriana</i>	<i>L. racemosa</i>	<i>R. mangle</i>				
Maio/10	29,5 ±	21,8 ±	52,9 ±	104,2 ±	12,7 ±	8,5 ±	17,2 ±
	29,7b	20,3b	50,3a	48,6bc	12,7a	8,0a	9,5ab
Junho/10	24,9 ±	39,7 ±	58,9 ±	123,6 ±	53,2 ±	2,1 ±	26,8 ±
	29,1b	33,0b	41,5a	36,4bc	98,9a	4,0a	12,1ab
Julho/10	19,4 ±	26,8 ±	48,6 ±	94,8 ±	23,9 ±	3,4 ±	14,1 ±
	31,2b	32,1b	52,9a	52,3c	57,1a	8,0a	10,1b
Agosto/10	29,4 ±	92,7 ±	55,7 ±	177,8 ±	51,0 ±	17,0 ±	21,9 ±
	29,9b	119,1b	47,5a	137,9bc	63,5a	25,4a	18,5ab
Setembro/10	30,3 ±	33,5 ±	45,6 ±	109,4 ±	4,2 ±	13,7 ±	16,7 ±
	46,8b	41,3b	38,6a	52,3bc	4,5a	28,4a	9,3ab
Outubro/10	35,9 ±	49,1 ±	62,6 ±	147,6 ±	38,1 ±	22,7 ±	19,4 ±
	58,9b	56,8b	64,2a	82,0bc	65,7a	51,9a	17,5ab
Novembro/10	83,8 ±	113,2 ±	121,6 ±	318,5 ±	17,9 ±	11,4 ±	26,3 ±
	116,8ab	130,2ab	113,7a	169,3bc	26,1a	20,6a	20,6ab
Dezembro/10	61,7 ±	156,5 ±	129,8 ±	348,0 ±	34,1 ±	0,3 ±	35,0 ±
	04,0ab	200,5ab	139,6a	243,3ab	61,9a	0,9a	29,7ab
Janeiro/11	157,5 ±	300,2 ±	123,7 ±	581,4 ±	42,5 ±	0,4 ±	33,6 ±
	204,1a	419,1a	190,7a	493,8a	73,5a	0,7a	35,2ab

continua...

Continuação da tabela 2

Mês	Folhas			Folhas total	Ramos	Material reprodutivo	Miscelânea
	A. schaueriana	L. racemosa	R. mangle				
Fevereiro/11	29,2 ± 59,6b	138,6 ± 209,7ab	103,5 ± 142,3a	271,3 ± 346,0bc	70,7 ± 115,0a	48,5 ± 66,4a	43,9 ± 53,1a
Março/11	38,9 ± 99,3b	57,5 ± 57,0b	102,8 ± 65,6a	199,1 ± 119,1bc	49,2 ± 45,9a	140,7 ± 168,4a	30,9 ± 19,7ab
Abril/11	50,3 ± 73,0b	26,4 ± 30,0b	62,8 ± 63,6a	139,5 ± 84,3bc	10,9 ± 11,3a	357,0 ± 1000,6a	17,5 ± 14,8ab
Maio/11	37,0 ± 46,8b	17,7 ± 21,4b	46,8 ± 50,0a	101,6 ± 53,3c	8,5 ± 8,5a	95,8 ± 135,4a	22,6 ± 14,7ab
F	2,79	3,99	1,74	7,38	1,71	1,76	2,00
p	0,001	< 0,0001	0,06	< 0,0001	0,06	0,06	0,03

