

Metodologia

O uso de atributos das assembléias de peixes
para avaliar a integridade biótica em hábitats rasos das
Baías de Antonina e Paranaguá, Paraná

The use of fish assemblage attributes
to evaluate biotic integrity in shallow areas of
Antonina and Paranaguá Bays, Paraná

MARCELO EDUARDO BARRIL OTERO¹

HENRY LOUIS SPACH¹

HELEN AUDREY PICHLER^{1,2}

GUILHERME MAC LAREN NOGUEIRA DE QUEIROZ^{1,3}

CESAR SANTOS^{1,2}

& ANDRÉ LUIZ CAMPOS DA SILVA¹

Várias atividades humanas como o represamento de águas continentais para irrigação, dragagens, supressão de áreas de manguezais, construção de marinas e canais artificiais, podem afetar radicalmente a integridade de ambientes estuarinos e, por conseqüência, a ictiofauna que depende deste. Atividades industriais, portuárias e agrícolas também afetam aos peixes, principalmente através de poluição da água e do sedimento por uma variedade de efluentes tais como pesticidas, óleos e traços de metais (BLABER, 2000).

As ações antropogênicas podem ter uma influência direta nos recursos alimentares, distribuição, diversidade, reprodução, abundância, crescimento, sobrevivência e comportamento tanto das espécies de peixes residentes quanto das migratórias. A relação direta e indireta entre as comunidades ictiofaunísticas e os impactos humanos nos estuários reforçam a escolha deste grupo taxonômico como um indicador biológico que pode auxiliar na formulação de objetivos e padrões de qualidade ambiental e ecológica, fundamentais para o gerenciamento adequado desses sistemas.

¹ Laboratório de Biologia de Peixes (CEM da Universidade Federal do Paraná) — E-mail: henry@ufpr.br; ² Pós-Graduação em Zoologia; ³ Pós-Graduação em Ecologia e Conservação (Setor de Ciências Biológicas, UFPR) (Setor de Ciências Biológicas, UFPR) — Curitiba, PR, Brasil.

Neste sentido, este trabalho procurou identificar alterações em atributos da ictiofauna que pudessem refletir impactos antropogênicos ao longo de uma área com diferentes níveis de ocupação humana.

MATERIAL E MÉTODOS

COLETAS

As assembléias de peixes foram coletadas no período de abril de 2000 a março de 2001, em seis áreas entre marés, cada duas áreas localizadas em diferentes setores do Complexo Estuarino da Baía de Paranaguá, assim distribuídas: áreas 1 e 2 no setor 1; 3 e 4 no setor 2; e 5 e 6 no setor 3 (Fig.1). Em cada área, foram realizados 2 arrastos mensais, na baixamar de quadratura, com uma rede tipo picaré com 30,0 m x 2,0 m e 0,5 cm de malhagem entre nós adjacentes e saco com 2 m de comprimento.

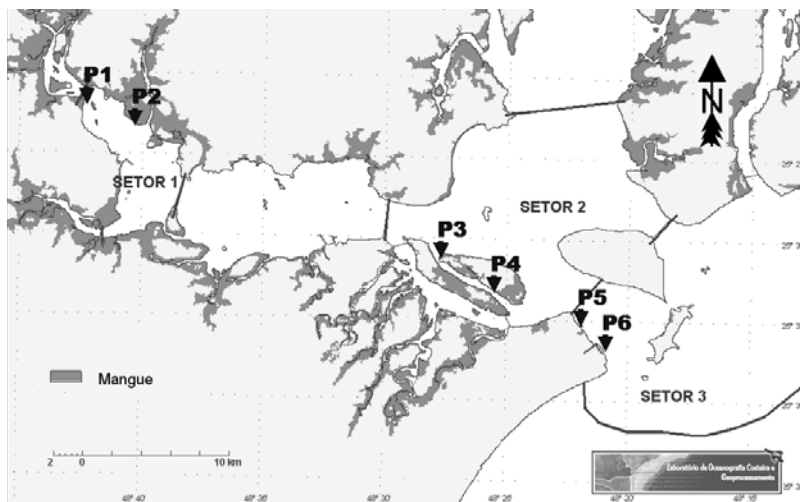


Fig. 1. Mapa do eixo leste-oeste do complexo estuarino de Paranaguá mostrando os seis pontos de coleta.

