

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM

**ECOLOGIA E MANEJO DE PESCA COMERCIAL DO TUCUNARÉ *CICHLA*
VAZZOLERI NO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BALBINA,
AMAZONAS, BRASIL**

SANDRELLY OLIVEIRA INOMATA

**MANAUS-AM
2019**

SANDRELLY OLIVEIRA INOMATA

ECOLOGIA E MANEJO DE PESCA COMERCIAL DO TUCUNARÉ *CICHLA VAZZOLERI* NO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BALBINA, AMAZONAS, BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos da Universidade Federal do Amazonas, área de concentração Uso Sustentável de Recursos Pesqueiros Tropicais, linha de pesquisa Ecologia de Recursos Pesqueiros e Ambientes, para obtenção do título de Doutora em Ciências Pesqueiras nos Trópicos.

ORIENTADOR: Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas

CO-ORIENTADOR: Dr. Jamens Randall Kahn

**MANAUS-AM
2019**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

I58e Inomata, Sandrelly Oliveira
Ecologia e manejo da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil / Sandrelly Oliveira Inomata. 2019
133 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Carlos Edwar de Carvalho Freitas
Coorientador: James Randall Kahn
Tese (Doutorado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. socioeconomia pesqueira. 2. gestão participativa. 3. barragem.
4. sustentabilidade. 5. modelagem ecossistêmica. I. Freitas, Carlos Edwar de Carvalho II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

SANDRELLY OLIVEIRA INOMATA

ECOLOGIA E MANEJO DE PESCA COMERCIAL DO TUCUNARÉ *CICHLA VAZZOLERI* NO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BALBINA, AMAZONAS, BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos da Universidade Federal do Amazonas, área de concentração Uso Sustentável de Recursos Pesqueiros Tropicais, linha de pesquisa Ecologia de Recursos Pesqueiros e Ambientes, para obtenção do título de Doutora em Ciências Pesqueiras nos Trópicos.

Aprovada em 15 de março de 2019.

BANCA EXAMINADORA



Dra. Flávia Kelly Siqueira de Souza, (UFAM)
Presidente



Dra. Carolina Rodrigues da Costa Doria, (UNIR)
1º Membro



Dra. Elenise Faria Scherer, (UFAM)
2º Membro



Dra. Lucirene Aguiar de Souza, (UFAM)
3º Membro



Dra. Kedma Cristine Yamamoto, (UFAM)
4º Membro

*À minha avó-mãe Julielza (in memoriam),
que me deu tanto amor.
Saudades!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos recebidas e por me proteger em todos os momentos, dando-me fé e coragem para continuar seguindo nesta grande caminhada.

Ao meu pai, que tenho tanto orgulho e admiração por ser um pescador há quase 40 anos. Muito obrigada pelas conversas e ensinamentos sobre a pesca e, sobretudo, por ter colocado os estudos dos filhos em primeiro lugar, mostrando-nos que este é o valor mais importante que o senhor pode nos deixar.

À minha mãe, por me incentivar a estudar, por ter uma palavra de força para me encorajar a qualquer momento em todos esses anos longe de casa, mesmo evidenciando a importância de cultivar raízes, a senhora me deu asas para ir além.

Aos meus irmãos, Evailson, Danielly e Evail, apesar das peculiaridades de cada um, vocês ocupam o mesmo lugar no meu coração.

Ao meu orientador, Carlos Edwar de Carvalho Freitas, por estimular e conduzir o meu crescimento científico e acadêmico desde a graduação e por sempre ter acreditado em mim. A minha enorme gratidão por todos os ensinamentos e por ter me incentivado a chegar até aqui.

Ao meu co-orientador James Randall Kahn, pela confiança e por me receber na Washington and Lee University para realizar o estágio de doutorado sanduíche, me proporcionando uma excelente infraestrutura.

Aos amigos que tornaram a minha jornada nos Estados Unidos tão agradável. Em especial, agradeço ao professor Carl Kaiser e sua esposa Kath por todo o suporte necessário e por terem me incluído nos jantares comemorativos e nas saídas culturais. Ao professor George Ray e sua esposa Pree pelas lições durante os encontros semanais. A querida Bri Karpowich pela amizade, pelo carinho e pelas constantes palavras de encorajamento. A professora Sara Rose pelos valiosos ensinamentos, uma grande inspiração como profissional e pessoa. A Sarah e Matt, meu coração é só gratidão por tudo que vocês fizeram por mim.

Agradeço ao César Chiroso, por desde o início ter acreditado e apoiado este trabalho, pelo esclarecimento de dúvidas, pelo fornecimento dos dados do monitoramento da pesca no lago de Balbina e dados do seu trabalho sobre o tucunaré *Cichla vazzoleri*.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pelo apoio logístico para a realização das coletas dos dados.

Ao James e Rafa, a etapa da coleta dos dados foi facilitada por ter amigos como vocês. Muito obrigada pela amizade e ajuda. Vocês foram incríveis!

À amiga Carol, que estamos juntas nesta caminhada acadêmica desde os primeiros dias da graduação. Muito obrigada por tudo que temos compartilhado juntas, por sempre estar disposta a me ajudar, pelos desabafos científicos e pessoais, pela confiança e amizade.

À amiga Wandy, são muitos anos de amizade que têm se fortalecido ainda mais nos últimos meses, muito obrigada pelo apoio incondicional, pelos cafés e pelo carinho.

Meus sinceros agradecimentos a todos os membros da Banca Examinadora, pela disponibilidade em contribuir para a melhoria deste trabalho e compartilhamento de conhecimentos.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos, pelos ensinamentos e experiências divididas, essenciais para a minha formação. Agradeço em especial, à professora coordenadora Kedma Yamamoto por ter sido tão acessível.

A todos os colegas do PIATAM, pelo convívio e colaboração durante todos esses anos que faço parte do grupo.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa durante o curso e, especialmente, pela bolsa de doutorado sanduíche no exterior, processo PDSE 88881.132525/2016-0, que contribuiu significativamente para o meu amadurecimento científico, profissional e pessoal.

Agradeço a todas as pessoas que me receberam muito bem nas duas localidades onde este trabalho foi executado. No Rumo Certo, em especial agradeço ao seu Padre, dona Edilene, Jeily e Maurício. E na vila de Balbina, ao meu amigo Leonardo e família que foram tão gentis, muito obrigada pela amizade e todo o suporte possível para facilitar à execução deste estudo.

Agradeço, sobretudo, a todos os pescadores que entrevistei, pela confiança depositada em meu trabalho e por me permitirem conhecer um pouco de suas vidas. Sem vocês, este trabalho não seria possível. Minha eterna gratidão, admiração e respeito.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a construção deste trabalho. Tudo isso só foi possível porque sempre encontrei pessoas dispostas a me ajudar.

GRATIDÃO!

*When we see others as separate, they become a threat.
When we see others as part of us, as connected,
as interdependent, then there is no challenge
we cannot face-together.
Dalai Lama*

RESUMO

Os empreendimentos hidrelétricos afetam cerca de um terço da biodiversidade de água doce do mundo e centenas de milhões de pessoas que dependem dos serviços ecossistêmicos associados, como a atividade pesqueira. Este cenário é particularmente preocupante quando se trata da Amazônia, pois essa região possui um dos maiores consumos de peixe per capita do mundo, sustentado por pescarias de pequena escala amplamente difundidas e que envolve milhares de pessoas. Entretanto, informações importantes para nortear a gestão da atividade em reservatórios ainda são incipientes. Nesse contexto, esta tese analisou a pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, através da caracterização e análise dos aspectos estruturais e socioeconômicos e modelagem ecossistêmica da atividade. Foram realizadas entrevistas com pescadores residentes em comunidades do ramal Rumo Certo e na vila de Balbina. A maioria dos pescadores era do sexo masculino, o nível de instrução era baixo e todos estavam filiados a alguma entidade de classe. Os pescadores eram os proprietários das embarcações de pequeno porte, dos apetrechos e os próprios financiadores das pescarias. A complementação de renda foi muito importante, pois os rendimentos provenientes apenas da pesca foram baixos e variáveis, sendo sujeitos ao comportamento sazonal do nível do reservatório e a fixação do preço de comercialização estabelecido pelos atravessadores. Grande parte dos pescadores foi capaz de informar do que se trata o acordo de pesca vigente. Eles perceberam mudanças nos últimos anos, principalmente em relação ao aumento do tamanho e quantidade dos peixes, e declararam que a fiscalização precisava ser mais intensa, pois havia pescadores que não estavam respeitando as regras estabelecidas. No Rumo Certo, durante a estação cheia a captura foi influenciada pela idade, gênero e potência do motor, e durante a seca foi influenciada pela idade e tempo de pesca. Em Balbina, no período de cheia a captura foi influenciada por outra atividade econômica, e durante a seca não houveram variáveis significativas. Os custos, durante a cheia em ambas as localidades, foram influenciados por todas as variáveis, exceto a potência do motor, e na seca foram influenciados por todas as variáveis. Na cheia, os pescadores do Rumo Certo teriam que realizar duas viagens por semana para maximizar o lucro, e em Balbina realizar mais que uma viagem por semana, possivelmente, não seria viável. Na seca, eles teriam algum lucro somente a partir da sétima e décima viagem, Rumo Certo e Balbina, respectivamente. E, por fim, foram simulados dois cenários para verificar o comportamento do estoque: i) considerou a redução nos valores de reposição de estoque para metade dos valores iniciais, um aumento de 50% no esforço de pesca, taxa de mortalidade natural, custos fixos e variáveis, preço médio do peixe, número de viagens mensais e a pesca comercial liberada o ano todo, e; ii) analisou o efeito da proibição da pesca comercial. O cenário I se mostrou o mais adequado economicamente, porém, essa simulação seria péssima do ponto de vista ecológico, em virtude de eliminar o acordo de pesca, e o cenário II teve pouca diferença em relação ao *BaU*, portanto, proibir totalmente a pesca não se mostrou a melhor alternativa. Contudo, é importante que as pescarias continuem sendo monitoradas de maneira participativa, tanto pelos usuários como pelos gerentes dos recursos pesqueiros. Espera-se que os resultados apresentados estimulem o discurso e o esforço para melhorar a gestão, e que possam subsidiar os pescadores nas suas demandas de inclusão socioambiental em políticas que atendam seus interesses.

Palavras-chave: socioeconomia pesqueira; gestão participativa; barragem; sustentabilidade; modelagem ecossistêmica.

ABSTRACT

Hydropower installations affect about one-third of the world's freshwater biodiversity and hundreds of millions of people who depend on associated ecosystem services, such as fishing. This scenario is particularly alarming when it comes to the Amazon because that region has one of the highest per capita fish consumptions in the world, supported by small-scale fisheries, widely spread and involving thousands of people. However, important information to guide the management of the activities in reservoirs is still incipient. In this context, this dissertation analyzed the commercial fishing of the peacock bass *Cichla vazzoleri* in the reservoir of the Balbina Hydropower, through the characterization and analysis of the structural and socioeconomic aspects and ecosystemic modeling of the activity. Interviews were carried out with the fishers who are residents in communities of Rumo Certo and village of Balbina. Most of the fishers were male, their level of education was low, and everyone was affiliated with some Fishers' Association. The fishers owned small boats and fishing gears that were employed in the activity, and they financed their fisheries themselves. An income supplement was very important, because the income from fishing was low and variable, being subject to the seasonal behavior of the reservoir level and the market price established by the commercial intermediaries. Most fishers were able to define the current fishing agreement. They perceived changes in recent years, especially in relation to the increase in fish size and quantity and stated that the enforcement needed to be more intense as there were fishers who were didn't abide by the established rules. In Rumo Certo, during the flood season, the catch was influenced by fisher's age, gender and the motor's horsepower, and during the dry season, the catch was influenced by fisher's age and fishing time. In Balbina, during the flood season, the catch was influenced by other economic activities, and during the dry season, there were no significant variables. The costs, during the flood in both the locations, were influenced by all the variables except motor's horsepower, and in the dry, were influenced by all variables. In the flood, Rumo Certo fishers would have to make two trips a week to maximize profit, and in Balbina taking more than one trip per week would possibly not be viable. In the dry, they start making profit only from the seventh and the tenth trips, Rumo Certo and Balbina, respectively. Finally, two scenarios were simulated to investigate the dynamics of the fish stock: (i) considered a reduction of stock replacement values to half the initial values, a 50% increase in fishing effort, natural mortality, fixed and variable costs, average fish prices, number of monthly trips and commercial fishing allowed all year round; (ii) analyzed the effect of prohibiting commercial fishing. Scenario I seemed to be the most economically appropriate, but it is bad from the ecological point of view because of the elimination of the fishing agreement. Scenario II had a little difference in relation to the BaU; therefore, to prohibit fishing altogether was not the best alternative. Nevertheless, it is important that the fisheries are continued to be monitored through a participatory system, both by users and by fishery resource managers. It is hoped that the results presented will stimulate the discourse and the efforts to improve management, and that can in turn help subsidize the fishers in their demands of social-environmental inclusion in policies that suit their interests.

Key words: fisheries socioeconomics; participative management; dam; sustainability; ecosystem modeling.

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1. Tucunaré *Cichla vazzoleri*.....23

CAPÍTULO I: Structural and socioeconomic aspects of the peacock bass *Cichla vazzoleri* fishery performed in a large hydroelectric reservoir of the Amazon Basin

Figure 1. Map of Balbina Hydroelectric Power Plant (HPP), Amazonas, Brazil.....33

Figure 2. (A) age group; (B) marital status; (C) level of education; (D) time employed as fishers; (E) time of affiliation in Fishers' Association, and; (F) other complementary activities of the commercial fishers of the reservoir of Balbina HPP.....37

Figure 3. Average values for the revenue, total cost, and profit of the commercial fishing of the tucunaré *Cichla vazzoleri*, in the reservoir of the Balbina HPP, estimated for the flood and dry periods.....44

CAPÍTULO II: Percepção dos pescadores comerciais sobre o Acordo de Pesca do Lago de Balbina, Amazonas

Figura 1. Mapa da localização da Usina Hidrelétrica (UHE) de Balbina, Amazonas, Brasil.....61

Figura 2. Percentual de pescadores comerciais que foram a favor ou contra a implantação e que estavam satisfeitos ou não com o acordo de pesca do reservatório da UHE Balbina.....65

CAPÍTULO III: Influência dos fatores socioeconômicos na pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil

Figura 1. Mapa da localização da Usina Hidrelétrica (UHE) de Balbina, Amazonas, Brasil.....82

Figura 2. Importância relativa dos preditores do modelo de captura do Rumo Certo, cheia (A) e seca (B).....88

Figura 3. Importância relativa dos preditores do modelo custos do Rumo Certo, cheia (A) e seca (B), e Balbina, cheia (C) e seca (D).....89

Figura 4. Representação gráfica do número de viagens que poderia maximizar o lucro dos pescadores do Rumo Certo, cheia (A) e seca (B), e Balbina, cheia (C) e seca (D).....90

CAPÍTULO IV: Modelagem ecossistêmica da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil

Figura 1. Mapa da localização da Usina Hidrelétrica (UHE) de Balbina, Amazonas, Brasil....104

Figura 2. Modelo Sustentabilidade da Pesca Comercial de Balbina - SPCB, construído no

software Stella. Retângulos: variáveis de estado; círculos: variáveis forçantes; setas grossas: transferência de matéria/energia e; seta finas: variáveis de informação.....	105
Figura 3. Função gráfica que define a relação entre a taxa de mortalidade natural do tucunaré <i>Cichla vazzoleri</i> e o nível do reservatório.....	107
Figura 4 (A). Resultados da dinâmica do estoque pesqueiro obtidos em cada um dos cenários simulados. <i>Business as Usual (BaU)</i> . Cenário I: considerado uma redução nos valores de reposição de estoque para metade dos valores iniciais, além de um aumento de 50% no esforço de pesca, taxa de mortalidade natural, custos fixos e variáveis, preço médio do peixe, número de viagens e a pesca comercial liberada o ano todo também foi simulado neste cenário. Cenário II: analisou o efeito de uma proibição total da pesca comercial.....	110
Figura 4 (B). Resultados da dinâmica da produção obtidos no <i>Business as Usual (BaU)</i> e cenário I: considerado uma redução nos valores de reposição de estoque para metade dos valores iniciais, além de um aumento de 50% no esforço de pesca, taxa de mortalidade natural, custos fixos e variáveis, preço médio do peixe, número de viagens e a pesca comercial liberada o ano todo também foi simulado neste cenário.....	111
Figura 4 (C). Resultados da dinâmica do lucro obtidos no <i>Business as Usual (BaU)</i> e cenário I: considerado uma redução nos valores de reposição de estoque para metade dos valores iniciais, além de um aumento de 50% no esforço de pesca, taxa de mortalidade natural, custos fixos e variáveis, preço médio do peixe, número de viagens e a pesca comercial liberada o ano todo também foi simulado neste cenário.....	111
Figura 5. Gráficos resultantes da análise de sensibilidade para as variáveis disponíveis. (A) Estoque depois de diminuir a capacidade de carga (1: 70% menor; 2: 35% menor; e 3: <i>BaU</i> dados); (B) Diminuição do estoque pesqueiro (1: 70% menor; 2: 35% menor; e 3: dados <i>BaU</i>); (C) Produção após aumentar o número de pescadores (1: dados do <i>BaU</i> ; 2: 100% maior; e 3: 200% maior; e (D) Lucro após aumentar o número de pescadores (1: dados do <i>BaU</i> ; 2: 100% mais alto; e 3: 200% maior).....	112

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO GERAL

Tabela 1. Comparativo das duas Instruções Normativas do Acordo de Pesca no reservatório da UHE Balbina, Amazonas, Brasil.....21

CAPÍTULO I: Structural and socioeconomic aspects of the peacock bass *Cichla vazzoleri* fishery performed in a large hydroelectric reservoir of the Amazon Basin

Table 1. Frequency of citation of the exploited fishing sites and mean time of round trip for each area during the periods of flood and dry in the Rumo Certo and Balbina.....39

Table 2. Description and relative frequency of the use of fishing gear in the catch of tucunaré *Cichla vazzoleri* carried out by commercial fishers of Rumo Certo and Balbina during the flood and dry seasons.....40

Table 3. Average, standard deviation (sd), minimum (min) and maximum (max) of days of fishing, number of fishers, fishing effort, CPUE, captured quantity (kg), price of first sale (R\$) and revenue (R\$) of commercial fishers of Rumo Certo and Balbina during the flood and dry seasons.....42

Table 4. Average monetary investment (R\$) for the acquisition of fishing gear, styrofoam boxes, canoes and motors by the commercial fishers of the reservoir of Balbina HPP.....43

Table 5. Average values of fixed costs of the commercial fishing of the tucunaré *Cichla vazzoleri*, in the reservoir of the Balbina HPP, annual and weekly estimates.....43

Table 6. Average values of variable costs of the commercial fishing of the tucunaré *Cichla vazzoleri*, in the reservoir of the Balbina HPP, estimated for the periods of flood and dry.....44

Table 7. Main difficulties cited by the commercial fishers of the Balbina reservoir for the development of the activity.....45

Table 8. Improvements suggested by the commercial fishers of the Balbina HPP reservoir for the development of the activity.....46

CAPÍTULO II: Percepção dos pescadores comerciais sobre o Acordo de Pesca do Lago de Balbina, Amazonas

Tabela 1. Variáveis independentes testadas no modelo e sua respectiva definição.....62

Tabela 2. Informações socioeconômicas dos pescadores comerciais entrevistados no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas.....64

Tabela 3. Informações sobre a conscientização e participação dos pescadores comerciais quanto ao acordo de pesca do reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas.....65

Tabela 4. Resultados da regressão logística para os dados socioeconômicos do modelo.....66

CAPÍTULO III: Influência dos fatores socioeconômicos na pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil

Tabela 1. Descrição das variáveis utilizadas no modelo de regressão captura.....83

Tabela 2. Descrição das variáveis utilizadas no modelo de regressão custos.....83

Tabela 3. Dados descritivos das variáveis socioeconômicas utilizadas nos modelos de regressão. Rumo Certo (N=27), Balbina (N=33).....86

Tabela 4. Sumário dos modelos de regressão.....87

CAPÍTULO IV: Modelagem ecossistêmica da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil

Tabela 1. Parâmetros descritivos do modelo SPCB e os diferentes valores e unidades utilizados; Dados de entrada; Formato; Unidade e; Valor (mínimo e máximo).....109

Tabela 2. Lista dos valores mínimos e máximos do estoque pesqueiro (kg), produção (kg) e lucro (R\$) do modelo, incluindo as tendências atuais do sistema (*BaU*), cenário I e cenário II.....110

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	19
REFERÊNCIAS	25
CAPÍTULO I: Structural and socioeconomic aspects of the peacock bass <i>Cichla vazzoleri</i> fishery performed in a large hydroelectric reservoir of the Amazon Basin	
Abstract	30
Introduction	30
Material and methods	32
<i>Ethics statement</i>	32
<i>Study area</i>	32
<i>Data collection</i>	33
<i>Data analysis</i>	34
<i>Costs Calculation</i>	35
Results	35
<i>Socioeconomic Profile</i>	35
<i>Physical Characteristics of Boats</i>	38
<i>Characteristics of fisheries</i>	38
Exploited environments.....	38
Fishing gear.....	39
Fishing Effort and Capture per Unit of Effort CPUE.....	40
Costs of Fleet Activity.....	43
Profit.....	44
<i>Benefits and difficulties in developing the fishing activity</i>	45
<i>Suggestions for improvements</i>	45
Discussion	46
Acknowledgments	51
References	51
CAPÍTULO II: Percepção dos pescadores comerciais sobre o Acordo de Pesca do Lago de Balbina, Amazonas	
Resumo	58
Introdução	58

Metodologia	60
<i>Declaração de ética</i>	60
<i>Área de estudo</i>	60
<i>Dados e modelo empírico</i>	61
Resultados	63
<i>Características socioeconômicas dos pescadores</i>	63
<i>Conscientização e participação dos pescadores</i>	64
<i>Fatores socioeconômicos que influenciam a percepção dos pescadores</i>	66
Discussão	67
Agradecimentos	71
Referências	71
CAPÍTULO III: Influência dos fatores socioeconômicos na pesca comercial do tucunaré <i>Cichla vazzoleri</i> no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil	
Resumo	79
Introdução	79
Metodologia	81
<i>Declaração de ética</i>	81
<i>Área de estudo</i>	81
<i>Dados e modelos empíricos</i>	82
Resultados	85
<i>Características socioeconômicas dos pescadores</i>	85
<i>Fatores socioeconômicos que influenciam a pesca comercial no reservatório da UHE Balbina</i>	87
<i>Número de viagens que poderia maximizar o lucro das pescarias</i>	89
Discussão	90
Agradecimentos	94
Referências	94
CAPÍTULO IV: Modelagem ecossistêmica da pesca comercial do tucunaré <i>Cichla vazzoleri</i> no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil	
Resumo	101
Introdução	101

Metodologia	103
<i>Declaração de ética</i>	103
<i>Área de estudo</i>	103
<i>Construção do modelo</i>	104
<i>Variáveis</i>	105
Variáveis de estado.....	105
Variáveis forçantes.....	106
Transferência de matéria/energia.....	108
<i>Construção dos cenários</i>	108
Resultados	109
<i>Análise de Sensibilidade</i>	112
Discussão	113
Agradecimentos	116
Referências	117
CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS	124
Anexos	127
Anexo I: Questionário para coleta de dados sobre caracterização da pesca comercial do tucunaré <i>Cichla vazzoleri</i> no reservatório da UHE Balbina, Amazonas.....	127
Anexo II: Questionário para coleta de dados sobre a percepção dos pescadores comerciais em relação ao acordo de pesca vigente no lago do reservatório da UHE Balbina, Amazonas.....	130
Anexo III: Gráficos de normalidade e homocedasticidade dos modelos de captura e custos do Rumo Certo, cheia (A) e seca (B), e Balbina, cheia (C) e seca (D).....	131
Anexo IV: Equações resultantes do modelo SPCB geradas pelo software STELLA® 9.0.....	132

INTRODUÇÃO GERAL

A fragmentação dos rios devido às barragens tem sido relacionada à perda de populações e espécies de peixes em todo o mundo (OLDANI et al., 2007; ZARFL et al., 2015; WINEMILLER et al., 2016). As alterações geradas nos organismos que vivem em um sistema lótico que é transformado em lêntico são de diversas ordens, desde alterações das funções biológicas até o desaparecimento de espécies (FERREIRA, 1993; BENCHIMOL; PERES, 2015). Em se tratando da ictiofauna, as espécies podem vir a sofrer modificações nas três áreas (montante, lago e jusante), como: i) diminuição da biodiversidade (CASTELLO; MACEDO, 2016); ii) aumento no número de espécies predadoras, como as da família Cichlidae, e; iii) alterações nas rotas tróficas e reprodutivas de espécies migradoras (AGOSTINHO et al., 2003; AGOSTINHO et al., 2007; HALLS; KSHATRIYA 2009; DUGAN et al., 2010).

Cerca de 3.700 novas instalações hidrelétricas são esperadas para serem construídas e iniciar a operação nas próximas décadas em países em desenvolvimento (ZARFL et al. 2015; WINEMILLER et al., 2016). Na Amazônia, está previsto a construção de uma elevada quantidade de pequenas e grandes barragens. Pelo menos 334 novas barragens foram propostas (WINEMILLER et al., 2016), 154 grandes hidrelétricas estão em operação e 21 em construção (CASTELLO; MACEDO, 2016). Entretanto, vários impactos ocasionados pela instalação de usinas hidrelétricas têm sido registrados na região, como a diminuição da diversidade biológica do sistema, translocação de populações humanas (FEARNSIDE, 2016), perda de solos e de recursos madeireiros (BARRETO et al., 2011), alterações na dinâmica hidrológica do sistema (TIMPE; KAPLAN, 2017; SANTOS et al., 2018), emissão de gases de efeito estufa (KEMENES, 2006), contaminação por mercúrio (KASHIMA et al., 2001; FORSBERG; KEMENES, 2006), impactos socioambientais (FREITAS et al., 2008) e impactos sobre a atividade pesqueira (SANTOS, 1995; SANTOS; OLIVEIRA Jr., 1999; SANTOS et al., 2018).

O primeiro projeto hidrelétrico concluído na Amazônia foi Coaracy Nunes, no Amapá, em 1975, que tinha uma área de superfície de reservatório de 23 km² (KAHN et al., 2014). Seguida de Curuá-Una, no Pará, construída em 1977 e considerada de pequeno porte (FERREIRA, 1993). A UHE Tucuruí, no Pará, em funcionamento desde 1984 foi a primeira usina de grande porte, possuindo 2.830 km² de área inundada e alta capacidade de geração de energia (FEARNSIDE,

1999). A UHE Samuel, considerada de médio porte, está situada no rio Jamari, a 52 km da cidade de Porto Velho, Rondônia, começou a operar em 1988, possuindo área de 540 km² (SANTOS, 1995). As usinas de Jirau e Santo Antônio, ambas localizadas no rio Madeira, com capacidade instalada de 3.450 e 3.330 MW, respectivamente. A hidrelétrica de Belo Monte, terceira maior do mundo, com construção iniciada recentemente, foi projetada para ter uma potência instalada de 11.233 MW.

A hidrelétrica de Balbina, localizada no rio Uatumã, Distrito de Balbina, município de Presidente Figueiredo, Amazonas, também é considerada de grande porte, entretanto, possui uma baixa eficiência de produção de energia. A topografia plana e o tamanho diminuto da bacia hidrográfica fazem com que a produção de energia seja pequena (FEARNSIDE, 2015). A barragem foi fechada em 01 de outubro de 1987, e a geração de energia começou em fevereiro de 1989. Foi construída no centro da região amazônica, para fornecer energia a Manaus, no entanto tem sido fortemente criticada por seu alto custo estimado em US\$ 1,0 bilhão, pelo rendimento energético considerado muito baixo se comparado à média das demais hidrelétricas do Brasil e do mundo (FEARNSIDE, 1990; GOODLAND et al., 1993) e por ter causado grande prejuízo ambiental. No ano de 1990, foi criada a Reserva Biológica do rio Uatumã (REBIO), com o objetivo de proteger a fauna e a flora dos rios Uatumã e Jatapu. A REBIO localiza-se à margem esquerda do reservatório da UHE Balbina, abrangendo os municípios de São Sebastião do Uatumã, Urucará e Presidente Figueiredo.