Tabela 3 – Valores médios e respectivos desvios padrão da produção por frações de serapilheira (kg.ha⁻¹) para *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*, por mês, da área de Guaratuba, no período entre maio de 2010 e maio de 2011. Valores de F e p referem-se a Anova, com 12 graus de liberdade. Médias seguidas pela mesma letra, em colunas, não são diferentes estatisticamente, no nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Mês	Folhas			Folhas total	Ramos	Material reprodutivo	Miscelânea
	A. schaueriana	L. racemosa	R. mangle				
Maio/10	44,6 ± 39,1abc	4,8 ± 8,4b	20,6 ± 35,1a	70,0 ± 36,0cd	10,8 ± 16,6c	7,8 ± 10,6b	6,8 ± 7,1a
Junho/10	40,4 ± 34,0abc	23,1 ± 34,4b	25,4 ± 46,6a	88,9 ± 42,6cd	9,5 ± 14,8c	4,2 ± 8,1b	9,5 ± 7,1a
Julho/10	30,9 ± 28,9bc	9,5 ± 8,8b	34,9 ± 46,7a	75,3 ± 37,4cd	13,8 ± 27,2c	1,7 ± 3,1b	25,6 ± 67,8a
Agosto/10	27,4 ± 39,1c	16,9 ± 26,6b	0,0 ± 0,0a	44,3 ± 56,3d	10,2 ± 15,1c	3,0 ± 6,3b	7,6 ± 23,5a
Setembro/10	56,0 ± 63,8abc	8,2 ± 13,0b	16,1 ± 27,6a	80,4 ± 71,5cd	40,3 ± 51,9abc	11,5 ± 13,8b	7,6 ± 10,3a
Outubro/10	36,8 ± 49,5bc	17,2 ± 18,1b	5,5 ± 11,2a	59,4 ± 66,4cd	63,4 ± 101,5ab	6,1 ± 9,4b	4,6 ± 7,0a
Novembro/10	61,3 ± 74,7abc	19,6 ± 27,3b	19,5 ± 32,7a	100,5 ± 81,0bcd	5,5 ± 11,3c	11,5 ± 21,2b	6,5 ± 8,4a
Dezembro/10	43,6 ± 38,2abc	48,7 ± 62,8ab	31,8 ± 43,8a	124,1 ± 88,7bcd	17,7 ± 16,3bc	2,9 ± 4,0b	7,1 ± 7,5a
Janeiro/11	122,5 ± 126,9a	96,5 ± 165,7a	38,2 ± 56,0a	257,3 ± 213,3a	10,8 ± 16,6c	1,0 ± 3,5b	12,4 ± 16,1a
Fevereiro/11	113,0 ± 108,7ab	54,9 ± 62,9ab	36,9 ± 63,7a	204,7 ± 137,5ab	20,3 ± 26,9abc	2,0 ± 4,8b	11,6 ± 12,3a
Março/11	98,8 ± 91,3abc	15,3 ± 19,0b	54,6 ± 75,9a	168,9 ± 95,2cd	68,2 ± 66,8a	11,1 ± 11,4b	12,0 ± 15,0a
Abril/11	48,4 ± 59,9abc	14,3 ± 26,1b	54,2 ± 65,5a	116,9 ± 65,2bcd	8,4 ± 8,4c	74,2 ± 157,8a	9,9 ± 12,4a
Maio/11	43,1 ± 51,1abc	11,1 ± 17,6b	25,2 ± 39,3a	79,4 ± 47,0cd	4,6 ± 4,7c	25,5 ± 49,1ab	10,6 ± 11,6a
F	3,17	3,23	1,84	6,68	4,41	2,64	0,81
p	0,0004	0,0003	0,05	< 0,0001	< 0,0001	0,002	0,63

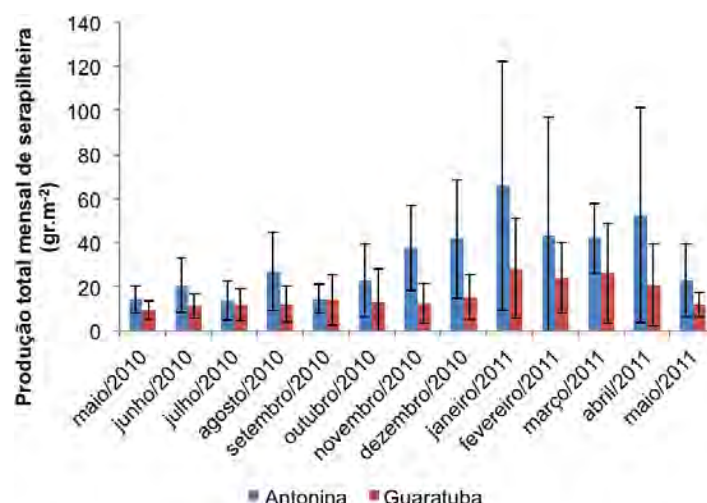


Figura 2 – Produção total de serapilheira (gr.m^{-2}) entre os meses de maio de 2010 e maio de 2011, nas áreas de Antonina e Guaratuba, Paraná, Brasil.

As espécies tiveram padrão temporal similar, com altos valores de produção total de serapilheira ocorrendo de janeiro a abril (figura 2). Em todos os meses, houve produção de todas as frações de serapilheira, com exceção da produção de folhas de *R. mangle*, em Guaratuba, em agosto de 2010 (tabela 3).

A fração folha foi a mais representativa na produção total de serapilheira, com maiores valores, exceto quando houve a ocorrência de frutos de *R. mangle* com grande massa individual. Em Antonina, a produção de folhas de *R. mangle* representou a maior contribuição em nove dos 13 meses analisados, seguida por *L. racemosa* (tabela 2), com o máximo de produção registrado em dezembro de 2010 e janeiro de 2011. Em Guaratuba, a espécie com maior produção de folhas foi *A. schaueriana*, em dez dos 13 meses analisados, tendo seu valor máximo de produção entre janeiro e março de 2011.

