

COMUNIDADE DE PEIXES COMO INDICADOR DE QUALIDADE AMBIENTAL DE ALGUNS CANAIS DE MARÉ DO ESTUÁRIO DO RIO PACIÊNCIA, SÃO LUÍS – MA

Leonardo Silva Soares¹
Milton Gonçalves da Silva Júnior²
Antonio Carlos Leal de Castro¹
Ulrich Saint-Paul³

RESUMO

Nas análises de bioavaliação da qualidade dos ambientes aquáticos, têm sido essencial a aplicação de indicadores para avaliar a higidez da comunidade de peixes e determinar o status ambiental. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo identificar alterações na integridade biótica de alguns canais de maré do estuário do rio Paciência. Foram realizadas amostragens bimestrais nos canais de maré Iguaíba, Grande e Cristóvão, no período de janeiro/2006 a setembro/2007. Para avaliar as possíveis alterações na estrutura da ictiofauna, foram utilizadas as curvas (ABC) e o Índice de Integridade Biótica. As curvas demonstraram que o ambiente estuarino encontra-se moderadamente perturbado, enquanto o Índice de Integridade caracterizou a qualidade ambiental dos canais de maré entre muito pobre a regular. Alguns autores apresentam evidências que o estresse ambiental está associado à fragmentação da mata ciliar, ao aporte de efluentes líquidos e a interferência antrópica. Presume-se que o aumento dos níveis de perturbação nos canais de maré do estuário do rio Paciência poderá acarretar alterações na comunidade ictiofaunística destes locais. Os resultados sinalizam que os índices ecológicos estudados refletem eficientemente a qualidade ambiental dos canais de maré e as modificações ambientais sofridas pelo sistema estuarino.

Palavras-Chave: Ictiofauna, indicadores ecológicos, qualidade ambiental, estuário do rio Paciência.

ABSTRACT

Fish community as indicator of environmental quality in tidal creeks of the Paciência River estuary, São Luís, Brazil

In bioassessments of the quality of aquatic environments, the use of indicators for the evaluation of the health of the fish community and the determination of its environmental status is essential. The aim of the present study was to identify changes in the biotic integrity of tidal creeks in the estuary of the Paciência River northern Brazil. Bi-monthly sampling was carried out in the Iguaíba, Grande and Cristóvão tidal creeks between January 2006 and September 2007. ABC curves and the Biotic Integrity Index were used for the assessment of possible changes in the structure of the ichthyofauna. The curves demonstrated that the estuarine environment is moderately disturbed and the Integrity Index characterized the environmental quality of the tidal creeks as very poor to fair. A number of authors offers evidence that environmental stress is associated to the fragmentation of riparian forests, the input of liquid effluents and anthropogenic interference. It is presumed that the increase in the degree of disturbance in the tidal creeks of the Paciência River estuary could trigger changes in the fish community in these creeks. The results indicate that the ecological indices studied efficiently reflect the environmental quality of the tidal creeks and environmental changes in the estuarine system.

Key-words: Ichthyofauna; ecological indicators; environmental quality; Paciência estuary

¹Departamento de Oceanografia e Limnologia/ UFMA, Av. dos Portugueses s/n, Campus Universitário do Bacanga CEP 65085-580 - São Luis-MA e-mail: leonardoufma@yahoo.com.br

²Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca/Centro de Ciências Biológicas/Universidade Federal do Pará.

³Leibniz Center for Tropical Marine Ecology (ZMT), Fahrenheitstr. 6, 28359 Bremen, Germany.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros e estuarinos são alguns dos sistemas naturais mais intensamente usados e ameaçados globalmente (Lotze *et al.* 2006, Worm *et al.* 2006, Halpern *et al.* 2008). As zonas costeiras mundiais estão sob estresse ambiental como resultado das atividades humanas que incluem pesca, turismo, agricultura, aquicultura e atividade industrial (Raz-Guzman & Huidobro, 2002). Além dessas atividades, a supressão de áreas de manguezais, a construção de marinas e canais artificiais, também podem afetar radicalmente a integridade dos ambientes estuarinos (Otero *et al.*, 2006). Desta forma, os estuários estão sujeitos à entrada de altas cargas de compostos orgânicos e inorgânicos que levam à deterioração da qualidade da água (Breine *et al.*, 2007).

Embora seja comum o emprego de critérios químicos para detectar os danos causados aos ambientes aquáticos, avaliações dessa natureza geralmente subestimam a real magnitude dos danos (Karr & Chu, 1999). A análise de bioavaliação da qualidade dos ambientes aquáticos deveria, idealmente, incorporar atributos capazes de integrar o comportamento de elementos e processos biológicos, expressando interferência antrópica com comunidades aquáticas (Casatti *et al.*, 2009). As abordagens mais recentes de bioavaliação da qualidade da água empregam descritores físicos e químicos da água e informações sobre a biota aquática, visando combinar atributos que representem uma ampla existência de diversidade ecológica, em diferentes níveis de organização (Hughes, 1995; Ferreira & Casatti, 2006).

Nos últimos anos, os peixes têm sido utilizados como bioindicadores representativos para determinar o estado de saúde dos ecossistemas (Whitfield, 1996; Araújo, 1998; Whitfield & Elliot, 2002). As comunidades de peixes podem retratar o status ambiental ao disponibilizar informações sobre o ciclo de vida de grande número de espécies, ao incluir uma variedade de níveis tróficos compreendendo alimentos tanto de origem aquática como terrestre e ao mudar sua estrutura e composição quando seus habitats são modificados. Além disto, as espécies são relativamente fáceis de serem identificadas e situações críticas, como mortalidade de peixes, podem ser informadas pelo público em geral, o que

chama a atenção para alterações nas condições de qualidade de água dos ambientes (Araújo *et al.*, 2000; Araújo, 1999). Essas vantagens demonstram grande aplicação em programas de monitoramento biológico para avaliar a degradação ambiental (Fausch *et al.*, 1990). Neste contexto, é essencial o desenvolvimento de métodos para monitorar as respostas biológicas das assembléias de peixes a fatores naturais e antrópicos (Launois *et al.*, 2011).

Os índices de integridade biótica baseados em assembléias de peixes, inicialmente desenvolvidos para regiões temperadas (Deegan *et al.*, 1997; Hughes *et al.*, 2002; Harrison & Whitfield, 2004), foram adaptados no Brasil, para avaliar segmentos de grandes rios (Pinto & Araújo, 2007), reservatórios (Petesse *et al.*, 2007) e canais na região Sul (Bozzetti & Schulz, 2004) e Sudeste (Ferreira & Casatti, 2006). Entretanto, a ferramenta é pouco utilizada para avaliar o status ambiental de ecossistemas estuarinos, principalmente da costa Norte. Até o momento, Souza & Castro (2010) e Viana *et al.* (2010) realizaram estudos usando a ictiofauna como indicador ecológico da qualidade da água de ecossistemas estuarinos ao longo do litoral Norte brasileiro.

