

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
SUSTENTABILIDADE DE ECOSISTEMAS
MESTRADO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
BACANGA (SÃO LUÍS – MA) COM BASE EM VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS,
BIOLÓGICAS E POPULACIONAIS: SUBSÍDIOS PARA UM MANEJO SUSTENTÁVEL**

Ana Luiza Privado Martins

Dissertação de Mestrado

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM SUSTENTABILIDADE DE ECOSSISTEMAS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
BACANGA (SÃO LUÍS – MA) COM BASE EM VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS,
BIOLÓGICAS E POPULACIONAIS: SUBSÍDIOS PARA UM MANEJO SUSTENTÁVEL**

Ana Luiza Privado Martins

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Sustentabilidade de Ecossistemas.

Orientador: Antônio Carlos Leal de Castro

Co-orientador: Odylon Teixeira de Melo

Agência financiadora: CAPES

São Luís

2008

“O mundo tornou-se perigoso porque os homens aprenderam a dominar a natureza antes de se dominarem a si mesmos.”

(Albert Schweitzer)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua graça infinita e por mais uma vitória alcançada. Sem ele simplesmente não teria chegado até aqui.

Ao meu pai Walber, à minha irmã Carla, e especialmente à minha mãe Maria Santana, por toda paciência, força e incentivo a continuar. Não tenho palavras para agradecê-la.

A Renato Almeida, por todo amor, ajuda e compreensão.

Ao professor Antônio Carlos Leal de Castro, pela oportunidade de uma orientação segura, além da sua disponibilidade de tempo, exigência e incentivo, os quais foram cruciais para finalização deste trabalho.

Ao professor Odylon Teixeira de Melo, pela co-orientação, e a Paulo César pelo auxílio nas análises químicas.

Ao coordenador do mestrado, Cláudio Urbano Bittencourt, por suas valiosas sugestões.

Aos professores formadores da banca de qualificação, Gilda Vasconcelos e Marco Valério Cutrim, pelas importantes contribuições em prol da melhoria deste trabalho.

A Leonardo Soares pelas grandes colaborações prestadas durante este estudo.

A Moacyr Rodrigues, Getúlio Morais Júnior, Davi Gomes e Amaral pelo apoio durante os trabalhos de campo e laboratório.

Aos pescadores e moradores do Bacanga pela acessibilidade durante a aplicação dos questionários.

Aos colegas de turma, em especial a Hellen Vinhote, Naíla Arraes e Fernanda Hellena pela amizade e carinho sempre.

À professora Maria José Saraiva, pela constante disponibilidade em ajudar e incentivo.

Ao professor Policarpo, por sempre se mostrar prestativo.

A todos os amigos, especialmente a Areta Pessoa, Angela de Jesus, Marcos Moura, Luana Martins, Luciana Martins, Amanda Madureira, Leonardo Latorre e professores Geras e Humberto, pela presença constante me incentivando a não desistir jamais.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a finalização deste trabalho.

SUMÁRIO

	p.
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Geral	14
2.2 Específicos	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Histórico de ocupação da Bacia Hidrográfica do Bacanga	15
3.2 Sustentabilidade e Qualidade Ambiental	17
3.3 Utilidade dos indicadores ambientais	19
4 METODOLOGIA	24
4.1 Caracterização da área de estudo	24
4.2 Material e Métodos	26
4.2.1 Pesquisa de campo e laboratório	26
4.2.1.1 Variáveis físico-químicas	26
4.2.1.2 Ictiofauna	30
4.2.1.3 Aplicação de questionários	31
4.2.2 Análise e tratamento dos dados	32
4.2.2.1 Análise de componentes principais (ACP)	32
4.2.2.2 Índice de Integridade Biótica (IIB)	32
4.2.2.3 Frequência de Ocorrência da Ictiofauna	33
4.2.2.4 Diversidade, Equitabilidade e Riqueza Ictiofaunística	34
4.2.2.5 Curva de abundância e biomassa (ABC)	35
4.2.2.6 Similaridade ictiofaunística	36
4.2.2.7 Programas computacionais	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1 Variáveis físico-químicas	38
5.2 Dados ictiológicos	46
5.3 Perfil sócio-econômico-ambiental da Bacia Hidrográfica do Bacanga	58

5.3.1 População moradora da bacia	58
5.3.2 Pescadores da bacia	65
5.4 Pesca e Qualidade Ambiental	71
6 CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICES	88
ANEXOS	111

LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1. Pontos de coleta das variáveis físico-químicas na Bacia Hidrográfica do Bacanga	27
Tabela 2. Pontuação de Integridade Biótica, classes e atributos	89
Tabela 3. Pontuações e atributos utilizados na determinação da Integridade Biótica para a comunidade de peixes da bacia hidrográfica do Bacanga	90
Tabela 4. Variáveis ambientais registradas para a bacia hidrográfica do Bacanga, de outubro/2007 a junho/2008	91
Tabela 5. Resultado da análise de componentes principais (ACP) das variáveis físico-químicas coletadas na bacia hidrográfica do Bacanga (outubro/2007 – junho/2008)	44
Tabela 6. Classificação dos peixes registrados na bacia hidrográfica do Bacanga, de outubro/2007 a junho/2008	92
Tabela 7. Número de indivíduos por espécie nos cinco pontos de coleta da ictiofauna e participação relativa total, na bacia hidrográfica do Bacanga, entre outubro/2007 a junho/2008	93
Tabela 8. Peso (g) por espécie nos cinco pontos de coleta da ictiofauna e participação relativa total, na bacia hidrográfica do Bacanga, entre outubro/2007 a junho/2008	94
Tabela 9. Amplitude de variação do comprimento total das espécies por ponto de coleta da ictiofauna da bacia hidrográfica do Bacanga, de outubro/2007 a junho/2008	95
Tabela 10. Representação da frequência de ocorrência e da constância das espécies da ictiofauna por ponto de coleta na bacia hidrográfica do Bacanga, entre outubro/2007 e junho/2008	96
Tabela 11. Índice de diversidade, equitabilidade e riqueza da ictiofauna na bacia hidrográfica do Bacanga, de outubro/2007 a junho/2008	97
Tabela 12. Distribuição espacial do Índice de Integridade Biótica para a	

ictiofauna da bacia hidrográfica do Bacanga em Outubro/2007	97
Tabela 13. Distribuição espacial do Índice de Integridade Biótica para a ictiofauna da bacia hidrográfica do Bacanga em Dezembro/2007	98
Tabela 14. Distribuição espacial do Índice de Integridade Biótica para a ictiofauna da bacia hidrográfica do Bacanga em Fevereiro/2008	98
Tabela 15. Distribuição espacial do Índice de Integridade Biótica para a ictiofauna da bacia hidrográfica do Bacanga em Abril/2008	99
Tabela 16. Distribuição espacial do Índice de Integridade Biótica para a ictiofauna da bacia hidrográfica do Bacanga em Junho/2008	99

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Bacanga	25
Figura 2. Bacia Hidrográfica do Bacanga, com os seis pontos de amostragem	28
Figura 3. Locais de coleta das variáveis físico-químicas na bacia hidrográfica do Bacanga	29
Figura 4. A. Garrafa do tipo “Van Dorn” utilizada na coleta de água para determinação do oxigênio dissolvido; B. Medidor de pH de campo	30
Figura 5. Pescadores realizando coleta do material ictiológico na bacia hidrográfica do Bacanga	31
Figura 6. Comportamento das variáveis físico-químicas, na bacia hidrográfica do Bacanga, de outubro/2007 a junho/2008	43
Figura 7. Análise de componentes principais entre as variáveis físicas e químicas dos locais de coleta na bacia do rio Bacanga (outubro/2007 – junho/2008)	45
Figura 8. Ictiofauna da bacia hidrográfica do Bacanga, coletada entre outubro/2007 a junho/2008	100
Figura 9. Dendrograma de agrupamento da matriz de presença e ausência da ictiofauna do Bacanga	51
Figura 10. Índice de diversidade, riqueza e equitabilidade da ictiofauna na bacia hidrográfica do Bacanga, de outubro/2007 a junho/2008	52
Figura 11. Curva de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os cinco meses de coleta no igarapé do Coelho	53
Figura 12. Curva de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os cinco meses de coleta na Barragem	54
Figura 13. Curva de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os cinco meses de coleta no rio Gapara	54
Figura 14. Curva de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os cinco meses de coleta no igarapé do Jambeiro	55

Figura 15. Curva de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os cinco meses de coleta no igarapé do Mamão	55
Figura 16. Esgotamento sanitário na bacia hidrográfica do Bacanga	59
Figura 17. Destino dado ao lixo pelos moradores na bacia hidrográfica do Bacanga	60
Figura 18. Deposição de lixo a céu aberto na bacia hidrográfica do Bacanga	61
Figura 19. Problemas ambientais observados	62
Figura 20. Sugestões para melhoria da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Bacanga	65
Figura 21. Principais apetrechos de pesca utilizados na bacia hidrográfica do Bacanga	66
Figura 22. A. Tempo que exerce a profissão de pescador; B. Peixes mais pescados na bacia hidrográfica do Bacanga	66
Figura 23. A. Quantidade de dias de realização da atividade pesqueira na semana; B. Quantidade de horas/dia de pescaria na bacia hidrográfica do Bacanga	67
Figura 24. A. Quantidade pescada/dia de pescaria; B. Destino do pescado na bacia hidrográfica do Bacanga	67
Figura 25. A. Pescados vendidos mais caros; B. Renda obtida com a atividade pesqueira na bacia hidrográfica do Bacanga	68
Figura 26. A. Pesca piorou nos últimos anos; B. O que aconteceu com os peixes ao longo dos anos na bacia hidrográfica do Bacanga	69
Figura 27. Problemas ambientais prejudiciais à pesca na bacia hidrográfica do Bacanga	70
Figura 28. Sugestões para melhoria da atividade pesqueira na bacia hidrográfica do Bacanga	71

RESUMO

As pressões advindas do aumento da urbanização têm causado graves prejuízos ambientais. Diante disso, o presente estudo objetivou avaliar a qualidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Bacanga, que representa uma das bacias mais degradadas da ilha de São Luís (Maranhão). O trabalho consistiu em análises de indicadores físico-químicos, biológicos e populacionais. Para realização do mesmo, efetuaram-se coletas bimestrais de água em seis pontos, no período de outubro/2007 a junho/2008, a fim de se caracterizar as seguintes variáveis hidrológicas: profundidade, transparência, temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, material em suspensão e nutrientes (amônia, nitrato e fosfato). Comunidades de peixes foram utilizadas como bioindicadores da qualidade ambiental, sendo as capturas realizadas em cinco pontos no mesmo período de amostragem das variáveis hidrológicas. Questionários foram aplicados à população moradora e aos pescadores da bacia, para caracterização sócio-econômico-ambiental da área. Observou-se que a profundidade é mais elevada nas proximidades da Barragem, enquanto os valores de pH estiveram reduzidos durante o período chuvoso. A transparência e o material em suspensão não revelaram nenhum padrão de variação. A temperatura provavelmente esteve relacionada ao horário das coletas, enquanto a salinidade foi mais elevada nos pontos próximos à foz. A amônia e o fosfato apresentaram altas concentrações no rio das Bicas, enquanto o oxigênio dissolvido revelou os valores mais baixos para esse ponto, o qual consiste em depósito de esgoto da ilha de São Luís. Houve formação de quatro grupos pela análise de componentes principais, sendo que amônia, nitrato, pH, salinidade, profundidade e fosfato foram as variáveis mais representativas. A comunidade ictiofaunística esteve representada por 3.682 indivíduos distribuídos em 36 espécies, sendo estas agrupadas, por similaridade, em três grupos, definidos possivelmente em função do gradiente de salinidade da água. A diversidade não demonstrou padrão definido, não permitindo inferir sobre o estresse ambiental, embora tenham ocorrido valores reduzidos para a mesma. O método ABC classificou o ambiente como “sem perturbação” (igarapé do Coelho), “moderadamente perturbado” (Barragem e Gapara) e “perturbado” (igarapés do Jambeiro e Mamão), enquanto o índice de integridade biótica classificou o ambiente nas categorias de “muito pobre” a “pobre”. O perfil dos moradores da bacia revelou a precariedade dos serviços de esgotamento sanitário e de coleta do lixo, sendo que os problemas mais citados foram: lixo, esgoto, queimadas e desmatamento do mangue. Com relação à caracterização dos pescadores da área, os peixes mais pescados são peixe-prata, tainha, bagre, sardinha e tilápia. A maioria adquire até 5 kg de peixe por dia de pescaria, sendo estes destinados à venda e ao consumo. A renda obtida com a atividade pela maior parte dos entrevistados fica entre R\$ 200,00 e R\$ 400,00. Segundo a maioria deles, a pesca piorou nos últimos anos, sendo a poluição e a barragem os problemas mais prejudiciais à mesma. Como sugestão para melhoria da atividade pesqueira, destacou-se a fiscalização da abertura das comportas da barragem. Apesar da reduzida qualidade ambiental no Bacanga, essa bacia ainda revela importância para os pescadores. Os cenários propostos para a pesca apontam um investimento voltado para a sustentabilidade como alternativa mais viável para o local.

Palavras-chave: Qualidade ambiental. Indicadores ambientais. Ictiofauna. Pesca. Bacanga.

ABSTRACT

Pressures happened of the urbanization's increase have caused serious damages to the environment. Because of this, the present study objectified to evaluate the environmental quality of the Bacanga River Basin, that represents one of the most degraded basins of the São Luís Island (Maranhão). The work consisted in analyses of the physical-chemistries, biological and population indicators. For it accomplishment, bimonthly collections of water were effected in six points, between October/2007 and June/2008, in order to characterize the following hydrological variables: depth, transparency, temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, material in suspension and nutrients (ammonia, nitrate and phosphate). Fish communities were used as environmental quality bioindicators, being realized catches in five points in the same sampling period of hydrological variables. Questionnaires were applied to the living population and the fishermen of the basin, for social, economical and environmental characterization of the area. It was observed that the depth is higher next Barragem, while the pH's values were reduced during the rainy period. Transparency and material in suspension didn't disclose any standard of variation. Temperature was probably related to the collect's time, while the salinity was more raised in the estuary's mouth points. Ammonia and phosphate presented high concentrations in the Bicas river, while the dissolved oxygen disclosed the values lowest for this point, which consist in depositary of sewage of the São Luís Island. Four groups were formed by principal components analyses, being that ammonia, nitrate, pH, salinity, depth and phosphate were the most representative variables. Ichthyofaunistic community was represented by 3.682 individuals distributed in 36 species, which were grouped, for similarity, in three groups, defined possibly in function of the water's salinity gradient. The diversity didn't demonstrate defined standard, and it didn't allow inferring about the environmental stress, even reduced values had occurred for it. The ABC method classified the environment as "without disturbance" (Coelho narrow river), "moderately disturbed" (Barragem and Gapara) and "disturbed" (Jambeiro and Mamão narrow river), while biotic integrity index classified the environment between "very poor" and "poor" categories. Profile of the inhabitants of the basin disclosed the precariousness of the sanitary exhaustion and collection of the garbage services, being that the more cited problems were: garbage, sewage, forest fires and deforestation of mangrove. With regard to the characterization of the area's fishing, the fishes more captured are prata, tainha, bagre, sardinha and tilápia. The majority obtains till 5 kg of fish per day of fishery, being these destined to sale and consumption. Gains obtained with the activity by mostly of the interviewed is between R\$ 200,00 and R\$ 400,00. According to majority of them, fishery got worse in recent years, being the pollution and the barrage the most harmful problems to it. As suggestion for improvement of the fishing activity, it was distinguished inspection of the barrage floodgates opening. Although the reduced environmental quality in the Bacanga, this basin still discloses importance for the fishery. The scenes considered for fisheries indicate an investment directed to the sustainability as more viable alternative to the place.

Key words: Environmental quality. Environmental indicators. Ichthyofauna. Fishery. Bacanga.

1 INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais decorrentes do processo de urbanização têm assumido grande relevância, pois este implica uma grande transformação do meio, levando a uma diminuição da qualidade ambiental. Sabe-se que esta situação surge em função da inexistência de uma incorporação mais efetiva dos fatores naturais como variáveis do planejamento no processo de tomada de decisão urbana.

As pressões originadas da urbanização ocorrem com maior gravidade nas cidades menos desenvolvidas. Em boa parte das áreas urbanas das citadas regiões, aos problemas de superpopulação somam-se os mais altos níveis de degradação ambiental, a falta de recursos financeiros e a inexistência de políticas apropriadas para o enfrentamento das questões relativas a um desenvolvimento urbano com melhores condições ambientais e de vida (MONTEIRO, 1997).

No Brasil, as transformações ocorridas na economia nacional nas últimas décadas tiveram como uma das conseqüências, o aumento do quadro urbano do país. O crescimento da população urbana aconteceu de forma rápida e desordenada, aumentando consideravelmente a pressão sobre os fatores naturais.

No estado do Maranhão, mais precisamente na capital São Luís, esse processo não foi diferente. A cidade cresceu sem planejamento urbano, ocasionando o declínio da qualidade ambiental, sendo a Bacia Hidrográfica do Bacanga um nítido exemplo de ocupação desordenada e sem planejamento.

Observa-se que o contínuo crescimento populacional em áreas de mananciais tem levado os ecossistemas aquáticos a níveis cada vez mais elevados de poluição. Nas últimas décadas, esses ambientes têm sido alterados de maneira significativa em função de múltiplos impactos ambientais advindos desse crescente aumento populacional e de diversas atividades antrópicas.

Sabe-se que os rios são ecossistemas aquáticos que participam de todos os processos ecológicos que ocorrem em sua bacia. Visto que todos os componentes de uma bacia hidrográfica estão interligados e os rios são os veículos dessa integração, uma ação localizada feita em qualquer ponto da bacia pode ser sentida a quilômetros de distância. Dessa forma, ela constitui excelente unidade de planejamento e gerenciamento. Segundo LIMA (2005), a bacia

hidrográfica reflete sistemicamente todos os efeitos de ações e degradações. A identificação da mesma como unificadora dos processos ambientais e das interferências humanas leva à sua adoção como unidade de pesquisa, permitindo a avaliação da qualidade e sustentabilidade ambiental, a partir da análise tanto de fatores físico-químicos, como também biológicos e sócio-econômicos.

Estudar a qualidade ambiental em bacias hidrográficas torna-se necessário, visto que a mesma está intimamente ligada à qualidade de vida da população humana, sendo fundamental para o desenvolvimento sustentável.

Dentre as bacias hidrográficas inseridas em áreas urbanizadas na cidade de São Luís, destaca-se a bacia do Bacanga, a qual vem sofrendo com uma ocupação urbana desde a chegada dos franceses na cidade em 1612. Ela é muito importante devido à sua localização, além da utilização como fonte de suprimento de água potável e outros recursos para a população.

Observa-se que nessa bacia, a ocupação das margens vem se intensificando. Grande parte da área foi ocupada de maneira irregular, o que provocou, ao longo dos anos, o surgimento de bairros sem infra-estrutura e pessoas vivendo sem condições de higiene (RHAMA, 2008). De acordo com a MMT (2007), esta é a bacia da ilha de São Luís com maior densidade populacional (80 habitantes/ha), além de possuir a segunda maior população, perdendo apenas para a bacia do rio Anil.

Apesar disso, o Bacanga tem recebido pouca atenção do ponto de vista de estudos dos ecossistemas, sendo bastante oportuna uma avaliação da qualidade desse ambiente. Alguns poucos dados relacionados à área consistem principalmente em relatórios técnicos, realizados pelo LABOHIDRO (1982, 1983, 1998 e 1999), onde foram feitos estudos referentes a alguns aspectos químicos e biológicos do rio Bacanga.

Sabe-se que as atividades relacionadas ao uso e ocupação do solo em uma bacia são acompanhadas de uma série de alterações na dinâmica dos elementos físicos, químicos, biológicos e antrópicos (as quais são refletidas no corpo d'água), em função da integridade e das complexas interações existentes entre os mesmos. Por isso, esses aspectos devem ser largamente verificados, contribuindo para o manejo sustentável da área.

Dessa forma, pressupõe-se que os usos e a ocupação da bacia hidrográfica do Bacanga causam alterações físicas e químicas no habitat aquático, provocando modificações na

estrutura e nas interações da biota nesse ambiente, afetando as comunidades de peixes, as quais constituem indicadores sensíveis da qualidade ambiental deste ecossistema.

Diante disso, o presente estudo pretende reconhecer o atual “status” da qualidade ambiental na bacia hidrográfica do Bacanga. Sabe-se, porém, que este trabalho apenas proporcionará uma visão parcial da situação real da mesma, sendo necessárias outras pesquisas que venham contribuir com os demais aspectos relevantes, a fim de que se possa ter uma visão mais ampla da realidade do local.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a qualidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Bacanga, São Luís, Maranhão, através de indicadores físico-químicos, biológicos e populacionais, gerando subsídios para a gestão e planejamento ambiental sustentável da mesma.

2.2 Específicos

- Avaliar composição, frequência de ocorrência, diversidade, equitabilidade e riqueza da ictiofauna, além de determinar a similaridade entre os pontos de coleta da comunidade de peixes;
- Aplicar o método de comparação de abundância/biomassa (ABC) para a ictiofauna;
- Determinar o Índice de Integridade Biótica, utilizando a comunidade íctica;
- Avaliar as características físico-químicas da água;
- Caracterizar as populações humanas moradoras e os pescadores da bacia, enfocando aspectos sócio-econômicos e ambientais.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Histórico de ocupação da Bacia Hidrográfica do Bacanga

Desde a chegada dos colonizadores europeus à ilha de São Luís, esta vem sendo ocupada de maneira desordenada, desencadeando rápidas transformações. Porém, foi a partir do ano de 1970 que ela experimentou um exacerbado crescimento, devido à ausência de perspectiva de trabalho no meio rural decorrente de um intenso processo de desorganização da estrutura fundiária e da pequena produção agrícola (FETAEMA, 2003 *apud* TEIXEIRA & TEIXEIRA, 2005). Tal expansão, ocorrida sem qualquer planejamento, comprometeu a estrutura e o funcionamento dos mais expressivos corpos d'água da rede hidrográfica da ilha (TEIXEIRA & TEIXEIRA, 2005), como os pertencentes às bacias do rio Anil e do rio Bacanga.

Na cidade de São Luís, o crescimento populacional era condicionado pela topografia e proximidade com o centro histórico e corpos d'água, favorecendo assim, a ocupação da bacia do Bacanga (COELHO, 2006). A centralidade desta permitiu que o principal rio que a constitui (rio Bacanga) sofresse, desde o período de colonização até a atualidade, grandes transformações ambientais (TEIXEIRA & TEIXEIRA, 2005).

O rápido e desordenado crescimento do município de São Luís vem causando elevadas alterações na vegetação nativa, em particular na bacia em estudo. Durante muito tempo essa bacia vem sofrendo com constantes mudanças. A ocupação das margens é consequência de uma expansão demográfica, que em sua maioria, produz apropriações de suas áreas baixas, como manguezais e matas secundárias (OLIVEIRA, 2008).

O Governo Estadual do Maranhão construiu, na década de setenta, uma barragem com comportas na foz do rio Bacanga. Essa intervenção criou um lago salino, modificando o estuário do rio, e trouxe à superfície terras anteriormente submersas, inclusive boa parte dos manguezais, que foram subsequentemente ocupados por habitações informais, onde os moradores estão sujeitos a problemas sérios de drenagem e esgotos devido ao alto nível dos aquíferos. Atualmente, as comportas da barragem precisam de reparos e são mal operadas, impedindo a passagem da água durante as chuvas intensas, causando inundações nos assentamentos informais à beira do lago. A irregularidade na abertura das comportas resulta na falta de troca de águas, o

que compromete significativamente a capacidade do lago de assimilar a matéria orgânica, agravando a degradação da qualidade da água. Associada à poluição doméstica e industrial, essa situação aumenta a concentração de substâncias que contaminam os peixes capturados no local.