Não houve diferença no total de queda de ramos entre as duas áreas estudadas (tabelas 2 e 3), apresentando padrão contínuo em todo o período estudado ($t = 1,79$, $p > 0,05$). A maior queda foi registrada em períodos próximos entre as áreas – fevereiro de 2011 na área de Antonina e março de 2011 em Guaratuba –, o que corresponde ao período da estação chuvosa.

A produção total da fração material reprodutivo foi igual entre as áreas estudadas (figura 2, $t = 1,88$, $p > 0,05$). Tanto em Guaratuba quanto em Antonina, o mês de maior produção de material reprodutivo foi abril de 2011, e os menores, entre dezembro de 2010 e janeiro de 2011 (tabelas 2 e 3).

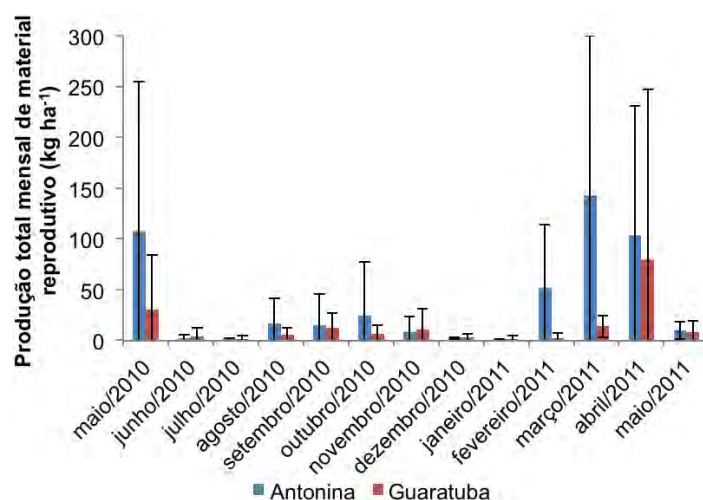


Figura 3 – Produção total de material reprodutivo (kg.ha^{-1}) entre os meses de maio de 2010 e maio de 2011, nas áreas de Antonina e Guaratuba, Paraná, Brasil.

A queda de flores de *A. schaueriana* ocorreu praticamente o ano todo, com seu máximo nos meses de novembro em Antonina e março em Guaratuba (figura 4). Para *L. racemosa*, registrou-se a queda de flores de janeiro até março, com deposição máxima no período de março a abril, em ambas as áreas. *R. mangle* apresentou queda de flores entre fevereiro e junho, com pico de deposição em março, em Antonina, e abril, em Guaratuba.

A fração de material reprodutivo representada pelos frutos também foi bastante similar entre as áreas (figura 4). Para *A. schaueriana*, houve o registro de frutos de novembro de 2010 a março de 2011, em ambas as áreas, com maior queda nos períodos entre agosto e outubro em Antonina e setembro e novembro em Guaratuba. Para *L. racemosa*, foi possível observar queda de frutos de maio até julho de 2010 e de março a maio de 2011, com máximo de queda em abril e maio de 2011, tanto em Guaratuba quanto em Antonina. *R. mangle* demonstrou queda de frutos de maio a novembro de 2010 e de fevereiro a maio de 2011 em Antonina e entre janeiro e abril de 2011 em Guaratuba, com maior período de deposição em fevereiro e março de 2011 em Antonina e janeiro de 2011 em Guaratuba.

