

Distribuição espaço-temporal de poliquetas Nereididae, Capitellidae e Spionidae em planícies lamosas no complexo portuário-estuarino de Santos (SP)

Ivan Rodrigo Abrão Laurino*¹

*¹Laboratório de Ecologia e Gestão dos Ecossistemas Costeiros da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) – Unidade Baixada Santista. Santos, SP, Brasil. *E-mail: laurino.unesp@gmail.com.*

Abstract. Space and time distribution of polychaetes Nereididae, Capitellidae and Spionidae in muddy flats in Santos (SP) Port-estuarine complex. Estuaries have significant ecological importance in the coastal zone, sheltering macrobenthic communities with expressive role in secondary productivity. Effects of human activities in these ecosystems can be evidenced through environmental monitoring programs, which are improved by the use of polychaetes, organisms susceptible to variations. The knowledge about these invertebrates distribution in muddy flats, including their zonation patterns, is essential for the development of efficient sample designs. Thus, this study aimed to investigate the zonation pattern of three polychaetes families (Nereididae, Spionidae and Capitellidae) in muddy flats of Santos (SP) Port-estuarine complex. The organisms were collected in three areas in muddy flats: infratidal fringe (ZI), mesotidal intermediate portion (ZM) and supratidal fringe (ZS). The results showed a zonation pattern, considering the Nereididae and Capitellidae families. Assemblies vary their patterns over time. It was observed that the predominant area of these organisms correspond upper and middle of the flats (ZS and ZM), and they are found in low densities in the lower portion (ZI). Only the family Spionidae did not show any zonation pattern and its distribution was variable over time. In this sense, the present contribution brings evidences that monitoring programs focusing on sampling in the lower portion of muddy flats do not include satisfactorily the Nereididae and Capitellidae assemblies. This fact must be considered in order not to compromise the accurate identification of variations in the macrobenthic community and, consequently, of human impacts in the region.

Keywords: Environmental impact, ecology of benthic invertebrates, bioindicators, environmental monitoring, coastal management.

Resumo. Estuários possuem relevante importância ecológica na zona costeira, abrigando comunidades bentônicas de expressivo papel na produtividade secundária. Efeitos de atividades antrópicas nestes ecossistemas podem ser evidenciados por meio de programas de monitoramento ambiental, os quais são aprimorados a partir da utilização de poliquetas, organismos susceptíveis a distúrbios. O conhecimento da distribuição destes invertebrados em planícies lamosas, incluindo seus padrões de zonação, se mostra fundamental para a elaboração de delineamentos amostrais eficientes. Desta forma, o presente trabalho objetivou investigar o padrão de zonação de três famílias de poliquetas (Nereididae, Spionidae e Capitellidae)

em planícies lamosas do complexo portuário-estuarino de Santos (SP). Os organismos foram coletados em três zonas nas planícies lamosas: franja do infralitoral (ZI), porção intermediária do mesolitoral (ZM) e a franja do supralitoral (ZS). Os resultados evidenciaram um padrão de zonação, considerando as famílias Nereididae e Capitellidae, sendo que as assembleias variam seus padrões ao longo do tempo. Foi observado que a zona predominante destes organismos corresponde às porções superior e média da planície (ZS e ZM), sendo os mesmos encontrados em baixas densidades na porção inferior (ZI). Apenas a Família Spionidae não apresentou nenhum padrão de zonação, sendo sua distribuição variável ao longo do tempo. Nesse sentido, a presente contribuição traz evidências de que programas de monitoramento com coletas focadas na porção inferior das planícies lamosas podem não englobar satisfatoriamente as assembleias de Nereididae e Capitellidae. Tal fato deve ser considerado visando não comprometer a identificação precisa das variações nas comunidades macrobentônicas e, conseqüentemente, dos impactos antrópicos na região.

Palavras-chave: Impacto ambiental, ecologia de invertebrados bentônicos, bioindicadores, monitoramento ambiental, gerenciamento costeiro.

