

Influência das variáveis ambientais sobre a macrofauna bêntica de praias arenosas

Influence of environmental variables on the benthic macrofauna of sandy beaches

Marcos Eduardo Miranda Santos^I
Camila Nascimento Ferreira^{II}

Resumo

O ambiente praiial é sem dúvida um dos sistemas mais dinâmicos que existem. As praias conectam continentes e oceanos e abrigam uma vasta gama de espécies terrestres e marinhas, muitas das quais são utilizadas para a alimentação humana e outros fins de grande importância ecológica e econômica. São formadas por diversos minerais originados do desgaste de rochas terrestres e pela ação das ondas; transporte eólico ou fluvial, ou ainda produzidos por organismos vivos. Além disso, são ambientes instáveis que sofrem interferência de uma vasta gama de fatores abióticos, que por sua vez apresentam um amplo espectro de variações em escalas de tempo curtas (diurnas) ou longas (anuais). Já existe uma vasta gama de informações acerca das praias arenosas, no entanto, as mesmas encontram-se dispersas, confundindo os estudantes e pesquisadores iniciantes nessa área. Portanto, apresenta-se aqui uma breve síntese do conhecimento já produzido sobre esse ambiente, com destaque para a influência das variáveis ambientais sobre a macrofauna bêntica desses ecossistemas.

Palavras-chave: Oceanografia; Gestão costeira; Morfodinâmica praiial

Abstract

The beach environment is undoubtedly one of the most dynamic systems that exist. The beaches connect continents and oceans and harbor a wide range of terrestrial and marine species, many of which are used for human consumption and other purposes of great ecological and economic importance. They are formed by several minerals originated from the wear of terrestrial rocks by the action of the waves; wind or river transport; or even produced by living organisms. In addition, they are unstable environments that undergo interference from a wide range of abiotic factors, which in turn have a broad spectrum of variations on short (diurnal) or long (annual) time scales. There is already a wide range of information about the sandy beaches, however, they are scattered confusing students and researchers in this area. Therefore, a brief synthesis of the knowledge already produced about this environment is presented, focusing on the influence of environmental variables on the macrofauna benthic these ecosystems.

Keywords: Sandy beaches; Coastal management; Morphodynamics

^I Universidade Federal do Maranhão, MA - Brasil - Brasil. E-mail: markoseduardo2008@hotmail.com

^{II} Universidade Federal do Maranhão, MA - Brasil - Brasil. E-mail:camila.n.ferreira1234@gmail.com

1 Introdução

As praias são ambientes que conectam continentes e oceanos. São formados por minerais como areia, cascalho, seixo, entre outros, originados do desgaste de rochas terrestres e de estruturas costeiras pela ação das ondas; transporte eólico ou fluvial, ou ainda produzidos por organismos vivos (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009). Constituem um dos mais extensos ambientes litorâneos brasileiros, sendo importantes áreas de recreação e amortecimento entre os ambientes terrestre e marinho (BROWN; MCLACHLAN, 1990).

Praias arenosas são ambientes de natureza sedimentar, onde a ação de ondas e correntes litorâneas atua acumulando e retrabalhando o sedimento (KOMAR, 1998, AMARAL; DENADAI, 2011). Esse ambiente faz parte de um sistema semifechado chamado ecossistema praia ou zona de arrebenção (MCLACHLAN, 1983; MATTHEWS-CASCON; LOTUFO, 2006). Elas, portanto, podem ser definidas como:

Ambientes sedimentares costeiros, formados, mais comumente, por areias de constituição variada, estendendo-se desde onde principia a interferência de velocidade orbital das ondas sobre o fundo marinho, até o limite mais continental da ação das ondas de tempestades ou mudanças fisiológicas bruscas (KING, 1972 apud AMARAL; DENADAI, 2011, p. 354).

O ambiente praias é sem dúvida um dos sistemas mais dinâmicos que existem. Mclachlan (1983) explica que este dinamismo é resultado da ação de elementos como água, areia e ar. Consideradas sistemas de transição entre os ecossistemas marinhos e terrestres, as praias arenosas ocorrem tanto em regiões temperadas, quanto em regiões tropicais de todo o mundo, estando sujeitas às intempéries de ambos os ambientes (DEXTER, 1992). São também sistemas altamente resilientes, capazes de absorver a energia das ondas e assim, proteger o continente da ação direta da energia do oceano (RODIL; LASTRA, 2004; MCLACHLAN; BROWN, 2006; PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009).

O ecossistema praias é um dos mais frágeis do planeta, sendo o resultado da interação entre fatores oceanográficos, hidrológicos, climáticos, geológicos e antrópicos (SILVA, 1997). Ainda assim, são ambientes classificados como fisicamente severos, exibindo heterogeneidade espacial e temporal, devido a fatores físicos, como ação das ondas, tamanho dos grãos de areia e à inclinação da praia (MCLACHLAN, 1983; BROWN; MCLACHLAN, 1990; NEVES; SILVA; BEMVENUTI, 2012).

Segundo Pinheiro et al. (2008), no que se refere à morfologia, as praias podem ser classificadas em deposicionais ou erosivas, sendo descritas como:

As praias deposicionais podem ser de dois tipos: 1) *Tômbolo*, que é uma barra arenosa desenvolvida pela deposição de correntes litorâneas entre a costa e uma ilha, podendo ser submersa em maré alta; e 2) *Pontal Arenoso*, que ocorre em costas arenosas de baixa declividade, controladas por

ação das ondas. Em épocas de baixa descarga fluvial o sedimento das desembocaduras é transportado e origina um pontal arenoso paralelo a praia, que pode desenvolver em seu lado interno uma laguna, lagoa ou zona pantanosa/manguezal. As praias erosionais são formadas por remoção do sedimento pelas ondas, correntes de marés, correntes de deriva litorânea ou mesmo pelo vento. A elevação do nível do mar pode interferir no equilíbrio dessas praias, o que ocorre pela perda do sedimento por erosão e é acelerado em praias com déficit de areia (PINHEIRO et al., 2008, p. 19-20).