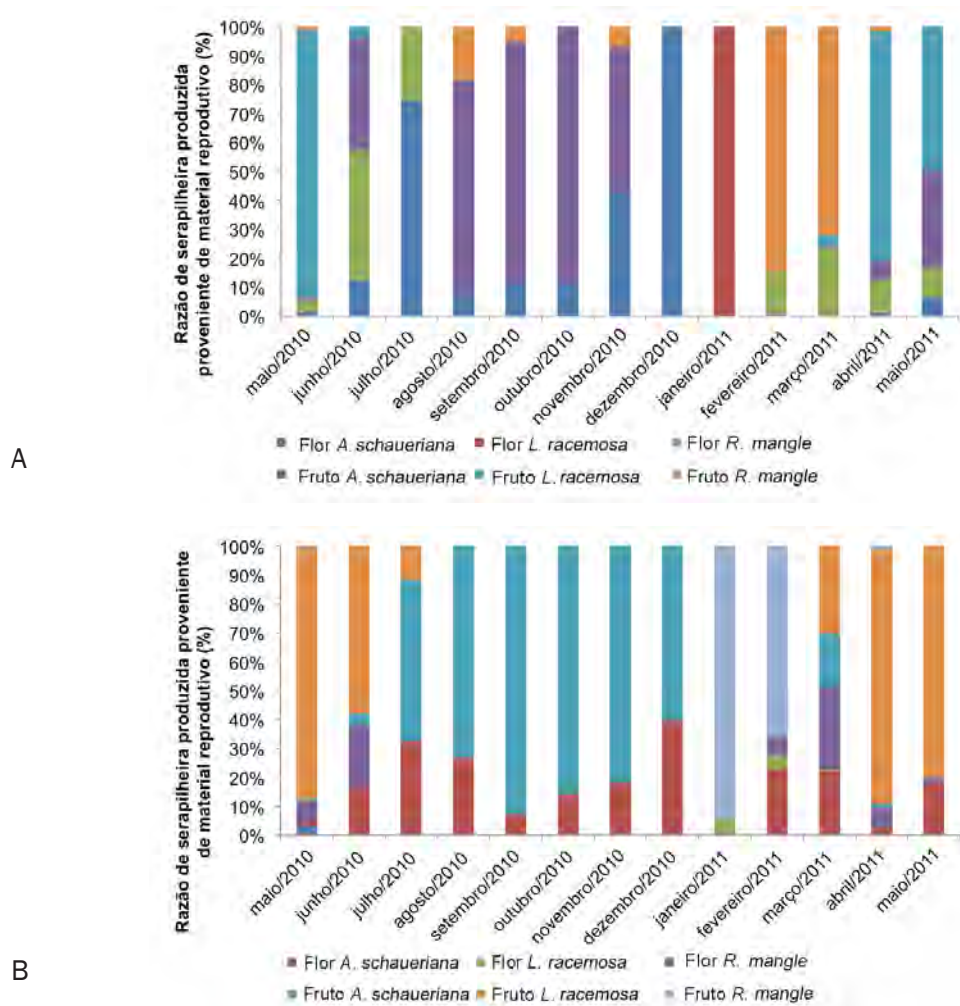


Figura 4 – Razão de serapilheira produzida proveniente de material reprodutivo (%) entre maio de 2010 e maio de 2011, por fração, em Antonina (A) e Guaratuba (B), Paraná, Brasil.

De janeiro a março foi o período de maior precipitação, tanto em Guaratuba quanto em Antonina, enquanto o período mais seco foi em abril e maio, também em ambas as áreas (figura 5). O mesmo padrão foi encontrado para radiação solar, temperatura média e comprimento do dia. Já os valores de salinidade da água intersticial variaram de 8‰ a 23‰ para Antonina, com maiores valores em maio e junho e menores de novembro a abril. Para a área de Guaratuba, os valores de salinidade da água intersticial ficaram entre 21‰ e 30‰, com maiores valores nos meses de maio, agosto e setembro e menores de fevereiro a abril.