Existem várias versões com relação à justificativa para a construção da barragem, conforme relatado na “Revisão e Aprofundamento do Diagnóstico Técnico-Operacional do Sistema de Drenagem das Águas Pluviais Urbanas”, onde são mencionadas: a geração de energia, a redução da distância ao Porto de Itaqui de 36 km para 9 km, e a formação do lago artificial para auxiliar no processo de urbanização e de saneamento da cidade. Entretanto, o fato é que a sua presença interfere na dinâmica do fluxo de água do lago para o mar e vice-versa (MMT, 2007).

Segundo alguns estudos, a atividade agrícola localizada de forma desconcentrada ao sul da bacia, certamente foi um dos primeiros estágios de ocupação da mesma, abrindo mais tarde espaço para a urbanização. Observa-se atualmente que o processo de ocupação mais intenso na área se dá pela margem direita do rio Bacanga (à jusante e imediatamente à montante da barragem). A urbanização da sua margem esquerda está associada à construção da barragem no local (ALMEIDA, 1998).

Quanto aos assentamentos industriais na bacia, a maior intervenção foi a instalação do pátio de manobra ferroviária da Companhia Vale, que está localizada na margem esquerda do curso superior do rio Bacanga. Outras ocupações correspondem a micro e pequenas empresas, como as de confecções, madeireiras, metalúrgicas, dentre outras (SEMATUR/CVRD, 1992).

A bacia do Bacanga abriga duas unidades de conservação (UC's): o Parque Estadual do Bacanga (criado pelo Decreto Estadual nº 7.545/1980) e a Área de Proteção Ambiental (APA) do Maracanã (criada pelo Decreto Estadual nº 12.103/1991).

O Parque Estadual do Bacanga possui nos seus limites, além de todo potencial biótico, construções antigas que datam do século XVIII, a exemplo do Sítio do Físico. Este se localiza na margem direita do Rio Bacanga, sendo possível observar as ruínas remanescentes de um dos maiores complexos industriais do Maranhão (RIBEIRO, 2003), encontrado próximo a extensos manguezais, que forneciam o tanino utilizado no processo de curtição de couro (TEIXEIRA & TEIXEIRA, 2005).

Poucos trabalhos foram realizados na bacia do Bacanga como um todo, sendo que a grande maioria trata principalmente do Parque Estadual localizado na área, destacando-se alguns, como o realizado por ROCHA (2003), que se propôs a identificar os principais impactos ocorrentes nesse local, sugerindo medidas mitigadoras para os mesmos. PINHEIRO-JÚNIOR (2006) realizou estudo com objetivo de subsidiar a gestão ambiental desse Parque, utilizando geotecnologias. BITTENCOURT (2008) fez uma análise das condições da área, atrelada a uma investigação da consciência ambiental da população residente do Parque e do entorno do mesmo.

Na APA do Maracanã destaca-se principalmente o trabalho realizado por NASCIMENTO (2004), o qual pretendeu contribuir para o plano de manejo desta UC.

Recentemente foi implantado na bacia um programa de recuperação ambiental e melhoria da qualidade de vida no local. Este se estruturou em eixos de ação urbanístico, sócio-econômico, ambiental e institucional e está sendo financiado pela prefeitura de São Luís e Banco Mundial – BIRD. A implantação do programa se constitui numa estratégia de atuação preventiva no ordenamento do uso do solo, preservação dos recursos ambientais remanescentes e recuperação físico-ambiental da bacia. Engloba ações de urbanização, drenagem, pavimentação, educação ambiental, re-assentamentos decorrentes das intervenções de infra-estrutura, ações de reabilitação de áreas degradadas e de desenvolvimento econômico e social (MMT, 2007).

3.2 Sustentabilidade e Qualidade Ambiental

Nas últimas décadas, principalmente a partir do final do ano de 1960 e início de 1970, a ocorrência de inúmeros problemas ambientais nas escalas local, regional e mundial trouxe para o centro das discussões a necessidade de se encontrar modos de garantir o bem-estar de indivíduos e sociedades sem comprometer a qualidade do meio ambiente. Anteriormente, predominava a idéia de que o progresso de uma sociedade dependia somente do seu grau de desenvolvimento econômico (MATOS, 2005). Porém, com a intensificação dos problemas ambientais, essa concepção foi questionada (NOBRE & AMAZONAS, 2002). É a partir desse período que começa a ganhar força a idéia de desenvolvimento sustentável.

De acordo com RUSCHEINSKY (2004), o termo “sustentabilidade” começou a ser usado pelos ecologistas modernos nos anos 80. O conceito mais divulgado e utilizado

atualmente é o do Relatório de Brundtland – Nosso Futuro Comum – da ONU: “O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (BIDONE & MORALES, 2004).

A Conferência ECO-92, realizada cinco anos após o “Relatório de Brundtland”, aprovou a Agenda 21. Este documento gerado pelo evento contribuiu para a difusão e ampliação das discussões em relação ao termo Desenvolvimento Sustentável (SILVA, 2002), levando a uma reflexão sobre a qualidade ambiental sustentável. Assim, ganhou força a percepção de que a qualidade de vida dos indivíduos não pode ser dissociada da qualidade do ambiente em que estes vivem, com o qual interagem e do qual dependem para sobreviver (FREY, 2001). Segundo RUSCHEINSKY (2004), sustentabilidade ambiental é inseparável das questões e da sustentabilidade econômica e social.

Conforme ORTH (2001), a qualidade ambiental pode ser definida como uma adequação ao uso dos recursos naturais direcionando os caminhos favoráveis à vida dos seres que habitam um mesmo ambiente.

Devido às constantes discussões sobre o assunto nos últimos anos, alguns trabalhos têm sido realizados no mundo todo, inclusive no Brasil, enfocando a qualidade ambiental. MONTEIRO (1997) realizou um trabalho cujo objetivo era efetuar uma análise dos efeitos ambientais produzidos pelas atividades que são desenvolvidas no território urbano de Corumbá, em Mato Grosso do Sul, uma cidade situada dentro da bacia hidrográfica do Alto Paraguai, na planície do Pantanal Mato-grossense. Esse estudo traz algumas contribuições para a discussão dos problemas ambientais, em particular dos que ocorrem nas cidades, afetando a qualidade ambiental e de vida da população.

MATOS (2005) avaliou a qualidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Piçarrão, em São Paulo, embasando-se teoricamente nos paradigmas da complexidade e da sustentabilidade e utilizando indicadores como procedimento metodológico. LIMA (2007) abordou esse assunto em estudo realizado ao sul do estado de Goiás, no município de Morrinhos, propondo inclusive um índice de qualidade ambiental.

No estado de Santa Catarina, destacam-se alguns trabalhos. SILVA (2002), por exemplo, propôs um estudo na bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, um dos principais

atrativos turísticos de Florianópolis, visando analisar a qualidade ambiental urbana frente ao processo de expansão populacional acelerado e desordenado, utilizando como indicadores a densidade, o uso e a ocupação do solo. Outro estudo realizado nesse estado foi o de MARCOMIN (2002), o qual avaliou o comprometimento ambiental da bacia hidrográfica do rio Pinheiros, com base na caracterização e diagnóstico dos elementos da paisagem.

O Maranhão é um estado deficiente em termos de estudos enfocando essa temática, sendo, portanto, de grande importância que os mesmos sejam realizados.

3.3 Utilidade dos indicadores ambientais

Os indicadores consistem em informações que facilitam a compreensão dos dados, melhorando a qualidade de uma pesquisa. Segundo GARCIA (1999), entende-se por “indicador” aquela informação que explicita o atributo que permite a qualificação das condições, enquanto “índice” consiste no parâmetro que mede o indicador, atribuindo-lhe valores numéricos. Para SHIELDS et al. (2002), o uso de indicadores é uma ação bastante útil e recomendada para subsidiar tomada de decisões visando a sustentabilidade. De acordo com BELLEN (2005), eles simplificam as informações sobre fenômenos complexos, tentando melhorar com isso, o processo de comunicação.

Para a criação e aplicação de indicadores de qualidade ambiental, é preciso compreender os elementos e processos que compõem o sistema ambiental, como eles se relacionam e influenciam essa qualidade, levando-se em consideração os aspectos físico-naturais e sócio-econômicos (NIEMEIJER, 2000). A sistematização e simplificação das informações propiciada pelos indicadores de qualidade ambiental facilitam a modelagem do sistema ambiental e o entendimento de sua organização espacial, bem como auxiliam na tomada de decisões sobre ações a serem desencadeadas para melhoria da qualidade ambiental e promoção da sustentabilidade. Esse instrumento se torna de fundamental importância principalmente em grandes centros urbanos, nos quais as interações entre os fatores que afetam a qualidade ambiental são bastante complexas e as informações necessárias para subsidiar o planejamento ambiental devem ser apresentadas de maneira a permitir a participação e o diálogo entre os

diferentes segmentos da sociedade envolvidos na busca da sustentabilidade do ambiente urbano (MATOS, 2005).

O uso de indicadores vem crescendo na sociedade, auxiliando na tomada de decisões e sinalizando o estado de um aspecto ou a condição de uma variável, o que proporciona uma comparação das diferenças observadas no tempo e no espaço (ENGECORPS, 2005).

Os indicadores ambientais são definidos como medidas físicas, químicas, biológicas ou sócio-econômicas que melhor representam os elementos-chave de um ecossistema complexo (WARD et al., 1998). Devem ter a capacidade de tornar perceptível um fenômeno que não é detectável naturalmente, pelo menos de imediato, sendo distinto de um dado estatístico ou primário, embora possa ser representado de forma gráfica ou estatística (BIDONE & MORALES, 2004). Eles têm um significado bem conhecido e podem ser mensurados regularmente, produzindo dessa forma, informações valiosas sobre aspectos importantes do ambiente (ANZECC, 2000).

Entretanto, avaliar a qualidade ambiental utilizando indicadores não é tarefa tão simples, havendo necessidade de uma prévia seleção dos mesmos. GUZZO (2002) realizou estudo sobre indicadores de qualidade de água para bacias hidrográficas, discutindo trinta destes e selecionando os quinze mais importantes, disponibilizando um importante instrumento para gestão da qualidade ambiental de bacias. LOPES et al. (2005) selecionaram indicadores para gestão da bacia hidrográfica do Córrego Rico, em Jaboticabal, São Paulo. Nesse trabalho foram feitas coletas de água em quatro pontos entre a nascente e o ponto de captação para abastecimento, para posterior análise, sendo desenvolvido um diagnóstico.

WOOTON (1990) ressalta que o uso de indicadores vem sendo feito através da análise de parâmetros físicos e químicos da água, como o oxigênio dissolvido, a condutividade, o pH, a temperatura, a salinidade e a turbidez. Porém, em se tratando da qualidade da água, observamos que esses parâmetros geralmente são empregados com um enfoque voltado ao consumo humano, estabelecendo valores que demonstram os níveis de potabilidade, mas não se preocupando, necessariamente, com a manutenção da biota aquática. Além disso, somente o uso destes parâmetros não é suficiente para retratar a realidade de um ambiente, necessitando de indicadores biológicos para serem mais eficientes (WOOTON, 1990; CASTRO & CASATTI, 1997; SMITH et al., 1997). Segundo FAUSCH et al. (1990), devido a perturbações antrópicas

freqüentemente agirem de maneira complexa, seus efeitos em ecossistemas aquáticos raramente podem ser avaliados utilizando-se apenas variáveis físico-químicas como medidas indiretas de integridade biológica. Dessa forma, faz-se necessário o uso de bioindicadores.

O monitoramento de variáveis físicas e químicas traz algumas vantagens na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, tais como: identificação imediata de modificações nas propriedades físicas e químicas da água, detecção precisa da variável modificada e determinação destas concentrações alteradas. Entretanto, este sistema apresenta algumas desvantagens, tais como a descontinuidade temporal e espacial das amostragens. A amostragem de variáveis físicas e químicas fornece somente uma fotografia momentânea do que pode ser uma situação altamente dinâmica (WHITFIELD, 2001). Em função da capacidade de autodepuração e do fluxo unidirecional de ecossistemas lóticos, os efluentes sólidos carregados por drenagens pluviais para dentro de ecossistemas aquáticos podem ser diluídos (dependendo das concentrações e tamanho do rio) antes da data de coleta das amostras ou causarem poucas modificações nos valores das variáveis. Além disso, o monitoramento físico e químico da água é pouco eficiente na detecção de alterações na diversidade de habitats e microhabitats e insuficiente na determinação das conseqüências da alteração da qualidade de água sobre as comunidades biológicas. Por outro lado, as comunidades biológicas refletem a integridade ecológica total dos ecossistemas, integrando os efeitos dos diferentes agentes impactantes e fornecendo uma medida agregada dos impactos (BARBOUR et al., 1999).

As comunidades biológicas de ecossistemas aquáticos são formadas por organismos que apresentam adaptações evolutivas a determinadas condições ambientais e apresentam limites de tolerância a diferentes alterações das mesmas (ALBA-TERCEDOR, 1996). Desta forma, o monitoramento biológico constitui-se como uma ferramenta na avaliação das respostas destas comunidades a modificações nas condições ambientais originais, tendo como base a utilização de bioindicadores de qualidade de água e habitat (BARBOUR et al., 1999).

CANIL (2006) fez uma avaliação de indicadores ambientais utilizados no gerenciamento de bacias hidrográficas, tendo a bacia do Rio Humber, em Toronto (Canadá), como objeto de estudo. Nesse local foram utilizados indicadores como cobertura vegetal, sólidos em suspensão, poluentes orgânicos, comunidades de peixes, dentre outros.

A comunidade de peixes apresenta numerosas vantagens como organismos indicadores, citando dentre estas, a disponibilidade de informações sobre o ciclo de vida de grande número de espécies e por incluir uma variedade de níveis tróficos (onívoros, herbívoros, insetívoros, planctívoros, carnívoros), compreendendo alimentos tanto de origem aquática como terrestre. A posição dos peixes no topo da cadeia alimentar em relação a outros indicadores de qualidade de água favorece uma visão integrada do ambiente aquático. Além disto, são relativamente fáceis de serem identificados, e situações críticas, como mortalidade de peixes, podem ser informadas pelo público em geral, o que pode chamar atenção para alterações nas condições de qualidade de água dos ambientes (ARAÚJO, 1998).

Sabe-se que variações na composição das comunidades de peixes estão relacionadas com a estrutura de seus habitats e disponibilidade de alimento, possibilitando o uso do grupo como bioindicador e auxiliando no diagnóstico das condições dos ecossistemas aquáticos (BIGOSSO et al., 2004). Assim, as características da comunidade íctica num determinado corpo d'água dão indícios da situação ambiental do local, servindo como subsídio técnico-científico para utilização em programas de avaliação da qualidade ambiental de uma determinada bacia, como se pretende no presente estudo.

Para auxiliar nas análises de bioindicação de ecossistemas aquáticos, é comum o emprego de índices de riqueza de espécies, diversidade e equitabilidade, bem como o índice de integridade biótica (este ainda não muito utilizado no Brasil). Todos estes possuem vantagens e desvantagens de aplicação.

Os índices de riqueza, diversidade e equitabilidade foram amplamente utilizados e, desta forma, a metodologia é largamente conhecida, existindo muitos trabalhos prévios acerca de aspectos teóricos e propriedades estatísticas. A riqueza de espécies e a equitabilidade são matematicamente relacionadas com a diversidade (PEET, 1974), e desta forma, os índices de diversidade tornam-se de difícil interpretação. Além disso, os índices de diversidade e a equitabilidade incorporam pouca informação biológica, o que restringe severamente seus usos em análises ambientais detalhadas (BIZERRIL & COSTA, 2001).

Muitas pesquisas já foram realizadas utilizando peixes como bioindicadores, empregando índices para avaliação da estrutura da comunidade. No Brasil, alguns trabalhos no estado do Paraná, utilizando índices de diversidade para a comunidade íctica merecem destaque.

CUNICO et al. (2006), por exemplo, fizeram uma relação entre a urbanização e as assembléias de peixes em córregos do município de Maringá, utilizando esses índices. FALCÃO et al. (2008) utilizaram características da comunidade íctica para avaliar a qualidade ambiental no complexo estuarino de Paranaguá. Destacam-se também nesse estado, os trabalhos de VIEIRA & SHIBATTA (2007), realizado em Londrina; e de OTERO et al. (2006), o qual identificaram alterações em atributos da ictiofauna que pudessem refletir impactos antropogênicos ao longo de uma área com diferentes níveis de ocupação humana nas baías de Antonina e Paranaguá.

Outra metodologia utilizada para avaliação da qualidade ambiental é a aplicação do Índice de Integridade Biótica (IIB). KARR (1981) descreveu, pela primeira vez, uma avaliação de integridade biótica utilizando a comunidade de peixes. Este método tem sido, a partir desse modelo inicial, adaptado em diferentes regiões, visto que os ambientes e a ictiofauna são diferenciados e peculiares para cada local. No trabalho de KARR (1981) é descrita uma rotina de monitoramento das fontes de água usando os peixes, o que pode rapidamente e a um baixo custo servir como uma abordagem exploratória da qualidade ambiental.

Esse índice de avaliação ambiental tem sido utilizado em alguns países. HOCCUTT et al. (1994) propuseram uma base biológica de avaliação da qualidade da água no rio Kavango, na África, adaptando o IIB inicialmente proposto por KARR (1981). DEEGAN et al. (1997) desenvolveram um índice de integridade biótico estuarino utilizando peixes na baía de Buttermilk, no sul de Massachusetts, Estados Unidos. Na costa norte do Caribe, RODRÍGUEZ-OLART et al. (2006) realizaram estudos de integridade biótica das comunidades de peixes, usando essa metodologia, fazendo uma relação com os gradientes ambientais.

No Brasil, o primeiro trabalho a utilizar o IIB foi realizado por ARAÚJO (1998), no rio Paraíba do Sul, estado do Rio de Janeiro, adaptando a metodologia de KARR (1981) para as condições ambientais locais. No país, a maioria das pesquisas que utilizaram esse índice em comunidades de peixes foi realizada em água doce. Porém, SOUSA (2003) criou o IIB para o estuário do rio dos Cachorros e estreito dos Coqueiros, no estado do Maranhão, adaptando-o às condições ambientais da ilha de São Luís. SANTOS (2007) também adaptou esse índice para o ambiente estuarino, criando o Índice de Integridade Biótica Estuarino para a Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro.

Em São Paulo os seguintes trabalhos utilizando o IIB em comunidades de peixes podem ser destacados: MARCIANO et al. (2004), na bacia do rio Sorocaba; e FERREIRA & CASATTI (2006), em um córrego na bacia do alto rio Paraná.

No estado do Paraná também existem trabalhos com esse enfoque, citando-se o realizado por BASTOS & ABILHOA (2004), os quais trabalharam em riachos urbanos da bacia hidrográfica do rio Belém, onde o índice demonstrou ser um eficiente mecanismo de monitoramento ambiental.

No estado do Maranhão, além do trabalho de SOUSA (2003) citado anteriormente, foi efetuado por SOARES (2007) um estudo utilizando o IIB ao longo do rio Paciência.

Os trabalhos já realizados revelam a grande utilidade do emprego de indicadores para análise da qualidade ambiental, sendo importante ferramenta para avaliação da sustentabilidade e gestão ambiental.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

O Estado do Maranhão está localizado na faixa de transição entre o clima equatorial e tropical. São Luís, capital do estado, situa-se na ilha homônima, no Atlântico Sul. O clima da ilha de São Luís, segundo a classificação proposta por Köppen, é tropical do tipo AW, com temperaturas médias entre 19°C e 28°C, pluviosidade média pouco abaixo de 2.000 mm/ano e duas estações bem definidas, chuvosa (janeiro-junho) e seca (julho-dezembro). A umidade relativa do ar apresenta média anual na faixa entre 75 a 90% (MMT, 2007; RHAMA, 2008).

São Luís possui área territorial de 827 km² e 957.515 habitantes (IBGE, 2008), e consiste na principal cidade da Região Metropolitana da Grande São Luís. Essa região é composta pelos municípios de São José de Ribamar, Raposa, Paço do Lumiar e São Luís, que juntos perfazem uma população de, aproximadamente, 1,3 milhões de habitantes (RHAMA, 2008).

Além de posição geográfica privilegiada, o município de São Luís possui inúmeros rios, riachos e cobertura vegetal de grande diversidade, características estas que lhe atribuem importância ecológica. Tais fatores criaram condições para a formação de um litoral especialmente recortado, com várias pequenas reentrâncias e igarapés.

A área específica do estudo consiste na bacia hidrográfica do Bacanga, a qual está situada na porção noroeste da ilha de São Luís – MA e inserida nas coordenadas de $2^{\circ} 32' 26''$ – $2^{\circ} 38' 07''$ S e $44^{\circ} 16' 00''$ – $44^{\circ} 19' 16''$ W, possuindo uma área de aproximadamente 110 km². Limita-se ao norte com a baía de São Marcos e com a bacia do Anil; ao sul, com a chapada do Tirirical; a leste, com as bacias do Anil, Paciência e Cachorros; e a Oeste, com a bacia do Itaqui (MMT, 2007) (Figura 1). É importante dizer que o estudo ocorreu apenas nos trechos médio e inferior da bacia, devido à maior facilidade de acesso e à maior ocupação humana nesses locais.

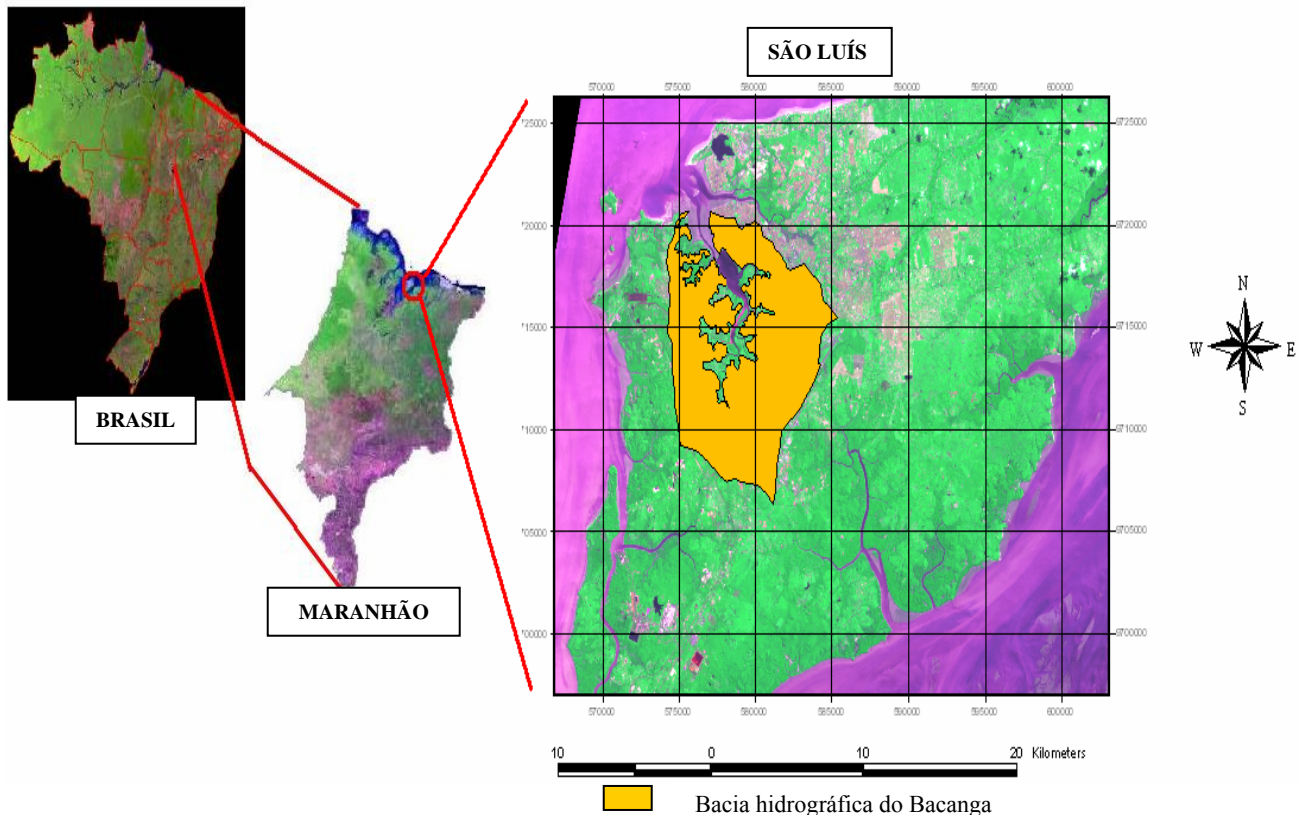


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Bacanga (imagem SPOT-1995).