A porção submersa de uma praia pode ser dividida em três zonas (ou regiões), de acordo com os processos hidrodinâmicos: a) *zona de empinamento da onda (ou zona de arrebenção)*, região anterior à quebra da onda; b) *zona de surfe*, região localizada entre a zona de empinamento da onda e a zona de espraiamento; e c) *zona de espraiamento*, caracterizada pela máxima e mínima dissipação das ondas sobre a face praias (SHORT, 1996; HOEFEL, 1998; IBGE, 2004).

A porção emersa de uma praia, por sua vez, pode ser dividida em três regiões distintas: a) *supralitoral ou pós-praia*, localizada acima da linha de preamar (zona de borriço das ondas); b) *mediolitoral ou antepraia* (ou ainda região entremarés), zona extensa, situada entre os níveis de maré alta e baixa; e c) *infralitoral ou face praias*, que corresponde à porção submersa, desde o nível da maré baixa até a zona de arrebenção das ondas (AZEVEDO, CUTRIM, 2007; DANTAS et al., 2010). Alguns autores reconhecem ainda uma quarta região, a *costa afora*, que é a região compreendida desde a zona de arrebenção até a quebra da plataforma continental, fechando a porção mais rasa da margem continental dos oceanos (AZEVEDO, CUTRIM, 2007; RGCI, 2015).

As praias arenosas, por se localizarem na região entremarés, representam um amplo habitat para a instalação de espécies marinhas (VAROLLI, 1986), além de prestarem vários serviços ecológicos e econômicos aos seres humanos, o que justifica o crescente interesse pelo conhecimento da fauna e flora desses ambientes.

Dentre alguns exemplos da importância econômica das praias, citam-se as espécies utilizadas na alimentação humana, como crustáceos (caranguejos, siris, camarões, lagostas, etc.), moluscos (sururu, sarnambi), algas (utilizadas na culinária japonesa, como nos *sushis*, por exemplo), entre outras; ou utilizadas como isca para pesca, como os poliquetos, que também constituem uma rica fonte de alimento para alguns organismos, principalmente peixes e crustáceos que por sua vez, são consumidas pelas populações humanas (AMARAL; NONATO; PETTI, 1994; LANA et al., 1996). As praias também são utilizadas para atividades de pesca, atividades recreativas (surfe, natação, etc.), de relaxamento e de turismo.

Além dos benefícios citados acima, esses ecossistemas fornecem habitats críticos para forrageamento e nidificação de aves costeiras e são importantes para reciclagem de nutrientes do fundo marinho (MCLACHLAN, 1989; MCLACHLAN; BROWN, 2006; SCHLACHER et al., 2008; COUTINHO, 2013).

Alguns organismos que habitam esse ecossistema

também exercem importantes funções ecológicas, como aqueles que vivem no bento e atuam como receptores de energia vinda do ambiente pelágico e fornecedores de energia para os organismos que se alimentam junto ao fundo, tais como peixes, crustáceos e moluscos (AMARAL; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2004). Esses organismos estão envolvidos também na aeração e remobilização dos fundos marinhos, acelerando os processos de remineralização de nutrientes e, conseqüentemente, os processos de produção primária e secundária (LANA et al., 1996; SILVA, 2011).

Nos últimos anos, tem crescido também o número de estudos nos quais têm sido utilizadas comunidades bênticas para avaliação da qualidade ambiental (AMARAL; MORGADO; SALVADOR, 1998). Segundo Coutinho (2013, p. 10):

Alterações ambientais de origem antrópica podem ter um efeito significativo sobre a biodiversidade em praias e sobre o funcionamento destes ambientes frente às mudanças climáticas globais. Por serem sistemas com ampla complexidade físicoquímica, os organismos bentônicos, além de serem dominantes no ambiente, são sensíveis à perturbações, sendo portanto, uma ferramenta útil para monitorar a conservação destas áreas.

O fato de possuírem hábito sedentário, serem representativos da área na qual foram coletados; apresentarem um ciclo de vida relativamente curto; viverem e se alimentarem dentro, sobre, e próximo aos sedimentos; apresentarem elevada diversidade biológica; e serem importantes componentes dos ecossistemas aquáticos (GOULART; CALLISTO, 2003), constituindo um elo entre produtores primários e níveis tróficos superiores da cadeia alimentar (RAMOS, 2002), possibilitam o uso destes organismos como indicadores biológicos, e justificam sua eficácia na avaliação da qualidade da água (QUEIROZ; TRIVINHO-STRIXINO; NASCIMENTO, 2000; SILVA, 2011). Assim, por estarem em contato direto com o sedimento, estas comunidades consomem e/ou absorvem poluentes de forma mais intensa, respondendo de forma previsível a distúrbios naturais e antropogênicos (VENTURINI; MUNIZ. RODRIGUEZ, 2004), o que os torna bons indicadores de áreas contaminadas (LAETZ, 1998).

Apesar de oferecerem tantos benefícios à sociedade, as praias são ambientes cuja sustentabilidade está cada vez mais ameaçada. A falsa impressão de desertificação que estes ambientes dão à primeira vista tem colocado em risco o seu inestimável valor ecológico, o que tem acarretado prejuízos – alguns dos quais irreversíveis – à fauna e flora desses ecossistemas, levando à perda da biodiversidade e destruição de habitats críticos para espécies em extinção (MCLACHLAN; BROWN, 2006).