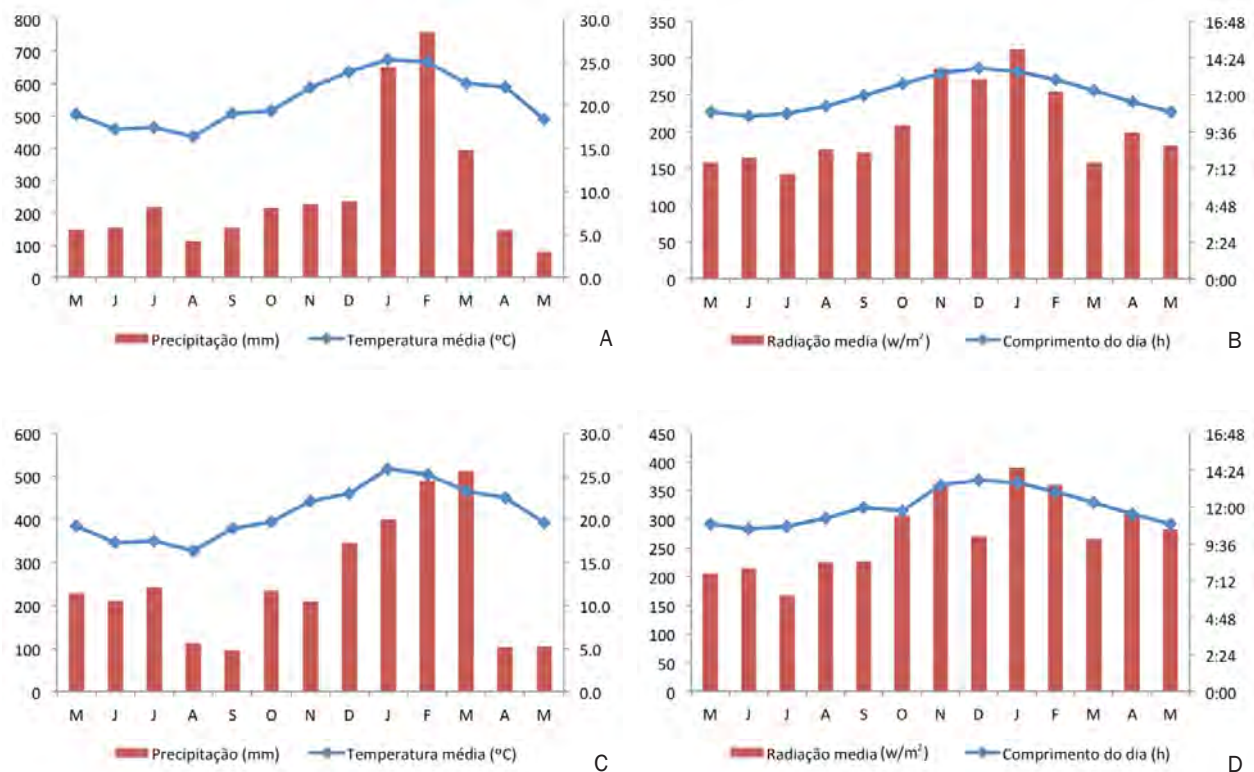


Figura 5 – Precipitação anual (mm) e temperatura média (°C), radiação média (w/m²) e comprimento do dia (h) mensais para a região do manguezal de Antonina (A, B) e Guaratuba (C, D), Paraná, Brasil. Fonte: Simepar (2010) [34].

Não houve correlação entre a produção total de serapilheira e os fatores físico-químicos dos sedimentos ($n = 190$; teor de matéria orgânica $r = 0,09$, $p = 0,052$; salinidade $r = -0,11$, $p = 0,26$; potencial de redução do solo $r = -0,01$, $p = 0,07$). A produção total de serapilheira em ambas as áreas não apresentou relação com os fatores ambientais como temperatura média (Antonina: $r^2 = 0,03$; Guaratuba: $r^2 = 0,001$), precipitação (Antonina: $r^2 = 0,01$; Guaratuba: $r^2 = 0,02$), comprimento do dia (Antonina: $r^2 = 0,00$; Guaratuba: $r^2 = 0,01$), radiação média (Antonina: $r^2 = 0,01$; Guaratuba: $r^2 = 0,02$) ou salinidade (Antonina: $r^2 = 0,01$; Guaratuba: $r^2 = 0,07$), ao contrário do esperado ($n = 12$). Apesar de não haver correlação, os meses de maior produção total de serapilheira e da fração folhas coincidem com os meses de maior precipitação e temperatura e menor salinidade da água do rio.

DISCUSSÃO

A produção anual de serapilheira tanto em Antonina como em Guaratuba foi menor que a produção reportada para a Baía de Paranaguá (SESSEGOLO, 1997 [32]) e para outros manguezais de São Paulo (tabela 4). Alguns autores sugerem haver relação negativa entre a produção anual de serapilheira e a latitude (SAENGER; SNEDAKER, 1993 [28]; MEHLIG, 2001 [23]), associada à influência de fatores como radiação solar, amplitude de marés, temperatura e geomorfologia da área (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN-MOLERO; ADAIME, 1990 [30]). Bray e Gorham (1964) [9] afirmam que o valor de produção anual de serapilheira para áreas de latitude 25° varia de 7 a 8,8 t ha ano⁻¹, porém outras áreas de manguezais também apresentam valores abaixo do esperado (SESSEGOLO, 1997 [32]).

Outros estudos apontam que a produção de serapilheira está positivamente ligada com o aporte de água doce (BERNINI; REZENDE, 2010 [5, 6]). Segundo Bernini e Rezende (2010 [5]), a alta produtividade é resultado de baixa salinidade da água intersticial (2,0‰ a 2,7‰), alta disponibilidade de nutrientes e condições climáticas favoráveis (temperatura e precipitação). As áreas estudadas demonstram altos valores de salinidade da água intersticial (16,3‰ e 24,4‰, em Antonina e Guaratuba, nessa ordem), o que explicaria parcialmente a baixa produção de serapilheira dessas áreas, comparada com manguezais de latitudes semelhantes (tabela 4).

Tabela 4 – Valores de produção de serapilheira total ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$), fração folha (%) e precipitação anual (mm) em diferentes regiões – Sudeste e Sul do Brasil.