No reservatório da UHE Balbina, a pesca é realizada por pescadores de subsistência, comerciais e esportivos que visam, principalmente, os estoques de tucunaré (*Cichla* spp.), como *Cichla temensis* (açú ou paca), *Cichla monoculus* (popoca ou amarelo) e *Cichla vazzoleri* (açú). Durante os primeiros anos do reservatório, *Cichla monoculus* foi a espécie mais capturada, cerca de 90% da produção total (SANTOS; OLIVEIRA Jr., 1999). Atualmente, *Cichla vazzoleri* é a espécie mais abundante tanto no rio Uatumã quanto no lago (HORIE, 2013). Possivelmente, a exploração intensa sobre *Cichla monoculus* pode ter levado a diminuição do estoque dessa espécie. De acordo com Cañas (2012), os ribeirinhos relataram que o pescado diminuiu nos anos seguintes à formação da barragem, no trecho entre esta e a foz dos rios Jatapu e Maripá. Esse fato trouxe como consequência o aumento da concentração de barcos de pescadores comerciais

provenientes de outras regiões, no trecho do rio Uatumã, após a foz do rio Jatapu, devido a uma maior abundância de peixes, situação que levou a conflitos com os pescadores locais.

Diante desse cenário, a Colônia dos Pescadores Z-6 junto com o IBAMA propuseram o primeiro acordo de pesca que vigorou entre 2007 e 2009. Em 2013, foram reiniciadas novas reuniões com os pescadores para a implantação do segundo acordo, o qual foi regulamentado pela Instrução Normativa SDS/AM n. 001, publicada no dia 16 de junho de 2014. Nesse novo acordo de pesca, a norma mais importante foi a definição de um período de defeso (15 de novembro a 15 de março) que protege as espécies de tucunaré ao mesmo tempo em que contribui para o recebimento de benefícios sociais aos pescadores. Esse acordo está mais restritivo que o primeiro, não apenas na definição dos tamanhos de captura, entre 30 e 55 cm, como também no estabelecimento de cotas de captura (Tabela 1).

Tabela 1. Comparativo das duas Instruções Normativas do Acordo de Pesca no reservatório da UHE Balbina, Amazonas, Brasil

	IN IBAMA n.45/2007	IN SDS/AM n. 001/2014
D.O.U.	25/09/2007	16/06/2014
Vigência	25/09/2009	Indeterminada
Período de defeso	01/08 a 30/11	15/11 a 15/03
Cota pesca amadora	10 kg de peixe mais um exemplar por embarcação	5 kg por embarcação*
Cota subsistência	10 kg/dia	15 kg/semana
Cota comercial	inexistente	250 kg/semana, não acumulativo*
Tamanho mínimo de captura	30 cm	30 cm
Tamanho máximo de captura	inexistente	55 cm
Apetrechos permitidos	linha de mão, caniço simples, molinete, anzol e currico	linha de mão, caniço simples, molinete, carretilha, fly, anzol, currico, com uso de isca natural e artificial
Apetrechos proibidos	malhadeira	malhadeira, zagaia, arpão e pesca de mergulho

*Durante o período do defeso a cota é zero. Fonte: Horie et al. Participação social na gestão dos recursos pesqueiros: 10 anos de ordenamento da pesca do tucunaré *Cichla* spp. (Perciformes: Cichlidae) no reservatório da hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil. VIII CBUC – Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, 12 pp., Set/2015, Curitiba-PR.

O gênero *Cichla* abrange quinze espécies, das quais cinco são relativamente bem conhecidas: *Cichla intermedia*, *Cichla monoculus*, *Cichla ocellaris*, *Cichla orinocensis* e *Cichla temensis* (KULLANDER; FERREIRA, 2006). Pertence à família Cichlidae, uma das famílias de peixes teleósteos mais diversa, com aproximadamente 1.300 espécies já registradas e um total estimado em cerca de 1.900 espécies (KULLANDER, 1998). As espécies desse gênero estão amplamente distribuídas nas bacias dos rios Amazonas, Tocantins, Orinoco, e nos rios menores que drenam as Guianas até o oceano Atlântico. Com a translocação de espécies de peixes de água doce na América do Sul, espécies de *Cichla* são encontradas nos rios Paraná, no Paraguai e Brasil, e nos rios Paraíba do Sul e Paraguaçu, no Brasil (KULLANDER; FERREIRA, 2006). Essas espécies estão entre os principais recursos pesqueiros da América do Sul (HOEINGHAUS et al., 2003) devido à sua abundância natural, alta aceitação, em razão da qualidade da carne e por ser apropriado à pesca esportiva.

O tucunaré é um ciclídeo adaptado a ambientes lênticos, áreas litorâneas de lagos e bancos de areia no canal principal dos rios, alimenta-se, preferencialmente, de peixes pequenos e invertebrados grandes (GOULDING, 1980; WINEMILLER et al., 1997; KULLANDER, 2003), apresenta hábito diurno e possui cuidados parentais, constrói ninhos e protege a prole. Horie (2013) identificou que os machos de *Cichla vazzoleri* do reservatório de Balbina parecem maturar com tamanhos menores que as fêmeas e que a reprodução ocorreu o ano todo, com pico entre outubro e janeiro. Campos et al. (2015), em estudo realizado para estimar a idade e o crescimento do tucunaré *Cichla temensis* do Médio rio Negro, indicaram que o período de maior atividade reprodutiva dessa espécie ocorreu no período de vazante do rio. Ambos os estudos corroboraram com os resultados dos trabalhos de Fontenele (1950), Montaña et al. (2007) e Muñoz et al. (2006) que afirmaram que os picos de desova ocorrem entre junho e dezembro.

O tucunaré *Cichla vazzoleri* é uma espécie distribuída na América do Sul, em poucas regiões do Brasil, com presença registrada na região de Oriximiná, na foz do Rio Cuminá, nos rios Uatumã e Trombetas, além do reservatório de Balbina. Embora encontrado em corredeira tanto no rio Uatumã quanto no rio Trombetas, também está presente na parte inferior desse último, principalmente em terras baixas. Não há conhecimento da distribuição dessa espécie em outros rios, porém não se pode concluir que essa seja a sua distribuição total (KULLANDER; FERREIRA, 2006). Ele possui coloração amarelo ouro, olhos vermelhos e barras negras verticais

não contínuas, carrega um mapa no opérculo e suas nadadeiras (superior e caudal) são azuladas. O ocelo caudal pode ou não ser único (Figura 1). Os peixes adultos medem, aproximadamente, 70 cm de comprimento e peso médio entre 6 a 7 kg.

Figura 1. Tucunaré *Cichla vazzoleri*



Fonte: Kullander e Ferreira (2006).

Entretanto, apesar da importância dos tucunarés para as pescarias no reservatório da UHE Balbina, ainda são incipientes as informações sobre a dinâmica dessas populações. Pode-se destacar o estudo de Freire e Freitas (2013) que teve como objetivo estimar os parâmetros da curva de crescimento e as taxas de mortalidade da população do tucunaré paca (*Cichla temensis*), o trabalho de Horie (2013) que estimou os parâmetros reprodutivos, caracterizou a estrutura da população e avaliou a abundância de *Cichla vazzoleri* e, o estudo de Castro (2017) que caracterizou e comparou as características fisiológicas de *Cichla monoculus*, *Cichla temensis* e *Cichla vazzoleri*. Além do mais, faz vinte anos que Santos e Oliveira Jr. (1999) descreveram a atividade pesqueira no reservatório.

Diante ao exposto, para que se alcance uma gestão apropriada da pesca no reservatório, é importante que se tenha conhecimento dos aspectos socioeconômicos e tecnológicos que norteiam a atividade. De acordo com Agostinho et al. (2007), visto que os estoques pesqueiros em reservatórios apresentam grandes flutuações, naturais ou não, e as estratégias e esforços aplicados também são variáveis, o monitoramento é uma ferramenta indispensável para acompanhar a condição dos estoques e de sua exploração, bem como avaliar as ações de manejo e subsidiar mudanças de estratégia. O monitoramento deve ser contínuo e, além do desembarque da

pesca, deve-se monitorar os tamanhos e os estádios de reprodução do pescado capturado, as estratégias de pesca e a estrutura física, e conhecer as características das comunidades pesqueiras envolvidas. Portanto, em virtude de a pesca representar grande relevância na vida das populações que vivem no entorno do reservatório de Balbina, é imprescindível conhecer o panorama atual da atividade. À vista disso, procurou-se investigar se: **a pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina é sustentável?**

Com base nessa formulação do problema de pesquisa, foi definida a seguinte hipótese: **a forma de exploração do estoque de tucunaré *Cichla vazzoleri*, realizada pela frota comercial, no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina não proporciona a sustentabilidade ecológica e econômica a médio e longo prazo.**

Nesse contexto, o objetivo geral da tese foi analisar a pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, através da caracterização e análise dos aspectos estruturais e socioeconômicos e modelagem ecossistêmica da atividade. Visando futuramente servir de subsídio para outros estudos, bem como estabelecer um modelo alternativo para estimar o que pode vir a ocorrer com a pesca e, dessa forma, contribuir para resolução de problemas de manejo pesqueiro nessa região.

A tese é composta por quatro capítulos em forma de artigos. O **Capítulo I** apresenta uma caracterização da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no reservatório, a partir do perfil socioeconômico dos pescadores, características das embarcações, características das pescarias por período cheia e seca, custos, dificuldades, benefícios e sugestões de melhorias relacionadas à atividade.

O **Capítulo II** buscou identificar as variáveis socioeconômicas que influenciam a percepção dos pescadores em relação as estratégias de manejo adotadas no lago do reservatório. Portanto, além de apresentar informações sobre os aspectos socioeconômicos, também descreve sobre a conscientização, participação e melhorias sugeridas pelos pescadores em relação ao acordo de pesca vigente.

O **Capítulo III** traz a identificação dos fatores socioeconômicos que influenciam a captura e os custos da atividade, além de ter sido estimado o número de viagens que poderia otimizar o lucro dos pescadores.

No **Capítulo IV**, a partir dos resultados dos três capítulos anteriores, foi avaliada a sustentabilidade ecológica e econômica da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri*. Em razão disso, foi construído um modelo ecossistêmico referente às características da atividade pesqueira e do estoque explorado, em seguida foram simulados dois cenários com alterações nas características do sistema.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; SUZUKI, H.I.; JÚLIO JÚNIOR, H.F. Migratory fish from the upper Paraná River basin, Brazil. In: CAROLSFELD, J.; HARVEY, B.; ROSS, C.; BAER, A.; ROSS, C. Migratory Fishes of South America: biology, social importance and conservation status. Victoria: World Fisheries Trust: The World Bank: International Development Research Centre, p.19–99, 2003.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; PELICICE, F.M. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: EDUEM, 502 p., 2007.
- BARRETO, P.; BRANDÃO JR., A.; MARTINS, H.; SILVA, D.; SOUZA JR., C.; SALES, M.; FEITOSA, T. Risco de Desmatamento Associado à Hidrelétrica de Belo Monte. Belém, PA, Brazil: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON), 98 pp., 2011.
- BENCHIMOL, M.; PERES, C.A. Widespread forest vertebrate extinctions induced by a mega hydroelectric dam in lowland Amazonia. PLoS ONE 10, e0129818, 2015.
- CAMPOS, C.P.; FREITAS, C.E.C; AMADIO, S. Growth of the *Cichla temensis* Humboldt, 1821 (Perciformes: Cichlidae) from the middle rio Negro, Amazonas, Brazil. Neotropical Ichthyology (Online), v. 13, n. 2, p. 413-420, 2015.
- CANÃS, A.R.P.A. Conflitos Silenciosos: A Pesca Amadora no lago de Balbina, Presidente Figueiredo, Amazonas. 150 f. Dissertação de Mestrado – UFAM, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, Manaus, 2012.
- CASTELLO, L.; MACEDO, M.N. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. Global Change Biology, v. 22, p. 990-1007, 2016.

- CASTRO, P.D.S. Parâmetros fisiológicos de três espécies de tucunaré (*Cichla* spp.) do lago de Balbina, Presidente Figueiredo, Amazonas. Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) - Universidade Federal do Amazonas, 54 p., 2017.
- DUGAN, P.J.; BARLOW, C.; AGOSTINHO, A.A.; BARAN, E.; CADA, G.F.; CHEN D.; COWX, I.G.; FERGUSON, J.W.; JUTAGATE, T.; MALLEEN-COOPER, M.; MARMULLA, G.; NESTLER, J.; PETRERE, M.; WELCOMME, R.L.; WINEMILLER K.O. Fish migration, dams, and loss of ecosystem services in the Mekong Basin. *AMBIO*, v. 39, n. 4, p. 344-348, 2010.
- FEARNSIDE, P. M. Social Impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management*, v. 24, n. 4, p. 483-495, 1999.
- FEARNSIDE, P.M. Impacts of Brazil's Madeira River Dams: Unlearned Lessons for Hydroelectric Development in Amazonia. *Environmental Science and Policy*, v. 38, p. 164-172, 2014.
- FEARNSIDE, P.M. A Hidrelétrica de Balbina: O faraonismo irreversível versus o meio ambiente na Amazônia. p. 97-125. In: *Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras*. v. 1. Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brasil, 296 pp., 2015.
- FEARNSIDE, P.M. Environmental and social impacts of hydroelectric dams in Brazilian Amazonia: Implications for the aluminum industry. *World Development* 77: 48- 65. (online version published 12 September 2015), 2016.
- FERREIRA, E.J.G. Composição, distribuição e aspectos ecológicos da ictiofauna de um trecho do rio Trombetas, na área de influência da futura UHE Cachoeira Porteira, Estado do Pará, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 23, (1-4; supl.), p. 1-88, 1993.
- FONTENELE, O. Contribuição para o conhecimento da biologia dos Tucunarés (*Actionopterygii*, Cichlidae) em cativeiro. Aparelho de reprodução. Hábitos de desova e incubação. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 10, p. 503-519, 1950.
- FORSBERG, B.R.; KEMENES, A. Parecer técnico sobre estudos hidrobiogeoquímicos, com atenção específica à dinâmica do mercúrio (Hg). In: *Pareceres Técnicos dos Especialistas Setoriais — Aspectos Físicos/Bióticos. Relatório de Análise do Conteúdo dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau no Rio Madeira, Estado de Rondônia*. Porto Velho, Rondônia, Brazil: Ministério Público do Estado de Rondônia, Parte B, Vol. I, Parecer 2, pp. 1-32., 2006.
- FREIRE, G.; FREITAS, C.E.C. Crescimento e mortalidade de *Cichla temensis* do reservatório de Balbina, Amazônia Central. *Scientia Amazonia*, v. 2, p. 13-19, 2013.

FREITAS, C.E.C.; RIVAS, A.A.F.; NASCIMENTO, F.A.; SIQUEIRA-SOUZA, F.K. The effects of sport fishing growth on behavior of commercial fishermen in Balbina reservoir", Amazon, Brazil. *Environment, Sustainability and Development*, v. 10, p. 157-165, 2008.

GOODLAND, R.J.A.; JURAS, A.; PACHAURI, R. Can hydro-reservoirs in tropical moist forest be environmental sustentable? *Environmentally Conservation*, v. 20, n. 2, p. 122-130, 1993.

GOULDING, M. The fishes and the forest: explorations in Amazonian natural history. California, University of California Press, XI+280 pp., 1980.

HALLS, A.; KSHATRIYA, M. Modeling the cumulative barrier and passage effects of mainstream hydropower dams on migratory fish populations in the lower Mekong Basin. Technical Rep. No. 31, Vientiane, Lao PDR: Mekong River Commission, 2009.

HOEINGHAUS, D.J.; LAYMAN, C.A.; ARRINGTON, D.A. E; WINEMILLER, K.O. Movement of *Cichla* species (Cichlidae) in a Venezuelan floodplain river. *Neotropical Ichthyology*, v. 1, n. 2, p. 121-126, 2003.

HORIE, C. A. C. Biologia reprodutiva e estrutura da população do tucunaré *Cichla vazzoleri* (Perciformes: Cichlidae) no reservatório da hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil. 76 f. Dissertação de Mestrado – INPA, Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, Manaus, 2013.

HORIE et al. Participação social na gestão dos recursos pesqueiros: 10 anos de ordenamento da pesca do tucunaré *Cichla* spp. (Perciformes: Cichlidae) no reservatório da hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil. *Anais... CBUC*, 2015. v. 8.12 pp.

KAHN, J.R.; FREITAS, C.E.; PETRERE, M. False shades of green: the case of Brazilian Amazonian hydropower. *Energies*, v. 7, p. 6063-6082, 2014.

KASHIMA, Y.; AKAGI, H.; KINJO, Y.; MALM, O.; GUIMARÃES, J.R.D.; BRANCHES, F.; DOI, R. Selenium and mercury concentrations in fish from the lower Tapajos River and the Balbina Reservoir, Brazilian Amazon. In: 6th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (ICMGP). Oct. 15-19, 2001, Minamata, Japan., p. 280. Minamata, Japan: ICMGP.

KULLANDER, S.O. A phylogeny and classification of the South American Cichlidae (Teleostei: Perciformes). p. 461-498, In: MALABARBA, L.R.; REIS, R.E.; VARI, R.P.; LUCENA, Z.M.S.; LUCENA, C.A.S. (Eds.). *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. Edipucrs, Porto Alegre, 1998.

KULLANDER, S.O. Family Cichlidae. In: REIS, R.E., KULLANDER, S.O., FERRARIS, C.J. (Eds.), *Checklist of the Freshwater Fishes of South America*. Edipucrs. Porto Alegre, Brazil, p. 605–654, 2003.

KULLANDER, S.O; FERREIRA, E.J.G. A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, v. 17, p. 289-398, 2006.

MONTAÑA, C.; TAPHORN, D.; LAYMAN, C.; LASSO, C. Distribución, alimentación y reproducción de tres especies de pavones *Cichla* spp. (Perciformes, Cichlidae) en la cuenca baja del río Ventuari, Estado Amazonas, Venezuela. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales, v. 165, p. 83-102, 2007.

MUÑOZ, H.; VAN DAMME, P.A., DUPONCHELLE, F. Breeding behaviour and distribution of the tucunaré *Cichla* aff. *monoculus* in a clear water river of the Bolivian Amazon. Journal of Fish Biology, v. 69, n. 4, p. 1018-1030, 2006.

OLDANI, N.O.; BAIGÚN, C.R.M.; NESTLER, J.M.; GOODWIN, R.A. Is fish passage technology saving fish resources in the La Plata River basin? Neotropical Ichthyology, v. 5, n. 2, p. 89-102, 2007.

SANTOS, G.M. Impacto da hidrelétrica Samuel sobre as comunidades de peixes do rio Jamari (Rondônia, Brasil). Acta Amazonica, 23(3/4): 246-280, 1995.

SANTOS, G.M.; OLIVEIRA Jr., A.B. A pesca no reservatório da hidrelétrica de Balbina (Amazonas, Brasil). Acta Amazônica, Manaus, v. 29, n. 1, p. 145-163, 1999.

SANTOS, R.E.; PINTO-COELHO, R.M.; FONSECA, R.; SIMÕES, N.R.; ZANCHI, F.B. The decline of fisheries on the Madeira River, Brazil: The high cost of the hydroelectric dams in the Amazon Basin. Fisheries Management and Ecology, v. 25, n. 5, p. 380-391, 2018.

TIMPE, K.; KAPLAN, D. The changing hydrology of a dammed Amazon. Science Advances, v. 3, p. 1-13, 2017.

WINEMILLER, K.O.; TAPHORN, D.C.; BARBARINO-DUQUE, A. Ecology of *Cichla* (Cichlidae) in two blackwater rivers of Southern Venezuela. Copeia, p. 690-696, 1997.

WINEMILLER, K.O., MCINTYRE, P.B.; CASTELLO, L.; FLUET-CHOUINARD, E.; GIARRIZZO, T.; NAM, S.; BAIRD, I.G.; DARWALL, W. et al. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. Science American Association for the Advancement of Science, v. 351, p. 128-129, 2016.

ZARFL, C.; LUMSDON, A.E.; BERLEKAMP, J.; TYDECKS, L.; TOCKNER, K. A global boom in hydropower dam construction. Aquat. Sci., v. 77, p. 161-171, 2015.

CAPÍTULO I

Structural and socioeconomic aspects of the peacock bass *Cichla vazzoleri* fishery performed in a large hydroelectric reservoir of the Amazon Basin

Artigo submetido à revista: Environment, Development and Sustainability
ISSN versão impressa: 1387-585X
ISSN versão online: 1573-2975
Frequência: Bimestral
Fator de Impacto: 1,379

Structural and socioeconomic aspects of the peacock bass *Cichla vazzoleri* fishery performed in a large hydroelectric reservoir of the Amazon Basin

Sandrelly Oliveira Inomata^{1*}, James Randall Kahn^{1;2}, Carlos Edwar de Carvalho Freitas¹

¹Department of Fishery Science, Universidade Federal do Amazonas, Av. Rodrigo Otávio 3000, Manaus, AM 69077-000, Brazil.

²Environmental Studies Program/Economics Department, Washington and Lee University, Hokekamp Hall 206, Lexington, VA 24450, USA.

*Author to whom correspondence should be addressed; e-mail: inomatasandrelly@gmail.com

ABSTRACT

The execution of a reservoir for the production of electric energy substantially affects the daily lives of the populations living in the area, mainly those of the fishers who exploit the fishing resources in the barred river. Nevertheless, these populations and the impact on them have been little considered in the decision making on the construction of the dam. Currently, commercial fishing is of great importance for the population living around the Balbina reservoir, built about 30 years ago. However, the information regarding the activity is still incipient. The objective of this study is to identify the structural and socioeconomic aspects of commercial fishing of the tucunaré *Cichla vazzoleri*, in order to contribute to the management of fishing in the reservoir. Sixty fishers were interviewed using a semi-structured questionnaire with questions about the socioeconomic aspects of the fishers, and about the fishing of the tucunaré *Cichla vazzoleri*, the main exploited species. The results showed that most of the fishers were male, and few reported being under 30 years old. Their level of education was low, and everyone was affiliated with some Fishers' Association. The fishers owned the small boats and fishing gear that were employed in the activity, and they financed their fisheries themselves. However, it was observed that income supplementation was very important, because the income from fishing was low and variable, being subject to the seasonal behavior of the reservoir level and the market price established by the commercial intermediaries.

Keywords: artisanal fishing, economic aspects, tucunaré-açu, fishery production, Amazonas.

INTRODUCTION

The implementation of large infrastructure projects, such as hydroelectric plants, has been affecting the planet's large river basins, such as the Amazon, Mekong and Congo, which jointly contain 18% of the global freshwater fish diversity but are some of the regions with the highest environmental vulnerability (ZARFL et al., 2015; WINEMILLER et al., 2016). Although hydroelectric power is normally presented as clean energy, the environmental impacts of these projects can result in substantial loss of biodiversity (CASTELLO; MACEDO, 2016), changes in the flows of ecological services (KAHN et al., 2014), as well as sociocultural impacts because these projects have not prioritized the needs of the human populations in the areas where they are

implemented (FERREIRA et al., 2014; LIMA et al., 2015), thus, affecting substantially the fishers who are excluded from the decision-making regarding the planning of the hydroelectric dams (DORIA et al., 2017).

The Amazon has become the last hydroelectric frontier due to the depletion of hydropower potential in other regions of Brazil (DORIA et al., 2017). In this region, it is planned to build a large number of small and large dams. At least 334 new dams were proposed (WINEMILLER et al., 2016), of which 154 large hydroelectric dams are in operation and 21 under construction (CASTELLO; MACEDO, 2016). The Balbina HPP, built in the 1980s and considered to be the largest, has been heavily criticized for its high cost, estimated at US\$ 1.0 billion, for its very low energy yield in relation to the huge area that was flooded (FEARNSIDE, 1990; GOODLAND et al., 1993; KAHN et al., 2014), its impact on the hydrological regime (TIMPE; KAPLAN, 2017), and the environmental and social damages it has created (FREITAS et al., 2008).

After its construction and the appearance of the lake, there was a change in the populations of some species of fish; the tucunarés became more abundant, which led to the formation of a community of fishers established by approximately 300 fishers in 1992. The following year, a historical, maximum production of 706 tons was recorded (SANTOS; OLIVEIRA Jr., 1999). Fishers from other localities migrated to the reservoir and began to compete with subsistence fishers and indigenous groups, creating conflicts that were neglected by federal and state management agencies (FREITAS et al., 2008). During the first years of the reservoir, *Cichla monoculus* was the most captured species, about 90% of the total production (SANTOS; OLIVEIRA Jr., 1999). Currently, *Cichla vazzoleri* is the most abundant species (HORIE, 2013), as possibly the intense exploitation of the *Cichla monoculus* may have led to decreased stock.

Several studies have been devoted to describing commercial fishing in different locations in the Amazon (PETRERE, 1985; BAYLEY; PETRERE, 1989; BATISTA, 2003; ALMEIDA et al., 2003; GONÇALVES; BATISTA, 2008; ISAAC et al., 2008; INOMATA; FREITAS, 2011; BATISTA; ISAAC, 2012; CARDOSO; FREITAS, 2012; ALMEIDA et al., 2012; DORIA et al., 2012; INOMATA; FREITAS, 2015a; INOMATA; FREITAS, 2015b; LOPES et al., 2016; ZACARDI et al., 2017); however, little is known about the activity in reservoirs. These knowledge gaps impede the development of solid fisheries management strategies, which could

prevent ecological and socioeconomic losses. The objective of this study is to identify the structural and socioeconomic aspects of the commercial fishing of the tucunaré *Cichla vazzoleri* in the reservoir of the Balbina Hydroelectric Power Plant, in order to support the proposal of strategies for sustainable fisheries management.

MATERIAL AND METHODS

Ethics statement

The study was approved by the Human Research Ethics Committee of the Federal University of Amazonas (CAAE number 61615716.3.0000.5020). A free informed consent form detailing information, research objectives, how data would be used, and specifying the right to withdraw information at any time, and the guarantee of anonymity, was verbally translated to participants.

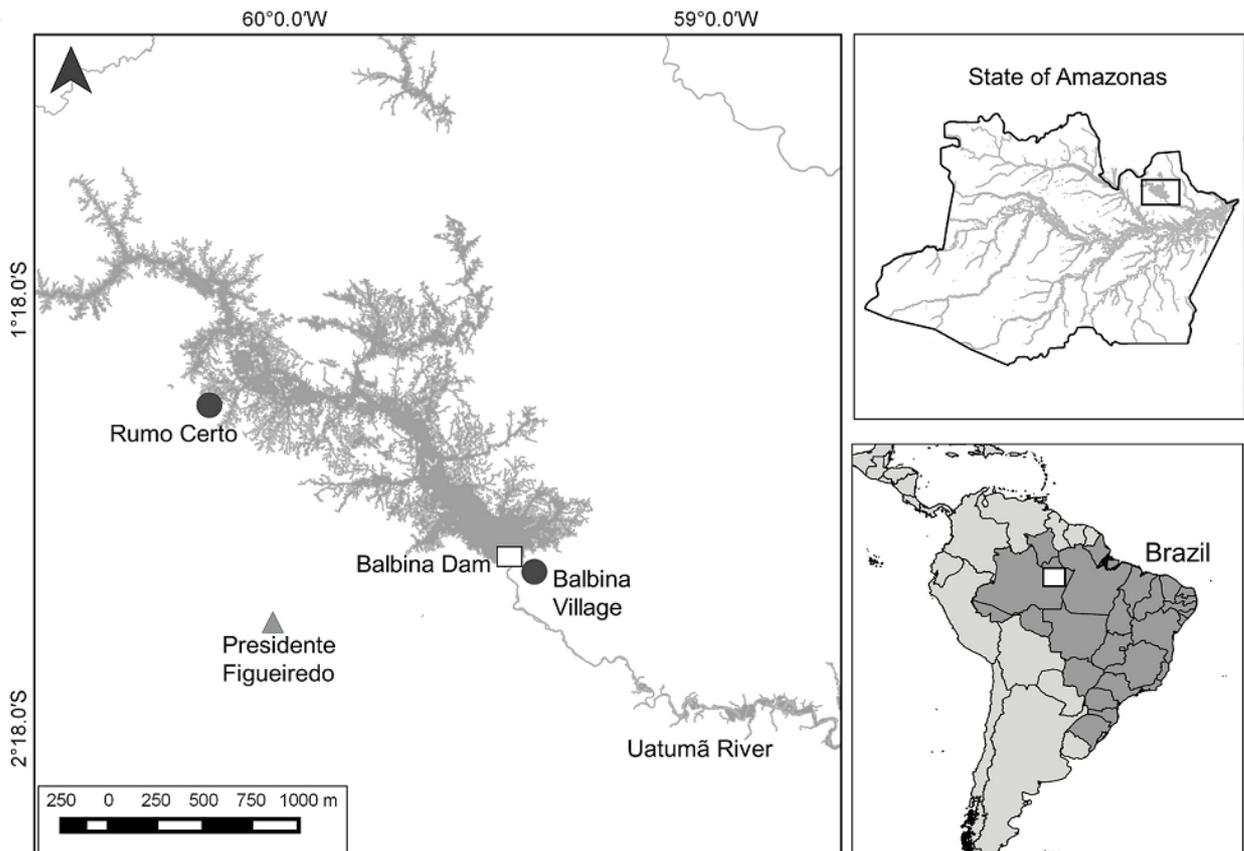
Study area

The Balbina hydroelectric power plant is located in the Uatumã river, Balbina district, Presidente Figueiredo municipality, State of Amazonas, about 155 km north of the capital Manaus (Figure 1). The dam was closed in 1987, and the hydroelectric plant started operating in 1989, with an average elevation of 50.0 m, the maximum normal upstream of 51.0 m, and downstream of 27.4 m. The reservoir has an area of 2,360 km², with a cumulative total volume of 17.5 billion m³ and a nominal capacity of 250 MW. In 1990, the Uatumã River Biological Reserve - REBIO was created, with the objective of protecting the fauna and flora of the Uatumã and Jatapu Rivers. It is located on the left margin of the reservoir, covering the municipalities of São Sebastião do Uatumã, Urucará and Presidente Figueiredo.