ANÁLISE DOS DADOS

Para identificar alterações nos padrões de variação espacial e temporal da ictiofauna foi feita análise de variância bifatorial (ANOVA) avaliando o efeito espaço-temporal sobre o Índice de Diversidade de Shannon-Wiener. Foram plotadas as curvas de porcentagem cumulativa de abundância por espécies ordenadas (K-dominância) comparando os três setores ao longo dos doze meses de coleta, buscando identificar possíveis alterações ambientais através do padrão de dominância das espécies. As

curvas de porcentagem cumulativa de abundância e biomassa por espécie ordenada (ABC), que relacionam a sobreposição da curva de abundância sobre a curva de biomassa com degradação ambiental, juntamente com a estatística W, que consiste numa sumarização numérica da curva ABC, foram plotadas para cada setor ao longo dos doze meses de coleta. Finalmente, foram aplicados o método de ordenamento MDS, e análise de similaridades (ANOSIM) para identificar grupos de arrastos realizados em cada setor ao longo dos doze meses de coleta (CLARKE & WARWICK, 1994).

RESULTADOS

ÍNDICE UNIVARIADO

Observa-se que o índice de Diversidade de Shannon-Wiener no setor 1 segue um padrão sazonal com médias menores nos meses de setembro e outubro, e maiores em meados do verão e início do outono. Os setores 2 e 3 não apresentam nenhum padrão de variação definido. Houve diferença entre os setores nos meses de setembro, quando o setor 1 apresentou média menor em relação aos setores 2 e 3; no mês de outubro, com uma média menor no setor 1 em comparação ao setor 2; e no mês de dezembro, quando a média foi menor no setor 2 comparado ao 3 (Fig. 2).

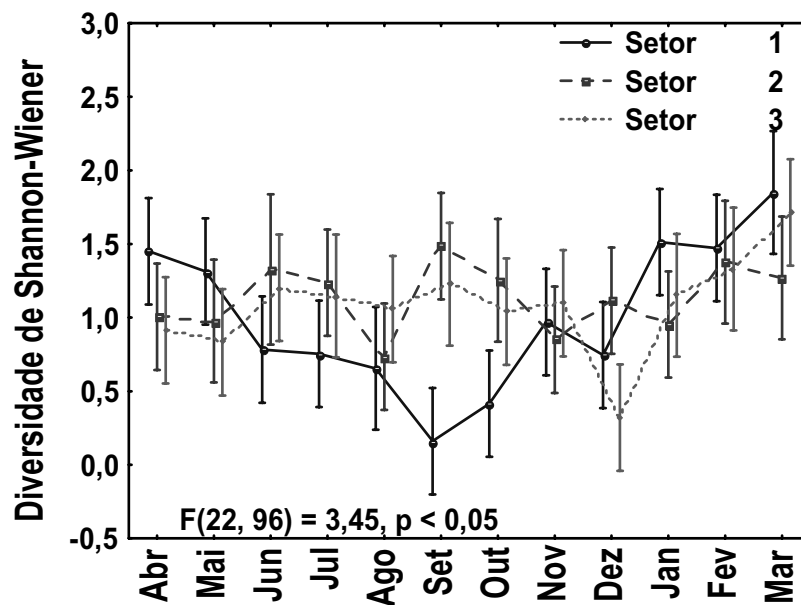


Fig. 2 . Gráfico da análise de variância bifatorial avaliando o efeito espacial e temporal sobre o Índice de Diversidade de Shannon-Wiener.

CURVAS DE K-DOMINÂNCIA

As curvas de K-dominância do setor 1 seguem um padrão de variação sazonal com dominância pronunciada no período de junho até outubro, dominância menos pronunciada nos meses de maio, novembro e dezembro, e curvas amenas nos meses de abril, janeiro, fevereiro e março. A dominância do setor 1 foi maior no período de junho a outubro com relação aos setores 2 e 3, e menor nos meses de abril e janeiro. A maior dominância no setor 1 esteve relacionada diretamente a captura de agregados de *Anchoa parva* (Meek & Hildebrand) em junho e julho, e de *Ctenogobius shufeldti* (Jordan & Eigenmann) em agosto, setembro e outubro. As curvas do setor 2 não apresentam um padrão sazonal definido. Observou-se maior dominância neste setor nos meses de julho, novembro, dezembro, janeiro e março, com uma dominância menos acentuada nos meses de abril, maio, setembro e fevereiro, e uma quase ausência de dominância nos meses de junho, agosto e outubro. Em relação aos setores 1 e 3 a dominância do setor 2 foi maior em novembro, dezembro, fevereiro e março, e menor em julho, agosto e outubro. A maior dominância deste setor foi devida a captura de grandes agregados de *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard). As curvas do setor 3 também não apresentaram um padrão sazonal, mostrando dominância evidente nos meses de abril, julho e janeiro, dominância menor em maio, agosto, outubro e fevereiro, e ausência de dominância nos meses de junho, setembro, novembro, dezembro e março. Comparado aos setores 1 e 2, a dominância do setor 3 foi maior nos meses de abril e janeiro, e menor em junho, setembro, novembro, dezembro e março. Neste setor a dominância pronunciada foi devida a captura de *Harengula clupeiola* (Cuvier) em abril, e de *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) em julho e janeiro (Fig. 3).