Referência	Local	Latitude	Folhas (%)	Precipitação anual (mm)	Produção total ($\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)
Bernini e Rezende, 2010 [6]	São Fco. de Itabapoana, RJ	21°36' S	> 50	1.385	12,3-14,5
Ponte et al., 1984 [25]	Bertioga, SP	23°53' S	90	2.200	4,2
Almeida, 2005 [3]	Cananeia, SP	25°00' S	50-70	1.630	8,1
Sessego, 1997 [32]	Baía de Paranaguá, PR	25°33' S	61-92	2.206	4,8
Este estudo	Antonina, PR	25°29' S	74	2.880	4,1
Este estudo	Guaratuba, PR	25°50' S	62	3.239	2,1

Alguns autores sugerem que a maior contribuição na composição da serapilheira está relacionada à espécie com os maiores valores fitossociológicos (SESSEGO, 1997 [32]; ALMEIDA, 2005 [3]), porém nas áreas deste trabalho não foi possível observar essa relação. Estudos prévios (Boeger et al., 2011 [8]) mostraram que *R. mangle* é a espécie dominante em Antonina, enquanto em Guaratuba *A. schaueriana* apresentou a maior dominância, valores de cobertura e de importância. Nesta pesquisa, *L. racemosa* e *R. mangle* foram as espécies que mais colaboraram com a produção de serapilheira nas áreas de Antonina e Guaratuba, respectivamente. Nossos dados corroboram os resultados de Bernini e Rezende (2010) [5, 6], que sugerem não haver relação entre a estrutura da vegetação e a produção de serapilheira, resultados também suportados por Twilley e Day (1999) [38] e Fernandes (2003) [15].

A sequência da produção das frações de serapilheira encontrada neste estudo (folhas > ramos > material reprodutivo > miscelânea) é semelhante à observada em outras investigações (SESSEGO, 1997 [32]; ALMEIDA, 2005 [3]; BERNINI; REZENDE, 2010 [5]). A proporção entre produção da fração folha e produção total variou entre as áreas, porém foi maior que 60% em todos os meses analisados. Mehlig (2001) [23] sugere que em alguns manguezais essa porcentagem pode exceder 80%, dependendo da latitude, das condições climáticas e do tipo de floresta.

As folhas possuem papel relevante na ciclagem de nutrientes dos manguezais (RAMOS E SILVA; SILVA; OLIVEIRA, 2006 [27]), tornando-se uma das maiores fontes de matéria orgânica para o solo (FARIAS; FERNANDES; REISE, 2006 [14]). Nas duas áreas estudadas, houve queda de folhas ao longo de todo o ano, concordando com o padrão fenológico das espécies (SERENESKI, 2012 [31]). O período de maior queda de folhas coincide com o de maior precipitação e temperatura média. Sessego (1997) [32], ao estudar o manguezal do Rio Baguaçu, no Paraná, alcançou resultados similares, em que a fração folha foi a mais significativa, com picos de maior produção entre os meses de novembro e fevereiro.

As frações ramos e miscelânea não mostraram variação sazonal durante o período avaliado. Ao que parece, fatores possivelmente atuantes na sazonalidade da queda de folhas seriam responsáveis também pelo padrão sazonal da queda de ramos (ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003 [4]), contudo deve-se ressaltar que essa fração de serapilheira é a mais variável, tanto em quantidade como em sazonalidade (PROCTOR, 1983 [26]). Portanto, picos de produção de ramos também na estação chuvosa já foram constatados e relacionados com a ação mecânica das chuvas (DIAS; OLIVEIRA FILHO, 1997 [13]). De fato, a maior queda da fração ramos esteve associada ao mês de maior precipitação na área de Guaratuba. Já em Antonina essa relação não foi observada, provavelmente pela alteração no regime de chuvas na área, em decorrência de tempestades isoladas que aconteceram no período de coleta (BOEGER et al., 2011 [8]).

Estudos relataram padrão sazonal na produção de serapilheira em manguezais (TWILLEY et al., 1997 [39]; SESSEGO, 1997 [32]; AKÉ-CASTILLO; VÁZQUES; LÓPEZ-PORTILLO, 2006 [2]; BERNINI; REZENDE, 2010 [5]). A alta produção de material reprodutivo durante a estação chuvosa parece ser uma adaptação das espécies de mangue aos ambientes alagados, que garante a dispersão das estruturas reprodutivas, quando os níveis de água são mais favoráveis (TOMLINSON, 1986 [37]; JIMÉNEZ; SAUTER, 1991 [18]). Há ainda relação entre a produção de estruturas reprodutivas e a queda das folhas. Farias, Fernandes e Reise (2006) [14], ao investigar manguezais da Península Bragantina

(Bragança, Pará), sugerem que as espécies de manguezais dessa região apresentam como estratégia reprodutiva a perda de folhas no período de transição entre as estações seca e chuvosa, de forma a investir mais energia na produção de partes reprodutivas, assegurando seu sucesso na dispersão dos propágulos.

