

A construção e a manutenção de tocas de caranguejos em um aterro em manguezal podem afetar a variabilidade espacial da macrofauna bentônica?

Do crab burrows affect spatial variability of benthic macrofauna in a mangrove landfill?

Jonatas **VALLER**¹; Miguel Angel Alvarenga **BARAN**¹ & Luciano **LORENZI**^{1, 2}

RESUMO

Os manguezais são amplamente conhecidos como ambientes de transição, ocupados por vegetação típica, adaptada a fundos inconsolidados predominantemente lodosos com baixos teores de oxigênio, a flutuações de salinidade e a variações nos regimes de marés em regiões costeiras. Este trabalho avaliou se a construção e a manutenção de tocas dos caranguejos afetaram espacialmente a macrofauna bentônica em uma área aterrada no manguezal do Saco do Iperoba, em São Francisco do Sul, Santa Catarina. Amostragens foram realizadas ao longo de uma faixa de manguezal, e coletaram-se amostras em substrato arenoso (aterro) e lodoso (próximo ao aterro), ambos com tocas de caranguejos. Cada setor foi dividido em três blocos amostrais, e em cada bloco selecionaram-se um ponto com toca de caranguejo e outro mais afastado, sem a presença da toca. Os resultados mostraram agrupamentos de fauna distintos, porém empobrecidos, e os efeitos sobre a macrofauna bentônica decorrentes da presença das tocas de caranguejos não foram detectados. Os substratos formaram diferentes associações de macrofauna bentônica. Verificou-se que a bioturbação dos caranguejos foi minimizada ou anulada pelo aterro. A constituição dos sedimentos e a densidade de plantas determinaram os padrões de distribuição espacial da macrofauna bentônica no manguezal.

Palavras-chave: Baía da Babitonga; bioturbação; espacialização; macrobentos; sedimento.

ABSTRACT

Mangroves are widely known as transitional environments, being occupied by a particular flora, adapted to coastal environments with predominantly muddy substrates with low oxygen content, fluctuations in salinity and variation in tidal regimes. The present study evaluated whether the construction and maintenance of crab burrows had a spatial effect on the benthic macrofauna in an area within the mangrove at Saco do Iperoba in São Francisco do Sul, state of Santa Catarina, Brazil. Sediment samples were collected along a strip of mangrove, from sandy (landfill) and muddy (near the landfill) substrates with crab burrows. Each substrate was divided into three sampling blocks and, in each block, a point with a crab burrow was selected as well as another one, further away and without a crab burrow. Results show distinct faunal groupings but impoverished and the effects of the presence of crab burrows on the macrofauna were not detected. The substrates formed distinct associations of benthic macrofauna and the bioturbation of crabs was minimized or annulled by the landfill. The constitution of sediments and the density of plants determined the spatial distribution patterns of the benthic macrofauna in the mangrove.

Keywords: Babitonga Bay; bioturbation; macrobenthos; sediment; spatialization.

Recebido em: 27 jul. 2017
Aceito em: 28 set. 2017

1 Universidade da Região de Joinville (Univille) – Unidade São Francisco do Sul, departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Bentologia, Rodovia Duque de Caxias, n. 6.365, bairro Iperoba, CEP 89240-000, São Francisco do Sul, SC, Brasil.

2 Autor para correspondência: llorenzi@univille.br.

INTRODUÇÃO

O manguezal é um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais e sujeito ao regime de marés. Nesses sistemas as espécies vegetais, incluindo as macroalgas, estão adaptadas às flutuações de salinidade e colonizam sedimentos predominantemente lodosos com baixos teores de oxigênio (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991). O Brasil possui a terceira maior área de manguezais do mundo e 50% dos manguezais da América Latina (FAO, 2007; GIRI *et al.*, 2011). Tais formações ocorrem do Oiapoque, no Amapá (04° 20'N), até Laguna, em Santa Catarina (28° 30'S). No continente americano as dez espécies de plantas que compõem os manguezais estão distribuídas nos gêneros *Avicennia*, *Conocarpus*, *Laguncularia*, *Pelliciera* e *Rhizophora*; no Brasil ocorrem os gêneros *Avicennia*, *Conocarpus*, *Laguncularia* e *Rhizophora* (CINTRÓN & SCHAEFFER-NOVELLI, 1983). As formações de manguezal ocorrem em regiões costeiras abrigadas, que apresentam condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais, sendo consideradas importantes transformadoras de nutrientes em matéria orgânica e geradoras de bens e serviços (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991). Funções como purificação e armazenamento de água, proteção contra tempestades, estabilização das condições climáticas locais, recarga e descarga de aquíferos, retenção de contaminantes, base das cadeias alimentares estuarinas e marinhas, oferta de recursos de flora e fauna e oferta de espaços para turismo e recreação são desempenhadas e geradas “gratuitamente” pelos manguezais (DUGAN, 1992). Atualmente, a sua função foi reconhecida como componente-chave no ciclo do carbono atmosférico, sendo considerada a mais rica em carbono dentre as florestas tropicais (DONATO *et al.*, 2011). Apesar da importância relatada anteriormente, os manguezais estão sujeitos a intervenções antrópicas, das quais se destacam o extrativismo, dragagens, aterros de lixo, construção de portos, empreendimentos imobiliários, agricultura e poluição industrial e urbana (AMARAL *et al.*, 2010). A ocupação e o uso desordenado dessas áreas trazem impactos negativos, em particular a redução da diversidade de habitats, com a extinção de espécies animais e vegetais de estuários (FONSECA *et al.*, 1994).