INTRODUÇÃO

Ecossistemas estuarinos se caracterizam por apresentarem considerável riqueza de macroinvertebrados bentônicos. Estes organismos se destacam por sua importância na produtividade secundária e por suas assembleias responderem a diversos estresses ambientais (PEARSON & ROSENBERG, 1978). Representantes da classe Polychaeta (filo Annelida) normalmente apresentam-se como dominantes nestas assembleias, principalmente em ambientes perturbados, possuindo significativa importância ecológica em substratos inconsolidados (TOMMASI, 1970; DITTMAN, 2000).

No litoral do estado de São Paulo (Sudeste Brasileiro), na Região Metropolitana da Baixada Santista, as atividades portuárias, industriais, a concentração populacional urbana e o turismo intenso contribuem significativamente

para impactos de diferentes magnitudes na zona costeira (ABESSA *et al.*, 2005; BURUAEM *et al.*, 2012), os quais afetam os estuários e, conseqüentemente, suas comunidades macrobentônicas. Estudos pretéritos revelam que os poliquetas dominantes nas planícies areno-lamosas do complexo portuário-estuarino de Santos (SP) pertencem às famílias Capitellidae, Spionidae e Nereididae, principalmente (CORBISIER, 1991). Estas englobam espécies oportunistas representativas em ambientes alterados (e.g.: *Capitella capitata* Fabricius 1780, *Scolecopsis squamata* Müller 1806 e *Laeonereis acuta* Treadwell 1923) do sudeste brasileiro, normalmente associadas a áreas afetadas pelo enriquecimento orgânico (AMARAL *et al.*, 1998; REIS *et al.*, 2000; RIZZO & AMARAL, 2001).

Tendo em vista a susceptibilidade das assembleias macrobentônicas frente às alterações do meio, estes organismos se mostram

como importantes ferramentas na identificação de impactos antrópicos, sendo amplamente utilizados em programas de monitoramento para gestão ambiental (THRUSH *et al.*, 2003; HIRST, 2004, DOLBETH *et al.*, 2007). No entanto, existem dificuldades em distinguir se as oscilações nas assembleias estão relacionadas a efeitos naturais ou antrópicos, sendo necessário o conhecimento dos padrões ecológicos destes organismos visando aprimorar o monitoramento ambiental.

Inúmeros processos dos ecossistemas promovem padrões distintos de distribuição para os variados grupos na comunidade bentônica (DEFEO & MCLACHLAN, 2005). Sabe-se, por exemplo, que planícies lamosas, praias e costões rochosos apresentam determinado padrão de zonação de organismos bentônicos, relacionado aos diferentes níveis de exposição aérea, ação da maré e das ondas (STEPHENSON & STEPHENSON, 1949; NETTO & LANA, 1997; Reis *et al.*, 2000). Essas informações, quando conhecidas para a área em questão, permitem que delineamentos amostrais eficientes sejam elaborados nos programas de monitoramento, trazendo maior efetividade à gestão costeira. No estuário de Santos, apesar da grande pressão antrópica existente, ainda são escassos estudos que demonstrem tais padrões de distribuição e suas variações ao longo do tempo. Assim, lacunas ainda existem na base de dados necessária para subsidiar delineamentos eficientes nos diversos programas de monitoramento ambiental em andamento.

O presente estudo tem como objetivo

avaliar o padrão de zonação das três principais famílias de poliquetas das planícies lamosas do estuário de Santos (Capitellidae, Nereididae e Spionidae), bem como avaliar como tais padrões variam ao longo do tempo. Tais informações almejam subsidiar o delineamento de programas futuros de monitoramento na região, tendo em vista a utilização destes organismos como ferramentas indicadoras de impactos antrópicos.

