



ANÁLISE MULTIVARIADA DAS RELAÇÕES ENTRE FATORES AMBIENTAIS E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ANOMUROS, DO SUBLITORAL NÃO CONSOLIDADO, NA COSTA SUDESTE DO BRASIL

G.M. Texeira

V. Fransozo¹, L.C. Fernandes - Góes², M. Furlan¹, J.M. Góes²

1. Universidade Estadual Paulista-UNESP, Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia, Distrito de Rubião Junior s/n, 18618 - 000, Botucatu, Brasil. e - mail: gmteixeira@ibb.unesp.br 2. Universidade Federal do Piauí-UFPI, Laboratório de Zoologia, 64202 - 000, Parnaíba, Brasil.

INTRODUÇÃO

A Infraordem Anomura representa um grupo diverso de crustáceos que inclui caranguejos ermitões, tatuíras, porcelanídeos e aeglídeos, sendo encontrados em ambientes marinhos, estuarinos e limnéticos ao redor de todo o mundo. Até o momento, foram descritas mais de 1500 espécies, distribuídas em 7 superfamílias e 17 famílias (Martin & Davis, 2001 ; McLaughlin *et al.*, 007), sendo registradas mais de 100 espécies para a costa brasileira (Melo, 1999). Este grupo constitui um importante componente das comunidades de ambientes intertidais, assim como sublitorais devido aos papéis fundamentais nas teias tróficas das quais participam (Negreiros - Fransozo *et al.*, 977).

A costa norte do Estado de São Paulo tem sido foco de muitos estudos sobre anomuros dos sublitoral não consolidado no Brasil. Iniciando - se com Hebling *et al.*, (1994), que investigaram a ocorrência de anomuros na reserva marinha da Ilha Anchieta, uma série de estudos analisaram a ocorrência e distribuição sazonal de anomuros na região de Ubatuba (Negreiros - Fransozo *et al.*, 1997, Fransozo *et al.*, 998, Meireles *et al.*, n press). Finalmente, Fransozo *et al.*, (2008) estudaram aspectos ecológicos da distribuição batimétrica dos caranguejos ermitões.

Apesar do importante papel ecológico dos anomuros, pouco é conhecido acerca dos fatores ambientais subjacentes à sua distribuição. Em geral, padrões de distribuição de crustáceos decápodos bentônicos são influenciados pela estrutura física, química e biológica dos sedimentos, com considerável variação no tempo e no espaço (Lenihan & Micheli, 2001), no entanto, ainda não está claro até que ponto tais generalizações podem ser feitas em relação aos anomura. Este entendimento é essencial, particularmente devido ao incremento das influências antrópicas sobre a diversidade marinha, as quais incluem destruição de habitats, eutrofização, despejo de compostos tóxicos, introdução de espécies exóticas e atividades pesqueiras (Norse, 1993).

A situação da costa norte do estado de São Paulo tem se agravado com o aumento do turismo e da urbanização (Burone & Pires - Vanin, 2006), assim como pela intensa pesca de camarões penaeídeos (Castilho *et al.*, 008). As populações de Anomura são especialmente impactadas pelos petrechos da pesca camaroneira, uma vez que as espécies alvo ocorrem nas mesmas áreas de fundos não consolidados ocupadas por uma grande diversidade de anomuros, os quais não têm possibilidade de escape quando as redes são arrastadas.

OBJETIVOS

Neste estudo os principais objetivos foram: (1) investigar a composição, abundância e distribuição espacial dos crustáceos anomuros em três enseadas no litoral norte do estado de São Paulo, Brasil; (2) analisar a influência dos parâmetros ambientais sobre a distribuição espaço - temporal das espécies estudadas utilizando métodos de estatística multivariada.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostragem: amostras mensais foram obtidas entre janeiro de 1998 e dezembro de 1999 nas enseadas de Ubatumirim, Ubatuba e Mar Virado (estas enseadas serão referidas como UBM, UBA e MV, respectivamente), litoral norte do estado de São Paulo, Brasil. Seis transectos foram definidos em cada enseada, sendo 4 nas profundidades de 20, 15, 10 e 5m (transectos I, II, III e IV, respectivamente), e dois próximos aos costões rochosos sendo um na face norte (transecto V) e outro na face sul (transecto VI) de cada enseada. As amostras foram coletadas com um barco camaroneiro equipado com redes *double - rig*. Em cada transecto os arrastos tiveram duração de 30 minutos, amostrando uma área de aproximadamente 18000 m².