Atividades de caranguejos escavadores que vivem em manguezais alteram substancialmente as propriedades abióticas e bióticas dos sedimentos. Esses crustáceos são engenheiros ecossistêmicos (KRISTENSEN, 2008) e podem ser o segundo grupo mais importante na função, perdendo apenas para as próprias árvores (JONES *et al.*, 1997). Caranguejos sesarmídeos (Grapsidae) contribuem substancialmente para a degradação de 80% da serapilheira ao longo do ano, o que ajuda para o subsequente ciclo de nutrientes e fluxo de energia (LEE, 1997; SKOV & HARTNOLL, 2002). Da mesma forma, o caranguejo *Ucides cordatus* desempenha um papel fundamental na remoção de folhas (SCHORIES *et al.*, 2003; NORDHAUS *et al.*, 2006) e na estrutura trófica desses ecossistemas (WOLFF *et al.*, 2000; KOCH & WOLFF, 2002), além da perturbação do sedimento superficial por meio de suas atividades de escavação e manutenção de tocas. Essas atividades promovem a heterogeneidade ambiental nos fundos inconsolidados de manguezais, que pode afetar a distribuição espacial e a composição da macrofauna bentônica (SNELGROVE & BUTMAN, 1994; ALFARO, 2006; ASCHENBROICH *et al.*, 2016). O objetivo do presente trabalho foi determinar se a construção e a manutenção de tocas dos caranguejos podem afetar espacialmente a comunidade da macrofauna bentônica em uma área aterrada no manguezal do Saco do Iperoba, em São Francisco do Sul (SC). A hipótese é de que as atividades dos caranguejos alteram a variabilidade espacial da macrofauna bentônica nos sedimentos do manguezal.

MATERIAL E MÉTODOS

A Baía da Babitonga está situada no litoral norte de Santa Catarina (26°02' – 26°28'S e 48°28' – 48°50' W), com uma área total de 130 km² (figura 1), e possui em seu entorno os municípios de Joinville, São Francisco do Sul, Araquari, Barra do Sul, Itapoá e Garuva. A baía pode ser dividida em três setores, sendo um deles compreendido pela baía propriamente dita (setor Principal) e os outros dois por um canal que segue ao norte (setor Palmital) e outro ao sul (setor Linguado), confluindo na altura da Ilha do Mel. Trata-se da maior área de manguezal existente em Santa Catarina, onde se concentra 75% do total

desse ecossistema no estado, com área estimada em 6.200 ha. O setor Palmital possui a maior área de manguezal, com 45,37 km², enquanto os demais setores possuem área de manguezal similar entre si, com 7,63 km² no setor Linguado e 6,94 km² no setor Principal. Esse estuário possui uma dominância de maré enchente (hipersíncrono) nas áreas interiores, sendo considerado homogêneo, sem mudanças significativas em seus gradientes físicos e químicos (TRUCCOLO & SCHETTINI, 1999). A temperatura média anual do ar fica em torno de 20,3°C, e a média anual de precipitação é de 1.874 mm. O clima é denominado mesotérmico sem estação seca definida, com verões quentes, e ventos intensos do quadrante sul no inverno; os ventos do quadrante norte são predominantes (GAPLAN, 1986).

O Saco do Iperoba, uma região do interior da Baía da Babitonga, está localizado nas proximidades da desembocadura da baía, com baixios areno-lodosos (IBAMA, 1998). Nessa região, anexo ao terreno da Universidade da Região de Joinville (Univille), há um aterro de saibro, originalmente construído para o acesso de embarcações, mas que atualmente serve como acesso de pesquisadores e visitantes ao manguezal.

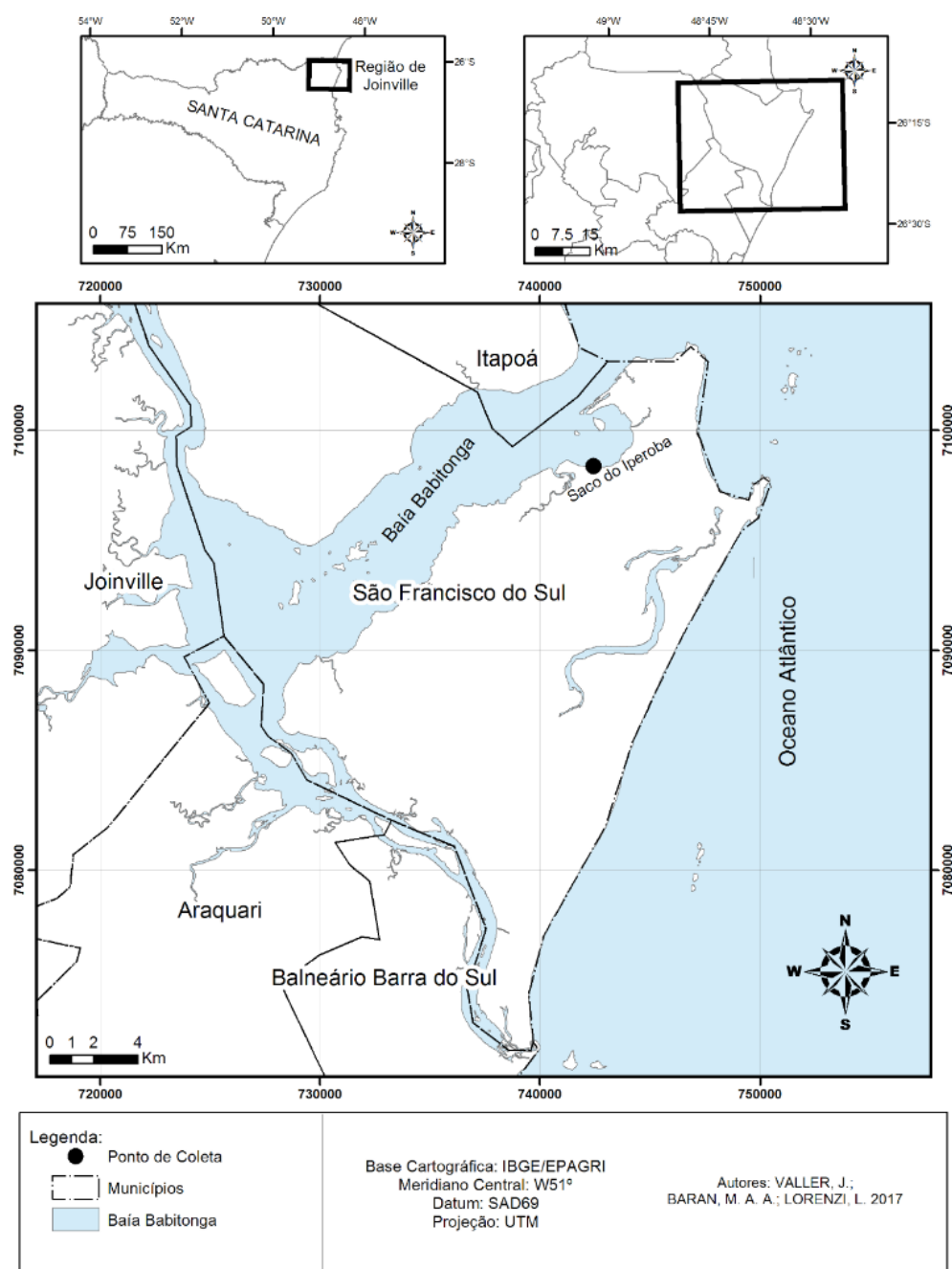


Figura 1 – Localização da Baía Babitonga no norte do estado de Santa Catarina, Brasil. Na figura maior o ponto indica o local no Saco do Iperoba onde as amostragens no manguezal foram realizadas.