O rio Bacanga é o principal componente hidrológico da bacia do Bacanga. Tem suas nascentes difusas em bairros próximos à região do Maracanã, percorrendo uma distância de aproximadamente 22 km entre estas e a barragem construída na sua foz, a qual interliga o centro

histórico da cidade de São Luís ao bairro do Anjo da Guarda e outros bairros adjacentes a este. O rio Gapara e o rio das Bicas constituem alguns dos mais importantes afluentes desse rio.

O Bacanga é um rio que apresenta um curso de pequeno porte, onde a participação das águas doces é a mínima possível, devido à influência das marés, que possuem grandes amplitudes. A barragem no local ocasionou a formação de um “lago”, que é explorado por uma boa parcela da população que vive em torno do mesmo (MMT, 2007).

Apesar da pressão exercida pela ocupação urbana informal, a bacia do Bacanga ainda possui grande cobertura vegetal, consistindo em uma área importante em termos de atividade econômica, bem como de recursos naturais e humanos. A área abriga o centro histórico da cidade, a principal região industrial, o Parque Estadual do Bacanga (onde está localizado o reservatório que produz 10% da água potável de São Luís) e a Área de Proteção Ambiental do Maracanã (criada como área de tamponamento da expansão urbana e industrial), bem como um alto percentual da população de baixa renda do município.

4.2 Material e Métodos

O trabalho consistiu em análises das variáveis físico-químicas da água e avaliação da composição e estrutura da comunidade de peixes, além de caracterização sócio-econômico-ambiental da população moradora e dos pescadores da bacia do rio Bacanga.

4.2.1 Pesquisa de campo e laboratório

4.2.1.1 Variáveis físico-químicas

O período de amostragem para as variáveis físico-químicas consistiu nos meses de outubro e dezembro de 2007, e fevereiro, abril e junho de 2008. As amostragens foram feitas no turno da manhã, em seis pontos, os quais foram definidos em função das características gerais da área e das variáveis hidrográficas localizadas ao longo do curso d'água (Tabela 1; Figuras 2 e 3). Para caracterização hidrológica da área, além de amostras de água foram efetuadas também observações *in loco*, determinando-se, dessa forma, as seguintes variáveis: profundidade,

transparência, temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), salinidade, material em suspensão, e nutrientes (amônia, nitrato e fosfato).

Tabela 1. Pontos de coleta das variáveis físico-químicas na bacia hidrográfica do Bacanga, de outubro/2007 a junho/2008.

Ponto	Descrição
Barragem 02° 32.841' S 44° 18.082' O	Área localizada no "lago" formado pela barragem existente no local. As proximidades desse ponto correspondem a algumas das regiões mais urbanizadas da bacia. Muitas casas foram construídas à beira do rio, em áreas baixas. No período chuvoso, quando não ocorre abertura das comportas da barragem, essas casas ficam inundadas. Além das casas, as margens também são caracterizadas por vegetações de mangue.
Rio das Bicas 02° 33.132' S 44° 17.205' O	É a área mais exposta à degradação ambiental e a mais poluída por estar circundada pelos bairros da Coheb, Sacavém, parte do Parque dos Nobres, Timbiras e Pindorama, além dos bairros de invasão do Coroadinho e parte do Coroadó. Nesse local, ocorre descarga de grande parte dos esgotos da cidade.
Igarapé do Jambreiro 02° 33.882' S 44° 18.031' O	Evidencia-se nesse ponto, grande influência urbana, com muitas casas localizadas às margens do curso d'água, as quais têm substituído cada vez mais as vegetações de mangue.
Igarapé do Coelho 02° 34.298' S 44° 16.880' O	Apresenta um acentuado estágio de degradação ambiental devido à proximidade com as zonas urbanas, principalmente do Parque Timbiras e do bairro do Coroadó. Encontra-se nas suas proximidades o Sítio do Físico. A cobertura vegetal é constituída predominantemente por capoeira baixa, além de pequenas áreas de cultivo.
Rio Gapara 02° 35.026' S 44° 18.177' O	Possui poucas residências nas suas margens. Alguns locais, porém, encontram-se bastante desmatados, em função do cultivo de arroz, que é plantado pela comunidade próximo à desembocadura desse rio.
Igarapé do Mamão 02° 34.998' S 44° 17.253' O	Área localizada nas proximidades do Parque Estadual do Bacanga, caracterizada, portanto, por apresentar poucas habitações. Observa-se, contudo, pequenas áreas de cultivo.



Fonte: Google Earth (2007)

Figura 2. Bacia Hidrográfica do Bacanga, com os seis pontos de amostragem.

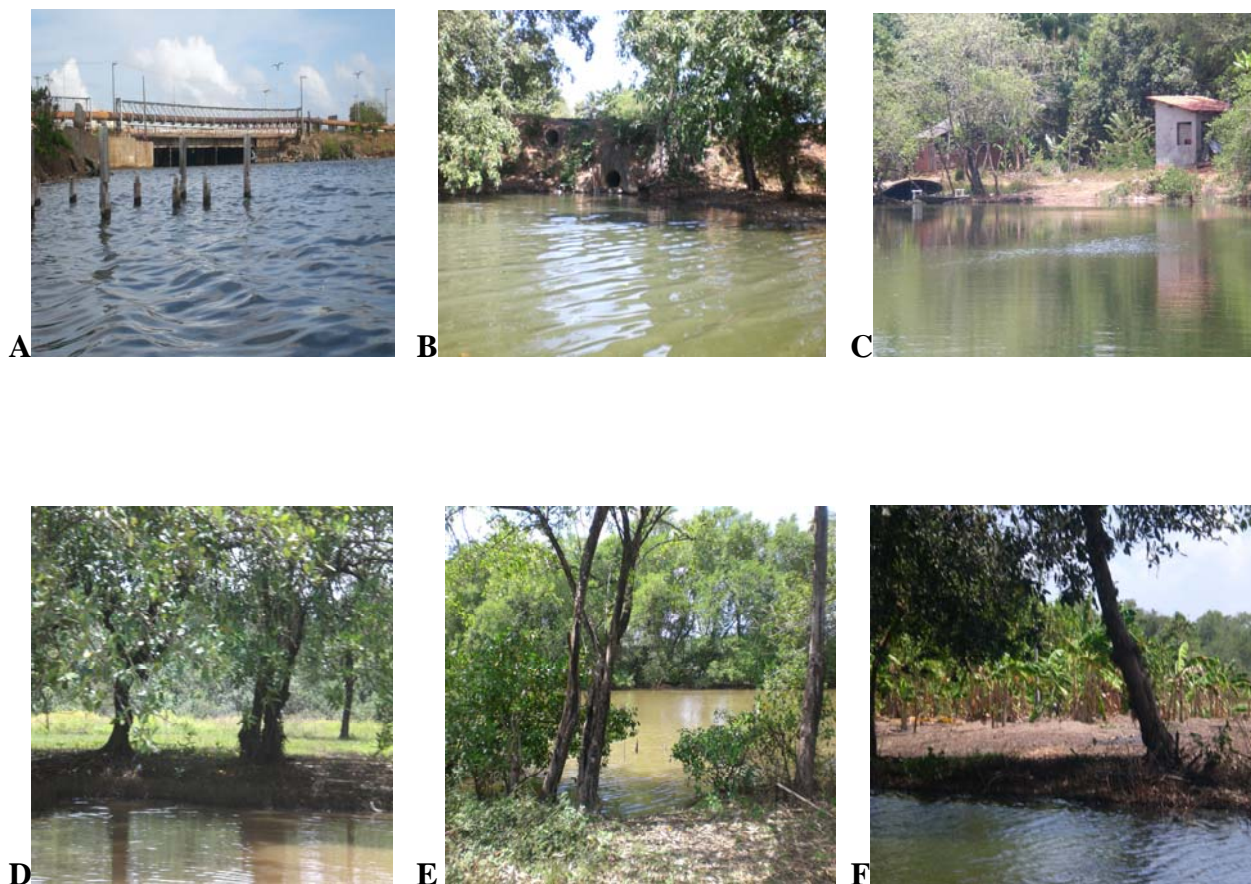


Figura 3. Locais de coleta das variáveis físico-químicas na bacia hidrográfica do Bacanga. **A.** Barragem; **B.** Rio das Bicas; **C.** Igarapé do Jambeiro; **D.** Igarapé do Coelho; **E.** Rio Gapara; **F.** Igarapé do Mamão.

A profundidade, a transparência e a temperatura foram medidas no local de amostragem com uso de fio de prumo, disco de Secchi e termômetro de campo, respectivamente. As amostras de água para determinação do oxigênio dissolvido foram tomadas com um amostrador do tipo “Van Dorn”, fixadas e acondicionadas em frascos protegidos dos raios solares. Para medição do pH foi utilizado um medidor de campo, enquanto as amostras para determinação das outras variáveis foram coletadas e armazenadas em frascos de polietileno de 1litro, colocadas dentro de uma caixa de isopor com gelo, a fim de minimizar a ação bacteriana e as reações químicas até a chegada ao Laboratório de Química do LABOHIDRO (Laboratório de Hidrobiologia da UFMA), para as análises necessárias. Cabe dizer que as coletas da água foram realizadas na sub-superfície (Figura 4).

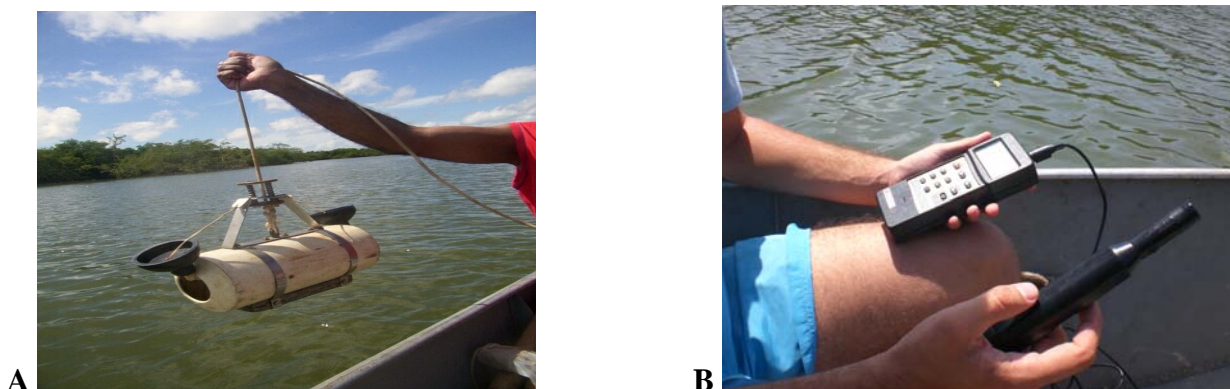


Figura 4. A. Garrafa do tipo “Van Dorn” utilizada na coleta de água para determinação do oxigênio dissolvido; **B.** Medidor de pH de campo.

Para determinação da salinidade foi utilizado o método químico de Mohr-Knudsen, enquanto para quantificação do material em suspensão utilizou-se o método gravimétrico, ambos descritos por AMINOT & CHAUSSEPIED (1983). A determinação do oxigênio dissolvido foi feita através do método químico (WINKLER, modificado por GOLTERMAN et al., 1978). Com relação à análise dos nutrientes, para o fosfato foi utilizado o método de MURPHY & RILEY (1962), para a amônia utilizou-se o método do azul de indofenol, e para o nitrato foi realizado o método da redução quantitativa sobre a coluna de cádmio (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983).

4.2.1.2 Ictiofauna

Foram realizadas coletas da ictiofauna por pescadores da área no mesmo período de amostragem das variáveis hidrológicas, assim como nos mesmos pontos, exceto no rio das Bicas. Explica-se a ausência de coleta da ictiofauna nesse local, pela falta de peixes nesse ponto. Através de uma amostragem prévia, verificou-se este fato, além da inviabilidade de realização do trabalho por pescadores nessa área, visto que estes teriam contato com água completamente contaminada por esgotos. Porém, a coleta das variáveis hidrológicas nessa localidade justifica-se pelo fato desta consistir em uma região depositária de grande quantidade de esgotos da bacia, importante, portanto, para o diagnóstico da situação.

As capturas do material biológico ocorreram com uso de redes de emalhar do tipo malhadeira (com malhas de 18, 20, 25 e 40 mm entre-nós adjacentes), com um esforço de pesca

de 12 horas (Figura 5). Após as coletas, os peixes foram acondicionados em sacos plásticos etiquetados com informações do tipo: local de amostragem, data e horário da captura, etc. Em seguida foram colocados em caixas de isopor contendo gelo e transportados para o Laboratório de Ictiologia do LABOHIDRO, onde foram identificadas as espécies e determinadas suas características biométricas. Paralelamente foram observados aspectos da anatomia externa para eventual detecção de anomalias, tumores, deformações ou outras doenças; e interna, para avaliação morfológica das estruturas do trato digestivo e reconhecimento do hábito alimentar (analisando-se a morfologia do estômago e o espaço que ele ocupa na cavidade abdominal, a morfologia dos dentes faríngeos e suas disposições e a morfologia do intestino, assim como a forma dos rastros branquiais).

Para classificação quanto ao hábito alimentar, foram analisados os estômagos dos peixes, enquanto para classificar as espécies de acordo com a tolerância e categoria bioecológica foram utilizados os trabalhos de SOARES (2007) e CASTRO (1997), respectivamente.



Figura 5. Pescadores realizando coleta do material ictiológico na bacia hidrográfica do Bacanga.

4.2.1.3 Aplicação de questionários

A fim de se avaliar os aspectos sociais, econômicos e ambientais na área, foram aplicados questionários semi-estruturados à população moradora da bacia (APÊNDICE 1), nas proximidades dos pontos de coleta das variáveis físico-químicas, exceto nas adjacências do igarapé do Mamão (devido ao número muito reduzido de casas no local). Para aplicação destes, partiu-se do pressuposto de que a partir da não variabilidade das respostas dadas, a amostra seria considerada suficiente. Assim, chegou-se a um total de 80 questionários aplicados.

Também foram aplicados 50 questionários aos pescadores locais (APÊNDICE 2), a fim de se avaliar a interferência de fatores ambientais sobre a pesca. Para isso, foi utilizada a mesma metodologia usada na aplicação dos questionários à população.

Os questionários constaram principalmente de itens relacionadas à caracterização do entrevistado, estrutura familiar, caracterização do domicílio (no caso dos moradores), interferência sobre o ambiente, caracterização da atividade pesqueira (no caso dos pescadores) e percepção ambiental.

Foram também realizadas observações no local, além de registros fotográficos.

4.2.2 Análise e tratamento dos dados

4.2.2.1 Análise de componentes principais (ACP)

As variáveis hidrológicas foram submetidas à análise de componentes principais, a qual consiste em uma técnica estatística poderosa que pode ser utilizada para redução do número de variáveis e para fornecer uma visão estatisticamente privilegiada do conjunto de dados. Essa análise fornece as ferramentas adequadas para identificar as variáveis mais importantes no espaço das componentes principais.

Para aplicação dessa análise, as variáveis, com exceção do pH, foram transformadas previamente à análise $[\log_{10}(x+1)]$.

4.2.2.2 Índice de Integridade Biótica (IIB)

KARR & DUDLEY (1981) *apud* FAUSCH et al. (1990) definem “integridade biótica” como a capacidade de suportar e manter uma comunidade balanceada, integrada e adaptável de organismos, tendo a composição de espécies, diversidade e organização funcional comparável àquela de um habitat natural da região. FAUSCH et al. (1990) consideram que a integridade biótica de uma comunidade de peixes é um indicador sensível do estresse direto e indireto do ecossistema aquático inteiro, tendo grande aplicação em monitoramento biológico para avaliar a degradação ambiental.

No presente estudo foi utilizado o Índice de Integridade Biótica (IIB) para a comunidade de peixes, o qual foi desenvolvido por KARR (1981) para avaliar a degradação ambiental em rios dos Estados Unidos, integrando fatores ambientais e ecológicos. Segundo o IIB, o ambiente é classificado em seis classes de qualidade de água – Excelente, Bom, Razoável, Pobre, Muito Pobre e Sem Peixe – (Tabela 2-APÊNDICE), com base em certos critérios biológicos da assembléia de peixes relacionados à composição e riqueza de espécies, composição trófica e abundância e condições dos peixes (Tabela 3-APÊNDICE).

O IIB consiste em doze categorias (atributos), sendo que para cada uma delas foi dada uma nota que variava entre 5 (situação esperada – boa), 3 (situação regular) e 1 (situação ruim), para acomodar as mudanças ecológicas e evolutivas do atributo. Essas categorias deveriam ser comparadas a valores esperados em um estuário relativamente livre de degradação, de tamanho semelhante e de mesma região ecológica. Visto que na área de estudo era impossível encontrar locais com comunidades de peixes inalteradas, foi necessário adotar critérios próprios tanto na composição dos atributos quanto nas faixas de pontuação, porém, com base na metodologia delineada por KARR & ARGERMEIER (1986). Esses critérios tomaram como base os levantamentos ictiofaunísticos feitos por MARTINS-JURAS et al. (1987) e CASTRO (1997) nas comunidades de peixes da ilha de São Luís – MA. SOUSA (2003) adaptou 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.

4.2.2.3 Frequência de Ocorrência da Ictiofauna

O estudo da frequência de ocorrência das espécies baseou-se na proporção entre o número de amostras contendo uma dada espécie e o número total de amostras obtidas, segundo a fórmula:

$$Fo = T \times \frac{100}{A}$$

Onde:

Fo = frequência de ocorrência;

T = número total de amostras com cada táxon;

A = número total de amostras.

As classes de frequência dos indivíduos foram determinadas obedecendo-se à nomenclatura empregada por BATISTA & RÊGO (1996), com a seguinte classificação:

- ✓ Altamente constantes – espécies presentes entre 70% e 100% das amostras;
- ✓ Constantes – espécies presentes entre 50% e 69%;
- ✓ Moderadas – espécies presentes entre 30% e 49%;
- ✓ Pouco constantes – espécies presentes entre 10 % e 29%;
- ✓ Raras – espécies presentes em menos de 10%.

4.2.2.4 Diversidade, Equitabilidade e Riqueza Ictiofaunística

Foram empregados índices informativos que estimaram diversidade, equitabilidade e riqueza das espécies nos diferentes pontos de captura da área em estudo.

Os índices de diversidade mais utilizados são os de Shannon-Wiener e de Simpson. Este último foi utilizado no presente estudo. Ele fornece a probabilidade de dois indivíduos tomados ao acaso, serem da mesma espécie e, segundo KREBS (1989), enfatiza melhor as espécies dominantes na comunidade. A expressão que o representa está dada abaixo:

$$D = 1 - \sum p_i^2$$

Onde:

D = diversidade de Simpson;

pi = proporção de indivíduos da espécie **i** na comunidade.

A equitabilidade expressa a maneira pela qual o número de indivíduos está distribuído entre as diferentes espécies, isto é, indica se as diferentes espécies possuem abundâncias (número de indivíduos) semelhantes ou divergentes. Utilizou-se neste trabalho, a equitabilidade de Simpson, a qual relaciona o índice de diversidade de Simpson com o número de espécies amostradas. A expressão que representa este índice é:

$$Es = \frac{D}{D_{\max}}$$

$$D_{\max} = \left(\frac{S-1}{S} \right) \left(\frac{N}{N-1} \right)$$

Onde:

Es = equitabilidade de Simpson;

D_{max} = diversidade de espécies sob condição de equitabilidade máxima;

S = número de espécies;

N = número de indivíduos.

A riqueza, por sua vez, consiste no número total de espécies (S) em uma unidade amostral, sendo que quanto maior a amostra, maior o número de espécies que poderão ser amostradas. Dessa forma, ela diz pouco a respeito da organização da comunidade, aumentando em função da área, mesmo sem modificação do habitat. Esta variável foi estimada através do índice de riqueza de Margalef.

4.2.2.5 Curva de abundância e biomassa (ABC)

Foi utilizado o método de comparação abundância/biomassa, o qual é também conhecido como ABC (*Abundance Biomass Comparison*) e está, atualmente, sendo difundido na literatura especializada. Essa técnica proposta por WARWICK (1986) foi inicialmente aplicada para estimar o impacto da poluição sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos de ambientes marinhos. De acordo com CLARKE & WARWICK (1994), as curvas ABC podem ser

empregadas para monitorar perturbações (efeito de poluição) sofridas pela ictiofauna. Esse método compara a dominância em termos de abundância e a dominância em termos de biomassa, onde as espécies são posicionadas em ordem decrescente de dominância no eixo x , e em percentagem de dominância, em escala cumulativa, no eixo y .

As curvas ABC se baseiam na teoria evolucionária clássica da seleção r e k . Em estados não-perturbados, a comunidade é supostamente dominada por espécies da seleção k (de crescimento lento, grandes e de maturação tardia), e a curva da biomassa se estende acima da curva de abundância, classificando o ambiente como “não-estressado”. Caso haja incremento da perturbação, espécies de crescimento lento não conseguem acompanhar, e o sistema se torna cada vez mais dominado por espécies da seleção r (de rápido crescimento, pequenas e oportunistas), e a curva de biomassa estará abaixo da curva de abundância, indicando um ambiente estressado. Em ambientes de poluição moderada as espécies de seleção k vão sendo eliminadas e as curvas tendem a ser bastante próximas, podendo se cruzar ao curso de seu comprimento. A diferença entre as duas curvas é estimada através da estatística W , que representa a área entre elas. O sinal negativo de W indica que a curva da biomassa está abaixo da curva da abundância e sugere um ambiente perturbado; quando o valor é próximo de zero e as curvas estão muito próximas, indica um ambiente moderadamente perturbado; e quando o valor de W é maior que zero e a curva de biomassa supera a de abundância, sugere um ambiente sem estresse ambiental (YEMANE et al, 2005).

4.2.2.6 Similaridade ictiofaunística

Para avaliação dos padrões de similaridade ictiofaunística entre os locais de coleta foram usadas medidas de similaridade binária, baseadas em dados de presença-ausência das espécies. As unidades básicas de análises foram matrizes retangulares constituídas de colunas, que representaram as estações de coleta, e linhas que representaram as espécies.

O coeficiente de distância euclidiana ao quadrado foi selecionado, e o método de Ward (variância mínima) foi utilizado como critério de agrupamento.

A matriz foi submetida à análise de agrupamento (Cluster), a qual organiza em um dendrograma aquelas amostras que são mais semelhantes, mostrando visualmente a associação de proximidade das amostras que são mais similares (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983).

4.2.2.7 Programas computacionais

A diversidade e a riqueza da ictiofauna, assim como a curva ABC foram obtidas utilizando-se o pacote computacional PRIMER 5.0 (2001). A equitabilidade foi calculada através do programa DivEs – Diversidade de Espécies 2.0 (RODRIGUES, 2005).