In the region, there are small riverside communities and some urbanized areas such as the District of Balbina and the seat of the municipality of Presidente Figueiredo. The village of Balbina is located 13 km from the dam and was created because of the construction of the plant in the 80's. The population is estimated at three thousand inhabitants, and a portion of the population fishes to support itself. Some fishers are former employees of the plant during its construction while others come from communities downstream of the plant. Rumo Certo is the name given to the unpaved connection to the highway that gives access to the communities Boa União and Novo Rumo, built on the margins of the reservoir, which together have a population

comparable to that of the village of Balbina. The communities are a concentration of farming families that also engage in fishing as an economic activity.

Figure 1. Map of Balbina Hydroelectric Power Plant (HPP), Amazonas, Brazil



Data collection

Primary data on the socioeconomic characteristics of commercial fishing were collected through a semi-structured questionnaire applied during interviews with fishers (Annex I), between June 2016 and June 2017, and residents of the communities of Rumo Certo and village of Balbina. Secondary data were obtained in the Fishers' Association (i.e., number registered commercial fishers).

The questionnaire addressed information on:

- i) Socioeconomic profile of fishers: schooling, length of time fishing, closed season subsidy (*seguro defeso*), other government benefits, complementary activities;

- ii) Physical characteristics of the boat: type, length, storage capacity and motor's horsepower;
- iii) Fishing characteristics for the flood and dry seasons: fishing locations, number of crew members, dates of departure and arrival of the expedition, hours of fishing, quantity caught, fishing gear, destination of the fish, and revenue;
- iv) Fixed costs: consisting of the maintenance of the boat and fishing gear, and the fishers' association fee;
- v) Variable costs: consisting of the costs of fuel, oil, ice, provisions for the fishing trips, and freight.
- vi) Costs to initiate the activity: average costs for acquisition of fishing gear, styrofoam boxes, boat, motor, and;
- vii) Difficulties, benefits, and suggestions for improvements related to the activity.

Data analysis

The data were kept on a spreadsheet and analyzed using descriptive statistics to calculate the frequency of occurrence and determine the measures of central tendency and dispersion of the data (ZAR, 1999).

Fishing effort was calculated according to Petreire Jr. (1978), who indicated the best unit for fishing in the Amazon region was the number of fishers in a crew multiplied by the number of fishing days.

Revenue: fishing revenue (R) was estimated as the number of fish caught (Q) multiplied by the average sales price of the fish (P) (R\$ 1.00), or $R = Q * P$.

Profit: defined as the total revenue minus the total costs and was estimated by deducting fixed and variable costs from income during the flood and dry periods, i.e., $P = R - (FC + VC)$.

Costs Calculation

For the economic study of the total costs of fishing expeditions, the following cost categories were considered:

- i) Fixed costs: those that do not change in value in case of increase or decrease of fishing effort, occurring every month regardless of the quantity produced. The fishers reported the estimated value for the maintenance of the boat (MBoat) and fishing gear (MFgear),

which allowed the determination of the mean values. The depreciation (*Dep*) was calculated considering the price and service life. They also reported the value of the fishers' association fee (*Fee*). Therefore, the fixed cost value was given by $FC = CM_{Boat} + CM_{Fgear} + C_{Dep} + C_{Fee}$;

- ii) Variable costs: those that vary proportionally according to the level of production or activities, their values depend directly on the volume of production. It was defined as: costs of fuel (*Fuel*), ice (*Ice*), oil (*Oil*), freight (*Fre*) and provisions for the fishing trips (*Prov*), therefore $VC = C_{Fuel} + C_{Ice} + C_{Oil} + C_{Fre} + C_{Prov}$;

RESULTS

The municipality of Presidente Figueiredo had 112 fishers in 2017, of which 80 were participating in the monitoring of the fishing landing conducted by the Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio (2017). In this study, it was possible to interview a total of 60 fishers, more than 50% of the total registered, of whom 27 fishers came from the communities of Rumo Certo and 33 from the village of Balbina.

Socioeconomic Profile

The predominant age group in the Rumo Certo area was 40 to 50 years (37.0%) and in Balbina, it was between 30 and 40 years (36.4%). The results showed that there was a low participation (3.0%) of younger fishers, aged between 20 and 30 years, in the Balbina Reservoir fishing (Figure 2A).

Most of the fishers interviewed, both in Rumo Certo and in Balbina, were male, 81.5% and 84.8%, respectively. However, the participation of women may be more representative, as some fishers reported that their female partners participated in the fisheries.

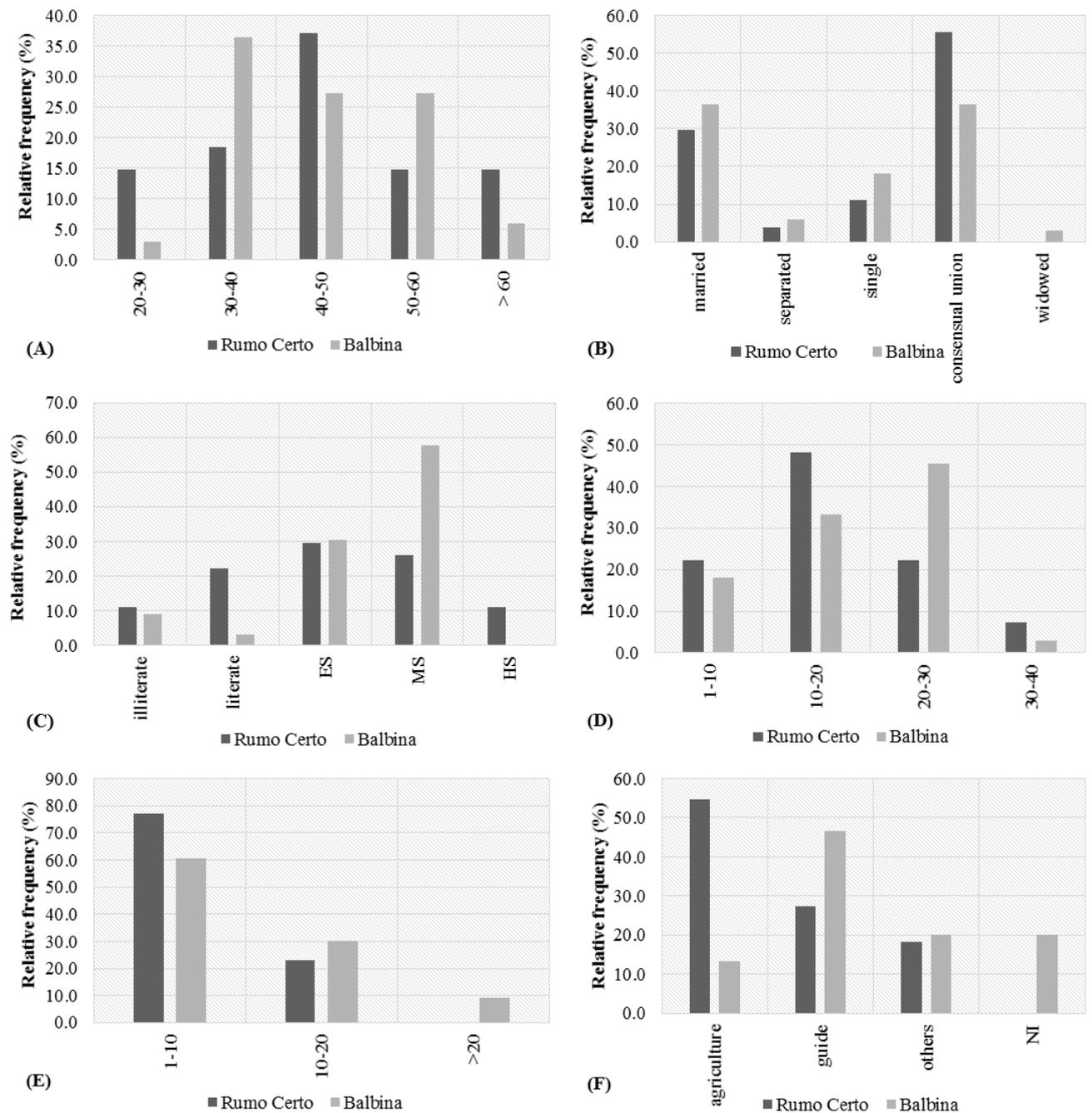
As for marital status, 55.6% of Rumo Certo fishers reported that they were in a consensual relationship. In Balbina, the same percentage occurred for both those who declared themselves married (36.4%) and those who were in a consensual relationship (36.4%) (Figure 2B). The predominant educational level declared by the fishers of Rumo Certo was elementary school (29.6%) and in Balbina, middle school (57.6%). Despite the high percentage of fishers who studied in middle school in Balbina, no fisher had started or graduated from high school.

This is contrary to what happened in the Rumo Certo, where 11.1% reported having attended some years of high school (Figure 2C).

As regards fishing time, 44.4% of the fishers in the Rumo Certo worked between 10 and 20 years. In Balbina, the majority (45.5%) were active between 20 and 30 years (Figure 2D). Furthermore, the level of membership in the Presidente Figueiredo Z-6 Fishers' Association was high: 65.4% in the Rumo Certo and 84.8% in Balbina. However, 34.6% and 15.2% of Rumo Certo and Balbina fishers, respectively, were affiliated with the Sindpesca. In both locations, a greater number of fishers (76.9% and 57.6%) had been affiliated with these associations for a maximum of 10 years (Figure 2E).

Most of the fishers of Rumo Certo (81.5%) did not engage in commercial fishing as an exclusive activity. They declared that agricultural activity was the predominant complementary activity (54.5%) (Figure 2F). In Balbina, 45.5% reported that they were engaged in other activities, mainly as guides for sport fishing (46.7%).

Figure 2. (A) age group; (B) marital status; (C) level of education; (D) time employed as fishers; (E) time of affiliation in Fishers' Association, and; (F) other complementary activities of the commercial fishers of the reservoir of Balbina HPP



Source: Authors (2018).

*ES = Elementary School; MS = Middle School; HS = Incomplete High School.

In the Rumo Certo, 63.0% of the fishers reported that were receiving the closed season subsidy (*seguro defeso*). The majority (58.8%) had been receiving this benefit between 5 and 10 years. In Balbina, 97.0% of the fishers received the *seguro defeso*, and the majority (43.8%)

reported that they had been receiving the benefit for a maximum of 5 years. In the Rumo Certo, 33.3% of the fishers received other benefits from the government. Of these, three received retirements, with values varying between R\$ 788.00 and R\$ 1,300.00 per month, and six reported receiving the *bolsa-familia*, with monthly amounts varying from R\$ 77.00 to R\$ 362.00. In Balbina, 15.2% received the *bolsa-familia* monthly, with values from R\$ 130.00 to R\$ 446.00.

Physical Characteristics of Boats

All fishers were the owners of their boats. The fishing fleet consisted of canoes, and there was practically no variation in the size of the boats between the localities. In the Rumo Certo, the average total length of the canoes was 6.3 (± 0.69) meters, with an amplitude varying between 5.0 and 8.0 meters. In Balbina, the canoes had an average total length of 6.2 (± 1.7) meters, with an amplitude between 4.5 and 10.2 meters.

The boats that were sampled in the Rumo Certo had engines with a capacity ranging between 4.5 and 15 HP, and in Balbina, ranging from 4.0 to 22 HP. In both locations, the most frequently used engines had 5.5 HP (63.0% in the Rumo Certo, and 48.5% in the Balbina).

Characteristics of fisheries

Exploited environments

The fishers exploited several fishing spots. In the Rumo Certo, Coatá (23.6%), Capinzal (22.2%), and Palhal (19.4%) were the most exploited throughout the study (Table 1). The main fishing spots mentioned by the Balbina fishers were the same in the flood (Caititu 28.6%, Chapéu Virado 24.7% and Nazaré 18.2%) and in the dry seasons (Chapéu Virado 32.8%, Caititu 26.6% and Nazaré 15.6%). The time of travel to these fishing sites ranged from about 35 minutes to more than 7 hours (Table 1).

Table 1. Frequency of citation of the exploited fishing sites and mean time of round trip for each area during the periods of flood and dry in the Rumo Certo and Balbina

RUMO CERTO							
FLOOD				DRY			
Fishing sites	%	Hours to go	Hours to return	Fishing sites	%	Hours to go	Hours to return
Coatá	23.6	1:50	1:50	Coatá	28.6	2:24	2:24
Capinzal	22.2	3:35	3:40	Capinzal	21.4	4:00	4:02
Palhal	19.4	1:30	1:45	Palhal	14.3	2:22	2:22
Caititu	8.3	4:45	4:50	Pedral	12.5	1:25	1:25
Pedral	8.3	0:55	1:00	Caititu	5.4	6:00	6:10
Taboca	6.9	2:35	2:35	Nazaré	5.4	3:50	3:50
St Antônio	4.2	0:35	0:45	St Antônio	5.4	1:00	1:00
Ig Preto	2.8	4:00	4:00	Taboca	3.6	3:30	3:30
Jabuti	2.8	3:00	3:00	Igarapé Preto	1.8	1:30	2:00
Nazaré	1.4	3:30	3:30	Ilha do Andrade	1.8	4:00	4:00

BALBINA							
FLOOD				DRY			
Fishing sites	%	Hours to go	Hours to return	Fishing sites	%	Hours to go	Hours to return
Caititu	28.6	3:55	3:55	Chapéu Virado	32.8	2:57	2:57
Chapéu Virado	24.7	2:15	2:15	Caititu	26.6	4:47	4:47
Nazaré	18.2	5:50	5:50	Nazaré	15.6	6:54	6:54
Capinzal	5.2	5:15	5:15	Mão Branca	6.3	6:15	6:15
Embaubal	5.2	5:15	5:15	Capinzal	4.7	7:00	7:00
Ilha do Batata	5.2	4:20	4:20	Coatá	3.1	7:15	7:15
Mão Branca	5.2	4:00	4:00	Embaubal	3.1	5:00	5:00
Coatá	2.6	6:15	6:15	Ilha do Batata	3.1	6:00	6:00
Ilha do Relógio	2.6	4:15	4:15	Limão	3.1	3:45	3:45
Limão	2.6	3:00	3:00	Bacaba	1.6	5:30	5:30

Fishing gear

There was little variation in the frequency of the use of fishing gear during the flood and dry seasons, both in the Rumo Certo and in Balbina. The most used fishing gear was the hand-line. The nylon lines used were 40, 50, 60, 70 and 80, and the fishhooks used ranged from numbers 2 to 13. Fishers from both locations reported that they took the same amount of fishing gear regardless of the period. Therefore, in Rumo Certo, they took on average 20 fishhooks, 12 artificial baits (jig and half water) and 6 hand-lines. In Balbina, they took on average 28 fishhooks, 6 artificial baits (jig and half water) and 3 hand-lines.

Table 2. Description and relative frequency of the use of fishing gear in the catch of tucunaré *Cichla vazzoleri* carried out by commercial fishers of Rumo Certo and Balbina during the flood and dry seasons

Fishing gear	Description	RUMO CERTO		BALBINA	
		Frequency (%)			
		Flood	Dry	Flood	Dry
Fishing reel	Fishing equipment used to launch and pull the line mechanically by a coil fixed to a vertical axis.	5.2	4.1	0.0	0.0
Artificial bait	Made with different materials (wood, iron, plastic, etc.). They are imitations of small fish, crustaceans, and mollusks.	18.2	19.2	25.7	31.7
Hand-line	Monofilament or multifilament nylon line, of different calibers, attached to a fishhook with live bait (caracídeos) or artificial baits.	57.1	58.9	73.0	68.3
Gillnet	Nylon monofilament gillnet of varied dimensions and sizes.	0.0	0.0	1.4	0.0
Fishing rod	Fishing gear made mainly of natural material but may be of a synthetic material, in which a line and a hook are attached, may contain buoy or lead.	19.5	17.8	0.0	0.0
		100	100	100	100

Fishing Effort and Capture per Unit of Effort CPUE

Throughout the year, fishers made only one fishery per week. In the Rumo Certo, this had an average duration of 4.2 (± 1.1) days in the flood period and 4.8 (± 1.3) days in the dry season. In Balbina, weekly fishing expeditions had an average duration of 4.3 (± 0.9) days in the flood and 5.3 (± 1.2) days in the dry season. In the Rumo Certo, the average number of fishers per expedition was 1.6 (± 0.5) regardless of the period. In Balbina, the average number was 1.5 (± 0.5) in the flood season, and 1.4 (± 0.5) in the dry season.

The fishing effort varied relatively little between flood and dry seasons or between localities. During the flood period, the average fishing effort in the Rumo Certo was 6.8 fisher*day, and 6.4 fisher*day in Balbina. In the dry season, it presented average values of 7.8 fisher*day in Rumo Certo and 7.9 fisher*day in Balbina. In relation to the amount of tucunaré-açu *Cichla vazzoleri* captured, the fishers of the Rumo Certo reported that during the flood season, they caught on average 74.3 kilos per fishery and 52.6 kg in the dry season. In Balbina, fishers caught 84.5 kg in the flood season and 59.0 kg in the dry season. The catch per unit effort (CPUE) per fishery for Rumo Certo boats was 11.9 kg/fisher*day, and 14.8 kg/fisher*day in Balbina during the flood season. However, in the dry season, the CPUE decreased, presenting mean values of 8.0 kg/fisher*day in the Rumo Certo, and 9.4 kg/fisher*day in Balbina (Table 3).

The average prices varied according to the locality, the period of the year and the size of the fish. During the flood season, the Rumo Certo fishers sold a kilo of the tucunaré-açu for R\$ 4.11 (ranging from 2.50 to 7.00), and during the dry season, a kilo sold for R\$ 3.34 (ranging from 2.00 to 6.50). Balbina fishers sold a kilo of fish during the flood season for R\$4.91 (ranging from

3.00 to 8.00), and during the dry season for R\$ 4.98 (ranging from 2.50 to 7.00). The average revenue per fishery in the Rumo Certo in the flood season was R\$ 281.85 (± 134.05), and R\$ 190.30 (± 160.56) in the dry season. In Balbina, the average revenue per fishery was R\$ 404.45 (± 237.94) in the flood, and R\$ 299.66 (± 151.11) in the dry season.

Table 3. Average, standard deviation (sd), minimum (min) and maximum (max) of days of fishing, number of fishers, fishing effort, CPUE, captured quantity (kg), price of first sale (R\$) and revenue (R\$) of commercial fishers of Rumo Certo and Balbina during the flood and dry seasons

RUMO CERTO															
FLOOD							DRY								
	Days of fishing	N.º of fishers	Fishing effort	CPUE	Qtd. kg	Price R\$	Revenue R\$		Days of fishing	N.º of fishers	Fishing effort	CPUE	Qtd. kg	Price R\$	Revenue R\$
Average	4.2	1.6	6.8	11.9	74.3	4.11	281.85	Average	4.8	1.6	7.8	8.0	52.6	3.34	190.30
Sd	1.1	0.5	2.7	6.3	34.7	1.45	134.05	Sd	1.3	0.5	3.2	5.8	28.3	1.26	160.56
Min	2.0	1.0	3.0	3.0	15.0	2.50	90.00	Min	2.0	1.0	3.0	2.0	20.0	2.00	60.00
Max	6.0	2.0	12.0	30.0	150.0	7.00	650.00	Max	7.0	2.0	14.0	26.0	100.0	6.50	650.00
BALBINA															
FLOOD							DRY								
	Days of fishing	N.º of fishers	Fishing effort	CPUE	Qtd. kg	Price R\$	Revenue R\$		Days of fishing	N.º of fishers	Fishing effort	CPUE	Qtd. kg	Price R\$	Revenue R\$
Average	4.3	1.5	6.4	14.8	84.5	4.91	404.45	Average	5.3	1.4	7.9	9.4	59.0	4.98	299.66
Sd	0.9	0.5	2.7	11.1	51.0	1.26	237.94	Sd	1.2	0.5	3.7	5.8	23.7	1.29	151.11
Min	3.0	1.0	3.0	2.5	15.0	3.00	100.00	Min	3.0	1.0	3.0	2.1	30.0	2.50	75.00
Max	7.0	2.0	12.0	50.0	200.0	8.00	800.00	Max	7.0	2.0	14.0	25.0	110.0	7.00	700.00

Costs of Fleet Activity

The largest investment item, in both locations, was the motor, which was acquired with the fishers' own resources. This investment corresponded to 52.3% of the total investment in the Rumo Certo, and 55.6% in Balbina, followed by the amount invested in the acquisition of canoes (Table 4).

Table 4. Average monetary investment (R\$) for the acquisition of fishing gear, styrofoam boxes, canoes and motors by the commercial fishers of the reservoir of Balbina HPP

Description	RUMO CERTO		BALBINA	
	Investment R\$*	%	Investment R\$	%
Fishing gear	188.00	7.2	114.83	6.4
Styrofoam boxes	167.69	6.5	133.50	7.4
Canoe	884.00	34.0	551.67	30.6
Motors	1,356.92	52.3	1,002.42	55.6
Total	2,596.61	100	1,802.42	100

*Prices charged in June, 2017.

The maintenance costs for the boats belonging to the fishing fleets were related to caulking and painting. The cost of maintaining the fishing gear was the highest amount spent on maintenance in both locations (Table 5).

Table 5. Average values of fixed costs of the commercial fishing of the tucunaré *Cichla vazzoleri*, in the reservoir of the Balbina HPP, annual and weekly estimates

Fixed costs R\$ Description	RUMO CERTO		BALBINA	
	Annual	Weekly	Annual	Weekly
Depreciation of the canoe	58.93	1.13	36.77	0.71
Canoe maintenance	280.28	5.39	261.86	5.04
Motor depreciation	135.69	2.61	100.24	1.93
Maintenance of the fishing gear	1,149.50	22.11	1,416.45	27.24
Fishers' association fee	240.00	4.62	240.00	4.62
Total	1,864.40	35.85	2,055.32	39.53

In the Rumo Certo, the costliest item among the variable costs was fuel, both in the flood (43.9%) and dry (45.1%) seasons, followed by provisions for the fishing trips. In Balbina, the fuel expense represented 32.6% and 34.4% of the total variable costs, in flood and dry periods, respectively (Table 6).

Table 6. Average values of variable costs of the commercial fishing of the tucunaré *Cichla vazzoleri*, in the reservoir of the Balbina HPP, estimated for the periods of flood and dry

RUMO CERTO							
FLOOD				DRY			
Description	Qtd.	R\$*	%	Description	Qtd.	R\$	%
Fuel (l)	17.4	73.11	43.9	Fuel (l)	20.0	82.23	45.1
Ice (kg)	130.5	27.19	16.3	Ice (kg)	131.2	30.81	16.9
Oil (l)	1.0	12.67	7.6	Oil (l)	1.0	13.12	7.2
Provisions	-	53.70	32.2	Provisions	-	56.00	30.7
Freight	-	-	0.0	Freight	-	-	0.0
Total	-	166.67	100	Total	-	182.16	100

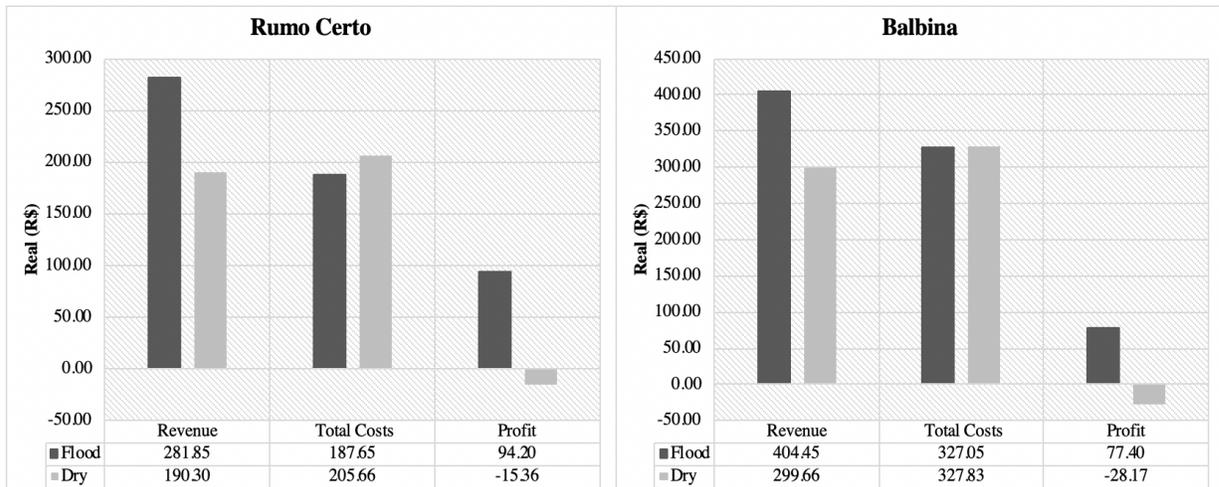
BALBINA							
FLOOD				DRY			
Description	Qtd.	R\$	%	Description	Qtd.	R\$	%
Fuel (l)	24.4	99.04	32.6	Fuel (l)	26.0	105.31	34.4
Ice (kg)	190.0	36.04	11.8	Ice (kg)	182.5	33.36	10.9
Oil (l)	1.0	16.00	5.3	Oil (l)	1.0	15.34	5.0
Provisions	-	73.13	24.0	Provisions	-	71.72	23.5
Freight	-	80.00	26.3	Freight	-	80.00	26.2
Total	-	304.21	100	Total	-	305.73	100

*Average costs in Reais (R\$). Prices charged in June, 2017.

Profit

When comparing the data on the average profit per fishery during both the flood and dry seasons, it was possible to verify that commercial fishers earned a profit during the flood season, but in the dry season, they suffered losses in both locations (Figure 3).

Figure 3. Average values for the revenue, total cost, and profit of the commercial fishing of the tucunaré *Cichla vazzoleri*, in the reservoir of the Balbina HPP, estimated for the flood and dry periods



Source: Authors (2018).

Benefits and difficulties in developing the fishing activity

Fishers were also questioned about the benefits and difficulties in developing the fishing activity. In the Rumo Certo, 40.0% of respondents reported that the main benefit was that they liked the profession. 26.7% of respondents cited other benefits such as having a good financial return in the flood period and having an official record as a fisher, which facilitates the retirement process while 16.7% cited the receipt of the closed season subsidy (*seguro defeso*). The fishers of Balbina cited the main benefits as having an activity to sustain their families (31.3%), earning a good financial return in the flood season (21.9%), and enjoying the profession (12.5%).

Regarding the main difficulties, the fishers of Rumo Certo mentioned the low price of fish (24.8%), the lack of financing for the purchase of fishing gear and motors (16.2%), and the lack of government support (16.2%). The lack of government support was exemplified in the absence of subsidies, lack of adequate infrastructure to carry out the activity, lack of fishers' qualification actions and fish processing, among others (Table 7). In Balbina, the main problem was also the low price of fish (21.4%), followed by dissatisfaction with the performance of the commercial intermediaries (18.3%), and lack of government support (14.3%).

Table 7. Main difficulties cited by the commercial fishers of the Balbina reservoir for the development of the activity

Difficulties	RUMO CERTO		BALBINA	
	N	%	N	%
Low price of fish	26	24.8	27	21.4
Lack of financing	17	16.2	14	11.1
Lack of government support	17	16.2	18	14.3
Lack of buyers	13	12.4	11	8.7
Performance of the commercial intermediaries	10	9.5	23	18.3
Others*	10	9.5	4	3.2
Production flow	8	7.6	12	9.5
High price of fishing materials	4	3.8	-	0.0
Transport to the port	-	-	11	8.7
Port of landing	-	-	6	4.8
Total**	105	100	126	100

*Others - Rumo Certo: lack of support from the president of Fishers' Association, high fuel prices, drought intensified, and competition with sport fishing; Balbina: lack of ice factory, and bad infrastructure at the port of landing. **The fishers cited more than one difficulty.

