



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA



Dissertação de Mestrado

Ecologia Humana da Pesca e Mudanças Ambientais no Baixo Rio Tocantins, Amazônia Brasileira

Gustavo Hallwass

Orientador: Dr. Renato Azevedo Matias Silvano

Porto Alegre, março de 2011

Ecologia Humana da Pesca e Mudanças Ambientais no Baixo Rio Tocantins, Amazônia Brasileira

Gustavo Hallwass

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Renato Azevedo Matias Silvano

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Fernando Gertum Becker (UFRGS)

Prof. Dr. Nelson Ferreira Fontoura (PUC-RS)

Profª. Dra. Victória Judith Isaac Nahum (UFPA)

Porto Alegre, março de 2011

“...eu pensava que biólogo só se preocupava com bicho e planta, é bom saber que vocês se preocupam com as pessoas também...”
(em uma conversa informal com um pescador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a *Deus*,

Agradeço a todos os pescadores e moradores das comunidades ribeirinhas que participaram da pesquisa, cuja cooperação, amizade, boa vontade e sábios ensinamentos práticos foram de alta relevância para a realização desse estudo. Agradeço principalmente a Augusto Dutra e família (Baião), seu Zelito e família (comunidade de Calados), seu Dudu (*in memoriam*, comunidade de Umarizal), Elias, “Mundão” e seu Odilon e família (comunidade de Joana Peres), “Psica” e família (comunidade de Açaizal) e especialmente a dona Emília, seu Gaia, Adriano e July (comunidade de Ituquara) pelo enorme carinho e simpatia com que sempre nos recebiam.

Ao amigo e orientador Renato A. M. Silvano, pela amizade e orientação, bem como o ensino e entusiasmo sobre ecologia. Por todos os pacientes anos de orientação e trabalho em que aprendi muito e foram muito importantes à minha formação profissional e pessoal.

À Priscila F. Lopes, pela amizade, transmissão de conhecimentos teóricos e práticos, sugestões ao texto e entusiasmo pela pesquisa.

Agradeço aos funcionários da Eletronorte. Ao Dr. Juras pelas informações sobre a região de estudo, ao José Arimilton pelas sugestões logísticas, ao Agildo, Nilo, seu Meireles e Juarez pelo apoio em campo.

À Eletronorte/ANEEL e FAURGS pela bolsa e financiamento do projeto: “*Pesca, etnoictiologia e ecologia de peixes em lagoas e igarapés do baixo Rio Tocantins*”, Carteira ANEEL (4500057477).

Às amigas Ariane R. Ribeiro, Mariana Clauzet, Renata P. Lima e Sofia Gasparoto pela amizade e auxílio em campo, bem como a Morgana Almeida também pela amizade, sugestões e apoio.

Ao professor Heinrich Hasenack e Lúcio Locateli pelo auxílio com os mapas. À professora Sídia Callegari pela revisão e sugestões nas análises estatísticas do primeiro capítulo e ao professor Adriano Sanches Melo pela sugestão de análise no segundo capítulo.

Ao PPG-Ecologia, professores e funcionários pelo apoio e suporte durante o curso de mestrado.

Ao CNPq, pela bolsa de mestrado.

Agradeço em especial a minha namorada Andréia, pelo apoio, carinho, amor e grande incentivo em todos os momentos.

RESUMO

A pesca artesanal de pequena escala (ou subsistência) tem sido historicamente pouco estudada. Poucos estudos buscam compreender os fatores que influenciam a pesca nessa escala. Populações humanas que dependem dos recursos naturais apresentam bom conhecimento sobre o ambiente e os recursos explorados. Barramentos de rios são uns dos principais impactos na pesca de águas interiores, e pouco se sabe sobre esses impactos ao longo do tempo. Portanto, informações das populações locais e da pesca de subsistência podem melhorar e complementar o conhecimento científico sobre a pesca e os impactos causados por barramentos. O objetivo desse estudo é analisar as características da dinâmica da pesca artesanal de subsistência no Baixo Rio Tocantins (Amazônia brasileira) através de entrevistas e desembarques pesqueiros. Testamos a eficiência do conhecimento ecológico local de pescadores através de entrevistas no diagnóstico da dinâmica da pesca e de mudanças ambientais decorrentes de barragens em grandes rios (1º capítulo). Também analisamos o rendimento pesqueiro e as variáveis que influenciam na captura de peixes em cinco comunidades de pescadores artesanais do Baixo Rio Tocantins (2º capítulo). Foram realizadas 300 entrevistas com pescadores de nove comunidades ribeirinhas e registrados 606 desembarques pesqueiros em cinco destas comunidades, em 67 dias de amostragem. Através das entrevistas é possível identificar os peixes mais capturados, as artes de pesca e tamanhos de malhas de redes mais utilizadas pelos pescadores, além da sazonalidade da abundância dos peixes. Houve mudança na composição dos desembarques pesqueiros, 22 anos após o barramento. Através das entrevistas com os pescadores, foi possível identificar também quais espécies de pescado aumentaram (*Plagioscion squamosissimus*), quais diminuíram (Characidae, várias espécies de pacu), bem como quais desapareceram (*Semaprochilodus brama*) após o barramento. A produção anual e o rendimento financeiro da pesca foram reduzidos em cerca de 55% após o barramento do rio. A maior parte da variação da biomassa de peixes capturada é explicada pelas variáveis ligadas ao esforço e comportamento do pescador: tempo de pesca (35%), número de pescadores (30%) e a distância até local de pesca (20%). Entrevistas demonstraram ser um método rápido, confiável e de baixo custo para obter importantes informações sobre a pesca e os impactos à jusante de uma hidrelétrica em um grande rio amazônico. O conhecimento ecológico local pode complementar pesquisas ecológicas de longa duração de uma maneira rápida e eficiente. Considerar os pescadores, seu conhecimento e seu comportamento na elaboração de planos de manejo pesqueiro adequados com a realidade local, parece ser a maneira mais promissora de garantir a manutenção da biodiversidade, conservação dos recursos pesqueiros e manutenção da pesca artesanal como atividade econômica.

Palavras-chave: Ecologia Humana, entrevistas, conhecimento ecológico local, pesca artesanal, subsistência, manejo pesqueiro, barragem, peixes de água doce, impactos ambientais, rendimento econômico da pesca, captura por unidade de esforço.

ABSTRACT

Small-scale artisanal (or subsistence) fisheries have been little studied. Few studies have attempted to understand the factors that influence the fisheries on this scale. Human populations that depend upon natural resources show good knowledge about the environment and the exploited resources. Dams are among the main impacts affecting inland fisheries and there is little knowledge about the impacts of dams on fisheries over time. Information from local populations and subsistence fishing may improve and complement the scientific knowledge on fisheries and dam's impacts. The aim of this study is to analyze the dynamics of subsistence fishing in the Lower Tocantins River (Brazilian Amazon) through interviews and fish landings. We tested the efficiency of recording fishermen's local ecological knowledge through interviews for assessment of the fisheries dynamics and environmental changes caused by dams in large rivers (1st chapter). We also analyzed the fishing income and the variables that influence the biomass of fish caught in five fishing communities of the Lower Tocantins River (2nd chapter). We conducted 300 interviews with fishermen in nine riverine communities and recorded 606 fish landings in five of these communities in 67 sampling days. Through interviews it is possible to identify the most caught fish species, the fishing gear and gillnet mesh sizes used by most of the fishermen, and the seasonal fish abundance patterns. The composition of fish landings changed 22 years after the dam's closure. Through interviews with fishermen, also it was possible to identify the species of fish that increased (*Plagioscion squamosissimus*), decreased (Characidae, several species of pacu) and even disappeared (*Semaprochilodus brama*) after the dam's closure. The annual production and financial income of fishing have been reduced by about 55% after the dam's closure. Most of the variation in the biomass of fish caught is explained by variables related to the fishing effort and to the fisherman's behavior, such as fishing time (35%), number of fishermen (30%) and distance to fishing grounds (20%). Interviews with fishermen showed to be fast, reliable and inexpensive methods to obtain important information about the fisheries and the impacts downstream from a dam in a large Amazonian river. The local ecological knowledge of resource users can complement long-term ecological research efficiently. The fishermen, their knowledge and their behavior should be considered when developing fisheries management plans appropriate to local realities. This seems to be the most promising way to ensure the maintenance of biodiversity, conservation of fishing resources, and maintenance of artisanal fisheries as an economic activity.

Keywords: Human ecology, Interviews, local ecological knowledge, artisanal fisheries, subsistence, fisheries management, dam, freshwater fish, environmental impacts, economics income of fisheries, catch per unit effort.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	3
Lista de Tabelas.....	6
Introdução Geral.....	7
Pesca Artesanal Tropical.....	7
Pesca Artesanal na Amazônia.....	7
Impactos Ambientais na Pesca Artesanal.....	8
Ecologia Humana e Etnoecologia da Pesca Artesanal.....	9
Capítulo 1. Entrevistas como uma ferramenta para o diagnóstico do efeito de mudanças ambientais na pesca de grandes rios tropicais.....	12
Resumo.....	13
1. Introdução.....	14
2. Material e Métodos.....	17
2.1. Área de Estudo.....	17
2.2. Coleta de Dados.....	18
<i>Entrevistas</i>	18
<i>Desembarques pesqueiros</i>	19
<i>Dados de literatura</i>	20
2.3. Análise dos Dados.....	20
3. Resultados.....	22
3.1. <i>Perfil dos pescadores e a pesca nas comunidades ribeirinhas do Baixo Rio Tocantins</i>	22
3.2. <i>Mudanças na pesca e no ambiente à jusante da hidrelétrica de Tucuruí, 22 anos após o barramento</i>	27
4. Discussão.....	36
4.1. <i>Entrevistas sobre a pesca: implicações para o manejo</i>	36
4.2. <i>Mudanças ambientais 22 anos após o barramento: entrevistas como diagnóstico temporal</i>	39
4.3. <i>Recomendações, aplicações e vantagens do uso de entrevistas</i>	44
5. Conclusões.....	45
6. Referências.....	47
Apêndice 1.....	54
Capítulo 2. Influência do comportamento do pescador e fatores ambientais no rendimento da pesca artesanal no Baixo Rio Tocantins (Amazônia brasileira)....	57
Resumo.....	58
1. Introdução.....	59
2. Material e Métodos.....	61
2.1. Área de Estudo.....	61
2.2. Coleta de Dados.....	62
2.3. Análise dos Dados.....	63

<i>Rendimento da pesca</i>	63
<i>Fatores influenciando na pesca</i>	64
3. Resultados.....	65
3.1. <i>Rendimento da pesca</i>	65
3.2. <i>Fatores influenciando na pesca</i>	67
4. Discussão.....	72
5. Conclusões.....	77
6. Referências.....	79
Considerações Finais.....	84
Referências (Introdução Geral e Considerações Finais).....	86

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1. Entrevistas como uma ferramenta para o diagnóstico do efeito de mudanças ambientais na pesca de grandes rios tropicais

Figura 1. Região estudada do Baixo Rio Tocantins à jusante da hidrelétrica de Tucuruí-PA, indicado por círculos (○) e quadrados (□) as nove comunidades amostradas através de entrevistas. Nas comunidades representadas por quadrados(□) foram registrados os desembarques pesqueiros, além das entrevistas. A cidade de Baião (☆) também teve seus desembarques registrados, assim como Mocajuba (☆) no estudo de Mérona (1990). A região do Baixo Rio Tocantins amostrada por Mérona (1990) e denominada de Içangui é indicada no mapa menor à esquerda..... 18

Figura 2. Correlação de Spearman entre dados de desembarque pesqueiro (proporção da biomassa dos peixes desembarcados) e informações das entrevistas com pescadores (proporção de citações) sobre os peixes capturados na pesca (n= 36) no Baixo Rio Tocantins. Os peixes mais citados e mais desembarcados (identificados no gráfico) foram o aracu (Anostomidae), branquinha (Curimatidae), curimatá (*Prochilodus nigricans*), pescada (*Plagioscion squamosissimus*), mapará (*Hypophthalmus marginatus*), piranha (Serrasalmidae), tucunaré (*Cichla spp.*)..... 23

Figura 3. Correlação de Spearman entre a proporção das citações de uso de artes de pesca (petrechos) e a proporção da frequência de petrechos utilizados nos desembarques amostrados nas comunidades do Baixo Rio Tocantins (n= 7)..... 24

Figura 4. Correlação de Spearman entre a proporção dos tamanhos de malhas citados e a proporção da frequência das malhas utilizadas nos desembarques amostrados nas comunidades do Baixo Rio Tocantins (n= 11). Os pontos da correlação são os tamanhos das malhas citados (cm entre nós opostos), m 6 (malha 6), m 7 (malha 7), m 8 (malha 8), m 9 (malha 9), m 10 (malha 10)..... 25

Figura 5. Respostas dadas a pergunta sobre a época de maior abundância de peixes (meses) no Baixo Rio Tocantins. O número total de citações (n=549) é maior que os 300 entrevistados, pois cada entrevistado teve a liberdade de citar mais de um mês. A linha pontilhada representa o valor esperado (46) se todos os meses fossem citados igualmente ao acaso. Análise de padronização dos resíduos (teste z): ***p< 0,001; **p< 0,01; *p< 0,05..... 26

Figura 6. Comparação da produtividade (CPUE, kg * pescador⁻¹ * dia⁻¹) entre os meses do ano em que foi amostrada a pesca no Baixo Rio Tocantins. Foram considerados os meses de fevereiro de 2008 (n= 166), março de 2007 (n= 105), junho de 2007 (n= 130), agosto de 2007 (n= 45), setembro de 2007 (n= 100) e dezembro de 2006 (n= 55). Mediana (linha dentro da caixa), valor mínimo e máximo (linhas verticais) e a caixa representa os quartis (25% e 75%). Os círculos são valores considerados observações extremas (*outliers*)..... 26

Figura 7. Ordenação NMDS, com base em distâncias de Bray-Curtis e 10.000 permutações, gerada com dados da composição dos peixes capturados na pesca antes e 22 anos após barramento do Baixo Rio Tocantins. Círculos representam locais amostrados antes da barragem e quadrados representam locais amostrados após o barramento. O valor de stress= 0 indica uma excelente representatividade e confiabilidade dos resultados (Clarke & Warwick 2001)..... 27

Figura 8. Respostas dos entrevistados acima de 40 anos (n= 170) à pergunta se algum peixe aumentou após a formação da barragem no Baixo Rio Tocantins. Linha pontilhada representa o valor esperado de citações ao acaso (12). Foram citados 16 peixes, sendo que no gráfico somente as espécies (ou grupos de espécies) de peixes com duas ou mais citações são apresentadas: pescada (*Plagioscion squamosissimus*), curimatá (*Prochilodus nigricans*), piranha (Serrasalminidae), aracu (Anostomidae), branquinha (Curimatidae), acará (Cichlidae) e mapará (*Hypophthalmus marginatus*). Análise de padronização dos resíduos (teste z): ***p< 0,001; **p< 0,01; *p< 0,05..... 31

Figura 9. Motivos que fizeram os peixes aumentar de quantidade após a formação da hidrelétrica de Tucuruí, segundo os pescadores acima de 40 anos entrevistados no Baixo Rio Tocantins (n = 170). Linha pontilhada representa o valor esperado de citações ao acaso (8). Análise de padronização dos resíduos (teste z): ***p< 0,001; **p< 0,01; *p< 0,05..... 32

Figura 10. Respostas dos entrevistados acima de 40 anos (n= 170) à pergunta se algum peixe diminuiu após a formação da barragem no Baixo Rio Tocantins. Só foram inseridos no gráfico os peixes que tiveram ao menos 16 citações. Linha pontilhada representa o valor esperado de citações ao acaso (15). As espécies de peixes mais citadas identificadas no gráfico são: jaraqui (*Semaprochilodus brama*), pacu (Characidae), pratiqueira (*Mugil incilis*), piabanha (*Brycon falcatus*) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*). Demais peixes encontram-se identificados no Apêndice 1. Análise de padronização dos resíduos (teste z): ***p< 0,001; **p< 0,01; *p< 0,05..... 33

Figura 11. Motivos que fizeram os peixes diminuir de quantidade após a formação da hidrelétrica de Tucuruí, segundo os entrevistados acima de 40 anos (n= 170) no Baixo Rio Tocantins. Linha pontilhada representa o valor esperado de citações ao acaso (25). Análise de padronização dos resíduos (teste z): ***p< 0,001; **p< 0,01; *p< 0,05..... 34

Figura 12. Mudanças ocorridas no Baixo Rio Tocantins após o barramento do rio, segundo os pescadores acima de 40 anos, entrevistados em nove comunidades (n= 170). Linha pontilhada representa o valor esperado de citações ao acaso (37). Alguns entrevistados utilizaram termos regionais, como o piracaú, que significa a mortandade sazonal de peixe e o caramuri, que ocorre quando a água do rio fica mais escura e com cheiro forte. Análise de padronização dos resíduos (teste z): ***p< 0,001; **p< 0,01; *p< 0,05..... 35

CAPÍTULO 2. Influência do comportamento do pescador e fatores ambientais no rendimento da pesca artesanal no Baixo Rio Tocantins (Amazônia brasileira)

Figura 1. Região do Baixo Rio Tocantins à jusante da hidrelétrica de Tucuruí-PA. As cinco comunidades estudadas foram: Açaizal, Calados, Ituquara, Joana Peres e Umarizal. Figura modificada de Hallwass *et al.* (2011)..... 62

Figura 2. Regressão entre o ln do valor financeiro (US\$) obtido em cada viagem de pesca em função do ln de kg de peixe capturado em cada viagem de pesca (n= 572 desembarques pesqueiros) em cinco comunidades ribeirinhas do Baixo Rio Tocantins..... 66

Figura 3. Frequência da CPUE ($\text{kg} * \text{pescador}^{-1} * \text{dia}^{-1}$) calculada com base em 572 desembarques pesqueiros amostrados em cinco comunidades ribeirinhas do Baixo Rio Tocantins..... 67

Figura 4. Comparação entre os habitats explorados na pesca no Baixo Rio Tocantins (n = 572), considerando: a) kg por viagem de pesca; b) CPUE ($\text{kg} * \text{pescador}^{-1} * \text{hora}^{-1}$). Mediana (linha dentro da caixa), valor mínimo e máximo (linhas verticais) e a caixa representa os quartis (25% e 75%). Os círculos são valores considerados observações extremas (*outliers*)..... 69

Figura 5. Comparação entre os tipos de embarcação (barco a motor e canoa a remo) utilizados na pesca no Baixo Rio Tocantins (n = 572), considerando: a) kg por viagem de pesca; b) CPUE ($\text{kg} * \text{pescador}^{-1} * \text{hora}^{-1}$). Mediana (linha dentro da caixa), valor mínimo e máximo (linhas verticais) e a caixa representa os quartis (25% e 75%). Os círculos são valores considerados observações extremas (*outliers*)..... 69

Figura 6. Comparação entre as épocas do ano (enchente, cheia, vazante e seca) amostradas no Baixo Rio Tocantins (desembarques de canoa a remo, n = 462) com relação a: a) kg por viagem de pesca; b) CPUE ($\text{kg} * \text{pescador}^{-1} * \text{hora}^{-1}$). Mediana (linha dentro da caixa), valor mínimo e máximo (linhas verticais) e a caixa representa os quartis (25% e 75%). Os círculos são valores considerados observações extremas (*outliers*)..... 71

Figura 7. Comparação da produtividade (CPUE, $\text{kg} * \text{pescador}^{-1} * \text{hora}^{-1}$) do petrecho anzol nas quatro épocas (ciclo hidrológico) do ano no Baixo Rio Tocantins para os desembarques com canoa a remo (n= 462). Teste de Dunn ($a > b$; $p < 0,05$). Mediana (linha dentro da caixa), valor mínimo e máximo (linhas verticais) e a caixa representa os quartis (25% e 75%). Os círculos são valores considerados observações extremas (*outliers*)..... 72

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1. Entrevistas como uma ferramenta para o diagnóstico do efeito de mudanças ambientais na pesca de grandes rios tropicais

Tabela 1. Correlação de Spearman (r_s) entre a proporção dos peixes mais capturados citados nas entrevistas e a proporção da biomassa e frequência dos peixes desembarcados no Baixo Rio Tocantins, nas cinco comunidades estudadas com relação aos desembarques..... 24

Tabela 2. Contribuição na dissimilaridade entre os peixes desembarcados antes (Icangui_1981, Itaquara_1981 e Mocajuba_1981) e após (Comunidades-2007, Itaquara_2007 e Baião_2007) a formação da barragem no Baixo Rio Tocantins..... 29

Tabela 3. Comparação da frequência relativa das respostas citadas pelos entrevistados, no Baixo Rio Tocantins, com idades acima ($n=170$) e abaixo ($n=130$) de 40 anos, através de análise de correlação..... 30

Tabela 4. Dados do número de habitantes, captura por unidade de esforço (CPUE) e produção anual para os três locais amostrados antes do barramento do rio e os três locais amostrados 22 anos após o barramento do rio..... 36

CAPÍTULO 2. Influência do comportamento do pescador e fatores ambientais no rendimento da pesca artesanal no Baixo Rio Tocantins (Amazônia brasileira)

Tabela 1. Modelo Linear Geral (GLM) obtido para a variável dependente ln de kg por viagem de pesca ($n = 572$) no Baixo Rio Tocantins..... 68

Tabela 2. Modelo Linear Geral (GLM) obtido para a variável dependente ln de kg por viagem de pesca apenas com os desembarques realizados com canoas a remo ($n = 462$) no Baixo Rio Tocantins..... 70

Tabela 3. Rendimento financeiro da pesca ($U\$ * pescador^{-1} * dia^{-1}$ e $U\$ * pescador^{-1} * mês^{-1}$) em diversas pescarias tropicais artesanais de pequena escala em águas interiores, incluindo o presente estudo no Baixo Rio Tocantins..... 74

INTRODUÇÃO GERAL

Pesca Artesanal Tropical

A atividade pesqueira fornece renda para milhões de pessoas e é responsável por cerca de 25% da proteína animal consumida no mundo; contudo, atualmente, cerca de 80% dos estoques pesqueiros estão completamente explorados ou sobre explorados (FAO 2009, Gutiérrez *et al.* 2011). Essa forte pressão pesqueira gera alto risco da perda de biodiversidade de peixes e de degradação de ecossistemas aquáticos em todo o mundo (Gewin 2004; Garcia & Cochrane 2005; Hilborn 2007). É possível distinguir a escala de exploração pesqueira em ao menos dois grandes grupos: industrial e artesanal. A pesca artesanal desempenha um importante papel na economia e segurança alimentar de populações pobres em todo o mundo (Ali & Lee 1995; Cerdeira *et al.* 2000; Silvano & Begossi 2001; Moses *et al.* 2002; Cardoso & Freitas 2006; Béné *et al.* 2009; Navy & Bhattarai 2009; Coomes *et al.* 2010).

A pesca artesanal de pequena escala tem sido historicamente pouco estudada e mesmo ignorada em pesquisas científicas e estatísticas pesqueiras (Béné *et al.* 2009; Castello *et al.* 2009; Navy & Bhattarai 2009). Um dos motivos para a falta de estudos da pesca artesanal pode estar em suas características, pois é exercida por um grande número de pescadores que exploram amplas áreas e desembarcam suas capturas em diferentes locais (Navy & Bhattarai 2009; McClanahan *et al.* 2009; Hallwass *et al.* 2011).

Pesca Artesanal na Amazônia

Em regiões tropicais húmidas, como Ásia e Amazônia, a pesca artesanal de águas interiores é altamente produtiva (MacCord *et al.* 2007; Castello *et al.* 2009; Navy & Bhattarai 2009). A pesca artesanal é responsável por cerca de 60% do total de pescado capturado na Amazônia (Bayley & Petrere 1989), sendo que a média de consumo de peixe por habitante nessa região é uma das mais altas do mundo (Isaac *et al.* 2008), o que demonstra a alta dependência alimentar e econômica de comunidades ribeirinhas amazônicas sobre a pesca (Coomes *et al.* 2010). A pesca artesanal na Amazônia se caracteriza pela diversidade de espécies e habitats explorados, bem como a variedade de artes de pesca utilizadas e a influência da sazonalidade na hidrologia de

seus rios (pulsos de inundação) (Cerdeira *et al.* 2000; Cetra & Petrere 2001; MacCord *et al.* 2007; Hallwass *et al.* 2011). Contudo, relativamente poucos estudos detalhados foram realizados sobre a pesca artesanal nesta região (McGrath *et al.* 1997; Cerdeira *et al.* 2000; Cetra & Petrere 2001; MacCord *et al.* 2007; Castello *et al.* 2009; Hallwass *et al.* 2011). Em recente estudo, Hallwass *et al.* (2011) constataram que a pesca artesanal realizada em comunidades ribeirinhas na Amazônia emprega cinco vezes mais pescadores e tem uma produção anual de cerca de 2,5 vezes maior do que a pesca desembarcada no mercado público, que tem sido monitorada pelas estatísticas pesqueiras oficiais na mesma região.

Medidas de manejo e co-manejo da pesca têm sido implementadas com o objetivo de garantir a conservação e sustentabilidade da exploração dos recursos pesqueiros (Berkes 1999; Castello 2008; Fulton *et al.* 2011). Medidas de co-manejo são elaboradas por pesquisadores e agências reguladoras juntamente com a participação de usuários dos recursos (ex. pescadores), e são atualmente uma das formas de manejo dos recursos com maior aceitação e probabilidade de sucesso (Berkes 1999; Queiroz & Cramptom 1999; Carlsson & Berkes 2005; Begossi 2008; Castello *et al.* 2009; Gutiérrez *et al.* 2011). Na Amazônia, medidas de co-manejo tem sido implementadas em diferentes locais, como é o caso da Reserva Extrativista do Alto Juruá (Begossi *et al.* 1999), nos lagos de várzea do Baixo Amazonas (McGrath *et al.* 1993; Almeida *et al.* 2009) e na Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá (Queiroz & Cramptom 1999; Castello *et al.* 2009). No Baixo Amazonas, o que hoje é considerado co-manejo, onde as comunidades ribeirinhas criam suas regras através de acordos de pesca oficializados pelo órgão ambiental do governo (IBAMA) (Almeida *et al.* 2009), já foi considerado um manejo comunitário informal, em que apenas os pescadores eram responsáveis pela elaboração e fiscalização das regras de pesca, o que gerou diversos conflitos nas primeiras tentativas de se manejar os lagos de várzea (McGrath *et al.* 1993).

Impactos Ambientais sobre a Pesca Artesanal

Além do risco de sobre-exploração dos recursos pesqueiros através da pesca (Gewin 2004; Petrere *et al.* 2004), impactos antrópicos também tem se mostrado um fator de declínio dos recursos pesqueiros em águas interiores. Um dos principais impactos antrópicos que afetam a pesca em águas interiores é o barramento de rios com

a criação de reservatórios para a geração de energia elétrica (Ponton & Vauchel 1998). Esses processos de barramentos de rios alteram a estrutura físico-química do ambiente aquático, modificam a composição e organização trófica das comunidades de peixes e reduzem a abundância e tamanho dos peixes (Ribeiro *et al.* 1995; Petrere 1996; Zhong & Power 1996; Ponton & Vauchel 1998; Fearnside 1999; Mérona & Albert 1999; Mérona *et al.* 2001; Gehrke *et al.* 2002), bem como podem interromper as rotas de migração reprodutiva de algumas espécies, como os grandes bagres da Amazônia (Família Pimelodidae) (Barthem *et al.* 1991; Petrere *et al.* 2004).

A construção de usinas hidrelétricas, além de gerar impactos ambientais, gera também impactos sociais e econômicos, como a redução da produção pesqueira, que afetam principalmente a população originária de onde é construído o empreendimento (Ribeiro *et al.* 1995; Petrere 1996; Zhong & Power 1996; Ponton & Vauchel 1998; Fearnside 1999). Segundo Fearnside (2005), existem nove barragens em funcionamento na Amazônia e 79 estão planejadas. Portanto, a pesca artesanal de águas interiores, além de carecer de estudos científicos, ainda é afetada por impactos antrópicos muitas vezes irreversíveis.

Ecologia Humana e Etnoecologia da Pesca Artesanal

A pesca é uma atividade humana, portanto é evidente a necessidade de incluir pescadores em estudos científicos sobre pesca e principalmente em programas de manejo dos recursos pesqueiros (Roberts 1997; Johannes *et al.* 2000; Castilla & Defeo 2005; Fulton *et al.* 2011). O conhecimento ecológico local (CEL) de pescadores pode revelar importantes informações sobre o tamanho e abundância dos peixes capturados, seu comportamento, bem como indicar a situação dos recursos explorados na pesca atual e passada (Poizat & Baran 1997; Huntington 2000; Johannes *et al.* 2000; Silvano & Valbo-Jorgensen 2008). Contudo, a ciência pesqueira clássica e a maioria das medidas de manejo têm abordado principalmente a biologia populacional das espécies mais exploradas, sem levar em consideração o fator humano da atividade, sendo este geralmente resumido a conceitos simplistas de “esforço” de pesca (Castello 2008; Fulton *et al.* 2011).