MATERIAL E MÉTODOS

A área selecionada para coleta dos organismos se encontra na região portuária do médio estuário de Santos, no litoral do estado de São Paulo. Tal região é historicamente conhecida por estar sujeita a contaminação oriunda do pólo industrial de Cubatão (SP), bem como é alvo de poluição por esgoto doméstico devido à intensa ocupação urbana da Baixada Santista (TOMMASI, 1979; ABESSA *et al.*, 2005). Atualmente, a área estudada (23°55'6.24"S / 46°18'25.67"O) passa por novas alterações relacionadas à expansão dos terminais portuários ali presentes.

Do ponto de vista geofísico, o gradiente de salinidade do estuário de Santos é característico de um ambiente misturado tendendo a estratificação. O clima da região, tropical úmido, proporciona elevados níveis de pluviosidade na área, sendo as chuvas principalmente concentradas durante o verão (INPE, 2015). A maré se destaca como a principal característica hidrodinâmica modeladora do sistema (HARARI & CAMARGO, 1998), e o padrão sedimentar é predominantemente relacionado

a silte e matéria orgânica nas planícies lamosas estudadas (CORBISIER, 1991).

Três planícies lamosas foram selecionadas para a amostragem na área. Em cada uma delas, foram estabelecidos dois transectos perpendiculares à linha da água com o comprimento aproximado de 75 metros. Os seis transectos englobaram o total do perfil definido pelo sentido de avanço da maré, desde o ponto inferior da planície, mais próximo à água na maré baixa de sizígia, até o ponto superior, mais próximo à franja da vegetação de mangue exposta ao ar.

As zonas de amostragem foram estabelecidas ao longo de cada transecto, seguindo o sentido de avanço da maré. Foram definidas três zonas por transecto: Franja do Supralitoral (ZS) – porção mais próxima da franja de vegetação sujeita a maior tempo de exposição ao ar; Mesolitoral intermediário (ZM) – porção central da planície, entre os limites superior e inferior; Franja do Infralitoral (ZI) – porção inferior do transecto, mais próxima à água, estando sob maior influência da maré e com exposição aérea durante picos de baixa-mar de sizígia.

Cada zona ocupou cerca de 1/3 do transecto, possuindo aproximadamente 25 metros de comprimento. Seus limites foram demarcados na planície por meio da utilização de estacas, de forma a amostrar as mesmas áreas ao longo de dois anos de estudo. Seis amostras foram coletadas em cada zona estabelecida (três por transecto) somando um total de 18 amostras

por campanha. O procedimento foi replicado no outono, inverno e primavera de 2012 e 2013, totalizando seis campanhas de amostragem.

Devido à grande instabilidade do sedimento na área, as coletas foram feitas durante a maré alta com o auxílio de um barco de alumínio, para que as planícies lamosas estivessem completamente submersas. Todas as amostras coletadas foram obtidas com o auxílio de um pegador de fundo do tipo Van Veen (área de abertura: 401,9cm²). Após a coleta do sedimento, o material coletado foi lavado em campo com auxílio de uma peneira de malha 0,5mm, sendo posteriormente acondicionado em sacolas plásticas identificadas por ponto e fixado com uma solução de formol a 10%.

Em laboratório, o material foi novamente lavado em peneira de 0,5mm, triado por meio do método de flutuação em solução hipersalina com bandeja transluminada e os organismos foram preservados em álcool 70%. A identificação taxonômica foi realizada sob estéreo-microscópio óptico (lupa) até o nível de família, utilizando referências bibliográficas e chaves de identificação específicas para os grupos. Somente os organismos das famílias Nereididae, Capitellidae e Spionidae (Annelida: Polychaeta) foram considerados no presente estudo. Essa escolha se deve ao fato de estas serem as principais famílias encontradas nas planícies lamosas do estuário de Santos, bem como serem grupos diversos e representativos no estado de São Paulo, com importantes espécies bioindicadores de impacto antrópico (CORBISIER,

1991; AMARAL *et al.*, 1998; REIS *et al.*, 2000; RIZZO & AMARAL 2001).