As amostragens da macrofauna bentônica foram realizadas ao longo de uma faixa de manguezal com 25 metros de extensão, e estabeleceram-se um setor com substrato predominantemente arenoso (no aterro) e outro setor lodoso (próximo ao aterro) com a presença de tocas de caranguejos Ocypodidae. Cada setor foi dividido em três blocos amostrais, e em cada bloco selecionaram-se um ponto com toca de caranguejo e outro mais afastado, sem a presença da toca. Cinco amostras da macrofauna bentônica foram retiradas com o auxílio de um amostrador de 0,008 m², que foi enterrado a 10 cm de profundidade, sendo uma amostra coletada sobre a toca do caranguejo e as outras quatro nas adjacências (figura 2). A mesma disposição das amostras foi feita no ponto sem a toca, com a retirada de uma amostra central e outras quatro amostras adjacentes (figura 2). Tais amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, fixadas com formalina a 10% e posteriormente lavadas no laboratório com o auxílio de uma peneira com malha de 0,5 mm. Após serem lavadas, foram triadas em microscópio estereoscópico para a retirada dos organismos, que foram identificados com o auxílio de bibliografia específica (RIOS, 1994; AMARAL & NONATO, 1996; MELO, 1996; BOND-BUCKUP & BUCKUP, 1999), quantificados e armazenados em frascos.

A partir da mesma disposição dos pontos nos blocos, foram coletadas amostras de sedimento nos substratos arenoso e lodoso, com a retirada de uma amostra sobre a toca e outra em sua adjacência, e o procedimento foi o mesmo no ponto sem a toca (figura 2). Em seguida as amostras foram desidratadas em estufa para determinar a umidade do sedimento e realizar posterior análise das concentrações de matéria orgânica (MO) e carbonato de cálcio (CaCO₃), seguindo o método de Dean Jr. (1974). As proporções dos tamanhos dos grãos foram analisadas por peneiramento (SUGUIO, 1973) e pipetagem (GALEHOUSE, 1971). Para calcular a média, seleção, assimetria, curtose e as proporções de cascalho, areia, silte e argila, utilizou-se o aplicativo SysGran 3.0 (DE CAMARGO, 2006) e aplicou-se o método de Folk & Ward (1957). Em cada bloco coletou-se uma amostra de água de percolação para determinar a salinidade com um refratômetro Biosystems, e no local foi determinada a temperatura do sedimento com termômetro de mercúrio.