Neste trabalho, o período de produção de estruturas reprodutivas coincidiu com o período de queda de folhas, assim como descrito anteriormente por Carvalho (2002) [11]. Sessegolo (1997) [32] verificou que os frutos de *R. mangle* podem ser observados em qualquer época do ano, com sua abscisão sobretudo entre março e maio, a mesma época de floração e produção de folhas. A maior produção de estruturas reprodutivas coincidiu com os meses de maior precipitação em ambas as áreas, porém tal relação não é suportada pela análise de correlação, diferentemente do esperado. Nesta pesquisa, os altos valores de desvio padrão estão associados à heterogeneidade das áreas examinadas, em decorrência das diferenças estruturais, e podem explicar a baixa correlação entre a produção de serapilheira e as variáveis ambientais averiguadas. Outros estudos também não encontraram relação entre a produção de serapilheira e a precipitação em função da heterogeneidade ambiental (RAMOS E SILVA; SILVA; OLIVEIRA, 2006 [27]) e sugerem que os altos valores de erro padrão e a interação entre os fatores ambientais analisados, como por exemplo temperatura e radiação média, possivelmente explicam os baixos valores de correlação.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo contribuem com informações sobre a estrutura e a produção de serapilheira da comunidade arbórea dos manguezais do sul do Brasil. A interação entre salinidade e fatores como radiação solar e temperatura afeta a produção total de serapilheira, resultando em baixa produtividade anual quando comparada com outras áreas de latitudes semelhantes. Os manguezais de Antonina e Guaratuba são diferentes estruturalmente e apresentam produção total de serapilheira distinta, indicando que existe relação entre a estrutura da vegetação e a produção de serapilheira. Os meses de maior produção de serapilheira coincidem com os meses de maior precipitação e temperatura, porém com baixos valores de correlação, sugerindo que a produtividade pode ser influenciada pelos fatores intrínsecos de cada manguezal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Araucária e à Petrobras o suporte financeiro; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a bolsa produtividade de Maria Regina Torres Boeger (processo n.º 309386/2007-1) e a bolsa de iniciação científica para Guilherme Nogueira.

REFERÊNCIAS

1. Abreu MM, Mehlig U, Nascimento RESA, Menezes MPM. Caracterização estrutural e composição florística em um bosque de terra firme e um manguezal da Península de Ajuruteua, Bragança (Pará-Brasil). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais. 2006;2(3):27-34.
2. Aké-Castillo JA, Vázquez G, López-Portillo J. Litterfall and decomposition of *Rhizophora mangle* L. in a coastal lagoon in the southern Gulf of Mexico. Hydrobiologia. 2006;559:101-11.
3. Almeida R. Ecologia de manguezais: dinâmica da serapilheira e funcionamento do ecossistema, Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo, Brasil [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2005.
4. Arato HD, Martins SV, Ferrari SHS. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa – MG. Revista Árvore. 2003;27(5):715-21.
5. Bernini E, Rezende CE. Litterfall in a mangrove in Southeast Brazil. Pan-American Journal of Aquatic Sciences. 2010;5:508-19.
6. Bernini E, Rezende CE. Variação estrutural em florestas de mangue do estuário do Rio Itabapoana, ES-RJ. Biotemas. 2010;23(1):49-60.

7. Bernini E, Silva MAB, Carmo TMS, Cuzzuol GRF. Composição química do sedimento e de folhas das espécies do manguezal do estuário do Rio São Mateus, Espírito Santo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. 2006;29(4):689-99.
8. Boeger MRT, Reissmann CB, Martins APL, Larcher L, Sereneski C, Pelozo A et al., organizadores. Diagnóstico ictiofaunístico em ambientes afetados por vazamento de óleo na serra do mar, no estado do Paraná. Curitiba: Funpar; 2011. p. 1-184.
9. Bray JR, Gorham E. Litter production in forests in the world. *Advances in Ecological Research*. 1964;2:101-57.
10. Carmo TMS, Sforza R, Rocha GB, Moreira LMP, Silva RCD. Caracterização da estrutura do manguezal de Goiabeiras Velha, Vitória, Espírito Santo. *Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*; 2000; São Paulo. São Paulo; 2000. v. 2. p. 381-8.
11. Carvalho M. Aspectos da produtividade primária dos bosques de mangue do Furo Grande, Bragança, Pará [dissertação]. Belém: Universidade Federal do Pará; 2002.
12. Chen LZ, Wang WQ, Zhang YH. Recent progresses in mangrove conservation, restoration and research in China. *Journal of Plant Ecology*. 2009;2:45-54.
13. Dias HCT, Oliveira Filho AT. Variação temporal e espacial da produção de serrapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Lavras – MG. *Revista Árvore*. 1997;21:11-26.
14. Farias ASC, Fernandes MEB, Reise A. Comparação da produção de serapilheira de dois bosques de mangue com diferentes padrões estruturais na Península Bragantina, Bragança, Pará. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*. 2006;2(3):61-8.
15. Fernandes MEB. Produção primária: serapilheira. In: Fernandes MEB, editor. Os manguezais da costa norte brasileira. São Luís; 2003. p. 61-76.
16. Gonçalves ASC, Fernandes MEB, Carvalho ML. Variação anual da produção de serapilheira em bosques de mangue no Furo Grande, Bragança, Pará. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*. 2006;2(3):69-76.
17. Instituto Paranaense de Desenvolvimento – Ipardes. Diagnóstico ambiental da APA de Guaraqueçaba. Curitiba: Ipardes; 1995. 166 p.
18. Jiménez JA, Sauter K. Structure and dynamics of mangrove forest along a flooding gradient. *Estuaries*. 1991;14:49-56.
19. Krug LA, Leão C, Amaral S. Dinâmica espaço-temporal de manguezais no Complexo Estuarino de Paranaguá e relação entre decréscimo de áreas de manguezal e dados sócio-econômicos da região urbana do município de Paranaguá – Paraná. *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*; 2007; Florianópolis. Florianópolis; 2007. Versão eletrônica.
20. Lana PC, Marone E, Lopes RM, Machado EC. The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. *Ecological Studies*. 2001;144:131-45.
21. Maack R. Geologia e geografia da região de Vila Velha, Estado do Paraná, e considerações sobre a glaciação carbonífera no Brasil. *Arquivos do Museu Paranaense*. 1946;5:1-46.
22. Matni AS, Menezes MPM, Mehlig U. Caracterização estrutural dos bosques de mangue na Península Bragantina. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*. 2006;3(2):45-54.
23. Mehlig U. Aspects of tree primary production in an equatorial mangrove forest in Brazil [tese]. Bremen: Universität Bremen; 2001.
24. Noernberg MA, Angelotti R, Caldeira GA, Ribeiro de Sousa AF. Determinação da sensibilidade do litoral paranaense à contaminação por óleo. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*. 2008;12(2):49-59.