Dentre os principais impactos antrópicos sofridos pelos ecossistemas costeiros, cita-se a crescente descaracterização e degradação em razão da ocupação desordenada e crescimento do turismo, a falta de planejamento ambiental adequado, intensa especulação imobiliária, falta de investimentos em infraestrutura, falta de saneamento básico – o que leva a contaminação desses ambientes por

efluentes domésticos –, e a compactação do sedimento pelo tráfego de veículos pesados (GIANUCA, 1997; BLANKENSTEYN, 2006).

Por isso, é importante que sejam pensadas estratégias de conservação desses ecossistemas, associadas à implantação de programas de educação ambiental, em especial nas áreas com maior adensamento demográfico, onde as descargas de poluentes podem estar gerando alterações ambientais severas.

Dessa forma, o presente artigo tem por objetivo realizar uma revisão bibliométrica das principais variáveis ambientais ocorrentes em praias arenosas e como estas afetam a macrofauna bêntica residente.

A seguir, discutiremos acerca das principais variáveis ambientais que ocorrem nos ecossistemas praias que afetam diretamente à fauna de organismos bênticos desses ambientes.

2 Metodologia

Esse trabalho foi elaborado a partir de uma revisão da literatura nas bases de dados Google Acadêmico, Lilacs, Periódicos Capes, ScienceDirect e Scopus no período entre 1990 e 2017. As palavras-chave utilizadas foram “macrofauna bêntica” e “organismos bênticos” e suas correspondentes em inglês, “benthic macrofauna”, e “bentic organisms”. Foram critérios de exclusão: artigos publicados antes de 1990 e os que se referiam à taxonomia do bento.

3 Variáveis ambientais

As praias são ambientes instáveis, pois sofrem interferência de uma vasta gama de fatores abióticos, que por sua vez apresentam um amplo espectro de variações em escalas de tempo curtas (diurnas) ou longas (anuais). Esses fatores estão diretamente associados à diversidade, abundância e dominância de espécies (MCLACHLAN, 1996), em especial, devido à grande influência que exercem sobre comunidades bênticas.

Uma das características mais marcantes das praias são os movimentos de marés. Segundo Pereira; Soares-Gomes (2009, p.12) **marés** são “movimentos verticais periódicos ou regulares das massas d’água causados pela força gravitacional dos astros [...] e pela força centrífuga, originária do movimento de rotação da Terra”. As marés possuem uma dinâmica específica. Normalmente, as águas sobem e descem duas vezes por dia. Dessa forma existem duas preamares (maré alta) e duas baixa-mares (maré baixa) (SCHMIEGELOW, 2004).

De acordo com variações na amplitude (h), as marés podem ser classificadas em: 1) micromarés ($h < 2m$); 2) mesomarés ($2 < h < 4m$); 3) macromarés ($4 < h < 6m$) e 4) hipermarés ($h > 6m$) (VILLWOCK, 1994; SCHMIEGELOW 2004). Podem ser classificadas também em marés vivas ou de sizígia, quando a lua está nas fases cheia e nova, período em que a atração lunar soma-se ao máximo à atração solar, gerando grandes oscilações do nível da

água; e marés mortas ou de quadratura, nas fases de quartos crescente e minguante, quando devido ao não alinhamento do Sol, Terra e Lua, os efeitos da atração são atenuados e, portanto, o fluxo e refluxo das águas também diminuem (SCHMIEGELOW 2004; PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009, MALVEZZI; VALÉRIO-BERARDO; BARRELLA, 2010).

As marés podem ainda ser classificadas, de acordo com a frequência em que ocorrem, em: 1) marés diurnas, quando ocorre uma preamar e uma baixa-mar aproximadamente iguais em cada dia lunar; 2) marés semidiurnas (a mais comum), que apresentam duas preamares e duas baixa-mares aproximadamente iguais em cada dia lunar; e 3) maré mista, quando ocorrem duas baixa-mares de alturas diferentes (SCHMIEGELOW, 2004).

Ao se estudar a biota de praias deve-se levar em consideração a morfodinâmica desses ambientes, visto que a mesma exerce influência direta na composição e abundância de espécies. Morfodinâmica pode ser definida como a interação entre a altura de quebra e período de incidência de ondas, tamanho da partícula do sedimento, variação de maré e das principais características topográficas da praia (MARTINS, 2007). O estudo da morfodinâmica praias permite descrever a variação no espaço e no tempo do estoque de sedimentos de uma praia (HOEFEL, 1998; PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009).

De acordo com a morfodinâmica, as praias podem ser classificadas em dois estados extremos: *dissipativas*, com perfil suave, extensa zona de surf, com ondas quebrando longe da faixa entremarés, se dissipando por toda a área, apresentando grãos mais finos, menor inclinação, maior energia de ondas, maior número de espécies, abundância e biomassa (SHORT; WHIGHT, 1983; DEFEO; MCLACHLAN, 2005; LEPKA, 2008); e *refletivas*, caracterizadas por perfis íngremes, sem bancos de areia, sedimento grosseiro, maior inclinação e forte exposição ao hidrodinamismo, com ondas quebrando diretamente na faixa entremarés (LEPKA, 2008).