Suggestions for improvements

In view of these difficulties, the fishers pointed out suggestions for improving the practice of their activities and, consequently, improving the quality of life. In the Rumo Certo, the main

suggestions were building an ice factory (18.9%), receiving government subsidies (16.2%), and improving inspection (16.2%), as fishers reported that there were people who were fishing without having the license of professional fisher, or who did not respect the period when fishing was prohibited (Table 8). According to the Balbina fishers' opinions, the activity could improve with the existence of free transportation to the port (29.5%), with adequate infrastructure in the port and in the access extension (22.7%), and with implementation of an ice factory (15.9%), among others.

Table 8. Improvements suggested by the commercial fishers of the Balbina HPP reservoir for the development of the activity

Improvements suggested	RUMO CERTO		BALBINA	
	N	%	N	%
Ice factory	7	18.9	7	15.9
Government subsidies	6	16.2	3	6.8
Improved inspection	6	16.2	-	-
Transportation to the port	-	-	13	29.5
Improvement of port and unpaved connection to the highway	-	-	10	22.7
Others*	5	13.5	5	11.4
Financing	4	10.8	-	-
Having a good president of the Fishers' Association	-	-	4	9.1
Closing the lake for 2 to 4 years	3	8.1	-	-
Improved fuel prices	3	8.1	-	-
Having good buyers	3	8.1	-	-
Government action (fish farming)	-	-	2	4.5
Total**	37	100	44	100

*Others - Rumo Certo: improving the price of fish, less bureaucracy to receive the seguro defeso, and having a port of landing; Balbina: improving the price of the fish and having the help of the Fishers' Association to sell the fish.

**The fishers suggested more than one improvement.

DISCUSSION

As in studies conducted in different Brazilian reservoirs (PETRERE et al., 2006; MARUYAMA et al., 2009; ALVES DA SILVA et al., 2009; CINTRA et al., 2013; SÁ-OLIVEIRA et al., 2013; FLEXA et al., 2016), and in other locations in the Amazon (INOMATA; FREITAS, 2011; INOMATA; FREITAS, 2015; ZACARDI et al., 2017; VAZ et al., 2017), the majority of the fishers interviewed were male although the participation of women also occurred. Possibly, this participation is a little more expressive because it was observed that in many cases the women worked with their husbands in the fisheries and were licensed as professional. However, the men assumed the responsibility of responding to the questionnaire.

The commercial fishers of the Balbina hydroelectric reservoir presented an average age similar to that of the fishers of the Billings reservoir (38 years) (ALVES DA SILVA et al., 2009), of the Itá HPP reservoir (41 to 50 years) (SCHORK, 2012), of the Tucuruí HPP reservoir (37 years) (CINTRA et al., 2013), and the Coaracy Nunes HPP reservoir (42.4 years) (SÁ-OLIVEIRA et al., 2013). Few fishers were under 30 years old, which showed the lack of interest in this activity among young people, and that they are probably looking for other forms of employment in the urban centers.

The confirmation that the majority of fishers, especially in the Rumo Certo, presented a low level of schooling, was also observed in the studies of Ceregato and Petrere (2002), Araya et al. (2009), Mauryama et al. (2009), Alves da Silva et al. (2009) and Schork (2012) in different reservoirs. The same occurred in studies carried out in other Amazonian environments (INOMATA; FREITAS, 2011, ALMEIDA et al., 2012; LIMA et al., 2012; ZACARDI et al., 2017), which may have been motivated by the need to work from an early age or lack of educational opportunities.

Despite the fact that the Rumo Certo fishers had a higher average age than the Balbina fishers, they had been fishing for less time. When comparing the time spent in commercial fishing with the high proportion of fishers who had agriculture as a complementary activity, it was observed that these individuals initially had agriculture as their main activity and/or that they fished only for subsistence, showing that commercial fishing was most recently established in this locality. In Balbina, those who reported having another complementary activity acted mainly as guides for sport fishing. Nevertheless, fishing was a traditional activity in this locality, which intensified after the construction of the HPP, when former employees became fishers. Furthermore, according to Scherer and Corrêa (2016), because they live in a private area of Eletronorte, Balbina fishers find it difficult to carry out agriculture and extractivism, which reinforces dependence on fishing, whether it be commercial, subsistence, or sport.

In relation to the main physical characteristics of the fishing fleet, such as type of boat, length and motor's horsepower, these were similar to those found in the Tucuruí HPP reservoir (CINTRA et al., 2009; CINTRA et al., 2013), and similar characteristics were found by Maruyama et al. (2009) in the boats used in the middle and low Tietê reservoirs in the state of São Paulo, as well as in the reservoir of Machadinho, Alto Rio Uruguai, where fishers used small wooden or aluminum boats (SHORK et al., 2012), demonstrating that fishing in reservoirs is

practiced with the use of little technology and little investment by the fishers. It was also possible to observe that the boats of the studied fleet had similarities with the fleets that operate in the Amazonian rivers (BATISTA, 2003, INOMATA; FREITAS, 2011; CARDOSO; FREITAS, 2012; ALMEIDA et al., 2012; DORIA et al., 2012; INOMATA; FREITAS, 2015; ZACARDI et al., 2017).

The importance of Coatá, Capinzal, Palhal, Caititu, Chapéu Virado, and Nazaré for local commercial fishing was evident as these were the main environments exploited both in the flood and in the drought. Probably, one of the factors for the choice of Nazaré and Caititu is related to the proximity of these with the BR-174. Between 2014 and 2015, the municipality of Presidente Figueiredo expanded the Micade unpaved connection to the highway to the margin of the reservoir, thus, increasing the number of occupations in the two localities, located between Rumo Certo and Balbina on the right margin, which made it possible to intensify fishing. In addition, this may also be related to the fish length, since Horie (2013) found in his study on experimental fishing, large specimens of tucunaré *Cichla vazollerii* in the Chapéu Virado, Coatá, Nazaré, and Caititu.

The main fishing gear used was the hand-line and fishhook, which has been widely used since the beginning of the activity in the reservoir (SANTOS; OLIVEIRA Jr., 1999). The use of this fishing gear was also common among the fishers of the Tucuruí hydroelectric reservoir (CAMARGO; PETRERE, 2004; CINTRA et al., 2009; FLEXA et al., 2016), of the low Tietê (MARUYAMA et al., 2009), of the Itaipu reservoir (CAMARGO et al., 2008), of the Machadinho reservoir (SCHORK et al., 2012), and of the Itá reservoir (SCHORK et al., 2013). This fishing gear was likely the most used because it is appropriate for the capture of the tucunarés, it is permitted the whole year (except in the closed season, when the fishing is prohibited), and it can be acquired for a low investment, which possibly makes the fishery more rentable.

It was possible to observe that the average amount captured per week was higher during the flood period, corroborating with the results found by ICMBio (2017), which registered peak production in the month of June, both in 2015 and in 2016. This probably occurred because in this period there is a greater abundance of fish present in this area, allowing a greater yield. Furthermore, during the dry season, reservoir quota levels decrease, water becomes much warmer, and as mentioned by fishers, fish move to other areas, which makes catching them more

difficult. This was reflected in both the fishing effort and the CPUE where the results showed that during the dry season, the effort was higher and the CPUE was lower. It is important to emphasize that during part of the dry period fishing is prohibited because of the closed season (IN SDS/AM n. 001/2014). Therefore, it is possible that the fishers were respecting the period that was established for the protection of the tucunarés.

In relation to fixed costs, the high value of the maintenance of the fishing gear may be related to the period of time in which the maintenance was performed. For both the maintenance of the fishing gear and the maintenance of the boats proved to be variable in both locations. This maintenance was performed annually, two or three times a year or even monthly. According to the fishers, it occurred mainly due to the damages that the *paliteiros* (trees that died due to the filling of the reservoir) caused to the boats and fishing gear.

As for variable costs, which were financed by the fishers themselves, the fuel expense was the one that most burdened the fisheries. This item was also the one that most burdened the fishing expedition expenses in other parts of the Amazon region (INOMATA; FREITAS, 2011; INOMATA; FREITAS, 2015; LIMA et al., 2016), perhaps because of the high value of the fuel and the longer distances traveled by the boats. An observed issue, particularly in Balbina, was that variable costs could be reduced if there were a transport to the port of Colônia, the point of loading and unloading for the fishers. Every week, the fishers need to pay for the freight of the land transport from the village to the port (R\$ 40.00 each way), thus adding to the costs and, consequently, decreasing their profit as compared to the fishers from Rumo Certo. Some fishers reported that they did not fish in 2016 because the value of the sale of the fish was not enough to sustain the costs of the fisheries.

The estimated average revenue was close to the total costs and profit was apparently negative during the dry season. The values may vary due to the specific climate characteristics of the Amazon region and the low volume of water present in the reservoir, which interferes positively or negatively in the catches. According to data from ICMBio (2017), the difficulty faced by fishers in recent years is a consequence of the low reservoir capacity due to El Niño and is aggravated by being a monospecific activity, especially harming them during the years 2015 and 2016. The drought conditions intensified during the dry season in 2015 and remained throughout 2016. Even with the plant operating at a minimum flow rate, in order not to empty the reservoir even further, quota levels did not recover to normal levels after the rainy season.

Despite this, most of the fishers remained in fishing, mainly because it is a traditional activity. Moreover, some fishers were not in the habit of accounting for their profits, so they were not sure about the profitability. On the other hand, they could afford to keep themselves financially stable during critical periods because, for many, fishing was not an exclusive economic activity. In addition to fishing, they received *seguro defeso* and other benefits provided by the government, such as the *bolsa-familia*. It is important to emphasize that the fishers of Balbina HPP also capture the other species of tucunarés present in the reservoir. However, the information collected in this study was only related to *Cichla vazollerii*. Possibly the estimates of the values would be different if we had considered the capture of all species of tucunarés.

The income complementation through other economic activities, especially agriculture, is a practice that occurs not only among fishers from other reservoirs (ALVES DA SILVA et al., 2009, SÁ-OLIVEIRA et al., 2013), but also with fishers from other regions of the Amazon (ALMEIDA et al., 2008; INOMATA; FREITAS, 2011; LIMA et al., 2012; INOMATA; FREITAS, 2015; ZACARDI, 2015). Nogueira and Magalhães (2016) conducted a study in the middle and low Madeira and observed that between 2003 and 2005, before the construction of Santo Antônio HPP, the average monthly income of fishers was a minimum wage of 4.9 to 7.0. However, after the construction of the first stage, in 2009, there was an abrupt reduction of fish and, consequently, of the fishers' incomes. Currently, the monthly income does not exceed the value of a minimum wage, which is insufficient to meet the needs of them and their families and encourages them to engage in other complementary activities.

Through the open questions contained in the questionnaire, it was possible to understand some of the fishers' views regarding the activity, their opinions, and claims. The results showed that, as the main benefit, the Rumo Certo fishers mentioned the fact that they liked the profession. In Balbina, the fishers cited the main benefit as having an activity to sustain their families even though it is exhausting work. There are several reasons for the fishermen to enter and remain in the activity: the influence of the family, because knowledge is transmitted from father to son; the influence of the community where they reside; the pleasure in performing the activity, the adventure of the activity, the pleasure for the freedom to be one's own boss, and, often, a lack of professional choice.

Agostinho et al. (2007) consider that fishing establishes itself naturally in this environment since the activity is carried out close to the fishers' homes, does not impose limits of

age or schooling, and does not require costly financial investments. At first sight, the construction of reservoirs could be considered highly positive in the production of food and the sustenance of large numbers of fishers. However, the low profitability of the exploitation of fisheries resources in these environments has pointed in another direction; for example, surveys carried out in the Itaipu reservoir, one of the most productive in the Paraná river basin, revealed that only 15.8% of fishers were satisfied with the activity. Nevertheless, most remain due to lack of choice and qualifications.

The main difficulty mentioned by the fishers of Balbina HPP was the low price of fish, which for them was directly associated with the performance of the commercial intermediaries. However, they said they knew the importance of these agents for the two localities because the production is drained to Manaus through this chain link. Still, they believed that the elimination of commercial intermediaries or at least a better price paid for fish could generate more profit and consequently a faster return on invested capital. This dependence on the commercial intermediaries occurs due to the lack of structure that allows for improvements in the landing, storage, and commercialization. Therefore, fishers suggested that these points would be essential for improving activity. Possibly, this would allow them to have more success and freedom in commercialization, enabling the development of commercial fishing and increasing profitability.

ACKNOWLEDGMENTS

We are immensely grateful to all commercial fishers at the Balbina reservoir who provided the information, without which this work could not be completed; to the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio), for logistic support during data collection and provision of information regarding monitoring of fishing landings; to the Presidente Figueiredo Z-6 Fishers's Association; CAPES for granting the doctoral scholarship and doctoral sandwich scholarship at Washington and Lee University (PDSE process 88881.132525/2016-01) and; to PIATAM, for the assignment of the infrastructure.

REFERENCES

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; PELICICE, F.M. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: EDUEM, 519 pp., 2007.

ALMEIDA, O.; LORENZEN, K.; MCGRATH, D. G. Commercial fishing in the Brazilian Amazon: regional differentiation of fleet characteristics and economic efficiency. *Fisheries Management and Ecology*, v.10, p. 109-115, 2003.

ALMEIDA, O.T.; McGRATH, D.G.; RIVERO, S.; LORENZEN, K. Impacto del manejo pesquero sobre la pesca en la Amazonia brasileña: caracterización, análisis multiagentes e interacciones. In: Pinedo, D.; Soria, C. (Eds.). *El manejo de las pesquerías en los ríos tropicales de Sudamérica*, p. 321-332, 2008.

ALMEIDA, O.T.; AMARAL, L.; RIVEIRO, S.; SILVA, C.N. Caracterização do pescador e da frota pesqueira comercial de Manoel Urbano e Sena Madureira (AC) e Boca do Acre (AM). *Novos cadernos (NAEA)*, v. 15, n. 1, p. 291-309, 2012.

ALVES DA SILVA, M.E.P.; CASTRO, P.M.G.; MARUYAMA, L.S.; PAIVA, P. Levantamento da pesca e perfil socioeconômico dos pescadores artesanais profissionais no reservatório Billings. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 35, n. 4, p. 531-543, 2009.

ARAYA, P.; HIRT, L.; FLORES, S. Algunos aspectos de la pesquería artesanal en el área de influencia del embalse Yacyretá. Alto río Paraná, Misiones, Argentina. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 227-238, 2009.

BARTHEM, R. A pesca comercial dos tucunarés *Cichla* spp. (Perciformes, Cichlidae) no reservatório da UHE-Tucuruí, rio Tocantins, PA. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 34, p. 553-561, 2008.

BATISTA, V.S. Caracterização da frota pesqueira de Parintins, Itacoatiara e Manacapuru, Estado do Amazonas. *Acta Amazonica*, v. 33, n. 2, p. 291-302, 2003.

BATISTA, V.S.; ISAAC, V.J. Peixes e pesca no Solimões-Amazonas: uma avaliação integrada. 1ª ed. Brasília: IBAMA. 278p., 2012.

BAYLEY P.B.; PETRERE, M. Amazon fisheries: assessment methods, current status and management options. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 106, p. 385-398, 1989.

CAMARGO, S.A.F.; OKADA, E.K.; PETRERE, M. A quantitative approach subsidize the precautionary management of the small-scale fisheries in Itaipu reservoir, Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 297-302, 2008.

CAMARGO, S.A.F.; PETRERE JR., M. Análise de risco aplicada ao manejo precaucionário das pescarias artesanais na região do reservatório da UHE-Tucuruí (Pará, Brasil). *Acta Amazônica*, Manaus, v. 34, n. 3, p. 473-485, 2004.

CARDOSO, R.S.; FREITAS, C.E.C. The commercial fishing fleet using the middle stretch of the Madeira river, Brazil. *Acta Scientiarum, Biological Sciences*, n. 34, v. 3, p. 247-253, 2012.

CASTELLO, L.; MACEDO, M.N. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Global Change Biology*, n. 22, p. 990-1007, 2016.

CEREGATO, SA.; PETRERE, M. Aspectos sócio-econômicos das pescarias artesanais realizadas no complexo de Urubupungá e a sua jusante no Rio Paraná. *Holos Environment*, v. 2, n. 1, p. 1-24, 2002.

CINTRA, I.H.A.; JURAS, A.A.; SILVA, K.C.A.; TENÓRIO, G.S.; OGAWA, M. Apetrechos de pesca utilizados no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí (Pará, Brasil). *Boletim Técnico Científico do Cepnor*, Belém, v. 1, n. 9, p. 67-79, 2009.

CINTRA, I.H.A.; FLEXA, C.E.; SILVA, M.B.; ARAÚJO, M.V.L.F.; SILVA, K.C. A pesca no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, Amazônia, Brasil: aspectos biológicos, sociais, econômicos e ambientais. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, v.1, n. 1, p. 57-78, 2013.

DORIA, C.R.C.; RUFFINO, M.L.; HIJAZI, N.C. A pesca comercial na bacia do rio Madeira no Estado de Rondônia, Amazônia, *Acta Amazonica*, v. 42, n. 1, p. 29-40, 2012.

DORIA, C.R.C.; ATHAYDE, S.; MARQUES, E.E.; LIMA, M.A.L.; DUTKA-GIANELLI, J.; RUFFINO, M.L.; KAPLAN, D.; FREITAS, C.E.C.; ISAAC, V.N. The invisibility of fisheries in the process of hydropower development across the Amazon. *Ambio*, p. 1-13, 2017.

FEARNSIDE, P. A hidrelétrica de Balbina: O faraonismo irreversível versus ambiente na Amazônia. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, 46 pp., 1990.

FEREIRA, D.T.A.M.; MARQUES, E.E.; BUENAFUENTE, S.M.F.; SOUSA, L.B.; GRISON, M.G.; LIMA, A.M.T. Perdas simbólicas e os atingidos por barragens: o caso da Usina Hidrelétrica de Estreito, Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)*, v. 30, p. 73-87, 2014.

FLEXA, C.E.; SILVA, K.C.A.; CINTRA, I.H.A. Pescadores artesanais à jusante da usina hidrelétrica de Tucuruí, Amazônia, Brasil. *Bol. Inst. Pesca*, São Paulo, v. 42, n. 1, p. 221-235, 2016.

FREITAS, C.E.C.; RIVAS, A.A.F.; NASCIMENTO, F.A.; SIQUEIRA-SOUZA, F.K.; SANTOS, I.L.A. The effects of sport fishing growth on behavior of commercial fishermen in Balbina reservoir, Amazon, Brazil. *Environment, Development and Sustainability*, v. 10, p. 157-165, 2008.

GONÇALVES, C; BATISTA, V.S. Avaliação do desembarque pesqueiro efetuado em Manacapuru, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 38 n. 1, p. 135-144, 2008.

GOODLAND, R.J.A.; JURAS, A.; PACHAURI, R. Can hydro-reservoirs in tropical moist forest be environmental sustentable? *Environmentally Conservation*, v. 20, n. 2, p. 122-130, 1993.

HORIE, C.A.C. Biologia reprodutiva e estrutura da população do tucunaré *Cichla vazzoleri* (Perciformes: Cichlidae) no Reservatório da Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil.

Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 78 pp., 2013.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. Monitoramento do Desembarque Pesqueiro no reservatório de Balbina, 2017. Programa de Conhecimento da Reserva Biológica do Uatumã - AM, Relatório n. 6, Presidente Figueiredo, Amazonas, 40 pp.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2016. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv97868.pdf>. Acesso em 10 de dezembro de 2017.

INOMATA, S.O.; FREITAS, C.E.C. Caracterização da frota pesqueira de Coari, Médio Rio Solimões (Amazonas-Brasil). *Revista Agrogeoambiental*, v. 3, n. 1, p. 65-70, 2011.

INOMATA, S.O.; FREITAS, C.E.C. A pesca comercial no médio rio Negro: aspectos econômicos e estrutura operacional. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 41, n. 1, p. 79-87, 2015a.

INOMATA, S.O., FREITAS, C.E.C. Fish landings in Barcelos, in the Middle Negro River Region, Amazonas. In: Miralles-Garcia, J.L., Brebbia, C.A. (Eds.), *Ecosystems and Sustainable Development*, 90, 1 ed. WIT Press, USA, pp. 67-76, 2015b.

ISAAC, V.J.; ESPIRITO-SANTO, R.V.; NUNES, J.L.G. A estatística pesqueira no litoral do Pará: resultados divergentes. *Pan-American Journal of Aquatics Sciences*, v. 3, n. 3, p. 205-213, 2008.

KAHN, J.R., C.E. FREITAS; M. PETRERE. False shades of green: The case of Brazilian Amazonian hydropower. *Energies*, v. 7, p. 6063-6082, 2014.

LIMA, M.A.L.; DORIA, C.R.C.; FREITAS, C.E.C. Pescarias artesanais em comunidades ribeirinhas na Amazônia brasileira: perfil socioeconômico, conflitos e cenário da atividade. *Ambiente e Sociedade*, v. 2, p. 73-90, 2012.

LIMA, A.M.T.; MARQUES, E.E.; ERTZOGUE, M.H.; FERREIRA, D.T.A.M.; LIMA, J.D. Os Rios Amazônicos Convertidos em Gigawatts: Participação Social no Processo de Implantação de Usinas Hidrelétricas. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, v. 7, p. 136-158, 2015.

LIMA, M.A.L.; FREITAS, C.E.C. MORAES, S.M.; DORIA, C.R.C. Pesca artesanal no município de Humaitá, médio rio Madeira, Amazonas, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, v. 42, n. 4, p. 914-923, 2016.

LOPES, G. C. S.; CATARINO, M. F.; LIMA, A. C.; FREITAS, C. E. Small-scale fisheries in the Amazon basin: General patterns and diversity of fish landings in five sub-basins. *Boletim do Instituto da Pesca*, v. 42, n. 4, p. 895-909, 2016.

- MARUYAMA, L.; CASTRO, P.M.G.; PAIVA, P. Pesca artesanal no médio e baixo Tietê, São Paulo, Brasil: aspectos estruturais e socioeconômicos. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 35, n. 1, p. 61-81, 2009.
- MIRANDA, L.E. A review of guidance and criteria for managing reservoirs and associated riverine environments to benefit fish and fisheries. In: Marmulla G., editor. *Dams, fish and fisheries - Opportunities, challenges and conflict resolution*. Rome: FAO, p. 91-138, 2001.
- NOGUEIRA, C.R.; MAGALHÃES, M.A. Os impactos socioeconômicos causados aos pescadores do médio e baixo Madeira a partir da construção da Usina Hidrelétrica de Santo Antônio. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, v. 8, n. 2, p. 279-291, 2016.
- PETREIRE, M. Pesca e esforço de pesca no estado do Amazonas. II. Locais e aparelhos de captura e estatística de desembarque. *Acta Amazonica*, v.8, (Supl. 2), p. 1-54, 1978.
- PETREIRE, M. A pesca comercial no rio Solimões-Amazonas e seus afluentes: análise de informes do pescado desembarcado no Mercado Municipal de Manaus (1976-1978). *Ciência e Cultura*, v. 37, p. 1987-1999, 1985.
- PETREIRE, M.; WALTER, T.; MINTE-VERA, C.V. Income evaluation small-scale fisher in two Brazilian urban reservoirs: Represa Billings (SP) and Lago Paranoá (DF). *Braz. J. Biol.*, v. 66, n. 3, p. 817-828, 2006.
- RUFFINO, M.L. Gestión compartida de recursos pesqueiros em la Amazonía. In: PINEDO, D.; SORIA, C. (Eds.). *El Manejo de las Pesquerías em Ríos Tropicales de Sudamérica*. Bogotá: Mayol Ediciones S.A, p. 307- 321, 2008.
- SANTOS, G.M.; FERREIRA, E.G. Peixe da Bacia Amazônica. In: Lowe-McConnell, R. H. *Estudos ecológicos de comunidades de Peixes Tropicais*. São Paulo. EDUSP. p. 345-373, 1999.
- SANTOS, G.M.; OLIVEIRA Jr., A.B. A pesca no reservatório da hidrelétrica de Balbina (Amazonas, Brasil). *Acta Amazônica, Manaus*, v. 29, n. 1, p. 145-163, 1999.
- SANTOS, G.M.; SANTOS, A.C.M. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. *Acta Amazônica, Manaus*, v. 19, n. 54, p. 165-182, 2005.
- SÁ-OLIVEIRA, J.C.; VASCONCELOS, H.C.G.; PEREIRA, S.W.M.; ISAAC-NAHUM, V.J.; TELESJUNIOR, A.P. Caracterização da pesca no Reservatório e áreas adjacentes da UHE Coaracy Nunes, Ferreira Gomes, Amapá-Brasil. *Biota Amazônia*, v. 3, n. 3, p. 83-96, 2013.
- SCHERER, E.F.; CORRÊA, E.S. Affected people by dams of Balbina in the Amazônia: the artisanal fishermen and their fishing practice thirty-five years later. *International Journal of Humanities and Social Science*, v. 6, n. 12, p. 78-84, 2016.

SCHORK, G. Diagnóstico da Pesca na Usina Hidroelétrica de Itá, região do Alto Rio Uruguai, no período 2004-2009. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 55 pp., 2012.

SCHORK, G.; HERMES-SILVA, S.; BEUX, L.F.; ZANIBONI-FILHO, E.; NUÑER, A.P.O. Diagnóstico da pesca artesanal na usina hidrelétrica de Machadinho, Alto rio Uruguai-Brasil. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, v. 38, n. 2, p. 97-108, 2012.

SCHORK, G.; HERMES-SILVA, S.; ZANIBONI-FILHO, E. Analysis of fishing activity in the Itá reservoir, Upper Uruguay River, in the period 2004-2009. Brazilian Journal of Biology, v. 73, n. 3, p. 559-571, 2013.

TIMPE, K.; KAPLAN, D. The changing hydrology of a dammed Amazon. Science Advances, v. 3, p. 1-13, 2017.

VAZ, E.M.; RABELO, Y.G.S.; CORRÊA, J.M.S.; ZACARDI, D.M. A pesca artesanal no lago Maicá: aspectos socioeconômicos e estrutura operacional. Biota Amazônia, v. 7, n. 4, p. 6-12, 2017.

WINEMILLER, K.O., MCINTYRE, P.B.; CASTELLO, L.; FLUET-CHOUINARD, E.; GIARRIZZO, T.; NAM, S.; BAIRD, I.G.; DARWALL, W. et al. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. Science American Association for the Advancement of Science, v. 351, p. 128-129, 2016.

ZACARDI, D.M. Aspectos sociais e técnicos da atividade pesqueira realizada no rio Tracajatuba, Amapá, Brasil. Acta of Fisheries and Aquatic Resources, v. 3, n. 2, p. 31-48. 2015.

ZACARDI, D.M.; SARAIVA, M.L.; VAZ, E.M. Caracterização da pesca artesanal praticada nos lagos Mapiri e Papucu às margens do rio Tapajós, Santarém, Pará, v. 10, n. 1, p. 31-43, 2017.

ZAR, J.H. Biostatistical Analysis. Prentice Hall, New Jersey. 718 pp., 1999.

ZARFL, C.; LUMSDON, A.E.; BERLEKAMP, J.; TYDECKS, L.; TOCKNER, K. A global boom in hydropower dam construction. Aquat Science, v. 77, p. 161-170, 2015.

CAPÍTULO II

Percepção dos pescadores comerciais sobre o Acordo de Pesca do Lago de Balbina, Amazonas

Artigo a ser submetido à revista:

ISSN versão impressa:

ISSN versão online:

Frequência:

Fator de Impacto:

Percepção dos pescadores comerciais sobre o Acordo de Pesca do Lago de Balbina, Amazonas

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo identificar quais variáveis socioeconômicas influenciam a percepção dos pescadores em relação as estratégias de manejo adotadas no lago do reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina. Dados sobre as características socioeconômicas, grau de conscientização, participação e sugestão de melhorias foram coletados com o auxílio de questionário semiestruturado, aplicado durante entrevistas com pescadores comerciais, no período de junho de 2016 a junho de 2017, no ramal Rumo Certo e vila de Balbina. Utilizou-se um modelo de regressão logística para determinar a satisfação acerca do acordo de pesca. Dentre as seis variáveis analisadas, apenas a variável outra atividade econômica foi significativa, revelando que um pescador que não dependia exclusivamente da pesca tinha uma chance 4,5 maior de estar satisfeito com o acordo. Esse resultado destaca a importância da diversificação das fontes de renda dos pescadores e que deve ser considerada pelos gestores. Pois, os pescadores que desenvolvem atividades complementares tendem a dividir seu tempo entre elas, o que reduz a pressão de pesca, garante alternativa de subsistência nos períodos críticos, além de facilitar o respeito as regras estabelecidas. Esperamos que os nossos resultados estimulem o discurso e o esforço para melhorar a gestão, e que possam subsidiar os pescadores nas suas demandas de inclusão socioambiental em políticas que atendam seus interesses.