CURVAS DE ABUNDÂNCIA E BIOMASSA (ABC)

As curvas ABC do setor 1 mostram que na maior parte dos meses a curva de abundância supera a de biomassa. Esta posição mais elevada é bastante evidente nos meses de maio e outubro ($w < 0$). Nos meses de junho, julho, setembro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro a curva de abundância está acima da curva de biomassa para a maior parte das espécies ranqueadas ($w < 0$). A curva de biomassa supera a de abundância somente nos meses de abril e agosto ($w > 0$). No mês de março as duas curvas coincidiram praticamente em todas as espécies ranqueadas (Fig. 4).

As curvas ABC para o setor 2 mostram as curvas de abundância em posição mais elevada em relação à de biomassa em 7 dos 12 meses

amostrados. Esta posição é bem evidente somente no mês de março ($w < 0$). Nos meses de abril, maio, outubro, janeiro e fevereiro aquela posição da curva de abundância sobre a curva de biomassa já não é tão evidente ($w < 0$). Neste setor a curva de biomassa supera a de abundância nos meses de junho, julho, agosto, setembro e novembro ($w > 0$). Em dezembro houve sobreposição das curvas (Fig. 5).

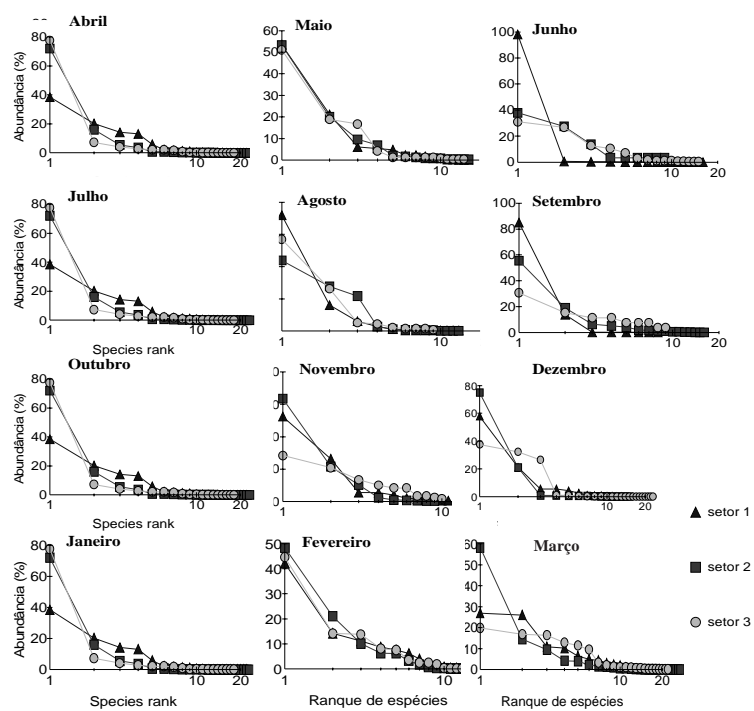


Fig. 3. Curvas de K-dominância para os 12 meses de coleta baseadas nos dados de abundância das espécies capturadas nos setores 1, 2 e 3.

No setor 3 as curvas de abundância estão sobre as de biomassa em 6 dos 12 meses amostrados. Essa posição é bastante evidente nos meses de maio e dezembro ($w < 0$). Nos meses de abril, agosto, janeiro e fevereiro essa posição da curva de abundância sobre a curva de biomassa é menos evidente ($w < 0$). A curva de biomassa supera a de abundância somente nos meses de julho, setembro, novembro e março ($w > 0$). Em outubro e junho as curvas de abundância e de biomassa coincidiram praticamente em todas as espécies ranqueadas (Fig. 6).