O programa STATISTICA (2001) foi utilizado para obtenção da similaridade ictiofaunística e para a análise de componentes principais (ACP) das variáveis hidrológicas.

Para análise dos questionários aplicados utilizou-se o programa JMP 3.2.6 (1995).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis físico-químicas

O levantamento de variáveis ambientais constitui fator de grande importância para complementar o entendimento da situação de um determinado corpo hídrico, revelando também características da sua bacia hidrográfica.

Durante o período estudado, a profundidade variou de 0,65 m (Mamão – Abril/08) a 5,92 m (Barragem – Jun/08), alcançando sempre valores mais elevados na Barragem (Figura 6-A). Segundo o LABOHIDRO (1998), no Bacanga, essa variável provavelmente é um reflexo da influência da barragem no estrangulamento do volume de água que transita através das comportas, além da influência sofrida pela pluviosidade.

A transparência da água teve uma variação de 17 cm (Coelho – Fev/08 e Jambreiro – Jun/08) a 90 cm (Coelho – Out/07, e Jambreiro e Gapara – Fev/08) (Figura 6-B).

Sabe-se que a transparência é importante para a penetração da luz na coluna d'água, tendo, portanto, influência no processo fotossintético. Constitui-se, assim, em um fator essencial para os processos de produção de matéria orgânica e para o equilíbrio do balanço de gases nos ambientes aquáticos, os quais representam a base de sustentação da atividade fisiológica das comunidades (LABOHIDRO, 1983). No presente estudo, entretanto, essa variável não apresentou padrão específico.

A temperatura alcançou valor mínimo de 26 °C (Bicas e Gapara – Fev/08) e máximo de 34,7 °C (Jambreiro – Dez/07) (Figura 6-C). Essa variável provavelmente esteve relacionada à hora do dia em que as coletas estavam sendo realizadas.

Muitos autores têm se referido à importância das freqüentes variações térmicas observadas em áreas estuarinas, as quais são atribuídas dentre outras coisas, à interação de diferentes massas de água. Grandes variações são pouco observadas em regiões de clima tropical. Em termos ambientais, o comportamento da temperatura é de extrema importância, pois influencia diretamente processos fisiológicos dos organismos que habitam as massas de água, além da estreita relação que mantêm com outras propriedades físicas e químicas da água, teor de oxigênio dissolvido, pH, viscosidade, densidade, etc (LABOHIDRO, 1983).

O menor valor registrado pelo pH foi de 5,4 (Gapara – Fev/08), enquanto o maior foi de 8,83 (Barragem – Dez/07) (Figura 6-D). Observa-se que na Barragem, essa variável alcançou os maiores valores em quatro dos cinco meses amostrados. Tem-se o conhecimento de que o potencial hidrogeniônico expressa a intensidade da condição ácida ou alcalina de uma solução, apresentando, em geral, valores entre 6 e 8 na grande maioria dos corpos d'água (LIMA, 2001). Em trabalho realizado por BRITO (1997) no Bacanga, o pH variou de 6,63 a 7,26. Em estudo realizado por BARBOSA (2000) no estuário desse rio, os valores de pH encontrados foram de 8,23 em média nas águas de superfície.

As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações a respeito da qualidade da água. Segundo alguns autores, também podem ser induzidas pelas variações da maré. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença/ausência de despejos industriais. Segundo ESTEVES (1998), durante o período chuvoso são introduzidos nos corpos d'água, grandes proporções de matéria orgânica e substâncias húmicas, encontrando-se altas concentrações de ácido sulfúrico, nítrico, acético, além de ácido carbônico que são formados, principalmente, pela atividade metabólica dos microorganismos aquáticos e, conseqüentemente, reduzem os valores do pH. Nota-se através da Figura 6.D, que a redução dos valores dessa variável foi observada no presente estudo no período chuvoso de coleta, o qual compreendeu os meses de fevereiro, abril e junho de 2008.

Com relação à salinidade, o menor valor registrado foi 0,32‰ (Gapara e Mamão – Abr/08), e o maior foi 30,99‰ (Barragem – Out/07) (Figura 6-E). Essa variável registrou sempre valores mais elevados nos pontos próximos à foz (como a Barragem), e mais baixos nos meses chuvosos de coleta (fevereiro, abril e junho).

Na área do Bacanga, de acordo com o LABOHIDRO (1998), a salinidade está relacionada com o aporte fluvial, a precipitação pluviométrica, a evaporação e a contribuição marinha da baía de São Marcos.

Em se tratando do oxigênio dissolvido, este obteve o valor mínimo de 1,13 mg/L (Bicas/Jun – 08) e máximo de 5,6 mg/L (Mamão – Fev/08 e Barragem – Abr/08) (Figura 6-F). Geralmente, os valores mais baixos ocorreram no rio das Bicas, o qual consiste em um grande depositário de esgotos da ilha de São Luís. Em estudo realizado pelo LABOHIDRO (1998) no

local, o OD já atingia concentrações reduzidas, sendo o valor de 1,54 mg/L registrado como o mais baixo.

O oxigênio dissolvido é proveniente de duas principais fontes: da atmosfera, pelos movimentos ondulatórios causados pelos ventos e oscilações da temperatura da água; e da fotossíntese, realizada pelos organismos clorofilados que desdobram o gás carbônico sob a ação da luz solar, liberando o oxigênio no meio (KLEEREKOPER, 1990). Ele consiste em um sensível indicador de fenômenos biológicos e químicos, sendo uma das variáveis mais importantes na caracterização ambiental, podendo ser usado para avaliação da qualidade da água, consistindo em um indicador de condições de poluição por matéria orgânica. Sendo assim, uma água não poluída (por matéria orgânica) tende a apresentar maiores valores dessa variável. Por outro lado, teores baixos podem indicar que houve uma intensa atividade bacteriana decompondo a matéria orgânica lançada no corpo d'água (BAIRD, 2002; BARBOSA, 2000; MOTA, 1995).

FREITAS et al. (2000) consideram normal o valor de 5 mg/L para estuário. No presente estudo, poucas vezes essa concentração foi alcançada. É importante, entretanto, lembrar que o local estudado no Bacanga não consistiu apenas de áreas de estuário, como também de água doce. Além disso, deve-se levar em consideração a grande interferência sofrida no local devido à existência da barragem, a qual dificulta a renovação das águas, ocasionando o acúmulo de matéria orgânica de origem natural (manguezal) e antropogênica (esgotos e lixo doméstico). Sabe-se que quanto maior a carga de matéria orgânica, maior o número de microorganismos decompositores e conseqüentemente, aumenta o consumo de oxigênio. A água com conteúdo de oxigênio dissolvido muito reduzido não sustenta peixes e organismos similares. Assim, a morte de peixes em rios poluídos se deve muitas vezes, portanto, à ausência de oxigênio e não à presença de substâncias tóxicas.

Observou-se no presente estudo que os valores obtidos para o material em suspensão variaram bastante, alcançando o mínimo de 1,33 mg/L (Barragem – Jun/08), e máximo de 380,6 mg/L (Coelho – Fev/08) (Figura 6-G). Com relação a essa variável não foi observado nenhum padrão.

O material em suspensão consiste no material particulado não dissolvido, encontrado suspenso no corpo d'água, composto por substâncias inorgânicas e orgânicas, incluindo-se aí os organismos planctônicos (fito e zooplâncton). Sua principal influência é na

diminuição da transparência da água, impedindo a penetração da luz. De acordo com o LABOHIDRO (1998), o material em suspensão pode estar associado, dentre outras coisas, ao lançamento de esgotos domésticos.

Com relação aos nutrientes, os valores correspondentes à amônia variaram entre 1,3 μM (Jambeiro – Out/07) e 380,6 μM (Coelho – Fev/08) (Figura 6-H).

Apesar de a amônia ser uma substância tóxica não persistente e não cumulativa, em grandes concentrações pode causar sufocamento de peixes. A literatura mostra que em locais poluídos seu teor costuma ser alto. Sabe-se que o caminho de decomposição das substâncias orgânicas nitrogenadas é chegar ao nitrato, passando primeiro pelo estágio de amônia. Devido a isso, a presença desta substância indica uma poluição recente.

Em situações com valores de pH acima de 7,0 e temperatura crescente, o nitrogênio amoniacal se faz presente e é altamente tóxico para peixes. Fatores como pH e temperatura, presença de outros poluentes e concentração de OD, dentre outros fatores, influenciam na toxicidade desse nutriente (CANADÁ, 1999; BRITISH COLUMBIA, 1998). De acordo com o LABOHIDRO (1998), o principal fornecedor de nitrogênio amoniacal e de outros nutrientes para o sistema estuarino de São Luís é o esgoto doméstico da cidade.

Em se tratando do nitrato, o valor mínimo foi de 0,97 μM (Jambeiro – Out/07), enquanto o máximo foi de 56,98 μM (Barragem – Abr/08) (Figura 6-I).

Os nitratos são muito solúveis em água, sendo a forma mais oxidada e estável do nitrogênio nesse ambiente. Como esse nutriente é a forma primária de nitrogênio utilizada pelos vegetais que convertem o nitrato em nitrogênio orgânico para estimular o crescimento, quantidades excessivas podem resultar em proliferações em massa de fitoplâncton e macrófitas aquáticas. As principais fontes de poluição são os adubos de solo, esgotos sanitários humanos e fezes de animais, e ainda, a deposição atmosférica (BRITISH COLUMBIA, 1998; MCNEELY et al., 1979). Segundo MOTA (1995), as elevadas concentrações de compostos do nitrogênio (amoniacal, nitritos, nitratos, entre outros) podem ser utilizadas como indicadores da qualidade sanitária das águas.

Com relação ao fosfato, foi observado que este variou de 0,03 μM (Mamão – Out/07) a 12,85 μM (Bicas – Dez/07) (Figura 6-J). De acordo com BAUMGARTEN et al.

(1996), em estuários não poluídos, as concentrações desse nutriente atingem geralmente o valor de 1,2 μM .

O fosfato pode provir de adubos, da decomposição de matéria orgânica, de detergente, de material particulado presente na atmosfera ou da solubilização de rochas, e é o principal responsável pela eutrofização artificial. Seu aumento na coluna d'água eleva a floração de algas e fitoplâncton. Segundo o LABOHIDRO (1998), no Bacanga esse nutriente tem como fontes, as entradas pelo sistema fluvial, a contribuição marinha das águas da baía de São Marcos e a contribuição dos esgotos domésticos, sendo esta última, a principal fonte de fósforo para a área.



Figura 6. Comportamento das variáveis físico-químicas na bacia hidrográfica do Bacanga, de outubro/2007 a junho/2008. **A.** Profundidade; **B.** Transparência; **C.** Temperatura da água; **D.** pH; **E.** Salinidade; **F.** Oxigênio dissolvido; **G.** Material em suspensão; **H.** Amônia; **I.** Nitrato; **J.** Fosfato.

É importante citar que o excesso de nutrientes não constitui o único problema causado pelos esgotos no local em estudo. De acordo com a MMT (2007), foram encontrados nas águas do Bacanga, elevadas concentrações de cádmio, além de cobre dissolvido. Esses elementos consistem em metais pesados, os quais podem causar sérios riscos à saúde de populações.

Os valores das variáveis ambientais estão expostos na Tabela 4 (APÊNDICE).

A análise de componentes principais (ACP) indicou que 51,749% da variância na amostra foi acumulada pelos dois primeiros eixos, sendo estes retidos para interpretação. Amônia e nitrato apresentaram forte correlação positiva com o eixo 1, enquanto pH e salinidade demonstraram forte correlação negativa com o mesmo. No eixo 2 não foi observada correlação positiva significativa, porém a profundidade e o fosfato apresentaram forte correlação negativa com este eixo (Tabela 5).

Tabela 5. Resultado da análise de componentes principais (ACP) das variáveis físico-químicas coletadas na bacia hidrográfica do Bacanga (outubro/2007 – junho/2008).

	PC1	PC2
Autovalores	3,228	1,947
% de explicação	32,277	19,472
Profundidade	-0,272	-0,655
Transparência	-0,430	-0,209
Temperatura	-0,600	0,496
pH	-0,822	-0,234
Salinidade	-0,824	-0,395
Oxigênio Dissolvido	-0,558	-0,303
Material em suspensão	-0,069	0,053
Amônia	0,657	-0,546
Nitrato	0,711	-0,440
Fosfato	-0,027	-0,657

Analisando-se a ordenação (Figura 7), nota-se no primeiro eixo tendência no estabelecimento de um gradiente, no qual três dos seis pontos amostrados no mês de fevereiro (Gapara, Bicas e Coelho) possuem maiores concentrações de amônia e nitrato, enquanto todos os pontos amostrados no mês de outubro possuem maior influência de pH e salinidade. Dos meses amostrados, outubro correspondeu ao mais seco, proporcionando, provavelmente, as maiores concentrações de salinidade no ambiente aquático, devido à escassez de chuvas. Em trabalho

realizado por MELO (1998) no estuário do rio Bacanga, foi observada uma correlação positiva entre o pH e a salinidade.

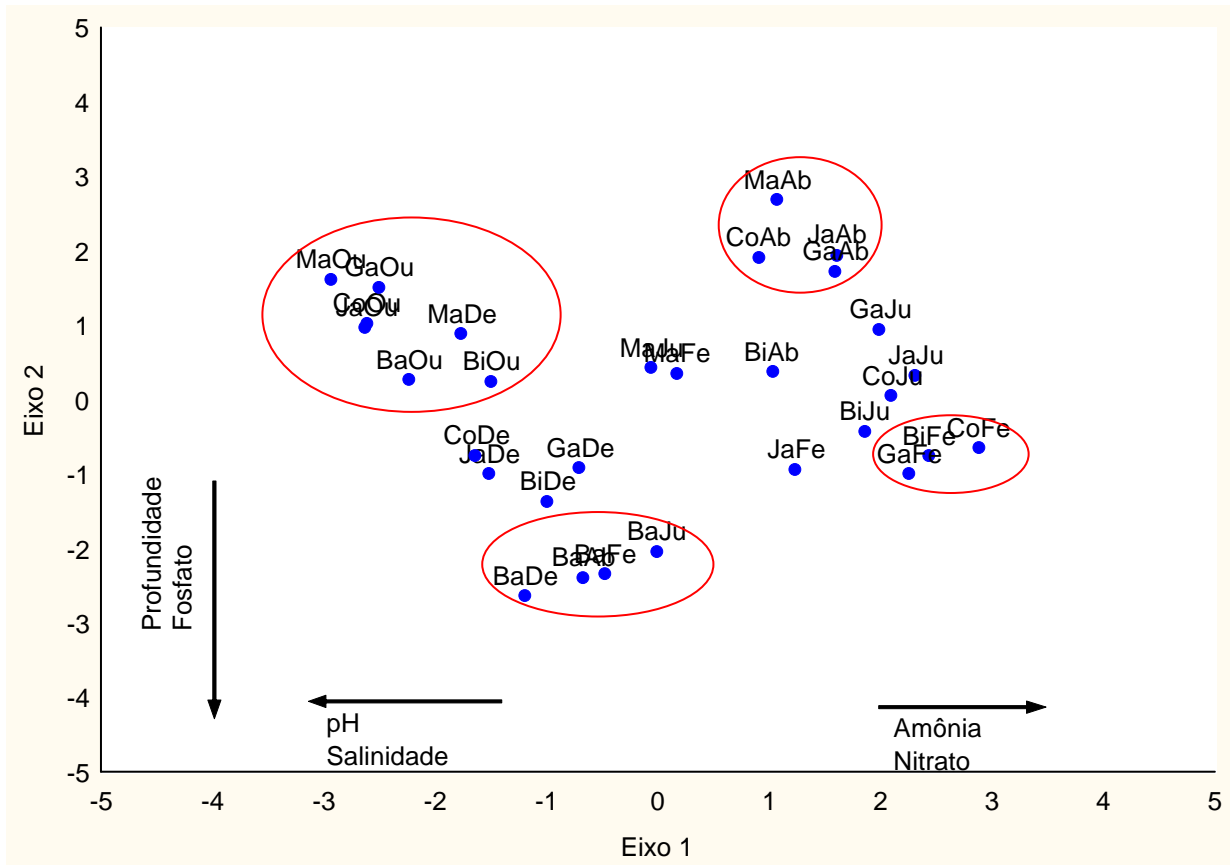


Figura 7. Análise de componentes principais entre as variáveis físicas e químicas dos locais de coleta na bacia do rio Bacanga (outubro/2007 – junho/2008). Pontos: (Ba) Barragem, (Bi) Bicas, (Co) Coelho, (Ja) Jambeiro, Ga (Gapara), (Ma) Mamão; Meses: (Ou) Outubro, (De) Dezembro, (Fe) Fevereiro, (Ab) Abril, (Ju) Junho.

No segundo eixo observa-se uma tendência no estabelecimento de um gradiente em que as amostras realizadas na Barragem em quatro meses de estudo (dezembro, fevereiro, abril e junho) possuem maior profundidade e concentração de fósforo, enquanto quatro pontos amostrados no mês de abril (Mamão, Coelho, Jambeiro e Gapara) apresentam menores valores para essas variáveis (Figura 7). A Barragem consiste no ponto localizado na foz do rio Bacanga, sofrendo, portanto, maior interferência da entrada de água quando ocorre abertura das comportas, ocasionando aumento da profundidade nesse ponto. De acordo com o LABOHIDRO (1998), o regime hidrológico do Bacanga como um todo depende tanto das precipitações sazonais quanto dos níveis de maré.

5.2 Dados ictiológicos

Durante os cinco meses amostrados, foram coletados 3.682 indivíduos da ictiofauna, sendo contabilizadas 1 classe, 9 ordens, 18 famílias e 36 espécies. MARTINS-JURAS (1989), em estudo realizado sobre a ictiofauna da ilha de São Luís, encontrou no total 101 espécies de peixe, as quais pertenciam a 44 famílias.

A lista taxonômica da ictiofauna e os respectivos nomes comuns das espécies são apresentados abaixo. A sequência das ordens e famílias segue o roteiro de NELSON (1994), enquanto as espécies estão colocadas em ordem alfabética. Atualizações dos nomes científicos das espécies foram realizadas segundo nomenclatura atual adotada pelo FishBase (FROESE & PAULY, 2008). Fotos de cada espécie podem ser vistas na Figura 8 (APÊNDICE), e a classificação de cada uma quanto ao hábito alimentar, tolerância e categoria bioecológica pode ser observada na Tabela 6 (APÊNDICE).

Lista de espécies da ictiofauna

Classe Actinopterygii

Ordem Clupeiformes

Família Engraulidae

Cetengraulis edentulus (Cuvier, 1829) “Sardinha verdadeira”

Pterengraulis atherinoides (Linnaeus, 1766) “Sardinha de gato”

Ordem Elopiformes

Família Elopidae

Elops saurus Linnaeus, 1766 “Urubarana”

Família Megalopidae

Megalops atlanticus Valenciennes, 1847 “Perapema”

Ordem Anguilliformes

Família Muraenidae

Gymnothorax funebris Ranzani, 1839 “Moréia”

Ordem Siluriformes

Família Ariidae

Arius rugispinis (Valenciennes, 1840) “Jurupiranga”

Cathorops spixii (Agassiz, 1829) “Uriacica-vermelho”

Hexanematichthys bonillai (Miles, 1945) “Uriacica branco”

Sciades herzbergii (Bloch, 1794) “Bagre guribu”

Sciades proops (Valenciennes, 1840) “Uritinga”

Família Auchenipteridae

Pseudauchenipterus nodosus (Bloch, 1794) “Papista”

Ordem Batrachoidiformes**Família Batrachoididae**

Batrachoides surinamensis (Bloch & Schneider, 1801) “Pacamão”

Ordem Mugiliformes**Família Mugilidae**

Mugil curema Valenciennes, 1836 “Tainha sajuba”

Mugil gaimardianus Desmarest, 1831 “Tainha pitu”

Mugil incilis Hancock, 1830 “Tainha urixoca”

Ordem Perciformes**Família Centropomidae**

Centropomus parallelus Poey, 1860 “Camurim branco”

Centropomus uncecimalis (Block, 1792) “Camurim preto”

Família Carangidae

Caranx latus Agassiz, 1831 “Xaréu”

Oligoplites palometa (Cuvier, 1832) “Tibiro amarelo”

Trachinotus falcatus (Linnaeus, 1758) “Pampo”

Família Gerreidae

Diapterus rhombeus (Cuvier, 1829) “Peixe prata”

Eucinostomus melanopterus (Bleeker, 1863) “Escrivão”

Família Haemulidae

Pomadasys corvinaeformis (Steindachner, 1868) “Jiquiri branco”

Família Sciaenidae

Bairdiella ronchus (Cuvier, 1830) “Cororoca”

Cynoscion acoupa (Lacepède, 1801) “Pescada amarela”
Cynoscion leiarchus (Cuvier, 1830) “Pescada branca”
Cynoscion microlepidotus (Cuvier, 1830) “Corvina”
Macrodon ancylodon (Bloch & Schneider, 1801) “Pescada gó”
Micropogonias furnieri (Desmarest, 1823) “Cururuca”
Stellifer naso (Jordan, 1889) “Cabeçudo preto”
Stellifer rastrifer (Jordan, 1889) “Cabeçudo branco”

Família Ephippidae

Chaetodipterus faber (Broussonet, 1782) “Parú”

Família Trichiuridae

Trichiurus lepturus Linnaeus, 1758 “Guaravira”

Família Cichilidae

Tilapia rendalli (Boulenger, 1897) “Tilápia”

Ordem Pleuronectiformes

Família Achiridae

Achirus lineatus (Linnaeus, 1758) “Sôlha”

Ordem Tetraodontiformes

Família Tetraodontidae

Colomesus psittacus (Bloch & Schneider, 1801) “Baiacu açú”

Das 36 espécies identificadas, 24 apresentaram número de indivíduos inferior a 1%, enquanto 26 mostraram peso inferior a 1%. As tabelas 7 e 8 (APÊNDICE) apresentam o número de indivíduos e o peso total, respectivamente, com as participações relativas de cada espécie de peixe.

As espécies mais abundantes durante o tempo amostral, em percentual do número de indivíduos, foram as seguintes: *Diapterus rhombeus* (35,99%), *Cetengraulis edentulus* (16,57%), *Mugil incilis* (10,16%), *Hexanematichtys bonillai* (9,45%) e *Mugil curema* (8,83%) (Tabela 7-APÊNDICE).

Sabe-se que a abundância de uma espécie está relacionada à sua adaptação ao meio ambiente, à disponibilidade de alimento e à competição existente entre os grupos, dentre outras coisas, podendo também refletir condições ambientais passadas.

Em termos de contribuição de biomassa, as espécies que mais se destacaram foram: *D. rhombeus* (34,41%), *Tilapia rendali* (14,17%), *M. incilis* (13,88%), *M. curema* (8,88%) e *C. edentulus* (5,77%) (Tabela 8-APÊNDICE). No trabalho de MARTINS-JURAS (1989), *M. curema* também foi uma das espécies que registraram os maiores valores com relação ao peso total.

O comprimento total dos representantes da ictiofauna apresentou ligeira variação durante os meses e estações de coleta. A espécie *D. rhombeus*, por exemplo, apresentou uma amplitude de variação de 8,6 a 26,7 cm, enquanto *M. incilis* variou de 16,2 a 32,7 cm (Tabela 9-APÊNDICE). Segundo MENEZES & FIGUEIREDO (1980) *apud* MARTINS-JURAS (1989), *D. rhombeus* é muito comum nos estuários e também rio acima, assinalando comprimento máximo de 40,0 cm. De acordo com THOMSON (1978), o tamanho máximo já registrado para *M. incilis* foi de 40,0 cm.