As três zonas foram estatisticamente comparadas pela análise de variância (ANOVA – duas vias) com medidas repetidas, aplicada para cada família, considerando os valores de densidade de organismos (ind/m²) normalizados por meio do logaritmo neperiano Ln (x+1). O teste Post Hoc utilizado foi o de Fisher (LSD), no intuito de evidenciar quais zonas e quais períodos diferiam significativamente. Ressalta-se que as premissas referentes à distribuição paramétrica (homogeneidade da variância e normalidade dos dados) foram atendidas. Para todas as análises realizadas, o índice de significância considerado foi de 5% ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 108 amostras coletadas ao longo de todo o período de estudo, foram observados 932 indivíduos da família Nereididae (densidade média: 215 ind/m²), 607 indivíduos da família

Capitellidae (densidade média: 140 ind/m²) e 959 indivíduos da família Spionidae (densidade média: 222 ind/m²). Um padrão de zonação foi observado para as famílias Nereididae e Capitellidae (Tabela 1). Nota-se que as maiores densidades são observadas na franja do supralitoral (ZS) e no mesolitoral intermediário (ZM). Para ambas as famílias, baixa densidade é observada na franja do infralitoral (ZI). A família Spionidae, em contrapartida, não apresentou qualquer padrão de zonação consistente (Figura 1).

Variações ao longo do tempo foram evidenciadas para as três famílias (Figura 2 e Tabela 1). Nereididae apresentou os maiores valores médios de densidade na Primavera de 2013, sendo que a zona ZI foi a mais instável ao longo do tempo, com bruscas variações em comparação com a ZM e ZS. A família Capitellidae demonstrou resultados semelhantes, com as maiores densidades na Primavera de 2013, significativamente superior aos demais períodos,

Tabela 1. Resultados da Análise de Variância (ANOVA – duas vias) com medidas repetidas aplicada para as três famílias de poliquetas estudadas, visando comparar suas densidades médias nas três zonas das planícies areno-lamosas do estuário de Santos (SP), bem como comparar os seis períodos de amostragem ($p < 0,05$; valores em negrito). SQ: Soma dos quadrados; GL: Grau de liberdade; QM: Quadrado médio.

ZONAS	SQ	GL	QM	F	p
Nereididae	133,45	2	66,73	4.0825	0,0384
Capitellidae	84,56	2	42,28	5.8702	0,0131
Spionidae	17,86	2	8,93	0,7800	0,4761
PERÍODOS	SQ	GL	QM	F	p
Nereididae	71,37	5	14,27	3.8232	0,0038
Capitellidae	77,59	5	14,52	3.2754	0,0099
Spionidae	374,68	5	74,94	24.9758	<0,0001