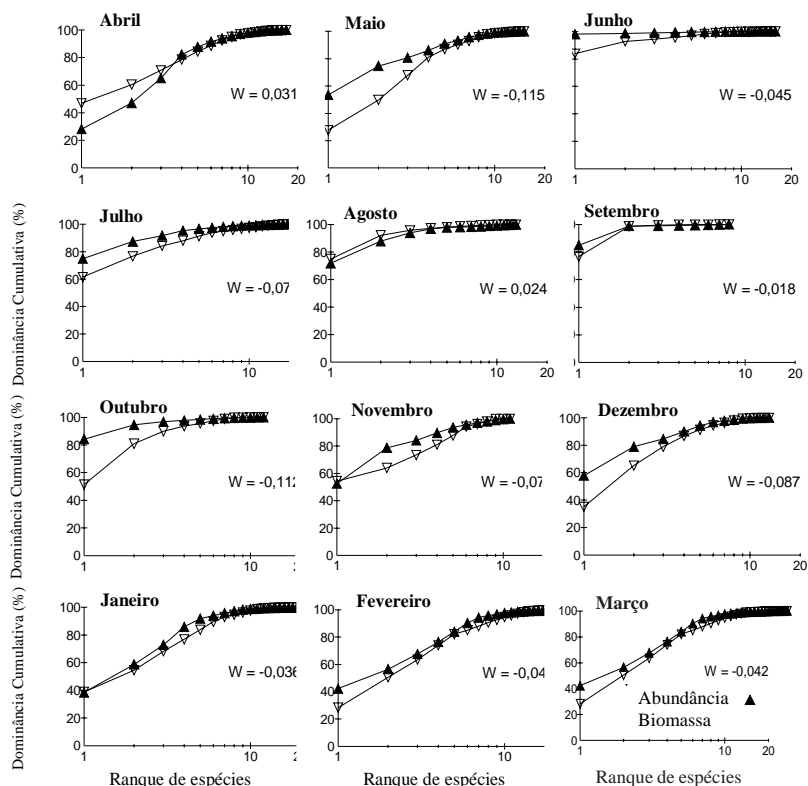


Fig. 4. Curvas de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os 12 meses de coleta baseadas nos dde abundância e biomassa das espécies capturadas no setor 1.

MÉTODO DE ORDENAMENTO MDS

Observando os gráficos do MDS e os resultados do ANOSIM pareado entre setores, constata-se que nos meses de abril, agosto, setembro, novembro e dezembro os setores formaram grupos distintos entre si. Nos meses de maio, julho, janeiro e fevereiro somente o setor 1 formou um grupo distinto dos setores 2 e 3. Em junho e outubro observa-se diferença apenas entre a captura do setor 1 em relação ao setor 3, mas nenhum grupo pode ser formado entre os distintos setores. Somente no mês de março não houve diferença entre as capturas dos diferentes setores, não sendo possível formar grupos entre estes. Ficou evidente que o setor 1 é o que mais difere dos demais ao longo dos doze meses de coleta,

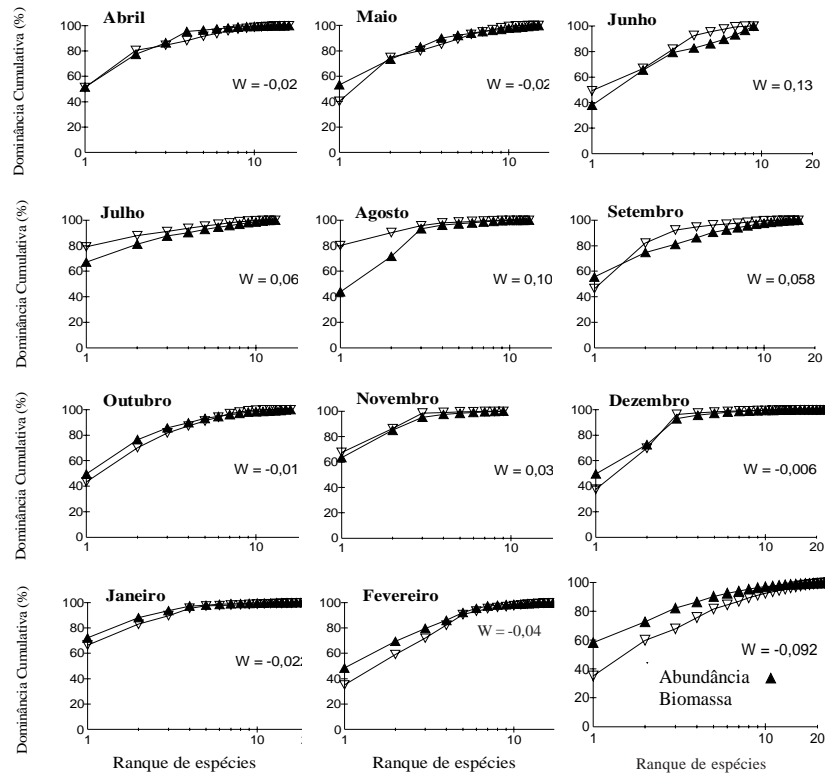


Fig. 5. Curvas de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os 12 meses de coleta baseadas nos dados de abundância e biomassa das espécies capturadas no setor 2

principalmente em relação ao setor 3, e pelo ANOSIM através da estatística R observa-se a maior similaridade das amostras deste setor quando comparadas às demais. Já entre os setores 2 e 3, mesmo nos 5 meses em que foi observada pelo ANOSIM diferença a um nível de significância < 5%, em três daqueles meses a estatística R apresentou valores menores do que 0,5, demonstrando uma maior dispersão entre as amostras destes setores (Tabela 1, Fig. 7).