Entretanto, atualmente muitos cientistas têm realizado estudos com populações humanas e incorporado o conhecimento ecológico local dessas populações como complemento em suas pesquisas científicas (Poizat & Baran 1997; Calheiros *et al.*

2000; Valbo-Jorgensen & Poulsen 2000; Silvano *et al.* 2006, 2008; Salomon *et al.* 2007), bem como na formulação de medidas de conservação e manejo participativo dos recursos naturais (Ruddle 1995; Berkes 1999; Johannes *et al.* 2000; Berkes & Turner 2006; Irvine *et al.* 2009; Danielsen *et al.* 2010). A partir disso a Ecologia Humana e a Etnoecologia tem auxiliado na mudança de paradigmas na ciência pesqueira, com a inclusão de pessoas (pescadores) na pesquisa e elaboração de medidas de manejo (co-manejo) adequadas à realidade das populações pesqueiras.

Estudos sobre o conhecimento ecológico local (CEL) de populações tradicionais e/ou locais (Etnoecologia) fornecem importantes informações sobre as interações ecológicas de diversos recursos utilizados por populações humanas (Huntington 2000; Altieri 2004; Begossi *et al.* 2004; Silvano *et al.* 2006, 2008; Jones *et al.* 2008). Através do CEL é possível registrar rotas de migração, período e áreas de desova, bem como a dieta de peixes importantes para a pesca (Valbo-Jorgensen & Poulsen 2000; Silvano *et al.* 2006, 2008). Estudos etnoecológicos também permitem a pesquisadores verificar mudanças ambientais em longo prazo dificilmente registradas cientificamente (Calheiros *et al.* 2000; Fernandez-Giménez 2000; Salomon *et al.* 2007), além de proporcionar indícios para novas hipóteses ecológicas (Huntington 2000; Silvano & Valbo-Jorgensen 2008; Silvano *et al.* 2008).

Além disso, estudos de Ecologia Humana têm aplicado “modelos de subsistência”, a partir de teorias ecológicas para verificar padrões no comportamento e utilização de recursos por populações humanas (Begossi *et al.* 2002). Alguns exemplos desses estudos podem ser encontrados em Castro & Begossi (1996) abordando a teoria do nicho ecológico para analisar a atividade pesqueira, bem como em Begossi *et al.* (2005) que utilizaram modelos da teoria de forrageio ótimo a fim de compreender o comportamento da exploração de recursos por pescadores artesanais. Ainda, a teoria dos jogos, utilizada em modelos econômicos, também tem sido aplicada à estudos de pesca (Bailey *et al.* 2010).

A base de estudo desta dissertação de mestrado é a pesca artesanal no Baixo Rio Tocantins (Amazônia brasileira), através da utilização de abordagens da Ecologia Humana e Etnoecologia para uma melhor compreensão da atividade pesqueira e dos possíveis impactos causados na pesca após o represamento do Rio Tocantins, em 1984. Este trabalho de pesquisa faz parte do projeto “*Pesca, etnoictiologia e ecologia de peixes em lagoas e igarapés do Baixo Rio Tocantins*” financiado pelo programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Eletronorte/ANEEL. O objetivo geral desse estudo é

verificar os impactos causados na pesca à jusante da Hidrelétrica de Tucuruí, através do conhecimento ecológico local de pescadores e dados de desembarques pesqueiros (capítulo 1), bem como identificar as variáveis ambientais e sócio-econômicas que mais influenciam nas capturas de peixe na pesca artesanal de subsistência nessa região (capítulo 2), a fim de subsidiar medidas de manejo pesqueiro mais adequadas à realidade local e que possam auxiliar na mitigação dos impactos do reservatório e na sustentabilidade da pesca artesanal.

CAPÍTULO 1

Entrevistas como uma ferramenta para o diagnóstico do efeito de mudanças ambientais na pesca de grandes rios tropicais

Gustavo Hallwass^{1,2*}

Priscila Fabiana Lopes³

Anastácio Afonso Juras⁴

Renato Azevedo Matias Silvano²

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia – UFRGS

² Departamento de Ecologia – UFRGS

³ Departamento de Botânica, Ecologia e Zoologia – UFRN

⁴ Eletronorte, Brasília, DF, Brasil

* Email: guwass@gmail.com

Este artigo está formatado conforme as regras da revista científica: *Journal of Applied Ecology*

Resumo

1. Populações humanas têm bom conhecimento sobre os recursos explorados e mudanças ambientais. Milhares de barragens têm sido construídas em todo o mundo. Pouco se sabe sobre os impactos desses barramentos na pesca ao longo do tempo. Portanto, informações das populações locais podem complementar o conhecimento científico a respeito desses impactos.

2. Utilizamos o conhecimento ecológico local (CEL) para identificar os impactos na pesca à jusante de um reservatório, 22 anos após sua construção em um grande rio na Amazônia brasileira (Rio Tocantins). As informações obtidas através de entrevistas com pescadores foram comparadas a dados de desembarques pesqueiros atuais e anteriores ao barramento do rio (com base na literatura).

3. Através das entrevistas foi possível identificar os peixes mais capturados, as artes de pesca e tamanhos de malhas de redes mais utilizadas pelos pescadores, além da sazonalidade da abundância dos peixes: todas as correlações entre os dados de desembarques e das entrevistas foram positivas e significativas. O conhecimento dos pescadores mais velhos esteve correlacionado com o dos mais jovens, indicando uma transmissão do conhecimento entre as gerações.

4. Houve mudança na composição dos desembarques pesqueiros, 22 anos após o barramento. Através das entrevistas com os pescadores, foi possível identificar quais espécies de pescado aumentaram (*Plagioscion squamosissimus*), quais diminuíram (Characidae, várias espécies de pacu), bem como quais foram extintas após o barramento (*Semaprochilodus brama*). A produção anual e o rendimento financeiro da pesca foram reduzidos em aproximadamente 55% após o barramento do rio. Mudanças limnológicas na vazão e na qualidade da água do rio à jusante da barragem também foram citadas nas entrevistas.

5. Síntese e aplicações. Entrevistas demonstraram ser um método rápido, confiável e de baixo custo para verificar os efeitos de mudanças ambientais na exploração de recursos. É possível obter importantes informações sobre a pesca através de entrevistas, podendo-se assim propor medidas de manejo adequadas com a realidade de cada local. O método de entrevistas foi eficiente também em identificar os principais impactos na pesca à jusante de uma hidrelétrica em um grande rio amazônico. O conhecimento ecológico local pode complementar pesquisas ecológicas de longa duração de uma maneira rápida e eficiente.

Palavras-chave: Ecologia Humana, conhecimento ecológico local, pesca artesanal, manejo pesqueiro, barragem, peixes de água doce, impactos ambientais

1. Introdução

Populações humanas que dependem dos recursos naturais freqüentemente apresentam conhecimento detalhado sobre a biologia, ecologia e abundância desses recursos (Berkes 1999; Diamond 2001; Silvano *et al.* 2006; Salomon, Tanape & Huntington 2007; Jones *et al.* 2008). Estudos sobre o conhecimento destas populações têm demonstrado ser uma ferramenta útil no preenchimento de lacunas do conhecimento científico (Berkes 1999; Huntington 2000; Johannes, Freeman & Hamilton 2000; Silvano *et al.* 2008). Por esta razão, pesquisadores têm utilizado cada vez mais o conhecimento de populações locais como complemento aos estudos científicos (Poizat & Baran 1997; Valbo-Jorgensen & Poulsen 2000; Calheiros, Seidl & Ferreira 2000; Silvano *et al.* 2006; Salomon, Tanape & Huntington 2007; Silvano *et al.* 2008), bem como na formulação de medidas de conservação e manejo participativo dos recursos naturais (Ruddle 1995; Berkes 1999; Johannes, Freeman & Hamilton 2000; White *et al.* 2005; Berkes & Turner 2006; Irvine *et al.* 2009; Danielsen *et al.* 2010). Em recente revisão da literatura ecológica, Brook & McLachlan (2008), verificaram aumento do uso do conhecimento local em artigos científicos.

O conhecimento ecológico local (CEL) de populações humanas tem sido registrado em diferentes locais. Valbo-Jorgensen & Poulsen (2000), no Rio Mekong e Silvano *et al.* (2006) na costa do Brasil demonstraram que pescadores possuem conhecimento sobre rotas de migração e locais de desova de peixes. Pequenos agricultores em regiões tropicais otimizam sua produção através da rotação de cultura, que evita o esgotamento dos nutrientes do solo e da plantação de diversas espécies ao mesmo tempo, que proporciona maior resistência a pragas (Altieri 2004). Na Escócia, Irvine *et al.* (2009) verificaram uma melhora no poder de predição da distribuição espacial de cervos de 50% para 80% com a inserção do conhecimento de gestores locais no modelo. Já no Alaska, Huntington (2000) constatou que o conhecimento ecológico tradicional tem sido muito utilizado no censo e manejo das populações de baleias.

Mudanças ambientais também podem ser avaliadas através do conhecimento ecológico local das populações. Pastores da Mongólia reconhecem mudanças na composição vegetal e produtividade das pastagens resultante de atividades humanas, mudanças climáticas e diminuição da fertilidade do solo a longo e médio prazos

(Fernandez-Gimenez 2000). Segundo Calheiros, Seidl & Ferreira (2000), os moradores locais demonstram ter bom conhecimento sobre os fenômenos limnológicos e biológicos associados ao ciclo hidrológico dos rios do Pantanal, Brasil. No litoral do Alaska, Salomon, Tanape & Huntington (2007) verificaram o conhecimento ecológico tradicional sobre a redução dos invertebrados marinhos em virtude de atividades humanas (sobre exploração) e do aumento de lontras (reintroduzidas na região). Estudos sobre a percepção da poluição por comunidades locais indicam que pescadores evitam o consumo de peixes que podem estar contaminados (Begossi, Hanazaki & Ramos 2004; Silvano & Begossi 2009). Portanto, a percepção de populações locais sobre seu ambiente, quantificada principalmente utilizando questionários por meio de entrevistas, pode ser uma ferramenta muito útil na investigação e avaliação do uso de recursos, bem como de mudanças e impactos ambientais (Calheiros, Seidl & Ferreira 2000; Huntington 2000; Johannes, Freeman & Hamilton 2000; White *et al.* 2005; Brook & McLachlan 2008; Jones *et al.* 2008; Rochet *et al.* 2008). Contudo, ainda são poucos os estudos que comparam estatisticamente amostragens de dados biológicos e CEL (Gavin & Anderson 2005; Salomon, Tanape & Huntington 2007; Jones *et al.* 2008; Rochet *et al.* 2008).

Pescadores artesanais, tanto costeiros como de águas interiores, por todo o mundo, discutem sobre a ecologia e o comportamento dos peixes constantemente (Morril 1967; Silvano & Valbo-Jorgensen 2008). Estes pescadores podem revelar importantes informações sobre o tamanho e abundância dos peixes capturados, seu comportamento, bem como indicar a situação dos recursos explorados na pesca atual e passada (Poizat & Baran 1997; Huntington 2000; Johannes, Freeman & Hamilton 2000; Rochet *et al.* 2008; Silvano & Valbo-Jorgensen 2008). A pesca artesanal de pequena escala é uma das principais fontes de renda e proteína animal para as populações pobres de países tropicais em desenvolvimento (Lorenzen *et al.* 1998; Valbo-Jorgensen & Poulsen 2000; Silvano & Begossi 2001). A pesca artesanal é responsável por cerca de 60% do total de pescado capturado na Amazônia (Bayley & Petrere 1989), entretanto, existem poucos estudos detalhados sobre a pesca artesanal de pequena escala realizada nesta região (McGrath, Silva & Crossa 1997; Cerdeira, Ruffino & Isaac 2000; Cetra & Petrere 2001; MacCord *et al.* 2007; Hallwass *et al.* 2011).

Nas últimas décadas, milhares de barragens têm sido construídas em todo o mundo (Ponton & Vauchel 1998; Penczak *et al.* 2009). No Brasil vários reservatórios

têm sido criados com a finalidade de geração de energia elétrica (Petrere 1996). Entretanto, processos de barramentos de rios para a criação de usinas hidrelétricas geram diversos impactos ambientais, sociais e econômicos, principalmente à população originária de onde é construído o empreendimento (Ribeiro, Petrere & Juras 1995; Petrere 1996; Zhong & Power 1996; Ponton & Vauchel 1998; Fearnside 1999). As principais alterações bióticas encontradas à jusante de hidrelétricas são as mudanças na composição das comunidades de peixes, atraso na reprodução, redução na abundância e tamanho dos peixes, principalmente os de hábito migratório (Ribeiro, Petrere & Juras 1995; Petrere 1996; Zhong & Power 1996; Ponton & Vauchel 1998; Mérona & Albert 1999; Gehrke, Gilligan & Barwick 2002). Tais alterações podem afetar diretamente a pesca à jusante de barramentos, porém tais efeitos têm sido pouco estudados (Mérona 1990; Ribeiro, Petrere & Juras 1995; Petrere 1996; Zhong & Power 1996; Hallwass *et al.* 2011).

Devido à dificuldade de se obter recursos para a coleta de longas séries de dados em países em desenvolvimento, estudos conduzidos à jusante de hidrelétricas geralmente são realizados pontualmente, logo em seguida ou vários anos após a conclusão da barragem (Mérona 1990; Ribeiro, Petrere & Juras 1995; Zhong & Power 1996; Ponton & Vauchel 1998; Mérona & Albert 1999; Mol *et al.* 2007), sendo que essa situação também ocorre em países desenvolvidos (Gehrke, Gilligan & Barwick 2002). Assim, a utilização do conhecimento de populações locais pode ser uma importante ferramenta na complementação dos dados gerados por estes estudos.

O objetivo deste estudo é analisar a eficiência do método de entrevistas no registro do conhecimento ecológico local de pescadores como uma ferramenta para o diagnóstico rápido e de baixo custo da dinâmica da pesca e de mudanças ambientais decorrentes de barragens em grandes rios. Para isso, verificamos o conhecimento ecológico de pescadores sobre a pesca atual e as possíveis mudanças ambientais ocorridas após 22 anos da conclusão da Usina Hidrelétrica (UHE) de Tucuruí, no Rio Tocantins, Amazônia brasileira. Os dados obtidos nas entrevistas com os pescadores foram comparados estatisticamente com informações de desembarques pesqueiros atuais e da literatura anteriores ao barramento do rio (Mérona 1990; Mérona *et al.* 2010). Até onde sabemos, esse é o primeiro estudo que analisa a pesca e as mudanças ambientais geradas pelo represamento de um grande rio, comparando estatisticamente o conhecimento ecológico local a dados biológicos atuais e anteriores ao barramento.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

O Rio Tocantins possui águas claras, localiza-se na porção leste da Bacia Amazônica, tem um comprimento de 2.750 km e drena uma área de 343.000 km². É o mais modificado entre os grandes rios da Amazônia. Desde a década de 1970, o Rio Tocantins e seus afluentes sofrem alterações antrópicas, como a construção de grandes estradas, expansão da criação de gado e plantações de soja, bem como a extração de minérios (Ribeiro, Petrere & Juras 1995; Goulding, Barthem & Ferreira 2003). A Hidrelétrica de Tucuruí, no Rio Tocantins, foi a primeira barragem construída em um grande rio da Amazônia (Goulding, Barthem & Ferreira 2003). A região do Baixo Rio Tocantins era a porção do rio mais densamente habitada antes da construção da Hidrelétrica de Tucuruí (Mérona 1990). A barragem foi fechada em 1984, inundando uma área de 2.830 km² e afetando diretamente a pesca e os modos de vida dos moradores à jusante da hidrelétrica (Mérona 1990; Ribeiro, Petrere & Juras 1995; Fearnside 1999; Goulding, Barthem & Ferreira 2003).

Este estudo foi realizado em nove comunidades ribeirinhas do Baixo Rio Tocantins, no município de Baião-PA. As comunidades estudadas se localizam a cerca de 100 km à jusante da hidrelétrica de Tucuruí, entre as coordenadas 03°18'477"S; 49°38'602"O e 02°47'545"S; 49°40'454"O (Fig. 1). A região amostrada possui diversas ilhas, extensa área de várzea, lagoas marginais e igarapés (rios menores afluentes do rio principal) (Ribeiro, Petrere & Juras 1995). Os moradores da região, como na Amazônia em geral, são na maioria caboclos (descendentes de portugueses e índios) e vivem da pesca e agricultura de pequena escala (Ribeiro, Petrere & Juras 1995; Begossi *et al.* 1999; McGrath *et al.* 2008; Silvano *et al.* 2008).

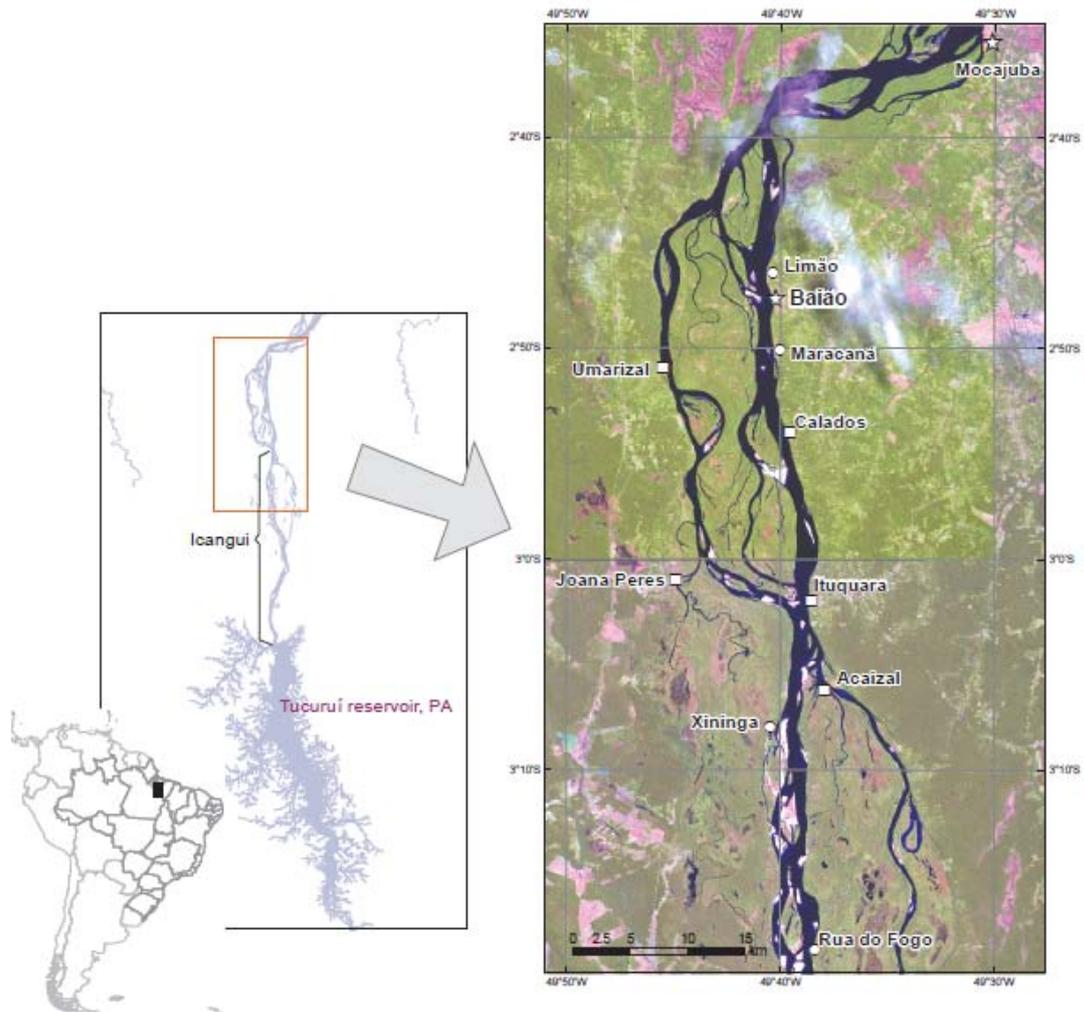


Figura 1. Região estudada do Baixo Rio Tocantins à jusante da hidrelétrica de Tucuruí-PA, indicado por círculos (○) e quadrados (□) as nove comunidades amostradas através de entrevistas. Nas comunidades representadas por quadrados (□) foram registrados os desembarques pesqueiros, além das entrevistas. A cidade de Baião (☆) também teve seus desembarques registrados, assim como Mocajuba (☆) no estudo de Mérona (1990). A região do Baixo Rio Tocantins amostrada por Mérona (1990) e denominada de Icangui é indicada no mapa menor à esquerda.

2.2. Coleta de Dados

Entrevistas

Foram realizadas entrevistas através de questionário padronizado, semi-estruturado, com pescadores das nove comunidades (Fig. 1). Dois pesquisadores realizaram as entrevistas durante nove dias (um dia em cada comunidade) em agosto de 2006. As entrevistas incluíram questões sobre o perfil dos pescadores (idade, tempo de residência, principais atividades, comercialização do pescado, entre outras) e o

conhecimento destes sobre a pesca (peixes mais capturados, artes de pesca utilizadas, entre outros). Também foram feitas perguntas sobre as mudanças na pesca, 22 anos após a conclusão da Hidrelétrica de Tucuruí (mudança na quantidade de peixes e se houveram mudanças após a barragem, quais foram). As entrevistas foram realizadas individualmente, inicialmente com os líderes das comunidades (em geral, membros das associações de pesca), estes indicavam outros pescadores e assim sucessivamente, baseado no método de entrevistas “bola-de-neve”, já aplicado em estudos anteriores com pescadores artesanais (Silvano *et al.* 2006, 2008).

Desembarques pesqueiros

Selecionamos cinco das nove comunidades para realizarmos estudos mais detalhados dos desembarques pesqueiros. Essas comunidades foram selecionadas de forma a abranger uma ampla área, com diferentes habitats (lagos, tributários e canal principal do rio) e facilidade logística de acesso (Hallwass *et al.* 2011). A região onde amostramos os desembarques pesqueiros foi aproximadamente equivalente em área e variedade de habitats à região denominada de Içangui por Mérona (1990) (Fig. 1). Os desembarques pesqueiros foram amostrados nas comunidades de Açaizal, Calados, Ituquara, Joana Peres e Umarizal, durante as quatro estações do ciclo hidrológico, de dois a cinco dias em cada comunidade, geralmente em dias consecutivos. Foram 67 dias de amostragem, 11 dias durante a enchente (Dezembro de 2006), 26 dias durante a cheia (Março de 2007 e Fevereiro de 2008), 14 dias durante a vazante (Junho de 2007) e 16 dias durante a seca (Agosto e Setembro de 2007). Os desembarques foram amostrados durante o dia inteiro (07h30min à 18h00min, aproximadamente). A amostragem dos desembarques ocorreu no principal porto das comunidades, envolvendo todos os pescadores que ali desembarcavam e autorizavam o estudo.

Foram registrados os pesos dos peixes desembarcados de acordo com seu nome popular (grupos de espécies biológicas) e conduzida uma breve entrevista com os pescadores, sobre os petrechos (artes de pesca) utilizados, duração e local da pesca, entre outros, como realizado em outros estudos (Silvano & Begossi 2001; MacCord *et al.* 2007). A ficha padrão utilizada na amostragem dos desembarques nas comunidades foi baseada na ficha utilizada pela Eletronorte (empresa que administra a Hidrelétrica de Tucuruí-PA) na coleta diária de dados de desembarque no mercado público de Baião, a fim de facilitar a posterior comparação entre os dados coletados. Quanto aos

desembarques amostrados no mercado público de Baião, foram inclusos na análise apenas os desembarques provenientes do trecho a jusante da Hidrelétrica de Tucuruí e utilizamos apenas os mesmo dias nos quais foram amostrados também os desembarques nas comunidades ribeirinhas (Hallwass *et al.* 2011).

Dados de literatura

Foram utilizados dados de desembarques pesqueiros anteriores ao fechamento da barragem de Tucuruí, provenientes de literatura (Mérona 1990; Mérona *et al.* 2010). Nos estudos de Mérona (1990) e Mérona *et al.* (2010), realizados entre fevereiro de 1981 e janeiro de 1982, foram amostrados desembarques pesqueiros no mercado público de Mocajuba, na região de Icangui e na comunidade de Ituquara (Fig. 1), antes da conclusão da hidrelétrica em 1984. Os municípios de Mocajuba e Baião, além de serem próximos geograficamente (Fig. 1), possuíam números de habitantes semelhantes quando foi realizado o estudo por Mérona *et al.* (2010).

2.3. Análise dos Dados

Testamos o conhecimento dos pescadores sobre a pesca atual através de correlação entre os dados obtidos nas entrevistas (n= 300) e os dados registrados nos desembarques pesqueiros (n= 601). Testamos a normalidade das variáveis através do teste Lilliefors. As variáveis não normais foram transformadas em \log_{10} para adquirirem normalidade. Para variáveis normais utilizamos a correlação de Pearson e para as variáveis que não adquiriram normalidade mesmo após a transformação em \log_{10} utilizamos a correlação de Spearman com os dados originais. Utilizamos nas correlações a porcentagem relativa das variáveis de desembarque pesqueiro (biomassa e frequência de peixes desembarcados e frequência de utilização de artes de pesca) e a porcentagem relativa do que foi citado nas entrevistas (frequência de citações). Inserimos apenas os peixes com biomassa ou frequência $\geq 0,5\%$ na correlação. Realizamos correlações separadamente por comunidade, com os dados da porcentagem relativa de biomassa e frequência dos peixes desembarcados. Entretanto, não analisamos por comunidade os dados de petrechos e tamanhos de malhas utilizados na pesca e citados nas entrevistas, devido ao baixo número de pares de variáveis para estas correlações. Realizamos correlações também entre as respostas dos entrevistados com idade ≥ 40 anos (possuíam

no mínimo 18 anos quando a barragem foi concluída) e entrevistados com idades < 40 anos (possuíam menos de 18 anos quando a barragem foi concluída), para as mudanças após a barragem, peixes que diminuíram e aumentaram e os motivos para tal. Essa análise visa verificar se há transmissão de conhecimento entre entrevistados mais velhos e mais novos quanto a mudanças temporais. Nas análises descritas acima utilizamos o *software* BioEstat 5.0 (Ayres *et al.* 2007).

Através do teste Qui-Quadrado, comparamos as frequências das respostas dos pescadores sobre quais os meses do ano tem mais peixe, peixes que diminuíram, peixes que aumentaram e os motivos dessas variações de abundância, bem como as mudanças ambientais após a barramento. Calculamos, para cada pergunta, o valor do número de citações esperado se todas as respostas fossem igualmente citadas ao acaso, isto é, utilizamos proporções iguais para o esperado ao acaso. Através da análise de padronização dos resíduos, com base na diferença entre as frequências observadas e esperadas $(O_i - E_i) / \sqrt{E_i}$, verificamos quais as respostas mais contribuíram positivamente, quando o resultado do primeiro teste foi significativo. Essa análise é apresentada através do teste z (Sheskin 2007: 264-265), com correção de Bonferroni para os valores de P. Para os testes de Qui-Quadrado utilizamos o *software* WINPEPI (Abramson 2004).

Realizamos ordenação multidimensional não-métrica (NMDS) com base em distâncias de Bray-Curtis e aleatorização (10.000 permutações) para verificar se houve mudança na composição dos peixes desembarcados antes e 22 anos após o barramento. Utilizamos os dados da proporção relativa ($\geq 0,5\%$) da biomassa dos peixes (39 grupos de espécies) desembarcados em seis locais: três amostrados antes e três amostrados 22 anos após o fechamento da barragem de Tucuruí. Os locais foram os mais equivalentes possível: a) mercados públicos de Mocajuba e Baião, próximos geograficamente e possuem números de habitantes similares atualmente (IBGE) e antes do barramento do rio (Mérona *et al.* 2010); b) região de Içangui e Comunidades (região equivalente composta por quatro comunidades ribeirinhas do Baixo Rio Tocantins, abrangendo uma ampla área com diferentes habitats aquáticos); c) comunidade de Ituquara amostrada no ano de 1981 e em 2007. Adicionalmente, realizamos a análise de percentual de similaridade (rotina SIMPER) entre os grupos de locais antes e após o barramento, para verificar a dissimilaridade entre os grupos e quais os peixes que melhor explicam essa dissimilaridade. As análises de NMDS e SIMPER foram realizadas através do *software*

PRIMER 6 (Clarke & Gorley 2006). A lista das espécies com as proporções relativas de biomassa encontram-se no Apêndice 1.

Com base na produção anual (calculada a partir da produção diária de pescado) e na proporção relativa da abundância dos peixes (Apêndice 1), calculamos o valor econômico anual da pesca antes e 22 anos após a barragem. Os valores comerciais dos peixes foram baseados na média dos preços de venda do mercado público de Baião no ano de 2007 (Apêndice 1). Calculamos o valor econômico de duas maneiras: a) atribuímos valores de mistura (diversas espécies de peixes jovens ou pequenos vendidos a um mesmo baixo valor) aos peixes que não possuíam valores registrados; b) atribuímos o valor do peixe mais similar (tamanho, formato e classificação científica) aos peixes que não havia valor, ex: curimatá (*Prochilodus nigricans*) e jaraqui (*Semaprochilodus brama*), dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*) e filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*), pacu (Characidae, várias espécies) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*). Maiores informações sobre como amostramos a produção anual e CPUE após o barramento podem ser obtidas em Hallwass *et al.* (2011).