Diante dos resultados, é importante destacar que existe a problemática relativa à seletividade do apetrecho de pesca. O tamanho da malha empregado influencia no tamanho dos exemplares capturados. Assim, deve-se tomar cuidado quando se comparam trabalhos similares, mas que empregaram diferentes metodologias e aparelhos de pesca.

Observou-se que *D. rhombeus* também se destacou por ser altamente constante em quatro dos cinco pontos amostrados (Barragem, Jambeiro, Gapara e Mamão), atingindo 80% de frequência. Outra espécie que se destacou como altamente constante foi *C. edentulus*, no Jambeiro e Mamão, também com frequência de 80% (Tabela 10-APÊNDICE).

Em trabalho realizado por BATISTA & RÊGO (1996) no estuário do rio Tibiri, ilha de São Luís, foi observado que *C. edentulus* também alcançou elevada frequência, sendo observado durante todo o ano.

Deve-se levar em consideração que as espécies registradas no presente estudo sofreram influência da hora e do dia durante os quais as amostragens foram efetuadas. Além disso, sabe-se que a distribuição da ictiofauna em um determinado local pode estar relacionada tanto a fatores naturais como também a pressões antrópicas. Na área estudada, a barragem

existente é um nítido exemplo de interferência humana, o que acaba influenciando na distribuição das espécies. Segundo AGOSTINHO et al. (1997), algumas espécies que comumente colonizam ambientes represados possuem pequeno porte, baixa longevidade, ampla tolerância ambiental e são geralmente oportunistas, dentre outras características que possuem.

Segundo ARAÚJO (1998), a construção de barragens está entre os fatores que contribuem para a diminuição da qualidade da água de um rio, resultando na diminuição do número de espécies e na quantidade de peixes, pois interrompe o curso natural da água, impossibilitando a migração de cardumes na época de desova e ocasionando freqüentes mudanças no nível e velocidade das águas do rio.

Observou-se neste trabalho, a elevada freqüência de *T. rendalli* no Gapara (60%) (Tabela 10-APÊNDICE). Nesse local, a abundância dessa espécie exótica sobre muitas nativas revela uma grande alteração do ecossistema. Visto que algumas espécies nativas ainda têm encontrado hábitat para sua sobrevivência, é sinal de que podem estar competindo com as exóticas pela exploração do ambiente e seus recursos. BASTOS & ABILHOA (2004) estudaram a bacia hidrográfica do rio Belém, no Paraná, onde encontraram uma pequena parcela de espécies introduzidas, dentre estas *T. rendalli*. Nesse local, entretanto, a introdução desta foi intencional.

A introdução de espécies exóticas está entre as causas de extinção de espécies em todo o planeta, devido à competição por alimentação e abrigo e à disseminação de parasitos. Tem-se o conhecimento de que *T. rendalli* está presente no Brasil desde a década de 50 (AGOSTINHO & JÚLIO JÚNIOR, 1996). Porém, para a bacia do Bacanga não há informações sobre o ano em que as introduções dessa espécie ocorreram.

Na análise de agrupamento da matriz de presença-ausência foram observados três grupos distintos com corte de 20 unidades de distância. O grupo 1 reuniu principalmente amostras do período chuvoso, em especial do mês de abril. O segundo grupo foi formado por pontos amostrados no período de estiagem (outubro e dezembro). O grupo 3 também reuniu amostras do período chuvoso (fevereiro e junho) (Figura 9).

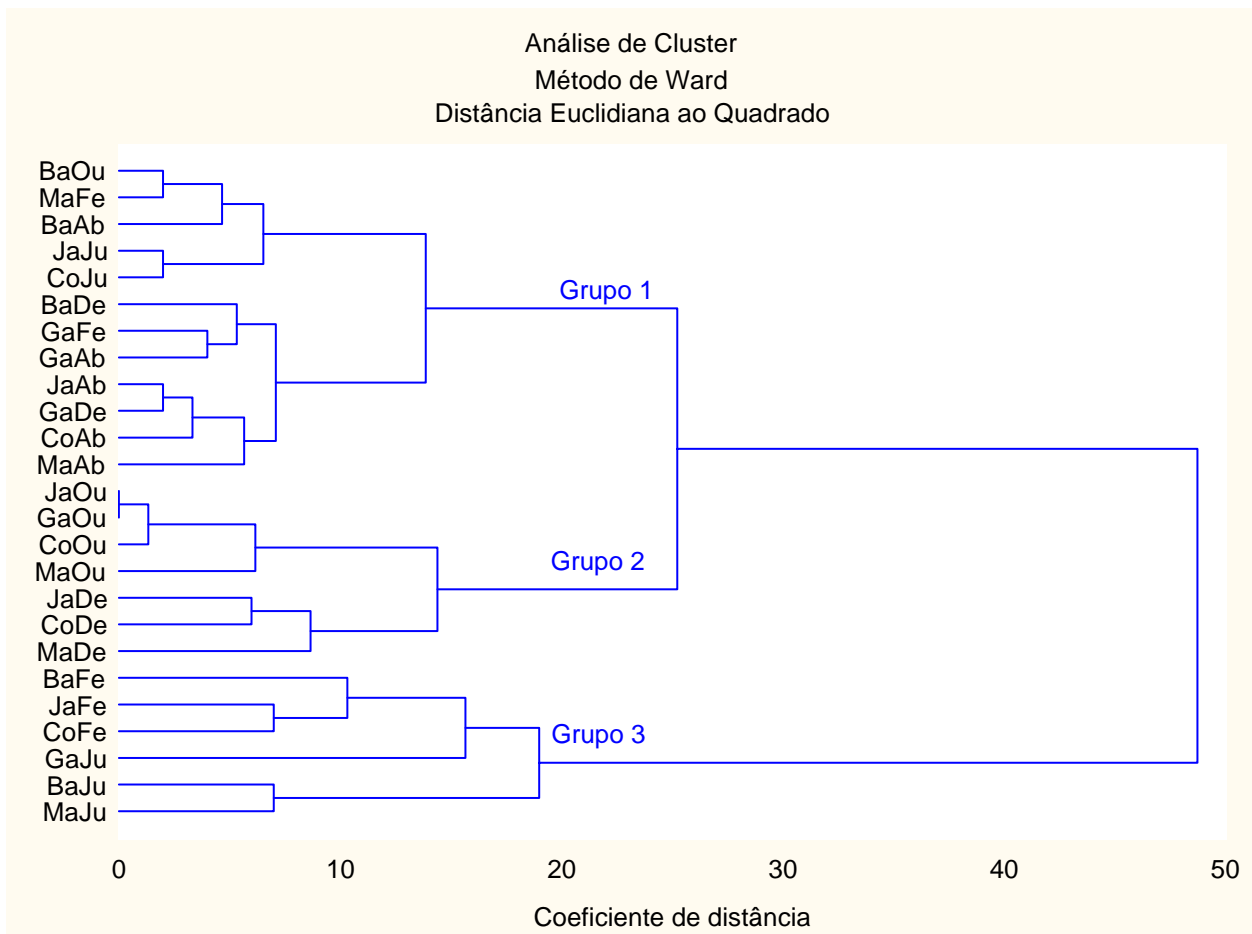


Figura 9. Dendrograma de agrupamento da matriz de presença e ausência da ictiofauna do Bacanga . Pontos: (Ba) Barragem, (Bi) Bicas, (Co) Coelho, (Ja) Jambeiro, Ga (Gapara), (Ma) Mamão; Meses: (Ou) Outubro, (De) Dezembro, (Fe) Fevereiro, (Ab) Abril, (Ju) Junho.

As associações mostraram uma sazonalidade no Bacanga, possivelmente causada pela mudança no teor de salinidade da água, ocasionada pela pluviosidade.

Medidas de similaridade entre habitats permitem a avaliação das respostas das espécies frente às alterações naturais ou antrópicas. Tais medidas são frequentemente utilizadas na identificação de descontinuidade em ecossistemas, resultante de impactos induzidos por poluição, barramentos, em análise de estabilidade ictiofaunística e em estudos sobre a influência ambiental na ocorrência de espécies (BENEDITO-CECÍLIO, 1994, *apud* CASTRO, 1997).

Com relação aos índices ecológicos, a equitabilidade, a riqueza e a diversidade atingiram o valor mínimo de 0 (Gapara – Dez/07 e Coelho – Abr/08). O valor máximo atingido pela equitabilidade foi 0,96 (Mamão – Fev/08). A riqueza alcançou o maior valor de 3,39 (Gapara –

Jun/08), enquanto a diversidade chegou ao maior valor de 0,85 (Coelho – Fev/08) (Figura 10; Tabela 11-APÊNDICE).

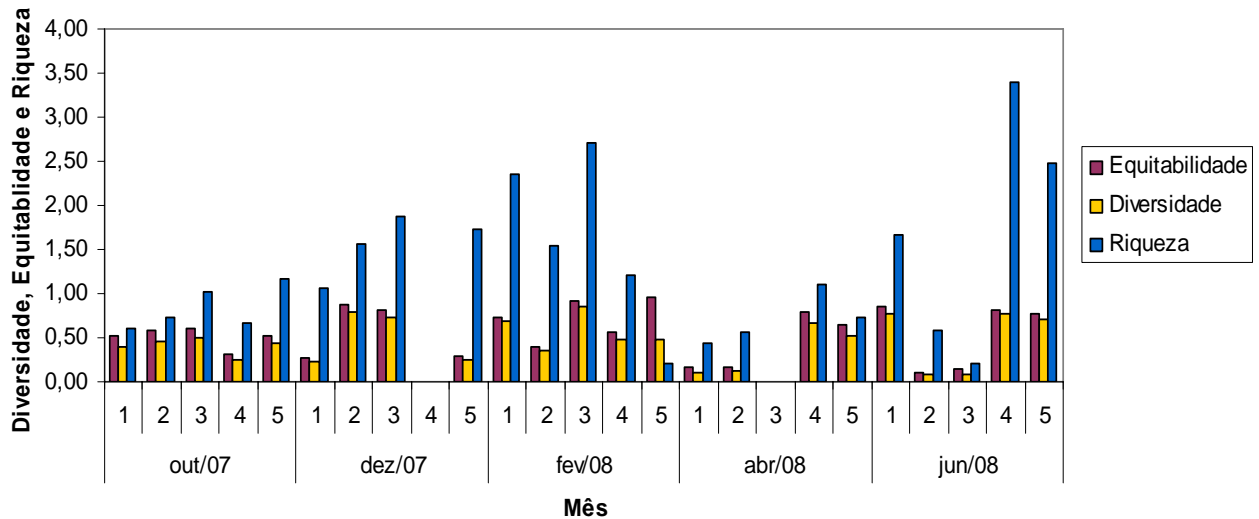


Figura 10. Índice de diversidade, riqueza e equitabilidade da ictiofauna na bacia hidrográfica do Bacanga, de outubro/2007 a junho/2008. Pontos: (1) Barragem, (2) Jambeiro, (3) Coelho, (4) Gapara, (5) Mamão.

Os índices de diversidade sumarizam as associações numéricas de organismos e permitem-nos comparar populações, sendo geralmente indicadores mais confiáveis da saúde ambiental ou stress do que espécies individualmente (CAIN & DEAN, 1976, *apud* MARTINS-JURAS, 1989). Quando um determinado ambiente recebe influências do meio, saindo do seu equilíbrio natural, o padrão da diversidade faunística sofre alteração. Esta medida é, portanto, um dos aspectos mais importantes a ser estudado quando se trata de alterações ambientais causadas por elementos estranhos ao meio.

Observou-se que não houve um padrão bem definido para a diversidade no presente trabalho, sendo que esse índice alcançou valores diversos nos diferentes pontos e meses de coleta. Apesar de serem registrados valores muito baixos (todos menores que 1,00), isso não possibilitou uma visualização clara das mudanças relacionadas ao estresse ambiental. FALCÃO et al. (2008) realizaram trabalho no complexo estuarino de Panaraguá utilizando esse índice para a ictiofauna, não encontrando também uma relação claramente visível.

Geralmente relacionam-se os níveis de estresse ambiental com a diminuição na diversidade, riqueza específica e equitabilidade, devido ao aumento de poucas espécies na região

afetada. Porém, as teorias mais recentes que abordam a influência do estresse na diversidade de espécies sugerem que nas situações onde os distúrbios são mínimos, a diversidade de espécies é reduzida, resultado da exclusão competitiva entre as mesmas. Entretanto, com um ligeiro aumento no nível ou frequência do distúrbio, a competição é relaxada, resultando em um aumento da diversidade. Em níveis altos ou mais frequentes de estresse, as espécies começam novamente a serem eliminadas, causando dessa forma, a diminuição da diversidade (CLARKE & WARWICK, 1994). Assim, as análises devem ser realizadas a longo prazo, a fim de que a situação real seja visualizada de forma mais clara.

Em se tratando das curvas ABC desenvolvidas para as estações de coleta, estas demonstraram variações nos resultados.

A estatística W registrou o valor de 0,134 para o igarapé do Coelho, classificando este ambiente como **Sem Perturbação** (Figura 11).

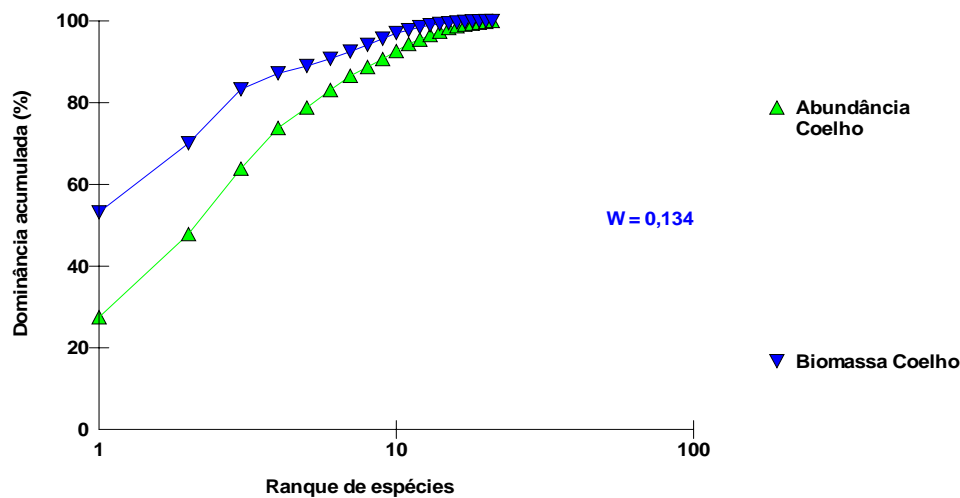


Figura 11. Curva de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os cinco meses de coleta no igarapé do Coelho.

A Barragem ($W=0,018$) e o rio Gapara ($W=0,04$) foram classificados como locais **Moderadamente Perturbados** (Figuras 12 e 13, respectivamente), enquanto o igarapé do Jambeiro ($W= -0,012$) e o igarapé do Mamão ($W= -0,049$) foram registrados como **Perturbados** (Figuras 14 e 15, respectivamente).

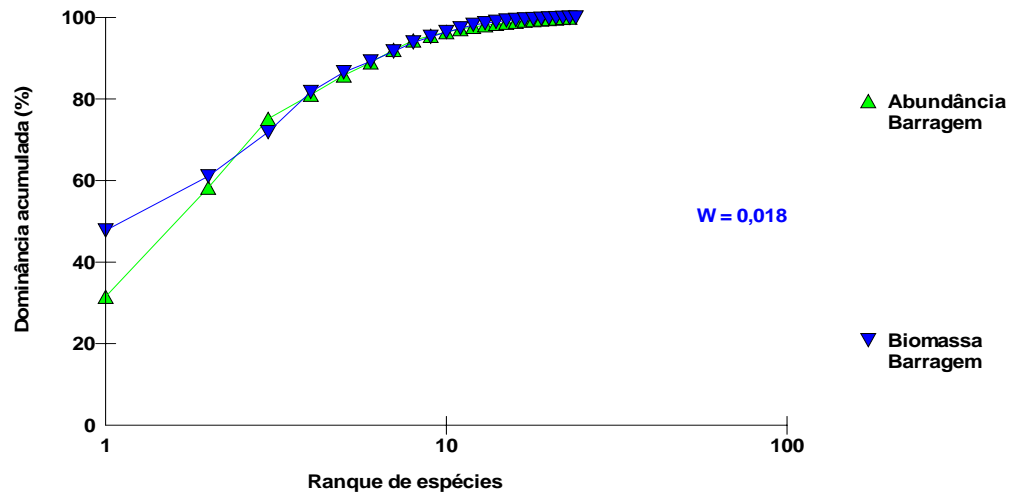


Figura 12. Curva de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os cinco meses de coleta na Barragem.

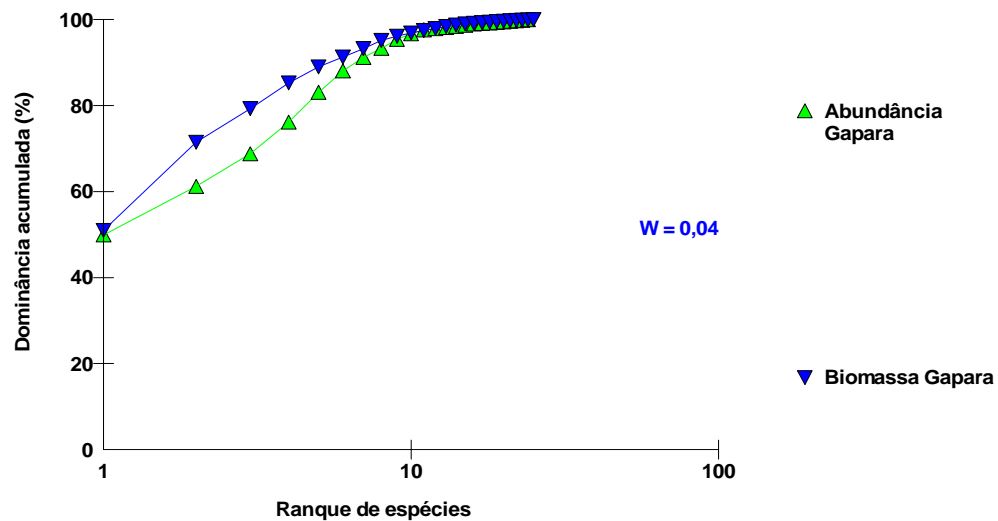


Figura 13. Curva de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os cinco meses de coleta no rio Gapara.

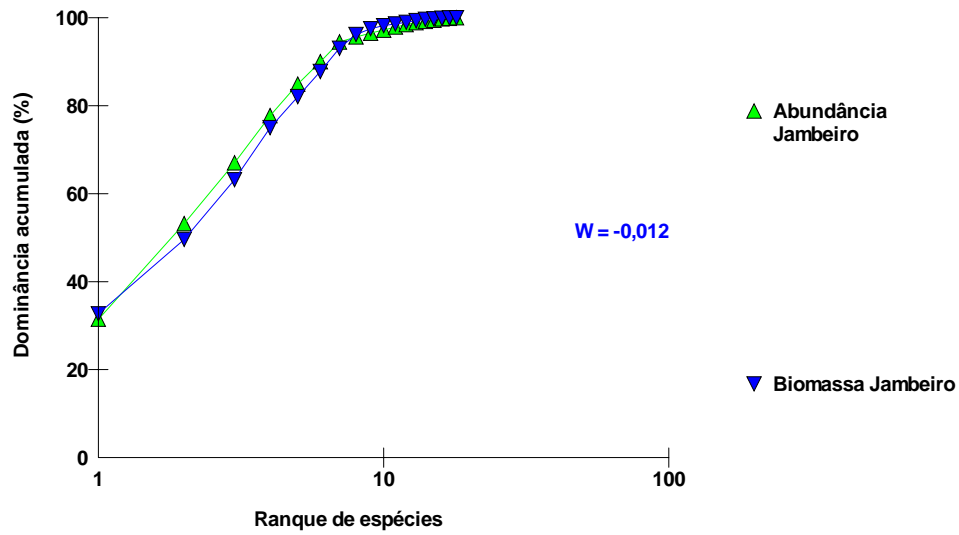


Figura 14. Curva de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os cinco meses de coleta no igarapé do Jambeiro.

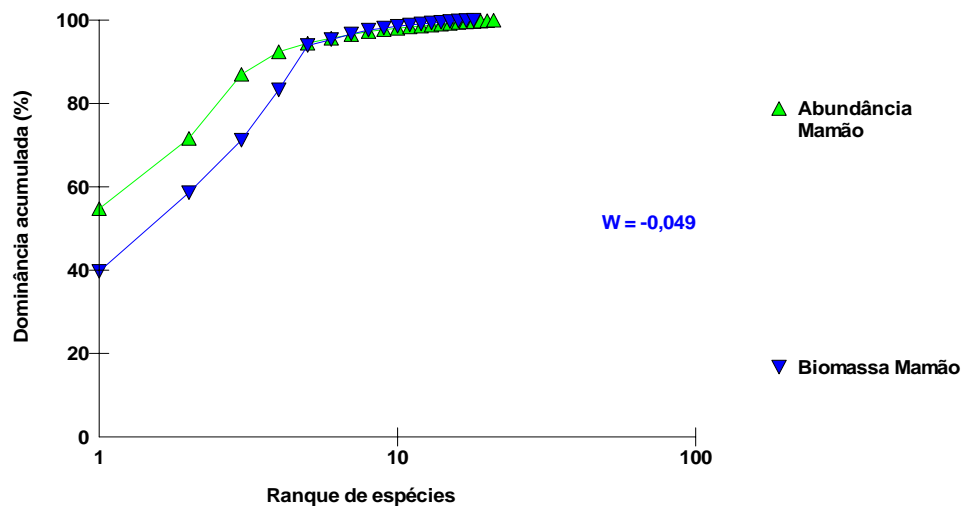


Figura 15. Curva de dominância cumulativa por espécie ranqueada (ABC) para os cinco meses de coleta no igarapé do Mamão.

A utilização da curva ABC como uma das ferramentas de análise ambiental através da ictiofauna, revelou que quatro das cinco áreas estudadas estão em processo de desestruturação na comunidade de peixes, podendo-se supor como causa principal a alteração nos padrões ambientais naturais.

Na literatura, poucos artigos foram publicados utilizando o método ABC para investigar comunidades de peixes. COECK et al. (1993), analisando pequenos rios belgas, identificaram através desse método, diferentes graus de poluição nesses ambientes. PENCZAC & AGOSTINHO (1997) aplicaram essa metodologia no reservatório Segredo, em Santa Catarina (Brasil). Dessa forma, puderam diagnosticar os menores índices nas regiões mais próximas às barragens e atribuíram esses resultados ao represamento, mas também levaram em conta as próprias peculiaridades desse trecho do rio, que é caracterizado por populações de peixes de pequeno porte. No presente estudo, porém, esse padrão relacionado à proximidade com a barragem não foi observado.

OTERO et al. (2006) estudaram a relação abundância/biomassa nas baías de Antonina e Paranaguá, no Estado do Paraná. Nesse trabalho, a curva de abundância superou a curva de biomassa na maioria dos meses. Apesar disso, os autores não relacionaram esses resultados com a integridade ambiental, pois o padrão das curvas mostrou-se diretamente ligado à ocorrência de juvenis e à seletividade do artefato de pesca utilizado sobre os indivíduos menores.

SOARES (2007) utilizou essa metodologia em igarapés do estuário do rio Paciência, na cidade de São Luís, fazendo relação com as diversas perturbações ambientais na área, como a pesca predatória, o desmatamento do mangue e a crescente urbanização no entorno do sistema. Nesse trabalho, segundo o autor, as dificuldades de se aplicar a metodologia ABC no estuário ocorreram, provavelmente, ao fato da região ser utilizada como área de berçário de diversas espécies e à seletividade das artes de pesca utilizadas. Segundo esse autor, 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 indivíduos pequenos com uma troca de dominância gerada pela poluição. Essa realidade também é verificada no presente estudo. 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.