Fatores abióticos: salinidade (%) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) foram registradas para amostras de água de superfície e de fundo obtidas com garrafa de Nansen no ponto médio de cada transecto. A profundidade foi registrada com ecobatímetro acoplado a GPS. Amostras de substrato foram coletadas em cada transecto usando um pegador de Van Veen (área: 0,06 m²). Medidas de tendência central (\bar{x}) foram utilizadas para determinar quais as frações granulométricas mais frequentes no sedimento, baseado em suas porcentagens em cada transecto. Todos os procedimentos para análise de granulometria e teor de matéria orgânica do substrato foram realizados seguindo os protocolos propostos por Hakanson & Jansson (1983) e Tucker (1988).

Índices ecológicos e análise estatística: os valores de diversidade (H') e equitabilidade (J') foram calculados para cada transecto utilizando - se os índices de Shannon - Wiener (Krebs, 1989). A estrutura das comunidades de anomuros e as influências das condições abióticas foram caracterizadas usando - se métodos multivariados de análise. Espécies raras (aquelas com ocorrência inferior a 3% das amostras) foram omitidas das análises e os dados foram transformados (raiz quadrada) para reduzir a importância de espécies muito comuns. O grau de similaridade entre os transectos e entre espécies foi avaliado por meio de análise de agrupamento (cluster) usando - se o índice de Bray - Curtis (Bloom, 1981) e o método de ligação UPGMA (unweighted - pair group averaging). A matriz de similaridade foi comparada com a matriz cofenética para determinar a extensão da distorção dos dados no processo de agrupamento. A estrutura das comunidades de anomuros nos locais estudados foi explorada usando NMDS (Non - Metric Multidimensional Scaling) baseado na matriz de similaridade de Bray - Curtis. Finalmente, as relações entre os parâmetros ambientais e os padrões de abundância das espécies de anomuros foram testadas usando CCA (Análise de Correspondência Canônica). Esta é uma técnica robusta para identificação de relações explícitas entre a ordenação de uma matriz de espécies e as variáveis ambientais (Palmer, 1993). A CCA é baseada na premissa de que a abundância de uma espécie é uma função unimodal simétrica de sua posição ao longo de um gradiente ambiental. (Ter Braak, 1986).

RESULTADOS

Durante os 24 meses de amostragem foram coletados 6357 espécimes de anomuros, representando 16 espécies e 4 famílias. A abundância de indivíduos diferiu entre as enseadas, sendo maior na enseada de UBA (n=3056), seguida por UBM (n=1666) e MV (n=1634). *Dardanus insignis* (de Saussure, 1858) foi a espécie mais abundante nas enseadas de UBA e UBM, enquanto na enseada de MV a abundância de *Loxopagurus loxocheles* (Moreira, 1901) foi ligeiramente maior.

Os menores valores médios e mínimos para temperatura de fundo foram registrados na primavera, com decréscimo marcante em 1999. As menores discrepâncias entre valores das temperaturas de superfície e de fundo foram observadas nos meses de outono e inverno. Analisando as três enseadas, simultaneamente, os transectos I e II (20 e 15m, respectivamente) mostraram os valores mais baixos de , conteúdo

de silte e argila, e matéria orgânica. Os valores mais elevados destes parâmetros foram observados nos transectos III e IV (10 e 5m, respectivamente). A maior abundância total foi observada no transecto I (20m), seguido pelos transectos V e VI. As espécies *D. insignis*, *L. loxocheles* e *Porcellana sayana* (Leach, 1820) foram as mais abundantes em todos estes transectos.

O número de espécies também variou entre os transectos, com o transecto V mostrando maior riqueza, tanto em UBM quanto em UBA. Na enseada do MV os transectos com maior riqueza foram II, V e VI, todos com 6 espécies. Nestes transectos observam - se valores de iguais ou superiores a 4,0, bem como porcentagem de lama (silte + argila) variando de moderado (22,2%, V, UBM) a alto (79,7%, V, MV). Os valores de diversidade (H') foram maiores em UBM, nos transectos próximos a costões rochosos (V e VI). Os transectos com menores valores de diversidade foram V em UBA e IV e V em MV.