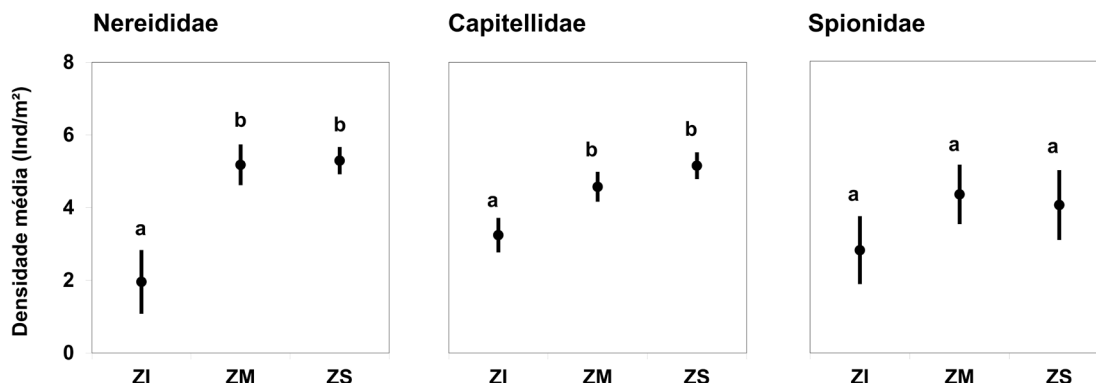


Figura 1. Densidade média (normalizada com logaritmo neperiano) e erro padrão observados para as famílias Nereididae, Capitellidae e Spionidae nas três zonas avaliadas em planícies areno-lamosas do estuário de Santos (SP). Médias com letras distintas representam a ocorrência de diferenças estatísticas significativas entre elas. ZI: Franja do infralitoral; ZM: Mesolitoral intermediário; ZS: Franja do supralitoral.

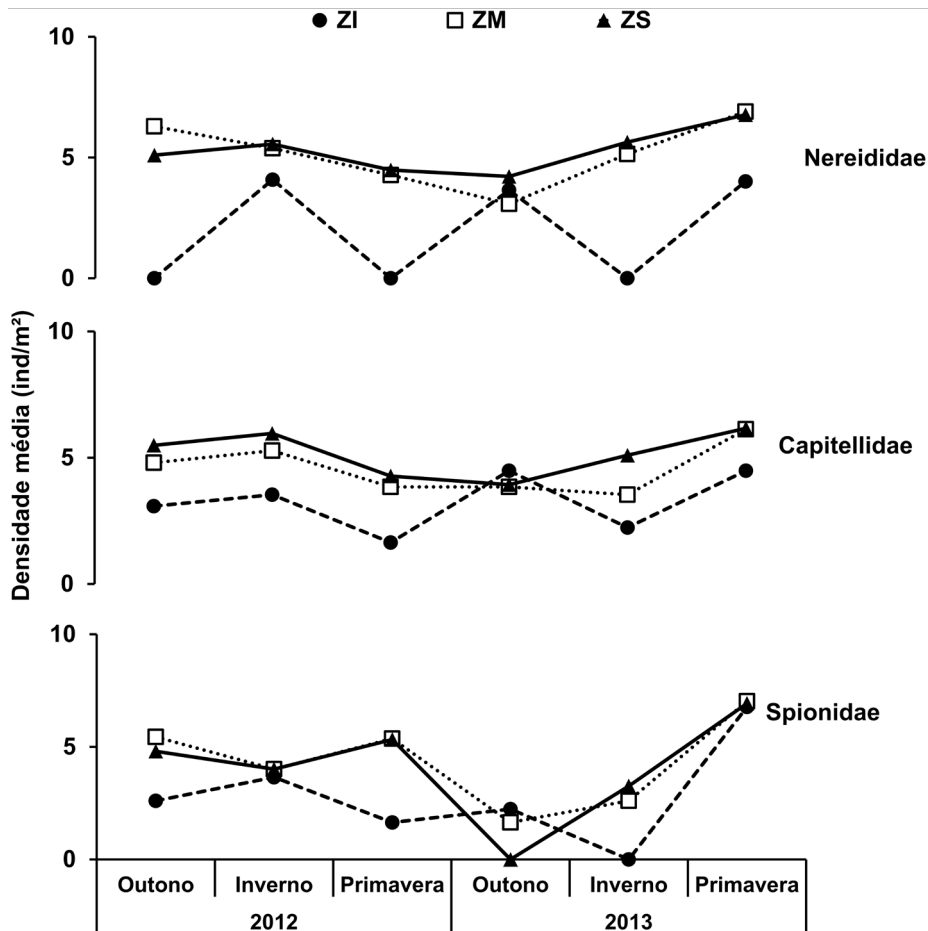


Figura 2. Variação temporal da densidade média (normalizada com logaritmo neperiano) observada para as famílias Nereididae, Capitellidae e Spionidae nas três zonas avaliadas em planícies areno-lamosas do estuário de Santos (SP). ZI: Franja do infralitoral; ZM: Mesolitoral intermediário; ZS: Franja do supralitoral.

com exceção do Inverno de 2012. A zona ZI também mostrou as variações temporais mais bruscas em relação a Capitellidae. Spionidae, de forma geral, foi a família que apresentou as maiores oscilações no tempo para todas as zonas estudadas, sendo as campanhas de 2012 significativamente diferentes das de 2013, com destaque para a Primavera deste último ano, a qual demonstrou valores estatisticamente superiores a todas as demais campanhas.