O estudo da morfodinâmica de ambientes costeiros utiliza principalmente dois modelos cuja aplicação depende do regime de marés. Para praias dominadas por ondas sob o regime de micromarés, tem-se o modelo desenvolvido por Short e Wright (1983), que utiliza o parâmetro empírico adimensional ômega ou *dimensionless fall velocity* (Ω), desenvolvido por Gourlay (1968) e Dean (1973). Este modelo relaciona parâmetros abióticos na equação $\Omega = H_b / W_s T$, onde H_b corresponde à altura de quebra de onda em metros, T o período da onda em segundos e W_s a velocidade de decantação do sedimento em centímetros (MARTINS, 2007). Dessa forma, segundo o modelo de Short e Wright (1983), quando $\Omega < 1$, as praias são classificadas como refletivas (ou reflexivas), caracterizadas por perfis íngremes, sem bancos, sedimento grosseiro e presença de ondas ascendentes e frontais. Quando $\Omega > 6$, as praias são classificadas como sendo do tipo dissipativas, apresentando perfil suave, bancos múltiplos, extensa zona de surfe, sedimento fino e ondas deslizantes. As praias com valores entre $2 \leq \Omega \leq 5$ (extremos refletivos-dissipativos) são classificadas como intermediárias (SHORT, 2003; MARTINS, 2007;

PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009).

Para praias dominadas por ondas sob o regime de meso e macromarés utiliza-se o modelo desenvolvido por Masselink e Short (1993) que baseado no parâmetro Ω , utiliza o parâmetro de variação relativa da maré ou *relative tide range* (RTR), definido pela fórmula $RTR = TR/H_b$, onde TR corresponde a amplitude de maré e H_b a altura de quebra da onda (MARTINS, 2007). Assim, segundo esta equação, à medida que o valor de RTR aumenta, as praias refletivas tendem a apresentar terraços de maré e as intermediárias e dissipativas tendem a um estado ultradissipativo (MARTINS, 2007).

Dentre alguns estudos clássicos acerca da morfodinâmica praias, podemos citar McArdle e McLachlan (1992) que ao analisar um total de dez praias em um gradiente de variação que ia desde o estado refletivo a dissipativo na África e nos Estados Unidos da América do Norte, concluíram que o efeito das condições árduas da zona de arrebentação (*swash climate*) influenciam a distribuição da macrofauna de maneira distinta nas diferentes praias estudadas, sendo a altura das ondas a variável que mais influencia a macrofauna nas praias dissipativas, enquanto que o perfil topográfico da praia assume maior peso nas praias refletivas e intermediárias.

Brazeiro (2001) ao estudar 12 praias expostas do Chile, num período de dois anos, com a finalidade de relacionar riqueza de espécies com morfodinâmica e fatores físicos, percebeu que a riqueza diminuiu significativamente com o aumento da inclinação da praia, e propôs que não somente um, mas vários fatores, destacando a erosão, controlam a comunidade da macrofauna bêntica.

O estudo de Rodil e Lastra (2004), confirma o padrão que relaciona negativamente a riqueza de espécies com a taxa de exposição e o tamanho dos grãos. Ao analisar dez praias classificadas como intermediárias, quanto ao morfodinamismo, no nordeste da costa da Espanha, concluíram que quanto maior o tamanho dos grãos e mais alta a taxa de exposição da praia, menor a densidade de macrofauna devido aos efeitos das ondas nessas praias expostas. Além disso, concluíram também que o número de espécies é mais bem explicado pela taxa de exposição da praia do que pelo parâmetro de Dean ou até mesmo pela inclinação, enquanto a biomassa é afetada apenas pelo tamanho dos grãos.

As correntes marítimas (ou costeiras) são fenômenos responsáveis pelo transporte de sedimentos em uma praia, geradas a partir da transferência de energia das ondas e do vento. São classificadas em: 1) correntes de retorno de fundo – apresentam maior importância em praias dissipativas, onde é comum a ocorrência de regiões de circulação associadas à presença de bancos de areia e onde o retorno da água acumulada ocorre na forma de dispersas correntes de fundo; 2) correntes longitudinais – o mais importante tipo de corrente costeira, responsável pelo transporte de sedimentos que ocorre paralelo à linha de costa; 3) correntes de retorno – responsáveis pelo transporte de sedimentos em direção ao mar (nesse caso sendo chamadas de correntes de erosão) e em direção à costa (correntes de acreção) (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009).

Além das variáveis ambientais já citados, destaca-se também a importância do sedimento na determinação da abundância e riqueza de espécies, sendo a granulometria (distribuição dos grãos do sedimento de uma praia) um dos fatores mais importantes na estruturação das comunidades bênticas (DEFEO; JARAMILLO; LYONNET, 1992; MCARDLE; MCLACHLAN, 1992).

O sedimento de praias arenosas pode ser originado pela erosão de rochas terrestres; pela ação das ondas sobre as estruturas costeiras; transporte eólico ou fluvial; origem biológica, dentre outros (CARTER, 1988; PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009). Esse sedimento é constituído principalmente de quartzo, ocorrendo também, mas em menor quantidade, minerais biogênicos, como carbonato e feldspato (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009; SCHMIEGELOW, 2004). Além disso, devido à dinâmica do ambiente, as praias arenosas estão constantemente trocando sedimentos com regiões adjacentes (HOEFEL, 1997).

Dentre as características do sedimento praiial, destaca-se o tamanho do grão de areia na determinação da dinâmica sedimentar. Praias de areia fina retêm maior quantidade de água no sedimento, o que justifica a maior presença de organismos nesse tipo de praia, visto que um sedimento mais úmido protege os organismos bênticos da dessecação, além de favorecer a absorção de matéria orgânica (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009). Essas praias possuem uma movimentação de água mais calma (LEVINTON, 1995), ao contrário de praias com areia mais grossa, que por drenarem a água com maior facilidade, tornam o ambiente desfavorável à presença de organismos (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009), além de apresentarem correntes mais fortes e maior movimentação das águas (LEVINTON, 1995).