DISCUSSÃO

Segundo BLABER (2000), mortalidades em massa de peixes não são eventos raros em estuários. Em alguns casos esses podem ser resultado de fenômenos naturais, em outros as causas podem ser naturais mas resultantes de atividades humanas, e ainda alguns podem ser resultado direto da depreciação da integridade desses ambientes.

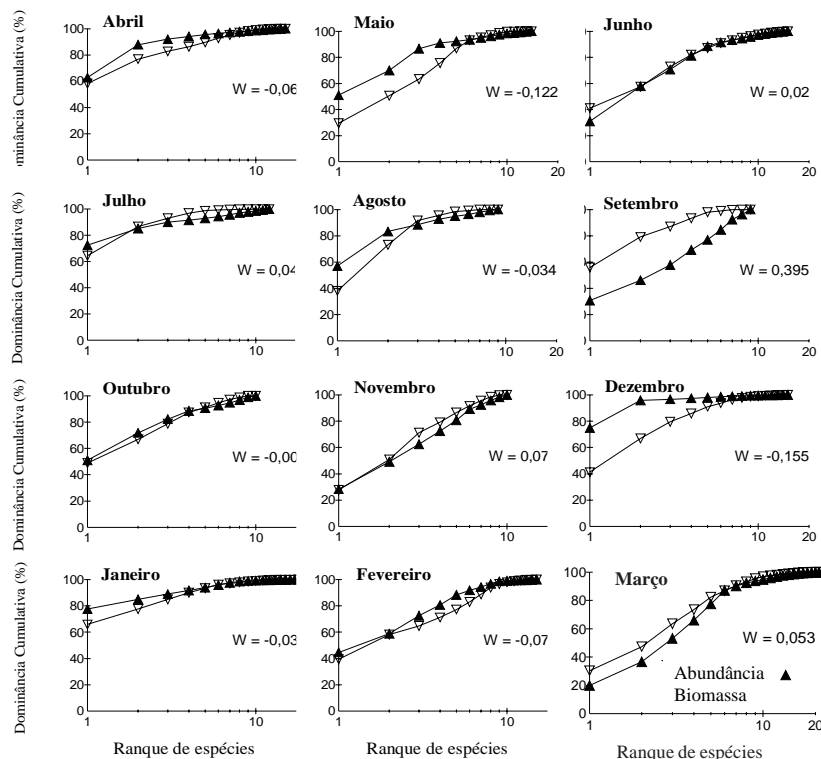


Fig. 6. Curvas de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os 12 meses de coleta baseadas nos dados de abundância e biomassa das espécies capturadas no setor 3

No presente estudo a primeira das três metodologias diferentes, que foram aplicadas no intuito de identificar alterações não naturais nos padrões de variação da ictiofauna, consiste no uso de índices univariados como riqueza de espécies, equabilidade e o índice de diversidade (utilizado neste estudo). Geralmente se relaciona agressão à integridade ambiental, com decréscimo de diversidade, riqueza de espécies e equitabilidade, em consequência do aumento na dominância de espécies oportunistas. No entanto, teorias sobre a influência de distúrbios não naturais na diversidade sugerem que em situações de estresse mínimo, a diversidade diminui devido à exclusão causada pela competição interespecífica. Com o aumento dos níveis ou frequência dos distúrbios, a competição é reduzida resultando em um aumento da diversidade, até que, grandes aumentos nos níveis ou frequência dos distúrbios passem a eliminar as espécies por estresse elevado, levando novamente a uma diminuição na diversidade. Então, é em situações intermediárias de integridade ambiental onde são

Tabela 1. Análise de similaridade (ANOSIM) pareada entre os setores 1, 2 e 3, baseada nos dados de abundância das espécies capturadas nestes durante os doze meses de coleta.