25. Ponte ACE, Fonseca IAZ, Marques M, Freitas ML, Claro SMC. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em ecossistema de mangue. Anais da IV Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência; 1984; Campinas. Campinas; 1984. p. 103-7.
26. Proctor J. Tropical forest litterfall. I. Problems of data comparison. In: Sutton SL, Whitmore TC, Chadwick AC (Ed.). Tropical rain forest and management. Oxford; 1983. p. 267-73.
27. Ramos e Silva CA, Silva AP, Oliveira SR. Concentration, stock and transport rate of heavy metals in a tropical red mangrove, Natal, Brazil. Marine Chemistry. 2006;99:2-11.
28. Saenger P, Snedaker SC. Pantropical trends in mangrove above-ground biomass and annual litterfall. Oecologia. 1993;96:293-9.
29. Sánchez-Andrés R, Sánchez-Carrillo S, Alatorre LC, Cirujano S, Álvarez-Cobelas M. Litterfall dynamics and nutrient decomposition of arid mangroves in the Gulf of California: their role sustaining ecosystem heterotrophy. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2010;89(3):191-9.
30. Schaeffer-Novelli Y, Cintrón-Molero G, Adaime RR. Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast. Estuaries. 1990;13(2):201-18.
31. Sereneski C. Análise morfológica e fenológica da comunidade arbórea dos manguezais da Baía de Antonina e Baía de Guaratuba, Paraná [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2012.
32. Sessegolo GCS. Estrutura e produção de serapilheira do manguezal do Rio Baguaçu, Baía de Paranaguá – PR [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 1997.
33. Silva MAB, Bernini E, Carmo TMS. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do Rio São Mateus, ES, Brasil. Acta Botanica Brasilica. 2005;19(3):465-71.
34. Simepar – Tecnológico Simepar/ Centro Politécnico da UFPR. Curitiba (PR), 2010 [acesso em 2013 Dec. 12]. Disponível em: <http://www.simepar.br/site/internas/conteudo/monitoramento/telemetria/index.shtml>.
35. Soares MLG. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Revista Brasileira de Biologia. 1999;59(3):503-15.
36. Soares MLG, Chaves FO, Corrêa FM, Silva JR CMG. 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. 2003;26:101-16.
37. Tomlinson PB. The botany of mangroves. Cambridge: Cambridge University Press; 1986. 413 p.
38. Twilley RR, Day JW. The productivity and nutrient cycling of mangrove ecosystem. In: Yáñez-Arancibia A, Lara-Dominguez AL, editors. Ecosistemas de manglar en America Tropical. Ciudad del México: Instituto de Ecología/Costa Rica: UICN/ORMA/NOAA/NMFS; 1999. p. 127-51.
39. Twilley RR, Pozo M, Garcia VH, Rivera-Monroy VH, Zambrano R, Boderio A. Litter dynamics in riverine mangrove forests in the Guayas River estuary, Ecuador. Oecologia. 1997;111:109-22.
40. Zar JH. Biostatistical analysis. New Jersey; 1999. 662 p.