Segundo SOARES (2007), a utilização da curva ABC na análise de comunidades ícticas ainda apresenta algumas falhas. Devido a esse fato, utilizou-se também o Índice de Integridade Biótica (IIB) como ferramenta para avaliação da qualidade ambiental.

As características das espécies dos peixes identificados na área em estudo utilizadas para classificação do IIB estão apresentadas nas Tabelas 12 a 16 (APÊNDICE).

A maior pontuação do IIB (32 pontos) ocorreu no igarapé do Mamão (dezembro/07 e abril/08) e igarapé do Jambeiro (dezembro/07), além do igarapé do Coelho e rio Gapara, em junho/08. O menor valor (20 pontos) ocorreu no rio Gapara (dezembro/07).

Na Barragem, o IIB registrado foi **Pobre** para os cinco meses. Nos igarapés do Jambeiro, do Coelho e do Mamão, a classificação variou de **Muito Pobre–Pobre a Pobre**. O rio Gapara foi classificado como **Muito Pobre, Muito Pobre–Pobre e Pobre**.

Em trabalho realizado por SOUSA (2003), na área de influência da indústria ALUMAR, em São Luís, as classes de integridade foram registradas espacialmente como “muito pobres”, em todas as áreas de amostragem. Os resultados do IIB encontrados por SOARES (2007) para o sistema estuarino do rio Paciência, na mesma cidade, revelaram espacialmente as classes de integridade “pobre” e “pobre–regular”, em função da qualidade da água nos pontos de amostragem.

ARAÚJO (1998) verificou que o IIB aplicado à ictiofauna no rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro) classificou a qualidade da água no local entre “muito pobre” e “razoável”. Em estudo efetuado na bacia hidrográfica do rio Belém (Paraná), BASTOS & ABILHOA (2004) observaram que esse índice demonstrou ser eficiente mecanismo de monitoramento ambiental. MARCIANO et al. (2004) aplicaram o mesmo na bacia do rio Sorocaba (São Paulo), observando um estado ambiental alterado no que diz respeito à comunidade de peixes. Na bacia do alto rio Paraná (São Paulo), FERREIRA & CASATTI (2006), estudando esse índice para a comunidade de peixes, registraram uma classificação variável de “muito pobre” a “regular”, sendo que tais resultados coincidiram com aspectos da qualidade física do hábitat.

De acordo com BLABER (2000), várias atividades humanas, como o represamento de águas continentais, dentre outras coisas, podem afetar radicalmente a integridade de ambientes estuarinos e, por consequência, a ictiofauna que depende deste. Alterações nas condições ambientais promovem uma reestruturação das assembléias ícticas, refletindo as

condições vigentes da bacia hidrográfica em que estão inseridas. Os impactos que as ações antrópicas causam aos ambientes aquáticos levam à perda de sua qualidade e dificultam a manutenção da integridade desses ecossistemas, além de interferirem na sustentabilidade de suas comunidades.

Segundo SOARES (2007), embora o IIB possa ser considerado superior a outros índices utilizados em ecologia de comunidades na avaliação da qualidade ambiental (por incorporar informações como composição de espécies, composição trófica, abundância e tolerância das espécies), ele deve ser usado com cautela. De acordo com esse autor, é pouco provável que um único número possa refletir de maneira compreensiva e adequada toda a variabilidade existente, seja esta causada naturalmente ou por influência antrópica.

5.3 Perfil sócio-econômico-ambiental da Bacia Hidrográfica do Bacanga

5.3.1 População moradora da bacia

A aplicação dos questionários aos moradores da bacia do Bacanga revelou a predominância do sexo feminino (71%) sobre o masculino (29%). No que diz respeito à faixa etária, a maioria (34%) possuía entre 18-27 anos, enquanto a minoria (9%) possuía mais de 57 anos de idade. Em se tratando do estado civil, a maior parte dos entrevistados era composta por solteiros (48%) e a menor parte por viúvos (3%).

No que tange à escolaridade, a maioria possuía ensino fundamental incompleto (29%) e a minoria concluiu apenas a educação infantil (3%). Com relação à profissão, a maior porcentagem (28%) é de desempregados, seguido de domésticas (21%) e autônomos (8%). Na maior parte dos domicílios representados na pesquisa (57%) moram entre 3-5 pessoas, enquanto na menor parte (17%) moram menos de 3 pessoas. O material predominante na construção das residências amostradas consistiu em 97% de alvenaria, e 3% de taipa. Com relação à renda mensal, a maior

porcentagem das famílias (37%) recebe entre 1 e 2 salários mínimos e a menor porcentagem (15%) tem uma renda mensal indefinida.

Segundo relatório do IBGE (2005), na região nordeste em 2003, cerca de 30% da população adulta não tinham instrução escolar, ou tinham menos de 1 ano de estudo, sendo que um dos fatores que exerciam forte influência na escolarização era o nível de rendimento financeiro da família. Segundo esse relatório, nesse ano, os domicílios urbanos brasileiros eram, em sua grande maioria, de alvenaria, com média de 3,5 moradores.

Do total de entrevistados, a maioria (52%) nasceu na cidade de São Luís. Dos 48% restantes que vieram de outro município, a maior parte é originária de Cajapió, Pinheiro, Bacabal, São João Batista, Matinha e Barreirinhas (todos estes são municípios maranhenses). Dentre os motivos da mudança para a capital do estado, os mais citados foram “falta de emprego” e “falta de estudo” no município onde moravam (ambos atingindo 31% do total). No que diz respeito ao tempo de residência, a maioria reside no local entre 5 e 10 anos, e a minoria, entre 16 e 20 anos.

Segundo a MMT (2007), o município de São Luís experimentou, a partir de 1990, uma significativa expansão de sua economia, principalmente no setor comercial e na prestação de serviços, o que contribuiu para a manutenção das expectativas de absorção no mercado de trabalho local de pessoas provenientes de outros municípios do estado.

Com relação ao tipo de esgotamento sanitário, a maior parte dos entrevistados (51%) afirma a presença de fossa na residência, 45% utilizam um buraco e 4% afirmam usar o próprio rio para a realização das necessidades fisiológicas (Figura 16).

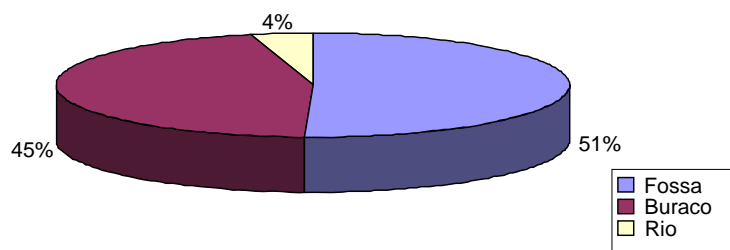


Figura 16. Esgotamento sanitário na bacia hidrográfica do Bacanga.

O esgotamento sanitário de São Luís é realizado pelo Governo Estadual, por meio da Companhia de Água e Esgotos do Maranhão – CAEMA. Observa-se que a margem esquerda

da bacia do Bacanga é uma região de ocupações naturais na forma de invasões. As ruas em sua maioria não possuem canal revestido, nem redes coletoras de esgoto e águas pluviais. O esgotamento é feito na forma de fossas individuais, ou com o lançamento diretamente nas ruas de terra batida, nos talwegues ou nos cursos d'água. Na margem direita, existe uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) com capacidade para 300 L/s, porém, o sistema não funciona, necessitando que seja feita a implantação do projeto de interceptação e elevação (MMT, 2007).

Conforme o IBGE (2005), o esgotamento sanitário ainda é o ponto crítico dos domicílios urbanos brasileiros, com fossas rudimentares ou outras formas alternativas de esgotamento presentes ainda em muitas residências. De fato, o município de São Luís apresenta diversas carências de saneamento básico, haja vista que apenas 41% da cidade têm sistema de coleta de esgotos, mesmo assim, em muitos casos, lançados de forma bruta nos mananciais locais, principalmente nos rios Anil e Bacanga. É freqüente a existência de canais de efluentes a céu aberto ou o lançamento na rede de drenagem (MMT, 2007). Estudos realizados na ilha de São Luís são unânimes em concluir que os lançamentos sem tratamento (mais de 200 pontos) constituem-se nos principais responsáveis pela degradação ambiental da ilha (CAEMA, 2003). Segundo o IBGE (2005), o sistema de esgotamento sanitário adequado atende somente 30,5% dos domicílios da ilha.

No que tange ao destino dado ao lixo doméstico, 88% deixam-no a cargo do carro de coleta de lixo, 6% queimam o mesmo, 3% jogam o lixo no rio e 3% o jogam em terreno baldio (Figura 17). Segundo a MMT (2007), a coleta de lixo atende aproximadamente 70% da cidade, mas é deficiente principalmente nos bairros de baixa renda, onde se verificam aterros clandestinos e lixões, comumente localizados sobre áreas de mangue. Na área da bacia, por se tratar de território ocupado, em muitos casos, por comunidades de renda mais baixa e por invasões consolidadas ou em expansão, o atendimento se torna de difícil acesso, não permitindo, dessa forma, a coleta parcial ou total em alguns trechos (Figura 18).

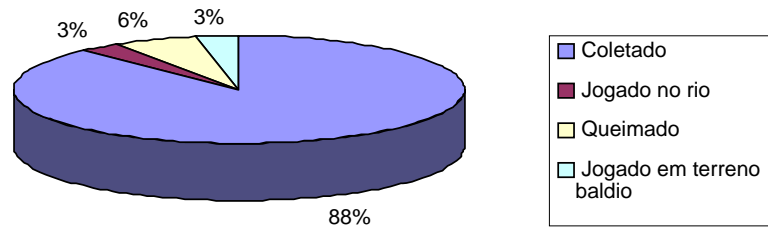


Figura 17. Destino dado ao lixo pelos moradores na bacia hidrográfica do Bacanga.



Figura 18. Deposição de lixo a céu aberto na bacia hidrográfica do Bacanga.

Quando questionados se observam algum problema ambiental no local onde moram, 74% responderam que sim, enquanto 26% responderam que não. Os problemas mais citados pelos entrevistados foram lixo, esgoto, queimadas no mangue e desmatamento. Na área próxima à Barragem e também no Gapara, o principal problema observado foi o lixo (46% e 23%, respectivamente), sendo que neste último local também foram bastante citados, as queimadas no mangue e o desmatamento (Figuras 19-A e 19-B). Nas proximidades do Igarapé do Coelho, a maioria (32%) citou o problema do lixo juntamente com o do esgoto (Figura 19-C). A maior parte dos moradores das proximidades do rio das Bicas (75%) observou que o pior problema da área é a elevada quantidade de esgotos lançada no rio, assim como a maioria dos residentes do Jambeiro (67%) (Figuras 19-D e 19-E).

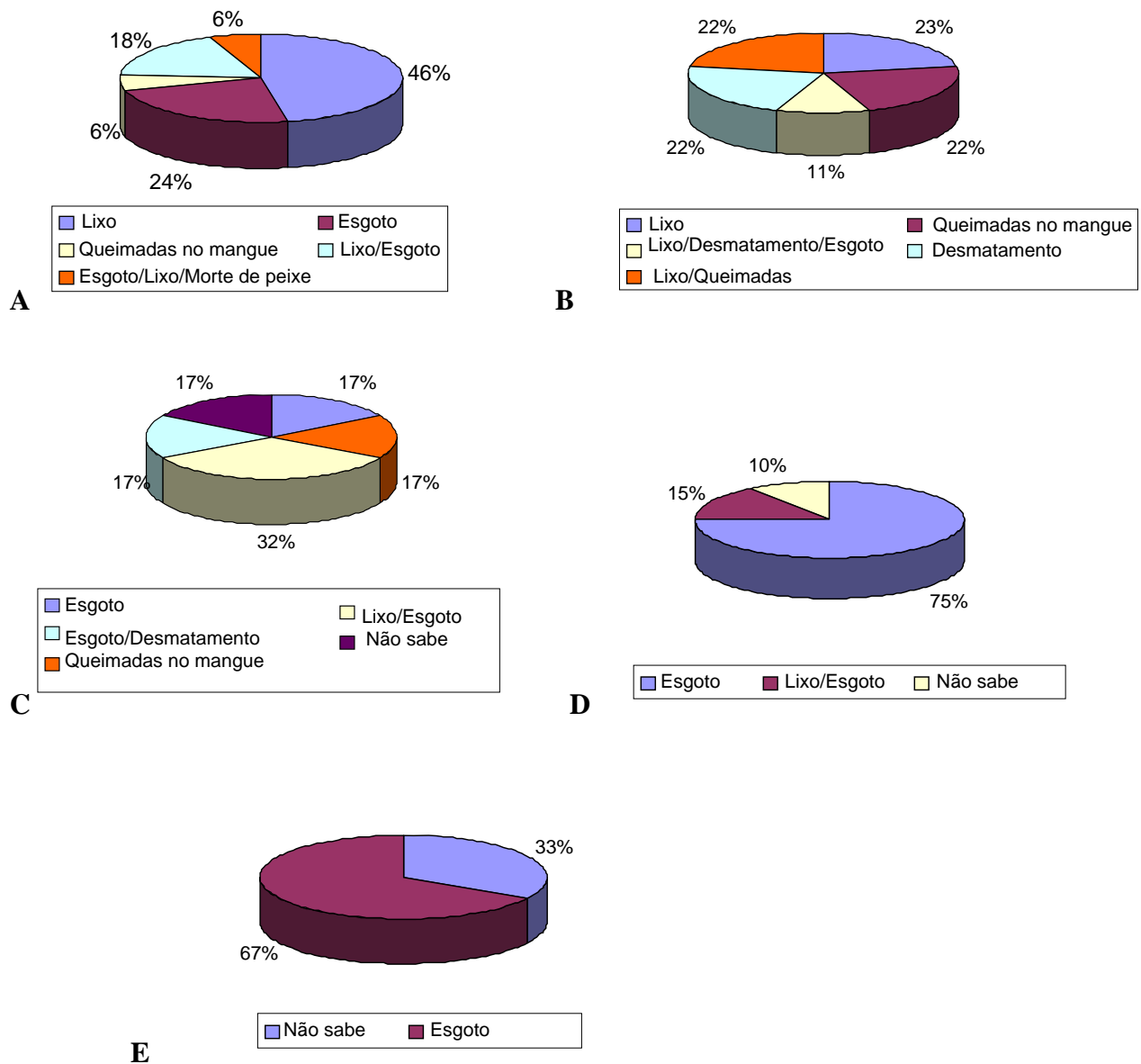


Figura 19. Problemas ambientais observados. **A.** Barragem; **B.** Gapara; **C.** Igarapé do Coelho; **D.** Rio das Bicas; **E.** Jambeiro.

Sabe-se que a área urbanizada da bacia do Bacanga contribui com 14 lançamentos de esgotos industriais, o que corresponde a uma vazão de 28,3 mil m³/mês de despejos. Além disso, a ausência de sistemas de esgotamento sanitário favorece também o lançamento de esgotos domésticos no leito do rio. Estudo realizado pela SEMATUR (1991), que apresenta o diagnóstico dos principais problemas do estado do Maranhão, constatou alta concentração microbiana de origem fecal nos cursos d'água dessa bacia. O rio das Bicas, principal afluente do Bacanga (antes, fonte de renda para as populações ribeirinhas) constitui um receptor de esgotos de

diversos bairros, sofrendo enorme impacto de poluição. Hoje a navegabilidade no local é restrita, em alguns trechos, a pequenas canoas, sendo que a pesca, assim como a captura de caranguejo, praticamente desapareceu. Segundo os moradores próximos, esse rio virou “depósito de lixo”. Pela margem esquerda do Bacanga também ocorre o lançamento de esgotos, principalmente nas proximidades da barragem do Bacanga, oriundos do Campus Universitário da UFMA, dos bairros de invasão Sá Viana I e II e Vila Embratel (MMT, 2007).

De acordo com análise apresentada no relatório “Caracterização da Qualidade da Água do Bacanga – setembro de 2005”, o corpo d’água em questão já se apresentava poluído a um nível que desaconselhava o contato primário com suas águas ou sua utilização como local destinado à produção de alimentos, especialmente devido às elevadas concentrações de cádmio e de coliformes fecais. Apoiando-se nos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/05, os resultados apontavam que as águas do rio Bacanga são consideradas impróprias para: abastecimento doméstico, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de quaisquer culturas, criação de espécies destinadas à alimentação humana e dessedentação de animais. Esses dados reforçam a necessidade do equacionamento da coleta e tratamento dos efluentes urbanos, principalmente dos esgotos sanitários e do lixo doméstico, para permitir o uso sustentável dos recursos naturais oferecidos pelo local (MMT, 2007).

Os moradores mais antigos da área afirmam que antes o rio não era poluído. De acordo com Edivaldo Sousa da Costa, morador do bairro do Coroadinho (nas proximidades do rio das Bicas) há 25 anos:

Na época de chuva o rio das Bicas transborda, e não tem como sair de casa. Além disso, agente tem que lembrar que ele é muito sujo, cheio de fezes. Agente fica com muito medo de pegar doenças. Tem muita gente aqui com doença de pele por causa disso.

No Gapara, a população reclama também de um derramamento de óleo ocorrido há alguns anos na área. Segundo alguns moradores, quando esse derramamento aconteceu, a maioria das pessoas que produzia arroz parou de produzir. Além disso, esse acontecimento causou graves prejuízos à pesca e, segundo depoimentos, muitas pessoas ficaram doentes quando entraram em contato com a água.

Observa-se que o crescimento da população e o aumento do processo de industrialização no Bacanga constituem os grandes causadores da diminuição da qualidade

ambiental. Segundo a MMT (2007), constata-se no local uma transformação substancial da paisagem, com redução de áreas ocupadas pelos manguezais e conseqüente diminuição de espécies.

A vegetação densa corresponde atualmente a 33,11% da área total da bacia, ou seja, 3.279,225 ha. Porém, quando se compara essa área com a que já foi perdida anteriormente para as áreas urbanas e semi-urbanas (4.118,425 ha), notam-se as grandes transformações ocorridas nas unidades de paisagem locais (OLIVEIRA, 2008). As unidades de paisagem e a distribuição dos domicílios na bacia do Bacanga podem ser observadas no ANEXO 1.

No final da década de 70 e início da década de 80 ficou evidente a carência de um planejamento que considerasse os vários aspectos que estavam envolvidos diretamente com a expansão do parque industrial no local e o conseqüente crescimento urbano resultante. Desta forma, importantes modificações ambientais foram processadas sem que as autoridades competentes dedicassem a atenção devida (LABOHIDRO, 1983).

A área da bacia do Bacanga sofre com ocupações dos mais diversos tipos e estima-se que existam no local, cerca de 64.000 domicílios e aproximadamente 256.000 moradores (OLIVEIRA, 2008). A população dessa bacia (quase um quarto da população de São Luís) encontra-se distribuída em 57 bairros. Grande parte destas áreas foi ocupada de maneira irregular, o que provocou, ao longo dos anos, o surgimento de bairros sem infra-estrutura e pessoas vivendo sem condições de higiene. A área mais urbanizada concentra-se na porção centro-norte da bacia, nas proximidades da barragem e junto ao lago (RHAMA, 2008).

Como sugestões para melhoria da qualidade ambiental, 49% não souberam dizer nada a respeito, 20% sugeriram formas de conscientização da comunidade e 15% apóiam investimento em redes de esgoto (Figura 20).

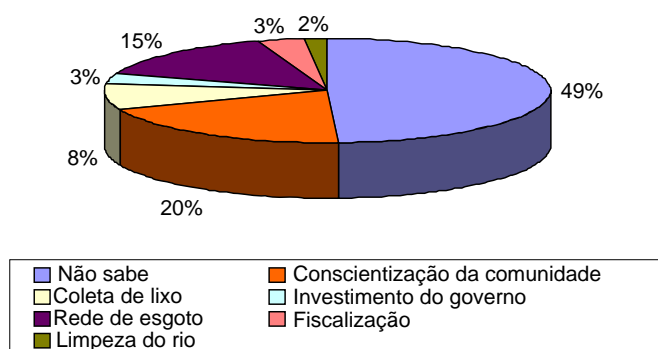


Figura 20. Sugestões para melhoria da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Bacanga.

Segundo SANTOS (2005), a intensa necessidade de morar na cidade desencadeou efeitos negativos para os corpos d'água, que passaram a sofrer as conseqüências de um problema sócio-educacional, resultantes da falta de moradia e insuficiência de uma prática de educação ambiental que conscientizasse a população migrante a conservar estes ambientes.

Em se tratando sobre o conhecimento de algum projeto de recuperação ambiental na área do Bacanga, apenas 14% têm conhecimento da existência do mesmo, porém estes não souberam falar a respeito.

5.3.2 Pescadores da bacia

Em relação aos questionários aplicados aos pescadores, a maioria possuía entre 40 e 49 anos (31%) e entre 60 e 69 anos de idade (31%). Todos eram do sexo masculino, e no que diz respeito ao estado civil, a maior parte (62%) era casado. Em se tratando da escolaridade, a maioria (31%) não teve acesso aos estudos, enquanto a minoria (7%) possuía ensino médio incompleto. Na maior parte dos domicílios dos entrevistados moram entre 3 e 5 pessoas (62%), enquanto em apenas 23% moram menos de 3 pessoas.

Quando questionados se exerciam outra atividade econômica além da pesca, 85% responderam que não, enquanto apenas 15% relataram que sim. Dentre estas atividades destacaram-se as ocupações de “pedreiro” e “feirante”. Foi verificado que a tarrafa é utilizada como apetrecho de pesca por 62% dos entrevistados, enquanto 31% usam tanto a tarrafa quanto a

rede de pesca, e 7% utilizam somente a rede (Figura 21). No que se refere à melhor época para realização da atividade pesqueira, 58% afirmaram que consiste no período seco do ano (principalmente o mês de novembro), enquanto 42% relataram ser o período chuvoso (principalmente o mês de junho).

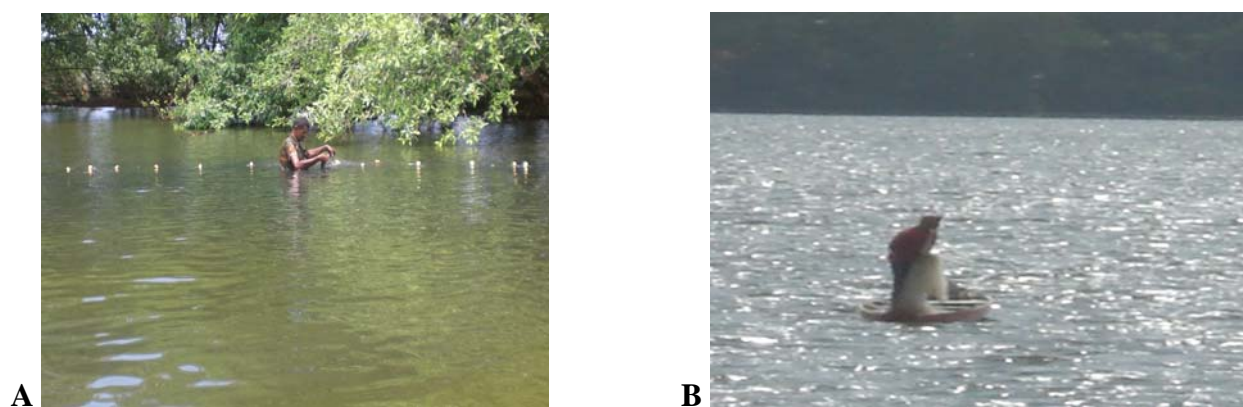


Figura 21. Principais apetrechos de pesca utilizados na bacia hidrográfica do Bacanga. **A.** Rede de pesca; **B.** Tarrafa.