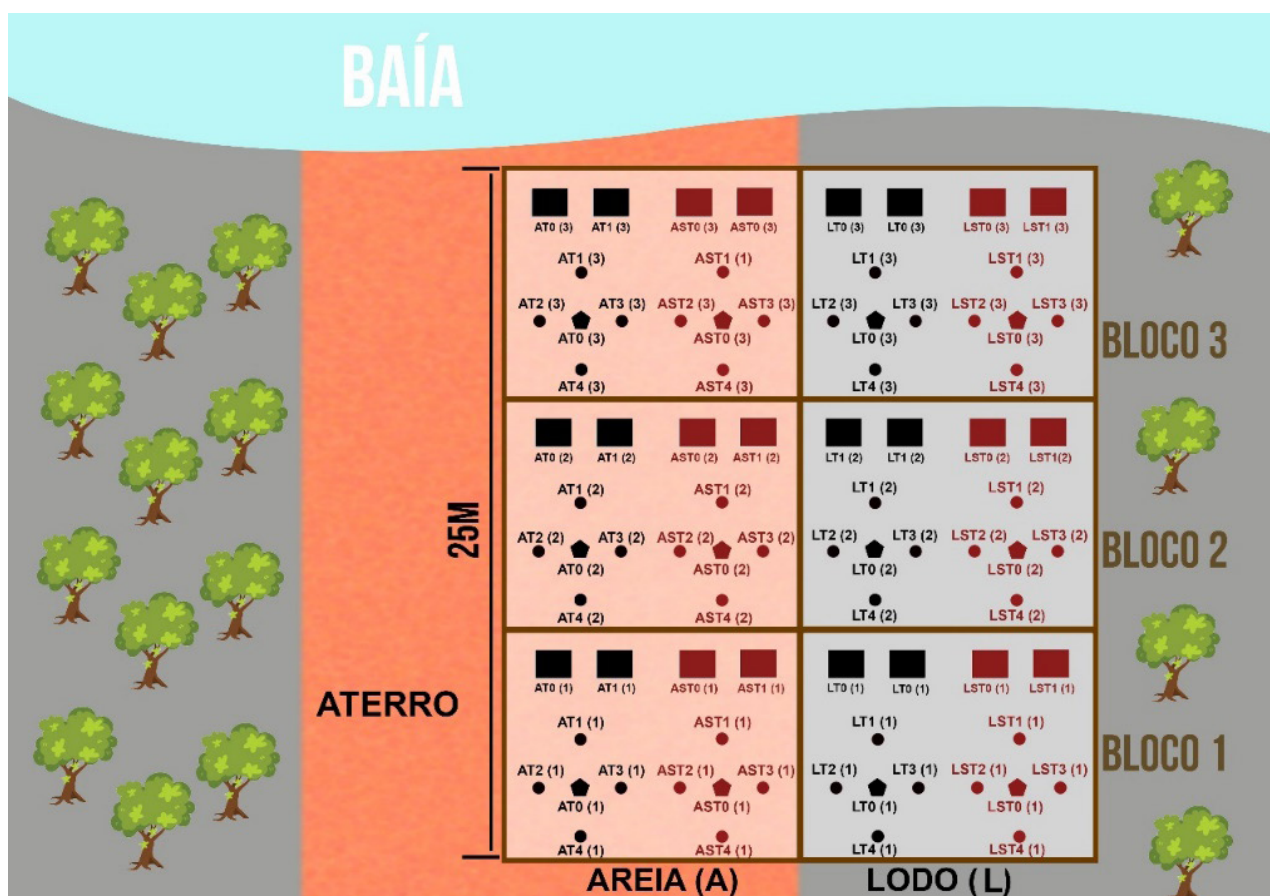


Figura 2 – Disposição dos blocos amostrais nos tipos de substrato (A: areia e L: lodo) com os pontos com toca (T) e sem toca (ST). Os quadrados representam as amostras de sedimento sobre a toca (T – quadrado preto), sem toca (ST – quadrado vermelho) e na adjacência (T1 e ST1). Os hexágonos representam as amostras da macrofauna bentônica sobre a toca (TO) ou ponto sem toca (STO), e os círculos, as amostras da macrofauna nas adjacências (toca: amostras T1, 2, 3 e 4 e sem toca ST1, 2, 3 e 4). Área das amostras da macrofauna bentônica: 0,008 m².

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado às variáveis do sedimento e da macrofauna bentônica para verificar se atenderam ao pressuposto de normalidade (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998); adicionalmente se aplicou o teste de Levene de homogeneidade das variâncias às variáveis biológicas (UNDERWOOD, 1997). Todas as variáveis ambientais atenderam ao pressuposto de normalidade. Aplicou-se a Análise de Componentes Principais (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998) para verificar as relações dos valores médios de umidade do sedimento, média, seleção, assimetria, curtose e as concentrações de matéria orgânica (MO), carbonato de cálcio (CaCO_3), cascalho, areia, silte e argila com os agrupamentos dos tipos de substratos (L: lodo e A: areia) e respectivas presenças (T0) ou ausências de tocas (ST0) e pontos adjacentes com toca (T1) e sem toca (ST1). Análises de Variância (Anovas) fatoriais serviram para verificar a significância (p -valor $< 0,05$) das diferenças das densidades dos táxons, número de táxons e densidade total da macrofauna bentônica entre tipos de substratos (L: lodo e A: areia), a presença (T0, T1, T2, T3 e T4) ou ausência de toca (ST0, ST1, ST2, ST3 e ST4) e a interação entre tipos de substrato e presença/ausência de toca. As variáveis biológicas que não atenderam aos pressupostos de normalidade e homocedasticidade foram comparadas com Análise de Variância não Paramétrica pelo teste de Kruskal-Wallis. Posteriormente foram realizados testes de comparações múltiplas para verificar a significância das diferenças (p -valor $< 0,05$) das densidades dos táxons, número de táxons e densidade total da macrofauna bentônica entre tipos de substratos e entre presença e ausência de toca (VIEIRA, 2010). Uma Análise de Correspondência (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998) foi realizada para identificar os agrupamentos de táxons da macrofauna bentônica, e excluíram-se os táxons que não atenderam ao pressuposto de normalidade para a aplicação da análise. Para efetuar os testes e as análises estatísticas recorreu-se ao aplicativo Statistica versão 13.3 (TIBCO Software Inc., 2017).

RESULTADOS

Os resultados das análises das variáveis ambientais demonstraram, na maioria dos casos, uma clara distinção entre os substratos. Os valores médios de salinidade da água de percolação foram similares, com 34 no sedimento lodoso e 32 no arenoso, e a temperatura média do sedimento foi $15,3^\circ\text{C}$ nesses dois substratos. Na Análise de Componentes Principais, as componentes contribuíram com 65,97% da variância, com a proporção de 51,95% na componente 1 e a formação de agrupamentos de pontos relacionados aos tipos de substrato (figura 3). O primeiro agrupamento foi formado por pontos do substrato arenoso, relacionados a sedimentos compostos por areia grossa (Φ médio = 0,52) pobremente selecionada, de assimetria muito positiva e distribuição mesocúrtica, onde predominou a maior proporção de cascalho. Nesse substrato decresceram as proporções de matéria orgânica, umidade do sedimento, CaCO_3 , silte e argila (tabela 1 e figura 3). No agrupamento de substrato lodoso, o sedimento foi composto por areia muito fina (Φ médio = 2,93), muito pobremente selecionada, com assimetria positiva e distribuição leptocúrtica (tabela 1), e aumentaram as proporções de umidade, matéria orgânica, CaCO_3 , silte e argila (figura 3).

Tabela 1 – Resultados dos valores médios das variáveis do sedimento dos blocos segundo o método de Folk e Ward (média, seleção, assimetria e curtose), as proporções de areia, silte, argila, matéria orgânica (MO), carbonato de cálcio (CaCO_3), umidade e os autovalores da Análise de Componentes Principais. Legenda: A: areia; L: lodo; T: toca; ST: sem toca; O: amostra central e 1: amostra adjacente. Comp. 1: Componente 1 e Comp. 2: Componente 2.

Variáveis	Pontos								Autovalores	
	AT0	AT1	AST0	AST1	LT0	LT1	LST0	LST1	Comp. 1	Comp. 2
Média (Φ)	0,421	0,299	0,761	0,599	2,590	3,284	3,151	2,699	0,318	-0,014
Seleção	1,866	1,750	2,068	2,076	2,383	2,316	2,517	2,374	0,295	0,096
Assimetria	0,553	0,696	0,484	0,548	0,321	0,208	0,266	0,229	-0,303	-0,056
Curtose	0,877	0,928	0,846	0,959	1,483	1,001	0,890	1,326	0,162	0,463
% Cascalho	25,393	30,847	20,850	25,260	9,321	8,223	8,129	5,786	-0,305	-0,119
% Areia	68,597	62,100	71,617	65,937	68,213	49,353	57,170	69,643	-0,163	0,497
% Silte	4,958	5,704	5,824	7,240	18,119	34,897	28,143	20,633	0,302	-0,180
% Argila	1,055	1,346	1,713	1,564	4,350	7,528	6,556	3,938	0,301	-0,193
% MO	5,524	3,178	2,117	1,560	22,726	19,354	18,053	16,162	0,301	0,092
% CaCO_3	7,833	8,470	7,984	8,610	13,798	12,729	15,948	11,608	0,297	-0,024
% Umidade	19,933	23,077	23,167	22,853	54,178	54,750	58,620	57,866	0,312	0,069