Quanto ao tipo de grão de areia, as praias podem ainda ser classificadas em praias bravas ou de tombo e praias mansas. Nas praias bravas, o forte embate das ondas leva a um constante movimento de grandes quantidades de areia, o que por sua vez, leva a uma modificação no perfil praiial, impedindo que muitas espécies se estabeleçam. As praias mansas, por sua vez, apresentam grãos de areia mais finos e declives muito suaves, o que facilita o estabelecimento de espécies (RODRIGUES; SHIMIZU, 1995; MALVEZZI; VALÉRIO-BERARDO; BARRELLA, 2010).

4 Macrofauna bêntica de praias

A interação entre as diversas variáveis citadas acima faz da região entremarés de uma praia arenosa, um local com uma diversa e adaptada biota. A fauna desses ambientes contribui significativamente como biomassa animal e na reciclagem de nutrientes de fundos marinhos (MATTHEWS-CASCON; LOTUFO, 2006).

A macrofauna da zona entremarés de praias pode ser caracterizada como uma comunidade com baixa diversidade, reduzida riqueza e elevada dominância numérica de poucas espécies, quando comparada com a de regiões submersas (AMARAL; MORGADO; SALVADOR, 1998).

A macrofauna de praias arenosas é composta pela

grande maioria dos táxons de invertebrados, destacando-se principalmente moluscos, crustáceos e poliquetas (PICHON 1967; DEXTER 1969; 1972; BROWN; MCLACHLAN, 1990; AMARAL; MORGADO; SALVADOR, 1998; MOLINA; VARGAS, 1994; LANA, 2002; VIANA; ROCHA-BARREIRA; GROSSI HIJO, 2005; CARDOSO, 2006; SILVA, 2011).

A dominância destes grupos ocorre de acordo com as condições físicas sofridas pelas praias. Os poliquetas, por exemplo, tendem a dominar em regiões protegidas, de baixa energia e compostas por sedimentos mais finos; os crustáceos, por outro lado, dominam em ambientes de alta energia e sedimentos mais grosseiros e os moluscos, em ambientes intermediários (DEXTER, 1983). Segundo McLachlan (1983), os crustáceos tendem a ser mais abundantes em praias tropicais e/ou em praias expostas, e os moluscos em praias temperadas e/ou menos expostas. Em termos de biomassa, entretanto, os moluscos são geralmente mais importantes (MATTHEWS-CASCON; LOTUFO, 2006).

A estrutura trófica da macrofauna das praias arenosas está normalmente dominada por organismos filtradores (MCLACHLAN, 1983). Como existe pouca ou nenhuma produção primária na praia, a macrofauna depende do alimento importado de sistemas adjacentes, quer seja da terra ou do mar (BROWN; MCLACHLAN, 1990).

O padrão de distribuição das espécies da macrofauna ao longo do perfil praiial é denominado de zonação. Esse padrão é influenciado por uma série de fatores, em especial a presença ou ausência de água no substrato, devido à flutuação diária da maré que provoca ora condições de imersão, ora de exposição (CARDOSO, 2006).

Sobre os fatores que influenciam a distribuição da macrofauna em praias arenosas, McLachlan (1983) destaca a ação das ondas, o tamanho das partículas de sedimento e a declividade da praia. Segundo esse autor, o número de indivíduos bênticos tende a aumentar à medida que diminui o grau de exposição da praia e a ação das ondas, ou seja, quanto mais exposta a praia, menor a diversidade e a abundância dos organismos (MCLACHLAN, 1983; SILVA, 2011).

Malvezzi; Valério-Berardo; Barrella (2010) e Pagliosa (2004) destacam a capacidade de evitar a exposição ao ar e conseqüentemente a perda de água por evaporação como adaptações que influenciam na distribuição dos organismos marinhos na região entremarés. Brown e McLachlan, (1990) afirmam que as marés e tempestades podem alterar a distribuição dos organismos na região entremarés. Goulart e Callisto (2003) incluem aos fatores já citados o tipo de substrato, morfologia do ecossistema, quantidade e tipo de detritos orgânicos, presença de vegetação aquática, modificações nas concentrações de nutrientes e mudanças na produtividade primária.

No entanto, em alguns casos, o ambiente físico por si só não explica os padrões encontrados na distribuição da macrofauna de praias arenosas. Nesses casos, devem ser levadas em consideração as interações biológicas entre espécies e os padrões de distribuição espacial e temporal das populações (CARDOSO, 2006).

Dahl (1952) e Salvat (1964) propuseram esquemas para

a zonação da macrofauna bêntica em praias arenosas. No esquema desenvolvido por Dahl (1952), que possui um enfoque específico em crustáceos, as praias seriam compostas por três regiões: uma *franja subterrestre* ocupada por anfípodos tralitrídeos e/ou caranguejos ocypodídeos; uma *zona mesolitoral*, com isópodes cirolanídeos, e uma *franja infralitoral*, com várias espécies. No esquema proposto por Salvat (1964), a praia está dividida em quatro zonas: uma, no *topo da praia*, caracterizada por areia seca; a seguir, a *zona de retenção de água*, que é levemente umidecida na baixa mar; abaixo desta uma *zona de ressurgência*, onde a água flui e reflui no sedimento de acordo com a maré; e por fim, a *zona mais inferior*, permanentemente saturada, onde ocorre pouca troca de água durante o ciclo de marés.