Este estudo ressalta a importância dos peixes como um indicador biológico, propondo objetivo identificar alterações na integridade biótica do sistema estuarino, sob a hipótese de que as alterações ocorridas no ambiente estuarino estariam associadas a mudanças na estrutura das comunidades ictiofaunísticas, que podem ser diagnosticadas por atributos e indicadores biológicos de espécies de peixes.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estuário do rio Paciência está localizado na porção nordeste da Ilha de São Luís, compreendido entre 2° 26' a 2° 29'S e 44° 4' a 44° 7'W (Figura 1). Possui um perímetro de 58 km, com 11 km de comprimento e área de 5 km². O ambiente é coberto por aproximadamente 10 km² de manguezais (Maranhão, 1998). A composição florística do manguezal do estuário do rio Paciência é formada por *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* (L) Stearn e *Laguncularia racemosa* (L) Gaertn (Santos, 2001).

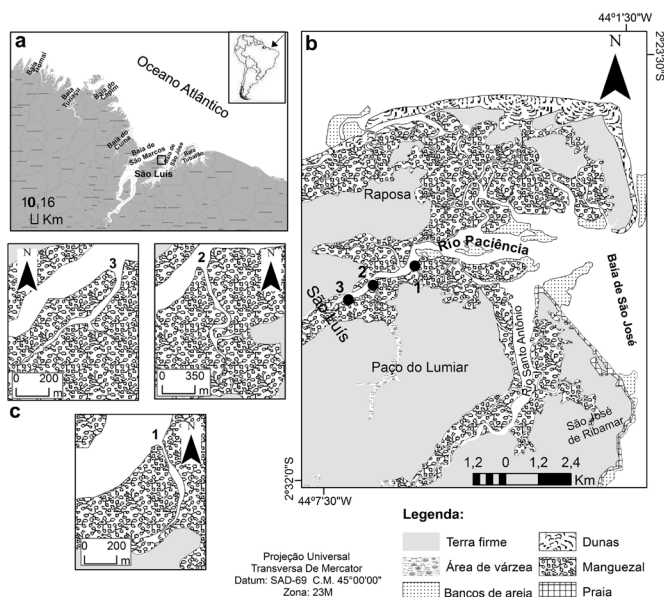


Figura 1. (a) Localização geográfica da área de estudo na Ilha do Maranhão. (b) Locais de amostragem no estuário do rio Paciência. (c) Canais de maré: (1) Iguaiíba, (2) Grande e (3) Cristóvão.

O clima é tropical chuvoso, a temperatura média do ar fica em torno de 28°C e a precipitação média anual é 2.325 mm (ANA, 2009). O período chuvoso vai de janeiro a junho, com média pluviométrica de 300 mm, e a estiagem de julho a dezembro, com média de 30 mm de chuva no período.

O estuário se caracteriza por uma hidrodinâmica regida pelo sistema de marés semi-diurnas (duas preamares e duas baixa-mares por dia lunar com intervalos proporcionais de cerca de 6h) e amplitude média de 4,6m, podendo atingir 7,2m quando das grandes sizígias. Em média as amplitudes de marés são inferiores a 5,5m, causando correntes de maré de até 7 nós (Ferreira, 1989).

Protocolo de amostragem

Foram efetuadas capturas bimestrais nos canais de maré (1) Iguaiíba, (2) Grande e (3) Cristóvão (Figura 1), entre janeiro/2006 e setembro/2007, durante onze campanhas de campo, em três dias consecutivos, que rendeu um total de 33 amostras. Os locais de captura foram definidos de forma a amostrar os trechos inferior, médio e superior do estuário. As pescarias foram realizadas durante a maré vazante na fase da lua de Quarto Crescente, em períodos diurnos, procurando manter os mesmos horários e períodos da maré, coincidindo com a diminuição da intensidade da corrente.

Nos canais de maré, as capturas foram efetuadas utilizando redes de emalhar e de tapagem. As redes de emalhar variaram de 110 a 220 m de comprimento e 4,4 a 5,5 m de altura, com tamanhos de malha variando de 2 a 10 cm entre nós opostos, ficando em atividade por 3 horas. A rede de tapagem foi instalada na foz do canal de maré de modo a fechar completamente a saída do canal com redes que variaram de 100 a 200 m de comprimento, possuindo malha de 2 cm entre nós opostos e altura de 4 a 5 m. A altura da tapagem foi regulada de tal forma que a rede ultrapassasse em 1 m o nível da água na preamar tendo, assim, altura máxima entre 4 e 5 m. O período de permanência da tapagem foi no transcurso durante toda a maré vazante, totalizando um esforço de 6 horas.

Todos os indivíduos coletados foram acondicionados em sacos plásticos etiquetados, conservados em gelo e transportados para o Laboratório de Ictiologia do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão - DEOLI/UFMA, onde foram realizados os procedimentos biométricos. Todos os peixes foram identificados a nível de espécie, utilizando-se os trabalhos de Cervigón *et al.* (1993) e Carpenter (2002). A nomenclatura das espécies foi padronizada segundo informações do Fishbase (Froese & Pauly, 2011). Para cada espécime coletado, foram determinadas as medidas biométricas (comprimento total (cm) e peso (g)), bem como observados aspectos

de sua anatomia externa para eventual detecção de anomalias, tumores, deformações ou outras doenças para utilização no Índice de Integridade Biótica (IIB).

Análise dos dados

Para avaliar as possíveis alterações na estrutura da comunidade que indicassem impactos ambientais, foram utilizadas as curvas de porcentagem cumulativa de abundância e biomassa por espécie ranqueada (ABC) e as curvas de dominância parcial, que relacionam a sobreposição da curva de abundância sobre a curva de biomassa com a degradação ambiental, expressas neste trabalho pela estatística (W). Valores negativos de W indicam relação de dominância em abundância (ambiente perturbado), valores próximos a zero indicam que as curvas estão muito próximas (ambiente moderadamente perturbado) e valores positivos indicam dominância em biomassa (ambiente sem estresse ambiental) (Clarke & Warwick, 2001; Yemane *et al.*, 2005).

Além das curvas ABC, foi utilizado o Índice de Integridade Biótica (IIB) (Karr, 1981) para avaliar os efeitos das possíveis alterações ambientais. O sistema pretende descrever o ambiente em seis classes de qualidade de água (Excelente, Bom, Razoável, Pobre, Muito Pobre e Sem Peixe) (Tabela 1).

Este índice se baseou em vários atributos da comunidade de peixes para avaliar os efeitos de alteração ambiental. Tais atributos cobrem uma amplitude de níveis ecológicos de indivíduos até população, comunidades e ecossistemas, e foram agrupados em três categorias: composição e riqueza de espécies, composição trófica e abundância de peixes e condições (Tabela 2) (Araújo, 1998). A cada atributo foi dada uma nota que variou entre 5 (situação boa), 3 (regular) e 1 (ruim), para acomodar as variações ecológicas e evolutivas de cada atributo. O valor final do índice foi representado pela soma das notas de cada medida. Sendo que o IIB foi calculado para cada local e mês que foram realizadas as coletas, com base nos métodos delineados por Karr *et al.* (1986).