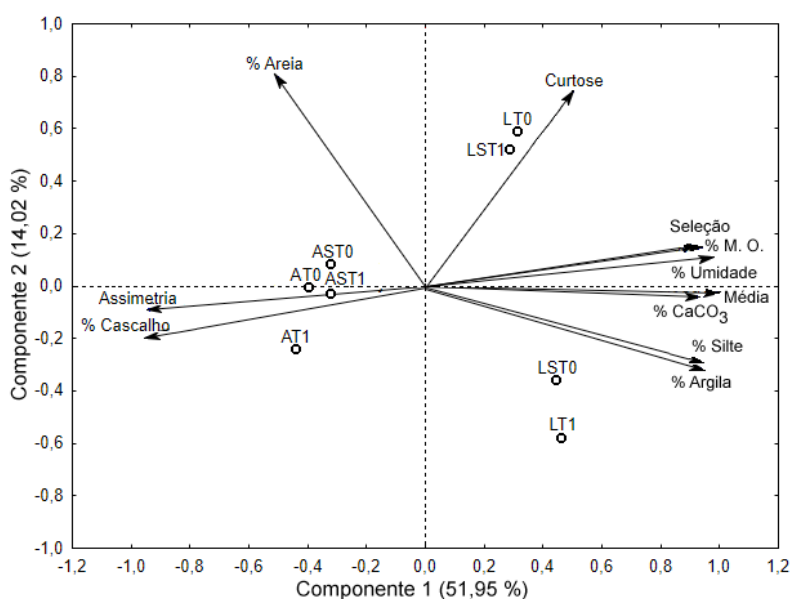


Figura 3 – Resultado da Análise de Componentes Principais das variáveis do sedimento segundo o método de Folk e Ward (média, seleção, assimetria e curtose), as proporções de areia, silte, argila, matéria orgânica (MO), carbonato de cálcio (CaCO_3), umidade e os autovalores da Análise de Componentes Principais. Os pontos representados são: A: areia; L: lodo; T: toca; ST: sem toca; O: amostra central e 1: amostra adjacente.

Nas Análises de Variância (Anovas) unifatoriais (tabela 2), as diferenças nas densidades foram significativamente maiores para o poliqueta *Dasybranchus* sp. e a espécie de oligoqueta da família Enchytraeidae em substrato arenoso (aterro). No substrato lodoso, as diferenças nas densidades dos poliquetas *Heteromastus similis* e *Polycirrus* sp. foram significativamente maiores. Os resultados dos testes das interações entre tocas e das interações entre substratos e tocas não demonstraram diferenças significativas nas comparações das densidades dos táxons, da densidade total de táxons e do número de táxons (tabela 2). Na Análise de Correspondência, as componentes 1 e 2 corresponderam a 80,6% da variância, e a variância da componente 1 foi de 63,4% (figura 4). O agrupamento relacionado aos pontos do substrato arenoso foi composto por espécies de oligoquetas das famílias Tubificidae e Enchytraeidae, pelo crustáceo decápode *Uca thayeri* e pelo poliqueta *Laeonereis acuta*. Os poliquetas *H. similis* e *Polycirrus* sp. formaram o segundo agrupamento relacionado ao substrato lodoso.

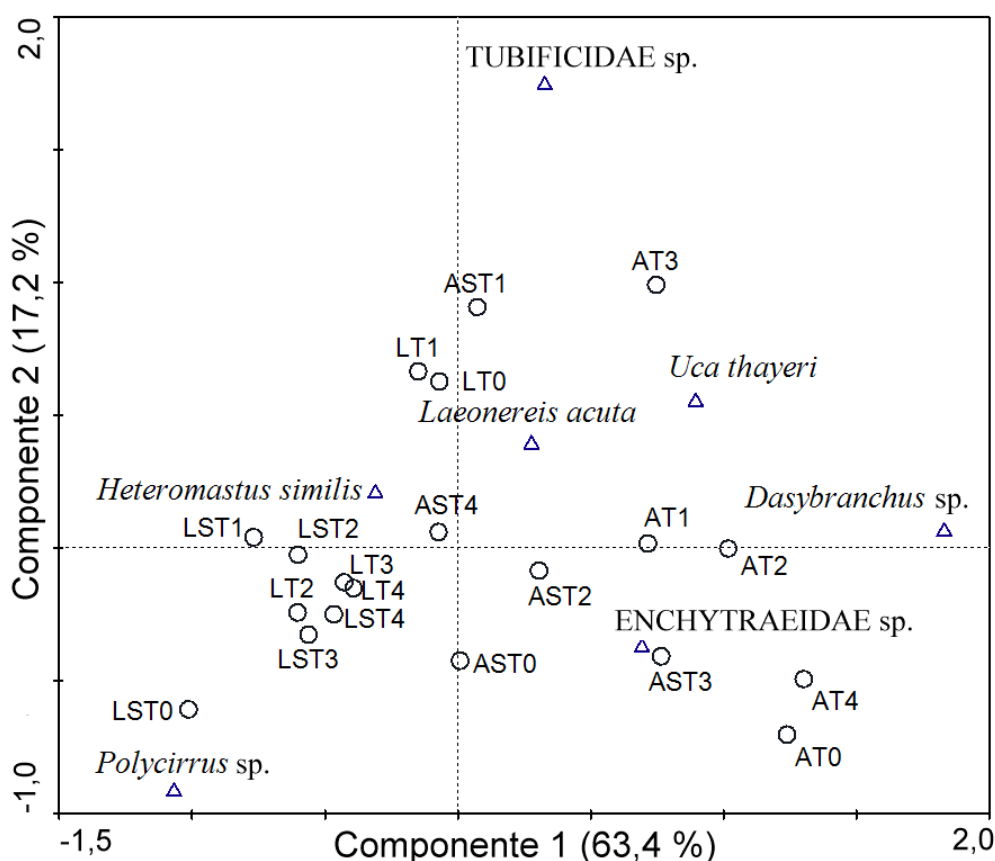


Figura 4 – Resultado da Análise de Correspondência com os agrupamentos dos táxons da macrofauna bentônica selecionados segundo o pressuposto de normalidade. Legenda: A: areia; L: lodo; T: toca; ST: sem toca; O: amostra central; 1: amostra adjacente 1; 2: amostra adjacente 2; 3: amostra adjacente 3; 4: amostra adjacente 4.