As espécies *Paguristes robustus* Forest & Saint Laurent, 1967, *Paguristes tortugae* Schmitt, 1933, *Pagurus criniticornis* (Dana, 1852), *Pagurus leptonyx* Forest & Saint Laurent, 1967, *Albunea paretii* Guérin - Menéville, 1853 e *Pisidia brasiliensis* Haig in Rodrigues da Costa, 1968 apresentaram frequência de ocorrência inferior a 3% e, portanto, foram excluídas das análises multivariadas. Os coeficientes de correlação cofenética foram elevados (0,91 e 0,81 para os transectos e espécies, respectivamente), indicando distorção mínima durante os processos de agrupamento. Nenhum padrão de classificação foi observado para os transectos em função de profundidade, enseada ou posição na enseada (norte/sul), observa - se uma ampla sobreposição entre estas categorias. Estes resultados foram confirmados pelo NMDS, o qual não detectou qualquer padrão óbvio no eixo 1. Por outro lado, o eixo 2 evidenciou separação entre o grupo dos transectos I, II e III (com valores negativos) e o grupo que inclui os transectos V e VI (com valores positivos). Curiosamente, os transectos IV posicionaram - se distantes do eixo 2. É importante salientar que o "stress" calculado no NMDS foi 0,08 indicando uma boa confiabilidade dos resultados.

A correlação espécies - ambiente para o primeiro eixo foi 0,62, indicando que uma quantidade moderada de variação na composição de espécies é explicada pelas variáveis ambientais. Os dois principais grupos de espécies identificados na análise de agrupamento foram nitidamente discriminados ao longo do primeiro eixo da CCA.

DISCUSSÃO

Na enseada de UBA foram registrados os maiores valores de abundância (3056 indivíduos), além de maior riqueza (13 espécies). Isto pode estar relacionado a diversos fatores entre eles o fato de Ubatuba ser uma região mais abrigada em relação aos movimentos das massas d'água e apresentar um contorno mais complexo da linha de costa. A distribuição espacial de *D. insignis* pode ter sido influenciada especialmente pela temperatura de fundo e pela profundidade, como observado nos resultados da CCA. O ermitão *D. insignis* foi mais abundante nos transectos mais profundos (20m), do mesmo modo como encontrado por Fransozo *et al.*, (2008) para *L. loxocheles* e *Pagurus exilis* (Benedict, 1892). As capturas elevadas tanto de *D. insignis* como *L. loxocheles* nos transectos próximos aos costões rochosos, em especial

da primeira espécie no transecto V, desperta atenção para a busca de respostas sobre quais combinações de fatores podem ser comuns entre estas áreas costeiras e as regiões mais profundas. As características do sedimento, por exemplo, são semelhantes entre os transectos I e VI de UBM e MV, nos quais *L. loxocheles* foi mais abundante, com mistura das três classes granulométricas e predominância de areia fina e muito fina e silte+argila. No entanto, a comparação dos transectos I e V de UBM e UBA indica uma discrepância considerável em relação às características do sedimento, com nítida predominância de frações granulométricas mais grossas (classe A) no transecto I de UBM e ausência destas frações no transecto V de UBA, onde predominou a mistura das classes B (areia fina e muito fina) e C (silte+argila). Desta forma, o uso das características do sedimento para o entendimento dos padrões de distribuição espacial seria mais aceitável para *L. loxocheles* que para *D. insignis*. De fato, a análise dos resultados da CCA (figura 7) mostra *L. loxocheles* mais intimamente relacionado à phi e matéria orgânica e *D. insignis* mais intimamente relacionado à temperatura e profundidade. Bertini *et al.*, (2004) relataram maiores abundâncias de *L. loxocheles* entre 20 e 25m, em locais com predominância de areia muito fina, favorável ao hábito de se enterrar, característico da espécie. A elevada abundância de *D. insignis* e *L. loxocheles* foi previamente registrada por Hebling *et al.*, (1994), Negreiros - Fransozo *et al.*, (1997) e Fransozo *et al.*, (1998) em estudos realizados na Ilha Anchieta, enseada de Fortaleza e de Ubatuba, respectivamente.