3. Resultados

3.1. Perfil dos pescadores e a pesca nas comunidades ribeirinhas do Baixo Rio Tocantins

Foram entrevistados 300 pescadores, incluindo 243 homens e 57 mulheres, em nove comunidades ribeirinhas do Baixo Rio Tocantins. A idade dos entrevistados variou de 19 a 89 anos, com média de 44,3 (+/- 15,1) anos. O tempo de residência na comunidade teve uma média de 35,6 (+/- 15,4) anos, variando de seis meses a 75 anos. Já o número de filhos mencionados variou de nenhum a 25, com uma média de 4,9 (+/- 3,7) filhos. Quanto à escolaridade, 4% dos entrevistados relataram não ter estudado, a maioria (63,3%) cursou entre a 1º e a 4º séries do ensino fundamental, 23,3% cursou entre 5º e 8º série e apenas 9,3% dos entrevistados iniciaram o ensino médio. A principal atividade dos entrevistados é a pesca (n= 295), seguida da agricultura (n= 192). Um padrão semelhante evidencia-se nas atividades do pai destes entrevistados: 211 entrevistados citaram que seu pai exercia a atividade de pesca e 168 citaram a atividade agrícola. A soma do número de entrevistados para todas as atividades é maior

do que o total (300), pois os entrevistados mencionaram e praticam mais de uma atividade (por exemplo, agricultura e pesca). Verificamos que 85,3% dos entrevistados responderam que vendem o peixe capturado.

Os pescadores entrevistados indicaram precisamente os peixes mais capturados. Houve correlação positiva ($r_s = 0,73$; $p < 0,0001$) entre a proporção de peixes citados nas entrevistas e a proporção de biomassa dos peixes desembarcados (Fig. 2). A correlação também foi positiva ($r = 0,73$; $p < 0,0001$) entre a proporção de peixes citados nas entrevistas e a proporção da frequência dos peixes desembarcados. Em geral, os peixes mais desembarcados em biomassa e frequência foram os mesmos, pois houve correlação positiva entre a proporção dos peixes desembarcados em frequência e biomassa ($r = 0,81$; $p < 0,0001$).

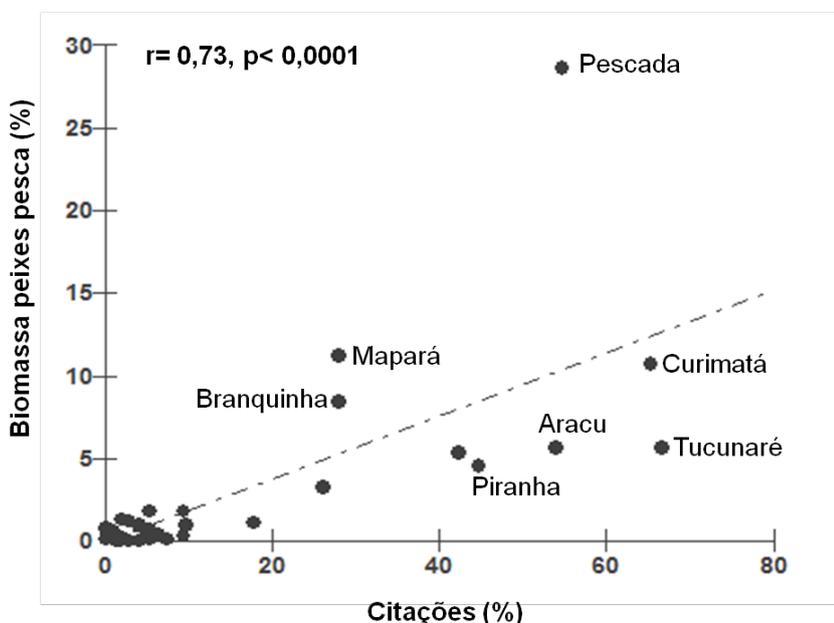


Figura 2. Correlação de Spearman entre dados de desembarque pesqueiro (proporção da biomassa dos peixes desembarcados) e informações das entrevistas com pescadores (proporção de citações) sobre os peixes capturados na pesca ($n = 36$) no Baixo Rio Tocantins. Os peixes mais citados e mais desembarcados (identificados no gráfico) foram o aracu (Anostomidae), branquinha (Curimatidae), curimatá (*Prochilodus nigricans*), pescada (*Plagioscion squamosissimus*), mapará (*Hypophthalmus marginatus*), piranha (Serrasalminidae), tucunaré (*Cichla spp.*).

Também observamos correlações positivas entre a proporção dos peixes citados como mais capturados nas entrevistas e a proporção de biomassa e frequência em que os peixes ocorreram nos desembarques de cada comunidade estudada (Tab. 1). Com isso, evidenciamos a homogeneidade do conhecimento nas comunidades estudadas, possibilitando a análise com os dados gerais.

Tabela 1. Correlação de Spearman (r_s) entre a proporção dos peixes mais capturados citados nas entrevistas e a proporção da biomassa e frequência dos peixes desembarcados no Baixo Rio Tocantins, nas cinco comunidades estudadas com relação aos desembarques.

Comunidades	% Biomassa de peixes desembarcados			Frequência de peixes desembarcados		
	r_s	P	n§§	r_s	p	n
Açaizal	0,71	<0,0001	30	0,61	0,0004	30
Calados	0,74	<0,0001	33	0,66	<0,0001	33
Itaquara	0,60	<0,0001	42	0,57	<0,0001	42
Joana Peres	0,62	<0,0001	34	0,52	0,001	35
Umarizal	0,52	0,0009	38	0,50	0,001	38

§ Número de pares utilizados na correlação entre as entrevistas e os desembarques.

Pescadores indicaram também as artes de pesca mais utilizadas. Houve correlação positiva ($r_s = 0,74$; $p = 0,02$) entre a proporção da frequência dos petrechos utilizados na pesca e a proporção dos petrechos citados como utilizados pelos pescadores nas entrevistas (Fig. 3).

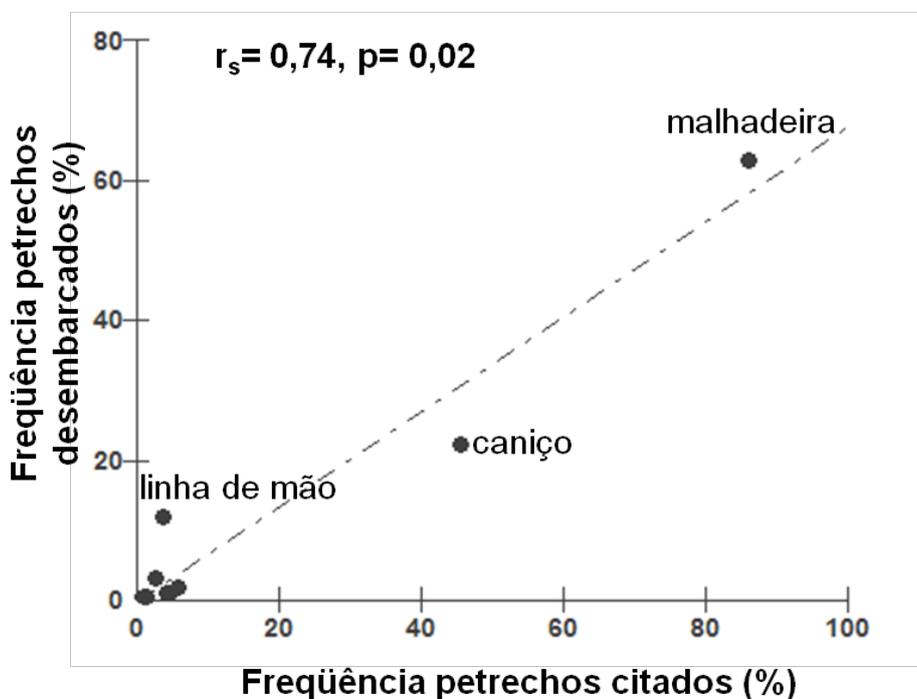


Figura 3. Correlação de Spearman entre a proporção das citações de uso de artes de pesca (petrechos) e a proporção da frequência de petrechos utilizados nos desembarques amostrados nas comunidades do Baixo Rio Tocantins (n= 7).

A rede malhadeira foi a arte de pesca mais utilizada nos desembarques e mais citada pelos pescadores (Fig. 3), havendo correlação também entre a proporção dos tamanhos de malhas (cm entre nós opostos) mais frequentemente utilizados nos desembarques pesqueiros e citados pelos pescadores entrevistados ($r_s=0,82$; $p=0,0003$). Os pescadores indicaram corretamente os tamanhos de malhas mais utilizados (Fig. 4).

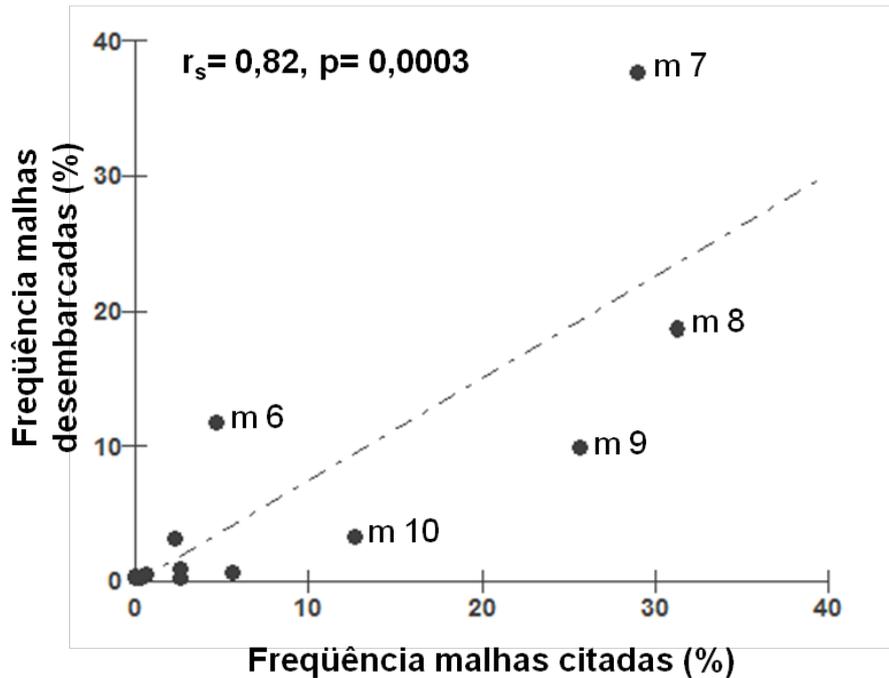


Figura 4. Correlação de Spearman entre a proporção dos tamanhos de malhas citados e a proporção da frequência das malhas utilizadas nos desembarques amostrados nas comunidades do Baixo Rio Tocantins ($n=11$). Os pontos da correlação são os tamanhos das malhas citados (cm entre nós opostos), m 6 (malha 6), m 7 (malha 7), m 8 (malha 8), m 9 (malha 9), m 10 (malha 10).

Houve diferença na frequência de citações dos meses que tem mais peixes segundo os entrevistados ($\chi^2=172,1$; $gl=11$; $p<0,001$). Os meses mais citados foram maio ($z=9,1$; $p<0,001$), junho ($z=3,4$; $p=0,005$), agosto ($z=3,1$; $p=0,01$) e setembro ($z=2,8$; $p=0,04$) (Fig. 5). Os meses de maio e junho correspondem ao ciclo hidrológico da vazante, enquanto os meses de agosto e setembro correspondem à seca do rio.

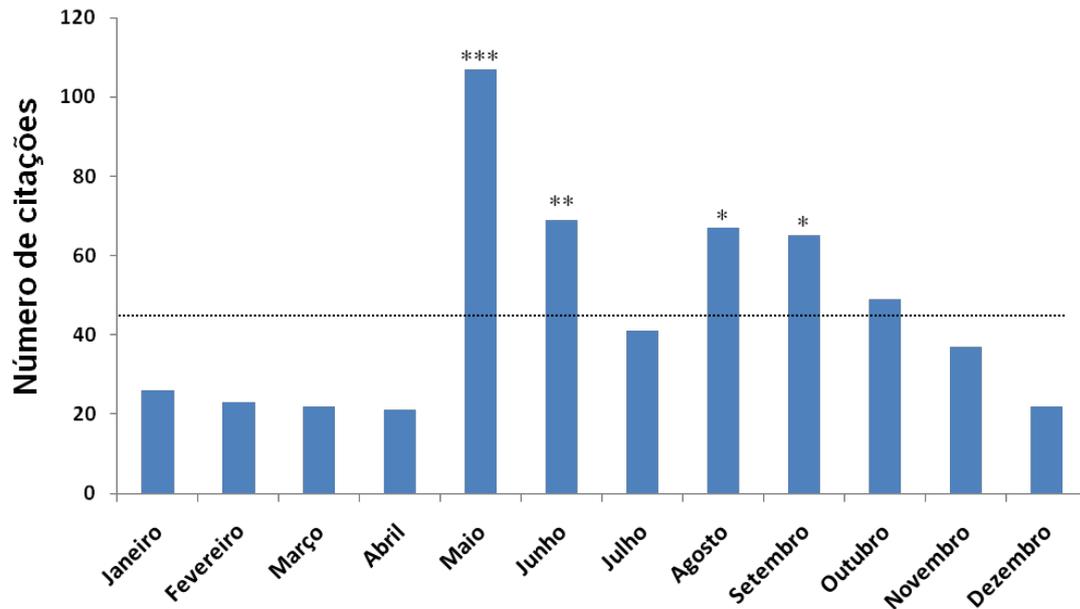


Figura 5. Respostas dadas a pergunta sobre a época de maior abundância de peixes (meses) no Baixo Rio Tocantins. O número total de citações (n=549) é maior que os 300 entrevistados, pois cada entrevistado teve a liberdade de citar mais de um mês. A linha pontilhada representa o valor esperado (46) se todos os meses fossem citados igualmente ao acaso. Análise de padronização dos resíduos (teste z): ***p< 0,001; **p< 0,01; *p< 0,05.

Contudo, não verificamos diferença na CPUE (kg/pescador/dia) entre os meses amostrados (fevereiro, março, junho, agosto, setembro e dezembro) (Kruskall-Wallis, H= 2,74; gl= 5; p= 0,74) (Fig. 6).

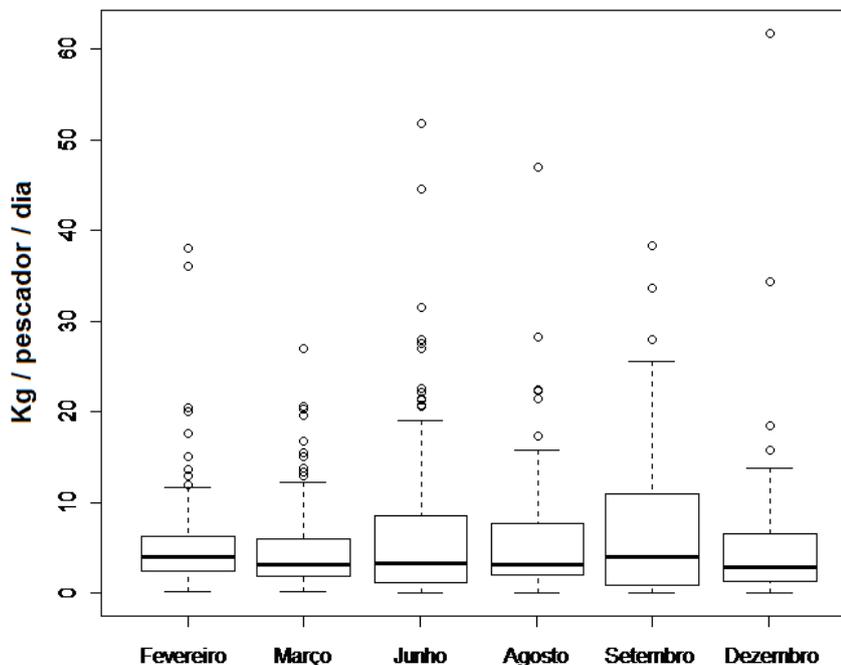


Figura 6. Comparação da produtividade (CPUE, kg * pescador⁻¹ * dia⁻¹) entre os meses do ano em que foi amostrada a pesca no Baixo Rio Tocantins. Foram considerados os meses de fevereiro de 2008 (n= 166),

março de 2007 (n= 105), junho de 2007 (n= 130), agosto de 2007 (n= 45), setembro de 2007 (n= 100) e dezembro de 2006 (n= 55). Mediana (linha dentro da caixa), valor mínimo e máximo (linhas verticais) e a caixa representa os quartis (25% e 75%). Os círculos são valores considerados observações extremas (*outliers*).

3.2. Mudanças na pesca e no ambiente à jusante da hidrelétrica de Tucuruí, 22 anos após o barramento

A ordenação NMDS gerada, considerando a proporção da biomassa dos peixes desembarcados na região, antes (Icangui, Ituquara e Mocajuba) e 22 anos após o barramento do Baixo Rio Tocantins (Comunidades, Ituquara e Baião), revelou uma mudança temporal na composição dos desembarques (Fig. 7).

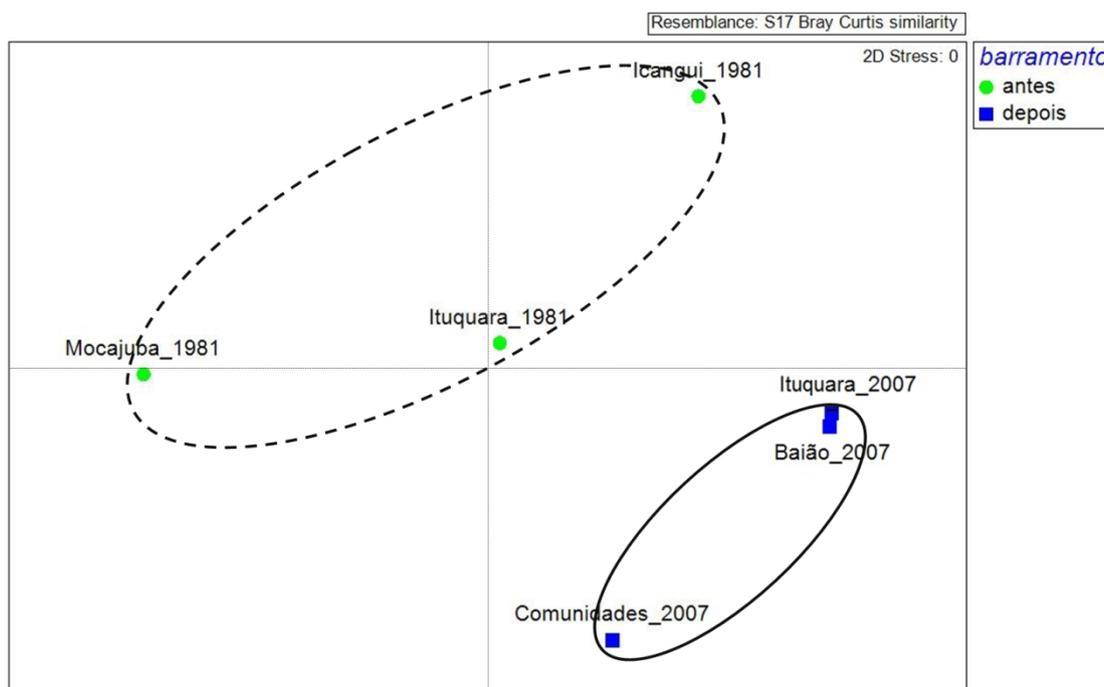


Figura 7. Ordenação NMDS, com base em distâncias de Bray-Curtis e 10.000 permutações, gerada com dados da composição dos peixes capturados na pesca antes e 22 anos após barramento do Baixo Rio Tocantins. Círculos representam locais amostrados antes da barragem e quadrados representam locais amostrados após o barramento. O valor de stress= 0 indica uma excelente representatividade e confiabilidade dos resultados (Clarke & Warwick 2001).

Através da análise de percentual de similaridade (SIMPER) observamos uma média de dissimilaridade de 51,4% entre os locais amostrados antes e após o barramento do rio. As regiões amostradas após o barramento foram mais homogêneas em suas capturas e apresentaram similaridade de 69% entre os três locais amostrados, enquanto as regiões amostradas antes do barramento apresentaram capturas mais

heterogêneas e uma similaridade de 50%. As espécies de pescado que mais contribuíram para a diferenciação entre os grupos, devido ao aumento ou diminuição de abundância, estão descritas na Tab. 2, destacando-se especialmente a pescada (*Plagioscion squamosissimus*) e o camarão (*Macrobrachium amazonicum*).

Tabela 2. Contribuição na dissimilaridade entre os peixes desembarcados antes (Icangui_1981, Ituquara_1981 e Mocajuba_1981) e após (Comunidades-2007, Ituquara_2007 e Baião_2007) a formação da barragem no Baixo Rio Tocantins.

Pescado	Nome científico	Média		Média dissimilaridade§§	Contribuição (%)§§§
		abundância§			
		antes	depois		
Pescada	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	6,8	28,5	11,2 ± 2,8	21,9
Camarão	<i>Macrobrachium amazonicum</i>	12,8	1,1	6,9 ± 0,7	13,4
Branquinha	Curimatidae (várias espécies)	7,9	10,5	3,4 ± 1,6	6,6
Curimatá	<i>Prochilodus nigricans</i>	6,4	11,4	3 ± 1,6	5,9
Jaraqui	<i>Semaprochilodus brama</i>	5,8	0	3 ± 1	5,8
Mapará	<i>Hypophthalmus marginatus</i>	12,6	9,7	2,4 ± 1,4	4,6
Pacu	Characidae (várias espécies)	5,5	1,1	2,4 ± 1,4	4,6
Jatuarana	<i>Hemiodus</i> spp.	3,5	1,5	1,6 ± 1,2	3,2
Aracu	Anostomidae (várias espécies)	3,5	6,1	1,5 ± 1,6	2,8
Acará	Cichlidae (várias espécies)	1,6	3,7	1,2 ± 1,1	2,3
Tucunaré	<i>Cichla</i> sp.	3,1	4,2	1,2 ± 2,2	2,3
Icanga	<i>Cynodon gibbus</i>	2,2	0	1,2 ± 1,5	2,2
Filhote	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	2,4	0,2	1,1 ± 1,2	2,2
Piranha	Serrasalminidae (várias espécies)	1,7	2,9	1,1 ± 2,2	2,2

§Média de abundância de cada peixe entre os grupos (antes e após barramento), calculado com base na proporção da biomassa total (kg) desembarcada; §§Média de dissimilaridade e desvio padrão de cada peixe entre os grupos; §§§Contribuição de cada peixe (> 2 %) na dissimilaridade entre os grupos.

Todas as correlações entre as respostas citadas por pescadores acima e abaixo de 40 anos foram positivas e significativas, demonstrando não haver diferenciação de conhecimento de acordo com a idade (Tab. 3). Dessa forma, utilizamos apenas os dados referentes às respostas dos entrevistados acima de 40 anos (n = 170) para analisar as mudanças ocorridas 22 anos após o barramento do Rio Tocantins, pois estes entrevistados já pescavam antes do barramento e presenciaram as mudanças ocorridas.

Tabela 3. Comparação da frequência relativa das respostas citadas pelos entrevistados, no Baixo Rio Tocantins, com idades acima (n=170) e abaixo (n=130) de 40 anos, através de análise de correlação.

Perguntas	r§	r _s §§	p	n§§§
Mudanças após barragem	0,89	-	<0,001	15
Peixes que diminuíram	-	0,84	<0,001	60
Motivos por que o peixe diminuiu	0,87	-	<0,001	16
Peixes que aumentaram	-	0,59	0,003	23
Motivos por que os peixes aumentaram	-	0,54	0,02	17

§Correlação de Pearson, dados normalizados através da transformação em log10; §§Correlação de Spearman, dados não normais; §§§Número de pares de respostas citadas utilizados na correlação.

Houve diferença entre as respostas citadas pelos entrevistados sobre os peixes que tiveram aumento de abundância após a barragem ($\chi^2 = 724,1$; gl= 15; p< 0,001). A resposta mais citada foi “nenhum” (z= 22,8; p< 0,001), seguida da pescada (z= 8,7; p< 0,001) e curimatá (z= 3,3; p< 0,02) (Fig. 8).

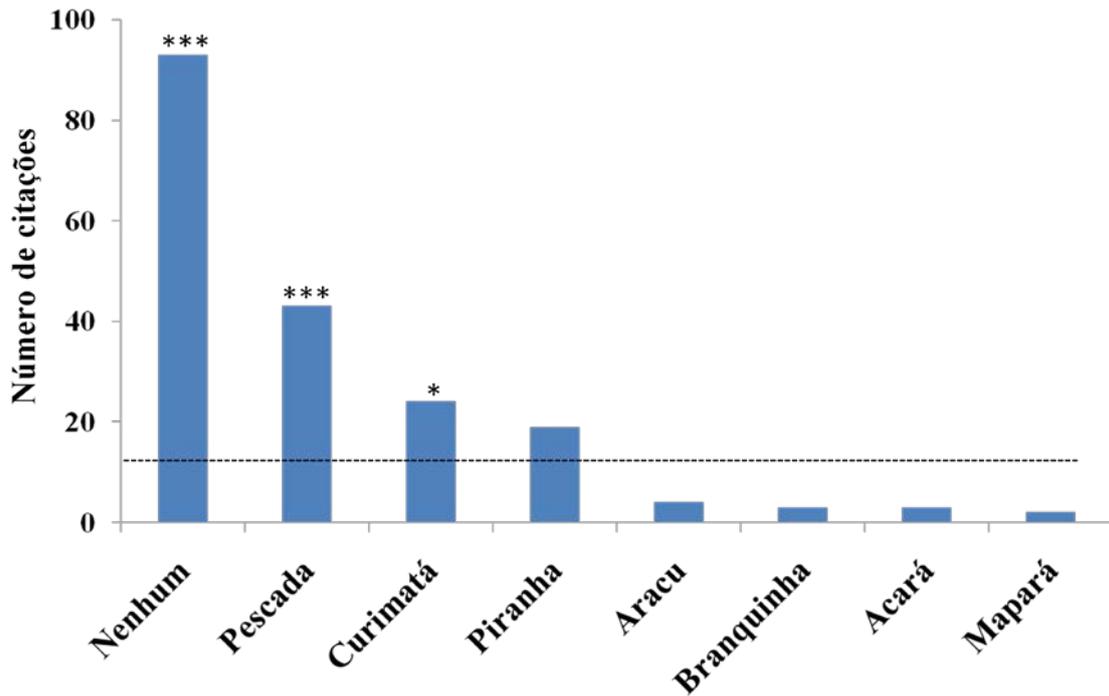


Figura 8. Respostas dos entrevistados acima de 40 anos (n= 170) à pergunta se algum peixe aumentou após a formação da barragem no Baixo Rio Tocantins. Linha pontilhada representa o valor esperado de citações ao acaso (12). Foram citados 16 peixes, sendo que no gráfico somente as espécies (ou grupos de espécies) de peixes com duas ou mais citações são apresentadas: pescada (*Plagioscion squamosissimus*), curimatá (*Prochilodus nigricans*), piranha (Serrasalminidae), aracu (Anostomidae), branquinha (Curimatidae), acará (Cichlidae) e mapará (*Hypophthalmus marginatus*). Análise de padronização dos resíduos (teste z): ***p< 0,001; **p< 0,01; *p< 0,05.

Quanto aos motivos de alguns peixes terem aumentado de quantidade após a formação do reservatório, houve diferença na frequência de citação das respostas dos entrevistados ($\chi^2 = 145,3$; gl= 9; p< 0,001). A maioria dos entrevistados não soube responder o motivo (z= 9,9; p< 0,001), enquanto a resposta que o peixe adaptou-se ao ambiente (z= 4,1; p< 0,001) foi significativamente mais citada do que ao acaso (Fig. 9).