Palavras-chave: manejo pesqueiro; tucunaré; reservatório; gestão participativa; regressão logística.

INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais associados aos projetos hidrelétricos se enquadram em três categorias principais, como impactos nas mudanças climáticas globais (KAHN et al., 2014), impactos ambientais em toda a bacia (WINEMILLER et al., 2016; POKHREL et al., 2018) e impactos ambientais e sociais locais (FREITAS et al., 2008; SANTOS et al., 2017; CASTRO-DIAZ et al., 2018); por exemplo, o deslocamento da população ribeirinha e a eliminação dos meios de subsistência da pesca (FEARNSIDE, 2014). O represamento dos rios afeta a composição de espécies e a estrutura da comunidade devido à fragmentação do ecossistema, além da extinção de espécies nativas dependentes de condições lóxicas (HOEINGHAUS et al., 2008; LEES et al., 2016) e, conseqüentemente, podem perturbar a capacidade do ecossistema de fornecer bens e serviços (BUNKER et al., 2005; LARSEN et al., 2005). Um importante serviço fornecido pelos rios tropicais é a pesca artesanal (HOEINGHAUS et al., 2009), que tem sido ameaçada pelo desenvolvimento de grandes reservatórios (AGOSTINHO et al., 2005).

Compreender os impactos do represamento do rio sobre este importante serviço pode facilitar a aplicação de medidas de manejo. O co-manejo tornou-se uma alternativa adotada em várias localidades (MCGRATH et al., 2008; GUTIÉRREZ et al., 2011; OVIEDO et al., 2015) por ter como diferencial a capacidade de promover o diálogo e a interação entre o conhecimento científico e conhecimento local, resultando em melhores debates e decisões sobre a gestão da pesca. Embora uma melhor gestão pesqueira possa criar e preservar práticas sustentáveis de pesca, garantir o cumprimento dos regulamentos requer aceitação e participação local (BAVINCK; JOHNSON, 2008). Os gestores devem reconhecer que as percepções dos pescadores influenciam seus padrões de extração de recursos e o manejo das pescarias (CASTILLO; SAYSEL, 2005; BEDDINGTON et al., 2007; KARNAD et al., 2013). Além do mais, monitorar a adesão a regras e punir infrações quando são detectadas é uma parte essencial da conservação bem-sucedida e gestão dos recursos naturais (OSTROM, 1990; GEZELIUS, 2002; WALSH et al., 2003; ROWCLIFFE et al., 2004; GIBSON et al., 2005).

No caso dos acordos de pesca, os benefícios podem ser menos imediatos, o que pode desencorajar os pescadores envolvidos. Nesse sentido, o bom gerenciamento deve considerar as percepções, conhecimento e comportamento desses indivíduos. Pesquisas com essas abordagens têm sido cada vez mais reconhecidas como essenciais para compreender os contextos locais e garantir uma gestão baseada na comunidade (BAIRD; FLAHERTY 2005; SILVANO; VALBO-JORGENSEN 2008; SOBREIRO et al., 2010; GRAY et al. 2017; MILLAR et al., 2018). Atualmente, existem no Amazonas algumas áreas regulamentadas por acordos de pesca, como a Ilha da Paciência (Iranduba), Paraná Mamori (Careiro Castanho), Setor Maiana (Fonte Boa), Arumanduba Tarará (Jutaí), lagos do município de Tonantins, São Tomé (Boa Vista do Ramos), Setor Capivara (Maraã), Rio Abufari (Tapauá), Altamira (Japurá) e lago de Balbina (Presidente Figueiredo).

Após o surgimento do lago da usina hidrelétrica de Balbina, houve uma alta pressão de pesca sobre os estoques de tucunarés (*Cichla* spp.), seguida da diminuição na produção do pescado, o que levou os pescadores a aumentarem o esforço de pesca em áreas proibidas, como a Rebio Uatumã (HORIE et al., 2015). Diante deste cenário, a Colônia dos Pescadores Z-6 junto com o IBAMA propuseram o primeiro acordo de pesca que vigorou entre 2007 e 2009. Foi estabelecido quantidade e tamanho mínimo de captura, proibição do uso de malhadeira e um período de defeso de 01 de agosto a 30 de novembro. Um segundo acordo, mais restritivo, foi

regulamentado pela Instrução Normativa SDS/AM n. 001/2014. O período de defeso passou a ser de 15 de novembro a 15 de março, estabeleceu-se tamanhos de captura entre 30 e 55 cm, além da malhadeira, outros apetrechos e técnica de pesca como zagaia, arpão e a pesca de mergulho foram proibidos e novas cotas de captura foram definidas. O pescador amador pode praticar a modalidade de pesque e solte e capturar 5 kg de tucunaré por embarcação, sem direito ao troféu (mais um exemplar), o pescador de subsistência pode capturar 15 kg por semana, e o pescador comercial pode capturar 250 kg por semana, que não são acumulativos.

Cerca de treze anos após o ordenamento participativo da pesca no lago do reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, ainda não havia informações sobre como os pescadores percebem as estratégias de manejo adotadas. Em vista disso, esse estudo representa um primeiro passo para identificar quais variáveis socioeconômicas influenciam a percepção dos pescadores comerciais em relação a implementação do acordo vigente. Esperamos que os resultados estimulem o discurso e o esforço para melhorar a gestão, além de subsidiar os pescadores nas suas demandas de inclusão socioambiental em políticas que atendam seus interesses.

METODOLOGIA

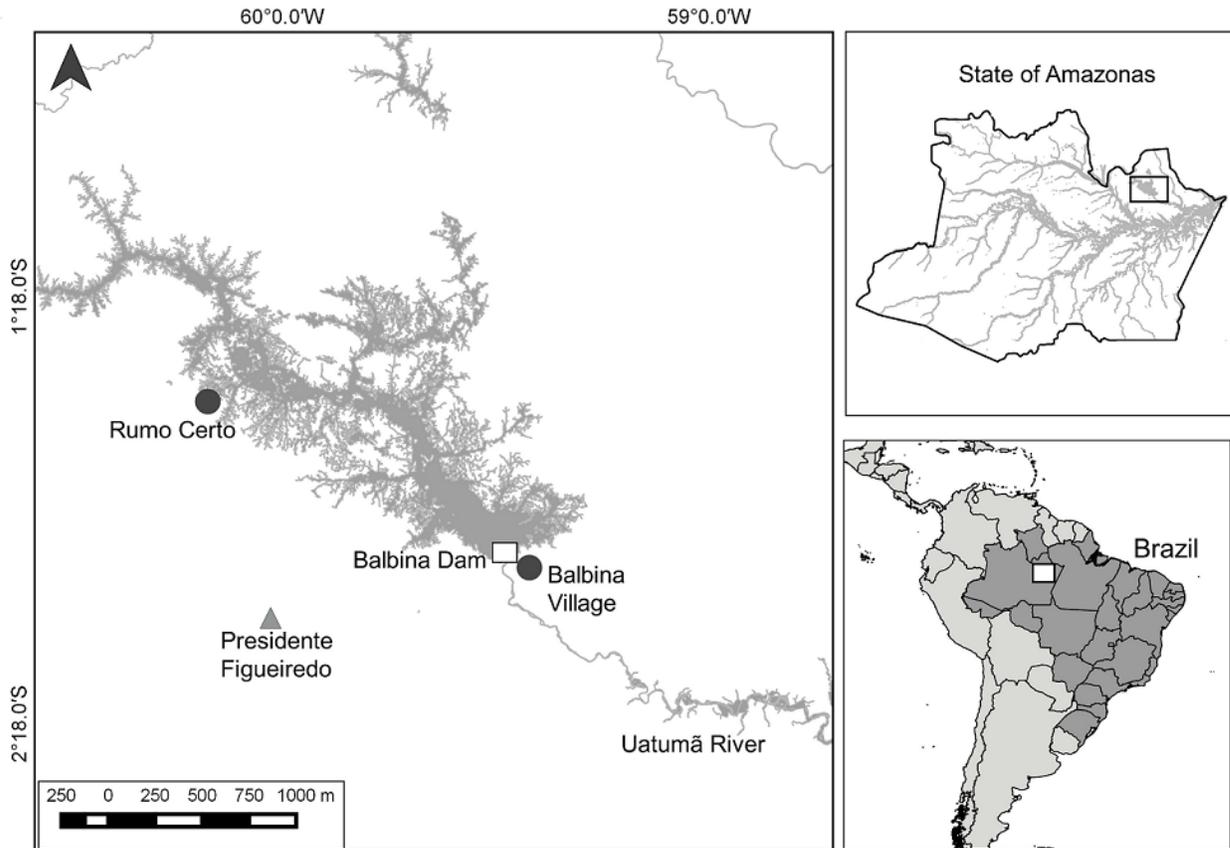
Declaração de ética

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Amazonas (número CAAE 61615716.3.0000.5020). Um termo de consentimento livre e esclarecido, detalhando as informações, os objetivos da pesquisa, a forma como os dados seriam utilizados, além de especificar os direitos de retirar as informações a qualquer momento e a garantia de anonimato foi apresentado verbalmente para os participantes.

Área de estudo

A usina hidrelétrica de Balbina está localizada no município de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas, cerca de 155 km ao norte da capital Manaus (Figura 1). O reservatório foi formado pelo barramento do rio Uatumã, um afluente da margem esquerda do rio Amazonas, possui uma área de 2.360 km², com um volume total acumulado de 17,5 bilhões de metros cúbicos e uma capacidade nominal de 250 MW.

Figura 1. Mapa da localização da Usina Hidrelétrica (UHE) de Balbina, Amazonas, Brasil



Dados e modelo empírico

Dados sobre as características socioeconômicas e os níveis de conscientização, participação, além de sugestões de melhorias em relação ao acordo de pesca foram coletados com o auxílio de questionário semiestruturado. As entrevistas foram realizadas com pescadores residentes em comunidades do ramal Rumo Certo e na vila de Balbina, entre junho de 2016 a junho de 2017.

Nós utilizamos um modelo de regressão logística que possuía informações socioeconômicas como variáveis independentes, a fim de identificar padrões de respostas (Equação 1). A regressão logística é uma ferramenta usada para prever uma variável categórica (geralmente dicotômica) a partir de um conjunto de variáveis preditoras (GUJARATI; SANGEETHA, 2007; GREENE, 2008). É frequentemente escolhida se as variáveis preditoras são uma mistura de variáveis contínuas e categóricas e/ou se elas não são normalmente distribuídas.

(1)

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-g(x)}}$$

Onde:

$$g(x) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_i X_i$$

P = é a probabilidade de que o evento Y ocorra;

β_0 = constante;

β_i = os coeficientes das variáveis explicativas que representam as variações em unidades que impactam o valor de P (logaritmo da razão de chance);

X_i = as variáveis explicativas.

Um modelo empírico foi ajustado para saber quais características socioeconômicas influenciam a percepção dos pescadores sobre o acordo de pesca (Equação 2). As análises foram conduzidas usando o software R *Statistical Programming Language* versão 3.1.1.

(2)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 GEN + \beta_2 IDA + \beta_3 ESC + \beta_4 TMOR + \beta_5 TFIL + \beta_6 OACT + \varepsilon$$

A variável dependente é a satisfação do pescador, classificada como: 1 – quando o pescador está satisfeito, e 0 – quando o pescador está insatisfeito. As variáveis independentes testadas foram gênero, idade, escolaridade, tempo de moradia no entorno do reservatório, tempo de filiação na entidade de classe e atividade econômica complementar (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis independentes testadas no modelo e sua respectiva definição

Variável	Definição
GEN	Gênero (masculino = 1, feminino = 0)
IDA	Idade do entrevistado
ESC	Se completou a escola primária (Sim = 1, Não = 0)
TMOR	Número de anos vivendo no entorno do reservatório
TFIL	Número de anos filiado à entidade de classe
OACT	Se desenvolvia outra atividade (Sim = 1, Não = 0)

Essas variáveis foram escolhidas para testar o modelo por terem sido vistas como importantes para a decisão individual de estar ou não satisfeito com o acordo. Em relação ao gênero, espera-se que devido os entrevistados do sexo masculino estarem em maior número e se dedicarem a atividade há mais tempo, eles têm mais conhecimento a respeito dos estoques de tucunarés e é mais provável que apresentem interesse em protegê-los. Outra variável foi a idade. Espera-se que os mais jovens sejam mais conscientes a respeito das questões ambientais. Quanto a escolaridade, espera-se que os que possuem algum nível de instrução, tenham melhor entendimento da necessidade de manejo dos recursos.

No que se refere ao tempo de moradia, espera-se que os pescadores que vivem há mais tempo no entorno do reservatório, tenham acompanhado o processo de aumento substancial nos estoques de tucunarés, seguido da queda da produtividade e, portanto, apresentam um maior interesse em sua área, pois dependem dos recursos para sua subsistência. O tempo que o pescador estava filiado a alguma entidade de classe também foi considerado, pois, como o acordo foi uma iniciativa em conjunto com o ICMBio, entidades de classe e pescadores, espera-se que quanto mais tempo o pescador está filiado, mais participativo ele é nesse processo e mais satisfeito ele está. É esperado que o desenvolvimento de outra atividade econômica, gerando renda complementar, torne o pescador menos dependente da pesca e com capacidade de compreender os potenciais benefícios de estratégias de manejo pesqueiro.

RESULTADOS

Características socioeconômicas dos pescadores

Foram entrevistados 54 homens e 25 mulheres, o que equivalia a 70,5% do universo de pescadores comerciais ativos no reservatório. A faixa etária variou de 25 a mais de 65 anos, sendo o maior grupo de entrevistados no intervalo de 35 e 45 anos. 89,9% dos pescadores eram alfabetizados. Dos 79 entrevistados, 37 disseram que moravam entre 20 e 30 anos nas proximidades do reservatório, 70,5% estavam filiados à Colônia dos Pescadores de Presidente Figueiredo Z-6, 29,5% ao Sindicato dos Pescadores e, 71,8% estavam filiados nessas entidades de classe entre 1 e 10 anos. A agricultura foi classificada como a atividade econômica complementar mais importante (Tabela 2).

Tabela 2. Informações socioeconômicas dos pescadores comerciais entrevistados no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas

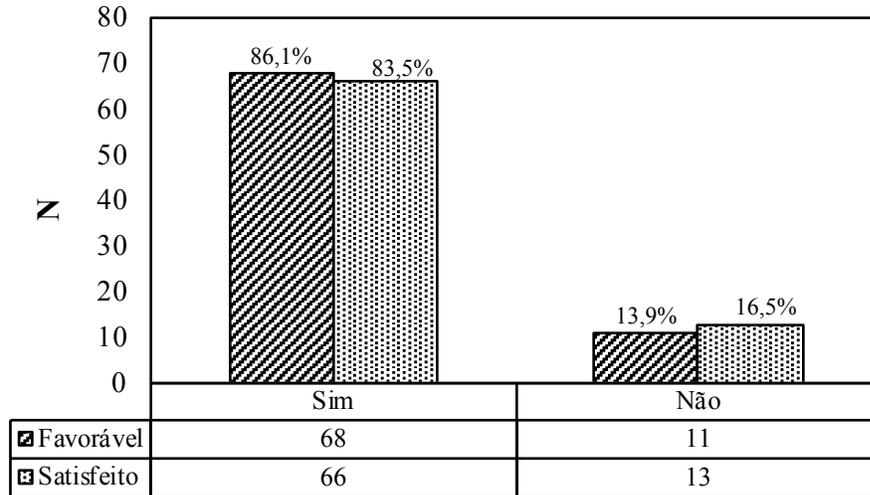
Variável	Categoria	Número (N)	Porcentagem (%)
Gênero	Masculino	54	68,4
	Feminino	25	31,6
Idade (anos)	25 – 35	21	26,6
	35 – 45	28	35,4
	45 – 55	19	24,1
	55 – 65	10	12,7
	> 65	1	1,3
Escolaridade	Alfabetizado	71	89,9
	Analfabeto	8	10,1
Tempo de moradia (anos)	1 – 10	5	6,3
	10 – 20	35	44,3
	20 – 30	37	46,8
	> 30	2	2,5
Entidade de classe	Colpesca	55	70,5
	Sindpesca	23	29,5
Tempo de filiação (anos)	1 – 10	56	71,8
	10 – 20	18	23,1
	20 – 30	4	5,1
Atividade complementar	Agricultura	19	43,2
	Piloteiro	16	36,4
	Outras*	9	20,5

*Outras: comerciante, carpinteiro, pedreiro e roçador

Conscientização e participação dos pescadores

Os pescadores foram perguntados se eles foram favoráveis à implantação do acordo de pesca e se estavam satisfeitos com a maneira que o acordo vem sendo implementado. 86,1% dos entrevistados disseram que foram favoráveis a implantação e, 83,5% disseram que estavam satisfeitos com a implementação (Figura 2).

Figura 2. Percentual de pescadores comerciais que foram a favor ou contra a implantação e que estavam satisfeitos ou não com o acordo de pesca do reservatório da UHE Balbina



Fonte: A autora (2018).

Quanto a definição do acordo, 82,3% foram capazes de informar do que se trata, e 69,6% tomou conhecimento participando das reuniões realizadas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). 74,7% notaram alguma mudança nos últimos anos, principalmente em relação ao aumento do tamanho e quantidade dos peixes (66,1%). Ao serem perguntados sobre o que poderia melhorar, 32,8% disseram que mudanças não eram necessárias. No entanto, 31,1% declararam que a fiscalização precisava ser mais intensa, pois havia pescadores que não estavam respeitando as regras do acordo (Tabela 3).

Tabela 3. Informações sobre a conscientização e participação dos pescadores comerciais quanto ao acordo de pesca do reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas

	Número (N)	Porcentagem (%)
Sabe definir o que é o acordo?		
Sim	65	82,3
Não	14	17,7
Como tomou conhecimento?		
Participando das reuniões do ICMBio	55	69,6
Através do presidente da entidade	14	17,7
Através de amigos	10	12,7
Notou mudanças?		
Sim	59	74,7
Não	20	25,3
Quais mudanças você notou?		
Aumento da quantidade de peixes	12	20,3
Aumento do tamanho dos peixes	3	5,1

Aumento do tamanho e quantidade de peixes	39	66,1
Diminuição do tamanho e quantidade de peixes	5	8,5
O que pode melhorar?		
Está bom do jeito que está	20	32,8
Fiscalização	19	31,1
Aumentar o período de paralização da pesca	6	9,8
Diminuir o período de paralização da pesca	4	6,6
Fechar o lago no mínimo por 3 anos	4	6,6
Outras*	8	13,1

*Outras: aumentar o tamanho mínimo de captura do tucunaré, conscientizar mais pessoas, ter outra atividade durante o período do defeso e proibir a pesca esportiva.

Fatores socioeconômicos que influenciam a percepção dos pescadores

O ajuste do modelo, representado pelo R^2 , indica que 31,4% do nível de satisfação do pescador é explicado pelas variáveis explanatórias incluídas no modelo. Um ajuste considerado adequado em trabalhos socioambientais.

Dentre todas as variáveis analisadas apenas a variável outra atividade foi significativa, revelando que um pescador que não dependia exclusivamente da pesca tinha uma chance 4,5 maior de estar satisfeito com o acordo de pesca (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados da regressão logística para os dados socioeconômicos do modelo

	Coefficiente	Standard error	b/St.Er.	P-value	Odds ratio
Intercept	-0.40811	2.02223	-0.202	0.8401	0.6649052
Gênero	-1.09365	0.85917	-1.273	0.2030	0.3349912
Idade	0.05208	0.03596	1.448	0.1476	1.0534588
Escolaridade	-0.33695	1.17867	-0.286	0.7750	0.7139440
Tempo de moradia	0.02664	0.05321	0.501	0.6166	1.0270020
Tempo de filiação	-0.03237	0.05788	-0.559	0.5761	0.9681519
Outra atividade	1.51876	0.74868	2.029	0.0425*	4.5665488

*Nível de significância de 5%.

DISCUSSÃO

Os pescadores comerciais do reservatório da UHE Balbina apresentaram características semelhantes tanto com pescadores de outros reservatórios (PETRERE et al., 2006; MARUYAMA et al., 2009; ALVES DA SILVA et al., 2009; CINTRA et al., 2013; SÁ-OLIVEIRA et al., 2013; FLEXA et al., 2016) como com pescadores de outras partes da Amazônia (INOMATA; FREITAS, 2011; INOMATA; FREITAS, 2015; ZACARDI et al., 2017; VAZ et al., 2017), em especial, no que se refere a predominância do gênero masculino na atividade.

Outro padrão observado foi o fato de ser uma atividade feita, principalmente, por pescadores mais velhos. Este resultado corrobora com a estrutura etária dos pescadores do reservatório Billings (38 anos) (ALVES DA SILVA et al., 2009), da UHE Itá (41 a 50 anos) (SCHORK, 2012), da UHE Tucuruí (37 anos) (CINTRA et al., 2013), da UHE Coaracy Nunes (42,4 anos) (SÁ-OLIVEIRA et al., 2013) e, também, do rio Madeira, Rondônia (40 anos) (LIMA et al., 2012), do rio Negro, Amazonas (45,4 anos) (INOMATA; FREITAS, 2015) e do rio Calçoene, Amapá (39 anos) (ZACARDI et al., 2016).

Apesar dos incentivos destinados aos pescadores através de programas voltados para a alfabetização de adultos e idosos, os pescadores entrevistados apresentaram baixa escolaridade, sendo que uma minoria não era alfabetizada. Para Alencar e Maia (2011) a baixa escolaridade pode ser responsável pela ineficácia na aplicação das políticas públicas pesqueiras e contribuir para que pessoas desse grupo ingressem na pesca por falta de opção. Desse modo, as oportunidades para que explorem outras atividades que não estão relacionadas à exploração dos recursos naturais se tornam limitadas (LIMA et al., 2012). Os jovens têm demonstrado pouco interesse na atividade pesqueira, provavelmente, por terem acesso à educação, o que oportuniza a busca por melhores condições de vida.

A maior parcela dos entrevistados morava no entorno do reservatório entre 20 e 30 anos. Devido a construção da hidrelétrica, muitas pessoas que moravam à jusante da usina foram realocadas à vila, outras migraram de diferentes localidades em busca de novas oportunidades e, após a finalização das obras, muitos trabalhadores se tornaram pescadores. Embora não seja a única atividade econômica, a pesca continua sendo uma importante fonte de renda e proteína animal para populações residentes na área. No entanto, a agricultura, principalmente o cultivo de banana e macaxeira, foi a atividade complementar mais importante. A prática desta atividade como fonte secundária à renda também foi observada entre os pescadores de distintos reservatórios (BOTELHO, 2007; ALVES DA SILVA et al., 2009; SÁ-OLIVEIRA et al., 2013) e em outras regiões da Amazônia (ALMEIDA et al., 2008; INOMATA; FREITAS, 2011; INOMATA; FREITAS, 2015; ZACARDI, 2015).

A maioria dos pescadores estavam filiados a alguma entidade de classe havia no máximo 10 anos. Entretanto, durante as entrevistas foi possível constatar que, apesar dessas entidades serem organizações sociais que têm como objetivo representar os pescadores no sentido de intervir a favor da atividade junto ao governo, os pescadores que em algum momento estavam

insatisfeitos com a atuação dos representantes optavam por mudar de entidade, dessa forma, mudavam da Colônia para o Sindicato ou vice-versa. Portanto, o período total de filiação, possivelmente, seja maior.

Grande parte dos pescadores sabia definir o acordo de pesca e disseram ter tomado conhecimento participando das reuniões organizadas pelo ICMBio, nas quais são promovidas ações e discussões que possibilitam a integração e participação dos usuários na tomada de decisão. Cabe destacar que, desde 2014 o ICMBio, junto com o Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ), faz o monitoramento do desembarque pesqueiro a partir de um enfoque participativo. Além dos monitores contratados, tanto no Rumo Certo como em Balbina, alguns pescadores também atuam como voluntários. Diariamente eles fazem os registros das pescarias e realizam a biometria. Periodicamente reuniões são realizadas para a divulgação dos resultados, demonstrando a transparência das medidas adotadas.

Desse modo, todo o processo tem contribuído para o estabelecimento de uma importante base de dados, além da construção de uma relação de confiança com as comunidades e lideranças. Para Cerdeira e Camargo (2008) a gestão participativa é bem-sucedida desde que o Poder Público e as instituições atuem em conjunto, dando suporte permanente à manutenção das organizações comunitárias, pois, se não houverem constantes ações de fortalecimento essas organizações não se mantêm. Seixas et al. (2011) destacaram que a existência de instituições técnicas, como ICMBio e IBAMA, normatizando o uso e acesso aos recursos pesqueiros, contribui efetivamente para a realização da gestão participativa.

A implantação do acordo foi o resultado de um consenso entre muitos pescadores e eles se mantinham acreditando no processo de ordenamento da pesca da maneira como vem ocorrendo, uma vez que a grande maioria estava satisfeita e uma parcela sequer sugeriu melhorias. Esse resultado se mostrou bastante positivo, pois, quando os pescadores estão envolvidos em uma estratégia de manejo com a qual concordam, há mais chances de eles apoiarem a administração, além de sentirem um senso maior de responsabilidade ao ter a oportunidade de se envolver.

Em contrapartida, houve uma parcela que estava insatisfeita com a fiscalização, em razão de alguns pescadores que não estavam respeitando as regras. Aquino (2007) analisou os acordos de pesca implementados no Amazonas e os resultados mostraram que, parte dos pescadores que participaram da implementação declarou que mudanças positivas ocorreram, como melhoria da gestão participativa (60%), redução de conflitos (58%) e aumento da produtividade (72%), mas,

71% respondeu que a fiscalização e a aplicação de penalidades eram ineficazes. Ao estudar as origens e o funcionamento dos acordos coletivos de pesca das várzeas da Amazônia brasileira, Oviedo et al. (2015) concluíram que os acordos geraram melhorias consideráveis, embora a sua eficácia estivesse ameaçada pela fraqueza do monitoramento e fiscalização e pela falta de eficiência da regulamentação da posse da terra. Este problema em relação a fiscalização deficiente também corrobora com outros estudos (SEIXAS, 2006; THÉ et al., 2008; KALIKOSKI et al., 2009; SEIXAS et al., 2009; CORRÊA et al., 2014). Diante disso, as reivindicações por parte dos pescadores comerciais de Balbina merecem atenção, visto que essa fragilidade na gestão pode gerar conflitos entre os diferentes grupos de interesse ou a desmobilização dos pescadores.

Apesar dos resultados da implementação dos acordos de pesca serem percebidos a longo prazo, o estudo indicou que o acordo já está surtindo efeitos em Balbina. Após quatro anos de vigência, alguns pescadores demonstraram percepções importantes das mudanças que estão ocorrendo, como o aumento do tamanho e quantidade de tucunarés. Mudanças também foram percebidas em outras regiões, como nos lagos protegidos por acordos em Santarém, haja vista uma produtividade 60% maior do que a de lagos não manejados (ALMEIDA et al., 2002). O manejo do camarão na região de Gurupá, resultou, entre 1997 e 2002, no aumento do tamanho e o acréscimo de 142% na renda dos pescadores (OVIDEO; BURSZTYN, 2003). Na Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá, no período de 1999 a 2007, a população adulta de pirarucus em lagos manejados passou de 4.500 para 12 mil indivíduos (CASTELLO et al., 2011), e na área de pesca de Maraã, entre 2002 e 2009, a captura total passou de 5,5 para 119 toneladas/ano (AMARAL et al., 2011). À jusante da UHE Tucuruí, o cumprimento de regras do acordo produziu benefícios na comunidade de Cuxipiari Carmo, pois os pescadores relataram tanto o aumento dos estoques pesqueiros quanto das capturas (BENTES et al., 2014). O estudo de Oviedo e Bursztyn (2016) indicou que lagos dos municípios de Manoel Urbano e Feijó, tiveram um aumento na produtividade na pesca do pirarucu de 44% desde 2004, e de 23% desde 2008, respectivamente.

A análise de regressão logística identificou a variável outra atividade econômica como significativa para o pescador estar satisfeito com a implementação do acordo de pesca. Esse resultado destaca a importância da diversificação das fontes de renda dos pescadores e que deve ser considerada pelos gestores. Pois, os pescadores que desenvolvem atividades complementares

tendem a dividir seu tempo entre elas, o que reduz a pressão de pesca (QUEIROZ, 2005), garante alternativa de subsistência nos períodos críticos, além de facilitar o respeito as regras estabelecidas.