Nas baías de Ubatumirim e Mar Virado obtiveram - se os maiores valores de H' nos transectos IV, concordando com alguns estudos prévios na região de Ubatuba (Hebling *et al.*, 1994; Negreiros - Fransozo *et al.*, 1997 e Fransozo *et al.*, 1998) que indicaram uma maior diversidade de anomuros para locais próximos a praias rochosas. A maior diversidade de espécies ao longo destes transectos pode ser resultado da proximidade com a costa, uma área provavelmente mais abrigada e rica em alimento. No entanto, na baía de UBA os maiores valores de diversidade foram registrados no transecto II (15 m) e os menores valores no transecto V. De modo geral, nas três enseadas as maiores diversidades ocorreram em transectos com certa heterogeneidade em relação à textura do substrato, enquanto as menores diversidades, principalmente nas baías de UBA e MV, foram observadas em transectos com fundos mais homogêneos, onde as frações granulométricas maiores foram quase inexistentes (transectos V - UBA e IV - MV). A presença de diferentes tipos de substratos pode permitir a coexistência de várias espécies, por meio da partilha diferencial de espaço. Wenner *et al.*, (1983) e Abelló *et al.*, (1988) afirmaram que locais com sedimentos heterogêneos suportam maior diversidade, devido a uma ampla variedade de microhabitats formados dentro do substrato. Algumas espécies foram capturadas acidentalmente pelas redes, por exemplo, *Albunea paretii*, espécie registrada apenas uma vez e que, geralmente, habita a região de arrebentação.

Porcellana sayana foi a terceira espécie mais abundante obtida no presente estudo, assim como observado previamente por Fransozo *et al.*, (1998). A abundância desta espécie pode estar intimamente relacionada à presença de

D. insignis e *Petrochirus diogenes* (Linnaeus, 1758), explicando a elevada abundância deste porcelanídeo. Meireles *et al.*, (in press.) em coletas realizadas de julho de 2001 a junho de 2003 concluíram que 96,6% dos espécimes de *P. sayana* capturados estavam em conchas ocupadas por *D. insignis* e apenas 3,4% em conchas vazias.

A espécie *Minyocerus angustus* (Dana, 1852) apresentou um resultado interessante na CCA, localizando - se nos extremos positivo do eixo 1 e negativo do eixo 2, sem qualquer relação aparente com outras espécies ou com os fatores ambientais analisados. Este fato justifica - se porque, do mesmo modo como *Minyocerus kirki* Glassell, 1938 do Oceano Pacífico, *M. angustus* é um comensal obrigatório de echinodermos, especialmente de espécies do gênero *Luidia* (Asteroidea) e de uns poucos gêneros de Ophiuroidea (Haig, 1960; Werding, 1983). Sua ocorrência, portanto, estaria associada aos padrões de distribuição de seus hospedeiros, não sofrendo influência direta dos mesmos fatores ambientais que determinam os padrões de distribuição e abundância das espécies de crustáceos errantes.

CONCLUSÃO

Estes resultados permitem inferir que, embora as regiões estudadas sejam extensivamente exploradas comercialmente, elas constituem locais importantes de assentamento, colonização e sobrevivência de muitas espécies de anomuros, corroborando com os resultados apresentados recentemente por Fransozo *et al.*, (2008). Visto a importância desta região, as informações aqui apresentadas podem contribuir para o estabelecimento de possíveis estratégias de monitoramento e manejo, fundamentais do ponto de vista da conservação das populações de anomuros, visto que a área abriga uma parcela considerável (34%) do total de espécies registradas para a costa brasileira.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo suporte financeiro e a todos os membros do NEBECC (Núcleo de Estudos em Biologia, Ecologia e Cultivo de Crustáceos) pela colaboração durante os procedimentos de campo e de laboratório.