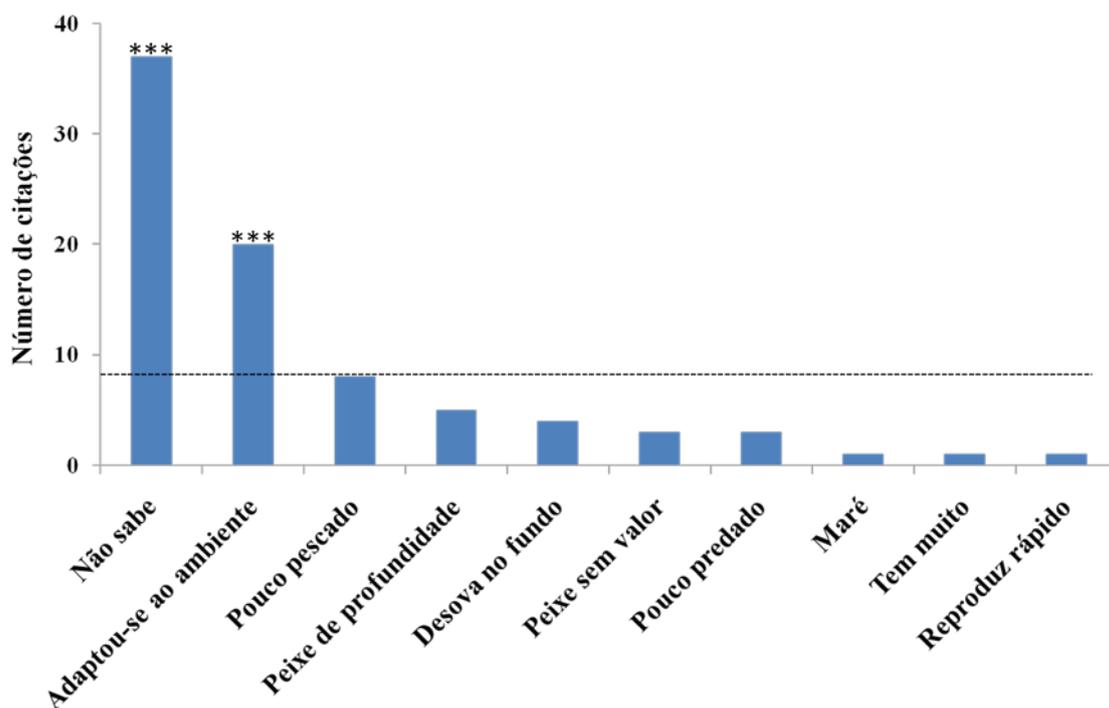


Figura 9. Motivos que fizeram os peixes aumentar de quantidade após a formação da hidrelétrica de Tucuruí, segundo os pescadores acima de 40 anos entrevistados no Baixo Rio Tocantins (n = 170). Linha pontilhada representa o valor esperado de citações ao acaso (8). Análise de padronização dos resíduos (teste z): ***p < 0,001; **p < 0,01; *p < 0,05.

Houve diferença na frequência de citação das respostas sobre os peixes que diminuíram de abundância após a barragem ($\chi^2 = 1654,5$; gl = 44; p < 0,001). Os peixes mais citados foram o jaraqui (z = 27,3; p < 0,001), seguido do pacu (z = 16,8; p < 0,001), pratinheira (z = 14,7; p < 0,001), piabanha (z = 8,3; p < 0,001) e pirapitinga (z = 7,3; p < 0,001) (Fig. 10). Foram citados 45 peixes que diminuíram após a barragem, sendo que apenas os peixes que foram citados por no mínimo 16 entrevistados (9,4 % do total) são apresentados na Fig. (10).

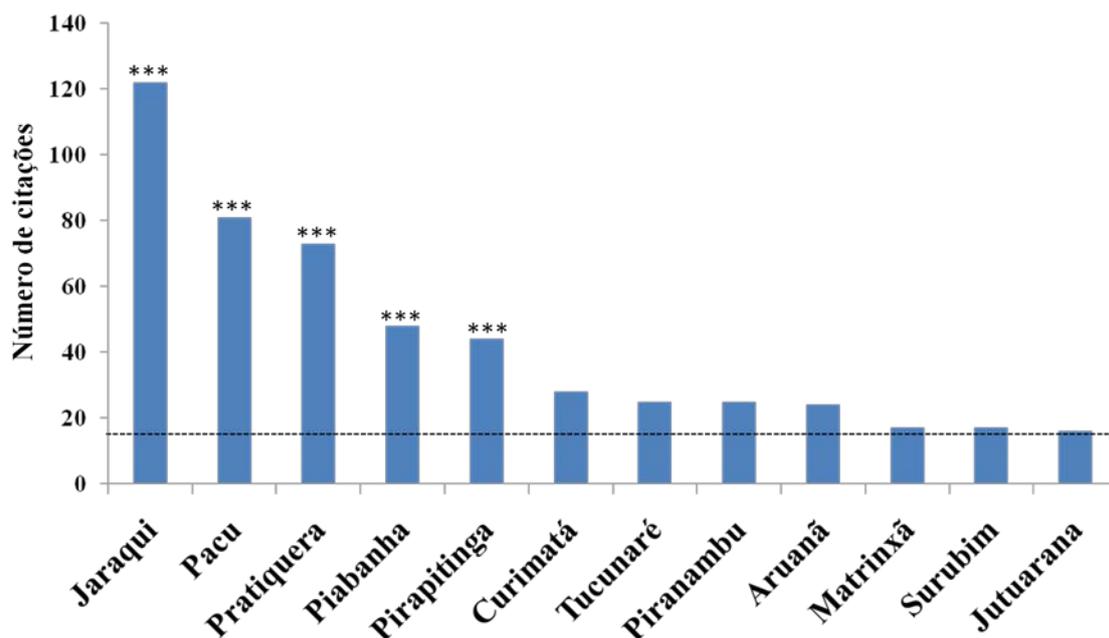


Figura 10. Respostas dos entrevistados acima de 40 anos (n= 170) à pergunta se algum peixe diminuiu após a formação da barragem no Baixo Rio Tocantins. Só foram inseridos no gráfico os peixes que tiveram ao menos 16 citações. Linha pontilhada representa o valor esperado de citações ao acaso (15). As espécies de peixes mais citadas identificadas no gráfico são: jaraqui (*Semaprochilodus brama*), pacu (Characidae), pratiqueira (*Mugil incilis*), piabanha (*Brycon falcatus*) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*). Demais peixes encontram-se identificados no Apêndice 1. Análise de padronização dos resíduos (teste z): ***p< 0,001; **p< 0,01; *p< 0,05.

Houve diferença também na frequência de citações das respostas dadas aos motivos dos peixes terem diminuído após a construção da barragem ($\chi^2= 115,2$; gl= 8; p< 0,001). As respostas que os “peixes ficaram presos na barragem” (z= 6,6; p< 0,001) e a “barragem” (z= 3,6; p< 0,01) foram significativamente mais citadas que ao acaso (Fig. 11).

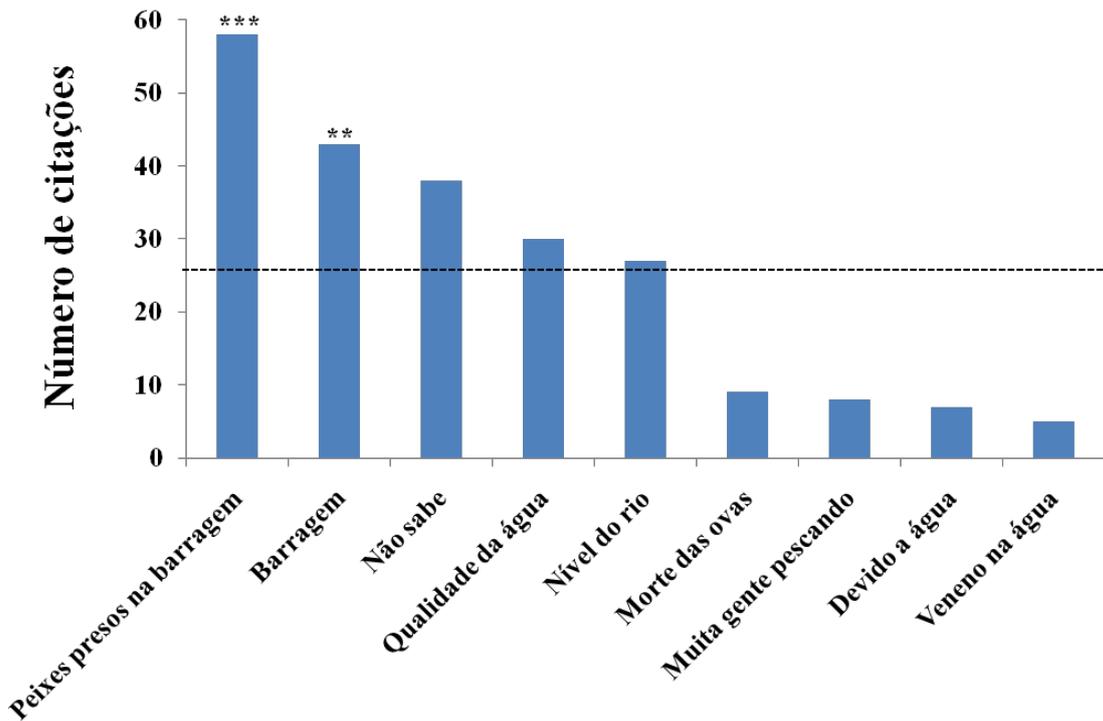


Figura 11. Motivos que fizeram os peixes diminuir de quantidade após a formação da hidrelétrica de Tucuruí, segundo os entrevistados acima de 40 anos (n= 170) no baixo Rio Tocantins. Linha pontilhada representa o valor esperado de citações ao acaso (25). Análise de padronização dos resíduos (teste z): ***p< 0,001; **p< 0,01; *p< 0,05.

Houve diferença na frequência das citações sobre as mudanças ocorridas após a construção da barragem ($\chi^2= 265,5$; gl= 8; p< 0,001). As principais mudanças após a barragem citadas pelos entrevistados foram a diminuição (z= 11,5; p< 0,001) e desaparecimento (z= 5,1; p< 0,001) de peixes e a diminuição da qualidade da água (z= 2,8; p= 0,03) (Fig. 12).

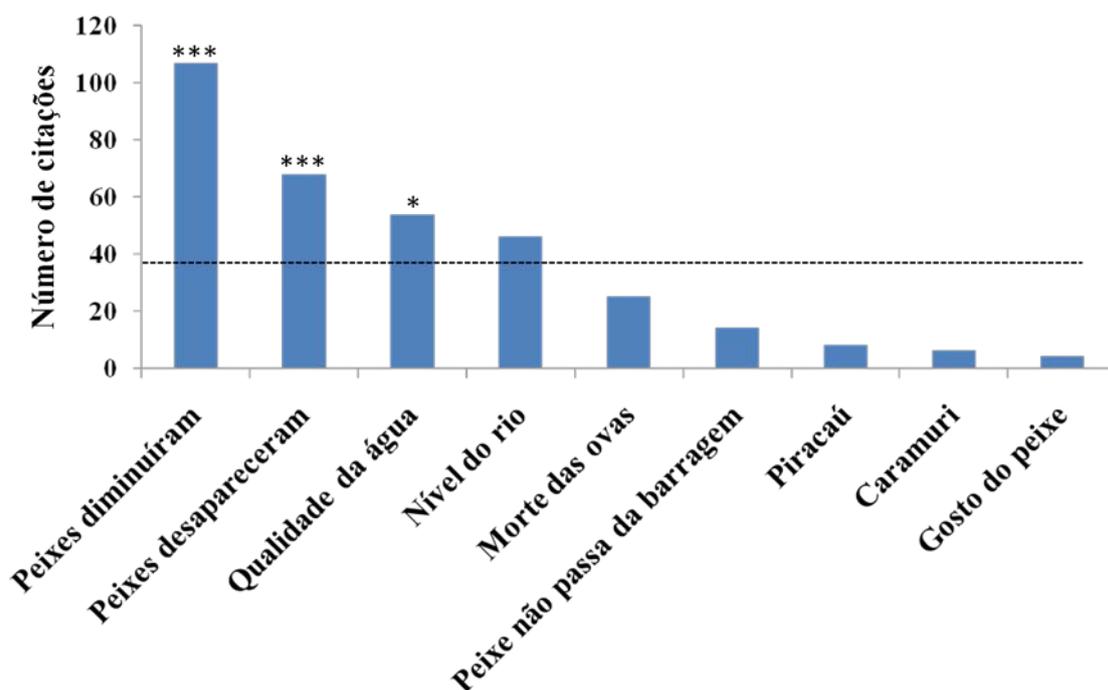


Figura 12. Mudanças ocorridas no Baixo Rio Tocantins após o barramento do rio, segundo os pescadores acima de 40 anos, entrevistados em nove comunidades (n= 170). Linha pontilhada representa o valor esperado de citações ao acaso (37). Alguns entrevistados utilizaram termos regionais, como o piracajú, que significa a mortandade sazonal de peixe e o caramuri, que ocorre quando a água do rio fica mais escura e com cheiro forte. Análise de padronização dos resíduos (teste z): *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$.

A soma da produção anual das três regiões amostradas 22 anos após o barramento foi reduzida a menos da metade da soma da produção anual das regiões amostradas anteriormente ao represamento do rio, mesmo havendo aumento da população na região após o barramento (Tab. 4). A captura por unidade de esforço (CPUE) foi menor nas comunidades ribeirinhas, embora tenha aumentado no município (Baião) amostrado após o barramento (Tab. 4). Com base nos valores de produção pesqueira por espécie, calculamos um rendimento pesqueiro anual total de U\$ 600 mil antes do barramento e de U\$ 268 mil após o barramento, atribuindo valores de mistura às espécies sem informações. Quando atribuímos valores de peixes similares àqueles peixes que não possuímos informações o rendimento pesqueiro anual total foi de US\$ 648 mil antes do barramento e de US\$ 270 mil após o barramento.

Tabela 4. Dados do número de habitantes, captura por unidade de esforço (CPUE) e produção anual para os três locais amostrados antes do barramento do rio e os três locais amostrados 22 anos após o barramento do rio.

Antes do barramento§				Após barramento§§			
Locais	Número de habitantes §§§	CPUE (Kg/pescador/ desembarque)	Produção anual (t)	Locais	Número de habitantes §§§§	CPUE (Kg/pescador/ desembarque)	Produção anual (t)
Mocajuba	5.600	26,1	251,7	Baião	26.190	48,6§§§§§	58,2
Icangui	-	34,8	254,9	Comunidades	-	6,6	141,1
Itaquara	670	-	34,5	Itaquara	7.000	6,36	41,6
Total	-	-	541,1	Total	-	-	240,9

§Dados de Mérona (1990) e Mérona *et al.* (2010); §§Dados adaptados (recalculada CPUE) de Hallwass *et al.* (2011); §§§População estimada entre 1981 e 1982 (Mérona *et al.* 2010); §§§§População calculada no censo populacional de 2007 (IBGE 2007) e estimada em Itaquara em 1.000 famílias (Andrade 2003, relatório Eletronorte não publicado), cada família com sete pessoas (casal de pais mais a média de filhos das entrevistas= 5); §§§§§Desembarque de atravessadores (valor superestimado), segundo Hallwass *et al.* (2011).

4. Discussão

4.1 Entrevistas sobre a pesca: implicações para o manejo

Uma das recomendações feitas por White *et al.* (2005) para o uso de questionários em estudos de ecologia é a correta definição da população alvo do estudo. A alta média de idade (44 anos) e de tempo de residência (35 anos), bem como o uso do recurso pesqueiro há mais de uma geração, indica que essa população de pescadores foi corretamente escolhida para os objetivos deste estudo, pois se espera um alto conhecimento ecológico a cerca da pesca local. O conhecimento ecológico local pode ser também transmitido entre as gerações, como por exemplo, de pai para filho (Berkes 1999). O fato de muitos dos entrevistados seguirem a mesma profissão de seus pais (pesca e agricultura), assim como a correlação positiva das respostas sobre as mudanças ambientais na pesca entre pescadores acima e abaixo de 40 anos, indica que tem ocorrido transmissão de conhecimento nas comunidades estudadas no baixo Rio Tocantins. Houve maior correlação entre pescadores jovens e velhos para as perguntas relacionadas a possíveis prejuízos à pesca (Tab. 3), indicando que pescadores podem ser mais sensíveis quanto à redução dos recursos do que outros aspectos (Rochet *et al.*

2008), o que pode inclusive estimular a transmissão do conhecimento ecológico local entre pescadores (Berkes & Turner 2006).

É importante para o manejo da pesca saber quais são as espécies de pescado mais capturadas (Johannes 1998; Begossi 2008). Neste estudo, os peixes mais capturados em biomassa foram também os mais freqüentes nos desembarques. A pescada (*Plagioscion squamosissimus*) é o peixe mais capturado em biomassa, porém não foi o mais citado pelos pescadores entrevistados no baixo Rio Tocantins (Fig. 2). Isso possivelmente ocorre porque peixes como o tucunaré (*Cichla spp.*) e curimatá (*Prochilodus nigricans*), mais citados que a pescada (porém menos capturados em biomassa), possuem altos valores comerciais (US\$ 1,6/kg e US\$ 1,56/kg, respectivamente), enquanto a pescada é vendida em média a um valor mais baixo (US\$ 1,08/kg). Essa tendência a uma maior citação de espécies de peixes preferenciais também foi verificada por Poizat & Baran (1997) em entrevistas com pescadores estuarinos na África. A maioria dos pescadores entrevistados no baixo Rio Tocantins respondeu que comercializam suas capturas, confirmando a alta dependência econômica da pesca em comunidades ribeirinhas amazônicas (Coomes *et al.* 2010). Os peixes mais citados por esses pescadores são também os que sofrem maior pressão pesqueira, portanto devem ser inclusos em planos de manejo da pesca. Medidas de conservação que abordem peixes comercialmente importantes para os pescadores provavelmente tornarão tais medidas mais aceitáveis pelos pescadores, podendo-se assim eventualmente expandi-las para outras espécies raras e endêmicas, importantes para a manutenção da biodiversidade (Silvano *et al.* 2008).

Outra informação importante para fins de manejo da pesca são os tipos de artes de pesca e petrechos utilizados (Begossi 2008). Através das entrevistas, foi possível identificar as artes de pesca mais utilizadas nos desembarques pesqueiros (Fig. 3). São comuns medidas de manejo que restringem o uso de determinadas artes de pesca (ex. redes malhadeiras) parcial (alguns meses) ou totalmente (Johannes 1998; Queiroz & Crampton 1999; Gewin 2004; MacCord *et al.* 2007; Almeida, Lorenzen & McGrath 2009; Khumsri, Ruddle & Shivakoti 2009). Além da rede malhadeira ter sido a arte de pesca mais citada e utilizada nos desembarques do baixo Rio Tocantins, também foi possível nas entrevistas identificar os tamanhos de malhas mais utilizados (Fig. 4). A rede malhadeira é uma arte de pesca muito difundida em pescarias em todo o mundo e na Amazônia brasileira, selecionando os peixes de acordo com seu tamanho e podendo capturar tanto indivíduos jovens como adultos de diferentes espécies (Silvano &

Begossi 2001; MacCord *et al.* 2007). Em geral tamanhos de malhas das redes também sofrem restrições em planos de manejo (Johannes 1998). Portanto, conhecer os tamanhos de malhas de redes utilizadas na pesca permite prever o impacto da restrição de determinados tamanhos de malhas ou mesmo averiguar a necessidade desse tipo de restrição.

Os meses com maior abundância de peixes citados pelos pescadores do baixo Rio Tocantins (Fig. 5) refletem a sazonalidade dos rios amazônicos. Os meses mais citados correspondem aos ciclos hidrológicos da vazante e seca, quando há menor volume de água nos rios da Amazônia, proporcionando o aumento da densidade de peixes. Em diversos estudos sobre a pesca artesanal na Amazônia, é justamente nas épocas de vazante e seca que os pescadores conseguem uma maior captura de peixe por esforço (CPUE) (Fernandes 1997; Begossi *et al.* 1999; Cerdeira, Ruffino & Isaac 2000; Cetra & Petreire 2001; MacCord *et al.* 2007; Cardoso & Freitas 2008). Entretanto não foi encontrada diferença na CPUE ($\text{kg} * \text{pescador}^{-1} * \text{dia}^{-1}$) entre os meses em que amostramos a pesca nas comunidades ribeirinhas do baixo Rio Tocantins (Fig. 6). Isso ocorre devido aos pescadores alterarem o uso das artes de pesca de acordo com as mudanças sazonais, aumentando o uso de linha de mão (menos suscetível a variações na densidade de peixe) nas épocas de enchente e cheia (Hallwass *et al.* 2011). Essa discrepância entre a sazonalidade da abundância dos peixes amostrada nos desembarques pesqueiros do baixo Tocantins e citada nas entrevistas com os pescadores pode ser devido aos dados de desembarques se referirem a um período temporal curto (um ano), enquanto as respostas dos entrevistados podem refletir a tendência de vários anos ou mesmo décadas. Tal hipótese necessita de estudos de longa duração para comprová-la, o que extrapola o objetivo desse estudo. No entanto, o estudo com as entrevistas teve o mérito de levantar essa hipótese (diferença sazonal na abundância de peixes), que pode ser testada futuramente (Silvano & Valbo-Jorgensen 2008).

O conhecimento local deve ser considerado por pesquisadores e gestores como uma ferramenta na avaliação de estoques e do uso de recursos (Salomon, Tanape & Huntington 2007). Jones *et al.* (2008), na ilha de Madagascar, demonstraram que a intensidade e o tipo de uso de recurso por populações locais pode ser monitorado através de rápidas avaliações por meio de entrevistas. A complexidade da atividade da pesca no mundo, seja ela marinha ou continental, impossibilita a proposição de planos de manejo singulares, eficientes em diferentes regiões, sendo necessária a descentralização das medidas e a proposição de planos de manejo de acordo com cada

situação (Begossi 2008). Johannes (1998) sugere que, através da experiência de pesquisadores e o conhecimento de pescadores, sejam desenvolvidas estratégias de manejo da pesca com poucos dados, em virtude da dificuldade (logística, temporal e financeira) de se obter dados suficientes para propor medidas de manejo “ideais” para a pesca em cada região. Portanto, o método de entrevistas com base no conhecimento ecológico local de pescadores para a avaliação do uso de recursos, como verificado nesse estudo, qualifica esta abordagem como altamente aplicável em medidas de manejo e conservação. Medidas de monitoramento e manejo envolvendo a colaboração entre pesquisadores e populações são mais rapidamente implementadas e tem principalmente abrangência local, onde o manejo é verdadeiramente efetivado (Danielsen *et al.* 2010).

4.2 Mudanças ambientais 22 anos após o barramento: entrevistas como diagnóstico temporal

Estudos ecológicos apontam a mudança na composição das comunidades de peixes como uma das alterações ambientais que geralmente são causadas à jusante de rios afetados por barragens (Zhong & Power 1996; Mérona, Santos & Almeida 2001; Gehrke, Gilligan & Barwick 2002), o que foi também verificado neste estudo no baixo Rio Tocantins, através da mudança na composição dos desembarques pesqueiros à jusante de uma hidrelétrica, 22 anos após sua construção. A pescada (*P. squamosissimus*) foi o peixe que mais aumentou de abundância nos desembarques pesqueiros após a formação da barragem no baixo Rio Tocantins (Tab. 2). Esse peixe também foi o mais citado nas entrevistas com os pescadores (Fig. 2), que inclusive mencionaram o aumento na abundância da pescada após a formação da barragem (Fig. 8). O aumento nas capturas da pescada possivelmente deve-se as suas características ecológicas, pois é um peixe carnívoro que não realiza migrações e desova o ano todo (Santos *et al.* 2004), sendo possivelmente menos afetado pelo barramento do rio. Essa mesma espécie de peixe (*P. squamosissimus*) é o peixe mais capturado por pescadores em reservatórios no sudeste do Brasil, onde essa espécie foi introduzida (Silvano & Begossi 2001; Agostinho, Pelicice & Gomes 2008), novamente indicando que barragens não afetam negativamente essa espécie. Segundo Mérona, Santos & Almeida (2001), houve mudança na organização trófica das comunidades de peixes no baixo Rio Tocantins à jusante da hidrelétrica de Tucuruí: devido a baixa disponibilidade de

nutrientes na água liberada por barragens, peixes de hábitos alimentares piscívoros e carnívoros (como a pescada), são beneficiados. Essa característica de reorganização trófica das comunidades de peixes observada no baixo Rio Tocantins (Mérona, Santos & Almeida 2001) condiz com a resposta mais citada pelos pescadores entrevistados como o motivo do aumento de abundância de alguns peixes após a barragem: adaptação ao novo ambiente (Fig. 9).

O camarão (*Macrobrachium amazonicum*), que teve drástica redução em sua biomassa desembarcada (Tab. 2), é consumido por cerca de 50 espécies de peixes na Amazônia (Goulding & Ferreira 1984). Portanto, sua diminuição no baixo Rio Tocantins pode estar relacionada ao aumento dos peixes carnívoros após a formação da barragem (Ribeiro, Petreire & Juras 1995; Mérona, Santos & Almeida 2001). Entretanto, o camarão não foi citado nas entrevistas com os pescadores, por ser capturado e comercializado apenas nos mercados públicos municipais (Baião e Mocabuja) e não nas comunidades ribeirinhas onde realizamos as entrevistas (Hallwass *et al.* 2011) (Apêndice 1). Entre as outras espécies que sofreram drásticas reduções de abundância nos desembarques pesqueiros 22 anos após a conclusão da barragem, muitas pertencem à ordem Characiformes: jaraqui (*Semaprochilodus brama*), pacu (diversas espécies de Characidae), piabanha (*Brycon falcatus*) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*). Esses peixes foram também os mais citados pelos pescadores como tendo a abundância reduzida após a barragem (Fig. 10). Alguns peixes da ordem Characiformes podem ser muito afetados pelo barramento do rio, que altera a velocidade e o nível de penetração do pulso de inundação nas áreas de várzea, influenciando diretamente na sobrevivência das larvas desses e outros peixes (Mérona 1990; Ponton & Vauchel 1998; Agostinho *et al.* 2004; Agostinho, Pelicice & Gomes 2008). Os pescadores entrevistados no baixo Rio Tocantins demonstraram ter conhecimento sobre os padrões temporais de aumento (Fig. 8) e diminuição (Fig. 10) da abundância das espécies de peixes exploradas. Conhecimento similar por parte dos pescadores tem sido observado por Salomon, Tanape & Huntington (2007) para invertebrados marinhos no Alasca e por Rochet *et al.* (2008) para as espécies exploradas na pesca de arrasto no Atlântico Norte. Neste estudo verificamos as mudanças nas abundâncias de peixes após um evento antrópico de mudança ambiental (barramento do rio) em longo prazo. Poizat & Baran (1997) em um estuário na África verificaram que o conhecimento de pescadores acerca da mudança sazonal e espacial na abundância de peixes ocorre também em curto prazo e influenciado pelo ambiente (maré).

Alguns peixes que foram muito citados pelos pescadores do baixo Rio Tocantins devido a sua diminuição de abundância, como a pratiqueira (*Mugil incilis*), a piabanha e a pirapitinga, não ocorreram nas amostragens atuais da pesca e corresponderam a menos de 1% da biomassa de peixes capturados antes do barramento do Rio Tocantins (Mérona *et al.* 2010). Dessa forma, esses peixes que atingem porte de médio a grande (≥ 40 cm), provavelmente nunca foram muito capturados, porém foram mais lembrados pelos pescadores (Fig. 10), pois possuíam maiores valores comerciais, como observamos em alguns peixes capturados atualmente, como o tucunaré e o curimatá (Fig. 2). Conhecimento ecológico local mais detalhado sobre espécies de peixes com maior valor comercial foi também observado para pescadores brasileiros no Rio Piracicaba (sudeste do Brasil) (Silvano & Begossi 2002). O jaraqui, peixe mais citado como tendo sua abundância diminuída após a construção da barragem, segundo os pescadores do baixo Rio Tocantins, não ocorreu nas amostragens de desembarques pesqueiros realizadas neste estudo, embora representasse 13,6% da biomassa desembarcada na região de Içangui antes do fechamento da barragem de Tucuruí (Mérona *et al.* 2010). O jaraqui realiza migrações em cardumes (Ribeiro & Petreire 1990), sendo que a barragem pode ter interrompido a migração desse peixe à jusante da barragem de Tucuruí no Rio Tocantins. Entretanto, o jaraqui estava entre os três peixes mais capturados na década de 90, cerca de 10 anos após a formação da barragem, rio acima do reservatório de Tucuruí (Cetra & Petreire 2001), onde possivelmente esse peixe é capaz de completar sua rota migratória de desova rio acima do reservatório. A redução na abundância do jaraqui e de outros peixes migradores da ordem Characiformes no baixo Rio Tocantins condiz com o principal motivo citado pelos pescadores para a diminuição de peixes: “ficaram presos acima da barragem” (Fig. 11).

Algumas aparentes discrepâncias entre os dados de entrevistas com os pescadores e do registro dos desembarques demonstram a importância do pesquisador estar atento a abrangência dos seus dados. Dados de desembarque pesqueiro são relativos às capturas e apresentam um viés de esforço do pescador baseado em suas preferências pessoais e de mercado, não refletindo a disponibilidade real de peixes no ambiente. O mapará (*Hypophthalmus marginatus*) apareceu em nossa análise como um dos peixes que teve sua abundância mais reduzida nos desembarques pesqueiros (Tab. 2), mas não foi citado pelos pescadores nas entrevistas sobre os peixes que diminuíram na região (Fig. 10). Esse peixe era o mais capturado na região do baixo Rio Tocantins antes da barragem (29% do total capturado). Mesmo completando seu ciclo de vida na região, esse peixe,

por ser planctívoro, foi negativamente afetado nos anos seguintes a conclusão da barragem, devido à água pobre em nutrientes que é liberada pelo reservatório (Mérona 1990; Ribeiro, Petrere & Juras 1995; Petrere 1996; Mérona, Santos & Almeida 2001). Atualmente, o mapará é o terceiro peixe mais capturado na região estudada do baixo Rio Tocantins, correspondendo a 11% do total desembarcado (Hallwass *et al.* 2011) e possivelmente por ter baixo preço comercial (US\$ 1,0/kg) não é uma espécie preferencial de captura para os pescadores, o que pode influenciar a não percepção da redução de abundância desse peixe.