No entanto, Wendt e McLachlan (1985) afirmam que em praias arenosas não é possível distinguir uma zonação específica, como ocorre em praias rochosas, onde se pode identificar claramente zonas de ocorrência de organismos. Estes autores atribuem à ação das ondas – principal fator físico desestabilizador nesses ambientes – a causa por esse fenômeno. Sobre a zonação em praias arenosas, Matthews-Cascon e Lotufo (2006, p. 14) afirmam:

Os vários esquemas de zonação da macrofauna em praias arenosas são conflitantes, um fato que não surpreende, tendo em vista a dinâmica do ambiente e a alta mobilidade da fauna. A zonação nessas áreas, no sentido clássico, nunca foi precisamente comprovada, ou seja, limites bem definidos não têm sido demonstrados. Além disso, espécies individuais mostram zonação mais claramente do que a fauna como um todo.

Devido às características físicas das praias arenosas, os animais que nelas habitam, precisam ter adaptações diferenciadas em relação a animais de outros habitats marinhos, visto que os mesmos são dependentes do hidrodinamismo da praia, estando sujeitos a instabilidade do substrato e a ação de ondas (COUTINHO, 2013).

Apesar da aparente pobreza das comunidades biológicas, as praias arenosas sustentam uma fauna de invertebrados residentes, que são altamente adaptados às condições adversas predominantes na faixa entremarés (VELOSO; CARDOSO; FONSECA, 1997; BLANKENSTEYN, 2006). Para sobreviverem em um ambiente com condições tão severas, esses animais tiveram que desenvolver adaptações e hábitos que permitissem sua sobrevivência, como o comportamento de se enterrar no sedimento. Esta habilidade deve ser rápida e poderosa, especialmente nas praias arenosas de alta energia, para que o animal não seja levado pelas ondas e espraiamento, para isso, é necessário um alto grau de mobilidade da fauna, permitindo assim que os organismos possam construir suas tocas e manterem sua posição na areia, ou, então, para recuperá-la, quando for o caso (COUTINHO, 2013).

Segundo Brauko (2008, p. 1) “em função de seus hábitos de vida, estes animais podem ocupar diferentes estratos do sedimento, embora a maioria se concentre nos centímetros superficiais, dependendo de alguma forma da interface água-sedimento para alimentação e

respiração”. Portanto, no que se refere à disponibilidade de oxigênio no ambiente, os organismos que residem em praias mais abrigadas, particularmente de lama, necessitam de adaptações respiratórias para tolerar a baixa concentração de oxigênio, especialmente durante o período de maré vazante. Já em praias arenosas de alta energia, essa concentração de oxigênio é elevada para profundidades de um metro ou pouco mais abaixo na superfície da areia, o que não leva ao risco de ocorrer hipóxia (MCLACHLAN; BROWN, 2006; COUTINHO, 2013).

5 Conclusão

No Brasil ainda são escassos os dados publicados a respeito das praias. No que diz respeito a estudos experimentais, constata-se um maior volume de informações concentrado nas regiões Sul e Sudeste, diminuindo progressivamente em direção aos estados do Norte e Nordeste do país. Dessa forma, ressalta-se a importância de estudos integrados e de longa duração nas praias arenosas do litoral brasileiro, de modo a obter informações completas e concisas acerca da estrutura, dinâmica e biodiversidade desses tão importantes ecossistemas.

Referências

- AMARAL, A. C. Z.; NONATO, E. F.; PETTI, M. A. V. Contribution of polychaetous annelids to the diet of some brazilian fishes. In: DAUVIN, J. C.; LAUBIER, L.; REISH, D. J. **Actes de la 4ème Conférence Internationale des Polychètes**. Memories du Muséum National d’Histoire Naturelle, v. 162, p.331 - 337, 1994.
- AMARAL, A. C. Z.; MORGADO, E. H.; SALVADOR, L. B. Poliquetas bioindicadores de poluição orgânica em praias paulistas. **Rev. Brasil. Biol.** 58(2): 307-316, 1998.
- AMARAL, A. C. Z.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. (eds). Biodiversidade bentônica da região sudeste-sul do Brasil – plataforma externa e talude superior. São Paulo: IOUSP. 216p. (Série Documentos Revizee-Score Sul), 2004.
- AMARAL, A. C. Z.; DENADAI, M. R. Caracterização das praias arenosas. In.: AMARAL, A. C. Z.; NALLIN, S. A. H. **Biodiversidade e ecossistemas marinhos do Litoral Norte de São Paulo, Sudeste do Brasil**. Campinas: UNICAMP, 2011.
- AZEVEDO, A. C. G.; CUTRIM, M. V. J. Fitoplâncton costeiro das porções norte-nordeste da ilha de São Luís, MA, Brasil. In.: SILVA, A. C.; FORTES, J. L. O. (orgs.) **Diversidade biológica, uso e conservação de recursos naturais do Maranhão**. São Luís: EdUEMA, 2007, pp. 67-92.