Segundo Horie et al. (2015) durante a primeira reunião para discutir a implantação do atual acordo de pesca em Balbina, os pescadores já demonstravam a expectativa em ter uma atividade complementar. Foram apontadas algumas estratégias em que a Rebio Uatumã poderia ser parceira dos pescadores, por meio de um Plano de Ação, e eles elegeram as estratégias que consideravam primordiais, destacando principalmente a criação de peixes. Gelcich et al. (2009) e Leleu et al. (2012) identificaram em seus estudos que a aceitação das áreas marinhas protegidas (MPAs) pelos pescadores tem sido maior quando eles estão envolvidos no manejo e também quando percebem os benefícios, como aumento em suas capturas e fornecimento de viveiros para criação de peixes.

No entanto, para desenvolver políticas destinadas a estimular a diversificação de renda entre as comunidades pesqueiras, é necessário conhecer os aspectos socioeconômicos dos pescadores e realizar estudos para descobrir quais atividades eles têm maior probabilidade de realocar mão de obra. Freitas et al. (2008) identificaram que uma alternativa importante para o uso sustentável dos estoques de tucunaré e melhoria no bem-estar dos pescadores no reservatório de Balbina, seria treinar pescadores comerciais para se tornarem guias turísticos para a pesca esportiva.

Em concordância com Howard (2003) os meios de subsistência alternativos não devem ser confundidos com uma mudança completa de uma atividade para outra, mas a capacidade de adotar múltiplas alternativas e opções. Decerto a diversificação da renda pode ser estimulada através da elevação da educação, melhorias ao acesso a empréstimos e incentivo à adesão de associações. Stoop et al. (2016) retratam a importância da educação para a diversificação de renda em comunidades pesqueiras de Benin, África, mostrando que o maior nível de instrução levou a níveis mais altos de diversificação. Por outro lado, quando as perspectivas de atividades econômicas complementares são limitadas, comunidades dependentes da pesca podem sofrer dificuldades, incluindo desemprego e migração para outras localidades. Em lugares com pouca ou nenhuma fiscalização, os pescadores podem ser tentados a retomar a pesca em áreas protegidas ou nos períodos proibidos.

AGRADECIMENTOS

Somos imensamente gratos a todos os pescadores comerciais do reservatório da UHE Balbina que forneceram as informações, sem as quais esse trabalho não poderia ser realizado; ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), pelo apoio logístico durante as coletas de dados e fornecimento de informações a respeito do monitoramento do desembarque pesqueiro; à Colônia de Pescadores de Presidente Figueiredo Z-6; à CAPES pela concessão da bolsa de doutorado e pela bolsa de estágio no exterior realizado na Washington and Lee University (processo PDSE 88881.132525/2016-01) e; ao PIATAM, pela cessão da infraestrutura.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A.A.; THOMAZ, S.M.; GOMES, L.C. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conservation Biology*, v. 19, p. 646-652, 2005.
- ALENCAR, C.A.G.; MAIA, L.P. Perfil socioeconômico dos pescadores brasileiros. *Arquivos Ciências do Mar*, v. 44, p. 12-19, 2011.
- ALMEIDA, O.; LOREZEN K.; MCGRATH, D.G. Impact of co-management agreements on the exploitation and productivity of floodplain lake fisheries in the Lower Amazon. *Proceedings of the 9th Biennial Conference of the International Association for the Study of Common Property. Zimbabwe*, p. 1-12, 2002.
- ALMEIDA, O.T.; MCGRATH, D.G.; RIVERO, S.; LOREZEN, K. Impacto del comanejo pesquero sobre la pesca en la Amazonia brasileña: caracterización, análisis multiagentes e interacciones. In: Pinedo, D.; Soria, C. (Eds.). *El manejo de las pesquerías en los ríos tropicales de Sudamérica*, p. 321-332, 2008.
- ALVES DA SILVA, M.E.P.; CASTRO, P.M.G.; MARUYAMA, L.S.; PAIVA, P. Levantamento da pesca e perfil socioeconômico dos pescadores artesanais profissionais no reservatório Billings. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 35, n. 4, p. 531-543, 2009.
- AMARAL, E.; DE SOUSA, I.S.; GONÇALVES, A.C.T.; BRAGA, R.; FERRAZ, P.; CARVALHO, G. Manejo de Pirarucus (*Arapaima gigas*) em Lagos de Várzea de Uso Exclusivo de Pescadores Urbanos. *Série Protocolos de Manejo de Recursos Naturais 1*, Tefé, AM, 2011.
- AQUINO, A.S. Avaliação do Processo de Discussão e Implementação dos Acordos de Pesca no Estado do Amazonas. *Relatório Pró-Várzea*. Manaus: IBAMA, 2007.
- BAIRD, I.G.; FLAHERTY, M.S. Mekong river fish conservation zones in southern Laos: Assessing effectiveness using local ecological knowledge. *Environmental Management*, v. 36, n. 3, p. 439-454, 2005.

BAVINCK, M.; JOHNSON, D. Handling the legacy of the blue revolution in India -social justice and small-scale fisheries in a negative growth scenario. *American Fisheries Society Symposium*, v. 49, p. 585-599, 2008.

BEDDINGTON, J.R.; AGNEW, D.J.; CLARK, C.W. Current problems in the management of marine fisheries. *Science*, v. 316, p. 1713-1716, 2007.

BENTES, E.S.; SANTANA, A.C.; ALMEIDA, O.T.; SANTANA, A.L. A pesca artesanal a jusante da Usina Hidrelétrica (UHE) de Tucuruí, estado do Pará, *Novos Cadernos NAEA*, v. 17 n. 2, p. 167-187, 2014.

BOTELHO, M.C. A pesca comercial dos tucunarés *Cichla* spp. (Perciformes, Cichlidae) no reservatório da UHE-Tucuruí, rio Tocantins, PA. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Pará - UFPA, 103 pp., 2007.

BUNKER, D.E.; DECLERCK, F.; BRADFORD, J.C.; COLWELL, R. K.; PERFECTO, I.; PHILLIPS, O. L.; SANKARAN, M.; NAEEM, S. Species loss and aboveground carbon storage in a tropical forest. *Science*, v. 310, p. 1029-1031, 2005.

CASTELLO, L.; PINEDO-VASQUEZ, M.; VIANA, J.P. Participatory conservation and local knowledge in the Amazon várzea: the pirarucu management scheme in Mamirauá. In: PINEDO-VASQUEZ, M., RUFFINO, M., PADOCH, C. J. BRONDÍZIO, E. S. (eds). *The Amazon Várzea: The Decade Past and The Decade Ahead*, pp. 261–276. New York: Springer-Verlag, 2011.

CASTILLO, D.; SAYSEL, A.K. Simulation of common pool resource field experiments: a behavioral model of collective action. *Ecological Economics*, v. 55, p. 420-436, 2005.

CASTRO-DIAZ, L.; LOPEZ, M.C.; MORAN, E. Gender-Differentiated Impacts of the Belo Monte Hydroelectric Dam on Downstream Fishers in the Brazilian Amazon. *Human Ecology*, v. 46, n. 3, p. 411-422, 2018.

CERDEIRA, R.G.P.; CAMARGO, S.F. Gestão participativa da pesca na região do Maicá, em Santarém, PA: Reflexões jurídicas e ambientais. In: XVI Congresso Nacional do CONPEDI, 2008, Belo Horizonte. *Anais...* Florianópolis: Editora Fundação Boiteux, 2008. p. 4489-4507.

CINTRA, I.H.A.; FLEXA, C.E.; SILVA, M.B.; ARAÚJO, M.V.L.F.; SILVA, K.C. A pesca no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, Amazônia, Brasil: aspectos biológicos, sociais, econômicos e ambientais. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, v. 1, n. 1, p. 57-78, 2013.

CORRÊA, M.A.; KAHN, J.R.; FREITAS, C.E.C. Perverse incentives in fishery management: The case of the defeso in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, v. 106, p. 186-194, 2014.

FEARNSIDE, P.M. Impacts of Brazil's Madeira River Dams: Unlearned Lessons for Hydroelectric Development in Amazonia. *Environmental Science and Policy*, v. 38, p. 164-172, 2014.

- FLEXA, C.E.; SILVA, K.C.A.; CINTRA, I.H.A. Pescadores artesanais à jusante da usina hidrelétrica de Tucuruí, Amazônia, Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, v. 42, n. 1, p. 221-235, 2016.
- FREITAS, C.E.C.; RIVAS, A.A.F.; NASCIMENTO, F.A.; SIQUEIRA-SOUZA, F.K.; SANTOS, I.L.A. The effects of sport fishing growth on behavior of commercial fishermen in Balbina reservoir, Amazon, Brazil. *Environment, Development and Sustainability*, v. 10, p. 157-165, 2008.
- GELCICH, S.; GODOY, N.; CASTILLA, J. C. Artisanal fishers' perceptions regarding coastal co-management policies in Chile and their potentials to scale-up marine biodiversity conservation, *Ocean & Coastal Management*, v. 52, p. 424-432, 2009.
- GEZELIUS, S.S. Do norms count? State regulation and compliance in a Norwegian fishing community. *Acta Sociologica*, v. 45, p. 305-314, 2002.
- GIBSON, C.C.; WILLIAMS, J.T.; OSTROM, E. Local enforcement and better forests. *World Dev.*, v. 33, p. 273-284, 2005.
- GRAY, T.N.E.; PHOMMACHAK, A.; VANNACHOMCHAN, K.; GUEGA, F. Using local ecological knowledge to monitor threatened Mekong megafauna in Lao PDR. *PLoS ONE*, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183247>.
- GREENE, W.H. *Econometric Analysis*. 6th Edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2008.
- GUJARATI, D.N.; SANGEETHA, G. *Basic econometrics*. 4th Edition. New Delhi and New York, 2007.
- GUTIERREZ, N.L.; HILBORN, R.; DEFEO, O. Leadership, Social Capital and Incentives Promote Successful Fisheries. *Nature*, v. 470, n. 7334, p. 386–389, 2011.
- HOEINGHAUS, D.J.; WINEMILLER, K.O.; AGOSTINHO, A.A. Hydrogeomorphology and river impoundment affect food-chain length in diverse Neotropical food webs. *Oikos*, v. 117, p. 984-995, 2008.
- HOEINGHAUS, D.J.; AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; PELICICE, F.M.; OKADA, E.K.; LATINI, J.D.; KASHIWAQUI, E.A.L.; WINEMILLER, K.O. Effects of river impoundment on ecosystem services of the largest tropical Rivers: embodied energy and market value of artisanal fisheries. *Conservation Biology*, v. 23, p. 1222-1231, 2009.
- HORIE et al. Participação social na gestão dos recursos pesqueiros: 10 anos de ordenamento da pesca do tucunaré *Cichla* spp. (Perciformes: Cichlidae) no reservatório da hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil. *Anais... CBUC*, 2015. v. 8.12 pp.

HOWARD, M. When Fishing Grounds are Closed: Developing Alternative Livelihoods for Fishing Communities SPC Women in Fisheries Information Bulletin # 13, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Instrução Normativa nº 29. IBAMA, Brasília, 2003.

INOMATA, S.O.; FREITAS, C.E.C. Caracterização da frota pesqueira de Coari, Médio Rio Solimões (Amazonas-Brasil). *Revista Agrogeoambiental*, v. 3, n. 1, p. 65-70, 2011.

INOMATA, S.O.; FREITAS, C.E.C. A pesca comercial no médio rio Negro: aspectos econômicos e estrutura operacional. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 41, n. 1, p. 79-87, 2015.

KAHN, J.R., FREITAS, C.E.; PETRERE, M. False shades of green: The case of Brazilian Amazonian hydropower. *Energies*, v. 7, p. 6063-6082, 2014.

KALIKOSKI, D. C.; SEIXAS, C. S.; ALMUDI, T. Gestão compartilhada e comunitária da pesca no Brasil: avanços e desafios. *Ambiente e Sociedade*, v. 12, pp. 151-172, 2009.

KARNAD, D.; GANGAL, M.; KARANTH, K. Perceptions matter: how fishermen's perceptions affect trends of sustainability in Indian fisheries. *Fauna & Flora International, Oryx*, p. 1-10, 2013.

LARSEN, T.H.; WILLIAMS, N.M.; KREMEN, C. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. *Ecology Letters*, v. 8, p. 538-547, 2005.

LEES, A.C.; PERES, C.A.; FEARNSIDE, P.M.; SCHNEIDER, M.; ZUANON, J.A.S. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. *Biodivers Conserv*, v. 25, p. 451-466, 2016.

LELEU, K; ALBAN, F.; PELLETIER, D.; CHARBONNEL, E.; LETOURNEUR, Y.; BOUDOURESQUE, C.F. Fishers' perceptions as indicators of the performance of Marine Protected Areas (MPAs), *Marine Policy*, v. 36, p. 414-422, 2012.

LIMA, M.A.L.; DORIA, C.R.C.; FREITAS, C.E.C. Pescarias artesanais em comunidades ribeirinhas na Amazônia brasileira: perfil socioeconômico, conflitos e cenário da atividade. *Ambiente e Sociedade*, v. 2, p. 73-90, 2012.

MARUYAMA, L.; CASTRO, P.M.G.; PAIVA, P. Pesca artesanal no médio e baixo Tietê, São Paulo, Brasil: aspectos estruturais e socioeconômicos. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 35, n. 1, p. 61-81, 2009.

MCGRATH, D.G. CARDOSO, A.; ALMEIDA, O.T.; PEZZUTI, J. Constructing a policy and institutional framework for an ecosystem-based approach to managing the Lower Amazon floodplain. *Environ Dev Sustain*, v. 10, p. 677-695, 2008.

MILLAR, J.; ROBINSON, W.; BAUMGARTNER, L.J.; HOMSOMBATH, K.; CHITTAVONG, M.; PHOMMAVONG, T.; SINGHANOUVONG, D. In : *Environment, Development and*

Sustainability: a multidisciplinary approach to the theory and practice of sustainable development. 2018.

OSTROM, E. *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press, 1990.

OVIEDO, A.F.P.; BURSZTYN, M. A quem confiamos os recursos comuns – estado, comunidade ou mercado? – lições aprendidas com o manejo da pesca na Amazônia. *Sociedade e Estado*, Brasília, v. 18, n. 1-2, p. 177-198, jan/dez, 2003.

OVIEDO, A.F.P.; BURSZTYN M.; DRUMMOND J.A.L. Now under new administration: fishing agreements in the Brazilian Amazon floodplains. *Revista Ambiente & Sociedade*, v. 8, n. 4, p. 113-132, 2015.

OVIEDO, A.F.P.; BURSZTYN, M. The fortune of the commons: Participatory evaluation of small-scale fisheries in the Brazilian Amazon. *Environmental Management*, v. 57, 1009-1023, 2016.

PETREIRE, M; WALTER, T.; MINTE-VERA, C.V. Income evaluation small-scale fisher in two Brazilian urban reservoirs: Represa Billings (SP) and Lago Paranoá (DF). *Braz. J. Biol.*, v. 66, n. 3, p. 817-828, 2006.

POKHREL, Y.; BURBANO, M.; ROUSH, J.; KANG, H.; SRIDHAR, V.; HYNDMAN, D.W. A review of the integrated effects of changing climate, land use, and dams on Mekong river hydrology. *Water*, v. 10, n. 266, p. 1-25, 2018.

QUEIROZ, H.L. A Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. *Estudos avançados*, v. 19, n. 54, 183-203, 2005.

REED, M.S.; DOUGILL, A.J.; BAKER, T.R. Participatory indicator development: What can ecologists and local communities learn from each other. *Ecol. Appl.*, 18, 1253-1269, 2008.

ROWCLIFFE, J.M., DE MERODE, E.; COWLISHAW, G. Do wildlife laws work? Species protection and the application of a prey choice model to poaching decisions. *Proc. Roy. Soc. Lond. Ser. B – Biol. Sci.*, v. 271, p. 2631–2636, 2004.

SÁ-OLIVEIRA, J.C.; VASCONCELOS, H.C.G.; PEREIRA, S.W.M.; ISAAC-NAHUM, V.J.; TELESJUNIOR, A.P. Caracterização da pesca no Reservatório e áreas adjacentes da UHE Coaracy Nunes, Ferreira Gomes, Amapá-Brasil. *Biota Amazônia*, v. 3, n. 3, p. 83-96, 2013.

SANTOS, E.S.; CUNHA, A.C.; CUNHA, H.F.A. Hydroelectric power plant in the Amazon and socioeconomic impacts on fishermen in Ferreira Gomes County - Amapá State. *Ambiente & Sociedade* (online), v. 20, p.191-208, 2017.

SCHORK, G. Diagnóstico da Pesca na Usina Hidroelétrica de Itá, região do Alto Rio Uruguai, no período 2004-2009. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 55 pp., 2012.

SEIXAS, C.S. Barriers to local-level, participatory ecosystem assessment and management in Brazil. In: Reid, W.; Berkes, Wilbanks, F.T.; Capistrano, D. Bridging Scales and Knowledge Systems: Concepts and Applications in Ecosystem Assessment. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, 2006.

SEIXAS, C.S.; MINTE-VERA, C.V.; FERREIRA, R.G.; MOURA, R.L.; CURADO, I.B.; PEZZUTI, J.; THÉ, A.P.G.; FRANCINI-FILHO; R.B. Co-managing commons: Advancing Aquatic Resources Management in Brazil. In: LOPES, P.F.; BEGOSSI, A. (eds.) Current Trends in Human Ecology. Cambridge University Press. 375 pp., 2009.

SEIXAS, C.; KALIKOSKI, D.C.; ALMUDI, T.; BATISTA, V.S.; COSTA, A.L.; DIOGO, H.L.; FERREIRA, B.P.; FUTEMMA, C.R.T.; MOURA, R.L.; RUFFINO, M.L.; SALLES, R.; THÉ, A.P.G. Gestão compartilhada do uso de recursos pesqueiros no Brasil: elementos para um programa nacional. *Ambiente e Sociedade*, v. 14, n. 1, p. 23-44, 2011.

SILVANO, R.A.M.; VALBO-JORGENSEN, J. Beyond fishermen's tales: Contributions of fishers' local ecological knowledge to fish ecology and fisheries management. *Environment, Development and Sustainability*, v. 10, p. 657-675, 2008.

SOBREIRO, T.; FREITAS, C.E.C.; PRADO, K.L.; NASCIMENTO, F.A.; VICENTINIT, R.; MORAES, A.M. An evaluation of fishery co-management experience in an Amazonian black-water river (Unini River, Amazon, Brazil). *Environment, Development and Sustainability*, v. 12, p. 1013-1024, 2010.

STOOP, N.; HOUSSA, R.; VERPOORTEN, M. To fish or not to fish? Resource degradation and income diversification in Benin. *Environment and Development Economics*, n. 21, p. 669-689, Cambridge University Press, 2016, doi:10.1017/S1355770X16000012.

THÉ, A.P.G.; MANCUSO, M.I.R.; MELLO, R.Q.; APEL, M. Pescar Pescadores: fortalecimento de la organizacion comunitária para El manejo participativo de La pesca em El rio San Francisco, Brasil. In: PINEDO, D.; SORIA, C. (Eds). *El manejo de las pesquerías em Ríos Tropicales de Sudamérica*. Instituto Del Bien Comum e IDRC. Mayol Ediciones. 492 pp., p. 333-354, 2008.

VAZ, E.M; RABELO, Y.G.S.; CORRÊA, J.M.S.; ZACARDI, D.M. A pesca artesanal no lago Maicá: aspectos socioeconômicos e estrutura operacional. *Biota Amazônia*, v. 7, n. 4, p. 6-12, 2017.

WALSH, P.D et al. Catastrophic ape decline in western equatorial Africa. *Nature*, v. 422, p. 611-614, 2003.

WINEMILLER, K.O., MCINTYRE, P.B.; CASTELLO, L.; FLUET-CHOUINARD, E.; GIARRIZZO, T.; NAM, S.; BAIRD, I.G.; DARWALL, W. et al. Balancing hydropower and

biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. Science American Association for the Advancement of Science, v. 351, p. 128-129, 2016.

ZACARDI, D.M. Aspectos sociais e técnicos da atividade pesqueira realizada no rio Tracajatuba, Amapá, Brasil. Acta of Fisheries and Aquatic Resources, v. 3, n. 2, p. 31-48. 2015.

ZACARDI, D.M.; SILVA, G.S.; VAZ, E.M.; SILVA, L.M. Estudo dos aspectos sociais e técnicos da atividade pesqueira no município de Calçoene, Amapá, Extremo Norte do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia de Pesca, v. 9, n. 2, p. 52-68, 2016.

ZACARDI, D.M; SARAIVA, M.L.; VAZ, E.M. Caracterização da pesca artesanal praticada nos lagos Mapiri e Papucu às margens do rio Tapajós, Santarém, Pará, v. 10, n. 1, p. 31-43, 2017.

CAPÍTULO III

Influência dos fatores socioeconômicos na pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil

Artigo a ser submetido à revista:
ISSN versão impressa:
ISSN versão online:
Frequência:
Fator de Impacto:

Influência dos fatores socioeconômicos na pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil

RESUMO

O estudo identificou os fatores socioeconômicos que influenciam a captura e os custos, além de estimar o número de viagens que poderia maximizar o lucro dos pescadores que realizam a pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no reservatório da UHE Balbina. Os dados foram coletados com o auxílio de questionário semiestruturado aplicado a 60 pescadores, entre junho de 2016 a junho de 2017, posteriormente, foram analisados utilizando modelos de regressão múltipla (captura e custos) e um modelo empírico por meio do método dos mínimos quadrados com ajuste quadrático (lucro). Os resultados revelaram que, no período de cheia no Rumo Certo a captura foi influenciada pela idade, gênero e potência do motor, e durante a seca foi influenciada pela idade e tempo de pesca. Em Balbina, no período de cheia a captura foi influenciada por outra atividade econômica, e durante a seca não houveram variáveis significativas. Os custos, em ambas as localidades, durante a cheia foram influenciados por todas as variáveis, exceto a potência do motor, e na seca eles foram influenciados por todas as variáveis. Na cheia, os pescadores do Rumo Certo teriam que realizar duas viagens por semana para obter um lucro de R\$113,12, e em Balbina realizar mais que uma viagem por semana, possivelmente, não seria viável. Na seca, eles teriam algum lucro somente a partir da sétima e décima viagem, Rumo Certo e Balbina, respectivamente. Contudo, não foi economicamente viável realizar a pesca única e exclusiva do tucunaré *Cichla vazzoleri* durante esse período.

Palavras-chaves: variáveis socioeconômicas; pesca artesanal; produção; custos; lucro.

INTRODUÇÃO

As pescarias de água doce geram muitos serviços ecossistêmicos, incluindo a provisão de benefícios para o bem-estar humano (DUGAN et al., 2010; LYNCH et al., 2016), sendo particularmente crucial para aqueles que têm opções limitadas, como populações rurais nos países em desenvolvimento que dependem do peixe para subsistência e fonte de renda (SONG et al., 2018). Entretanto, em resposta à crescente demanda por fontes renováveis de energia, os governos desses países estão priorizando as construções de grandes barragens como a peça central dos planos de geração de eletricidade (COUTO; OLDEN, 2018). Em vista disso, cerca de 3.700 novas instalações hidrelétricas são esperadas para serem construídas e iniciar a operação nas próximas décadas em países com economias emergentes (ZARFL et al. 2015; WINEMILLER et al., 2016). Esses projetos estão entre os empreendimentos com maior potencial de impacto sobre os ecossistemas de água doce (WINEMILLER et al., 2016; KEPPELER et al., 2018), uma vez que o represamento transforma os rios criando lagos artificiais, fragmenta as redes fluviais, modifica a variação sazonal da temperatura da água e do fluxo (POFF; SCHMID,

2016), dificulta a migração dos peixes para as áreas de desova ou alimentação e reduz a qualidade do habitat dos peixes (LEES et al., 2016), além de interromper os padrões de história de vida dos organismos, causando extirpações e substituições de espécies (DUDGEON et al., 2006). Dessa forma, essas mudanças impactam a produção pesqueira e os serviços ecossistêmicos relacionados (WELCOMME; HALLS, 2003; DUGAN et al., 2010; POFF; ZIMMERMAN, 2010; KAHN et al., 2014).

Na Amazônia, as represas têm alterado a geomorfologia dos rios, causando alteração nas florestas inundadas à montante e aumentando as taxas de desmatamento e fragmentação de habitat à jusante (STENBERG, 2006; ALHO et al. 2015; FEARNSIDE, 2015; HALLWASS et al. 2013; WINEMILLER et al. 2016). Além de provocar impactos culturais sobre as populações ribeirinhas (FERREIRA et al., 2014; LIMA et al., 2015), que não tem sido incluídos nos processos de tomada de decisão acerca da construção de hidrelétricas ou nas estimativas para determinar a compensação em face dos impactos ambientais negativos (DORIA et al., 2017; CASTRO-DIAZ et al., 2018; FEARNSIDE, 2006; FREITAS et al., 2008). Por exemplo, a eliminação dos meios de subsistência da pesca (SILVANO et al., 2009; FEARNSIDE, 2014; BRO et al., 2018; SANTOS et al., 2018).

Em 1988, cerca de um ano após o represamento do rio Uatumã que deu origem ao reservatório de Balbina, algumas espécies de peixes proliferaram no lago, resultando no início de uma pesca comercial voltada para a exploração dos estoques de tucunarés, principalmente o *Cichla monoculus*, o qual correspondia a aproximadamente 90% da produção total. Nos primeiros anos da década de 90, a produção pesqueira média foi cerca de 500 toneladas/ano, havendo um pico máximo de 706 t em 1993, seguida de um declínio, chegando a 287 t em 1996 (SANTOS; OLIVEIRA Jr. 1999). Possivelmente, a exploração intensa sobre *Cichla monoculus* pode ter levado a diminuição do estoque, pois, atualmente *Cichla vazzoleri* é a espécie mais abundante (HORIE, 2013). As recentes estatísticas do monitoramento do desembarque pesqueiro mostram que houve um abrupto declínio na produção. Em 2015, foi registrada cerca de 62,9 toneladas, em 2016 apenas 7,0 t e, no ano seguinte, a produção voltou a crescer, alcançando 59,7 t (ICMBio, 2017). No entanto, ao considerarmos as informações referentes apenas ao *Cichla vazzoleri*, os pescadores se mostraram financeiramente vulneráveis no período de seca, sem a possibilidade de acumulação de lucros (CAPÍTULO I).

Diante ao exposto, o nosso objetivo foi identificar os fatores socioeconômicos que influenciam a captura e os custos, e ao mesmo tempo estimar o número de viagens que poderia maximizar o lucro dos pescadores que realizam a pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina. Esperamos que a identificação dessas variáveis, que são cruciais para a exploração dos recursos pesqueiros, possam subsidiar a gestão da atividade, além de colaborar para que os pescadores comerciais tomem decisões para otimizar a lucratividade de suas pescarias.

METODOLOGIA

Declaração de ética

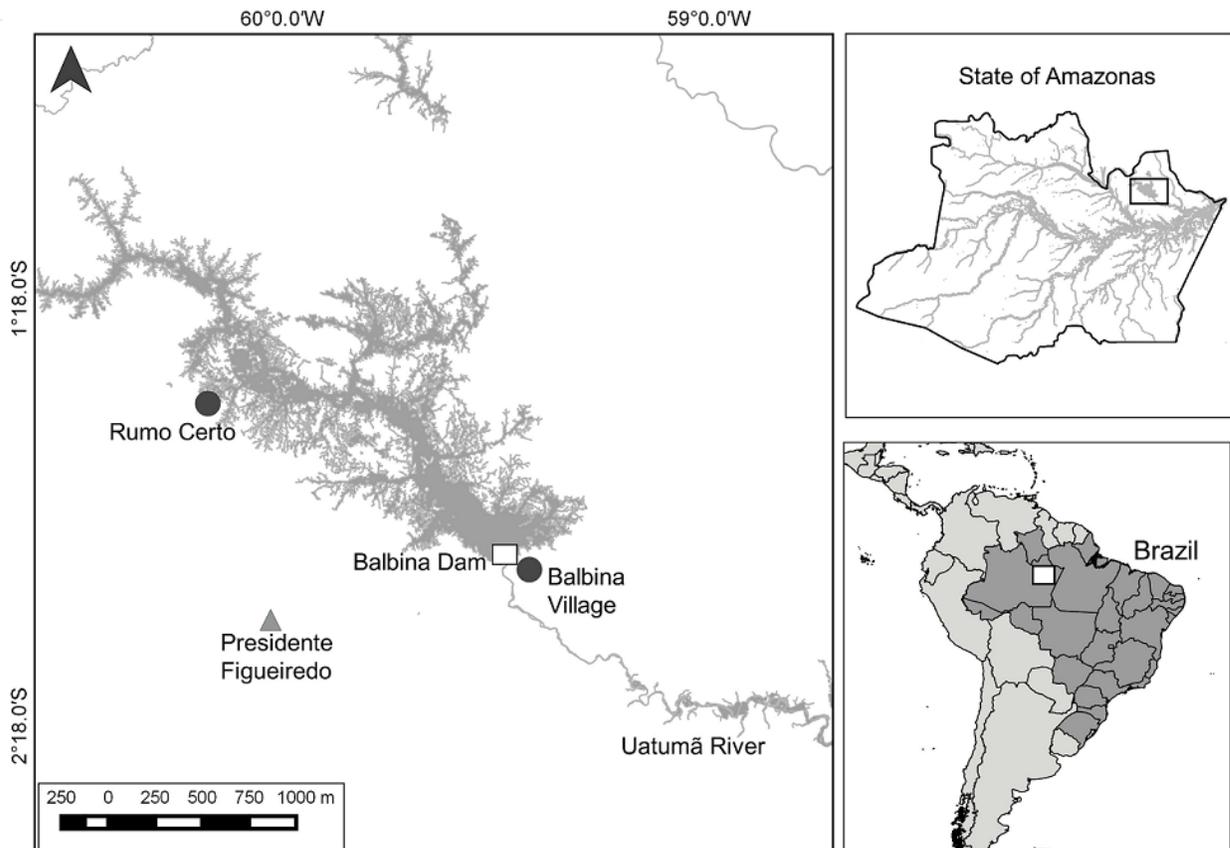
O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Amazonas (número CAAE 61615716.3.0000.5020). Um termo de consentimento livre e esclarecido, detalhando as informações, os objetivos da pesquisa, a forma como os dados seriam utilizados, além de especificar os direitos de retirar as informações a qualquer momento e a garantia de anonimato foi apresentado verbalmente para os participantes.