Tabela 1. Pontuação de Integridade Biótica, classes e atributos.

Classes de Integridade (Pontuação)	Atributos
Excelente (57-60)	Comparável às melhores situações sem a influência do homem; todas as espécies regionais esperadas para o habitat e tamanho do curso d'água presentes, incluindo as formas mais intolerantes, em todas as faixas de classes de idade e sexo; estrutura trófica balanceada.
Bom (48-52)	Riqueza de espécies um tanto abaixo da expectativa, especialmente devido à perda das formas mais intolerantes; algumas espécies com distribuição de abundância ou de tamanho inferior ao ótimo; estrutura trófica mostra alguns sinais de estresse.
Razoável (39-44)	Sinais de deterioração adicionais com menos formas intolerantes, estrutura trófica mais alterada (por exemplo, aumento da frequência de onívoros); classes maiores de idade de predadores podem ser raras.
Pobre (28-35)	Dominada por onívoros, espécies tolerantes à poluição e generalistas em habitat; poucos carnívoros; taxas de crescimento e fator de condição diminuída; espécies híbridas e/ou doentes sempre presentes.
Muito pobre (< 24)	Poucos peixes presentes, principalmente introduzidos ou espécies muito tolerantes; híbridos frequentes; doenças comuns, parasitas, nadadeiras feridas e outras anomalias.
Sem peixe (0)	Repetidas pescarias sem capturar qualquer peixe.

Tabela 2. Pontuação utilizada na determinação da Integridade Biótica para a comunidade de peixes do rio Paciência - MA, adaptadas por SOUSA e CASTRO (2010).

Categoria/Pontuação	Pontuação		
	5	3	1
Composição e riqueza de espécies			
1. Número de espécies	> 80	40 - 80	< 40
2. Presença de espécies intolerantes	> 5	3 - 5	< 3
3. Número de Clupeiformes	> 6	3 - 6	< 3
4. Número de Siluriformes	> 10	5 - 10	< 5
5. Número de Perciformes	> 36	18 - 36	< 18
6. Proporção de espécies muito tolerantes	> 2%	2 - 4%	> 4%
Composição trófica			
7. Proporção de onívoros	< 20%	20 - 45%	> 45%
8. Proporção de detritívoros	< 3%	3 - 5%	> 5%
9. Proporção de carnívoros	> 8%	4 - 8%	< 4%
Abundância e condições dos peixes			
10. Número de indivíduos	> 95	48 - 95	< 48
11. Proporção de peixes estuarino - oportunistas	> 24%	12 - 24%	< 12%
12. Proporção de peixes com anomalias, doenças, etc.	< 1%	1 - 3%	> 3%

Essas categorias deveriam ser comparadas a valores esperados em um estuário relativamente livre de degradação, de tamanho semelhante e da mesma região ecológica. Entretanto, na área de estudo é impossível encontrar locais com comunidade de peixes inalterada. Diante disso, foi necessário adotar critérios próprios tanto na composição dos atributos, quanto nas faixas de pontuação, de acordo com a metodologia modificada e adaptada por Sousa & Castro (2010), que realizaram tais modificações para avaliar os efeitos das alterações ambientais em ambientes estuarinos da Ilha de São Luís. Os autores adequaram o IIB para as condições ecológicas dos estuários da Ilha e sua adaptação foi tomada como base para aplicação desta metodologia na área de estudo. A relação entre os 12 atributos que caracterizam o IIB com o valor final do índice de cada campanha foi quantificada por meio de correlação linear simples. A existência da correlação foi testada pelo valor do coeficiente de correlação linear de Pearson (r), sendo consideradas significativas apenas as correlações $p < 0,05$.

Análises estatísticas

Os padrões temporais e espaciais, quando atendidos os pressupostos (homogeneidade das variâncias e distribuição normal dos valores), foram testados através da Análise de Variância unifatorial

(ANOVA). Quando o resultado indicava diferença significativa ($p < 0,05$), aplicou-se o teste Tukey a posteriori, para identificar quais médias eram diferentes. Nos casos em que um dos pressupostos da ANOVA não foi atendido, aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Sokal & Rohlf, 1995). Todas as análises foram realizadas utilizando-se os programas PRIMER 6.0 e STATISTICA 7.0.

RESULTADOS

As curvas de dominância cumulativa de abundância e biomassa, estimadas para os canais de maré Iguaiá, Grande e Cristóvão, demonstraram que o ambiente estuarino encontra-se moderadamente perturbado (Figura 2). Já as informações visuais apresentadas através das curvas de dominância parcial, demonstraram que a condição ambiental dos canais de maré, foi resultante da dependência destas curvas a algumas espécies muito dominantes, que agregaram mais de 50% do peso amostrado (Figura 2b,2d,2f). Estas dominâncias foram relacionadas à captura de agregados de *Ariopsis bonillai* nos três canais de maré amostrados. Especificamente, no canal de maré Iguaiá, além dessa espécie, *Sciades herzbergii* também contribuiu para a distorção da curva. Já no Grande, a falsa impressão de distúrbio na ictiofauna também se deveu a captura de *Colomesus psittacus*.

De acordo com os valores estimados a partir da estatística *W*, a análise de variância não detectou diferenças significativas entre os canais de maré amostrados ($F=0,41$; $p=0,67$) e nem entre os meses em que foram realizadas as capturas ($F=1,54$; $p=0,17$) (Figura 3).

Para o índice de integridade biótica foi encontrado através do teste de Kruskal-Wallis, que os valores das médias não demonstraram um padrão de variação espacial ($H=1,98$; $p=0,37$) (Figura 4a).

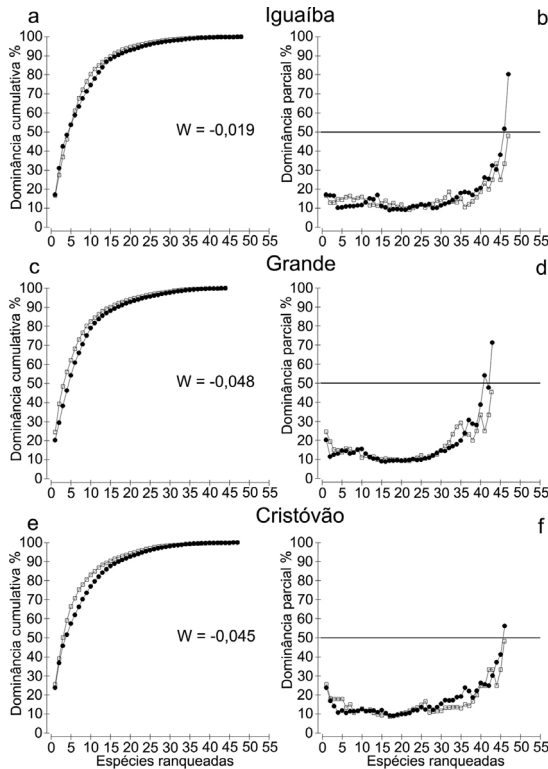


Figura 2. Curvas de dominância cumulativa e parcial por espécies ordenadas por canal de maré, para as espécies de peixes amostradas no estuário do rio Paciência. Abundância (quadrado) e Biomassa (círculo). W = Índice ABC. (—) espécies que contribuíram <50%.