Tabela 2 – Resultados do teste de homogeneidade das variâncias das densidades dos táxons da macrofauna bentônica, densidade total e número de táxons – Teste de Levene. Resultados das Análises de Variância (Anovas) paramétricas (unifatoriais e bifatoriais) das densidades dos táxons da macrofauna bentônica, densidade total e número de táxons – teste de Tukey para tipo de substrato (A: areia e L: lodo), tocas (T: toca; ST: sem toca; O: amostra central, 1: amostra adjacente 1; 2: amostra adjacente 2; 3: amostra adjacente 3; 4: amostra adjacente 4) e a interação entre substrato e toca. Resultados das Análises de Variância não paramétricas das densidades dos táxons da macrofauna bentônica, densidade total e número de táxons – teste de Kruskal-Wallis e as comparações múltiplas entre substratos e tocas. Legenda: x: média; DP: desvio padrão; F - valor: valores de F dos testes de Levene e Tukey; H: valores de H do teste de Kruskal-Wallis; gl: graus de liberdade; N: número de amostras; ns: diferenças não significativas; * diferenças significativas para p - valor $< 0,05$.

Táxons	Substratos			Tocas			Substratos x Tocas			Substratos			Tocas		
	x	D.P.	F - valor (p - valor)	Teste Tukey (gl = 40)	Teste Levene (9, 50)	Comparações (F - valor e p - valor)	F - valor (p - valor)	Teste Levene (19, 40)	Teste Tukey (gl = 40)	Teste Kruskal-Wallis (1, N = 60)	Comparações múltiplas	H (p - valor)	Teste Kruskal-Wallis (9, N = 60)	Comparações múltiplas	(R)
<i>Heteromastus similis</i> (Southern, 1921)	70,92	55,20	4,899 (0,031)*	-	0,898 (0,534)	ns	2,545 (0,006)*	-	-	4,108 (0,043)*	L (35,067) > A (25,933)*	-	-	-	-
ENCHYTRAEIDAE sp. (Vejdovsky, 1879)	31,95	24,72	1,204 (0,277)	A > L (11,514 e 0,001)*	4,325 (0,000)*	-	2,294 (0,013)*	-	-	-	-	5,419 (0,796)	ns	ns	ns
TUBIFICIDAE sp. (Vejdovsky, 1884)	3,35	6,73	0,844 (0,363)	ns	1,871 (0,078)	ns	6,831 (0,000)*	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polycirrus</i> sp. (Grube, 1850)	10,20	17,25	7,565 (0,008)*	-	3,110 (0,005)*	-	5,502 (0,000)*	-	-	13,105 (0,000)*	L (37,950) > A (23,050)*	7,405 (0,595)	ns	ns	ns
<i>Dasybranchus</i> sp. (Grube, 1850)	4,88	9,32	32,589 (0,000)*	-	2,965 (0,007)*	-	5,764 (0,000)*	-	-	16,328 (0,000)*	A (38,467) > L (22,533)*	5,329 (0,805)	ns	ns	ns
<i>Laeonereis acuta</i> (Treadwell, 1923)	1,02	2,18	0,874 (0,354)	ns	5,995 (0,000)*	-	8,24 (0,000)*	-	-	-	-	6,788 (0,659)	ns	ns	ns
<i>Isolda pulchella</i> (Grube, 1858)	0,38	1,11	17,099 (0,000)*	-	5,399 (0,000)*	-	8,643 (0,000)*	-	-	7,356 (0,007)*	ns	16,261 (0,062)	ns	ns	ns
<i>Capitella capitata</i> (Fabricius, 1780)	0,68	2,35	6,561 (0,013)*	-	4,385 (0,000)*	-	13,421 (0,000)*	-	-	2,260 (0,133)	ns	5,124 (0,823)	ns	ns	ns
<i>Uca thayeri</i> (Rathbun, 1900)	0,53	1,11	18,516 (0,000)*	-	2,531 (0,018)*	-	7,891 (0,000)*	-	-	4,838 (0,028)*	ns	5,934 (0,746)	ns	ns	ns
<i>Polydora websteri</i> (Loosanoff & Engle, 1943)	0,62	1,98	0,488 (0,506)	ns	8,406 (0,000)*	-	12,321 (0,000)*	-	-	-	-	10,740 (0,294)	ns	ns	ns
<i>Anticomma</i> sp. (Bastian, 1865)	0,33	0,91	9,001 (0,004)*	-	3,657 (0,001)*	-	7,146 (0,000)*	-	-	5,838 (0,016)*	ns	4,074 (0,906)	ns	ns	ns
<i>Viscosia</i> sp. (Man, 1890)	0,17	0,46	13,683 (0,000)*	-	4,28 (0,000)*	-	10,827 (0,000)*	-	-	2,414 (0,120)	ns	7,579 (0,577)	ns	ns	ns
Densidade total	125,03	78,33	2,818 (0,099)	ns	0,918 (0,517)	ns	1,772 (0,063)	ns	ns	-	-	-	-	-	-
Número de táxons	4,42	1,61	0,128 (0,722)	ns	2,24 (0,034)*	-	3,843 (0,000)*	-	-	-	-	8,338 (0,500)	ns	ns	ns

DISCUSSÃO

Um dos principais efeitos de aterros sobre a vegetação de manguezal é o soterramento das raízes e pneumatóforos, que ocasiona a morte das plantas. No caso de *Avicennia*, 10 cm de sedimento depositado sobre os pneumatóforos são suficientes para causar a morte dos indivíduos (ELLISON, 1998). Entretanto as taxas de sedimentação podem ser afetadas pelo regime de marés e pela circulação de água no interior do manguezal e assim prolongar o tempo de crescimento e estabilização da comunidade de plantas. Em manguezais do norte do Brasil, a baixa densidade de plantas de manguezal em áreas aterradas indicou que a recuperação da vegetação nesses ambientes é lenta (SOUZA & SAMPAIO, 2001). Smith *et al.* (2009) encontraram relação positiva do aumento das alturas, diâmetros dos troncos e biomassa foliar de *Laguncularia racemosa* com a densidade de espécies de caranguejos do gênero *Uca* em manguezais da Flórida (Estados Unidos). A hidrografia, nutrientes e textura do sedimento são considerados os fatores que influenciam os padrões de distribuição da macrofauna bentônica em manguezais mais bem preservados, apesar de a estrutura dessas comunidades ser caracterizada pelas baixas abundância e diversidade (SAMIDURAI *et al.*, 2012). Dessa forma, o aterramento de áreas de manguezais pode contribuir de forma direta nos padrões de circulação de água, alterando as taxas de deposição de sedimento e renovação de água e importação e exportação de matéria orgânica e nutrientes.