Área de estudo

A usina hidrelétrica de Balbina está localizada no município de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas, cerca de 155 km ao norte da capital Manaus (Figura 1). O reservatório foi formado pelo barramento do rio Uatumã, um afluente da margem esquerda do rio Amazonas. O reservatório possui uma área de 2.360 km², com um volume total acumulado de 17,5 bilhões de metros cúbicos, resultando em uma capacidade nominal de geração de energia de 250 MW.

Foram escolhidos dois pontos para a coleta dos dados. A vila de Balbina, que está localizada a 13 km da barragem e foi criada em função da construção da usina, na década de 80. A população é estimada em três mil habitantes e uma parcela da população vive da pesca. Alguns pescadores são ex-funcionários da época de construção da usina e outros são oriundos de comunidades à jusante que foram realocados à vila, e o Rumo Certo, ramal que dá acesso às comunidades Boa União e Novo Rumo, instaladas às margens do reservatório, que juntas possuem uma população comparada a da vila de Balbina, e ambas concentram famílias que exercem a pesca como atividade econômica.

Figura 1. Mapa da localização da Usina Hidrelétrica (UHE) de Balbina, Amazonas, Brasil



Dados e modelos empíricos

Dados sobre as características socioeconômicas foram coletados com o auxílio de questionário semiestruturado (Anexo I). As entrevistas foram realizadas com pescadores residentes em comunidades do ramal Rumo Certo e na vila de Balbina, entre junho de 2016 a junho de 2017.

Quatro modelos empíricos de regressão múltipla foram ajustados para cada localidade e período de cheia e seca. Utilizamos o coeficiente de determinação R^2 como um indicador da validade dos modelos idealizados. Primeiro, modelamos a captura como variável resposta e o gênero (*Gen*), a idade (*Ida*), o tempo de pesca (*Tp*), potência do motor (*Hp*), outra atividade complementar (*Oat*) e outro auxílio do governo (*Oax*) como variáveis explicativas (Equação 1). As variáveis utilizadas no modelo estão descritas na Tabela 1.

(1)

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Gen_i + \beta_2 Ida_i + \beta_3 Tp_i + \beta_4 Hp_i + \beta_5 Oat_i + \beta_6 Oax_i + \varepsilon_i$$

Tabela 1. Descrição das variáveis utilizadas no modelo de regressão captura

Variável	Descrição
Captura	Quantidade capturada em quilogramas (kg)
Gênero	=1 se masculino; =0 se feminino
Idade	Idade dos entrevistados em anos
Tempo de pesca	Tempo dedicados à atividade pesqueira em anos
Potência do motor	Potência do motor (hp)
Outra atividade	=1 se desenvolve outra atividade; =0 se não desenvolve
Outro auxílio	=1 se recebe outro auxílio do governo =0 se não recebe

Em seguida, classificamos os custos como variável resposta, e a gasolina (*Gas*), o gelo (*Gel*), o rancho (*Ran*), o óleo (*Ol*), o frete (*Fre*) e a potência do motor (*Hp*) como variáveis independentes (Equação 2). Na Tabela 2, estão descritas as variáveis que foram utilizadas no modelo.

(2)

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 Gas_i + \beta_2 Gel_i + \beta_3 Ran_i + \beta_4 Ol_i + \beta_5 Fre_i + \beta_6 Hp_i + \varepsilon_i$$

Tabela 2. Descrição das variáveis utilizadas no modelo de regressão custos

Variável	Descrição
Custos	Custos totais da pescaria em reais (R\$)
Gasolina	Custo de gasolina em reais (R\$)
Gelo	Custo de gelo em reais (R\$)
Rancho	Custo de provisões para a viagem de pesca em reais (R\$)
Óleo	Custo de óleo em reais (R\$)
Frete*	Custo do transporte terrestre da vila até o porto e vice-versa, em reais (R\$)
Potência do motor	Potência do motor (hp)

*Variável utilizada apenas no modelo referente a Balbina.

Para minimizar os efeitos da autocorrelação entre as variáveis, um fator agregado de inflação da variância (VIF) menor que 2 foi usado como critério para decidir as variáveis que seriam incluídas nos modelos. As premissas de normalidade e homocedasticidade foram avaliadas por meio de inspeções dos resíduos e foram considerados apenas os modelos que não sofreram violações (Anexo III).

Utilizamos um procedimento de seleção de modelo stepwise, que adicionou e removeu cada uma das variáveis explicativas para selecionar um modelo com o ajuste ideal aos dados com

base no critério de informação de Akaike (AIC). Após a seleção de variáveis significativas, foi calculada a importância relativa de cada preditor utilizando o método LMG (LINDEMANN et al., 1980). Além de entregar as métricas, o relaimpo também fornece intervalos de confiança estimados pelo método bootstrap. A medida LMG decompõe o R^2 em contribuições não negativas de cada variável que quando somadas equivalem ao R^2 total através da média da soma sequencial dos quadrados entre todas as ordenações possíveis dos regressores (Equação 3).

(3)

$$LMG(x_k) = \frac{1}{p!} \sum_{r \text{ permutation}} seqr^2(\{x_k\} | r)$$

Em que, r denota a r -permutação, com $r=1, \dots, p!$, e $seqr^2(\{x_k\} | r)$ é a soma sequencial dos quadrados para o regressor x_k no ordenamento dos regressores na r -ésima permutação.

A fim de estimar o número de viagens que poderia maximizar o lucro dos pescadores, utilizamos um modelo empírico por meio do método dos mínimos quadrados com ajuste quadrático (Equação 4) (BASSANEZI, 2006; CHIANG; WAINWRIGHT, 2006). O ajuste quadrático é um modelo de aproximação em que os valores de a , b e c não têm em si um significado que possa ser interpretado na nossa realidade, porém, se esse é um método que parte dos valores coletados, modela a realidade física, ele é um método mais poderoso que o ajuste linear porque resulta em uma função aproximada melhor e, sua característica principal de possuir pontos extremos (máximo ou mínimo) torna possível, a partir de $\frac{d\pi_i}{dN_i} = 0$, encontrar N_i em termos dos valores tabelados.

(4)

$$\pi_i(N_i) = cN_i^2 + bN_i + a$$

Onde π_i é o lucro; N_i é o número de viagens e a , b e c são constantes fornecidas quando resolvido o seguinte sistema:

$$\left(\begin{array}{l} \sum \pi_i = na + b \sum N_i + c \sum N_i^2 \\ \sum \pi_i N_i = a \sum N_i + b \sum N_i^2 + c \sum N_i^3 \\ \sum \pi_i^2 N_i = a \sum N_i^2 + b \sum N_i^3 + c \sum N_i^4 \end{array} \right)$$

Onde n é o número de pontos a partir dos quais se busca o ajuste.

As análises estatísticas dos modelos empíricos de regressão múltipla foram realizadas usando o software R *Statistical Programming Language* versão 3.1.1. Os modelos de regressão múltipla e stepwise foram ajustados usando o pacote MASS (RIPLEY et al., 2013). Os VIFs foram estimados usando o pacote CAR (FOX; WEISBERG, 2011) e a importância relativa de cada preditor utilizando o pacote relaimp (GRÖPING, 2006). As análises do modelo empírico por meio do método dos mínimos quadrados com ajuste quadrático foram realizadas na interface WxMAXIMA, versão 5.22.1. do MAXIMA. Trata-se de um software livre para a realização de cálculos matemáticos através da manipulação de expressões simbólicas e numéricas.

RESULTADOS

Características socioeconômicas dos pescadores

No Rumo Certo, foram entrevistados 22 homens e cinco mulheres, e em Balbina participaram das entrevistas 28 homens e cinco mulheres. A faixa etária variou de 25 a 66 anos no Rumo Certo, e de 28 a 60 anos em Balbina. No Rumo Certo, o tempo médio que os pescadores estavam engajados na atividade pesqueira foi de 15,7 ($\pm 8,0$) anos, e em Balbina foi de 17 ($\pm 7,0$) anos. As embarcações que foram amostradas no Rumo Certo possuíam motores com capacidade variando entre 4,5 e 15 HP e, em Balbina variavam de 4,0 a 22 HP. Os motores de 5,5 HP tiveram maior ocorrência nas duas localidades, 63,0% no Rumo Certo e 48,5% em Balbina. A maioria dos pescadores do Rumo Certo (81,5%) não praticava a pesca comercial como atividade exclusiva. E, em Balbina, 45,5% relataram que estavam engajados em outras atividades. No Rumo Certo, nove pescadores disseram que recebiam outros benefícios do governo, destes três recebiam aposentadoria e seis relataram que recebiam o bolsa-família. Em Balbina, cinco pescadores disseram que estavam recebendo o benefício do bolsa-família (Tabela 3).

Quanto aos custos das pescarias, no Rumo Certo o item mais oneroso foi o combustível seguido das despesas com rancho, tanto na cheia como na seca. Em Balbina, independente do período sazonal, o item que mais onerou as pescarias foi o combustível seguido do frete.

Tabela 3. Dados descritivos das variáveis socioeconômicas utilizadas nos modelos de regressão. Rumo Certo (N=27), Balbina (N=33)

VARIÁVEL	RUMO CERTO	BALBINA
Gênero (%)		
Masculino	81,5	84,8
Feminino	18,5	15,2
Idade (média)	43,8±11,9	43,7±8,9
Tempo de pesca (média)	15,7±8,0	17,0±7,0
Potência do motor (mínimo e máximo)	4,5hp; 15hp	4,0hp; 22hp
Outra atividade econômica (%)	81,5%	45,5%
Outro auxílio do governo (%)	33,3%	15,2%
Gasolina (média)		
Cheia	R\$ 73,11±35,10	R\$ 99,04±37,57
Seca	R\$ 82,23±44,12	R\$ 105,31±46,96
Gelo (média)		
Cheia	R\$ 27,19±20,49	R\$ 36,04±17,46
Seca	R\$ 30,82±29,16	R\$ 33,36±18,22
Rancho (média)		
Cheia	R\$ 53,70±17,19	R\$ 73,13±23,34
Seca	R\$ 56,00±23,32	R\$ 71,12±23,31
Óleo (média)		
Cheia	R\$ 12,67±3,90	R\$ 16,00±5,69
Seca	R\$ 13,12±5,08	R\$ 15,34±4,56
Frete		
Cheia	-	R\$ 80,00
Seca	-	R\$ 80,00

Fatores socioeconômicos que influenciam a pesca comercial no reservatório da UHE Balbina

No Rumo Certo, a captura no período de cheia foi influenciada pelas variáveis idade, gênero e potência do motor e, durante o período de seca, foi influenciada pela idade e pelo tempo de pesca. Em Balbina, no período de cheia, a captura foi influenciada pela variável outra atividade econômica, no entanto, no período de seca, nenhuma das variáveis incluídas no modelo teve efeito sobre a captura (Tabela 4).

Nas localidades de Rumo Certo e Balbina, durante o período de cheia, os custos foram influenciados por todas as variáveis, exceto a potência do motor. No período de seca, em ambas as localidades, os custos foram influenciados por todas as variáveis.

Tabela 4. Sumário dos modelos de regressão

Modelos com captura como variável resposta	Df	Gen	Ida	Tp	Hp	Oat	Oax	R²
Rumo Certo Cheia	22	0.10 [#]	0.006 [#]	Ns	0.06 [#]	Ns	Ns	0,41
Rumo Certo Seca	22	Ns	0.04 [*]	0.01 [*]	Ns	Ns	Ns	0,27
Balbina Cheia	30	Ex	Ns	Ns	Ns	0.01 [*]	Ex	0,17
Balbina Seca	20	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	-
Modelo com custos como variável resposta	Df	Gas	Gel	Ran	OI	Fre	Hp	R²
Rumo Certo Cheia	21	9.73e-11 [#]	3.33e-07 [#]	5.32e-08 [#]	0.03 [*]	Ni	Ns	0,96
Rumo Certo Seca	19	1.25e-11 [#]	1.86e-09 [#]	9.29e-09 [#]	0.001 [#]	Ni	0.03 [*]	0,98
Balbina Cheia	26	1.67e-11 [#]	9.39e-07 [#]	3.22e-09 [#]	0.01 [*]	8.30e-09 [#]	Ni	0,93
Balbina Seca	22	4.08e-13 [#]	1.95e-05 [#]	1.32e-07 [#]	0.005 [#]	1.04e-06 [#]	0.03 [*]	0,96

Captura é a variável resposta e gênero (Gen), idade (Ida), tempo de pesca (Tp), potência do motor (Hp), outra atividade econômica (Oat) e outro auxílio do governo (Oax) as variáveis explanatórias; Despesa é a variável resposta e gasolina (Gas), gelo (Gel), rancho (Ran), óleo (OI), frete (Fre) e potência do motor (Hp) variáveis explanatórias.

Os coeficientes do modelo são exibidos quando eles são significativos pelo menos por $p < 0.10$.

Obs: df, graus de liberdade; ex, previamente excluído pela colinearidade; Ni, não incluído no modelo; Ns, não significativo.

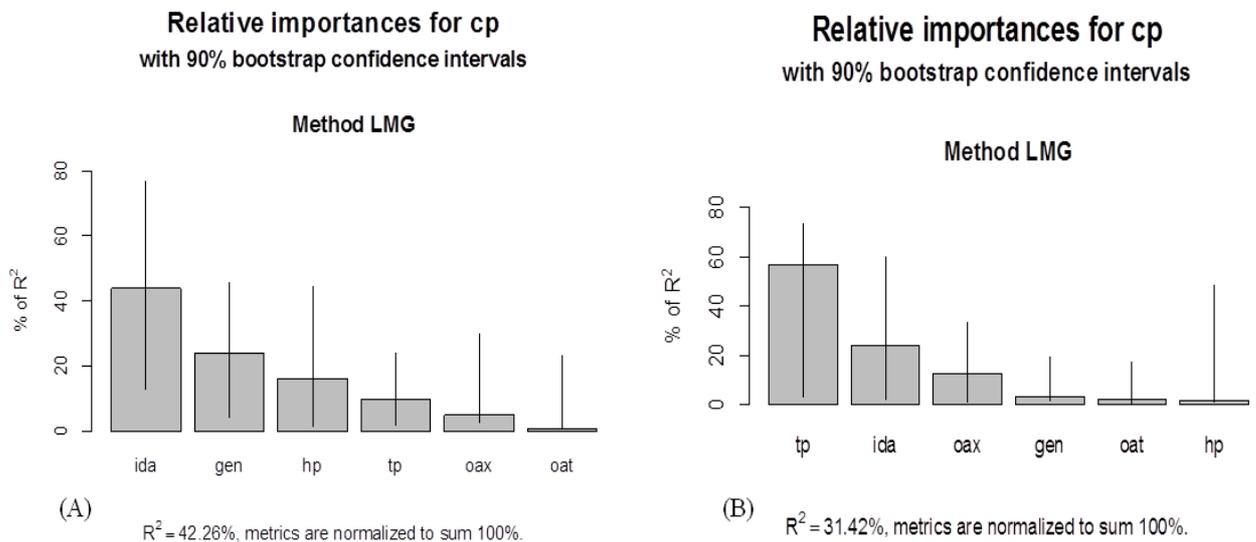
[#]0.10 < p < 0.05.

^{*}0.05 < p < 0.01.

A verificação da importância relativa de cada variável, entendida como a quantificação da contribuição de um regressor individual para o modelo de regressão múltipla estimado, mostrou que a variável idade possui grande importância relativa na construção do modelo de captura no período de cheia no Rumo Certo. Enquanto que, a variável tempo de pesca foi determinante no período de seca, com uma importância relativa de aproximadamente 60% (Figura 2).

Não foi possível estimar a importância relativa das variáveis dos modelos aplicados para descrever a captura em Balbina, pois, durante a cheia, somente a variável outra atividade econômica foi significativa, concentrando todo o valor estimado para o R^2 , e não houveram variáveis significativas durante a seca.

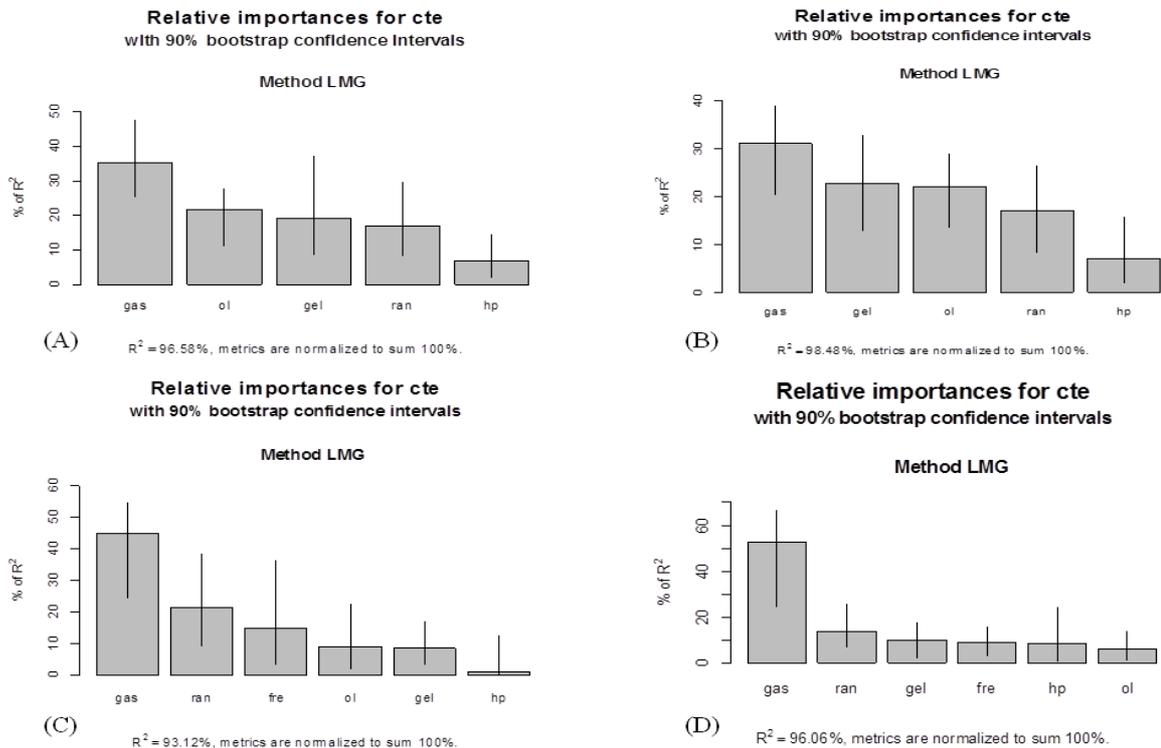
Figura 2. Importância relativa dos preditores do modelo de captura do Rumo Certo, cheia (A) e seca (B)



Fonte: A autora (2018).

A variável gasolina teve grande importância relativa na construção do modelo de custos, tanto na cheia como na seca, em ambas as localidades (Figura 3). Apresentando uma importância relativa de mais de 30% no Rumo Certo, nas duas fases do ciclo hidrológico, e cerca de 45% em Balbina no período de cheia, e mais de 50% durante a seca.

Figura 3. Importância relativa dos preditores do modelo custos do Rumo Certo, cheia (A) e seca (B), e Balbina, cheia (C) e seca (D)

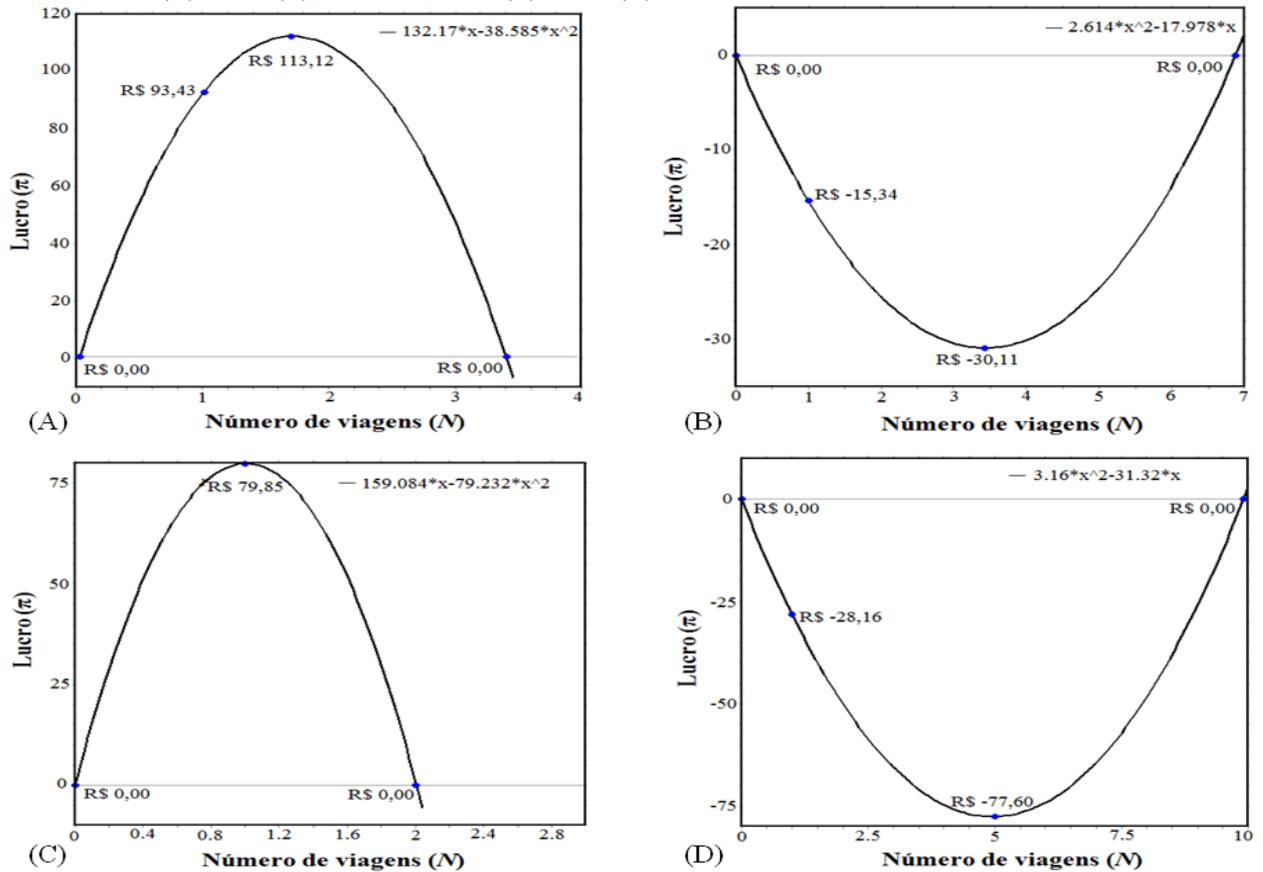


Fonte: A autora (2018).

Número de viagens que poderia maximizar o lucro das pescarias

No Rumo Certo, durante o período da cheia, os pescadores teriam que realizar duas viagens por semana para obter um lucro de R\$113,12 e, no período de seca os pescadores passariam a ter lucro a partir da sétima pescaria. Enquanto que em Balbina, na estação cheia realizar mais que uma viagem por semana, possivelmente, não seria viável, e durante a estação seca eles passariam a ter algum lucro somente a partir da décima viagem (Figura 4).

Figura 4. Representação gráfica do número de viagens que poderia maximizar o lucro dos pescadores do Rumo Certo, cheia (A) e seca (B), e Balbina, cheia (C) e seca (D)



Fonte: A autora (2018).

DISCUSSÃO

Nossos resultados mostraram que a pesca comercial no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina se caracterizou como de pequena escala e apresentou aspectos similares a pescas realizadas em outras áreas da Amazônia e em outros reservatórios brasileiros. Particularmente a predominância de homens mais velhos atuando como pescadores (PETRERE et al., 2006; MARUYAMA et al., 2009; ALVES DA SILVA et al., 2009; CINTRA et al., 2013; SÁ-OLIVEIRA et al., 2013; ZACARDI et al., 2017; VAZ et al., 2017). O uso de canoas com motores de baixa potência (INOMATA; FREITAS, 2011; DORIA et al., 2012; INOMATA; FREITAS, 2015). A relevância da atividade, muito embora não fosse a única atividade econômica, a pesca ainda constitui um fator de identidade cultural e tradicional fundamental para as populações que vivem ao longo do reservatório. E a complementação de renda através de algum benefício do Governo Federal, principalmente o bolsa-família (FREITAS et al., 2016; SOUSA et al., 2017; CATANHÊDE et al., 2018; SANTOS et al., 2018).

Os pescadores de Balbina tiveram custos variáveis médios um pouco mais elevados em comparação aos do Rumo Certo. No que se refere a gasolina, um maior valor era esperado porque os pescadores precisavam percorrer maiores distâncias, uma vez que a vila de Balbina está mais distante dos ambientes de pesca. Além disso, essa localidade apresentou a importância do frete na composição dos custos, um item que não incide nos custos das pescarias dos pescadores do Rumo Certo, que comprometia ainda mais o lucro, principalmente no período de seca (CAPÍTULO I). Em vista disso, poderia ser viabilizado um meio de transporte terrestre em parceria com a Colônia dos Pescadores, ou um porto de desembarque mais próximo da vila.

Quanto ao fato de a captura ter sido influenciada pelo gênero, é provável que isso tenha ocorrido porque a atividade pesqueira é majoritariamente realizada por homens (FLEXA et al., 2016; INOMATA; FREITAS, 2015; TESFAY; TEFERI, 2017), eles estavam diretamente engajados na captura. Observamos que, em muitos casos, a mulher atuava junto com o seu esposo nas pescarias, no entanto, na maioria das entrevistas foi o homem quem respondeu o questionário. Fatores como a idade e o tempo de pesca também podem exercer efeito sobre as pescarias, considerando que o conhecimento sobre a atividade pesqueira tende a acumular-se ao longo da vida. Os pescadores com mais experiência de pesca têm melhor conhecimento sobre a localização dos peixes, dos padrões climáticos e melhor forma de captura. Ipinmoroti et al. (2018) ao realizarem a análise econômica da pesca artesanal em algumas comunidades pesqueiras selecionadas em Ilaje, Governo Local do Estado de Ondo, Nigéria, mencionaram que a experiência de pesca foi importante para determinar os níveis de lucro dos pescadores artesanais, quanto mais experiente, melhor a compreensão do sistema, dos preços e das condições da atividade pesqueira.

Quanto maior a potência do motor, isso exercerá um maior esforço de pesca sobre os estoques de peixes, devido ao seu maior poder de pesca, do que os motores com menor potência. Inoni e Oyaide (2007) analisaram os efeitos de fatores socioeconômicos na produção da pesca artesanal na zona agroecológica do Sul do Estado do Delta, na Nigéria, os resultados mostraram que a experiência de pesca e as embarcações motorizadas contribuíram significativamente para a produção, pois um aumento de 10% no número de pescadores experientes tem a propensão de aumentar a produção em 3,4%, e um aumento proporcional no número de embarcações motorizadas irá aumentar a captura em 3,3%. Assim, uma combinação dos dois fatores se apresentou com uma estratégia que poderia ser usada para aumentar os níveis de captura.