O estudo de CORBISIER (1991), referente aos anos de 1977 e 1978 nas planícies arenolamosas do estuário de Santos, revela resultados que se aproximam dos aqui observados. A autora nota que as porções média e superior da planície, mais expostas ao ar, representam as zonas preferenciais de vida das espécies *Leonereis acuta* (família Nereididae), *Scolelepis squamata* (família Spionidae) e *Capitella capitata* (família Capitellidae), sendo estes os organismos dominantes na área estudada.

Estuários do sul do Brasil também apresentam resultados semelhantes quanto à zonation em suas planícies lamosas. NETTO & LANA (1997) evidenciaram espécies de Nereididae e Spionidae com maiores densidades nas porções intermediária e superior da planície, sendo que a família Spionidae mostrou-se variável, abundante também na franja do infralitoral. No trabalho de ATTOLINI *et al.* (1997), foi observado que esses organismos apresentam diferentes densidades de acordo com o nível de ação da maré. Os autores notam que as espécies de Capitellidae e Nereididae apresentam padrões similares,

com ocorrência significativa na linha média das marés altas de quadratura (correspondente ao mesolitoral intermediário no presente trabalho). A família Spionidae se diferencia, segundo os autores, com grandes densidades na linha média das marés altas de sizígia (mais próximo ao supralitoral).

A baixa densidade destes organismos na porção inferior da planície pode estar relacionada ao fato de esta zona ser mais instável do que as demais, devido a ação da maré, como observado nos resultados de NETTO & LANA (1997). Essa instabilidade provavelmente dificulta o assentamento e recrutamento dos organismos nessa porção. Tais processos também moldam padrões semelhantes em praias arenosas, como observado por REIS *et al.* (2000) no litoral norte de São Paulo. Em seu estudo é observado padrão de zonation similar para as três famílias, com Nereididae e Capitellidae ocupando principalmente as regiões superior e média, enquanto Spionidae é observada em maior densidade na porção inferior.

Tais evidências trazem informações relevantes para o monitoramento ambiental da área, de forma que, aparentemente, delineamentos amostrais realizados com foco na franja do infralitoral das planícies lamosas não englobam satisfatoriamente as famílias Nereididae e Capitellidae em grande parte dos períodos do ano. Tal fato compromete a eficiência do monitoramento da macrofauna e da identificação precisa de impactos antrópicos, considerando a importância e representatividade

desses grupos nas assembleias macrobentônicas do estuário de Santos.