Mês	Setores	significância	R	Mês	Setores	significância	R
Abril	1 x 2	< 5%	0,74	Outubro	1 x 2	> 5%	-
	1 x 3	< 5%	0,906		1 x 3	< 5%	0,615
	2 x 3	< 5%	0,448		2 x 3	> 5%	-
Maio	1 x 2	< 5%	0,537	Novembro	1 x 2	< 5%	0,885
	1 x 3	< 5%	0,63		1 x 3	< 5%	0,406
	2 x 3	> 5%	-		2 x 3	< 5%	0,365
Junho	1 x 2	> 5%	-	Dezembro	1 x 2	< 5%	0,615
	1 x 3	< 5%	0,583		1 x 3	< 5%	0,802
	2 x 3	> 5%	-		2 x 3	< 5%	0,823
Julho	1 x 2	< 5%	0,688	Janeiro	1 x 2	< 5%	1
	1 x 3	< 5%	0,49		1 x 3	< 5%	0,889
	2 x 3	> 5%	-		2 x 3	> 5%	-
Agosto	1 x 2	< 5%	0,611	Fevereiro	1 x 2	< 5%	0,963
	1 x 3	< 5%	0,685		1 x 3	< 5%	0,889
	2 x 3	< 5%	0,698		2 x 3	> 5%	-
Setembro	1 x 2	< 5%	0,417	Março	1 x 2	> 5%	-
	1 x 3	< 5%	0,51		1 x 3	> 5%	-
	2 x 3	< 5%	0,458		2 x 3	> 5%	-

observados os maiores níveis de diversidade (CONNELL, 1978; HUSTON, 1979). Neste estudo, não foi possível relacionar aumento ou decréscimo de diversidade com o nível de integridade do ambiente, uma vez que não se conhece a variabilidade desta diversidade na ausência de distúrbios antropogênicos. Também seria necessária uma escala de tempo maior do que a utilizada no presente trabalho, para observar aumento ou decréscimo na diversidade. Um programa de monitoramento mais extenso possibilita uma melhor avaliação das mudanças na estrutura e para a compreensão dos fatores que contribuem para estas mudanças.

A segunda metodologia aplicada propõe o uso de representações gráficas da distribuição da dominância em abundância e biomassa entre espécies ranqueadas, extraindo informações sobre os padrões de dominância das espécies, sem reduzir essa informação a uma estatística sumaria, como os índices univariados (CLARKE & WARWICK, 1994). A lógica por trás do uso das curvas de K-dominância, para avaliar o efeito de perturbações sobre o ecossistema, consiste em que espécies tolerantes passam a ocorrer em número muito elevado em relação a espécies não tolerantes, que ocorrem raramente quando diante de estresse ambiental.