Outros fatos nos levam a reconhecer a importância do pesquisador conhecer a população alvo do estudo (White *et al.* 2005). Os bagres da família Pimelodidae, que são migradores de grandes distâncias, são em geral negativamente afetados por barragens (Barthem, Ribeiro & Petrere 1991; Petrere 1996; Agostinho *et al.* 2004). Entretanto esses peixes foram pouco abundantes em nossas análises de desembarque pesqueiro, mesmo antes da formação da barragem e foram muito pouco citados pelos pescadores entrevistados no baixo Rio Tocantins, como peixes atualmente capturados ou como peixes que sofreram redução na abundância. Segundo Begossi, Hanazaki & Ramos (2004), comunidades amazônicas consideram os bagres da família Pimelodidae tabus alimentares, possivelmente devido a estes peixes serem piscívoros de topo de cadeia trófica, que tendem a acumular toxinas. Portanto, como nossos dados de desembarque pesqueiro e das entrevistas refletem o esforço de pesca e não a disponibilidade dos peixes no ambiente, uma possível variação temporal na abundância desses bagres não foi detectada em nossas análises.

É importante também o pesquisador estar atento a informações adicionais fornecidas pelos entrevistados e facilitadas pelo método de entrevistas que inclui questões abertas (Huntington 2000). O desaparecimento e a diminuição de peixes foram as principais respostas dos pescadores em relação às mudanças ambientais ocorridas no baixo Rio Tocantins, após o barramento (Fig. 12). Neste estudo perguntamos aos pescadores sobre espécies de peixes que diminuíram após o barramento do rio, entretanto 87 entrevistados responderam espontaneamente que alguns peixes, segundo eles “acabaram” (desapareceram) após o barramento. Os peixes citados por eles como tendo desaparecido foram o jaraqui (75%), a pratinzeira (49,4%), a piabanha (27,6%) e a pirapitinga (17,2%), sendo que esses peixes realmente parecem ter sido extintos da região, pois não apareceram em nenhum dos 606 desembarques pesqueiros amostrados nas cinco comunidades ribeirinhas e nos 86 desembarques amostrados no mercado

público do município de Baião (Hallwass *et al.* 2011). A extinção de peixes à jusante de hidrelétricas também foi verificada na Austrália, 20 anos após o barramento de um rio (Gehrke, Gilligan & Barwick 2002).

A diminuição na abundância de algumas espécies de peixes citada pelos pescadores pode estar diretamente relacionada à diminuição da CPUE nas comunidades ribeirinhas estudadas e na produção pesqueira anual (Tab. 4) no baixo Rio Tocantins. A diminuição da produção pesqueira anual, somada ao desaparecimento de algumas espécies de peixes comerciais, resultaram em uma diminuição de 55 a 58% (de acordo com a medida de cálculo) da rentabilidade financeira da pesca no baixo Rio Tocantins, 22 anos após o barramento. A diminuição da produção pesqueira à jusante da hidrelétrica de Tucuruí já havia sido relatada para os anos seguintes a conclusão da barragem (Ribeiro, Petrere & Juras 1995; Petrere 1996; Fearnside 1999). Resultados similares foram encontrados por Gehrke, Gilligan & Barwick (2002) na Austrália, que constataram a diminuição do tamanho dos peixes à jusante de uma hidrelétrica, 20 anos após sua construção e Zhong & Power (1996) que constataram a redução da produção pesqueira à jusante de duas barragens da China, cerca de 20 anos após o barramento. Quedas na produção e no rendimento financeiro da atividade pesqueira em geral não são contabilizados como custos ou mesmo impactos gerados pela construção de hidrelétricas. Assim, a visão de que empreendimentos hidrelétricos fornecem energia limpa, com poucos impactos ambientais e sociais, parece ser equivocada, especialmente em rios amazônicos, onde a dependência da pesca é muito alta (Isaac, Silva & Ruffino 2008; Silvano, Juras & Begossi 2009; Coomes *et al.* 2010).

A diminuição da qualidade da água e a mudança no nível do rio também foram citadas pelos pescadores como efeitos proporcionados pelo barramento do rio no baixo Rio Tocantins. Neste estudo, não foi possível obter dados limnológicos de vazão e qualidade da água do baixo Rio Tocantins, porém as respostas citadas pelos pescadores nas entrevistas condizem com a literatura científica sobre impactos de barragens. A baixa qualidade da água rio abaixo de hidrelétricas é um efeito conhecido na literatura científica e é provocada pela retenção de nutrientes e sedimento no ambiente lântico do reservatório, que libera uma água pobre e sem oxigênio rio abaixo, causando a erosão das ilhas e margens do rio à jusante da hidrelétrica (Ribeiro, Petrere & Juras 1995; Petrere 1996; Zhong & Power 1996; Ponton & Vauchel 1998; Fearnside 1999; Mérona, Santos & Almeida 2001; Agostinho, Pelicice & Gomes 2008). A mudança no nível do rio indica o controle artificial da vazão do rio e dos pulsos de inundação, que é um dos

maiores problemas para as comunidades de peixes rio abaixo de hidrelétricas, podendo influenciar seus ciclos de vida e principalmente a desova (Zhong & Power 1996; Ponton & Vauchel 1998; Agostinho *et al.* 2004). Conhecimento similar sobre alterações ambientais foi verificado também por Calheiros, Seidl & Ferreira (2000) no Pantanal brasileiro, onde moradores locais apresentam bom conhecimento sobre as mudanças limnológicas ocorridas nos ciclos de cheia do rio, bem como sobre a mortalidade de peixes ocasionada por essas mudanças.

4.3 Recomendações, aplicações e vantagens do uso de entrevistas

Neste estudo, dois pesquisadores em uma viagem de campo durante nove dias realizaram todas as entrevistas, enquanto a coleta dos dados de desembarque pesqueiro foi realizada em cinco viagens de campo por um ou dois pesquisadores, durante 67 dias. O método de entrevistas demonstrou ser rápido, confiável e de baixo custo para registrar tanto questões atuais sobre utilização de recursos, como mudanças ambientais temporais dificilmente registradas cientificamente, como constatado em outros estudos (Poizat & Baran 1997; Valbo-Jorgensen & Poulsen 2000; Calheiros, Seidl & Ferreira 2000; Fernandez-Gimenez 2000; Johannes, Freeman & Hamilton 2000; Salomon, Tanape & Huntington 2007; Begossi 2008; Jones *et al.* 2008; Rochet *et al.* 2008; Silvano *et al.* 2008). O método de entrevistas com os pescadores foi eficaz no registro das mudanças ambientais à jusante de uma grande hidrelétrica, sendo que os resultados das entrevistas foram corroborados através de dados da pesca anteriores e posteriores ao barramento. Outros estudos utilizando entrevistas têm demonstrado a eficiência do conhecimento ecológico local na avaliação de mudanças ambientais (Calheiros, Seidl & Ferreira 2000; Fernandez-Gimenez 2000) e padrões de abundâncias de recursos (Poizat & Baran 1997; Salomon, Tanape & Huntington 2007; Jones *et al.* 2008; Rochet *et al.* 2008). Por exemplo, em estudo com pescadores no Alaska, Salomon, Tanape & Huntington (2007) demonstraram que a redução de invertebrados marinhos esta mais relacionada ao aumento da atividade humana de pesca e ao aumento na quantidade de lontras, do que ao vazamento de óleo (Exxon Valdez em 1989) ocorrido em uma região próxima de onde foi realizado o estudo. Portanto, o método de entrevista pode ser eficiente na detecção de mudanças ambientais, podendo abranger grandes áreas e uma escala temporal ampla a um baixo custo. Contudo, o poder de predição das entrevistas acerca

das mudanças nos padrões de coleta de recursos aumenta quanto maiores são as mudanças ocorridas e quando são entrevistados os mesmos informantes periodicamente (Jones *et al.* 2008). Entrevistas podem ser uma importante ferramenta na detecção de indícios de esgotamento ou mudanças nos padrões de abundância de recursos (Fernandez-Gimenez 2000; Salomon, Tanape & Huntington 2007; Jones *et al.* 2008; Rochet *et al.* 2008; este estudo), norteando as prioridades para conservação.

Estudos com populações humanas estão sujeitos a honestidade de seus informantes (Jones *et al.* 2008), sendo que o método de entrevistas é o mais utilizado na amostragem do conhecimento ecológico local (CEL) em estudos de ecologia (Brook & McLachlan 2008). Entrevistas estruturadas possibilitam a análise quantitativa dos dados, podendo definir padrões estatisticamente significativos nas respostas citadas pela maioria dos informantes, desconsiderando-se possíveis respostas equivocadas ou pouco confiáveis. Neste estudo, “não sei” foi a resposta mais citada quanto ao motivo do aumento da abundância de peixes e a terceira resposta mais citada quanto aos motivos da diminuição de peixes. Essa resposta, que aparentemente não nos traz informação alguma, indica a honestidade dos informantes em admitir não saber responder a pergunta e a imparcialidade do pesquisador em não forçar nem induzir o informante a responder algo que não seja de seu próprio conhecimento.

5. Conclusões

Apesar de haver um aumento do uso do conhecimento ecológico local (CEL) e de abordagens sociais em estudos ecológicos (Johannes 1998; Berkes 1999; Johannes, Freeman & Hamilton 2000; White *et al.* 2005; Silvano *et al.* 2006; Salomon, Tanape & Huntington 2007; Begossi 2008; Brook & McLachlan 2008; Jones *et al.* 2008; Rochet *et al.* 2008; Silvano *et al.* 2008), muitos ecólogos ainda se mostram resistentes a este tipo de abordagem (Johannes, Freeman & Hamilton 2000). Entretanto, medidas de manejo dos recursos integradas ao conhecimento ecológico local das comunidades envolvidas têm mais chance de obter sucesso do que medidas que não consideram os usuários dos recursos (Huntington 2000; Johannes, Freeman & Hamilton 2000; Begossi 2008; Silvano & Valbo-Jorgensen 2008). Portanto, nossos dados indicam que o conhecimento de pescadores ribeirinhos amazônicos pode e deve ser incluído em medidas de manejo e conservação dos recursos pesqueiros. Além disso, apresentamos

neste estudo alguns impactos na pesca à jusante de uma das maiores usinas hidrelétricas do mundo, 22 anos após sua conclusão. Ocorreram mudanças na composição dos desembarques pesqueiros, extinções locais de peixes, bem como a redução da produção anual e do valor econômico anual da pesca. Essas mudanças foram devidamente citadas pelos pescadores entrevistados, que apresentaram maior conhecimento sobre os peixes: a diminuição na abundância e extinção de peixes foram os problemas mais citados nas entrevistas.

Na região amazônica, são poucas as opções de atividades econômicas para as populações ribeirinhas, portanto, prejuízos na atividade pesqueira, como verificado nesse estudo, podem ocasionar um aumento na devastação da floresta devido ao aumento das atividades agrícola, pecuária e madeireira (Ribeiro, Petrere & Juras 1995; Fearnside 1999). A atual legislação brasileira não considera as regiões à jusante de hidrelétricas como áreas de influência do reservatório. Portanto, reforçando argumentos apresentados em outros estudos no Rio Tocantins (Silvano, Juras & Begossi 2009; Hallwass *et al.* 2011), sugerimos que sejam revistas as atuais legislações ambientais que excluem áreas a jusante de barragens nos planos de mitigação e compensação ambiental, considerando os prejuízos sociais e econômicos sofridos por estas populações.

Neste estudo, o método de entrevistas se mostrou eficiente no diagnóstico do uso atual de recursos, bem como de mudanças ambientais temporais resultantes do barramento de um grande rio na Amazônia brasileira. Até onde sabemos, esse é o primeiro estudo que avalia através de entrevistas o conhecimento ecológico local sobre mudanças ambientais temporais causadas por um evento antrópico (barragem), comparando e validando as informações dos pescadores através de dados de pesca. Com isso, a falta de recursos para pesquisas de longa duração podem ser complementadas através do método de entrevistas, contanto que as entrevistas sigam metodologia rigorosa na coleta e análise de dados (Huntington 2000; White *et al.* 2005).

6. Referências

- Abramson, J.H. (2004) WINPEPI (PEPI-for-Windows): computer programs for epidemiologists. *Epidemiologic Perspectives & Innovations*, **1**, 6.
- Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Fernandez, D.R. & Suzuki, H.I. (2004) Flood regime, dam regulation and fish in Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **14**, 11-19.
- Agostinho, A.A., Pelicice, F.M. & Gomes, L.C. (2008) Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, **68**, 1119-1132.
- Almeida, O.T., Lorenzen, K. & McGrath, D.G. (2009) Fishing agreements in the lower Amazon: for gain and restraint. *Fisheries Management and Ecology*, **16**, 61-67.
- Altieri, M.A. (2004) Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **2**, 35-42.
- Ayres, M., Ayres Jr., M., Ayres, D.L. & Santos, A.S. (2007) *BioEstat*, v. 5.0. Sociedade Civil Mamirauá, MCT – CNPq, Belém, Pará, Brasil.
- Barthem, R., Ribeiro, M. & Petrere, M. (1991) Life strategies of some long-distance migratory catfish in relation of hydroelectric dams in Amazon Basin. *Biological Conservation*, **55**, 339-345.
- Bayley, P.B. & Petrere, M. (1989) Amazon fisheries: assessment methods, current status and management options. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, **106**, 385-398.
- Begossi, A., Silvano, R.A.M., Amaral, B.D. & Oyakawa, O.T. (1999) Use of local resources by fishers and hunters in an extractive reserve (Upper Juruá, Acre, Brazil). *Environment Development and Sustainability*, **1**, 73-93.
- Begossi, A., Hanazaki, N. & Ramos, M.R. (2004) Food chain and the reasons for fish food taboos among amazonian and atlantic Forest fishers (Brazil). *Ecological Applications*, **14**, 1334-1343.
- Begossi, A. (2008) Local knowledge and training towards management. *Environment Development and Sustainability*, **10**, 591-603.
- Berkes, F. (1999) *Sacred Ecology—Traditional Ecological Knowledge and Resource Management*. Taylor&Francis, Philadelphia, PA.

- Berkes, F. & Turner, N.J. (2006) Knowledge, learning and the evolution conservation practice for social-ecological system resilience. *Human Ecology*, **34**, 479-494.
- Brook, R.K. & McLachlan, S.M. (2008) Trends and prospects for local knowledge in ecological and conservation research and monitoring. *Biodiversity and Conservation*, **17**, 3501-3512.
- Calheiros, D.F., Seidl, A.F. & Ferreira, C.J.A. (2000) Participatory research methods in environmental science: local and scientific knowledge of a limnological phenomenon in the Pantanal wetland of Brazil. *Journal of Applied Ecology*, **37**, 684-696.
- Cardoso, R.S. & Freitas, C.E.C. (2008) A pesca de pequena escala no rio Madeira pelos desembarques ocorridos em Manicoré (Estado do Amazonas), Brasil. *Acta Amazônica*, **38**, 781-788.
- Cerdeira, R.G.P., Ruffino, M.L. & Isaac, V.J. (2000) Fish catches among riverside communities around Lago Grande de Monte Alegre, lower Amazon, Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, **7**, 355-374.
- Cetra, M. & Petrere, M. (2001) Small-scale fisheries in the middle River Tocantins, Imperatriz (MA), Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, **8**, 153-162.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (2001) *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition*. Plymouth, Plymouth Marine Laboratory.
- Clarke, K.R. & Gorley, R.N. (2006) *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth.
- Coomes, O.T., Takasaki, Y., Abizaid, C. & Barham, B.L. (2010) Floodplain fisheries as natural insurance for the rural poor in tropical forest environmental: evidence from Amazonia. *Fisheries Management and Ecology*, **17**, 513-521.
- Danielsen, F., Burgess, N.D., Jensen, P.M. & Pirhofer-Walzl, K. (2010) Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of people's involvement. *Journal of Applied Ecology*, **47**, 1166-1168.
- Diamond, J. (2001) Unwritten Knowledge. *Nature*, **410**, 521.
- Fearnside, P.M. (1999) Social Impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management*, **24**, 483-495.

- Fernandes, C.C. (1997) Lateral migration of fishes in Amazon floodplains. *Ecology of Freshwater*, **6**, 36-44.
- Fernandez-Gimenez, M.E. (2000) The role of Mongolian nomadic pastoralists' ecological knowledge in rangeland management. *Ecological applications*, **10**, 1318-1326.
- Gavin, M.C. & Anderson, G.J. (2005) Testing a rapid quantitative ethnobiological technique: first steps towards developing a critical conservation tool. *Economic Botany*, **59**, 112–121.
- Gehrke, P.C., Gilligan, D.M. & Barwick, M. (2002) Changes in fish communities of the Shoalhaven River 20 years after construction of Tallowas Dam, Australia. *River Research and Applications*, **18**, 265-286.
- Gewin, V. (2004) Troubled waters: the future of global fisheries. *PLoS Biology*, **4**, 422-427.
- Goulding, M. & Ferreira, E.J.G. (1984) Shrimp-eating fishes and a case of prey-switching in Amazon rivers. *Revista Brasileira de Zoologia*, **2**, 85–97.
- Goulding, M., Barthem, R. & Ferreira, E. (2003) *The Smithsonian Atlas of the Amazon*. Smithsonian Books, Washington.
- Hallwass, G., Lopes, P.F., Juras, A.A. & Silvano, R.A.M. (2011) Fishing effort and catch composition of urban market and rural villages in Brazilian Amazon. *Environmental Management*, DOI 10.1007/s00267-010-9584-1.
- Huntington, H.P. (2000) Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *Ecological Applications*, **10**, 1270-1274.
- IBGE 2007. Contagem da População 2007, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem.pdf>, acessado em 12 de janeiro de 2011.
- Irvine, R.J., Fiorini, S., Yearley, S., McLeod, J.E., Turner, A., Armstrong, H., White, P.C.L. & Van Der Wal, R. (2009) Can managers inform models? Integrating local knowledge into models of red deer habitat use. *Journal of Applied Ecology*, **46**, 344-352.
- Isaac, V.J., Silva, C.O. & Ruffino, M.L. (2008) The artisanal fishery fleet of the lower Amazon. *Fisheries Management and Ecology*, **15**, 179-187.

- Johannes, R.E. (1998) The case for data-less marine resource management: examples from tropical nearshore finfisheries. *Trends in Ecology and Evolution*, **13**, 243-246.
- Johannes, R.E., Freeman, M.M.R. & Hamilton, R.J. (2000) Ignore fishers' knowledge and miss the boat. *Fish and Fisheries*, **1**, 257-271.
- Jones, J.P.G., Andriamarivololona, M.M., Hockley, N., Gibbons, J.M. & Milner-Gulland, E.J. (2008) Testing the use of interviews as a tool for monitoring trends in the harvesting of wild species. *Journal of Applied Ecology*, **45**, 1205-1212.
- Khoa, S.N., Lorenzen, K., Garaway, C., Chamsinhg, B., Siebert, D. & Randone, M. (2005) Impacts of irrigation on fisheries in rain-fed rice-farming Landscapes. *Journal of Applied Ecology*, **42**, 892- 900.
- Khumsri, M., Ruddle, K. & Shivakoti, G.P. (2009) Rights and conflicts in the management of fisheries in the Lower Songkhram River Basin, Northeast Thailand. *Environmental Management*, **43**, 557-570.
- Lorenzen, K., Garaway, C.J., Chamsingh, B. & Warren, T.J. (1998) Effects of access restrictions and stocking on small water body fisheries in Laos. *Journal of Fish Biology*, **53**, 345–357.
- MacCord, P.F.L., Silvano, R.A.M., Ramires, M.S., Clauzet, M. & Begossi, A. (2007) Dynamics of artisanal fisheries in two Brazilian Amazonian reserves: implications to co-management. *Hydrobiologia*, **583**, 365–376.
- McGrath, D.G., Silva, U.L. & Crossa, N.M.M. (1997) A traditional floodplain fishery of the lower Amazon River, Brazil. *PLEC News and Views*, **8**, 4–11.
- McGrath, D.G., Cardoso, A., Almeida, O.T. & Pezzuti, J. (2008) Constructing a policy and institutional framework for an ecosystem-based approach to managing the Lower Amazon floodplain. *Environment Development and Sustainability*, **10**, 677–695.
- Mérona, B de. (1990) Amazon fisheries: general characteristics based on two case-studies. *Interciencia*, **15**, 461-468.
- Mérona, B de. & Albert, P. (1999) Ecological monitoring of fish assemblages downstream of a hydroelectric dam in French Guiana (South America). *Regulated Rivers: Research & Management*, **15**, 339-351.
- Mérona, B de., Santos, G.M. & Almeida, R.G. (2001) Short term effects of Tucuruí Dam (Amazonia, Brazil) on the trophic organization of fish communities. *Environmental Biology of Fishes*, **60**, 375–392.

- Mérona, B de., Juras, A.A., Santos, G.M. & Cintra, I.H.A. (2010) *Os peixes e a pesca no Baixo Tocantins: 20 anos depois da UHE Tucuruí*. Eletronorte, Brasília, Brasil.
- Mol, J.H., Mérona, B de., Ouboter, P.E. & Sahdew, S. (2007) The fish fauna of Brokopondo Reservoir, Suriname, during 40 years of impoundment. *Neotropical Ichthyology*, **5**, 351-368.
- Morril, W.T. (1967) Ethnoichthyology of the Cha-Cha. *Ethnology*, **6**, 405-417.
- Navy, H. & Bhattarai, M. (2006) Economic assessment of small-scale inland fisheries and wetland livelihoods in Camboja. *Proceeding of the International Riversymposium*, Brisbane, Australia, available online.
- Penczak, T., Agostinho, A.A., Gomes, L.C. & Latini, J.D. (2009) Impacts of reservoir on fishes assemblages of small tributaries of the Corumbá River, Brazil. *River Research and Applications*, **25**, 1013-1024.
- Petrere, M. (1996) Fisheries in large tropical reservoirs in South America. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, **2**, 111-133.
- Poizat, G. & Baran, E. (1997) Fishermen's knowledge as background information in tropical fish ecology: a quantitative comparison with fish sampling results. *Environmental Biology of Fishes*, **50**, 435-449.
- Ponton, D. & Vauchel, P. (1998) Immediate downstream effects of the Petit-Saut Dam on Young neotropical fish in a large tributary of the Sinnamary River (French Guiana, South America). *Regulated Rivers: Research & Management*, **14**, 227-243.
- Queiroz, H.L. & Crampton, W.G.R. (1999) *Estratégias para manejo de recursos pesqueiros em Mamirauá*. Sociedade Civil Mamirauá, MCT-CNPq, Brasília, Brasil
- Ribeiro, M.C.L.B. & Petrere, M. (1990) Fisheries ecology and management of the jaraqui (*Semaprochilodus taeniurus*, *S. insignis*) in central Amazonia. *Regulated Rivers: Research & Management*, **5**, 195-215.
- Ribeiro, M.C.L.B., Petrere, M. & Juras, A.A. (1995) Ecological integrity of the Araguaia-Tocantins river basin, Brazil. *Regulated Rivers: Research & Management*, **11**, 325-350.
- Rochet, M-J., Prigent, M., Bertrand, J. A., Carpentier, A., Coppin, F., Delpech, J-P., Fontenelle, G., Foucher, E., Mahe', K., Rostiaux, E. & Trenkel, V. M. (2008) Ecosystem trends: evidence for agreement between fishers' perceptions and scientific information. *ICES Journal of Marine Science*, **65**, 1057-1068.

- Ruddle, K. (1995) The role of validated local knowledge in the restoration of fisheries property rights: the example of the New Zealand Maori. *Property rights in a social and ecological context: Part 2, case studies and design applications* (eds. S. Hanna & M. Munasinghe), pp. 111-119. Stockholm & Washington DC: The Beijer International Institute of Ecological Economics & The World Bank.
- Salomon, A.K., Tanape, N.M. & Huntington, H.P. (2007) Serial depletion of marine invertebrates leads to the decline of a strongly interacting grazer. *Ecological Applications*, **17**, 1752-1770.
- Santos, G.M., Mérona, B de., Juras, A.A. & Jégu, M. (2004) *Peixes do Baixo Rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica de Tucuruí*. Eletronorte Brasília, Brasil.
- Sarda, F. & Maynou, F. (1998) Assessing perceptions: Do Catalan fishermen catch more shrimp on Fridays? *Fisheries Research*, **36**, 149–157.
- Sheskin, D.J. (2007) *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures*, 4rd edn. Chapman and Hall.
- Silvano, R.A.M. & Begossi, A. (2001) Seasonal dynamics of fishery at the Piracicaba River (Brazil). *Fisheries Research*, **51**, 69-86.
- Silvano, R.A.M. & Begossi, A. (2002) Ethnoichthyology and fish conservation in the Piracicaba River (Brazil). *Journal of Ethnobiology*, **22**, 285-306.
- Silvano, R.A.M., MacCord, P.F.L., Lima, R.V. & Begossi, A. (2006) When does this fish spawn? Fishermen's local knowledge of migration and reproduction of Brazilian coastal fishes. *Environmental Biology Fishes*, **76**, 371-386.
- Silvano, R.A.M. & Valbo-Jorgensen, J. (2008) Beyond fishermen's tales: contributions of fishers' local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management. *Environmental, Development and Sustainability*, **10**, 657-675.
- Silvano, R.A.M., Silva, A.L., Cerone, M. & Begossi, A. (2008) Contributions of Ethnobiology to the conservation of tropical rivers and streams. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, **18**, 241–260.
- Silvano, R.A.M. & Begossi, A. (2009) What do people think about pollution? Contributions of human ecology to the study of river pollution with a focus on Brazil. *River Pollution Research Progress* (eds M.N. Gallo & M.H. Ferrari), pp. 283-296. Nova Science Publishers.

- Silvano, R.A.M., Ramires, M. & Zuanon, J. (2009) Effects of fisheries management on fish communities in the floodplain lakes of a Brazilian Amazonian Reserve. *Ecology of Freshwater Fish*, **18**, 156-166.
- Silvano, R.A.M., Juras, A.A. & Begossi, A. (2009). Clean energy and poor people: ecological impacts of hydroelectric dam on fish and fishermen in the Amazon rainforest. *V International Conference on Energy, Environmental, Ecosystems and Sustainable Development and II International Conference on Landscape Architecture*, pp. 139-147. WSEAS Press, Greece.
- Valbo-Jorgensen, J. & Poulsen, A.F. (2000) Using local knowledge as a research tool in the study of river fish biology: experiences from Mekong. *Environmental, Development and Sustainability*, **2**, 253-276.
- Weyl, O.L.F., Nyasulu, T.E. & Rusuwa, B. (2005) Assessment of catch, effort and species changes in the pair-trawl fishery of southern Lake Malawi, Malawi, Africa. *Fisheries Management and Ecology*, **12**, 395-402.
- White, P.C.L., Jennings, N.V., Renwick, A.R. & Barker, N.H.L. (2005) Questionnaires in ecology: a review of past use and recommendations for best practice. *Journal of Applied Ecology*, **42**, 421-430.
- Zhong, Y. & Power, G. (1996) Environmental impacts of hydroelectric projects on fish resources in China. *Regulated Rivers: Research & Management*, **12**, 81-98.

APÊNDICE 1. Lista de espécies utilizada na análise de ordenação NMDS e produção pesqueira, dos seis locais amostrados, três antes e três 22 anos depois da barragem de Tucuruí. Utilizamos dados da proporção relativa da biomassa dos peixes desembarcados. Os valores médios de venda dos peixes (U\$ kg⁻¹) foram inseridos na segunda coluna da tabela.