REFERÊNCIAS

- Abello, P.; Valladades, F.J. & Castellon, A. 1988 Analysis of the structure of decapod crustacean assemblages off the catalan coast (North - West Mediterranean) Marine Biology 98(1): 39 - 49.
- Bloom, S.A. 1981. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. Marine Ecology Progress Series 5: 125 - 128.
- Burone, L. & Pires - Vanin, A.M.S. 2006. Foraminiferal assemblages in Ubatuba Bay, South - Eastern Brazilian coast. Scientia Marina, 70(2): 203 - 217.
- Castilho, A.L.; PIE, M.R.; Fransozo, A.; Pinheiro, A.P. & Costa, R.C. 2008. The relationship between environmental variation and species abundance in shrimp commu-

- nity (Crustacea: Decapoda: Penaeoidea) in south - eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88 (1): 119 - 123.
- Fransozo, A.; Bertini, G.; Braga, A.A. & Negreiros - Fransozo, M.L. 2008. Ecological aspects of hermit crabs (Crustácea, Anomura, Paguroidea) off the northern coast of São Paulo State Brazil. *Aquatatic ecology* 42:437 - 448.
- Fransozo, A.; Mantelatto, F. L. M.; Bertini, G.; Fernandes - Góes, L. C. & Martinelli, J. M. 1998. Distribution and assemblages of anomuran crustaceans in Ubatuba Bay, North coast of São Paulo State, Brazil. *Acta Biologica Venezuelica* 18 (4): 17 - 25.
- Haig, J. 1960. The porcellanidae (Crustácea, Anomura) of the eastern Pacific. *Allan Hancock pacific Expeditions*, 24:1 - 440.
- Hakason, L. & Jansson, M. 1983. *Principles of lake sedimentology*. Springer - Verlag, Germany, 315 p.
- Hebling, N.J.; Mantelatto, F.L.M.; Negreiros - Fransozo, M.L. & Fransozo, A. 1994. Levantamento e distribuição de braquiúros e anomuros (Crustacea, Decapoda) from the sublitoral sediments of Anchieta Island Region, Ubatuba (SP). *Boletim do Instituto de Pesca* 21 (único): 1 - 9.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. New York, Harper & Row, 654p.
- Lenihan, H.S. & Micheli, F. 2001. Soft - sediment communities. In: Bertness, M.D., Gaines, S.D. e Hay, M.E. (eds). *Sinauer Associate, Inc. Sunderland, Massachusetts*, 10: 253 - 288.
- Martin, J.W. & Davis, G.E. An updated classification of the recent Crustacea. Los Angeles: Science Series 39, Natural History Museum of Los Angeles Country, 2001. 124p.
- Mclaughlin, P.A.; Lemaitre, R. & Sorhannus, U. 2007. Hermit crabs phylogeny: a reappraisal and its "fall - out". *Journal of Crustacean Biology* 27 (1): 97 - 115.
- Meireles, A.L.; Biagi, R.; Fransozo, A. & Mantelatto, F.L. in press. Os ermitões (Crustacea, Anomura). In: Amaral, A.C.Z. & Nalin, S.A.H. (Orgs.). *Biodiversidade e ecossistemas Bentônicos marinhos do litoral norte de São Paulo-Sudeste do Brasil*. Ed. Unicamp.
- MELO, G.A.S. 1999. *Manual de identificação dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea e Astacidea*. São Paulo, Editora Plêiade, 551p.
- Negreiros - Fransozo, M.L.; Fransozo, A.; Mantelatto, F.L.M.; Pinheiro, M.A.A. & Santos, S. 1997. Anomuran species (Crustacea, Decapoda) and their ecological distribution at Fortaleza Bay sublittoral, Ubatuba, São Paulo, Brazil. *Iheringia, Série Zoologia* (83): 187 - 194.
- Norse, E.A. (ed.) 1993. *Global Marine Biological Diversity Strategy. Building Conservation into Decision Making*. Center for marine Conservation, Washington, DC.
- Palmer, M.W. 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology* 74: 2215 - 30.
- Ter Braak, C.J.F. 1986. Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. *Ecology* 67: 1167 - 1179.
- Tucker, M. 1988. *Techniques in sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, London, UK, 394 p.
- Wenner, E.L.; Knott, D.M.; Van Dolah, R.F. & V.G. Burrell. 1983. Invertebrate communities associated with hard bottom habitats in the South Atlantic Bight. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 17(2): 143 - 158.
- Werding, B. 1983. Kommensalische Porzellaniden aus der Karibik (decapoda, Anomura). *Crustaceana*, 45:1 - 14.