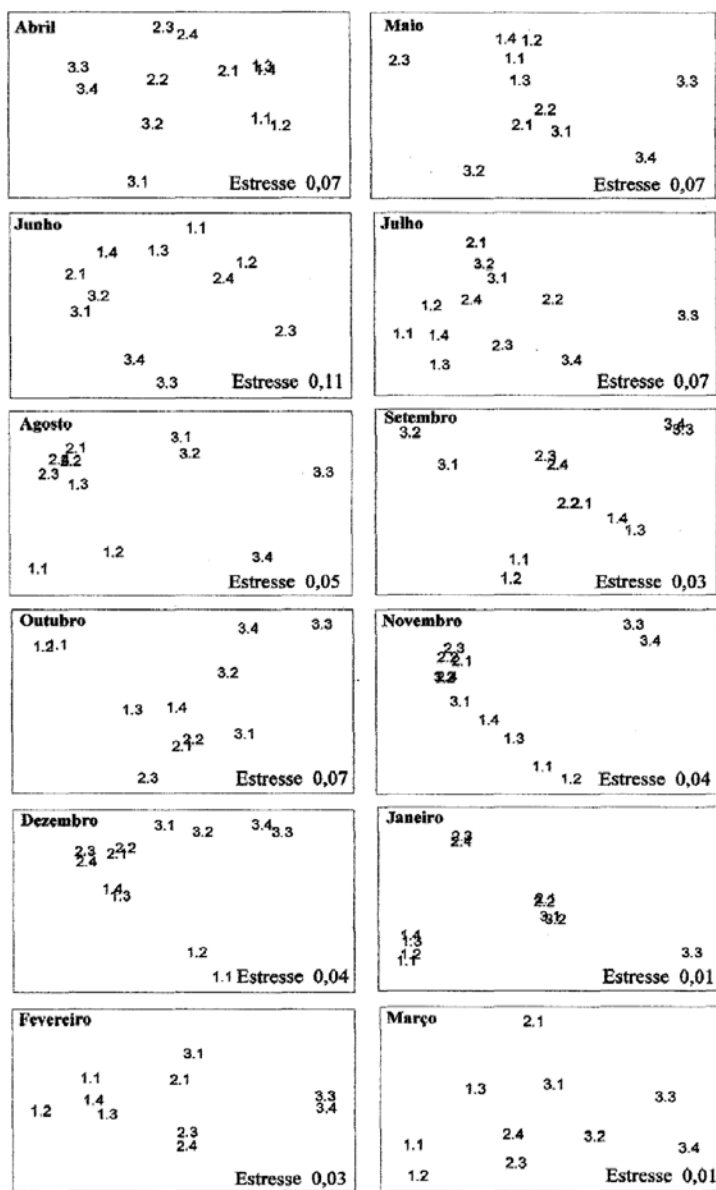


Fig. 7. Análise de ordenamento pelo método de mds para os 12 meses de coleta baseada nos dados de abundância das espécies capturadas no setor 1 (1.1=ponto 1-Arrasto 1; 1.2=Ponto 1-Arrasto 2; 1.3=Ponto 2-Arrasto 1; 1.4=Ponto 2-Arrasto 2); setor 2 (2.1=Ponto 3-Arrasto 1; 2.2=Ponto 3-Arrasto 2; 2.3=Ponto 4-Arrasto 1; 2.4=Ponto 4-Arrasto 2); e setor 3 (3.1=Ponto 5-Arrasto 1; 3.2=Ponto 5-Arrasto 2; 3.3=Ponto 6-Arrasto 1; 3.4=Ponto 6-Arrasto 2).

No entanto, BIANCHI *et al.*, 2000 que investigou a influência da pesca nos padrões de dominância e diversidade da ictiofauna, observou que é sob pressão elevada que a diversidade alcança valores máximos, resultado da redução na dominância. Isso indica que a dominância de poucas espécies pode ser uma característica natural do ambiente. No presente estudo esta dominância natural parece estar ocorrendo principalmente no setor 1, onde foram dominantes espécies estuarino-residentes. Tal dominância seguiu o padrão sazonal observado pelos índices univariados neste setor. Por outro lado nos setores 2 e 3 a dominância parece estar relacionada a uma deterioração da integridade ambiental, pois a espécie *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) (dominante nestes setores) já foi relatada com ocorrência numérica elevada em áreas sob estresse ambiental causado por atividade antropogênica, nas proximidades do Porto de Paranaguá (FALCÃO, 2005). Inclusive há registros da ocorrência de indivíduos de *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard) com anomalia craniana e presença de fusão, hiperplasia e aneurismas em lamelas branquiais, naquela área (FALCÃO com. pess). As curvas ABC, que relacionam abundância/biomassa, foram descritas originalmente por WARWICK (1986) para serem aplicadas a comunidades macrobênticas. Estas assumem que em um ambiente estável estão presentes indivíduos de grande porte que representam pouco da abundância total, mas bastante em termos de biomassa. Logo, quando plotadas as curvas de dominância em abundância e biomassa por espécie ranqueadas, observa-se que a curva de biomassa supera a de abundância. Quando existem distúrbios por poluição, aquelas espécies ditas conservativas são desfavorecidas e espécies oportunistas de pequeno porte tornam-se dominantes também em termos de biomassa. Com a dominância numérica destas espécies de pequeno porte, ocorre uma inversão das curvas, com a de biomassa sendo superada pela de abundância. Neste trabalho fica difícil relacionar estas curvas ABC com a integridade ambiental, da forma como é descrita para comunidades macrobênticas. Pois, assim como já havia sido observado por JUNG (2001) na Baía de Chesapeake (EUA), onde a relação abundância/biomassa mostrou-se diretamente ligada à ocorrência de juvenis de peixes em áreas rasas, além deste mesmo padrão de ocorrência, no presente trabalho não se pode ignorar a influência que a seletividade do artefato de pesca utilizado teve sobre o tamanho dos indivíduos capturados. Então, aparentemente foram principalmente estes os fatores que determinaram a relação abundância/biomassa, não sendo possível discriminar a influência da presença ou não de distúrbios antropogênicos através destas curvas.

A terceira metodologia aplicada é o método de ordenamento MDS, que é em si um algoritmo numérico complicado, mas por outro lado é simples conceitualmente. O resultado deste ordenamento é como um mapa, onde as amostras são agrupadas de acordo com a similaridade entre elas. Diferente das outras duas metodologias, em que duas comunidades com composição taxonômica completamente diferente podem apresentar padrões iguais, tanto pelo método dos índices univariados quanto pelos gráficos de dominância; ou por outro lado, duas comunidades compostas das mesmas espécies podem apresentar padrões muito diferentes para os índices univariados e gráficos de dominância, o MDS é baseado nos dados de abundância das espécies capturadas por amostra, sendo seu resultado completamente dependente destes (CLARKE & WARWICK, 1994). No presente trabalho, o método de ordenamento se mostrou bastante sensível ao diferenciar praticamente em todos os meses o setor mais interno dos setores externos do Complexo Estuarino de Paranaguá. A maior similaridade entre as amostras do setor 1 parece denotar uma maior estabilidade ambiental deste, em relação aos setores 2 e 3 com maior dispersão entre as amostras. Esta última metodologia mostra resultados que refletem os padrões das curvas de K-dominância discutidos anteriormente, e a diferença entre as espécies dominantes no setor 1 em relação aos setores 2 e 3.