Peixe	U\$ kg ⁻¹ *	Família	Espécie	Icangui_1981 **	Comunidades_2007 ***	Ituquara_1981 **	Ituquara_2007 ***	Mocajuba_1981 **	Baião-2007***
Pescada	1,08	Sciaenidae	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	2,6	24,5	14,7	35,6	3,1	25,5
Mapará	1,0	Pimelodidae	<i>Hypophthalmus marginatus</i>	8,9	14,4	12,2	5,8	16,6	8,9
Branquinha	0,7	Curimatidae	várias (<i>Curimata vittata</i> , <i>Cyphocharax</i> spp., <i>Psectrogaster essequibensis</i>)	16,5	5,3	3,8	13,9	3,4	12,3
Curimatá	1,56	Prochilodontidae	<i>Prochilodus nigricans</i>	7,2	13,6	7,5	5,6	4,5	14,9
Camarão	1,56	Crustacea, Palaemonidae	<i>Macrobrachium amazonicum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	38,3	3,4
Aracu	1,51	Anostomidae	várias (<i>Laemolyta</i> spp., <i>Leporinus</i> spp., <i>Schizodon vittatus</i>)	6,3	4,9	1,9	6,7	2,5	6,5
Tucunaré	1,61	Cichlidae	<i>Cichla kelberi</i> e <i>C. pinima</i>	2,4	5,3	4,4	6,1	2,6	1,3
Pacu	1,06	Characidae	Várias (<i>Metynnis</i> spp., <i>Myleus</i> spp., <i>Mylossoma duriventre</i>)	8,5	0,9	7,2	1,2	0,9	1,2
Jaraqui	-	Prochilodontidae	<i>Semaprochilodus brama</i>	13,6	0,0	2,5	0,0	1,2	0,0
Traíra	0,47	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	3,8	4,8	3,3	1,4	2,3	1,2
Acará	1,01	Cichlidae	Várias (<i>Astronotus ocellatus</i> , <i>A. crassipinnis</i> , <i>Chaetobranchus flavescens</i> , <i>Geophagus altifrons</i> , <i>G. proximus</i> ,	0,9	6,7	1,2	3,0	2,7	1,2

			<i>Hypselecara temporalis</i> , <i>Satanoperca jurupari</i>)						
Jatuarana	1,01	Hemiodontidae	<i>Hemiodus</i> spp.	7,7	0,7	0,2	3,6	2,7	0,1
Apapá	1,43	Pristigasteridae	<i>Pellona castelnaeana</i>	0,8	1,3	4,6	1,7	1,7	4,8
Piranha	0,89	Serrasalminidae	<i>Pygocentrus nattereri</i> , <i>Serrasalmus</i> spp.	2,4	5,1	1,5	3,4	1,3	0,3
Dourada	2,31	Pimelodidae	<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	1,2	0,3	3,7	2,2	2,0	3,3
Filhote	-	Pimelodidae	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	1,3	0,2	4,9	0,4	1,1	0,0
Icanga	-	Cynodontidae	<i>Cynodon gibbus</i>	2,0	0,0	4,1	0,0	0,7	0,0
Acari	-	Loricariidae	Várias (<i>Pterigoplichthys joselimaianus</i> , <i>Hypostomus</i> spp.)	1,5	0,8	2,8	0,7	0,7	0,0
Mandubé	-	Auchenipteridae	<i>Ageneiosus</i> spp.	0,4	2,9	0,7	0,6	0,6	0,0
Aruanã	1,01	Osteoglossidae	<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	0,6	2,9	0,6	0,1	0,7	0,2
Jacundá	-	Cichlidae	<i>Crenicichla</i> spp.	0,1	1,5	2,3	0,4	0,2	0,0
Pirarara	1,08	Pimelodidae	<i>Phractocephalus hemioliopus</i>	0,2	0,5	1,6	1,1	0,4	0,6
Surubim	1,01	Pimelodidae	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	1,1	0,3	1,1	0,1	0,5	0,9
Ximbé	-	Auchenipteridae	<i>Ageneiosus ucayalensis</i>	2,2	0,0	1,3	0,5	0,0	0,0
Piranambu	-	Pimelodidae	<i>Pimelodina flavipinnis</i>	1,0	0,3	1,5	0,0	1,1	0,0
Sardinha	-	Characidae e Clupeidae	Várias (<i>Triportheus</i> spp., <i>Lycengraulis batesii</i> , <i>Anchovia surinamensis</i> ,	1,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,0

			<i>Pterengraulis atherinoides)</i>						
Minguilista	-	Cynodontidae	<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	0,4	0,1	1,0	0,2	1,0	0,0
Cuiú	-	Doradidae	<i>Oxydoras niger</i>	0,0	1,8	0,3	0,3	0,1	0,0
Pirarucu	-	Arapaimatidae	<i>Arapaima gigas</i>	0,3	0,0	0,3	1,6	0,1	0,0
Piramutaba	-	Pimelodidae	<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	0,4	0,0	1,2	0,3	0,1	0,0
Mandi	-	Pimelodidae	<i>Pimelodus blochii</i> , <i>Megalonema platycephalum</i>	1,5	0,1	0,3	0,0	0,1	0,0
Bacu	-	Doradidae	Não identificado	0,0	0,0	1,3	0,1	0,6	0,0
Bagre	-	Pimelodidae	<i>Goslinia platynema</i>	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0
Botinho	-	Doradidae	<i>Hassar wilderi</i> , <i>H. orestis</i>	0,0	0,1	0,0	1,5	0,1	0,0
Pirapitinga	-	Serrasalmididae	<i>Piaractus brachypomus</i>	0,6	0,0	0,6	0,0	0,4	0,0
Arraia	1,01	Potamotrygonidae	<i>Paratrygon</i> sp., <i>Potamotrygon</i> sp.	0,0	0,1	0,2	0,6	0,2	0,1
Pratiqueira	-	Mugilidae	<i>Mugil incilis</i>	0,2	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0
Jaú	-	Pimelodidae	<i>Zungaro zungaro</i>	0,2	0,0	0,5	0,0	0,10	0,0
Tamoatá	-	Callichthyidae	<i>Callichthys callichthys</i> , <i>Hoplosternum littorale</i> , <i>Megalechis thoracata</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
Soma (%)				98,0	99,8	98,4	99,4	91,7	86,6
Produção Total Anual (t)				254,9	141,1	34,5	41,6	251,7	58,2

*Valores baseados na média do preço de venda no mercado público de Baião no ano de 2007 (mistura= US\$ 0,77 kg⁻¹, ver Métodos); **Dados de Mérona et al. (2010) e Mérona (1990); ***Dados retirado de Hallwass et al. (2011).

CAPÍTULO 2

Influência do comportamento do pescador e fatores ambientais no rendimento da pesca artesanal no Baixo Rio Tocantins (Amazônia brasileira)

Gustavo Hallwass^{1,2*}

Priscila Fabiana Lopes³

Anastácio Afonso Juras⁴

Renato Azevedo Matias Silvano²

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia – UFRGS

² Departamento de Ecologia – UFRGS

³ Departamento de Botânica, Ecologia e Zoologia – UFRN

⁴ Eletronorte, Brasília, DF, Brasil

* Email: guwass@gmail.com

Este artigo esta formatado conforme as regras da revista científica: *Fisheries Management and Ecology*

Resumo

A pesca artesanal de pequena escala em regiões tropicais tem sido relativamente pouco estudada, se comparada a pesca de larga escala em regiões temperadas. Poucos estudos buscam compreender os fatores que influenciam as capturas da pesca artesanal de pequena escala, que é responsável pelo emprego e renda de milhões de pessoas em todo o mundo. Os objetivos deste estudo são: identificar as variáveis ambientais e sócio-econômicas que mais influenciam nas capturas de pescado e analisar o rendimento financeiro da pesca artesanal no Baixo Rio Tocantins (Amazônia brasileira), à jusante de um grande reservatório. Amostramos cinco comunidades ribeirinhas durante 67 dias e registramos um total de 606 desembarques pesqueiros. Utilizamos a análise de Modelos Lineares Gerais (GLM) com a variável dependente kg de peixes * viagem de pesca⁻¹ em função das variáveis independentes: número de pescadores, distância até local de pesca, tempo de pesca, comunidade, época do ano, habitat explorado, arte de pesca e tipo de embarcação. O modelo resultante dessa análise explicou 43% da variação da biomassa de peixes capturada, sendo que a maior parte da variação foi significativa e positivamente explicada pelas variáveis ligadas ao esforço e comportamento do pescador: tempo de pesca (42%), distância até local de pesca (12%) e o número de pescadores (10%). O habitat foi significativo e explicou 10% da biomassa de peixes capturada: os lagos foram os habitats mais produtivos, apresentando maior captura em biomassa de peixes. A pesca artesanal de pequena escala do Baixo Rio Tocantins apresentou um rendimento de U\$ 3,8 * dia⁻¹ e U\$ 91,5 * mês⁻¹. A maioria dos desembarques pesqueiros foi realizada com canoas a remo (80%). O resultado da análise (GLM) feita apenas com os desembarques de canoas a remo apresentou a mesma tendência de explicação das variáveis, porém com um aumento de explicação da variável época (14 %). Considerar o efeito dos pescadores e do seu comportamento na intensidade de esforço de pesca e conseqüente pressão pesqueira pode auxiliar na elaboração de planos mais eficazes de manejo pesqueiro.

Palavras-chave: Ecologia Humana, manejo pesqueiro, rendimento econômico da pesca, reservatórios, desembarque pesqueiro, GLM

1. Introdução

Em regiões tropicais úmidas, a pesca artesanal de águas interiores é altamente produtiva (MacCord *et al.* 2007; Castelo *et al.* 2009; Navy & Bhattarai 2009). A pesca artesanal desempenha um importante papel na segurança alimentar, emprego e renda de populações pobres em todo o mundo, como na África (Moses *et al.* 2002; Béné *et al.* 2009), Ásia (Ali & Lee 1995; Navy & Bhattarai 2009) e América do Sul (Cerdeira *et al.* 2000; Silvano & Begossi 2001; Cardoso & Freitas 2006; Coomes *et al.* 2010). A pesca artesanal de pequena escala, difere da pesca comercial, pois apresenta baixo investimento, emprega um grande número de pescadores amplamente distribuídos em áreas ribeirinhas e costeiras, cujas capturas são destinadas ao comércio e consumo familiar (Bayley & Petrere 1989; Ali & Lee 1995; Cerdeira *et al.* 2000; Cetra & Petrere 2001; Moses *et al.* 2002; Béné *et al.* 2009; McClanahan *et al.* 2009; Hallwass *et al.* 2011). Portanto, são necessárias medidas de manejo diferentes de acordo com cada tipo e escala de pesca (Castilla & Defeo 2005), porém relativamente poucos estudos têm focado a pesca artesanal.

A dinâmica da pesca na região amazônica é influenciada pela sazonalidade na hidrologia de seus rios (pulsos de inundação), pela riqueza de espécies exploradas, bem como pela diversidade de habitats explorados e artes de pesca utilizadas (Cerdeira *et al.* 2000; Cetra & Petrere 2001; MacCord *et al.* 2007; Hallwass *et al.* 2011). A média de consumo de peixe por habitante na Amazônia é um das mais altas do mundo (Isaac *et al.* 2008), o que demonstra a alta dependência alimentar e econômica de comunidades ribeirinhas amazônicas sobre a pesca (Coomes *et al.* 2010).

A pesca artesanal na Amazônia pode variar de acordo com a escala de produção em que a atividade é executada (Cerdeira *et al.* 2000; Almeida *et al.* 2003). O desenvolvimento da pesca comercial (artesanal de grande escala) na Amazônia ocorreu a partir das décadas de 1960 e 1970, através de incentivos financeiros do governo para a compra de grandes barcos motorizados, instalação de indústrias de processamento de pescado e fábricas de gelo, bem como pelo aumento da demanda por peixe nos grandes centros urbanos (Almeida *et al.* 2003; Isaac *et al.* 2008). A frota comercial explora grandes áreas, opera em lagos e nos canais principais dos rios, emprega grande esforço (número de pescadores, dias de pesca), apresenta alta captura por unidade de esforço (CPUE) e utiliza principalmente redes malhadeiras, geralmente sendo mais seletivos em suas capturas que são desembarcadas em centros urbanos e indústrias de processamento

de pescado (Cerdeira *et al.* 2000; Almeida *et al.* 2001). Na pesca comercial, o tamanho do barco, a potência do motor, o número de pescadores e o consumo de gelo e combustível estão correlacionados entre si e estes são diretamente relacionados a quantidade de peixe capturado por viagem de pesca (Almeida *et al.* 2003; Isaac *et al.* 2008). Contudo, barcos menores possuem maior eficiência econômica da pesca, isto é, proporcionalmente tem um maior rendimento em função do esforço (custo) empregado (Almeida *et al.* 2001; Cardoso & Freitas 2006).

Por outro lado, a pesca artesanal de pequena escala (denominada aqui apenas de pesca artesanal) na Amazônia ocorre através de canoas a remo ou com pequenos motores de popa (regionalmente denominadas de rabetas), tripuladas por um ou dois pescadores, atuando próximos às suas moradias (Bayley & Petrere 1989; Cerdeira *et al.* 2000; Cetra & Petrere 2001). Esses pescadores exploram grande diversidade de espécies de pescado e habitats, utilizando variadas artes de pesca (malhadeira, caniço, linha de mão, arpão, arco e flecha, etc), geralmente apresentam baixa captura por unidade de esforço (CPUE) e suas capturas são destinadas ao consumo e a venda de parte da produção (Cerdeira *et al.* 2000; MacCord *et al.* 2007; Hallwass *et al.* 2011). Além disso, pescadores artesanais freqüentemente exercem outras atividades para complementar sua renda, como por exemplo, a agricultura e pecuária (Bayley & Petrere 1989; McGrath *et al.* 2008; Almeida *et al.* 2009).

Em muitos casos a pesca comercial e artesanal exploram os mesmos habitats e estoques pesqueiros (Cerdeira *et al.* 2000; Almeida *et al.* 2001) e isso levou pescadores ribeirinhos (pequena escala) no Baixo Rio Amazonas (Amazônia brasileira) a implantar as chamadas “reservas de lago”, um manejo informal que gerou conflitos com pescadores comerciais (McGrath *et al.* 1993). Após os conflitos iniciais e atualmente com apoio do órgão ambiental do governo (IBAMA), o manejo de lagos com a participação das populações locais tem sido realizado com sucesso no Baixo Amazonas (Almeida *et al.* 2009). Outras iniciativas de co-manejo (elaboradas por pesquisadores e agências reguladoras juntamente com os pescadores) têm sido desenvolvidas também em outros locais da Amazônia, como na Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá (Castello *et al.* 2009).

Para a elaboração de medidas de manejo ou co-manejo pesqueiro, é necessário ter informações sobre diversos aspectos da pesca que se pretende manejar: produção pesqueira, espécies exploradas, habitats e artes de pesca utilizadas, bem como quais

dessas variáveis mais influenciam na pesca (MacCord *et al.* 2007; Almeida *et al.* 2009; Castello *et al.* 2009; Khumsri *et al.* 2009). Esse é um dos primeiro estudos que avalia os fatores que influenciam nas capturas da pesca artesanal de pequena escala na Amazônia (Almeida *et al.* 2003; Isaac *et al.* 2008). Em recente estudo, Hallwass *et al.* (2011) constataram que a pesca artesanal em comunidades ribeirinhas na Amazônia tem sido subestimada em relação as estatísticas pesqueiras oficiais realizadas em centros urbanos. Portanto, o objetivo desse estudo é analisar o rendimento pesqueiro e a influência de variáveis ambientais, de esforço e aparelhagem de pesca na biomassa de peixes capturada em cinco comunidades de pescadores no Baixo Rio Tocantins. Esses dados poderão auxiliar a desenvolver medidas de manejo da pesca adequadas com a realidade local.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de Estudo

O Rio Tocantins possui águas claras, localiza-se na porção leste da Bacia Amazônica, possui extensão de 2.750 km e drena uma área de 343.000 km². Em 1984, o rio foi barrado para a formação da Hidrelétrica de Tucuruí, que inundou uma área de 2830 km² e afetou diretamente a pesca e os modos de vida dos moradores à jusante da hidrelétrica (Mérona 1990; Ribeiro *et al.* 1995; Fearnside 1999; Goulding *et al.* 2003). A Hidrelétrica de Tucuruí foi a primeira barragem construída em um grande rio da Amazônia (Goulding *et al.* 2003).

Este estudo foi realizado com pescadores artesanais de pequena escala em cinco comunidades ribeirinhas do Baixo Rio Tocantins, no município de Baião-PA. Esses pescadores são em geral caboclos (descendentes de portugueses e índios) e vivem da pesca e agricultura (Ribeiro *et al.* 1995; Begossi *et al.* 1999; McGrath *et al.* 2008; Silvano *et al.* 2008). As comunidades de Açaizal, Calados, Ituquara, Joana Peres e Umarizal foram escolhidas para a amostragem de desembarque pesqueiro por dedicarem-se a pesca, abrangerem uma ampla área com diferentes habitats (lagos, tributários, canal principal do rio e extensa área de várzea), e com possibilidade logística de acesso para o estudo: ver Hallwass *et al.* (2011) para uma explicação mais detalhada dos critérios de escolha dessas comunidades. Os peixes mais capturados na

região de estudo são a pescada (*Plagioscion squamosissimus*), o curimatá (*Prochilodus nigricans*) e o mapará (*Hypophthalmus marginatus*), que juntos representam 52% do total da biomassa (kg) desembarcada (Hallwass *et al.* 2011). A região de estudo se localiza a cerca de 100 km à jusante da hidrelétrica de Tucuruí, entre as coordenadas 03°18'477''S; 49°38'602''O e 02°47'545''S; 49°40'454''O (Fig. 1).

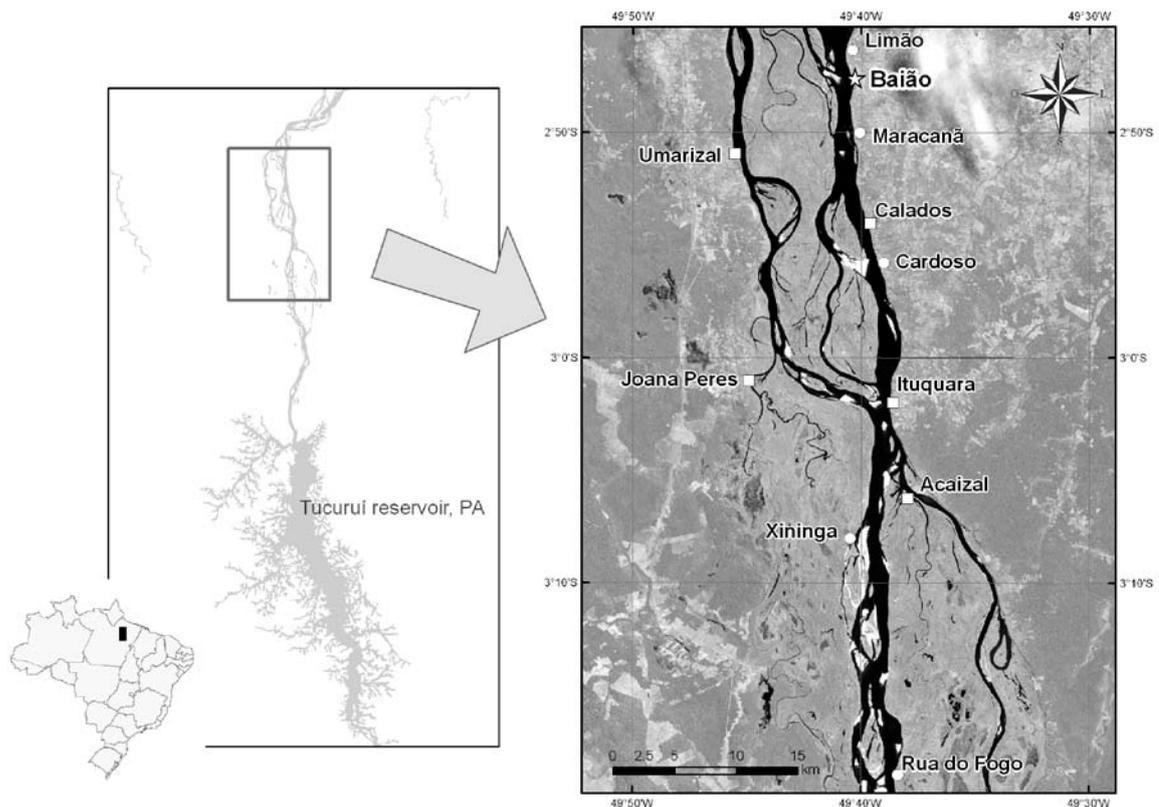


Figura 1. Região do Baixo Rio Tocantins à jusante da hidrelétrica de Tucuruí-PA. As cinco comunidades estudadas (□) foram: Açaizal, Calados, Itaquara, Joana Peres e Umarizal. Figura modificada de Hallwass *et al.* (2011).

2.2. Coleta de Dados

Os desembarques pesqueiros foram registrados em cada comunidade durante o dia (07h30min à 18h00min, aproximadamente) com todos os barcos que desembarcavam durante esse período. As amostragens ocorreram durante as quatro estações do ciclo hidrológico, cerca de dois a cinco dias em cada comunidade e em cada estação. As amostragens dos desembarques pesqueiros foram realizadas durante 11 dias na enchente (Dezembro de 2006), 26 dias na cheia (Março de 2007 e Fevereiro de 2008), 14 dias na vazante (Junho de 2007) e 16 dias durante a seca (Agosto e Setembro

de 2007), totalizando 67 dias de amostragem. Durante os desembarques foram registrados os pesos dos peixes de acordo com seus nomes populares (grupos de espécies biológicas) e conduzida uma breve entrevista com os pescadores, sobre os petrechos (artes de pesca) utilizados, locais (habitats) de pesca, tempo total de pesca, distância do pesqueiro e quantidade de pescadores (indicadores de esforço de pesca) entre outros dados, como realizado em outros estudos (Silvano & Begossi 2001; Begossi *et al.* 2005; MacCord *et al.* 2007; Hallwass *et al.* 2011).

2.3. Análise dos Dados

Rendimento econômico da pesca

Com base na média do preço de venda de cada espécie ou grupo de espécies de peixes no mercado público do município de Baião (município onde se localizam as comunidades estudadas) no ano de 2007, foi possível calcular o valor financeiro (U\$) obtido em cada viagem de pesca, calculado de acordo com o valor de venda de cada peixe capturado. Transformamos os dados em logaritmo natural (ln) para obter homogeneidade da variância dos resíduos nas análises de regressão. Realizamos uma regressão entre o ln do valor (U\$) obtido em cada viagem de pesca e o ln do total de kg de peixe capturados em cada viagem. O objetivo dessa análise foi obter uma equação em que se possa estimar o valor financeiro obtido em cada pescaria, com base na biomassa de peixe capturada. Além disso, através da regressão verificamos se havia a necessidade de inserir o valor financeiro de cada viagem de pesca como uma variável adicional na análise utilizando o Modelo Linear Geral (GLM). Fizemos um histograma da frequência da CPUE ($\text{kg} * \text{pescador}^{-1} * \text{dia}^{-1}$) para verificar qual medida (média ou mediana) de produtividade é mais adequada para a análise do rendimento econômico da pesca no Baixo Rio Tocantins. Calculamos também o custo de combustível nos desembarques pesqueiros realizados com barcos motorizados. A quantidade de combustível gasta na viagem de pesca foi informada pelo pescador e nós utilizamos o preço do combustível no dia para calcular esse custo.

Fatores que influenciam a pesca

Analizamos através de Modelos Lineares Gerais (GLM) a variável resposta (dependente) \ln da biomassa total (kg) de peixe capturado por viagem de pesca, em função das seguintes variáveis explanatórias (independentes): 1) \ln do número de pescadores; 2) \ln da distância percorrida até local de pesca (minutos); 3) \ln do tempo de pesca, descontado a distância, (minutos); 4) comunidade onde foi realizado o desembarque; 5) época do ano (ciclo hidrológico); 6) habitat explorado; 7) petrecho (arte de pesca utilizada); 8) tipo de embarcação utilizada (movida a remo ou motor). As variáveis explanatórias incluíram variáveis contínuas e categóricas (Tab. 1). Através do mesmo teste e com as mesmas variáveis analisamos apenas os desembarques realizados através de canoas a remo. A análise de GLM visa identificar quais os fatores que mais influenciam na captura de pescado. Verificamos a homogeneidade dos resíduos das análises de GLM. Testamos a correlação entre as variáveis explanatórias (todas as correlações $< 0,35$), demonstrando não haver problemas de multicolinearidade entre essas variáveis (Gotelli & Ellison 2004). Testamos os Modelos Lineares Gerais (GLM) retirando a variável que não apresentou significância, entretanto não houve diferença no ajuste e significância do modelo. Portanto apresentamos o modelo com todas as variáveis para melhor compreensão da influencia relativa de cada variável. Realizamos também a análise de GLM utilizando as variáveis de número de pescadores e tempo total da pesca no cálculo da medida de produtividade da CPUE ($\text{kg} * \text{pescador}^{-1} * \text{hora}^{-1}$) que foi inserida como a variável resposta no modelo. O modelo resultante dessa análise foi significativo e o resultado das variáveis explanatórias foram semelhantes aos dos modelos anteriores, portanto não apresentamos essa análise no estudo.

Através da análise de variância testamos os fatores das variáveis categóricas significativas e com as maiores porcentagens de explicação no modelo GLM. Testamos a variância (teste F) e a normalidade dos dados (teste Shapiro-Wilk). Mesmo após a transformação em logaritmo natural (\ln) os dados não atingiram a distribuição normal, portanto utilizamos o teste de Kruskal-Wallis para a análise de variância dos dados não paramétricos com os dados originais (sem transformações). Fizemos também a análise de comparações múltiplas à posteriori baseado nos postos médios das amostras (teste de Dunn). Para cada variável categórica fizemos duas análises, uma com cada variável resposta: a) captura total, kg por viagem de pesca; b) captura por unidade de esforço, CPUE ($\text{kg} * \text{pescador}^{-1} * \text{hora}^{-1}$), sendo que o tempo total (h) consistiu na soma dos

tempos de pesca e de viagem até o local de pesca. Utilizamos esses dois tipos de variáveis respostas para as análises de variância, pois cada variável fornece informações diferentes, que são complementares para fins ecológicos e de manejo da pesca. A variável de kg por viagem de pesca, por exemplo, representa a produção total adquirida em uma viagem de pesca e pode indicar onde (habitat e comunidade) e de que maneira (petrecho) os pescadores estão capturando mais peixes, enquanto a variável da CPUE considera o esforço de pesca e representa a produtividade do pescador por hora.

Através da análise de Qui-Quadrado, testamos a frequência de utilização de artes de pesca apenas para os desembarques realizados com canoas a remo, durante as diferentes épocas (ciclo hidrológico) do ano. Calculamos a proporção média de utilização de artes de pesca em todas as fases do ciclo hidrológico (enchente, cheia, vazante e seca) e utilizamos frequências esperadas desiguais, devido ao diferente número de amostras em cada época do ano. Todas as análises foram realizadas no *software* livre R (R *version* 2.9.0., 2009).

3. Resultados

Registramos e analisamos 572 desembarques (viagens de pesca): a maioria foi realizada através de canoas a remo (80%), ocorreram em menos de um dia (97%) e sem a utilização de gelo para estocagem do peixe (90%). O tempo total médio de pesca foi de 7h36min (+/- 8h57min), enquanto o tempo médio de deslocamento até o local de pesca foi de 1h24min (+/- 1h27min). O número médio de pescadores por viagem de pesca foi de 2 (\pm 1).

3.1. Rendimento econômico da pesca

O valor (U\$) obtido em cada viagem de pesca é diretamente proporcional a quantidade de peixe capturado, $r^2 = 0,97$; $F = 18940$; $p < 0,0001$ (Fig. 2). O valor financeiro de cada viagem de pesca pode ser estimado através da equação $y = 0,043 + 1,012x$, sendo y o valor em U\$ e x a quantidade de kg de peixe. Portanto, foi utilizada nas análises de GLM apenas a variável de kg por viagem de pesca, que serve como indicador do rendimento financeiro.

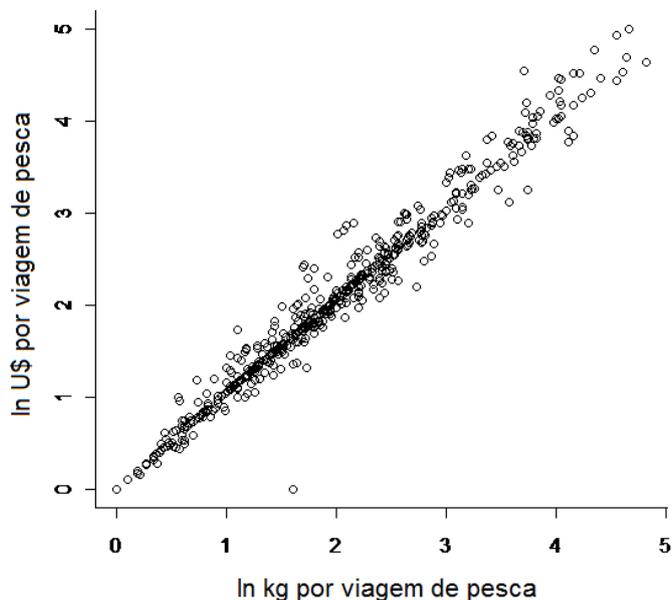


Figura 2. Regressão entre o ln do valor financeiro (U\$) obtido em cada viagem de pesca em função do ln de kg de peixe capturado em cada viagem de pesca (n= 572 desembarques pesqueiros) em cinco comunidades ribeirinhas do Baixo Rio Tocantins.