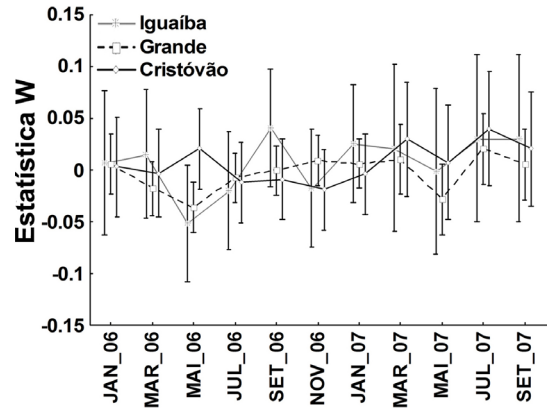


Figura 3. Distribuição da estatística *W* obtida através das curvas ABC para os canais de maré e meses em que foram realizadas as capturas no estuário do rio Paciência.

Em média a análise da variação temporal demonstrou diferenças significativas entre os valores do IIB ao longo do ano ($H=21,72$; $p=0,02$), nos canais de maré estudados, sendo que o IIB se apresentou significativamente diferente somente entre setembro/2006 (período de estiagem) e março/2007 (período chuvoso), meses em que foram registrados, em média, a maior e menor pontuação do índice (Figura 4b). Quando se verificou a variação sazonal do índice por período hidrológico, foi identificado que a qualidade ambiental apresentou-se significativamente melhor no período de estiagem do que no chuvoso ($H=14,79$; $p=0,0001$).

Contudo, ficou caracterizado a partir das classes modais das amostras por canal de maré, que o IIB, apesar de não apresentar espacialmente diferenças estatisticamente significativas, sua qualidade ambiental variou de pobre a muito pobre no canal de maré Cristóvão (estuário inferior), melhorando para pobre, no Grande (parte média do estuário), e atingido a melhor classe de qualidade entre regular e pobre, no Iguaiíba (estuário superior) (Figura 5).

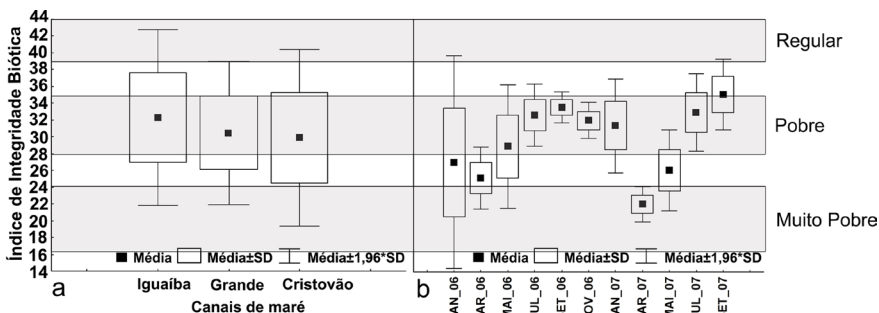


Figura 4. Variação espacial e temporal do Índice de Integridade Biótica (IIB) em três canais de maré do estuário do rio Paciência, entre Janeiro/2006 e Setembro/2007, com indicações das classes de qualidade da água.

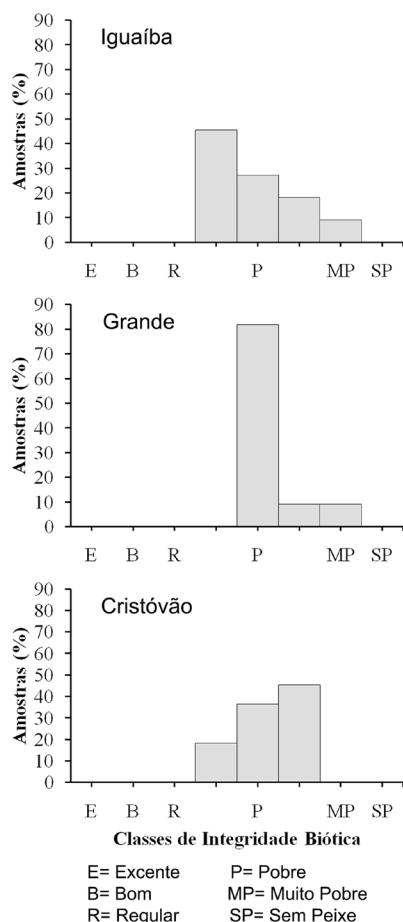


Figura 5. Distribuição percentual das amostras por classe de Integridade Biótica, nos três canais de maré estudados no estuário do rio Paciência.

A análise de correlação entre as categorias utilizadas na determinação da integridade biótica para a comunidade de peixes foi altamente significativa entre a proporção de carnívoros (9) e a proporção de peixes estuarino – oportunistas (11). No entanto, não houve correlação com as categorias 1 (Número de espécies) e 5 (Número de Perciformes), devido ao baixo número de espécies e de Perciformes, fazendo com que os mesmos recebessem a mesma pontuação que a categoria 12 (Proporção de peixes com anomalias e/ou doenças).

DISCUSSÃO

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. Assim, situações intermediárias de integridade ambiental são aquelas que retratam os maiores níveis de diversidade (Connell *et al.*, 2004; Huston, 2002).

As análises das curvas de porcentagem cumulativa de abundância e biomassa por espécies ordenadas corroboraram as observações levantadas por Connell *et al.* (2004); e Huston (2002), no que diz respeito à integridade ambiental, pois o estuário do rio Paciência encontra-se moderadamente perturbado. Este resultado supostamente parece indicar que não há nenhum problema decorrente da antropização na região estudada. Falcão *et al.* (2008) utilizando características da comunidade íctica para avaliar a qualidade ambiental no complexo estuarino de Paranaguá, também indicaram que em um primeiro momento as análises podem demonstrar que não há comprometimento ambiental do local. Por outro lado, os autores destacam que em longo prazo os problemas podem ser detectados.

Contudo, como algumas características do ambiente não são levadas em consideração na análise das curvas ABC, é possível que o método confunda a existência natural de uma grande quantidade de juvenis na região de estudo, com uma troca de dominância (baseada no gradiente de seleção r-k) gerada pela poluição (Jung, 2001). Além disso, a captura ocasional de uma espécie de grande porte pode indicar aparentemente que ela é residente permanente da área, indicando a presença de espécies do tipo k, quando na verdade ela não é encontrada na região com frequência, devido ao seu processo de migração (Gonçalves & Braga, 2008).