CONCLUSÃO

Entre as análises de integridade ambiental, principalmente para o método dos índices univariados, existe a necessidade de um conhecimento da dinâmica da comunidade de peixes em uma escala temporal maior para distinguir com mais segurança as variações naturais de alterações antropogênicas. Nenhuma das metodologias se mostrou capaz, isoladamente, de apontar alterações nos padrões de variação da ictiofauna que estivessem exclusivamente relacionados à degradação da integridade ambiental. No entanto, com a análise da estrutura da ictiofauna e o conhecimento do comportamento natural das espécies, somado às diferentes metodologias aplicadas neste estudo, podem vir a serem feitas inferências quanto à integridade ambiental utilizando a ictiofauna como indicadora.

Para um melhor discernimento entre variações naturais do ambiente e alterações antropogênicas, além de estudos como este em escala de tempo maior, a realização de trabalhos conjuntos com estudos fisiológicos, bioquímicos e morfológicos deveria ser considerada em projetos futuros. Com isso seria possível identificar a influência direta de uma possível degradação ambiental sobre os organismos, possibilitando uma calibração dos métodos discutidos no presente estudo.

RESUMO

Foram usadas técnicas para obter informações dos padrões de abundância relativa de espécies de peixes. As assembleias de peixes foram estudadas em seis planícies entre marés, de abril de 2000 a março de 2001, no Complexo Estuarino de Paranaguá. A espécie *Atherinella brasiliensis* mostrou-se tolerante em situações de estresse ambiental. A análise da estrutura da ictiofauna e o conhecimento do comportamento natural das espécies, somado às diferentes metodologias aplicadas neste estudo, ajudaram a avaliar mudanças antropogênicas nas assembleias de peixes estuarinos.

PALAVRAS CHAVE: Ictiofauna; integridade biótica; Complexo Estuarino de Paranaguá; Paraná

ABSTRACT

Techniques to extract information on patterns of relative fish species abundance were used. The fish assemblages were studied in six intertidal flats, between April 2000 and March 2001, in the Paranaguá Estuarine Complex. The *Atherinella brasiliensis* seems to show tolerance to environmental stress. The analysis of ichthyofauna structure and the knowledge of the species's natural behavior, added to the different applied methodologies in this study, help to evaluate human-induced changes in estuarine fish assemblages.

KEY WORDS: Ichthyofauna; biotic integrity; Paranaguá Estuarine Complex; Paraná State

RÉSUMÉ

L'étude comparée des différences entre l'abondance relatif chez espèces de poissons. L'assemblage ichtyque ont été étudiés en six ambients dans le Estuaire de Paranaguá entre avril 2000 et mars 2001. Nos observations ont montré chez l'èspec *Atherinella brasiliensis* une tolerance sur les situations de tension d'environnement. Dans ce travail est analysée la eststructure et la conduire naturelle de l'assemblage ichtyque. Les resultats ont été obtenue avec l'emploi de différents techniqués metodologiques pour aidé l' avaluation de l'action anthropogenique sur ces assemblage.

MOTS CLÉS: Ichtyofaune; intégrité biotique; Estuaire de Paranaguá; Paraná

BIBLIOGRAFIA

- BIANCHI, G.; H. GISLASON; K. GRAHAM; L. HILL; X. JIN; K. KORANTENG; S. MANICKCHAND-HEILEMAN; I. PAYÁ; K. SAINSBURY; F. SANCHEZ & K. ZWANENBURG. 2000. Impact of fishing on size composition and diversity of demersal fish communities. *ICES Journal of Marine Science* v. 57, p. 558-571. 2000.
- BLABER, S. J. M. 2000. *Tropical estuarine fishes: Ecology, exploitation and conservation*. Blackwell Science, London.
- CLARKE, K. R. & R. W. WARWICK. 1994. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, p. 859.
- CONNELL, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* v. 199, p. 1302-1310.
- FALCÃO, M., G. 2005. *A ictiofauna em planícies de maré nas Baías das Laranjeiras e Paranaguá, Paraná*. Curitiba. Dissertação (Mestrado) Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.
- HUSTON, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *American Naturalist* v. 113, p. 81-101.
- JUNG, S. 2001. *Fish community structure and the spatial and temporal variability in recruitment and biomass production in Chesapeake Bay*. Maryland. Tese (Doutorado) Faculty of the Graduate School of the University of Maryland.
- WARWICK, R.M. 1986. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, v. 92, p. 557-562.