Por fim, a presente contribuição traz uma inicial discussão a respeito dos padrões ecológicos destes organismos nas planícies estudadas, bem como suas implicações para o delineamento dos programas de monitoramento ambiental. Novos estudos são necessários visando observar os padrões dos demais grupos macrobentônicos presentes na região, de forma a aprimorar tais programas e, conseqüentemente, a eficiência da gestão costeira no complexo portuário-estuarino de Santos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à CPEA (Consultoria, Planejamento e Estudos Ambientais) pela colaboração logística e estrutural na execução do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABESSA, D.M.S.; CARR, R.S.; RACHID, B.R.F.; SOUSA, E.C.P.M.; HORTELANI, M.A. & SARKIS, J.E. 2005. Influence of a Brazilian sewage outfall on the toxicity and contamination of adjacent sediments. **Marine Pollution Bulletin** 50 (8): 875-885.
- AMARAL, A.C.; MORGADO, E.H. & SALVADOR, L.B. 1998. Polychaetes as bioindicators of organic pollution on the beaches of São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia** 58 (2): 307-316.
- ATTOLINI, F.D.S.; FLYNN, M.N. & TARARARN, A.S. 1997. Influence of *Spartina alterniflora* and tide level on the structure of polychaete associations in an euryhaline salt marsh in Cananéia lagoon estuarine region (SE Brazil). **Brazilian Journal of Oceanography** 45 (1-2): 24-34.
- BURUAEM, L.M.; HORTELANI, M.A.; SARKIS, J.E.; COSTA-LOTUFO, L.V. & ABESSA, D.M.S. 2012. Contamination of port zone sediments by metals from Large Marine Ecosystems of Brazil. **Marine Pollution Bulletin** 64 (3): 479-488.
- CORBISIER, T.N. 1991. Benthic macrofauna of sandy intertidal zone at Santos estuarine system, São Paulo, Brazil. **Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo** 39 (1): 1-13.
- DEFEO, O. & MCLACHLAN, A. 2005. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. **Marine Ecology Progress Series** 295: 1-20.
- DITTMANN, S. 2000. Zonation of benthic communities in a tropical tidal flat of north-east Australia. **Journal of Sea Research** 43 (1): 33-51.
- DOLBETH, M.; CARDOSO, P.G.; FERREIRA, S.M.; VERDELHOS, T.; RAFFAELLI, D. & PARDAL, M.A. 2007. Anthropogenic and natural disturbance effects on a macrobenthic estuarine community over a 10-year period. **Marine Pollution Bulletin** 54 (5):

- 576-585.
- HARARI, J. & CAMARGO, R. 1998. Modelagem numérica da região costeira de Santos (SP): Circulação da maré. **Revista Brasileira de Oceanografia** **46** (2): 135-156.
- HIRST, A.J. 2004. Broad-scale environmental gradients among estuarine benthic macrofaunal assemblages of south-eastern Australia: implications for monitoring estuaries. **Marine and Freshwater Research** **55** (1): 79-92.
- INPE (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS). 2015. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 03 set. 2015.
- NETTO, S.A. & LANA, P.C. 1997. Intertidal zonation of benthic macrofauna in a subtropical salt marsh and nearby unvegetated flat (SE, Brazil). **Hydrobiologia** **353** (1-3): 171-180.
- PEARSON, T.H. & ROSENBERG, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. **Oceanography and Marine Biology: An Annual Review** **16**: 229-311.
- REIS, M.D.O.; MORGADO, E.H.; DENADAI, M.R. & AMARAL, A.C.Z. 2000. Polychaete zonation on sandy beaches of São Sebastião Island, São Paulo State, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography** **48** (2): 107-117.
- RIZZO, A.E. & AMARAL, A.C.Z. 2001. Environmental variables and intertidal beach annelids of São Sebastião Channel (State of São Paulo, Brazil). **Revista de Biologia Tropical** **49** (3): 849-857.
- STEPHENSON, T.A. & STEPHENSON, A. 1949. The universal features of zonation between tide-marks on rocky coasts. **The Journal of Ecology** **37** (2): 289-305.
- THRUSH, S.F.; HEWITT, J.E.; NORKKO, A.; NICHOLLS, P.E.; FUNNELL, G.A. & ELLIS, J.I. 2003. Habitat change in estuaries: predicting broad-scale responses of intertidal macrofauna to sediment mud content. **Marine Ecology Progress Series** **263**: 101-112.
- TOMMASI, L.R. 1970. Observações sobre a fauna bêntica do complexo estuarino-lagunar de Cananéia (SP). **Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo** **19**: 43-56.
- TOMMASI, L.R. 1979. **Considerações ecológicas sobre o sistema estuarino de Santos (SP)**. Tese (Livre-docência). Instituto Oceanográfico- Universidade de São Paulo. 489p.

Recebido: 04/02/2016

Revisado: 07/06/2016

Aceito: 04/08/2016