A condição ambiental dos canais de maré, demonstrada através das curvas de dominância parcial, indicou que a situação da qualidade ambiental do sistema estuarino do rio Paciência foi influenciada pela dominância em peso de *Ariopsis bonillai*, que segundo Almeida *et al.* (2005) é uma espécie onívora, tolerante a variações ambientais naturais e não naturais, e sua alimentação está associada ao consumo de matéria orgânica. Essas características acrescidas à entrada de nutrientes pelo rio Paciência podem ter influenciado positivamente na sua dieta, indicando uma falsa impressão de distúrbio na ictiofauna. *Sciades herzbergii* também causou alteração nas curvas, mas sua dominância em peso ocorreu devido a grande biomassa de indivíduos juvenis no canal de maré Iguaiá (estuário inferior). Este padrão de ocorrência também foi registrado por Giarrizzo & Saint-Paul (2008) em estudos realizados na costa Norte do Brasil, onde os autores também encontraram juvenis de *S. herzbergii* na zona superior do estuário. Figueiredo & Menezes (2000)

complementam que esse bagre geralmente procura a desembocadura dos rios, devido a alta disponibilidade de matéria orgânica para alimentação, fator atrativo para a ocorrência da espécie nesse trecho do ambiente estuarino. *Colomesus psittacus* também influenciou na curva de dominância parcial, pois segundo Castro (2001), Barletta *et al.* (2003), Krumme (2004) e Krumme *et al.* (2004), em manguezais ao longo da costa Norte brasileira *C. psittacus* é uma das espécies de peixe dominantes nos canais de maré durante o ano todo. Otero *et al.*, (2006) relataram em seus estudos que a dominância de poucas espécies pode ser uma característica natural do ambiente estuarino.

A estatística W da relação abundância/biomassa apresentou-se negativa em todos os ambientes estudados, indicando distúrbio na ictiofauna provocado por interferência antrópica, mesmo não sendo significativamente diferente entre os canais de maré. Por outro lado, foi positiva em alguns meses de coleta, ainda que sem diferenças significativas, o que demonstrou, aparentemente, não haver impacto decorrente da poluição. Falcão *et al.* (2008) argumentam que essa normalidade não deve ser atribuída à mudança temporal no efeito da degradação ambiental, na maioria das vezes efeito crônico, com eventuais picos característicos de efeitos agudos. Os autores apontam que esta provável mudança na relação não estaria indicando uma atenuação do estresse ambiental, mas sim que a entrada de um grande número de recrutas, estaria causando conseqüente reversão da relação número/peso.

Dificuldades encontradas na utilização das curvas ABC para investigar a integridade ambiental por meio da comunidade de peixes também tem sido documentadas em alguns estudos. Galves *et al.* (2007), por exemplo, observaram que alguns riachos na região do Parque Estadual Mata do Godoy (Londrina – PR), apresentaram evidências de estresse ambiental associadas à fragmentação da vegetação ciliar e a uma maior deposição de matéria orgânica que favoreceu o surgimento de espécies oportunistas. Otero *et al.* (2006), por outro lado, investigando a relação abundância/biomassa na baía de Antonina e Paranaguá (PR), observaram que na maioria dos meses a curva de abundância superou a curva de biomassa. Porém não relacionaram seus resultados com a integridade ambiental, pois o padrão das curvas aparentemente estava correlacionado à ocorrência de juvenis e à seletividade dos artefatos de pesca utilizados sobre os indivíduos menores. Da mesma forma, Jung & Houde (2003) encontraram que a relação abundância/biomassa esteve diretamente relacionada à ocorrência de juvenis de peixes em áreas rasas da Baía de Chesapeake (EUA). Em sua pesquisa os autores não puderam ignorar a influência da arte de pesca utilizada sobre o tamanho dos indivíduos capturados. Então, aparentemente foram 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 (Otero *et al.*, 2006).

Os problemas na interpretação das curvas ABC demonstram que talvez esse método isoladamente não seja a melhor forma para avaliar a integridade ambiental do estuário do rio Paciência. A metodologia sozinha não é suficiente para um diagnóstico, mas é promissora quando analisada com outros indicadores ecológicos (Otero *et al.*, 2006; Falcão *et al.*, 2008). Um desses indicadores é o Índice de Integridade Biótica que reúne diversos atributos ecológicos baseados na estrutura e função da comunidade de peixes, integrados numa escala de índice numérico e que juntos podem refletir a higidez da comunidade biótica (Karr, 1993; Melo & Hepp, 2008).

Em relação à variação espacial da integridade biótica, o presente estudo corroborou com os resultados encontrados por Castro (2001), em estudos realizados nos mesmos canais de maré deste trabalho. O autor também encontrou que o canal de maré Iguaíba revelou uma melhor estrutura da ictiofauna, refletindo, provavelmente, os impactos na região superior do estuário (canal de maré Cristóvão), o qual funciona como portal de entrada e receptáculo de esgotos domésticos da comunidade residente no entorno da bacia hidrográfica do rio Paciência. O autor ainda complementa que estudos anteriores realizados em estuários da Ilha de São Luís (Juras *et al.*, 1985; Batista & Rego, 1996), mostraram também um mesmo padrão em relação a estrutura da ictiofauna, nos pontos de captura localizados à jusante dos estuários investigados. Araújo (1998) complementa que as diferenças nas médias entre as estações de coleta, embora não suportem a afirmação de que esteja ocorrendo um processo de autodepuração, possivelmente está indicando uma tênue diminuição de qualidade da água em seu trecho mais crítico, com efeitos sendo amortecidos gradativamente do alto para o baixo curso do rio.

A oscilação dos valores pode estar associada ao alto aporte de efluentes líquidos (domésticos e/ou industriais) para os canais de maré do sistema estuarino do rio Paciência. Braga *et al.* (2000) demonstraram que altas concentrações de nutrientes inorgânicos podem resultar em mudanças na abundância e diversidade, com conseqüentes alterações na teia trófica, problemas no sistema reprodutivo e mudanças histopatológicas em populações de peixes. Whitfield & Elliott (2002) complementam que em sistemas estuarinos sob estresse, além da diversidade ser mais baixa do que o esperado, há uma redução da disponibilidade de presas e conseqüente perda ou escassez das espécies sensíveis.

Quando foi verificada a influência da sazonalidade dos períodos hidrológicos no padrão de distribuição das espécies e sua relação com a qualidade ambiental dos canais de maré, o período de estiagem apresentou

uma integridade biótica significativamente melhor do que o período chuvoso. A diferença parece operar principalmente pelo fato que no período chuvoso há um maior aporte de resíduos para o leito do canal de maré no alto curso do estuário, fator que diminui a integridade biótica do canal de maré, devido ao fato de afetar potencialmente a ocorrência da ictiofauna nesse período hidrológico. Os efeitos significativos da alternância entre período chuvoso e estiagem para as populações de peixes estuarinos também foram verificados em outros estudos realizados no Golfão Maranhense, como os trabalhos de Castro (2001); Pinheiro Júnior *et al.* (2005) e Carvalho-Neta & Castro (2008). No entanto, para Tejerina-Garro & Mérona (2010) a variabilidade da ictiofauna em rios costeiros sul-americanos ocorre numa escala espaço-temporal, devido aos peixes constantemente buscarem otimizar o compromisso entre alimentação e crescimento, reprodução e proteção contra predadores. Assim o uso do habitat é potencialmente um dos critérios mais informativos, para avaliar a integridade dos ecossistemas aquáticos (Casatti *et al.*, 2009). Ostrand & Wilde (2002) também sugerem que a estrutura da assembléia de peixes é determinada mais por diferenças persistentes nas condições ambientais locais, do que por variação sazonal nas condições ambientais.