O resultado da Análise de Componentes Principais demonstrou uma distinção entre os tipos de substrato, relacionada aos diâmetros médios dos grãos, proporções de cascalho, areia, silte e argila e aos teores de umidade e matéria orgânica. Essas variáveis ambientais favoreceram a dominância de *H. similis* e *Polycirrus* sp. e, por outro lado, o decréscimo nos valores dessas variáveis favoreceu *Dasybranchus* sp. e espécies de oligiqueto da família Enchytraeidae. Esse resultado foi reforçado pela distinção de agrupamentos de táxons relacionados aos tipos de substrato, principalmente para o lodoso, e não distinguiu a presença das tocas nos substratos. Por outro lado, tal sedimento foi ocupado por poucos táxons, decorrente da menor concentração de oxigênio (SAMIDURAI *et al.*, 2012), em função dos menores diâmetros dos grãos e elevados teores de matéria orgânica.

O aterro propriamente dito, de constituição arenosa e de onde foram retiradas as amostras da macrofauna bentônica e do substrato lodoso adjacente, foi ocupado por agrupamentos de fauna distintos, porém empobrecidos. No geral, os efeitos sobre a macrofauna bentônica inicialmente hipotetizados, decorrentes da construção e manutenção das tocas de caranguejos, não foram detectados, e as constituições dos substratos tiveram maior influência sobre a espacialização dos táxons e levaram à formação de distintas associações da macrofauna bentônica. Apesar de não ter sido avaliada, a circulação de água nas proximidades e no próprio aterro e a baixa densidade e ausência de plantas podem ter interferido nas taxas de deposição do sedimento e minimizado o efeito de construção e manutenção das tocas de caranguejos. Li *et al.* (2015) avaliaram a densidade de tocas de caranguejos em função da estrutura da vegetação dos manguezais no estuário Luoyangjiang (China) e relacionaram diretamente a maior densidade de tocas com as áreas onde a comunidade de plantas era mais antiga e mais estruturada, associada à maior cobertura do dossel da vegetação e ao sistema radicular, que confere maior estabilidade às tocas (PIOU *et al.*, 2009). Portanto, áreas com vários tipos de vegetação podem abrigar diferentes assembleias da macrofauna bentônica (SNELGROVE & BUTMAN, 1994; ALFARO, 2006), porque constituem fundos mais heterogêneos.

A composição e a densidade das plantas do manguezal, por meio de seu emaranhado sistema de troncos e raízes, contribuem com a heterogeneidade ambiental e, por consequência, influenciam a complexidade do substrato inconsolidado (SAMIDURAI *et al.*, 2012). Por outro lado, a implantação de aterros nesses ambientes reduz ou suprime a cobertura vegetal, o que influencia a densidade de caranguejos e, portanto, diminui a complexidade ambiental (ALFARO, 2010; ASCHENBROICH *et al.*, 2016), afetando a estrutura das associações da macrofauna bentônica. Entretanto há uma tendência em haver menos táxons associados a manguezais mais desenvolvidos em comparação a manguezais mais jovens, justamente pela complexidade decorrente de plantas, raízes e tocas de caranguejos (MORRISEY *et al.*, 2003). Por tenderem a concentrar mais serapilheira, em manguezais mais estruturados há o aumento da concentração de taninos, com o decréscimo da densidade da

fauna bentônica, também diminuindo a diversidade de espécies (ALONGI, 1987). Possivelmente em função dessas alterações, houve a dominância do poliqueta *H. similis*, capitelídeo oportunista que tolera amplas variações ambientais (PRASAD & RAMANATHAN, 2009). Com base nesses fatos, é possível afirmar que o efeito bioturbador dos caranguejos foi minimizado ou anulado pela proximidade do aterro, de constituição arenosa, sobre o substrato lodoso, denotando que a constituição dos sedimentos e a baixa densidade e a ausência de vegetação foram determinantes para estabelecer os padrões de distribuição espacial da macrofauna bentônica no manguezal do Saco do Iperoba.

REFERÊNCIAS

- Alfaro, Andrea C. Benthic macro-invertebrate community composition within a mangrove/seagrass estuary in northern New Zealand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2006; 66(1-2):97-110.
- Alfaro, Andrea C. Effects of mangrove removal on benthic communities and sediment characteristics at Mangawhai Harbour, northern New Zealand. *ICES Journal of Marine Science*. 2010; 67:1087-1104.
- Alongi, D. M. The influence of mangrove-derived tannins on intertidal meiobenthos in tropical estuaries. *Oecologia*. 1987; 71:537-540.
- Amaral, Antonia Cecília Zacagnini & Edmundo Ferraz Nonato. *Annelida Polychaeta: características, glossário e chaves para famílias e gêneros da costa brasileira*. Campinas: Editora da Unicamp; 1996. 124 p.
- Amaral, Antonia Cecília Zacagnini; Alvaro Esteves Migotto; Alexander Turra & Yara Schaeffer-Novelli. Araçá: biodiversidade, impactos e ameaças. *Biota Neotropica*. 2010; 10(1):219-264.
- Aschenbroich, Adelaide; Emma Michaud; Thomas Stieglitz; François Fromard; Antoine Gardel; Marcos Tavares & Gerard Thouzeau. Brachyuran crab community structure and associated sediment reworking activities in pioneer and young mangroves of French Guiana, South America. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2016; 182:60-71.
- Bond-Buckup, Georgina & Ludwig Buckup. *Os crustáceos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Editora da UFRGS; 1999. 514 p.
- Cintrón, Gilberto & Yara Schaeffer-Novelli. *Introducción a la ecología del manglar*. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco para América Latina y el Caribe. Montevideo: ROSTLAC; 1983. 109 p.
- De Camargo, Mauricio Garcia. SysGran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Revista Brasileira de Geociências*. 2006; 36(2):371-378.
- Dean Jr., Walter. E. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Research*. 1974; 44(1):242-248.
- Donato, Daniel C.; Jhon Boone Kauffman; Daniel Murdiyarso; Sofyan Kurnianto; Melanie Stidham & Markku Kanninen. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*. 2011; 4:293-297.
- Dugan, Patrick J. *Conservación de humedales: un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias*. Gland: IUCN; 1992. 100 p.
- Ellison, Joanna C. Impacts of sediment burial on mangroves. *Marine Pollution Bulletin*. 1998; 37(8-12):420-426.
- FAO – Food and Agriculture Organization. *The world's mangroves 1980-2005*. Rome: FAO Forestry Paper 153; 2007. 56 p.
- Folk, Robert L. & William C. Ward. Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*. 1957; 27(1):3-26.
- Fonseca, Gustavo Alberto Bouchardet da; Anthony B. Rylands; Cláudia M. R Costa; Ricardo Bomfim Machado & Yuri Luiz Reis Leite. *Livro vermelho dos mamíferos brasileiros ameaçados de extinção*. Belo Horizonte: Biodiversitas; 1994. 459 p.
- Galehouse, Jon S. Sedimentation analysis. In: Carver, Robert. E. *Procedures in sedimentary petrology*. New York: Wiley-Interscience; 1971. p. 69-94.