A maior parte dos entrevistados (40%) possuía entre 21 e 30 anos de pescaria, enquanto a minoria (6%) possuía entre 1 e 10 anos de atividade pesqueira (Figura 22-A). Os peixes mais pescados segundo os relatos são peixe-prata (24%), tainha (19%), bagre (17%), sardinha (13%) e tilápia (11%). Outros menos citados foram escrivão, camurim, uriacica e papista (Figura 22-B). De acordo com os pescadores, em algumas tilápias capturadas têm sido encontrados ferimentos ao longo do corpo.

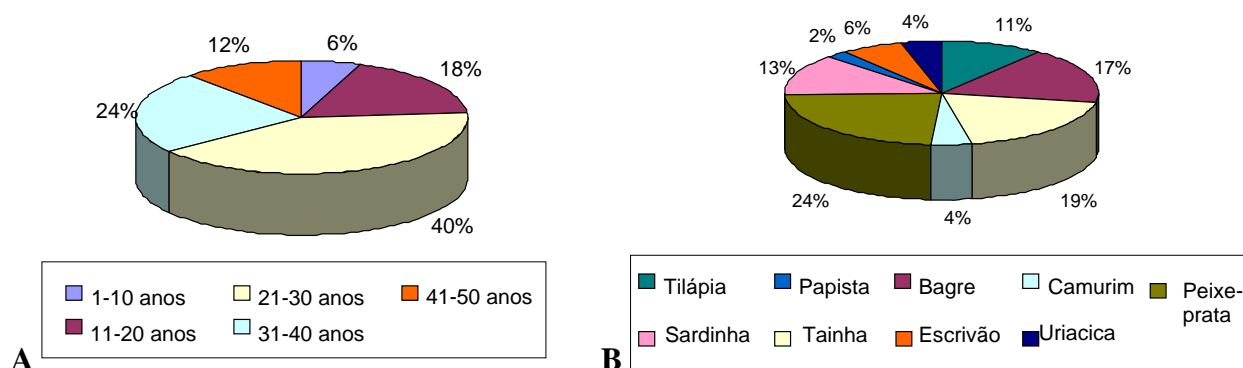


Figura 22. **A.** Tempo que exerce a profissão de pescador; **B.** Peixes mais pescados na bacia hidrográfica do Bacanga.

A maioria dos pescadores entrevistados realiza a atividade durante 5 dias (25%) e 2 dias (25%) na semana (Figura 23-A). Com relação ao tempo dedicado à pescaria, 58% passam entre 4 e 6 horas/dia realizando a atividade (Figura 23-B).

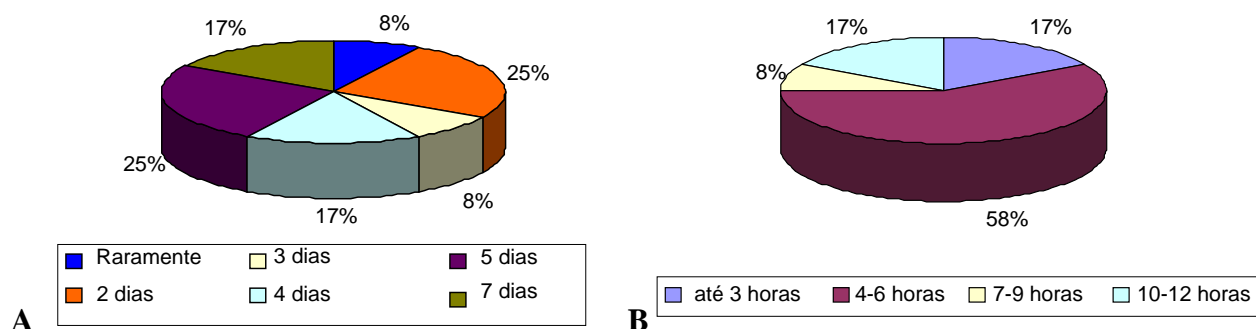


Figura 23. A. Quantidade de dias de realização da atividade pesqueira na semana; **B.** Quantidade de horas/dia de pescaria na bacia hidrográfica do Bacanga.

Foi constatado que a maior parte dos entrevistados (34%) adquire em média até 5 kg/dia de peixe, enquanto a menor parte pesca entre 16 e 20 kg/dia (8%) e mais de 20 kg/dia (8%) (Figura 24-A). Em trabalho realizado por CARVALHO (2000), com pescadores do Bacanga, a maioria deles (43%) respondeu que pescava em média entre 5 e 10 kg/dia de peixe.

Os peixes capturados, segundo relatos do presente estudo, são destinados à venda e ao consumo por 75% dos pescadores, e somente ao consumo por 25% deles (Figura 24-B).

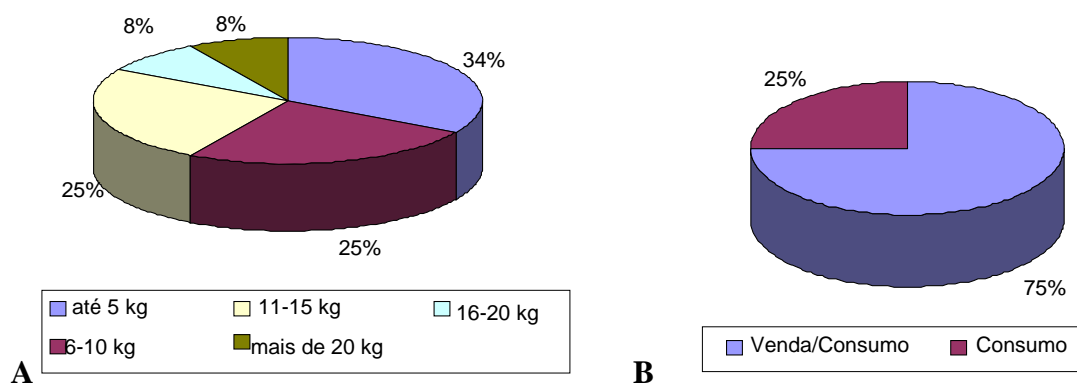


Figura 24. A. Quantidade pescada/dia de pescaria; **B.** Destino do pescado na bacia hidrográfica do Bacanga.

Observou-se que muitos pescadores realizam a atividade pesqueira para complementar a sua alimentação, pois normalmente o número de residentes em sua casa é

elevado, o que gera a necessidade contínua da pescaria. Outros pescadores, contudo, realizam essa atividade apenas esporadicamente, quando há necessidade de complementar a renda familiar. De acordo com a RHAMA (2008), algumas famílias que moram em volta do rio Bacanga praticam a pesca de subsistência, extraindo não somente peixes, mas também mariscos e crustáceos.

Segundo os entrevistados, os pescados mais caros são a tainha, o camurim e o peixe-prata, sendo o quilo vendido em média por R\$ 5,50, R\$ 5,00 e R\$ 4,50, respectivamente (Figura 25-A). Em se tratando da renda obtida com a atividade pesqueira, a maioria (39%) respondeu que esta varia de acordo com o mês, enquanto 23% conseguem entre R\$ 200,00 e R\$ 300,00; 23% recebem de R\$ 301,00 a R\$ 400,00; e 15% adquirem menos de R\$ 100,00 (Figura 25-B). Os peixes adquiridos no Bacanga são vendidos, no geral, dentro da própria bacia, principalmente em feiras dos bairros da Vila Embratel e do Sá Viana.

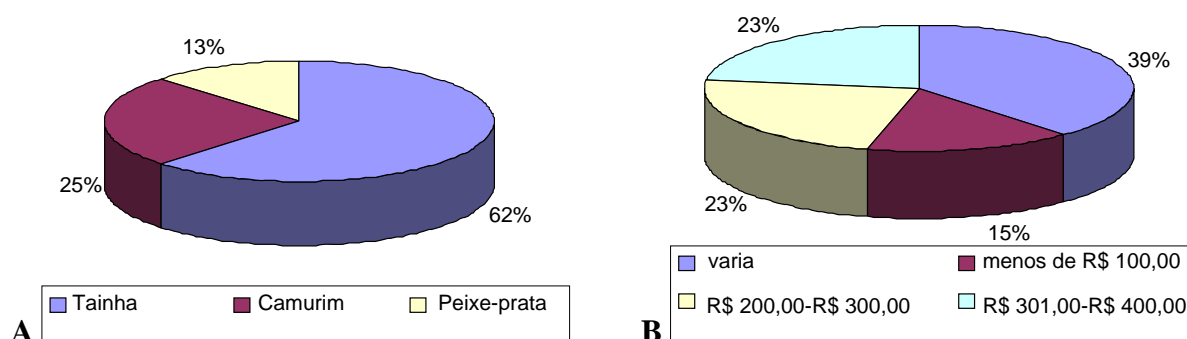


Figura 25. A. Pescados vendidos mais caros; **B.** Renda obtida com a atividade pesqueira na bacia hidrográfica do Bacanga.

Quando questionados se ao longo dos anos a pesca piorou, 23% responderam que não, enquanto 77% afirmaram que sim (Figura 26-A). Foi observado que para 80% dos pescadores, a quantidade de peixes diminuiu ao longo dos anos, o que, segundo eles, foi causado devido ao elevado número de pescadores no local, à presença da barragem, ao assoreamento do rio, e à grande quantidade de lixo. Segundo 20% dos entrevistados, a composição do pescado mudou com o passar dos anos, tendo como uma das causas, a existência de tanques de criação de tilápia nas proximidades do rio, os quais transbordaram, fazendo com que essa espécie se reproduzisse na área, competindo com as nativas (Figura 26-B).

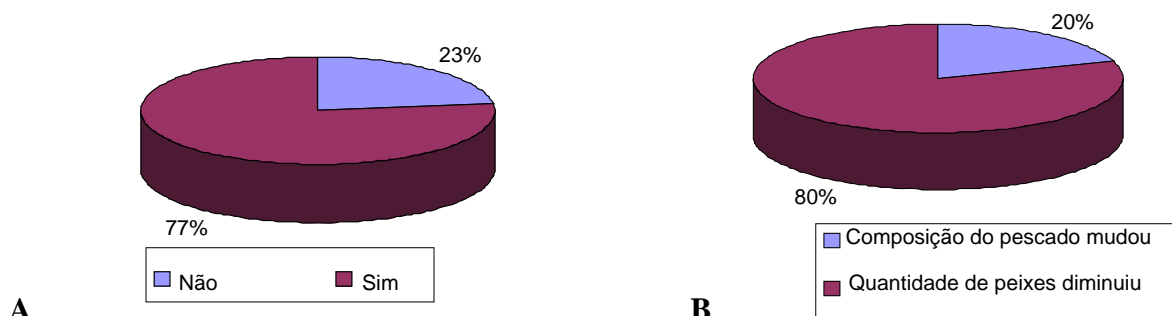


Figura 26. A. Pesca piorou nos últimos anos; B. O que aconteceu com os peixes ao longo dos anos na bacia hidrográfica do Bacanga.

Muitos pescadores afirmam que com o derramamento de óleo de uma empresa há alguns anos, a pesca na área do Gapara ficou comprometida, sendo que algumas espécies de peixes que ocorriam antes não são mais encontradas na localidade.

De acordo com a MMT (2007), alguns dos principais problemas responsáveis pelo declínio da biodiversidade de peixes são: modificação de habitat, introdução de espécies, poluição, exploração comercial e mudanças climáticas.

Em relação aos problemas ambientais que prejudicam a pesca, destacou-se a poluição (46%) (Figura 27). Dentre as principais causas da poluição, citaram-se a falta de redes de esgoto e a falta de conscientização da população. Segundo depoimentos de alguns pescadores, existem épocas do ano em que se alguém entrar em contato com a água do rio, este adquire frieira, uma doença de pele. De acordo com MARTINS (2005), o lançamento indiscriminado de esgotos nos rios promove a desoxigenação das águas, acelerando também o desenvolvimento de organismos patogênicos que podem causar infecções na pele, doenças gastrintestinais, dentre outras enfermidades em indivíduos imunodeprimidos, através do contato direto com a água ou pelo consumo de alimentos regados ou lavados com ela. Conforme relato de um pescador, o rio está tão degradado, que muitas vezes se joga a tarrafa na água e ela só captura lixo. Restos humanos e de animais também já foram encontrados segundo alguns entrevistados.

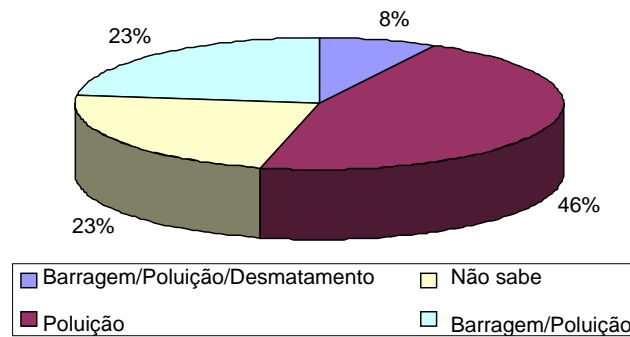


Figura 27. Problemas ambientais prejudiciais à pesca na bacia hidrográfica do Bacanga.

O lançamento de esgotos domésticos, hospitalares e industriais *in natura* nas águas dos rios e a deposição de lixo em suas margens provocam alterações na dinâmica desses recursos hídricos e na produtividade dos manguezais, com certas conseqüências, como o aparecimento do processo de eutrofização e a contaminação da fauna aquática por agentes patogênicos e metais pesados, além da diminuição dos recursos pesqueiros, podendo causar ainda o desaparecimento de espécies aquáticas mais sensíveis (MMT, 2007).

Em um relatório realizado pelo LABOHIDRO (1982) no Bacanga, foram feitas análises bacteriológicas, já sendo observadas naquele ano grandes concentrações de bactérias em geral e coliformes fecais próximos às nascentes. Esse fato constitui sério problema, pois caracteriza poluição por esgoto doméstico nas áreas que mais deveriam ser preservadas.

Como sugestões para a melhoria da atividade pesqueira na área, 43% acreditam que a fiscalização da abertura das comportas ajudaria, e 25% apóiam o investimento em tratamento de esgotos (Figura 28). No que tange ao conhecimento de algum projeto relacionado à recuperação do rio, 77% responderam não ter conhecimento, enquanto 23% afirmaram já ter ouvido falar a respeito.

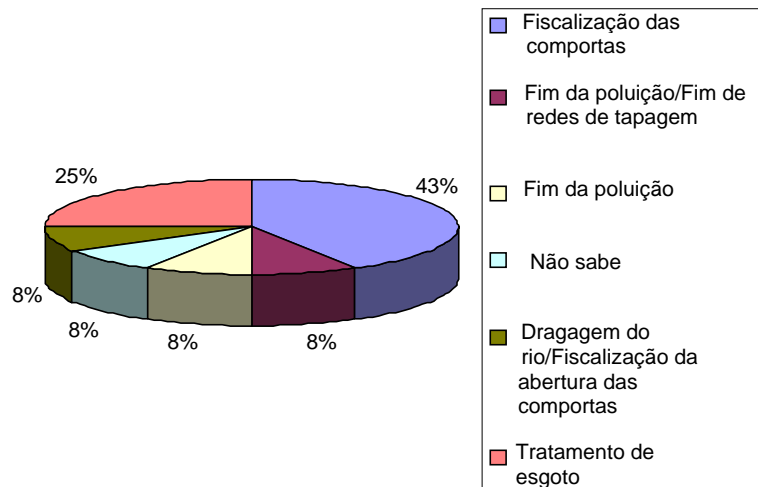


Figura 28. Sugestões para melhoria da atividade pesqueira na bacia hidrográfica do Bacanga.

A percepção ambiental de pescadores pode funcionar como uma ferramenta importante de auxílio ao poder público, em se tratando da questão ambiental. Visto que eles são dependentes do Bacanga, qualquer alteração nos corpos d'água da área acaba tendo interferência sobre a atividade realizada por eles. Podem, dessa forma, falar com mais propriedade sobre a realidade que os cerca.

5.4 Pesca e Qualidade Ambiental

Estudos que tratam sobre a qualidade ambiental têm sido realizados em países do mundo todo, levando em consideração os impactos causados pela degradação do meio ambiente. No Brasil, a Resolução CONAMA 001/86 conceitua “impacto ambiental” como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia, resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem: (1) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; (2) as atividades sociais e econômicas; (3) a biota; (4) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; (4) a qualidade dos recursos ambientais.

Diante disso, pode-se dizer que a bacia hidrográfica do Bacanga atualmente enquadra-se como um ambiente impactado, sendo os aspectos acima mencionados na resolução verificados no presente estudo. A situação observada atualmente na área com relação à pesca, por exemplo, tem

afetado os pescadores tanto social quanto economicamente. Dessa forma, tratar apenas sobre qualidade ambiental não basta. Resta saber de que forma a diminuição dessa qualidade tem afetado as populações humanas, sejam elas dependentes direta ou indiretamente do ambiente. Sabe-se que as ameaças de impactos ambientais em bacias hidrográficas são motivos de preocupação em qualquer escala geográfica e, uma vez consumadas, podem causar danos irreversíveis ao meio aquático, à biota e às populações humanas do local.

Observou-se que a bacia hidrográfica do Bacanga é considerada importante do ponto de vista social e econômico, promovendo sustento de populações residentes na área e que vivem da pesca, apesar da reduzida qualidade ambiental verificada no presente trabalho.

Em estudo realizado pelo LABOHIDRO (1999), os níveis de contaminação do pescado do estuário do Bacanga demonstraram que o mesmo era impróprio para o consumo humano. Várias pesquisas realizadas na área detectaram níveis altíssimos de poluição por material fecal tanto na água quanto nos peixes, o que significa sérios riscos à saúde das pessoas quando da ingestão de peixes mal cozidos. Segundo MARTINS (2005), esse local encontra-se contaminado com bactérias do gênero *Aeromonas*, em razão de atuar como uma bacia de recepção de esgotos da cidade, representando assim, um risco para a saúde dos pescadores que trabalham em suas águas e para o consumidor dos pescados capturados no local.

Alguns cenários relacionados à pesca em função da qualidade ambiental são propostos a seguir:

1. Manutenção da realidade atual

Nesse caso, a população humana local se manteria relativamente constante. Não se tomaria nenhuma iniciativa de proteção ambiental ou intensificação da degradação, sendo que as comportas da barragem continuariam sendo abertas quinzenalmente e a atual quantidade de lixo e esgoto continuaria a ser lançada no corpo d'água.

Muitas vezes já foram registrados eventos de mortalidade em massa de peixes no Bacanga, os quais ainda são observados atualmente, sendo causados devido à falta de regularidade na abertura das comportas e provavelmente à poluição local. Embora, segundo BLABER (2000), mortalidades em massa de peixes não sejam eventos raros em estuários, em muitos casos, esses podem ser resultados de atividades humanas.

Visto que os pescadores têm observado diminuição dos estoques ao longo dos anos, essa situação só tenderia a piorar, prejudicando mais ainda a economia local.

2. Intensificação da degradação

Nessa situação, a população humana da bacia continuaria a aumentar com o passar dos anos.

Sabe-se que a população do Bacanga no ano de 2001 era estimada em 256.000 pessoas. Levando-se em consideração dados do IBGE, em que a população da ilha de São Luís possui uma taxa de crescimento anual de 2% (OLIVEIRA, 2008), a população estimada da bacia do Bacanga em 2018, por exemplo, atingiria a marca de 358.462 habitantes. Sem investimento em saneamento básico, mais material orgânico seria lançado nos mananciais, aumentando a concentração de nutrientes e reduzindo a taxa de oxigênio dissolvido, caracterizando um ambiente mais eutrofizado que o atual.

Dessa forma, haveria maior diminuição na quantidade de peixes, podendo até levar ao desaparecimento dos mesmos em alguns locais. Assim, a situação econômica dos pescadores seria insustentável, ocasionando também graves problemas sociais.

3. Investimentos intensivos dirigidos para um modelo de desenvolvimento sustentável

Caso os órgãos competentes se disponibilizassem a desenvolver a bacia hidrográfica do Bacanga de uma forma racional, poderiam investir na melhoria da pesca, visto que esta consiste em uma atividade rentável para uma parte da população local. Investimento em saneamento e no controle dos impactos ambientais, além de medidas de contenção do crescimento populacional nas margens dos mananciais (as quais consistem em áreas de preservação permanente) seriam também de grande importância, pois influenciam a pesca. Caso a operação das comportas da barragem fosse realizada em função da qualidade da água que é retida em sua bacia hidrográfica, as condições ambientais da área poderiam ser consideravelmente melhoradas.

As comunidades ícticas teriam assim, um ambiente propício à reprodução e realização de suas funções ecológicas, aumentando seus estoques, beneficiando, dessa forma, a economia local.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho procurou analisar a qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Bacanga, com base em variáveis físico-químicas, bioindicadores (ictiofauna) e aspectos sócio-econômico-ambientais da população.

As variáveis ambientais demonstraram grandes variações não somente entre os pontos, como também entre os períodos de amostragem. Os valores relacionados à profundidade sempre foram maiores próximos à Barragem, enquanto os do pH mostraram uma redução no período chuvoso de coleta (fevereiro, abril e junho de 2008). A transparência e o material em suspensão não revelaram nenhum padrão de variação característico, enquanto a temperatura esteve relacionada com a hora em que as coletas foram realizadas em cada ponto. No que tange à salinidade, esta registrou valores mais elevados nos pontos próximos à foz, devido à maior proximidade com a baía de São Marcos.

Os nutrientes analisados apresentaram concentrações bastante elevadas, sendo que os maiores valores registrados para a amônia e o fosfato ocorreram principalmente no rio das Bicas. O oxigênio dissolvido, por outro lado, registrou os valores mais baixos para esse ponto, o qual consiste em grande depositário de esgotos da ilha de São Luís.

A análise de componentes principais constatou a formação de quatro grupos, reunidos principalmente por influência da amônia, nitrato, pH, salinidade, profundidade e fosfato.

Com relação à comunidade ictiofaunística, esta esteve representada por 36 espécies, pertencentes a 18 famílias e 9 ordens, contabilizando 3.682 indivíduos. As espécies mais abundantes durante o tempo amostral foram *Diapterus rhombeus*, *Cetengraulus edentulus*, *Mugil incilis*, *Hexanematichthys bonillai* e *Mugil curema*. As espécies que mais se destacaram em termos de contribuição de biomassa foram *D. rhombeus*, *Tilapia rendali*, *M. incilis*, *M. curema* e *C. edentulus*. A espécie *D. rhombeus* também se destacou por ser altamente constante em quase todos os pontos amostrados. Outra espécie que se destacou como altamente constante foi *C. edentulus* em dois dos cinco pontos.

A similaridade ictiofaunística mostrou a formação de três grupos, definidos possivelmente em função do gradiente de salinidade da água, demonstrando certa sazonalidade.

Apesar de terem sido observados valores muito reduzidos com relação à diversidade, esta não revelou um padrão bem definido, não permitindo visualizar claramente mudanças relacionadas ao estresse ambiental entre os pontos, sendo necessário, para isso, um período maior de amostragem.

O método ABC classificou o ambiente estudado como “sem perturbação” (igarapé do Coelho), “moderadamente perturbado” (Barragem e Gapara) e “perturbado” (igarapé do Jambeiro e igarapé do Mamão). Porém, pelo fato dessa metodologia ainda não estar bem estabelecida para o estudo da ictiofauna, é necessária uma grande cautela durante sua análise, a fim de que não se confunda a presença de juvenis e a seletividade do apetrecho de pesca com uma troca de dominância.

Foi observado na área em estudo índices de integridade biótica muito baixos, sendo esta classificada nas categorias de “muito pobre” a “pobre”. O menor valor desse índice foi registrado no Gapara.