Quando se realizou a correlação entre a pontuação de cada atributo ecológico por campanha realizada, a proporção de carnívoros e a proporção de estuarino – oportunistas, apresentaram-se positiva e altamente significativa. Isto ocorreu, segundo Karr (1993) e Araújo *et al.* (2003), porque a presença de espécies carnívoras indica uma comunidade saudável e diversificada. Os autores ainda sugerem que quando a qualidade do ambiente declina provavelmente essas populações tendem a diminuir ou desaparecer. Através de uma perspectiva ecológica, Clarke & Warwick (2001) em seus estudos sobre mudanças nas comunidades marinhas, afirmam que quando fatores exógenos perturbam uma comunidade, espécies conservadoras são desfavorecidas e espécies oportunistas, frequentemente r-estrategistas, que apresentam pequeno porte, ciclo de vida curto e tolerância ao estresse, se tornam numericamente dominantes. As informações levantadas por esses autores associadas aos resultados encontrados no presente trabalho, demonstram que com o aumento dos níveis de perturbação nos canais de maré do estuário do rio Paciência, poderá ocorrer uma alteração na comunidade ictiofaunística destes locais.

Casatti *et al.* (2009) demonstram que a medida “número de espécies” ou “número de espécies nativas”, como originalmente proposto por Karr (1981), indica que algumas espécies podem ser perdidas devido a degradação do habitat (Karr *et al.*, 1986). Os autores ainda afirmam que essa medida de integridade biótica pode discriminar locais com boa condição física daqueles com condição pior. Eles acreditam que

o número de espécies seja uma das medidas mais confiáveis que indica condição relativamente livre de interferência antrópica. Além dessas características, Roth *et al.* (2000) ainda complementam que o conceito de riqueza de espécies tem sido extensivamente usado para inferir sobre a qualidade de sistemas ecológicos. Portanto, a diminuição do número de espécies (55 no presente estudo), nos sistemas de canais de maré do estuário do rio Paciência, em comparação com os estudos realizados por Castro (2001), que encontrou 75 espécies nos mesmos canais de maré, demonstra que este atributo analisado é uma medida importante da integridade biótica do sistema estuarino, mesmo não se correlacionando com nenhuma categoria.

O número de Perciformes recebeu baixa pontuação em decorrência dos critérios estabelecidos por Souza & Castro (2010) para esta categoria, resultando em uma ausência de correlação com os demais atributos. Entretanto, dada a representatividade da ordem Perciformes em ambientes marinhos, Nelson (2006); Helfman *et al.* (2009) e Casatti *et al.* (2009) sugeriram que em condições degradadas o ambiente pode ser dominado por Perciformes porque as espécies que compõem o grupo são mais tolerantes. Assim sendo, esta medida também demonstra ser um importante atributo para estabelecer a condição ambiental do sistema estuarino do rio Paciência.

No estuário do rio Paciência não foram identificados peixes com anomalias e/ou doenças, apesar desse ambiente sofrer pressão de natureza antrópica. Portanto, este critério ecológico da comunidade de peixes não pôde refletir a integridade biótica do sistema estuarino, devido à ausência de correlação com as outras categorias utilizadas no índice. Para medir a influência real dos efluentes lançados nos canais de maré, sobre a ictiofauna estuarina, seria necessária a realização de estudos complementares com análises bioquímicas e bacteriológicas, para verificar o que está afetando a fauna de peixes de forma sistêmica e sua associação com outras categorias do índice.

Neste quadro observado para o estuário do rio Paciência, o levantamento ictiofaunístico mostrou uma tendência de mudança e melhora na qualidade da água, na medida em que os canais de maré se afastam da área com maior carga de matéria orgânica, denotando que a comunidade peixes presente nos canais de maré de ambientes semelhantes, pode atuar como indicadora da qualidade de ecossistemas submetidos a pulsos de marés na Ilha de São Luís.

No estuário do rio Paciência, a utilização do Índice de Integridade Biótica, segundo a adaptação feita por Sousa & Castro (2010), parece refletir eficientemente a qualidade ambiental dos canais de maré. As tendências observadas coincidiram com as expectativas de alteração do estuário e confirmaram os resultados obtidos pelo método ABC, sugerindo que o sistema estuarino está