- BLANKENSTEYN, A. O uso do caranguejo maria-farinha *Ocypode quadrata* (Fabricius) (Crustacea, Ocypodidae) como indicador de impactos antropogênicos em praias arenosas da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. **Rev. Brasileira de Zool.**, v. 23, n. 3, p. 870-876, 2006.
- BRAUKO, K. M. **Efeitos da passagem de sistemas frontais sobre a macrofauna bêntica de praias arenosas do Paraná.** 2008. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 75, 2008.
- BRAZEIRO, A. Relationship between species richness and morphodynamics in sandy beaches: what are the underlying factors? **Marine Ecology Progress Series.** 224: 35 - 44. 2001.
- BROWN, A. C.; MCLACHLAN, A. **Ecology of sandy shores.** Amsterdam: Elsevier, 1990, 327 p.
- CARDOSO, C. D. de P. **Estudo da macrofauna bêntica de praias do parque estadual da ilha do Cardoso, como subsídio a elaboração de cartas de sensibilidade ambiental a derrames de petróleo.** 2006. 65p. (Monografia) Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". São Paulo, 2006.
- CARTER, R. W. C. **Coastal environments.** London: Academic Press, 1988, 617p.
- COUTINHO, M. S. **Diversidade da macrofauna bentônica de praias arenosas na APA Costa das Algas-ES, Brasil.** 2013. 44p. Monografia (Graduação em Oceanografia), Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.
- DAHL, E. Some aspects of the ecology and zonation of the fauna on sandy beaches. **Oikos**, 4: 1-27, 1988.
- DANTAS, J. G.; CUTRIM, H. S.; CASTRO, L. G.; JARDIM, E. L.; COELHO, S. L. Educação Ambiental: uma ferramenta utilizada na avaliação ambiental do manguezal e praia do Araçagy, Ilha de São Luís, Maranhão (Brasil). In.: CARVALHO-NETA, R. N. F. **Educação Ambiental na Zona Costeira.** Rio de Janeiro: CBJE, 2010.
- DEAN, R. G. Heuristic models of sand transport in the surf zone. **Proceeding of the Conferences on engineering dynamics in the surf zone.** Sydney: NSW, p.208-214. 1973.
- DEFEO, O.; JARAMILLO, E.; LYONNET, A. Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in the Atlantic coast of Uruguay. **J. Coast. Res.**, 8: 830-839, 1992.
- DEFEO, O.; MCLACHLAN, A. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. **Marine Ecology Progress Series.** 295: 1-20, 2005.
- DEXTER, D. M. Structure of an intertidal sandy beaches community in North Carolina. **Chesapeake Sci.**, 10(2): 93-98, 1969.
- DEXTER, D. M. Community structure of intertidal sandy beaches in New South Wales, Australia. In: MCLACHLAN, A.; ERASMUS, T. **Sandy beaches as ecosystems.** Port Elizabeth: Dr. W. Junk Publishers, p.461-472, 1983.
- DEXTER, D. M. Sandy beach community structure: the role of exposure and latitude. **Journal of Biogeography**, 19: 59-66, 1992.
- GIANUCA, N. M. A fauna das dunas costeiras do Rio Grande do Sul. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, 3: 121-133, 1997.
- GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, 2003.
- GOURLAY, M. R. Beach and dune erosion tests. **Delft Hydraulics Laboratory.** Report No. M935/ M936. 1968.
- HOEFEL, F. G. **Morfodinâmica de Praias Arenosas Oceânicas: uma revisão Bibliográfica.** Itajaí: Editora da UNIVALI, 1998.
- IBGE. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente.** 2ª Ed. Rio de Janeiro: 2004.
- KOMAR, P. D. **Beach Processes and Sedimentation.** 2 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1998.
- LAETZ, C. Marine benthic invertebrate communities near King Country's wastewater outfalls. **Puget Sound Research**, p.754-759, 1998.
- LANA, P. C.; CAMARGO, M. G.; BRONGIM, R. A.; ISAAC, V. J. **O bentos da costa brasileira: avaliação crítica e levantamento bibliográfico (1858-1996).** Fundação de Estudos do Mar, Rio de Janeiro, 1996. p.423.
- LANA, P. C.; CAMARGO, M. G.; BRONGIM, R. A.; ISAAC, V. J. Bentos de sedimento não consolidado. In: PEREIRA, R. C; SOARES-GOMES. A. (org). **Biologia Marinha.** Rio de Janeiro: Interciências, 2002.
- LEPKA, D. L. **Macrofauna de praias arenosas com diferentes graus de morfodinamismo no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP, Brasil.** 2008. 75p. Dissertação (Mestrado em Zoologia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