- Gaplan – Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro; 1986. 173 p.
- Giri, Chandra; E. Ochieng; Larry L. Tieszen; Z. Zhu; A. Singh; Thomas Loveland; Jeff Masek & Norman Duke. Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*. 2011; 20:154-159.
- Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Proteção e controle de ecossistemas costeiros: manguezal da Baía de Babitonga. Brasília, Coleção Meio Ambiente, Série Estudos-Pesca; 1998. 146 p.
- Jones, Clive G.; John H. Lawton & Moshe Shachak. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology*. 1997; 78(7):1946-1957.
- Koch, Volker & Matthias Wolff. Energy budget and ecological role of mangrove epibenthos in the Caeté estuary, North Brazil. *Marine Ecology Progress Series*. 2002; 228:119-130.
- Kristensen, Erik. Mangrove crabs as ecosystem engineers, with emphasis on sediment processes. *Journal of Sea Research*. 2008; 59:30-43.
- Lee, Shing Yip. Potential trophic importance of the faecal material of the mangrove sesarmine crab *Sesarma messa*. *Marine Ecology Progress Series*. 1997; 159:275-284.
- Legendre, Pierre & Louis Legendre. Numerical ecology. 2. ed. Amsterdam: Elsevier; 1998. 853 p.
- Li, Wei; Lijuan Cui; Manyin Zhang; Yifei Wang; Yaqiong Zhang; Yinru Lei & Xinsheng Zhao. Effect of mangrove restoration on crab burrow density in Luoyangjiang Estuary, China. *Forest Ecosystems*. 2015; 2(21):1-9.
- Melo, Gustavo Augusto Schmidt. Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro. São Paulo: Plêiade; 1996. 603 p.
- Morrissey, D. J.; G. A. Skilleter; J. I. Ellis; B. R. Burns; C. E. Kemp & K. Burt. Differences in benthic fauna and sediment among mangrove (*Avicennia marina* var. *australasica*) stands of different ages in New Zealand. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 2003; 56:581-592.
- Nordhaus, Inga; Matthias Wolff & Karen Diele. Litter processing and population food intake of the mangrove crab *Ucides cordatus* in a high intertidal forest in northern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2006; 67(1-2):239-250.
- Piou, Cyril; Uta Berger & Ilka C. Feller. Spatial structure of a leaf-removing crab population in a mangrove of North-Brazil. *Wetlands Ecology and Management*. 2009; 17(2):93-106.
- Prasad, M. Bala Krishna & A. L. Ramanathan. Organic matter characterization in a tropical estuarine-mangrove ecosystem of India: Preliminary assessment by using stable isotopes and lignin phenols. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2009; 84(4):617-624.
- Rios, Eliezer de Carvalho. Seashells of Brazil. 2. ed. Rio Grande: Editora da Furb; 1994. 368 p.
- Samidurai, K.; A. Saravanakumar & K. Kathiresan. Spatial and temporal distribution of macrobenthos in different mangrove ecosystems of Tamil Nadu Coast, India. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2012; 184:4079-4096.
- Schaeffer-Novelli, Yara. Manguezais brasileiros: texto que sistematiza criticamente parte da produção científica. [Tese de Livre-docência]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 1991.
- Schories, Dirk; Audrey Barletta-Bergan; Mario Barletta; Uwe Krumme; Ulf Mehling & Verena Rademaker. The keystone role of leaf-removing crabs in mangrove forests of North Brazil. *Wetlands Ecology and Management*. 2003; 11:243-255.
- Skov, Martin W. & Richard G. Hartnoll. Paradoxical selective feeding on a low-nutrient diet: why do mangrove crabs eat leaves? *Oecologia*. 2002; 137:1-7.
- Smith, Nancy F.; Christie Wilcox & Jeannine M. Lessmann. Fiedler crab burrowing affects growth and production of the white mangrove (*Laguncularia racemosa*) in a restored Florida coastal marsh. *Marine Biology*. 2009; 156:2255-2266.
- Snelgrove, Paul V. R. & Cheryl Ann Butman. Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*. 1994; 32:111-177.
- Souza, Marta Maria de Almeida & Everardo Valadares de Sá Barretto Sampaio. Variação temporal da estrutura dos bosques de mangue de Suape – PE após a construção do porto. *Acta Botanica Brasilica*. 2001; 15(1):1-12.
- Suguio, Kenitiro. Introdução à sedimentologia. São Paulo: Editora da USP; 1973. 317 p.

TIBCO Software Inc. Statistica (data analysis software system) version 13. USA; 2017. [Acesso em: 10 jul. 2017]. Disponível em: http://docs.tibco.com/pub/stat/13.3.0/TIB_stat_13.3.0_relnotes.pdf.

Truccolo, Eliane Cristina & Carlos Augusto França Schettini. Marés astronômicas na Baía da Babitonga, SC. Notas Técnicas Facimar. 1999; 3:57-66.

Underwood, Antony James. Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge: Cambridge University Press; 1997. 504 p.

Vieira, Sonia. Bioestatística: tópicos avançados. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2010. 278 p.

Wolff, Matthias; Volker Koch & Victoria Isaac. A trophic flow model of the Caeté mangrove estuary (North Brazil) with considerations for the sustainable use of its resources. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2000; 50(6):789-803.