sofrendo modificações ambientais. Por outro lado, é sugerido que outros índices sejam aplicados em conjunto e novos descritores sejam considerados, abordando a ictiofauna estuarina do litoral maranhense, para que seja desenvolvido um índice de integridade biológica que seja referência para avaliar a higidez da comunidade de peixes dos sistemas estuarinos do litoral do Maranhão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Gisele Cardoso pela eficiente elaboração dos mapas; e aos revisores anônimos pelas úteis sugestões no manuscrito; Este estudo foi possível pela concessão da bolsa de doutorado (Processo nº 141642/2008-4) pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca (PPEAP/UFPA), ao segundo autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Z.S.; SOUZA, R.F.C.; FREDOU, F.L.; MORAIS, G.C.; SOUZA, G.C.; PERREIRA, M.E.G.S. & BRITO, T.P. 2005. Grupo Bióticos - Peixes. In: SOUZA, P.W.M.; CUNHA, E.R.S.P.D.; SALES, M.E.D.C.; SOUZA, L.F.M.O. & COSTA, F.R.D. (Orgs.). *Bibliografias da Zona Costeira Amazônica - Brasil*. 1ª ed. Belém: MPEG/UFPA/Petrobrás, v.1, p.400.
- ANA: Agência Nacional das Águas. 2009. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em 15.07.2009
- ARAÚJO, F.G. 1998. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. *Rev. Bras. Biol.*, 58(4): 547-558.
- ARAÚJO, F.G.; FICHBERG, I.; PINTO, B.C.T. & PEIXOTO, M.G. 2003. A Preliminary Index of Biotic Integrity for Monitoring the Condition of the Rio Paraíba do Sul, Southeast Brazil. *Envir. Manag.*, 32(4): 516-526.
- ARAÚJO, F.G.; WILLIAMS, W.P. & BAILEY, R.G. 2000. Fish assemblages as indicators of water quality in the middle Thames Estuary, England (1980-1989). *Estua.*, 23(3): 305-317.
- BARLETTA, M.; BARLETTA-BERGAN, A.; SAINT-PAUL, U. & HUBOLD, G. 2003. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). *Mar. Eco. Progr. Ser.*, 256: 217-228.
- BATISTA, V.D.S. & RÊGO, F.N. 1996. Análise de associações de peixes em igarapés do estuário do rio Tibiri, Maranhão. *Rev. Bras. Biol.*, 56(1): 163-176.
- BOZZETTI, M. & SCHULZ, U.H. 2004. An index of biotic integrity based on fish assemblages for subtropical streams in southern Brazil. *Hydrobio.*, 529(1): 133-144.
- BRAGA, E.S.; BONETTI, C.V.D.H.; BURONE, L. & BONETTI FILHO, J. 2000. Eutrophication and Bacterial Pollution Caused by Industrial and Domestic Wastes at the Baixada Santista Estuarine System - Brazil. *Mar. Poll. Bull.*, 40(2): 165-173.
- BREINE, J.J.; MAES, J.; QUATAERT, P.; VAN DEN BERGH, E.; SIMOENS, I.; VAN THUYNE, G. & BELPAIRE, C. 2007. A fish-based assessment tool for the ecological quality of the brackish Schelde estuary in Flanders (Belgium). *Hydrobio.*, 575(1): 141-159.
- CARPENTER, K.E. 2002. *The living marine resources of the Western Central Atlantic*. Rome: FAO. 600 p.
- CARVALHO-NETA, R.N.F. & CASTRO, A.C.L. 2008. Diversidade das assembléias de peixes estuarinos da Ilha dos Caranguejos, Maranhão. *Arq. Ciên. Mar.*, 41(1): 48-57.
- CASATTI, L.; FERREIRA, C. & LANGEANI, F. 2009. A fish-based biotic integrity index for assessment of lowland streams in southeastern Brazil. *Hydrobio.*, 623(1): 173-189.
- CASTRO, A.C.L. 2001. Diversidade da assembléia de peixes em igarapés do estuário do rio Paciência (MA - Brasil). *Atlân.*, 23: 39-46.
- CERVIGÓN, F.; CIPRIANI, R.; FISCHER, W.; GARIBALDI, L.; HENDRICKX, M.; LEMUS, A.J.; MÁRQUEZ, R.; POUTIERS, J.M.; ROBAINA, G. & RODRÍGUEZ, B. 1993. *FAO species identification sheets for fishery purposes: Field guide to the commercial marine and brackish-water resources of the northern coast of South America*. Rome: FAO.
- CLARKE, K.R. & WARWICK, R.M. 2001. *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. United Kingdom: Natural Environment Research Council. 144 p.
- CONNELL, J.H.; HUGHES, T.P.; WALLACE, C.C.; TANNER, J.E.; HARMS, K.E. & KERR, A.M. 2004. A long-term study of competition and diversity of corals. *Eco. Monog.*, 74(2): 179-210.
- DEEGAN, L.; FINN, J.; AYVAZIAN, S.; RYDER-KIEFFER, C. & BUONACCORSI, J. 1997. Development and validation of an estuarine biotic integrity index. *Estu. and Coas.*, 20(3): 601-617.
- FALCÃO, M.G.; PICHLER, H.A.; FÉLIX, F.C.; SPACH, H.L.; BARRIL, M.E.; ARAÚJO, K.C.B.D. & GOLDEFROID, R.S. 2008. A ictiofauna como indicador de qualidade ambiental em planícies de maré do complexo estuarino de Paranaguá, Brasil. *Cad. Esc. Saú. Ciên. Bio.*, 1: 1-16.
- FAUSCH, K.D.; LIONS, J.; KARR, J.R. & ARGEMEIERE, P.L. 1990. Fish communities as indicators of environmental degradation. In: ADAMS

- , S.M. (Orgs.). *Biological indicators of stress in fish*. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society Symposium, v.8, cap., p.123-144.
- FERREIRA, C.D.P. & CASATTI, L. 2006. Integridade biótica de um córrego na bacia do Alto Rio Paraná avaliada por meio da comunidade de peixes. *Bio. Neotrop.*, 6(3): 1-25.
- FERREIRA, H.O. 1989. *Contribuição ao estudo das correntes de maré do estreitos de Coqueiros e Mosquitos*. São Luís: LABOHIDRO: 7 p.
- FIGUEIREDO, J.L. & MENEZES, N.A. 2000. *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI. Teleostei (5)*. Universidade de São Paulo: Museu de Zoologia. 116 p.
- FROESE, R.; PAULY, D. 2011. FishBase. Disponível em: <<http://www.fishbase.org>> version (06/2011). Acesso em: 06/06/2011.
- GALVES, W.; JEREP, F.C. & SHIBATTA, O.A. 2007. Estudo da condição ambiental pelo levantamento da fauna de três riachos na região do Parque Estadual Mata dos Godoy (PEMG), Londrina, PR, Brasil. *Pan-Am. Jour. Aqu. Scie.*, 2(1): 55-65.
- GIARRIZZO, T. & SAINT-PAUL, U. 2008. Ontogenetic and seasonal shifts in the diet of the pemecou sea catfish *Sciades herzbergii* (Siluriformes: Ariidae), from a macrotidal mangrove creek in the Curuçá estuary, Northern Brazil. *Jour. Trop. Bio.*, 56(2): 861-873.
- GONÇALVES, C.S. & BRAGA, F.M.S. 2008. Diversidade e ocorrência de peixes na área de influência da UHE Mogi Guaçu e lagoas marginais, bacia do alto Rio Paraná, São Paulo, Brasil. *Bio. Neotrop.*, 8(2): 103-114.
- HALPERN, B.S.; WALBRIDGE, S.; SELKOE, K.A.; KAPPEL, C.V.; MICHELI, F.; D'AGROSA, C.; BRUNO, J.F.; CASEY, K.S.; EBERT, C.; FOX, H.E.; FUJITA, R.; HEINEMANN, D.; LENIHAN, H.S.; MADIN, E.M.P.; PERRY, M.T.; SELIG, E.R.; SPALDING, M.; STENECK, R. & WATSON, R. 2008. A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Scie.*, 319(5865): 948-952.
- HARRISON, T.D. & WHITFIELD, A.K. 2004. A multi-metric fish index to assess the environmental condition of estuaries. *Jour. Fish Bio.*, 65(3): 683-710.
- HELFMAN, G.S.; COLLETTE, B.B.; FACEY, D.E. & BOWEN, B.W. 2009. *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution and Ecology*. Hong Kong: Wiley-Blackwell. 2ª ed.
- HUGHES, J.; DEEGAN, L.; WEAVER, M. & COSTA, J. 2002. Regional application of an index of estuarine biotic integrity based on fish communities. *Estu. and Coas.*, 25(2): 250-263.
- HUGHES, R.M. 1995. Defining acceptable biological status by comparing with reference conditions. In: DAVIS, W.S. & SIMON, T.P. (Orgs.). *Biological Assessment and Criteria: Tools for Water Resource Planning and Decision Making*. Florida: CRC Press Inc., p.31-47.
- HUSTON, M.A. 2002. *Biological Diversity: The coexistence of species on changing landscapes*. United Kingdom: Cambridge University Press. 671 p.
- JUNG, S. 2001. *Fish community structure and the spatial and temporal variability in recruitment and biomass production in Chesapeake Bay*. Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, Maryland.
- JUNG, S. & HOUDE, E.D. 2003. Spatial and temporal variabilities of pelagic fish community structure and distribution in Chesapeake Bay, USA. *Estu. Coas. Shelf Scie.*, 58(2): 335-351.
- JURAS, A.A.; MARTINS-JURAS, I.A.G.M.; CASTRO, A.C.L. & COSTA, M.L. 1985. *Levantamento ictiofaunístico do estuário do rio Cururuca (Município de Paço do Lumiar – Ilha de São Luís – MA)*.
- KARR, J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, 6: 21-27.
- KARR, J.R. 1993. Defining and assessing ecological integrity: Beyond water quality. *Environ. Toxicol. Chemis.*, 12(9): 1521-1531.
- KARR, J.R. & CHU, E.W. 1999. *Restoring life in running waters: better biological monitoring*. Washington DC: Island Press.
- KARR, J.R.; FAUSCH, K.D.; ANGERMEIER, P.L.; YANT, P.R. & SCHLOSSER, I.J. 1986. *Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale*. Urbana, USA: Illinois Natural History Survey. 28 p.
- KRUMME, U. 2004. Patterns in tidal migration of fish in a Brazilian mangrove channel as revealed by a split-beam echosounder. *Fish. Resea.*, 70(1): 1-15.
- KRUMME, U.; SAINT-PAUL, U. & ROSENTHAL, H. 2004. Tidal and diel changes in the structure of a nekton assemblage in small intertidal mangrove creeks in northern Brazil. *Aqua. Liv. Resou.*, 17: 215-229.
- LAUNOIS, L.; VESLOT, J.; IRZ, P. & ARGILLIER, C. 2011. Selecting fish-based metrics responding to human pressures in French natural lakes and reservoirs: towards the development of a fish-based index (FBI) for French lakes. *Eco. Fresh. Fish*, 20(1): 120-132.
- LOTZE, H.K.; LENIHAN, H.S.; BOURQUE, B.J.; BRADBURY, R.H.; COOKE, R.G.; KAY, M.C.; KIDWELL, S.M.; KIRBY, M.X.; PETERSON, C.H. & JACKSON, J.B.C. 2006. Depletion, Degradation, and