Ao analisar o histograma da produtividade (Fig. 3), verificamos que o valor da mediana da CPUE representa melhor a realidade da pesca do Baixo Rio Tocantins. O valor de mediana da CPUE calculado foi de $3,72 \text{ kg} * \text{pescador}^{-1} * \text{dia}^{-1}$ (quartis 25% e 75%: 1,75 e 7,5), enquanto a média foi de $5,97 \text{ kg} * \text{pescador}^{-1} * \text{dia}^{-1}$ ($\pm 7,24 \text{ kg} * \text{pescador}^{-1} * \text{dia}^{-1}$). Se inserirmos o valor da mediana da CPUE na equação obtida na regressão acima, teremos um rendimento de U\$ 3,8 (quartis 25% e 75%: 1,8 e 7,6) por dia de pesca para cada pescador. Multiplicando o valor diário por 24 (seis dias por semana em quatro semanas), obtemos um valor de U\$ 91,5 (quartis 25% e 75%: 43,5 e 183,2) por mês. Este valor foi calculado sem descontar o peixe que foi destinado ao consumo do pescador e sua família, e é menor que o valor do salário mínimo estipulado pelo Governo Federal do Brasil (U\$ 192).

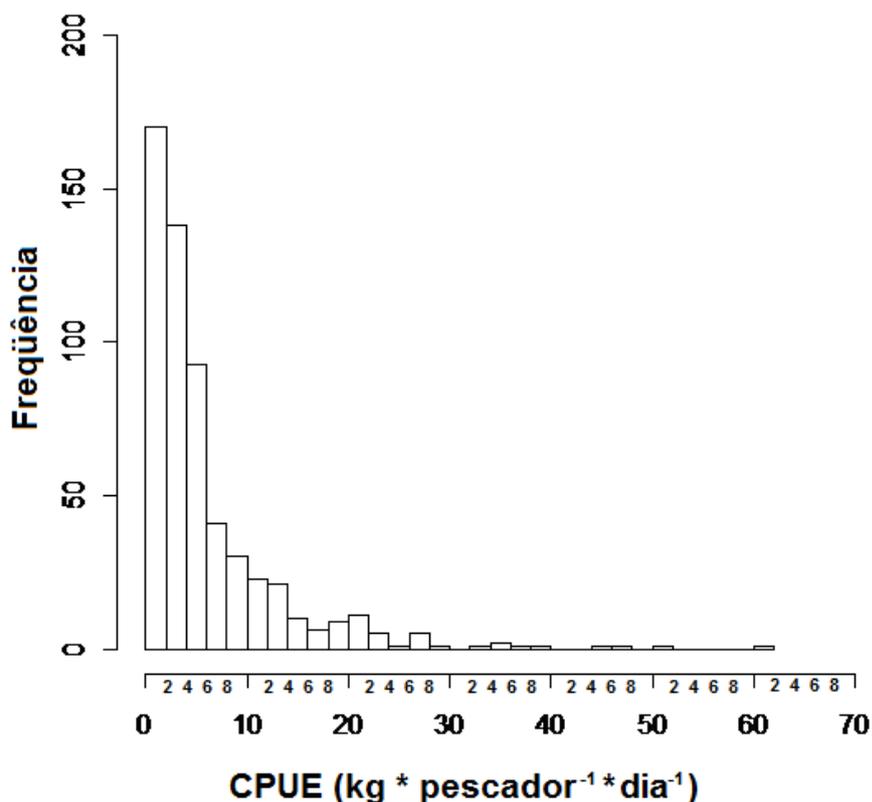


Figura 3. Frequência da CPUE (kg * pescador⁻¹ * dia⁻¹) calculada com base em 572 desembarques pesqueiros amostrados em cinco comunidades ribeirinhas do Baixo Rio Tocantins.

3.2. Fatores que influenciam a pesca

O modelo GLM obtido foi significativo e explicou 43% da variação da variável dependente ln de kg por viagem de pesca ($r^2 = 0,43$; $F_{17,555} = 26,2$; $p < 0,001$). Todas as variáveis independentes estiveram significativamente relacionadas à variável dependente (ln de kg por viagem de pesca) (Tab. 1). A variável independente que mais esteve relacionada à variável dependente foi o tempo de pesca (42,4%), seguida da distância até local de pesca (11,9%) e do número de pescadores (10,2%), sendo essas variáveis relacionadas ao esforço de pesca (Tab. 1).

Tabela 1. Modelo Linear Geral (GLM) obtido para a variável dependente ln de kg por viagem de pesca (n = 572) no Baixo Rio Tocantins.

Variáveis	Fator	Grau liberdade	Soma Quadrados	% explicação variação	Média Soma Quadrados	F	P
ln número de pescadores	contínuo	1	14,3	10,2	14,3	23,4	< 0,0001
Comunidade ^a	categórico	4	8,4	6	2,1	3,4	0,008
Época ^b	categórico	3	10,7	7,7	3,6	5,9	0,0006
ln distância (min)	contínuo	1	16,6	11,9	16,6	27,3	< 0,0001
ln tempo pesca (min)	contínuo	1	59,4	42,4	59,4	97,6	< 0,0001
Habitat ^c	categórico	4	13,6	9,7	3,4	5,6	0,0002
Petrecho ^d	categórico	2	6	4,3	3	4,9	0,007
Embarcação ^e	categórico	1	11,2	8	11,2	18,4	< 0,0001
Resíduos		555	337,9		0,6		

^a Fatores: Açaizal, Calados, Ituquara, Joana Peres e Umarizal; ^b Fatores: Enchente, Cheia, Vazante e Seca;

^c Fatores: Lago, Ressaca, Rio Tocantins, Tributários e Várzea; ^d Fatores: Anzol, Arpão e Rede

Malhadeira; ^e Fatores: canoa a remo e barco a motor.

Dentre as variáveis categóricas inseridas no modelo, a que mais explicou a variação na biomassa de peixes capturada foi o habitat explorado (9,7%; Tab. 1). Os fatores utilizados na variável habitat foram: Lago (lagoas marginais conectadas ao rio sazonalmente durante a época cheia, n= 37); Ressaca (lagos conectados ao rio permanentemente através de canais, n= 113); Rio Tocantins (calha principal do rio, n= 216); Tributários (rios menores e canais, n= 173); Várzea (áreas inundadas sazonalmente durante a época cheia, n= 33). Os habitats explorados apresentaram diferença significativa na quantidade de kg de peixe capturado por viagem de pesca (H= 57,6; p< 0,0001) (Fig. 4a), porém não diferiram quanto à CPUE (H= 9,3; p= 0,05) (Fig. 4b). Os lagos foram o habitat com maior produção em kg, teste de Dunn (a > b; p< 0,05) (Fig. 4a).

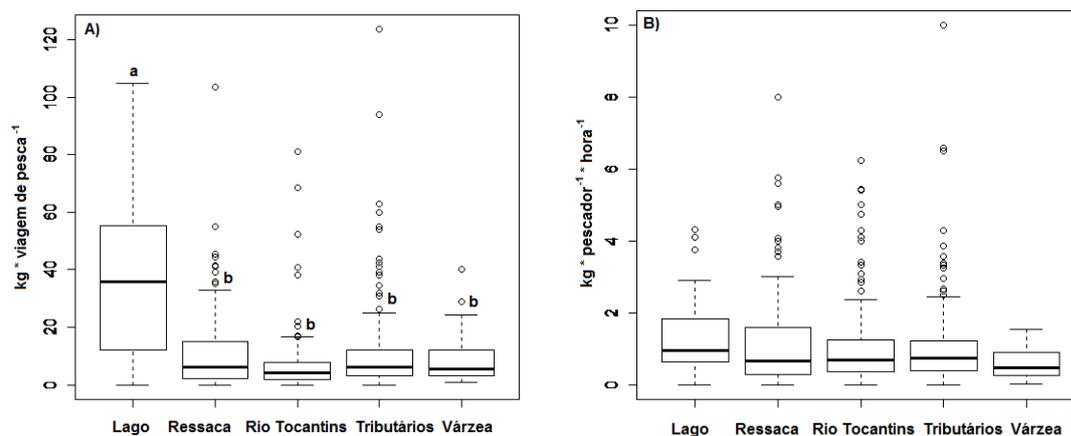


Figura 4. Comparação entre os habitats explorados na pesca no Baixo Rio Tocantins (n = 572), considerando: a) kg por viagem de pesca; b) CPUE (kg * pescador⁻¹ * hora⁻¹). Mediana (linha dentro da caixa), valor mínimo e máximo (linhas verticais) e a caixa representa os quartis (25% e 75%). Os círculos são valores considerados observações extremas (*outliers*).

A segunda variável categórica que mais explicou o modelo foi o tipo de embarcação utilizada (8%). A quantidade de kg de peixe capturado por viagem de pesca foi maior para barcos a motor do que para canoas a remo (H= 65,3; p< 0,0001) (Fig. 5a), mas a CPUE não diferiu entre os dois tipos de embarcação (H= 2,5; p= 0,11) (Fig. 5b).

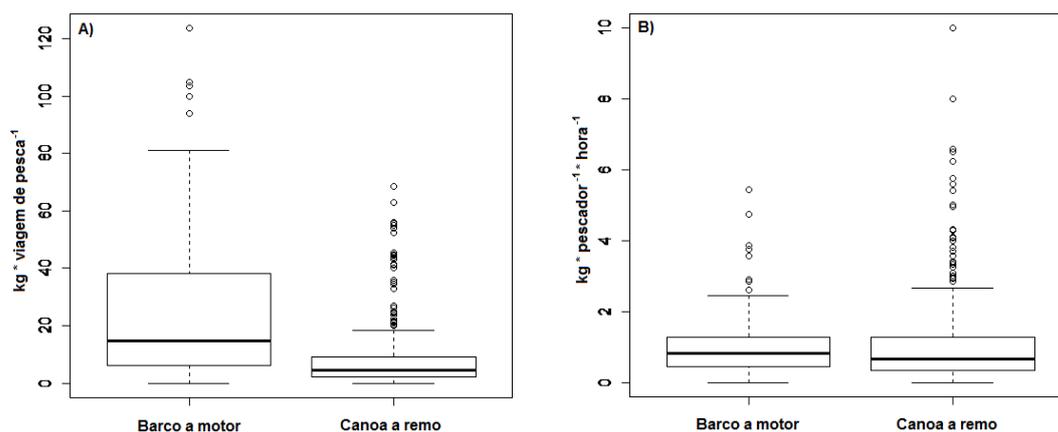


Figura 5. Comparação entre os tipos de embarcação (barco a motor e canoa a remo) utilizados na pesca no Baixo Rio Tocantins (n = 572), considerando: a) kg por viagem de pesca; b) CPUE (kg * pescador⁻¹ * hora⁻¹). Mediana (linha dentro da caixa), valor mínimo e máximo (linhas verticais) e a caixa representa os quartis (25% e 75%). Os círculos são valores considerados observações extremas (*outliers*).

Devido a maioria dos desembarques pesqueiros ocorrerem com canoas a remo na região do Baixo Rio Tocantins amostrada, realizamos uma análise de GLM apenas com esses desembarques. O modelo obtido foi significativo e explicou 27% da variação da variável dependente ln de kg por viagem de pesca ($r^2 = 0,27$; $F_{16,446} = 11,9$; $p < 0,001$). A variável que melhor explicou o modelo novamente foi o tempo de pesca (40,8%), seguida também da distância até local de pesca (16,5%) e agora com a variável época do ano como a terceira variável que mais explica o modelo (14,4%), seguida do número de pescadores (10,2%) (Tab. 2).

Tabela 2. Modelo Linear Geral (GLM) obtido para a variável dependente ln de kg por viagem de pesca apenas com os desembarques realizados com canoas a remo (n = 462) no Baixo Rio Tocantins.

Variáveis	Fator	Grau liberdade	Soma Quadrados	% explicação variação	Média Soma Quadrados	F	P
ln número de pescadores	contínuo	1	7,8	10,2	7,8	13,4	0,0003
Comunidade ^a	categórico	4	6,4	8,3	1,6	2,7	0,03
Época ^b	categórico	3	11,1	14,4	3,7	6,3	0,0003
ln distância (min)	contínuo	1	12,7	16,5	12,7	21,7	< 0,0001
ln tempo pesca (min)	contínuo	1	31,4	40,8	31,4	53,7	< 0,0001
Habitat ^c	categórico	4	2,9	3,8	0,7	1,2	0,3
Petrecho ^d	categórico	2	4,5	5,9	2,3	3,8	0,02
Resíduos		446	260,6		0,6		

^a Fatores: Açaizal, Calados, Itaquara, Joana Peres e Umarizal; ^b Fatores: Enchente, Cheia, Vazante e Seca; ^c Fatores: Lago, Ressaca, Rio Tocantins, Tributários e Várzea; ^d Fatores: Anzol, Arpão e Rede Malhadeira.

Utilizamos cada época do ciclo hidrológico como um fator na variável: Enchente (n= 44); Cheia (n= 226); Vazante (n= 103) e Seca (n= 89). Houve diferença na quantidade de kg de peixe capturado por viagem de pesca ($H = 9,8$; $p = 0,02$) e CPUE nos desembarques entre as épocas ($H = 23,8$; $p < 0,0001$) (Fig. 6). A época cheia apresentou maior quantidade de kg de peixe capturados por viagem de pesca que a época seca, teste de Dunn ($a > b$; $p < 0,05$) (Fig. 6a), enquanto a época seca apresentou a menor CPUE entre as épocas, teste de Dunn ($a > b$; $p < 0,05$) (Fig. 6b).

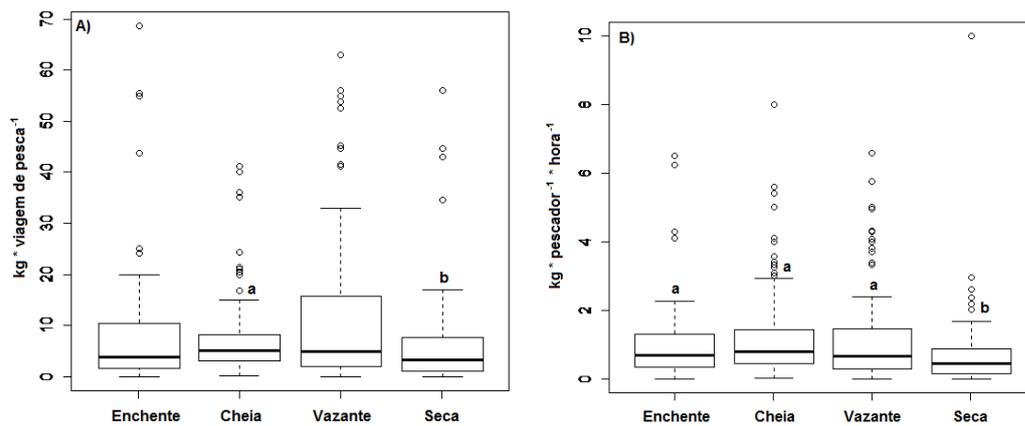


Figura 6. Comparação entre as épocas do ano (enchente, cheia, vazante e seca) amostradas no Baixo Rio Tocantins (desembarques de canoa a remo, n = 462) com relação a: a) kg por viagem de pesca; b) CPUE ($\text{kg} \cdot \text{pescador}^{-1} \cdot \text{hora}^{-1}$). Mediana (linha dentro da caixa), valor mínimo e máximo (linhas verticais) e a caixa representa os quartis (25% e 75%). Os círculos são valores considerados observações extremas (*outliers*).

Verificamos que houve diferença na utilização das artes de pesca entre as épocas nos desembarques realizados com canoas a remo ($\chi^2 = 283,4$; $gl = 2$; $p < 0,0001$). A rede malhadeira foi a arte de pesca mais utilizada ($n = 261$) e não diferiu quanto sua utilização entre as épocas ($\chi^2 = 3,8$; $gl = 3$; $p = 0,28$), assim como o arpão ($n = 23$) ($\chi^2 = 7,6$; $gl = 3$; $p = 0,05$). O anzol ($n = 178$) diferiu quanto sua frequência sazonal de utilização ($\chi^2 = 9,1$; $gl = 3$; $p = 0,02$), sendo mais utilizado durante a enchente ($n = 23$) e a cheia ($n = 93$). Verificamos também que a arte de pesca anzol apresentou diferença na produtividade (CPUE) entre as épocas amostradas ($H = 21,1$; $p = 0,0001$), sendo mais produtivo na época cheia, teste de Dunn ($a > b$; $p < 0,05$) (Fig. 7).

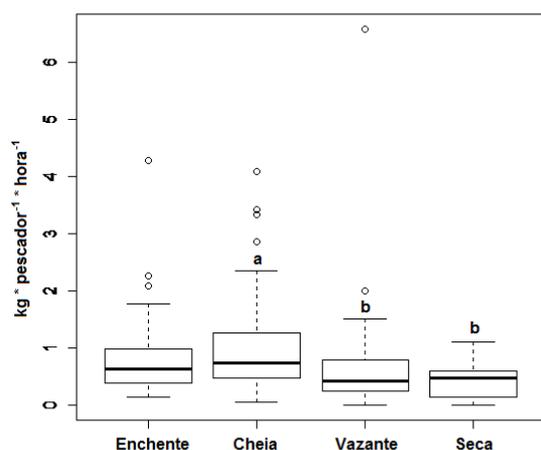


Figura 7. Comparação da produtividade (CPUE, $\text{kg} \cdot \text{pescador}^{-1} \cdot \text{hora}^{-1}$) do petrecho anzol nas quatro épocas (ciclo hidrológico) do ano no Baixo Rio Tocantins para os desembarques com canoa a remo ($n=462$). Teste de Dunn ($a > b$; $p < 0,05$). Mediana (linha dentro da caixa), valor mínimo e máximo (linhas verticais) e a caixa representa os quartis (25% e 75%). Os círculos são valores considerados observações extremas (*outliers*).

4. Discussão

As variáveis que mais influenciaram a captura de peixes na pesca artesanal de pequena escala do Baixo Rio Tocantins são aquelas relacionadas ao esforço e comportamento do pescador (tempo de pesca, distância do local de pesca e número de pescadores no barco). Na pesca comercial amazônica, em geral as variáveis que mais influenciam na captura de peixes são relacionadas à aparelhagem utilizada na pesca (tamanho e capacidade do barco, potência do motor e quantidade de gelo) (Almeida *et al.* 2003; Maynou *et al.* 2003; Isaac *et al.* 2008). Dessa forma, o rendimento da pesca artesanal estudada depende principalmente do comportamento e tomada de decisão dos próprios pescadores. Esse resultado salienta a importância da participação dos usuários dos recursos (pescadores) na elaboração de planos de manejo mais adequados à realidade local de exploração de recursos. Considerar o comportamento do pescador em planos de manejo auxilia a diminuir as incertezas quanto aos resultados do manejo (Fulton *et al.* 2010). Os motivos para se gastar mais tempo pescando ou remar por mais tempo para chegar a um melhor local de pesca refletem não só o conhecimento

ecológico local dos pescadores sobre o ambiente, mas também sua necessidade de renda e alimento.

Os pescadores artesanais de pequena escala, mesmo em geral exercendo outras atividades (Bayley & Petrere 1989; Almeida *et al.* 2009), vendem regularmente parte da sua produção (Cerdeira *et al.* 2000). O tempo médio diário (7h36min) empregado na pesca no Baixo Rio Tocantins foi semelhante ao encontrado tanto para pescadores de subsistência como comerciais (entre 7h e 8h) no Baixo Amazonas (Cerdeira *et al.* 2000). O rendimento financeiro da pesca no Baixo Rio Tocantins foi menor que o rendimento obtido na Ásia e no Rio Madeira (Amazônia), e maior que em outras regiões da Amazônia e África (Tab. 3). Isso indica que a pesca no Baixo Rio Tocantins é uma importante fonte de renda para os pescadores e encontra-se em uma posição intermediária de rendimento em comparação a outras regiões tropicais. São apresentados para este estudo dois tipos de cálculos do rendimento financeiro da pesca: média e mediana. Verificamos que as capturas da pesca no Baixo Rio Tocantins não apresentam um padrão de distribuição normal, portanto a análise de rendimento através do cálculo da mediana é mais compatível com a realidade da pesca na região, do que o cálculo feito com a média. São apresentados os dois tipos de cálculo na Tab. 3 para fins de comparação, pois outros estudos muitas vezes utilizam apenas cálculos de média em suas análises.

Análises econômicas da pesca demonstram o capital natural (Costanza *et al.* 1997) gerado por ecossistemas aquáticos (Almeida *et al.* 2001; Cardoso & Freitas 2006; Béné *et al.* 2009; Navy & Bhattarai 2009). Ambientes aquáticos podem ser considerados “bancos naturais”, cujo capital (peixe) é capaz de prover alimento e renda para populações ribeirinhas e, conseqüentemente, tem um papel importante no alívio da pobreza e na segurança alimentar em muitos países (Béné *et al.* 2009). Portanto, a dinâmica de fatores econômicos e sociais está entre os principais atributos que devem ser considerados para a elaboração de planos de manejo pesqueiro (Cerdeira *et al.* 2000; Hilborn 2007; McClanahan *et al.* 2009).

Tabela 3. Rendimento financeiro da pesca (U\$ * pescador⁻¹ * dia⁻¹ e U\$ * pescador⁻¹ * mês⁻¹) em diversas pescarias tropicais artesanais de pequena escala em águas interiores, incluindo o presente estudo no Baixo Rio Tocantins.

Fonte	Região	Rio	U\$ * pescador ⁻¹ * dia ⁻¹	U\$ * pescador ⁻¹ * mês ⁻¹
Este estudo (mediana) ^a	Amazônia brasileira	Baixo Tocantins	3,8	91,5
Este estudo (média) ^a	Amazônia brasileira	Baixo Tocantins	6,1	146
Cardoso & Freitas (2006) ^b	Amazônia brasileira	Madeira	7,9 ^f	190,3
Ali & Lee (1995)	Malásia, Ásia	Perak	7	168 ^g
Navy & Bhattarai (2009) ^c	Camboja, Ásia	Lago Great e Bacia do Mekong	4,7	112,8 ^g
Cetra & Petrere (2001)	Amazônia brasileira	Médio Tocantins	2	61
Almeida <i>et al.</i> (2001) ^d	Amazônia brasileira	Baixo Amazonas	2,3 ^f	56
Béné <i>et al.</i> (2009) ^e	Congo, África	Salonga e Luilaka	1,19	28,5 ^g

^a Calculado o rendimento médio e mediano da pesca, não foi descontado a parte retirada para consumo nem o custo da pesca, pois a maioria (80%) das viagens de pesca foram realizadas com canoas a remo; ^b Rendimento de pescadores que operam com canoa a motor; ^c Valor calculado para a renda familiar, em que o patriarca da família pode ser auxiliado por esposa ou filhos; ^d Dados de desembarque pesqueiro de barcos com capacidade >1t; ^e Média geral das diferentes categorias analisadas no estudo, no cálculo inclui rendimento do peixe que foi consumido, vendido e trocado por outros produtos; ^f Calculado neste estudo a partir dos dados de Cardoso & Freitas (2006) e Almeida *et al.* (2001), dividindo o valor mensal por 24 (seis dias por semana em quatro semanas); ^g Calculado neste estudo a partir dos dados de Ali & Lee (1995), Navy & Bhattarai (2009) e Béné *et al.* (2009), multiplicando o valor diário por 24 (seis dias por semana em quatro semanas).

De forma geral, nossos resultados sugerem que a limitação do esforço de pesca através do estabelecimento de quotas de captura poderia ser uma medida de manejo efetiva e adequada com a realidade local da pesca, no sentido de evitar uma sobre-exploração dos estoques pesqueiros. Contudo, é importante considerar a consequência financeira resultante do estabelecimento de quotas, pois a questão econômica é um dos principais fatores que influenciam no comportamento de pescadores (Sarda & Maynou 1998; Hilborn 2007; Brewer *et al.* 2009). Portanto, medidas de manejo da pesca devem procurar contemplar ao menos duas medidas de sustentabilidade: a ecológica e a econômica. A sustentabilidade ecológica tem como objetivo a conservação e manutenção dos recursos, enquanto a sustentabilidade econômica busca a manutenção

financeira, economicamente viável, da exploração dos recursos ao longo do tempo (Glaser & Diele 2004). A inclusão de quotas de pesca no Baixo Rio Tocantins pode induzir a uma redução do esforço de pesca (tempo e desgaste físico) e conseqüente diminuição do rendimento financeiro do pescador. Por isso, o desenvolvimento de métodos alternativos de renda como o processamento do pescado ou a diversificação de atividades, poderia preencher o tempo livre disponibilizado pela redução do esforço de pesca, bem como manter o rendimento familiar do pescador e promover a sustentabilidade econômica da atividade pesqueira (McGrath *et al.* 2008). Da mesma maneira, o aumento da produtividade pesqueira em função do manejo pode levar pescadores a reduzir seu esforço de pesca (Almeida *et al.* 2009). Na Amazônia, o manejo do pirarucu (*Arapaima gigas*) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá, tem sido sustentável ecologicamente (aumento na abundância de pirarucus) e também economicamente (aumento no rendimento dos pescadores) (Castello *et al.* 2009).

O habitat foi a variável ambiental, não relacionada ao esforço ou comportamento do pescador que mais influenciou nas capturas de peixe (Tab. 1). Os lagos de várzea foram os ambientes mais produtivos (Fig. 4), sendo que algumas vezes esses lagos são considerados propriedades privadas ou mesmo possuem acesso restrito. A maior produtividade dos lagos e a maior facilidade de se restringir e fiscalizar o acesso indica que esse habitat possui um alto potencial para o manejo pesqueiro. Os lagos de várzea apresentaram maior produção total (kg por viagem de pesca), porém o custo da pesca nos lagos (distância e acesso) reduziu a diferença proporcional da produtividade (CPUE) dos lagos em relação aos outros habitats explorados (Fig. 4a, b) e talvez por isso esses ambientes não são muito explorados (n=37 ou 6,5% do total de desembarques) pelos pescadores do Baixo Rio Tocantins. Dessa forma, os lagos poderiam ser inclusos em planos de manejo pesqueiro espacial (restrição de áreas) sem grandes prejuízos para a sustentabilidade econômica da pesca como um todo. Assim como são estabelecidas as Áreas de Proteção Marinha (APM) com o objetivo da conservação da biodiversidade, proteção dos estoques pesqueiros e dispersão de adultos e larvas de peixes para as áreas do entorno das reservas (Gell & Roberts 2003; Sale *et al.* 2005), o manejo de lagos de várzea na Amazônia também poderia cumprir com esses objetivos. Lagos de várzea na Amazônia podem proteger e potencialmente repor os estoques pesqueiros para as áreas adjacentes (incluindo outros lagos) durante a época cheia, quando há a elevação do nível do rio e o canal principal se conecta aos lagos

(Fernandes 1997; Silvano *et al.* 2009a). Iniciativas de co-manejo de lagos já são realidades na Amazônia e geralmente apresentam um aumento da produtividade pesqueira nos lagos manejados (McGrath *et al.* 1993; Almeida *et al.* 2009; Castello *et al.* 2009; Silvano *et al.* 2009a). Além disso, a manutenção e integridade dos ecossistemas de várzea no Baixo Rio Tocantins pode amenizar possíveis impactos causados pelo barramento do rio (Hidrelétrica de Tucuruí) sobre a pesca da região (Agostinho *et al.* 2004; Silvano *et al.* 2009b).

O tipo de embarcação utilizado (barco a motor ou canoa a remo) explicou apenas 8% da variação das capturas. Como o esperado, desembarques realizados com barcos motorizados apresentaram maior quantidade de peixe capturado por viagem de pesca (Almeida *et al.* 2003; Isaac *et al.* 2008), contudo não houve diferença na produtividade (CPUE) dos diferentes tipos de embarcações (Fig. 5a,b). Esse fato demonstra também que o esforço e comportamento do pescador são capazes de suprimir diferenças de tecnologia (barcos motorizados) na pesca artesanal de pequena escala do Baixo Rio Tocantins. Isso pode ser devido ao fato de que pescadores de barcos a motor precisam aumentar seu esforço (horas pescando ou número de pescadores) para capturar mais peixe, devido ao custo mais elevado da pesca com o gasto de combustível (Cardoso & Freitas 2006). Barcos motorizados apresentaram um custo mediano de combustível de US\$ 3,2 (quartis 25% e 75%: 2,4 e 5) por viagem de pesca no Baixo Rio Tocantins.