Dentre os moradores da bacia hidrográfica do Bacanga, destacaram-se o baixo nível de escolaridade e rendimento familiar, a precariedade dos serviços de esgotamento sanitário (apesar da existência de uma estação de tratamento de esgoto na área) e a coleta irregular do lixo em alguns pontos. Os problemas na área mais citados foram lixo, esgoto (principalmente no rio das Bicas), queimadas e desmatamento do mangue.

Em se tratando dos pescadores do Bacanga, destacou-se o alto percentual de pessoas que não tiveram acesso aos estudos. Foi constatado que a maioria sobrevive da pesca, possuindo entre 21 e 30 anos de pescaria. Os peixes mais pescados são peixe-prata, tainha, bagre, sardinha e tilápia. A maioria adquire até 5 kg de peixe por dia de pescaria, sendo estes destinados à venda e ao consumo. A renda obtida com a atividade pela maior parte dos entrevistados fica entre R\$ 200,00 e R\$ 400,00. Segundo a maioria deles, a pesca piorou nos últimos anos, caracterizando-se principalmente pela diminuição da quantidade de peixes e mudança na composição do pescado. Como problema ambiental que prejudica a pesca, enfatizou-se a poluição, sendo causada pela falta de redes de esgoto e de conscientização da população, além da presença da barragem. Como sugestão para melhoria da atividade pesqueira, destacou-se a fiscalização da abertura das comportas da barragem.

Constatou-se que a bacia hidrográfica do Bacanga, apesar da reduzida qualidade ambiental, é considerada muito importante do ponto de vista social e econômico, promovendo sustento de populações que realizam a atividade pesqueira. Os cenários propostos para a pesca apontam um investimento intensivo dirigido para um modelo de desenvolvimento sustentável como alternativa mais viável.

Entende-se que a qualidade ambiental e a potencialidade das bacias hidrográficas brasileiras ainda são pouco conhecidas. Essa falta de conhecimento dificulta grandemente o desenvolvimento de estratégias de manejo integradas, mitigação de impactos e políticas de conservação. Com relação aos recursos pesqueiros, por exemplo, sua sustentabilidade depende do entendimento dos aspectos sociais, econômicos e ambientais de forma integrada. Dessa forma, nota-se que o conhecimento das questões ambientais é sempre essencial, pois a produção pesqueira exige mais do que habilidade para o seu exercício. Requer, também, estratégias eficientes para enfrentar as adversidades da natureza modificada pelo próprio homem.

É importante ressaltar que a gestão da bacia hidrográfica do Bacanga deve estar associada ao plano diretor do município, definindo diretrizes de uso e ocupação do solo, considerando-se as restrições impostas pelo suporte natural. Dessa forma, o presente trabalho aponta para uma urgente e necessária formulação de estratégias que permitam o uso sustentável dessa bacia, integrando fatores sociais, econômicos e ambientais, promovendo, dentre outras coisas, a sobrevivência de comunidades que dependem da pesca.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A. JÚLIO JR., H. F. Ameaça ecológica: peixes de outras águas. **Ciência Hoje**, v. 21, n. 124, p. 36-44, 1996.
- AGOSTINHO, A. A.; BINI, L. M.; GOMES, L. C. Ecologia de comunidade de peixes da área de influência do reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. **Reservatório de Segredo: Bases ecológicas para o manejo**. Maringá: EDUEM, 1997, p. 97-112.
- ALBA-TERCEDOR, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. In: SIMPOSIO DEL AGUA EN ANDALUCIA ACTAS DEL AGUA EN ANDALUCIA, 04., 1996, Almeria. **Resumos...** Almeria: SIAGA, 1996. p. 203-213.
- ALMEIDA, T. R. V. **Aspectos do processo de degradação ambiental na bacia do rio Bacanga**. São Luís, 1998. 55 p. Monografia (Curso de Geografia Bacharelado) – Universidade Federal do Maranhão.
- AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**. Brest: CNEXO, 1983. 395 p.
- ANZECC. **Australian water quality guidelines for fresh and marine waters**. Canberra: [s.n], 2000. v. 4.
- ARAÚJO, F. G. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. **Rev. Bras. Biol.**, São Carlos, v. 58, n. 4, p. 547-558, nov. 1998.
- BAIRD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2002. 622 p.
- BARBOSA, L. P. **Avaliação de procedimentos de extração sequencial de fósforo em sedimento do Rio Bacanga (São Luís – MA)**. São Luís, 2000. 95 p. Dissertação (Curso de Mestrado em Química) – Universidade Federal do Maranhão.
- BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D.; STRIBLING, J.B. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish**. 2 ed. Washington D.C.: EPA, 1999.

BASTOS, L. P.; ABILHOA, V. A utilização do Índice de Integridade Biótica para avaliação da qualidade de água: um estudo de caso para riachos urbanos na bacia hidrográfica do rio Belém, Curitiba, Paraná. **Revista Estudos de Biologia**, v. 6, n. 55, p. 33-44, abr-jun. 2004.

BATISTA, V. S.; RÊGO, F. N. Análises de associações de peixes em igarapés do estuário do rio Tibiri, Maranhão. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 56, n. 1, p. 163-176. 1996.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; ROCHA, J. M. B.; NIENCHESKI, L. F. H. Manual de análises em em oceanografia química. Rio Grande do Sul: Ed. FURG, 1996. 132 p.

BELLEN, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: FGV, 2005. 256 p.

BIDONE, E. D.; MORALES, P. R. D. **Desenvolvimento Sustentável e Engenharia (Enfoque Operacional)**. Rio de Janeiro: Fundação Ricardo Franco, 2004. 260 p.

BIGOSSI, M. T.; WITKOWSKI, E.; MARINELLI, C. E. Estrutura das comunidades de peixes e seu uso como indicador da antropização de bacias hidrográficas no município de São Luiz do Paraitinga, SP. In: SEMANA DA ENGENHARIA AMBIENTAL DAS FACULDADES OSWALDO CRUZ – SP, 03., 2004, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: [s.n], 2004.

BITTENCOURT, D. C. **Concepções e percepções ambientais no Parque Estadual do Bacanga, São Luís, MA**. São Luís, 2008. 60 p. Monografia (Curso de Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Maranhão.

BIZERRIL, C. R. S. F.; COSTA, P. A. S. **Peixes marinhos do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: FEMAR, 2001. 234 p.

BLABER, S. J. M. **Tropical estuarine fishes: Ecology, exploitation and conservation**. Oxford: Blackwell Science, 2000. 372p.

BRITISH COLUMBIA (Canadá). Guidelines for interpreting water quality data: versão 1.0, 1998. Disponível em: < <http://srmwww.gov.bc.ca/rise/pubs/aquatic/interp/interp-01.htm> >. Acesso em: 01 out. 2008.

BRITO, M. C. A. **Qualidade ambiental de corpos d'água de São Luís, Alcântara e Rosário**. São Luís, 1997. 63 p. Monografia (Curso de Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Maranhão.

CAEMA – Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão. **Sistema de Esgotamento Sanitário de São Luís – MA**. Programa de Saneamento ambiental da ilha de São Luís – MA/SANLUÍS. São Luís, 2003. 138 p.

CANADÁ. Canadian water quality guidelines for the protection aquatic life: Nitrate íon. In: **Canadian water environmental quality guideline**. Winnipeg: [s.n], 1999. 7 p.

CANIL, K. **Indicadores Ambientais no Gerenciamento de Bacias Hidrográficas**: O exemplo da Bacia do Rio Humber (Humber Watershed), Toronto, Canadá. Projeto Bacias Irmãs. Toronto, 2006. Disponível em: < http://www.baciasirmas.org.br/doc/indic_ambientais.pdf >. Acesso em: 10 fev. 2008.

CARVALHO, R. S. **Caracterização sócio-econômica e sócio-ambiental dos pescadores da bacia hidrográfica do rio Bacanga**. São Luís, 2000. 18 p. Monografia (Curso de Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Maranhão.

CASTRO, A. C. L. Características ecológicas da ictiofauna da ilha de São Luís – MA. **Bol. Lab. Hidrobiol**, São Luís, v. 10, p. 1-18, 1997.

CASTRO, R. M. C.; CASATTI, L. The fish fauna from a small forest stream of the upper Paraná River Basin, southeastern Brasil. **Ichthyol. Explor. Freshw**, [s.l], v. 7, n. 4, p. 337-352, 1997.

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. W. **Change in marine communities**: an approach to statistical analysis and interpretation. United Kingdom: Plymouth Marine Laboratory, 1994. 859 p.

COECK, J.; VANDELANNOOTE, A.; YSEBOODT, R.; VERHEYEN, R.F. Use of the abundance/biomass method for comparison of fish communities in regulated and unregulated lowland rivers in Belgium. **Regul. Rivers**, v. 8, n. 1/2, p. 73-82, 1993.

COELHO, C. J. C. **Aspectos da disponibilidade e dos usos da água na bacia do rio Bacanga/Ilha do Maranhão (Ilha de São Luís) – MA**. São Luís, 2006. 125 p. Monografia (Curso de Ciências Aquáticas) – Universidade Federal do Maranhão.

CUNICO, A. M.; AGOSTINHO, A. A.; LATINI, J. D. Influência da urbanização sobre as assembleias de peixes em três córregos de Maringá, Paraná. **Rev. Bras. Zool**, v. 23, n. 4; p. 1101-1110, dez. 2006.

DEEGAN, L. A.; FINN, J. T.; BUONACCORSI, J. Development and validation of an Estuarine Biotic Integrity Index. **Estuaries**, v. 20, n. 3, p. 601-617, set. 1997.

ENGECORPS. Consórcio JMR ENGECORPS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos – Estado de São Paulo**. Relatório Síntese do Plano. 2005.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 601 p.

FALCÃO, M. G. ; SPACH, H. L. ; GODEFROID, R. S. ; OTERO, M. E. B. ; PICHLER, H. A. ; FÉLIX, F. C. ; ARAUJO, K. C. B. . A ictiofauna como indicador de qualidade ambiental em planícies de maré do complexo estuarino de Paranaguá, Brasil. **Cadernos da Escola de Educação da Unibrasil**, 2008.

FAUSCH, K. D.; LYONS, J.; KARR, J. R.; ANGERMEIER, P. L. Fish communities as indicators of environmental degradation. **Am. Fish. Soc. Symposium**, [s.l], v. 8, p. 122-144, 1990.

FERREIRA, C. P.; CASATTI, L. Integridade biótica de um córrego na bacia do Alto Rio Paraná avaliada por meio da comunidade de peixes. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, p. 1-25, 2006.

FREITAS, S. S.; SANTOS FILHA, M. M.; CARVALHO, J. Determinação de nutrientes da coluna d'água do estuário do rio Poxim – SE. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 23., 2000, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: SBQ, 2005. v. 3. p. 49.

FREY, K. A dimensão político-democrática nas teorias de desenvolvimento sustentável e suas implicações para a gestão local. **Ambiente & Sociedade**, n. 9, p. 115-148, 2001.

FROESE, R.; D. PAULY. **FishBase**. World Wide Web electronic publication. Version (06/2008). Disponível em: < <http://www.fishbase.org> >. Acesso em: 10 jul. 2008.

GARCIAS, C. M. Indicadores de qualidade ambiental urbana. In: SIMPÓSIO SOBRE INDICADORES AMBIENTAIS, 02., 1999, Curitiba. **Resumos...** Curitiba, [s.l], 1999.

GOLTERMAN, H. L.; CLIMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analyses of freshwaters**. Oxford: Blachwell Scientific Publications, 1978. 213 p.

GUZZO, M. C. S. **Indicadores ambientais de qualidade de água para bacias hidrográficas**. Vitória, 2002. 181 p. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo.

HOCCUTT, C.; JOHNSON, P. N.; HAY, C.; ZYL, B. J. V. Biological basis of water quality assessment: The Kavango River, Namibia. **Rev. Hydrobiol. Trop.**, v. 27, n. 4: 361-384, 1994.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Relatório Técnico. **Perfil da população brasileira**. 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2008. Disponível em: < <http://www.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> >. Acesso em: 12 fev. 2008.

JMP Statistics and Graphic Guide. Versão 3.2.6. (Computer Software and Manual). SAS Institute Inc., Cary, north Carolina. CD-ROM. 1995.

KARR, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities. **Fisheries**, v. 6, n. 6, p. 21-27, 1981.

KARR, J. R.; ANGERMEIER, P. L. Applying an index of biotic integrity based on stream-fish communities: considerations in sampling and interpretation. **North American Journal of Fisheries Management**, v. 6, p. 418-429, 1986.

KLEEREKOPER, H. **Introdução ao Estudo da Limnologia**. 2 ed. Porto Alegre: DNPA, 1990. 329 p.

KREBS, C. J. **Ecological Methodology**. Nova Iorque: Harper Collins Publisher, 1989. 654 p.

LABOHIDRO – Laboratório de Hidrobiologia da Universidade Federal do Maranhão. Relatório Técnico Semestral. **Estudo da poluição química e biológica nos estuários dos rios Anil e Bacanga – São Luís – MA**. São Luís, 1982.

LABOHIDRO – Laboratório de Hidrobiologia da Universidade Federal do Maranhão. Relatório Final. **Estudo da poluição química e biológica na ilha de São Luís – MA: Rios Anil e Bacanga**. São Luís, 1983.

LABOHIDRO – Laboratório de Hidrobiologia da Universidade Federal do Maranhão. Relatório Técnico: **Diagnóstico Ambiental do estuário do Rio Bacanga, Ilha de São Luís – MA.** São Luís, 1998.

LABOHIDRO – Laboratório de Hidrobiologia da Universidade Federal do Maranhão. Relatório Técnico: **Diagnóstico Ambiental do estuário do Rio Bacanga, Ilha de São Luís – MA:** Caracterização química e Biológica. São Luís, 1999.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology.** Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing, 1983. 419 p.

LIMA, E. B. N. R. **Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá.** Rio de Janeiro, 2001. 206 p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível no site: <<http://www.coc.ufrj.br/teses/doutorado/rh/2001/teses/...>>. Acesso em: 20 nov. 2004.

LIMA, A. G. A bacia hidrográfica como recorte de estudos em geografia humana. **Geografia**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 173-183, jul./dez. 2005.

LIMA, J. O. Índice de qualidade ambiental para o município de Morrinhos. In: EREGEO SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA, 10, 2007, Catalão. **Resumos...** Catalão: UFG, 06 a 07 de setembro de 2007. 15 p.

LOPES, L. G.; AMARAL, L. A.; BUENO, R. B.; HOJAIJ, A.; COSTA JR., L. L.; ZANETTI, L. G. F.; PALLA, V. L.; GALBIATTI, J. A. Seleção de indicadores para gestão da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal, SP. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DOS SERVIÇOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO (SANEAMENTO DE QUALIDADE: RESPONSABILIDADE DO MUNICÍPIO), 35., 2005, Belo Horizonte. **Resumos...** Jaboticabal: Assemae, 4 p. Disponível em: <<http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/35Assemae069.pdf>>. Acesso em 04 mar. 2008.

MARCIANO, E. T.; CHAUDHRY, E. H.; RIBEIRO, M. C. L. de B. Evaluation of the Index of Biotic Integrity in the Sorocaba River Basin (Brasil, SP) based on fish communities. **Acta Limnol. Bras.**, v. 16, n. 3, p. 225-237, 2004.

MARCOMIN, F. E. **Análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Pinheiros (municípios de Orleans e São Ludgero, SC), com base na caracterização e diagnóstico dos elementos da paisagem e da perda de solo por erosão laminar.** São Carlos, 2002. 155 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos.

MARTINS, A. G. L. A. **Efeitos da emissão dos efluentes domésticos na proliferação de *Aeromonas* sp. em águas de superfície e pescado do estuário do rio Bacanga, São Luís/MA.** Fortaleza, 2005. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará.

MARTINS-JURAS, I. A. G.; JURAS, A. A.; MENEZES, N. A. Relação Preliminar dos peixes da Ilha de São Luís, Maranhão, Brasil. **Rev. Bras. Zool.**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 105-113, 1987.

MARTINS-JURAS, I. A. G. **Ictiofauna estuarina da ilha do Maranhão (MA – Brasil).** São Paulo, 1989. 184 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo.

MATTOS, S. H. V. L. **Avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão (Campinas-SP).** Campinas, 2005. 96 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Campinas, SP.

Mc NEELY, R. N.; NEIMANIS, V. P.; DWYER, L. **Water quality Sourcebook: A guide to water quality parameters.** Ottawa: Environment Canada, 1979. 90 p.

MELO, O. T. **Comportamento biogeoquímico de nutrientes do estuário do rio Bacanga, ilha de São Luís – MA.** Belém, 1998. Tese (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Universidade Federal do Pará.

MMT Planejamento e Consultoria. Relatório de consultoria ambiental. **Programa de recuperação e melhoria da qualidade de vida do Bacanga.** São Luís, 2007. 83 p.

MONTEIRO, M. J. **Efeitos ambientais da urbanização de Corumbá – MS.** Brasília (DF): Ibama, 1997. 126p. Série meio ambiente em debate.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** 2 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 200 p.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chim. Acta**, v. 27, p. 31-36, 1962.

NASCIMENTO, J. D. **Análise da Área de Proteção Ambiental do Maracanã:** Uma contribuição ao seu plano de manejo. São Luís, 2004. 56 p. Monografia (Curso de Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Maranhão.

NELSON, J.S. **Fishes of the world.** New York: John Willey & Sons, 1994. 416 p.

NIEMEIJER, D. Developing indicators for environmental policy. **Environmental Science & Policy**, v. 5, p. 91-103, 2000.

NOBRE, M.; AMAZONAS, M. C. **Desenvolvimento Sustentável.** Brasília: IBAMA, 2002. 367 p.

OLIVEIRA, C. C. C. **O padrão de ocupação urbana e sua influência nas formações vegetais ciliares do rio Bacanga.** São Luís, 2008. 53 p. Monografia (Ciências Aquáticas) – Universidade Federal do Maranhão.

ORTH, D. **Apostila didática:** Qualidade do ambiente urbano. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. 66 p. Notas prévias de aula.

OTERO, M. E. B.; SPACH, H. L.; PICHLER, H. A.; QUEIROZ, G. M. L. N.; SANTOS, C.; SILVA, A. L. C. O uso de atributos das assembléias de peixes para avaliar a integridade biótica em habitats rasos das Baías de Antonina e Paranaguá, Paraná. **Acta Biol. Par.**, Curitiba, v. 35, n. 1/2, p. 69-82, 2006.

PEET, R. K. The measurement of species diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, [S.l.], v. 5, p. 285-307, 1974.

PENCZAK, T.; AGOSTINHO, A. A. Aplicação do método de comparação abundância/biomassa (ABC) na comunidade de peixes do reservatório Segredo. In: AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. **Reservatório de Segredo:** bases ecológicas para o manejo. [s. n.]. Maringá: EDUEM, 1997, p. 203-211.

PINHEIRO JÚNIOR, J. R. Uso de geotecnologias como subsídio à gestão do Parque Estadual do Bacanga, São Luís, Maranhão, Brasil. **Bol. Ciên. Geod**, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 377-379, jul-dez. 2006.

PRIMER. Programa estatístico. Versão 5.0. [S.l.], 2001. CD-ROM.

RHAMA Consultoria Ambiental. Relatório Final. **Modelagem hidrodinâmica e da qualidade da água da embocadura estuarina de São Luís/MA**. 2008. 141 p.

RIBEIRO, I. A. **Principais impactos ambientais e seus reflexos no Parque Estadual do Bacanga**. São Luís, 2003. 45 p. Monografia (Especialização em Gestão de Recursos Hídricos) – Universidade Estadual do Maranhão.

ROCHA, L. E. **Impactos ambientais relevantes e principais medidas mitigadoras no Parque Estadual do Bacanga**. São Luís, 2003. 37 p. Monografia (Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente) – Universidade Estadual do Maranhão.

RODRIGUES, W.C. **DivEs – Diversidade de espécies**. Versão 2.0. Software e Guia do Usuário, 2005. Disponível em: <<http://www.ebras.bio.br>>. Acesso em: 02 nov. 2005.

RODRIGUES-OLARTE, D.; AMARO, A.; CORONEL, J.; TAPHORN, B. D. C. Integrity of fluvial fish communities is subject to environmental gradients in mountain streams, Sierra Aroa, North Caribbean coast, Venezuela. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, n. 3, p. 319-328, 2006.

RUSCHEINSKY, A. [org]. Sustentabilidade: uma paixão em movimento. In: RUSCHEINSKY, A. **No conflito das interpretações: o enredo da sustentabilidade**. Porto Alegre: Sulina, 2004. 181 p.

SANTOS, W. L. **O processo de urbanização e impactos ambientais em bacias hidrográficas: o caso do Igarapé Judia – Acre – Brasil**. Rio Branco, 2005. 168 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre.

SANTOS, A. L. B. **Sedimento e comunidades de peixes como indicadores da qualidade ambiental em praias insulares e continentais na baía de Sepetiba, RJ**. Rio de Janeiro, 2007. 40 p. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SEMATUR. **Diagnóstico dos principais problemas ambientais do estado do Maranhão**. São Luís: [s.n], 1991. 193 p.

SEMATUR / CVRD. **Plano de manejo do Parque Estadual do Bacanga**, São Luís – MA. 1992.

SHIELDS, D. J.; SOLAR, S. V.; MARTIN, W. E. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. **Ecological Indicators**, v. 34, n. 1, p. 149-160, nov. 2002.

SILVA, M. L. G. **Análise da qualidade ambiental urbana da bacia hidrográfica da lagoa da Conceição**. Florianópolis, 2002. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina.

SMITH, W. S.; BARRELA, W.; CETRA, M. Comunidade de peixes como indicadora de poluição ambiental. **Rev. Bras. Ecol.**, v. 1, n. 1, p. 67-71, 1997.

SOARES, L. S. **Ictiofauna do estuário do rio Paciência, ilha do Maranhão – Brasil: aspectos da diversidade e integridade biótica**. São Luís, 2007. 67 p. Monografia (Curso de Ciências Aquáticas) – Universidade Federal do Maranhão.

SOUSA, M. R. J. **Comunidade de peixes como indicador de qualidade ambiental na área de influência da indústria ALUMAR, ilha de São Luís – MA**. São Luís, 2003. 33 p. Monografia (Curso de Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Maranhão.

STATISTICA. Programa estatístico. Versão 6.0. Estados Unidos. 2001. CD-ROM.

TEIXEIRA, A. M. S.; TEIXEIRA, M. P. S. S. **A preservação do Parque Estadual do Bacanga a partir de uma proposta didático-pedagógica**. 2005. Disponível em: <http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Arquivos_senept/anais/terca_tema4/TerxaTema4Artigo4.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2008.

THOMSON, J. M. Mugilidae. In: W. Fischer (ed.). **FAO species identification sheets for fishery purposes**. Western Central Atlantic (Fishing Area 31): FAO, 1978, v. 3.

VIEIRA, D. B.; SHIBATA, O. A. Peixes como indicadores de qualidade ambiental do Ribeirão Esperança, município de Londrina, Paraná, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 1, jan-abr. 2007.

WARD, T.; BUTLER, E.; HILL, B. **Environmental indicators for national state of the environment reporting – Estuaries and Sea**. Canberra: Department of the Environment, 1998. 80 p.

WARWICK, R. M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. **Mar. Biol.**, v. 92, p. 557-562, 1986.

WHITFIELD, J. Vital signs. **Nature**, v. 411, n. 28, p. 989-990. 2001.

WOOTTON, R. J. **Fish and fisheries series 1**: Ecology of Teleost fishes. London: Chapman and Hall, 1990. 404 p.

YEMANE, D.; FIELD, J. G.; LESLIE, R. W. Exploring the effects of fishing on fish assemblages using Abundance Biomass Comparison (ABC) curves. **ICES Journal of Marine Science**, v. 62, p. 374-379, 2005.