- LEVINTON, J.S. **Marine Biology: function, biodiversity and ecology**. Oxford University Press, 448 p., Oxford, 1995.
- MALVEZZI, H.; VALÉRIO-BERARDO, M. T.; BARRELLA, W. Composição das Famílias de Poliquetas amostradas em duas praias de granulação distintas no Estado de São Paulo. **Revista Eletrônica de Biologia**. Volume 3 (1): 1-18, 2010.
- MARTINS, A. L. G. **A macrofauna bentônica das praias arenosas expostas do Parque Nacional de Superagüi – PR Subsídios ao Plano de Manejo**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação), Universidade Estadual do Paraná, Curitiba, 2007.
- MASSELINK, G.; SHORT, A. D. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. **Journal of Coastal Research**. 9 (3): 785-800, 1993.
- MATTHEWS-CASCON, H.; LOTUFO, T. M. C. (Orgs.) **Biota Marinha da Costa Oeste do Ceará**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. v. 1. 268p.
- MCARDLE, S.B.; MCLACHLAN, A. Sand beach ecology: swash features relevant to the macrofauna. **Journal of Coastal Research**. 8 (2): 398-407. 1992.
- MCLACHLAN, A. Sandy beaches ecology – a review. In: MCLACHLAN, A.; ERASMUS, T. (eds.) **Sandy Beaches as Ecosystems**. The Hague, W. Junk Publishers, p. 321-380, 1983.
- MCLACHLAN, A. Water filtration by dissipative beaches. **Limnology and Oceanography**. 1989. p. 774-780
- MCLACHLAN, A. Physical factors in benthic ecology: effects of changing sand particle size on beach fauna. **Marine Ecology Progress Series**. 131, 205-217, 1996.
- MCLACHLAN, A.; BROWN, A. C. **The Ecology of Sandy shores**. New York: Elsevier, 2006.
- MOLINA, O. A.; VARGAS, J. A. Estrutura del macrobentos del estero de Jaltepeque, El Salvador. **Rev. Biol. Trop.**, 42: 165-174, 1994.
- NEVES, L. P.; SILVA, P. S. R.; BEMVENUTI, C. E. Distribuição horizontal da macrofauna bentônica na praia do Cassino, extremo sul do Brasil. **Iheringia**, Série Zoologia, Porto Alegre, 102(3):245-253, 30 de setembro de 2012.
- PAGLIOSA, P. R. **Variação espacial nas características das águas, dos sedimentos e da macrofauna benthica em áreas urbanas e em unidades de conservação na Baía da Ilha de Santa Catarina**. 2004. 107f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- PEREIRA, R. C; SOARES-GOMES. A. (org). **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciências, 2002.
- PICHON, M. Contribution a l'étude des peuplements de la zone intertidale sur sable fins et sable vaseux non fixes dans la region de Tuléar. **Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume**, 7 :57-100, 1967.
- PINHEIRO, M. A. A.; COSTA, T. M.; GADIG, O. B. F.; BUCHMANN, F. S. de C. Os Ecossistemas Costeiros e sua Biodiversidade na Baixada Santista. In.: OLIVEIRA, A. J. F. C; PINHEIRO, M. A. A.; FONTES, R. F. C. **Panorama ambiental da Baixada Santista**. São Vicente: UNESP, 2008, pp. 7-26.
- QUEIROZ, J. F. de; TRIVINHO-STRIXINO, S.; NASCIMENTO, V. M. da C. **Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da bacia do Médio São Francisco**. **Comunicado Técnico: Embrapa Meio Ambiente**. n. 3, 2000. Disponível em: <www.cnpma.embrapa.br/download/organ_betonicos.pdf>. Acesso 19/05/2016.
- RAMOS, M. E. C. **Diagnóstico da Comunidade Zoobentônica do infralitoral da Baía de Garapuá, Cairú – Ba**. 2002. 39p. (Monografia). Universidade Federal da Bahia.
- RGCI. **Costa afora**. Disponível em www.aprh.pt/rgci/glossario/costa-afora.html. Acesso em 16 de dezembro de 2015.
- RODIL, I. F.; LASTRA, M. Environmental factors affecting benthic macrofauna along a gradient of intermediate sandy beaches in northern Spain. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 61: 37-44, 2004.
- RODRIGUES, S. de A.; SHIMIZU, R. M. **As praias arenosas**. Série Ecossistemas Brasileiros. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.
- SALVAT, B. Les conditions hydrodynamiques interstitielle des sediment meubles intertidaux et la re'partition verticale de la jeune endogée. C.R. **Academie Sciences** 259: 1567-1579, 1964.
- SCHLACHER, T. A. et al. Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. **Marine Ecology**. p.70-90, 2008.
- SCHMIEGELOW, J. M. **O Planeta Azul – Uma Introdução às Ciências Marinhas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.
- SHORT, A. D. The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: a review. **Revista Chilena de Historia Natural**.69: 589-604, 1996.

SHORT, A. D.; WRIGHT, L. D. Physical variability of sandy beaches. In: MCLACHLAN, A., ERASMUS, T. (Eds.). **Sandy Beaches as Ecosystems**. Junk, The Hague, pp. 133-144, 1983.

SHORT, A. D.; WRIGHT, L. D.. Australia beach systems - the morphodynamics of wave through tide-dominated beach-dune systems. **Journal of Coastal Research**, SI(35): 7 - 20. 2003.

SILVA, L. L. M. **Aspectos ecológicos da epifauna bêntica dos manguezais de Parna-Açu, Ilha de São Luís - MA: Epifauna de substratos móveis do mesolitoral**. Monografia (Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 1997.

VAROLLI, F. M. F. Aspectos da macroinfauna bentônica da região entremarés arenosa da praia da enseada - Guarujá, São Paulo. **Acta Biologica Leopoldensia**. 18(2): 39-49. 1986.

VELOSO, V. G.; CARDOSO, R. S.; FONSECA, D. B. Adaptações e biologia da macrofauna de praias arenosas expostas com ênfase nas espécies da região entre-marés do litoral fluminense. **Oecol. Brasiliensis**, v. 3: p. 121-133, 1997.

VENTURINI, N.; MUNIZ, P.; RODRÍGUEZ, M. Macrobenthic subtidal communities in relation to sediment pollution: the phylum-level meta-analysis approach in a south-eastern coastal region of South America. **Mar. Biol.**, v.144, p.119-126, 2004.

VIANA, M. G.; ROCHA-BARREIRA, C. A.; GROSSI HIJO, C. A. Macrofauna bentônica da faixa entremarés e zona de arrebentação da praia de Paracurú (Ceará-Brasil). **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.**, 9(1):75-82, 2005.

VILLWOCK, J. A. A Costa Brasileira: Geologia e Evolução. Notas Técnicas. **CECO**. UFRGS, Porto Alegre, n 7, p 38 - 49, 1994.

WENDT, G.; MCLACHLAN, A. Zonation and biomass of the intertidal macrofauna along a South African sandy beach. **Cahiers de Biologie Marine**, vol. 26, p. 1 - 14. 1985.

ZONEAMENTO COSTEIRO DO ESTADO DO MARANHÃO. São Luís: Fundação Sôsândrade de apoio do desenvolvimento da Universidade Federal do Maranhão/Departamento de Oceanografia e Limnologia, DEOLI/Laboratório de Hidrobiologia - LABOHIDRO, Núcleo Geoambiental - UEMA, 2003. 2 CD-ROM.

Contribuição dos autores

Marcos Eduardo Miranda Santos

Contribuições significativas à concepção do trabalho; atuação na redação e revisão do texto

Camila Nascimento Ferreira

Contribuições significativas à concepção do trabalho; atuação na redação e revisão do texto