O ciclo hidrológico teve maior influência nos desembarques pesqueiros realizados com canoa a remo do que quando analisamos todos os desembarques amostrados (canoa a remo e barco a motor). Observamos menor quantidade de peixes capturados por viagem de pesca na época seca em relação à época cheia (Fig. 6a) e também menor CPUE na época seca em relação às demais épocas do ano (Fig. 6b). Em estudos da pesca na Amazônia, em geral é na época seca que pescadores capturam maior quantidade de peixes e apresentam maior CPUE, devido ao menor volume de água nos rios e lagos e conseqüente maior concentração dos peixes (Fernandes 1997; Begossi *et al.* 1999; Cerdeira *et al.* 2000; Cetra & Petrere 2001; MacCord *et al.* 2007). O motivo desse padrão sazonal pouco usual observado no Baixo Rio Tocantins pode ser devido à variação da utilização de artes de pesca por parte dos pescadores. A rede malhadeira foi a arte de pesca mais utilizada no geral, porém não apresentou diferenças sazonais. As artes de pesca que utilizam anzóis foram mais utilizadas nas épocas de enchente e cheia, quando apresentaram maior produtividade (Fig. 7). Durante a época cheia, a pescada (*Plagioscion squamosissimus*) representa 50% do total desembarcado

em biomassa, e é capturada principalmente na calha do Rio Tocantins com a utilização de artes de pesca que utilizam anzóis (caniço e linha de mão) (Hallwass 2009). A variação das técnicas e conseqüente otimização das capturas de acordo com o ciclo hidrológico resulta também na diversificação das espécies de peixes capturadas no Baixo Rio Tocantins (Hallwass *et al.* 2011) e em outros rios tropicais (Silvano & Begossi 2001; Cerdeira *et al.* 2000; MacCord *et al.* 2007), diluindo a pressão pesqueira entre diferentes espécies ao longo do ano. Outro fator que pode estar influenciando na menor produtividade pesqueira da época seca é que nessa época muitos pescadores se dedicam a colheita da pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) na região (G. Hallwass, observação pessoal, 2007). Essa característica da pesca artesanal de pequena escala deve ser mantida, pois mesmo que involuntariamente é uma maneira de manejo do ecossistema, alternando ambientes, artes de pesca e espécies exploradas ao longo do ano (Garcia & Cochrane 2005), o que pode contribuir para a sustentabilidade ecológica (manutenção dos estoques pesqueiros) e econômica (rendimento financeiro) da pesca no Baixo Rio Tocantins. Portanto, as mudanças nas estratégias de pesca (artes de pesca, habitats e espécies exploradas) de acordo com o ciclo hidrológico sugerem que restrições sazonais de habitat e artes de pesca poderiam ser uma alternativa ao estabelecimento de quotas e restrição de esforço, como estratégia de manejo. Os pescadores do Baixo Rio Tocantins parecem mudar as espécies exploradas e aumentar o uso de métodos ativos e mais seletivos de pesca (anzol) durante as épocas de enchente e cheia, quando muitas espécies de peixes estão desovando (Fernandes 1997), contribuindo assim com a conservação dos recursos e manutenção da atividade pesqueira economicamente viável.

5. Conclusões

As capturas da pesca artesanal de pequena escala no Baixo Rio Tocantins estão muito relacionadas ao esforço e comportamento dos pescadores. Portanto, a restrição do esforço através do estabelecimento de quotas de pesca pode ser uma alternativa de manejo para a região. Contudo é importante salientar que a sustentabilidade de planos de manejo depende não apenas de fatores ecológicos, mas também sociais e econômicos, além da participação de populações locais (Cerdeira *et al.* 2000; Hilborn 2007; Almeida *et al.* 2009; Castello *et al.* 2009; McClanahan *et al.* 2009). Análises

econômicas também devem ser levadas em consideração, pois o rendimento financeiro da pesca artesanal tropical tem um importante papel na economia local (Cardoso & Freitas 2006; Béné *et al.* 2009; Navy & Bhattarai 2009). A otimização das capturas através de decisões dos pescadores quanto à alternância do uso das artes de pesca, pode promover um alívio da pressão pesqueira, mantendo a sustentabilidade da pesca através de um aparente manejo não intencional do ecossistema (Garcia & Cochrane 2005). Os lagos de várzea são bastante produtivos e parecem ser um bom caminho para o sucesso do manejo pesqueiro no Baixo Rio Tocantins, como observado em outras regiões na Amazônia (McGrath *et al.* 1993; Almeida *et al.* 2009; Castello *et al.* 2009; Silvano *et al.* 2009a).

6. Referências

- Agostinho A.A., Gomes L.C., Fernandez D.R. & Suzuki H.I. (2004) Flood regime, dam regulation and fish in Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **14**, 11-19.
- Ali A.B. & Lee K.Y. (1995) Chenderoh Reservoir, Malaysia: a characterization of a small-scale, multigear and multispecies artisanal fishery in the tropics. *Fisheries Research* **23**, 267–281.
- Almeida O.T., McGrath D.G. & Ruffino M.L. (2001) The commercial fisheries of the lower Amazon: an economic analysis. *Fisheries Management and Ecology* **8**, 253-269.
- Almeida O.T., Lorenzen K. & McGrath D.G. (2003) Commercial fishing in the Brazilian Amazon: regional differentiation in fleet characteristics and efficiency. *Fisheries Management and Ecology* **10**, 109-115.
- Almeida O.T., Lorenzen K. & McGrath D.G. (2009) Fishing agreements in the lower Amazon: for gain and restraint. *Fisheries Management and Ecology* **16**, 61-67.
- Bayley P.B. & Petrere M. (1989) Amazon fisheries: assessment methods, current status and management options. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* **106**, 385-398.
- Begossi A., Silvano R.A.M., Amaral B.D. & Oyakawa O.T. (1999) Use of local resources by fishers and hunters in an extractive reserve (Upper Juruá, Acre, Brazil). *Environment Development and Sustainability* **1**, 73-93.
- Begossi A., Silvano R.A.M. & Ramos R.M. (2005) Foraging behavior among fishers from the Negro and Piracicaba Rivers, Brazil: implications for management. In: C.A. Brebbia & J.S. Antunes do Carmo (eds) *River Management III*. WIT Press, Southampton, UK: WIT Transactions of Ecology and Environment, pp. 503-513.
- Béné C., Steel E., Luadia B.K. & Gordon A. (2009) Fish as the “bank in the water”– Evidence from chronic-poor communities in Congo. *Food Policy* **34**, 108-118.
- Brewer T.D., Cinner J.E., Green A. & Pandolfi J.M. (2009) Threshold and multiple scale interaction of environmental, resource use, and market proximity on reef fishery resources in the Solomon Islands. *Biological Conservation* **142**, 1797-1807.
- Cardoso R.S. & Freitas C.E.C. (2006) A composição dos custos de armação e a renda das expedições de pesca da frota pesqueira artesanal da região do Médio rio Madeira, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* **36**, 519 – 524.

- Castello L., Viana J.P., Watkins G., Pinedo-Vasquez M. & Luzadis V.A. (2009) Lessons from Integrating Fishers of Arapaima in Small-Scale Fisheries Management at the Mamirauá Reserve, Amazon. *Environmental Management* **43**, 197–209.
- Castilla J.C. & Defeo O. (2005) Paradigm Shifts Needed for World Fisheries. *Science* **309**, 1324-1325.
- Castro F. de & Begossi A. (1996) Fishing at Rio Grande (Brazil): ecological niche and competition. *Human Ecology* **24**, 401-411.
- Cerdeira R.G.P., Ruffino M.L. & Isaac V.J. (2000) Fish catches among riverside communities around Lago Grande de Monte Alegre, lower Amazon, Brazil. *Fisheries Management and Ecology* **7**, 355-374.
- Cetra M. & Petreire M. (2001) Small-scale fisheries in the middle River Tocantins, Imperatriz (MA), Brazil. *Fisheries Management and Ecology* **8**, 153-162.
- Costanza R., d'Arge R., Groot R. de, Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neil R., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. & Belt M. van den (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **387**, 253-260.
- Coomes O.T., Takasaki Y., Abizaid C. & Barham B.L. (2010) Floodplain fisheries as natural insurance for the rural poor in tropical forest environmental: evidence from Amazonia. *Fisheries Management and Ecology* **17**, 513-521.
- Fearnside P.M. (1999) Social Impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management* **24**, 483-495.
- Fernandes C.C. (1997) Lateral migration of fishes in Amazon floodplains. *Ecology of Freshwater* **6**, 36-44.
- Fulton E.A., Smith A.D.M., Smith D.C. & Putten I.E. (2011) Human behaviour: the key source of uncertainty in fisheries management. *Fish and Fisheries* **12**, 2-17.
- Garcia S.M. & Cochrane K.L. (2005) Ecosystem approach to fisheries: a review of implementation guidelines. *Journal of Marine Science* **62**, 311-318.
- Gell F.R. & Roberts C.M. (2003) Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. *Trends in Ecology and Evolution* **18**, 448–454.
- Glaser M. & Diele K. (2004) Asymmetric outcomes: assessing central aspects of the biological, economic and social sustainability of a mangrove crab fishery, *Ucides cordatus* (Ocypodidae), in North Brazil. *Ecological Economics* **49**, 361– 373.

- Goulding M., Barthem R. & Ferreira E. (2003) *The Smithsonian Atlas of the Amazon*. Smithsonian Books, Washington, 246 pp.
- Gutiérrez N.L., Hilborn R. & Defeo O. (2011) Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature* **470**, 386-389.
- Hallwass G., Lopes P.F., Juras A.A. & Silvano R.A.M. (2011) Fishing effort and catch composition of urban market and rural villages in Brazilian Amazon. *Environmental Management* **47**, 188-200.
- Hallwass G. (2009) Comparação da dinâmica da pesca em comunidades ribeirinhas e no município de Baião, Baixo Rio Tocantins, Amazônia Brasileira. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 38pp.
- Hilborn R. (2007) Defining success in fisheries and conflicts in objectives. *Marine Policy* **31**, 153–158.
- Isaac V.J., Silva C.O. & Ruffino M.L. (2008) The artisanal fishery fleet of the lower Amazon. *Fisheries Management and Ecology* **15**, 179-187.
- Khumsri M., Ruddle K. & Shivakoti G. P. (2009) Rights and conflicts in the management of fisheries in the Lower Songkhram River Basin, Northeast Thailand. *Environmental Management* **43**, 557-570.
- MacCord P.F.L., Silvano R.A.M., Ramires M.S., Clauzet M. & Begossi A. (2007) Dynamics of artisanal fisheries in two Brazilian Amazonian reserves: implications to co-management. *Hydrobiologia* **583**, 365–376.
- Maynou F., Demestre M. & Sánchez P. (2003) Analysis of catch per unit effort by multivariate analysis and generalized linear models for deep-water crustacean fisheries off Barcelona (NW Mediterranean). *Fisheries Research* **65**, 257-269.
- McClanahan T.R., Castilla J.C., White A.T., Defeo O. (2009) Healing small-scale fisheries by facilitating complex socio-ecological systems. *Reviews of Fish Biology and Fisheries* **19**, 33–47.
- McGrath D.G., Castro F., Fudemma C., Amaral B.D. & Calabria J. (1993) Fisheries and the evolution of resource management on the lower Amazon Floodplain. *Human Ecology* **21**, 167-196.
- McGrath D.G., Cardoso A., Almeida O.T. & Pezzuti J. (2008) Constructing a policy and institutional framework for an ecosystem-based approach to managing the Lower Amazon floodplain. *Environment Development and Sustainability* **10**, 677–695.

- Mérona B de. (1990) Amazon fisheries: general characteristics based on two case-studies. *Interiencia* **15**, 461-468.
- Mérona B de. & Albert P. (1999) Ecological monitoring of fish assemblages downstream of a hydroelectric dam in French Guiana (South America). *Regulated Rivers: Research & Management* **15**, 339-351.
- Moses B.S., Udoidiong O.M. & Okon A.O. (2002) A statistical survey of the artisanal fisheries of south-eastern Nigeria and the influence of hydroclimatic factors on catch and resource productivity. *Fisheries Research* **57**, 267–278.
- Navy H. & Bhattarai M. (2009) Economics and livelihoods of small-scale inland fisheries in the Lower Mekong Basin: a survey of three communities in Cambodia. *Water Policy* **11**, 31–51.
- Petrere M. (1996) Fisheries in large tropical reservoirs in South America. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* **2**, 111-133.
- Ribeiro M.C.L.B., Petrere M. & Juras A.A. (1995) Ecological integrity of the Araguaia-Tocantins river basin, Brazil. *Regulated Rivers: Research & Management* **11**, 325-350.
- R version 2.9.0. (2009) Copyright (C) 2009 The R Foundation for Statistical Computing. ISBN 3-900051-07-0.
- Sale P.F., Cowen R.K., Danilowicz B.S., Jones G.P., Kritzer J.P., Lindeman K.C., Planes S., Polunin N.V.C., Russ G.R., Sadovy Y.J. & Steneck R.S. (2005) Critical science gaps impede use of no-take fishery reserves. *Trends in Ecology and Evolution* **20**, 74–80.
- Sarda, F. & Maynou F. (1998) Assessing perceptions: Do Catalan fishermen catch more shrimp on Fridays? *Fisheries Research* **36**, 149–157.
- Silvano R.A.M. & Begossi A. (2001) Seasonal dynamics of fishery at the Piracicaba River (Brazil). *Fisheries Research* **51**, 69-86.
- Silvano R.A.M., Silva A.L., Cerone M. & Begossi A. (2008) Contributions of Ethnobiology to the conservation of tropical rivers and streams. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* **18**, 241–260.
- Silvano R.A.M., Ramires M. & Zuanon J. (2009a) Effects of fisheries management on fish communities in the floodplain lakes of a Brazilian Amazonian Reserve. *Ecology of Freshwater Fish* **18**, 156-166.

Silvano R.A.M., Juras A.A. & Begossi A. (2009b). Clean energy and poor people: ecological impacts of hydroelectric dam on fish and fishermen in the Amazon rainforest. *V International Conference on Energy, Environmental, Ecosystems and Sustainable Development and II International Conference on Landscape Architecture*, pp. 139-147. WSEAS Press, Greece.

Zhong Y. & Power G. (1996) Environmental impacts of hydroelectric projects on fish resources in China. *Regulated Rivers: Research & Management* **12**, 81-98.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento ecológico local de populações humanas pode prover importantes informações sobre o ambiente atual e passado, bem como interações ecológicas entre organismos (Poizat & Baran 1997; Calheiros *et al.* 2000; Huntington 2000; Johannes *et al.* 2000; Valbo-Jorgensen & Poulsen 2000; Silvano *et al.* 2006, 2008; Salomon *et al.* 2007). Portanto, medidas de manejo e conservação dos recursos que são integradas ao conhecimento local, possuem mais chances de obter sucesso do que medidas que não consideram os usuários dos recursos (Huntington 2000; Johannes *et al.* 2000; Begossi 2008; Silvano & Valbo-Jorgensen 2008; Irvine *et al.* 2009; Danielsen *et al.* 2010). O conhecimento ecológico local pode também fornecer informações dificilmente registradas cientificamente, através de métodos rápidos e com baixo custo.

Processos de barramentos de rios para a geração de energia elétrica são realidades em todo o mundo (Petriere 1996; Ponton & Vauchel 1998; Penczak *et al.* 2009). Porém, ainda são relativamente pouco conhecidos os impactos causados por esses barramentos à jusante de hidrelétricas, áreas estas não consideradas de influencia direta do reservatório pela atual legislação brasileira. Foi registrado neste estudo a mudança na composição dos desembarques pesqueiros, extinções locais de peixes, bem como a redução de produtividade (CPUE), produção anual e redução do valor econômico anual da pesca à jusante da Hidrelétrica de Tucuruí-PA. Todos esses impactos foram citados pelos pescadores entrevistados. Portanto, sugerimos que as legislações ambientais sobre impactos de barragens considerem que o impacto pode se estender por uma região mais ampla.

Pescarias de diferentes escalas demandam diferentes medidas de manejo pesqueiro (Castilla & Defeo 2005; McClanahan *et al.* 2009). Verificamos que o esforço e comportamento dos pescadores que realizam a pesca de subsistência na região do Baixo Rio Tocantins (Amazônia brasileira) são os principais fatores que influenciam na quantidade de peixe capturado em biomassa. A restrição do esforço através do estabelecimento de quotas de pesca pode garantir a sustentabilidade ecológica (conservação e manutenção) dos recursos, contudo não contempla a sustentabilidade econômica (viabilidade financeira) da atividade pesqueira. Pescadores demonstraram também otimizar suas capturas através da alternância de exploração de habitats e uso das artes de pesca de acordo com o ciclo hidrológico. Essa otimização da pesca

promove alívio da pressão pesqueira sobre as espécies exploradas, mantendo a sustentabilidade da pesca através de um aparente manejo não intencional do ecossistema (Garcia & Cochrane 2005), e pode servir como base para planos de manejo com base em restrições sazonais de habitats e artes de pesca que aparentemente não afetarão o rendimento financeiro da pesca. Lagos de várzea são bastante produtivos e parecem um bom caminho para a sustentabilidade econômica e ecológica do manejo pesqueiro na Amazônia. Esses resultados reforçam a importância de se considerar o conhecimento e comportamento de pescadores na elaboração de medidas de manejo participativo (co-manejo) dos recursos, bem como sugere que mais pesquisas devem ser feitas para tentar determinar quais os fatores que influenciam o comportamento e tomada de decisão de pescadores artesanais de pequena escala.

REFERÊNCIAS

(Introdução Geral e Considerações Finais)

- Ali A.B. & Lee K.Y. (1995) Chenderoh Reservoir, Malaysia: a characterization of a small-scale, multigear and multispecies artisanal fishery in the tropics. *Fisheries Research* **23**, 267–281.
- Almeida O.T., Lorenzen K. & McGrath D.G. (2009) Fishing agreements in the lower Amazon: for gain and restraint. *Fisheries Management and Ecology* **16**, 61-67.
- Altieri M.A. (2004) Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment* **2**, 35-42.
- Bailey M., Sumailaa UR. & Lindroos M. (2010) Application of game theory to fisheries over three decades. *Fisheries Research* **102**, 1-8.
- Barthem R., Ribeiro M. & Petreire M. (1991) Life strategies of some long-distance migratory catfish in relation of hydroelectric dams in Amazon Basin. *Biological Conservation* **55**, 339-345.
- Bayley P.B. & Petreire M. (1989) Amazon fisheries: assessment methods, current status and management options. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences **106**, 385-398.
- Begossi A., Silvano R.A.M., Amaral B.D. & Oyakawa O.T. (1999) Use of local resources by fishers and hunters in an extractive reserve (Upper Juruá, Acre, Brazil). *Environment Development and Sustainability* **1**, 73-93.
- Begossi A., Hanazaki N. & Silvano R.A.M. (2002) Ecologia Humana, Etnoecologia e Conservação. In: M.C.M. Amorozo, L.C. Ming & S.P. Silva (eds) *Métodos de coleta e análise de dados em etnobiologia, etnoecologia e disciplinas correlatadas*. Anais do I seminário de Etnobiologia e Etnoecologia do Sudeste, Rio Claro. UNESP/CNPq, pp. 93-128.
- Begossi A., Hanazaki N. & Ramos M.R. (2004) Food chain and the reasons for fish food taboos among amazonian and atlantic Forest fishers (Brazil). *Ecological Applications* **14**, 1334-1343.
- Begossi A., Silvano R.A.M. & Ramos R.M. (2005) Foraging behavior among fishers from the Negro and Piracicaba Rivers, Brazil: implications for management. In: C.A. Brebbia & J.S. Antunes do Carmo (eds) *River Management III*. WIT Press, Southampton, UK: WIT Transactions of Ecology and Environment, pp. 503-513.

- Begossi A. (2008) Local knowledge and training towards management. *Environment Development and Sustainability* **10**, 591-603.
- Béné C., Steel E., Luadia B.K. & Gordon A. (2009) Fish as the “bank in the water”– Evidence from chronic-poor communities in Congo. *Food Policy* **34**, 108-118.
- Berkes F. (1999) *Sacred Ecology—Traditional Ecological Knowledge and Resource Management*. Taylor&Francis, Philadelphia, PA
- Berkes F. & Turner N.J. (2006) Knowledge, learning and the evolution conservation practice for social-ecological system resilience. *Human Ecology* **34**, 479-494.
- Calheiros D.F., Seidl A.F. & Ferreira C.J.A. (2000) Participatory research methods in environmental science: local and scientific knowledge of a limnological phenomenon in the Pantanal wetland of Brazil. *Journal of Applied Ecology* **37**, 684-696.
- Cardoso R.S. & Freitas C.E.C. (2006) A composição dos custos de armação e a renda das expedições de pesca da frota pesqueira artesanal da região do Médio rio Madeira, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica* **36**, 519 – 524.
- Carlsson L. & Berkes F. (2005) Co-management: concepts and methodological implications. *Journal of Environmental Management* **75**, 65–76.
- Castello L. (2008) Re-pensando o estudo e o manejo da pesca no Brasil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* **3**, 17-22.
- Castello L., Viana J.P., Watkins G., Pinedo-Vasquez M. & Luzadis V.A. (2009) Lessons from Integrating Fishers of Arapaima in Small-Scale Fisheries Management at the Mamirauá Reserve, Amazon. *Environmental Management* **43**, 197–209.
- Castilla J.C. & Defeo O. (2005) Paradigm Shifts Needed for World Fisheries. *Science* **309**, 1324-1325.
- Castro F. de & Begossi A. (1996) Fishing at Rio Grande (Brazil): ecological niche and competition. *Human Ecology* **24**, 401-411.
- Cerdeira R.G.P., Ruffino M.L. & Isaac V.J. (2000) Fish catches among riverside communities around Lago Grande de Monte Alegre, lower Amazon, Brazil. *Fisheries Management and Ecology* **7**, 355-374.
- Cetra M. & Petreire M. (2001) Small-scale fisheries in the middle River Tocantins, Imperatriz (MA), Brazil. *Fisheries Management and Ecology* **8**, 153-162.

- Coomes O.T., Takasaki Y., Abizaid C. & Barham B.L. (2010) Floodplain fisheries as natural insurance for the rural poor in tropical forest environmental: evidence from Amazonia. *Fisheries Management and Ecology* **17**, 513-521.
- Danielsen F., Burgess N.D., Jensen P.M. & Pirhofer-Walzl K. (2010) Environmental monitoring: the scale and speed of implementation varies according to the degree of people's involvement. *Journal of Applied Ecology* **47**, 1166-1168.
- FAO (2009) Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Yearbook: *Fishery and Aquaculture Statistics 2007*.
- Fearnside P.M. (1999) Social Impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management* **24**, 483-495.
- Fearnside P.M. (2005) Brazil's Samuel Dam: Lessons for Hydroelectric Development Policy and the Environment in Amazonia. *Environmental Management* **35**, 1-19.
- Fernandez-Gimenez M.E. (2000) The role of Mongolian nomadic pastoralists' ecological knowledge in rangeland management. *Ecological applications* **10**, 1318-1326.
- Fulton E.A., Smith A.D.M., Smith D.C. & Putten I.E. (2011) Human behaviour: the key source of uncertainty in fisheries management. *Fish and Fisheries* **12**, 2-17.
- Garcia S.M. & Cochrane K.L. (2005) Ecosystem approach to fisheries: a review of implementation guidelines. *Journal of Marine Science* **62**, 311-318.
- Gehrke P.C., Gilligan D.M. & Barwick M. (2002) Changes in fish communities of the Shoalhaven River 20 years after construction of Tallowas Dam, Australia. *River Research and Applications* **18**, 265-286.
- Gewin V. (2004) Troubled Waters: The Future of Global Fisheries. *PLoS Biology* **2**, 422-427.
- Gutiérrez N.L., Hilborn R. & Defeo O. (2011) Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature* **470**, 386-389.
- Hallwass G., Lopes P.F., Juras A.A. & Silvano R.A.M. (2011) Fishing effort and catch composition of urban market and rural villages in Brazilian Amazon. *Environmental Management* **47**, 188-200.
- Hilborn R. (2007) Defining success in fisheries and conflicts in objectives. *Marine Policy* **31**, 153-158.

- Huntington H.P. (2000) Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications. *Ecological Applications* **10**, 1270-1274.
- Irvine R.J., Fiorini S., Yearley S., McLeod J.E., Turner A., Armstrong H., White P.C.L. & Van Der Wal R. (2009) Can managers inform models? Integrating local knowledge into models of red deer habitat use. *Journal of Applied Ecology* **46**, 344-352.
- Johannes R.E., Freeman M.M.R. & Hamilton R.J. (2000) Ignore fishers' knowledge and miss the boat. *Fish and Fisheries* **1**, 257-271.
- Jones J.P.G., Andriamarovololona M.M., Hockley N., Gibbons J.M. & Milner-Gulland E.J. (2008) Testing the use of interviews as a tool for monitoring trends in the harvesting of wild species. *Journal of Applied Ecology* **45**, 1205-1212.
- MacCord P.F.L., Silvano R.A.M., Ramires M.S., Clauzet M. & Begossi A. (2007) Dynamics of artisanal fisheries in two Brazilian Amazonian reserves: implications to co-management. *Hydrobiologia* **583**, 365–376.
- McClanahan T.R., Castilla J.C., White A.T. & Defeo O. (2009) Healing small-scale fisheries by facilitating complex socio-ecological systems. *Reviews of Fish Biology and Fisheries* **19**, 33–47.
- McGrath D.G., Castro F., Fudemma C., Amaral B.D. & Calabria J. (1993) Fisheries and the evolution of resource management on the lower Amazon Floodplain. *Human Ecology* **21**, 167-196.
- McGrath D.G., Silva U.L. & Crossa N.M.M. (1997) A traditional floodplain fishery of the lower Amazon River, Brazil. *PLEC News and Views* **8**, 4–11.
- Mérona B. de & Albert P. (1999) Ecological monitoring of fish assemblages downstream of a hydroelectric dam in French Guiana (South America). *Regulated Rivers: Research & Management* **15**, 339-351.
- Mérona B de., Santos G.M. & Almeida R.G. (2001) Short term effects of Tucuruí Dam (Amazonia, Brazil) on the trophic organization of fish communities. *Environmental Biology of Fishes* **60**, 375–392.
- Moses B.S., Udoidiong O.M. & Okon A.O. (2002) A statistical survey of the artisanal fisheries of south-eastern Nigeria and the influence of hydroclimatic factors on catch and resource productivity. *Fisheries Research* **57**, 267–278.

- Navy H. & Bhattarai M. (2010) Economics and livelihoods of small-scale inland fisheries in the Lower Mekong Basin: a survey of three communities in Cambodia. *i* **11**, 31–51.
- Penczak T., Agostinho A.A., Gomes L.C. & Latini J.D. (2009) Impacts of reservoir on fishes assemblages of small tributaries of the Corumbá River, Brazil. *River Research and Applications* **25**, 1013-1024.
- Petrere M. (1996) Fisheries in large tropical reservoirs in South America. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* **2**, 111-133.
- Petrere Jr. M., Barthem R.B., Córdoba E.A. & Gómez B.C. (2004) Review of the large catfish fisheries in the upper Amazon and the stock depletion of piraíba (*Brachyplatystoma filamentosum* Lichtenstein). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **14**, 403–414.
- Poizat G. & Baran E. (1997) Fishermen's knowledge as background information in tropical fish ecology: a quantitative comparison with fish sampling results. *Environmental Biology of Fishes* **50**, 435–449.
- Ponton D. & Vauchel P. (1998) Immediate downstream effects of the Petit-Saut Dam on Young neotropical fish in a large tributary of the Sinnamary River (French Guiana, South America). *Regulated Rivers: Research & Management* **14**, 227-243.
- Queiroz H.L. & Crampton W.G.R. (1999) *Estratégias para manejo de recursos pesqueiros em Mamirauá*. Sociedade Civil Mamirauá, MCT-CNPq, Brasília, Brasil
- Ribeiro M.C.L.B., Petrere M. & Juras A.A. (1995) Ecological integrity of the Araguaia-Tocantins river basin, Brazil. *Regulated Rivers: Research & Management* **11**, 325-50.
- Roberts C.M. (1997) Ecological advice for the global fisheries crisis. *Trends in Evolution and Ecology* **12**, 35-38.
- Ruddle K. (1995) The role of validated local knowledge in the restoration of fisheries property rights: the example of the New Zealand Maori. In: S. Hanna & M. Munasinghe (eds) *Property rights in a social and ecological context: Part 2, case studies and design applications*. Stockholm & Washington DC: The Beijer International Institute of Ecological Economics & The World Bank, pp. 111-119.
- Salomon A.K., Tanape N.M. & Huntington H.P. (2007) Serial depletion of marine invertebrates leads to the decline of a strongly interacting grazer. *Ecological Applications* **17**, 1752-1770.

- Silvano R.A.M. & Begossi A. (2001) Seasonal dynamics of fishery at the Piracicaba River (Brazil). *Fisheries Research* **51**, 69-86.
- Silvano R.A.M., MacCord P.F.L., Lima R.V. & Begossi A. (2006) When does this fish spawn? Fishermen's local knowledge of migration and reproduction of Brazilian coastal fishes. *Environmental Biology Fishes* **76**, 371-386.
- Silvano R.A.M. & Valbo-Jorgensen J. (2008) Beyond fishermen's tales: contributions of fishers' local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management. *Environmental, Development and Sustainability* **10**, 657-675.
- Silvano R.A.M., Silva A.L., Cerone M. & Begossi A. (2008) Contributions of Ethnobiology to the conservation of tropical rivers and streams. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* **18**, 241-260.
- Valbo-Jorgensen J. & Poulsen A.F. (2000) Using local knowledge as a research tool in the study of river fish biology: experiences from Mekong. *Environmental, Development and Sustainability* **2**, 253-276.
- Zhong Y. & Power G. (1996) Environmental impacts of hydroelectric projects on fish resources in China. *Regulated Rivers: Research & Management* **12**, 81-98.