- Recovery Potential of Estuaries and Coastal Seas. *Scie.*, 312(5781): 1806-1809.
- MARANHÃO. 1998. *Diagnóstico Ambiental da Microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário: estudo hidrológico*. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. 55 p.
- MELO, A.S. & HEPP, L.U. 2008. Ferramentas estatísticas para análise de dados provenientes de biomonitoramento. *Oeco. Brasil.*, 12(3): 463-486.
- NELSON, J.S. 2006. *Fishes of the World*. New York: John Wiley & Sons.
- OSTRAND, K.G. & WILDE, G.R. 2002. Seasonal and spatial variation in a prairie stream-fish assemblage. *Eco. Fresh. Fish.*, 11: 137-149.
- OTERO, M.E.B.; SPACH, H.L.; QUEIROZ, G.M.L.N.D.; SANTOS, C. & SILVA, A.L.C.D. 2006. O uso de atributos das assembléias de peixes para avaliar a integridade biótica em habitats rasos das Baías de Antonina e Paranaguá, Paraná. *Acta Bio. Paran.*, 35(1-2): 69-82.
- PETESSE, M.L.; PETRERE, M. & SPIGOLON, R.J. 2007. Adaptation of the reservoir fish assemblage index (RFAI) for assessing the Barra Bonita Reservoir (Sao Paulo, Brazil). *Riv. Resea. Appl.*, 23: 595-612.
- PINHEIRO-JÚNIOR, J.R.; CASTRO, A.C.L. & GOMES, L.N. 2005. Estrutura da comunidade de peixes do estuário do rio Anil, Ilha de São Luís, Maranhão. *Arq. Ciên. Mar.*, 38: 29 - 37.
- PINTO, B.J.T. & ARAÚJO, F.G. 2007. Assessing the biotic integrity of the fish community in a heavily impacted segment of a tropical river in Brazil. *Brazil. Arch. Bio. Techn.*, 50: 489-502.
- RAZ-GUZMAN, A. & HUIDOBRO, L. 2002. Fish communities in two environmentally different estuarine systems of Mexico. *Jour. Fish Bio.*, 61: 182-195.
- ROTH, N.E.; SOUTHERLAND, M.T.; CHAILLOU, J.C.; KAZYAK, P.F. & STRANKO, S.A. 2000. *Refinement and Validation of a Fish Index of Biotic Integrity for Maryland Streams*. Annapolis: Versar Inc. for Maryland Department of Natural Resources, Monitoring and Non-tidal Assessment Division 68 p.
- SANTOS, L.C.A. 2001. *Estudo da Bacia do Rio Paciência-MA por meio da análise cartográfica*. 178 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Univerisdade Estadual Paulista - UNESP, Presidente Prudente.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. New York: W H Freeman and Company. 887 p.
- SOUSA, M.R.D.J. & CASTRO, A.C.L.D. 2010. Comunidade de peixes como indicador de qualidade ambiental na área de influência da Indústria ALUMAR, Ilha de São Luís - MA. *Bol. Lab. Hidrobio.*, 23(2): 1-16.
- TEJERINA-GARRO, F.L. & MÉRONA, B.D. 2010. Flow seasonality and fish assemblage in a tropical river, French Guiana, South America. *Neotro. Ichthy.*, 8(1): 145-154.
- VIANA, A.P.; LUCENA FRÉDOU, F.; FRÉDOU, T.; TORRES, M.F. & BORDALO, A.O. 2010. Fish fauna as an indicator of environmental quality in an urbanised region of the Amazon estuary. *Jour. Fish Bio.*, 76(3): 467-486.
- WHITFIELD, A.K. 1996. Fishes and the environmental status of South African estuaries. *Fish. Manag. Eco.*, 3: 45-57.
- WHITFIELD, A.K. & ELLIOTT, M. 2002. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. *Journal of Fish Biology*, 61(Supplement A): 229-250.
- WORM, B.; BARBIER, E.B.; BEAUMONT, N.; DUFFY, J.E.; FOLKE, C.; HALPERN, B.S.; JACKSON, J.B.C.; LOTZE, H.K.; MICHELI, F.; PALUMBI, S.R.; SALA, E.; SELKOE, K.A.; STACHOWICZ, J.J. & WATSON, R. 2006. Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. *Scie.*, 314(5800): 787-790.
- YEMANE, D.; FIELD, J.G. & LESLIE, R.W. 2005. Exploring the effects of fishing on fish assemblages using Abundance Biomass Comparison (ABC) curves. *ICES Jour. Mar. Scie.*, 62: 374-379.

Recebido em 14 de dezembro de 2010.

Aprovado em 23 de junho de 2011.