Em Balbina, no período de cheia, a captura foi influenciada por outra atividade econômica, possivelmente, isso pode ser explicado pelo fato de que quase metade dos entrevistados combinavam a pesca com outras atividades, principalmente, como guias para a pesca esportiva. Portanto, eles tinham ainda mais conhecimento dos ambientes de pesca, o que facilitava a captura nesse período.

Os resultados do modelo de custos reforçaram a alta influência da variável gasolina como principal insumo a onerar as pescarias em ambas as localidades e períodos sazonais. Além de ter relação com o fato de os pescadores percorrerem longas distâncias, isso também pode ser explicado pelo elevado preço cobrado por esse item nessa região, principalmente, por conta do aumento contínuo dos preços dos derivados de petróleo durante o período estudado. Ao contrário do que ocorria na década de 90, quando os pescadores eram financiados por um comerciante local que fornecia barco e insumos básicos como combustível e gelo (SANTOS; OLIVEIRA Jr., 1999), atualmente, os pescadores eram os próprios financiadores das expedições. Essa independência dos pescadores pode ser favorável, visto que tal condição faz com que fiquem desvinculados de um investidor, por outro lado, os pescadores têm que sustentar todos os custos.

Almeida et al. (2001) ao analisarem a produção da pesca comercial no Baixo Amazonas, sugeriram que o setor poderia crescer mais rapidamente e os pescadores poderiam aumentar sua receita se tivessem acesso a mais capital para custos variáveis, pois, a alta elasticidade da receita em relação ao gelo mostrou que era possível aumentar a produção apenas aumentando a quantidade de gelo usada. Nesse caso os autores inferiram que, uma política simples destinada a fornecer pescado com gelo de baixo custo seria a medida mais eficaz para aumentar a receita. No entanto, vale destacar que, o investimento de capital descontrolado pode levar a uma sobrecapitalização das pescarias e, conseqüentemente, resultar na sobrepesca (FAO, 2004). Dessa forma, essa política necessitaria ser combinada com medidas de manejo apropriadas para proteger espécies vulneráveis.

Em ambas as localidades, tanto na cheia como na seca, os pescadores realizavam uma viagem por semana. Entretanto, de acordo com o lucro médio estimado, possivelmente, os pescadores não obtiveram lucro no período de seca (CAPÍTULO I). Diante desse cenário, nós objetivamos identificar o número de viagens que poderia maximizar o lucro, porém, encontramos que para os pescadores do Rumo Certo terem lucro, eles precisariam realizar sete pescarias e, os pescadores de Balbina teriam que fazer dez pescarias durante a seca. Esses resultados podem ter sido influenciados pelo drástico declínio da produção no ano de 2016,

devido ao fenômeno climático El Niño, ocorrido no ano de 2015, que afetou o nível do reservatório, a água se tornou muito mais quente e, como mencionado pelos pescadores, os peixes se deslocaram para outras áreas, dificultando ainda mais a captura. Além de outros fatores; como, alto custo dos insumos e o baixo preço pago pelo quilo do pescado. Para estimar o lucro entre os meses de março a junho de 2017, o ICMBio cruzou as informações levantadas sobre a economia da pesca, coletadas durante o monitoramento pesqueiro, com as informações dos principais atravessadores da vila de Balbina, e os resultados mostraram que os pescadores tiveram um lucro médio de R\$ 298,56/pescaria. No entanto, esses resultados foram referentes a captura das três espécies de tucunarés existentes no reservatório e ao período de cheia, além disso, os custos fixos e o custo com frete não foram deduzidos.

Diante ao exposto, não é economicamente viável a pesca única e exclusiva do tucunaré *Cichla vazzoleri*, principalmente no período de seca. Os pescadores comerciais se mostraram cientes das flutuações nas capturas, por outro lado, possivelmente, eles não tinham tanta certeza sobre a lucratividade, pois, alguns não têm o hábito de contabilizar seus lucros, dessa forma, a maioria se manteve na atividade. Outros fatores que podem ter contribuído para essa permanência, provavelmente, é o fato de ser uma atividade tradicional e/ou por eles terem como se manter durante os períodos críticos, pois muitos se dedicavam a outras atividades complementares e todos os entrevistados, com exceção dos aposentados, estavam recebendo o benefício do seguro defeso e outros benefícios cedidos pelo governo, como o bolsa-família. Além do mais, quando os pescadores foram questionados a respeito dos benefícios em desenvolver a atividade de pesca, 52,5% informou que o principal benefício era o fato de gostarem do que faziam, muito embora existissem pontos negativos (CAPÍTULO I).

Esse resultado mostra o quanto é essencial a implementação de estratégias de diversificação de renda para lidar com as flutuações do lucro, à medida em que as flutuações nas capturas ocorrem, os pescadores necessitam realizar atividades complementares. As condições socioeconômicas nas comunidades pesqueiras podem melhorar com o início de fontes alternativas de subsistência. Hoorweg et al. (2009) sugeriram que os pescadores com recursos adicionais fortalecem as estratégias de subsistência e melhoram a segurança das famílias, e espera-se que aqueles que conseguem diversificar sua renda tenham uma atitude mais positiva em relação às medidas de conservação e exijam menos pressão sobre os recursos marinhos.

Em vista de proporcionar melhorias para as comunidades pesqueiras estudadas, os gestores da atividade precisam considerar diferentes alternativas para melhorar a renda dos

pescadores. Diante das dificuldades econômicas e ecológicas, comunidades no mundo todo estão procurando fontes alternativas de renda; por exemplo, turismo ecológico e aquicultura (GUPTA; PANDIT, 2007; JONES, 2009). Degen et al. (2010) mencionaram que os pescadores podem melhorar sua renda com dois possíveis tipos de diversificação: a diversificação de atividade no nível individual, quando os pescadores têm outras rendas além da pesca, e a diversificação de ganhadores no nível doméstico, quando os pescadores pertencem a um domicílio com mais de um ganhador de renda.

Por outro lado, quando os meios de subsistência através de fontes alternativas de renda não estão disponíveis os pescadores podem explorar os recursos pesqueiros acima do nível sustentável, podem explorar áreas proibidas e protegidas por lei ou podem migrar para áreas urbanas. Pauly (1990) e McClanahan et al. (2005) inferem que as respostas dos pescadores que enfrentam um declínio no rendimento são: mudar temporariamente para ocupações alternativas na esperança de que as capturas melhorem mais tarde, deixar a pescaria, aumentar o esforço de pesca, mudar as áreas de pesca ou mudar para equipamentos alternativos e, geralmente, mais eficientes ou destrutivos.

AGRADECIMENTOS

Somos imensamente gratos a todos os pescadores comerciais do reservatório da UHE Balbina que forneceram as informações, sem as quais esse trabalho não poderia ser realizado; ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), pelo apoio logístico durante as coletas de dados e fornecimento de informações a respeito do monitoramento do desembarque pesqueiro; à Colônia de Pescadores de Presidente Figueiredo Z-6; à CAPES pela concessão da bolsa de doutorado e pela bolsa de estágio no exterior realizado na Washington and Lee University (processo PDSE 88881.132525/2016-01) e; ao PIATAM, pela cessão da infraestrutura.

REFERÊNCIAS

ALHO, C.J.R.; REIS, R. E.; AQUINO, P.P.U. Amazonian freshwater habitats experiencing environmental and socioeconomic threats affecting subsistence fisheries. *Ambio*, v. 44, n.5, p. 412-425, 2015.

ALMEIDA O.T.; MCGRATH D.; ARIMA E.; RUFFINO M.L. Production Analysis of Commercial Fishing in the Lower Amazon. *Journal of Fisheries Management and Ecology*, v. 8, p. 198-214, 2001.

ALVES DA SILVA, M.E.P.; CASTRO, P.M.G.; MARUYAMA, L.S.; PAIVA, P.

Levantamento da pesca e perfil socioeconômico dos pescadores artesanais profissionais no reservatório Billings. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 35, n. 4, p. 531-543, 2009.

BASSANEZI, R.C. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. 3. ed. – São Paulo: Contexto, 2006.

BRO, A.S.; MORAN, E.; CALVI, M.F. Market Participation in the Age of Big Dams: The Belo Monte Hydroelectric Dam and Its Impact on Rural Agrarian Households, Sustainability, v. 10, n. 1592, p. 1-15, 2018.

CASTRO-DIAZ, L.; LOPEZ, M.C; MORAN, E. Gender-Differentiated Impacts of the Belo Monte Hydroelectric Dam on Downstream fishes in the Brazilian Amazon. *Journal Human Ecology*, p. 1-12, 2018.

CATANHÊDE, L.G.; PEREIRA, R.L.M.; VERAS, P.F.; SILVA, W.B.T.; CARVALHO-NETA, R.N.F.; ALMEIDA, Z.S. Environmental perception of fishermen: use and conservation of fisheries resources. *Biota Neotropica*, v.18, n. 4, p.-, 2018.

CHIANG, A.C.; WAINWRIGHT, K. *Matemática para economistas*. 4. ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

CINTRA, I.H.A.; FLEXA, C.E.; SILVA, M.B.; ARAÚJO, M.V.L.F.; SILVA, K.C. A pesca no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, Amazônia, Brasil: aspectos biológicos, sociais, econômicos e ambientais. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, v.1, n. 1, p. 57-78, 2013.

COUTO, T.B.A.; OLDEN, J.D. Global proliferation of small hydropower plants – science and policy. *Front Ecol Environ*, v. 16, n. 2, p. 91-100, 2018.

DEGEN, A.; HOORWEG, J.; WANGILA, B.C.C. Fish traders in artisanal fisheries on the Kenyan coast. *J. Enterp. Commun*, v. 4, n. 4, p. 296-311, 2010.

DORIA, C.R.C.; RUFFINO, M.L.; HIJAZI, N.C. A pesca comercial na bacia do rio Madeira no Estado de Rondônia, Amazônia, *Acta Amazonica*, v. 42, n. 1, p. 29-40, 2012.

DORIA, C.R.C.; ATHAYDE, S.; MARQUES, E.E.; LIMA, M.A.L.; DUTKA-GIANELLI, J.; RUFFINO, M.L.; KAPLAN, D.; FREITAS, C.E.C.; ISAAC, V.N. The invisibility of fisheries in the process of hydropower development across the Amazon. *Ambio*, p. 1-13, 2017.

DUDGEON, D.; ARTHINGTON, A.H.; GESSNER, M.O.; KAWABATA, Z.I.; KNOWLER, D.J.; LÉVÊQUE, C.; NAIMAN, R.J.; PRIEUR-RICHARD, A.H.; SOTO, D.; STIASSNY, M.L.J.; SULLIVAN, C. A. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, v. 81, p. 163-182, 2006.

DUGAN, P.J.; BARLOW, C.; AGOSTINHO, A.A. et al. Fish migration, dams, and loss of ecosystem services in the Mekong Basin. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, v. 39, p. 344-348, 2010.

FAO. 2004. Measuring and assessing capacity in fisheries: basic concepts and management options, by J.M. Ward, J.E. Kirkley, R. Metzner and S. Pascoe. FAO Fisheries Technical Paper No. 443/1. Rome.

FEARNSIDE, P.M. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's Hydroelectric Development of the Xingu River Basin. *Environmental Management*, v. 38, n. 1, p. 16-27, 2006.

FEARNSIDE, P.M. Impacts of Brazil's Madeira River Dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Science and Policy*, v. 38, p. 164-172, 2014.

FEARNSIDE, P.M. Emissions from tropical hydropower and the IPCC. *Environmental Science & Policy*, 50 (Table 1), p. 225-239, 2015.

FERREIRA, D.T.A.M.; MARQUES, E.E.; BUENAFUENTE, S.M.F.; SOUSA, L.B.; GRISON, M.G.; LIMA, A.M.T. Perdas simbólicas e os atingidos por barragens: o caso da Usina Hidrelétrica de Estreito, Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPR)*, v. 30, p. 73-87, 2014.

FLEXA, C.E.; SILVA, K.C.A.; CINTRA, I.H.A. Pescadores artesanais à jusante da usina hidrelétrica de Tucuruí, Amazônia, Brasil. *Bol. Inst. Pesca, São Paulo*, v. 42, n. 1, p. 221-235, 2016.

FOX J.; WEISBERG, S. An {R} Companion to Applied Regression. Second Edition. Thousand Oaks: SAGE Publications, 449, 2011.

FREITAS, C.E.C.; RIVAS, A.A.F.; NASCIMENTO, F.A.; SIQUEIRA-SOUZA, F.K.; SANTOS, I.L.A. The effects of sport fishing growth on behavior of commercial fishermen in Balbina reservoir, Amazon, Brazil. *Environment, Development and Sustainability*, v. 10, p. 157-165, 2008.

FREITAS, O.C.; LEITE, E.S.; LOOSE, C.E.; CATALINA, T.N.; LIMA, T.O.; DIAS, M.I.S. Gestão de Custo da Pesca Artesanal do Vale do Guaporé em Rondônia. XXIII Congresso Brasileiro de Custos – Porto de Galinhas, PE, Brasil, 16 a 18 de novembro de 2016.

GRÖMPING, U. relaimpo: Relative Importance of Regressors in Linear Models. R package version 1.1-1, 2006.

GUPTA, K.; PANDIT, C. Importance of fishermen's cooperatives. *Econ. Polit. Weekly*, v. 42, n. 10, p. 825-827, 2007.

HALLWASS, G., LOPES, P. F., JURAS, A.A.; SILVANO, R.A.M. Fishers' knowledge identifies environmental changes and fish abundance trends in impounded tropical rivers. *Ecological Applications*, v. 23, n. 2, p. 392-407, 2013.

HOORWEG, J., VERSLEIJEN, N., WANGILA, B., AND DEGEN, A. Income diversification and fishing practices among artisanal fishers on the Malindi-Kilifi coast, in

Hoorweg, J. and Muthiga (Eds), *Advances in Coastal Ecology; People, Processes and Ecosystems in Kenya*, Africam Studies Centre, Leiden, The Netherlands, pp. 43-59, 2009.

HORIE, C.A.C. *Biologia reprodutiva e estrutura da população do tucunaré *Cichla vazzoleri* (Perciformes: Cichlidae) no Reservatório da Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil.* Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 78 pp., 2013.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. *Monitoramento do Desembarque Pesqueiro no reservatório de Balbina, 2017. Programa de Conhecimento da Reserva Biológica do Uatumã - AM, Relatório n. 6, Presidente Figueiredo, Amazonas, 40 pp., 2017.*

INIONI, O.E.; OYAIDE, W.J. *Socio-Economic Analysis of Artisanal Fishing in the South Agro- Ecological Zone of Delta State, Nigeria, Agricultural Tropical ET Subtropical*, v. 40, n. 7, p. 135-149, 2007.

INOMATA, S.O.; FREITAS, C.E.C. *Caracterização da frota pesqueira de Coari, Médio Rio Solimões (Amazonas-Brasil).* *Revista Agrogeoambiental*, v. 3, n. 1, p. 65-70, 2011.

INOMATA, S.O.; FREITAS, C.E.C. *A pesca comercial no médio rio Negro: aspectos econômicos e estrutura operacional.* *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 41, n. 1, p. 79-87, 2015.

IPINMOROTI, M.O.; IYIOLA, A.O.; IDOWU, B. *Economic analysis of artisanal fisheries in some selected fishing communities of Ilaje local government area, Ondo State, Nigeria.* *International Journal of Development and Sustainability*, v. 7, n. 2, p. 716-723, 2018.

JONES, B. *Teetering towards economic sustainability: alternatives for commercial fishermen.* *J. Ecol. Anthropol.*, v. 13, n. 1, p. 73-77, 2009.

KAHN, J.R., FREITAS, C.E.; PETRERE, M. *False shades of green: The case of Brazilian Amazonian hydropower.* *Energies*, v. 7, p. 6063-6082, 2014.

KEPPELER, F.W.; SOUZA, A.C.; HALLWASS, G.; BEGOSSI, A.; ALMEIDA, M.C.; ISAAC, V.J.; SILVANO, R.A.M. *Ecological influences of human population size and distance to urban centres on fish communities in tropical lakes.* *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst.*, p. 1-14, 2018.

LEES, A.C.; PERES, C.A.; FEARNESIDE, P.M.; SCHNEIDER, M.; ZUANON, J.A. *Hydropower and the future of Amazonian biodiversity.* *Biodivers. Conserv*, v. 25, p. 451-466, 2016.

LIMA, M.A.L.; FREITAS, C.E.C. MORAES, S.M.; DORIA, C.R.C. *Pesca artesanal no município de Humaitá, médio rio Madeira, Amazonas, Brasil.* *Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo*, v. 42, n. 4, p. 914-923, 2016.

LINDEMAN, R.H.; MERENDA, P.F; GOLD, R.Z. *Introduction to Bivariate and Multivariate Analysis*, Scott Foresman, Glenview, IL, 1980.

LYNCH, A.J.; COOKE, S.J.; DEINES, A.; BOWER, S.; BUNNELL, D.B.; COWX, I.G.; NGUYEN, V.M.; NONHER, J.; PHOUTHAVONG, K.; RILEY, B.; ROGERS, M.W.; TAYLOR, W.W.; WOELMER, W.; YOUN, S.J.; BEARD JR., T.D. The social, economic, and ecological importance of inland fishes and fisheries. *Environ. Rev.*, v. 24, p. 115-121, 2016.

MARUYAMA, L.; CASTRO, P.M.G.; PAIVA, P. Pesca artesanal no médio e baixo Tietê, São Paulo, Brasil: aspectos estruturais e socioeconômicos. *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 35, n. 1, p. 61-81, 2009.

MCCLANAHAN, T. R., J. MAINA, AND J. DAVIES. Perceptions of resource users and managers towards fisheries management options in Kenyan coral reefs. *Fisheries Management and Ecology*, v. 12, p.105-112, 2005.

PAULY, D. On Malthusian overfishing. *Naga, the ICLARM Quarterly*, v. 13, p. 3-4, 1990.

PETREIRE, M; WALTER, T.; MINTE-VERA, C.V. Income evaluation small-scale fisher in two Brazilian urban reservoirs: Represa Billings (SP) and Lago Paranoá (DF). *Braz. J. Biol.*, v. 66, n. 3, p. 817-828, 2006.

POFF, N.L.; ZIMMERMAN, J.K.H. Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology*, v. 55, p. 194-205, 2010.

POFF, N.L.; SCHMIDT, J.C. How dams can go with the flow. *Science*, v. 353, n. 6304, p. 1099-1100, 2016.

RIPLEY, B.; VENABLES, B.; HORNIK, K.; GEBHARDT, A.; FIRTH, D. MASS—modern applied statistics with S, 2013. Available at <http://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4>.

SÁ-OLIVEIRA, J.C.; VASCONCELOS, H.C.G.; PEREIRA, S.W.M.; ISAAC-NAHUM, V.J.; TELESJUNIOR, A.P. Caracterização da pesca no Reservatório e áreas adjacentes da UHE Coaracy Nunes, Ferreira Gomes, Amapá-Brasil. *Biota Amazônia*, v. 3, n. 3, p. 83-96, 2013.

SANTOS, G.M.; OLIVEIRA-JÚNIOR, A.B. A pesca no reservatório da hidrelétrica de Balbina (Amazonas, Brasil). *Acta Amazônica, Manaus*, v. 29, n. 1, p. 145-163, 1999.

SANTOS, R.F.; SANTOS, W.J.P.; MONTEIRO, E.P.; NASCIMENTO, J.C.S. A pesca artesanal no nordeste paraense, município de Viseu – Pará. *ActaFish*, v. 6, n. 1, p. 35-43, 2018.

SANTOS, R.E.; PINTO-COELHO, R.M.; FONSECA, R.; SIMÕES, N.R.; ZANCHI, F.B. The decline of fisheries on the Madeira River, Brazil: The high cost of the hydroelectric dams in the Amazon Basin. *Fisheries Management and Ecology*, v. 25, n. 5, p. 380-391, 2018.

SILVANO, A. M.; JURAS, A. A.; BEGOSSI, A. Clean energy and poor people: ecological impacts of hydroelectric dams on fish and fishermen in the Amazon rainforest. 5th

International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development (EEESD '09), GREECE, 2009. ISSN: 1790-5095. ISBN: 978-960-474-125-0.

SONG, A.M.; BOWER, S.D., ONYANGO, P.; COOKE, S.J.; AKINTOLA, S.L.; BAER, J.; GURUNG, T.B.; HETTIARACHCHI, M.; ISLAM, M.; MHLANGA, W.; NUNAN, F.; SALMI, P.; SINGH, V.; TEZZO, X.; FUNGE-SMITH, S.J.; NAYAK, P.K.; CHUENPAGDEE, R. Intersectorality in the governance of inland fisheries. *Ecology and Society*, v. 23, n. 2, p. 1-16, 2018.

SOUSA, D.N.; KATO, H.C.A.; MILAGRES, C.S.F. Perfil socioeconômico e tecnológico dos pescadores de Xambioá, Estado de Tocantins. *ActaFish*, v. 5, n. 3, p. 12-20, 2017.

STENBERG, R. Damming the river: a changing perspective on altering nature. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 10, n. 3, p. 165-197, 2006.

TESFAY, S.; TEFERI, M. Assessment of fish post-harvest losses in Tekeze dam and Lake Hashenge fishery associations: northern Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, v. 6, n. 1, 4, 2017.

VAZ, E.M.; RABELO, Y.G.S.; CORRÊA, J.M.S.; ZACARDI, D.M. A pesca artesanal no lago Maicá: aspectos socioeconômicos e estrutura operacional. *Biota Amazônia*, v. 7, n. 4, p. 6-12, 2017.

WELCOMME, R.L.; HALLS, A. Dependence of tropical river fisheries on flow. In: R.L. Welcomme, T. Petr, (Eds.), *Proceedings of the second international symposium on the management of large rivers for fisheries*, FAO, Bangkok, Thailand, v. 1, p. 267-283. 2003.

WINEMILLER, K.O., MCINTYRE, P.B.; CASTELLO, L.; FLUET-CHOUINARD, E.; GIARRIZZO, T.; NAM, S.; BAIRD, I.G.; DARWALL, W. et al. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science American Association for the Advancement of Science*, v. 351, p. 128-129, 2016.

ZACARDI, D.M; SARAIVA, M.L.; VAZ, E.M. Caracterização da pesca artesanal praticada nos lagos Mapiri e Papucu às margens do rio Tapajós, Santarém, Pará, v. 10, n. 1, p. 31-43, 2017.

ZARFL, C.; LUMSDON, A.E.; BERLEKAMP, J.; TYDECKS, L.; TOCKNER, K. A global boom in hydropower dam construction. *Aquat Sci*, v. 77, p. 161-70, 2015.

CAPÍTULO IV

Modelagem ecossistêmica da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil

Artigo a ser submetido à revista:
ISSN versão impressa:
ISSN versão online:
Frequência:
Fator de Impacto:

Modelagem ecossistêmica da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil

RESUMO

Este estudo se propôs a utilizar a modelagem ecossistêmica para avaliar a sustentabilidade ecológica e econômica da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, considerando cenários associados às estratégias de manejo, visando à validação de um modelo alternativo de manejo para a atividade pesqueira nessa região. O modelo foi desenvolvido usando o Stella® 9.0, um software baseado na dinâmica de sistemas. Dois cenários foram simulados para investigar a dinâmica do estoque de peixes, com horizonte de planejamento de 120 meses. O cenário I simulou uma redução nos valores de reposição de estoque para metade dos valores iniciais, um aumento de 50% no esforço de pesca, taxa de mortalidade natural, custos fixos e variáveis, preço médio do peixe, número de viagens mensais e a pesca comercial liberada o ano todo e, o cenário II analisou o efeito da proibição da pesca comercial. A análise dos cenários demonstrou a importância do monitoramento e do manejo participativo, com forte envolvimento dos usuários dos recursos pesqueiros. Esperamos que as estimativas apresentadas possam ser úteis para a construção de modelos ecossistêmicos na Amazônia, onde esta abordagem ainda está em estágio de desenvolvimento.

Palavras-chave: modelagem dinâmica de simulação; Amazônia; represa; pesca artesanal; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A água doce é o lar de milhares de espécies que contribuem para a segurança alimentar (BROOKS et al., 2016) e fornece renda essencial para aqueles com poucas alternativas (DUGAN et al., 2010a; LYNCH et al., 2016), principalmente nos países em desenvolvimento. Em 2016, a captura pesqueira foi responsável por uma produção de 11,6 milhões de toneladas (FAO, 2018). Entretanto, o Living Planet Report (WWF, 2018) mostrou que as populações de espécies de água doce diminuíram em média 83% desde 1970, uma queda muito mais acentuada do que para espécies terrestres ou marinhas (HARRISON et al., 2018). A biodiversidade desses ecossistemas é globalmente ameaçada em decorrência de fatores como pesca excessiva, poluição, espécies invasoras (DUDGEON et al., 2006), perda e degradação de habitats (BARTLEY et al., 2015), particularmente, construções de barragens para aproveitamentos hidrelétricos (YOUN et al., 2014).

O represamento existente e proposto nos rios Mekong e Amazonas fornece uma indicação de ameaças ambientais em larga escala (BEST, 2019), afetando cerca de um terço da biodiversidade fluvial do planeta (ZARFL et al., 2015; WINEMILLER et al., 2016), sendo que centenas de milhões de pessoas dependem dos serviços ecossistêmicos associados a essa

biodiversidade (McINTYRE et al., 2016). A fragmentação do ecossistema (HENNIG; MAGEE, 2017; ANDERSON et al., 2018), alterações de habitat, alteração hidrológica da quantidade e do tempo de fluxo do rio, redução sedimentar a jusante (WILD; LOUCKS, 2015; HENNIG, 2016; ANGARITA et al., 2018), mudanças a jusante na segurança hídrica e alimentar (KAREIVA, 2012; VELDKAMP et al., 2017), realocação de populações animais e humanas, extinção de espécies (BENCHIMOL; PERES, 2015), bloqueio de rotas migratórias dos peixes (HALLS; KSHATRIYA 2009; DUGAN et al., 2010b), liberação de gases de efeito estufa da vegetação decomposta (FEARNSIDE, 2015; GROSS, 2016; RÄSÄNEN et al., 2018), contaminação por mercúrio (FORSEBERG et al., 2017) e declínio na produção pesqueira (DUGAN et al., 2010b; KAHN et al., 2014; LATRUBESSE et al., 2017) são os principais impactos causados por barramentos fluviais.

Muito embora a pesca exerça um papel fundamental na Amazônia, pois esta região possui um dos maiores consumos de peixe per capita do mundo (ISAAC et al., 2015), sustentado por pescarias de pequena escala amplamente difundidas (ISAAC et al., 2008; HALLWASS; SILVANO, 2016) que exploram ambientes com alta diversidade íctica (JUNK et al., 2007), alguns impactos ambientais e socioculturais das construções de hidrelétricas não têm sido identificados corretamente (BEGOSSI et al., 2018) e, quando identificados, os tomadores de decisão geralmente ignoram as implicações negativas, afetando substancialmente os pescadores que não são inseridos no processo de tomada de decisão sobre sua implantação (DORIA et al., 2017). Portanto, é necessário que o manejo da atividade pesqueira seja realizado de forma adequada. Para isso, a modelagem de ecossistemas tem se mostrado uma ferramenta essencial, pois, ela permite que uma estrutura matemática seja usada para integrar dados de campo com a teoria ecológica e econômica possibilitando que o problema seja compreendido e simulado através do uso de diferentes cenários.

Alguns estudos utilizando essa abordagem foram realizados na Amazônia. Camargo e Petre (2004) caracterizaram os pescadores e pescarias do reservatório hidrelétrico de Tucuruí e criaram cenários para prever situações de conflito em uma situação de recursos escassos. Souza e Freitas (2010) testaram um modelo predador-presa utilizando os pescadores como predador e o estoque pesqueiro como presa para avaliar a sustentabilidade da pesca no trecho inferior do rio Solimões. Lopes et al. (2017) analisaram as relações do regime fluvial com a pesca comercial do rio Purus e simularam efeitos atípicos no nível deste rio. Inomata et al. (2018) analisaram a proposta de um modelo alternativo e discutiram as previsões obtidas por cenários que poderiam influenciar a gestão da pesca comercial na região do Médio rio

Negro. Nascimento et al. (2019) analisaram a interação entre a produção referente à piscicultura e à pesca artesanal comercial que abastecem Manaus, no intuito de prever alterações futuras na produtividade. Diante do exposto, este estudo se propôs a utilizar a modelagem ecossistêmica para avaliar a sustentabilidade ecológica e econômica da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina, sob diferentes cenários associados às estratégias de manejo, visando à possibilidade de validação de um modelo de manejo alternativo para gestão da atividade pesqueira nessa região.

METODOLOGIA

Declaração de ética

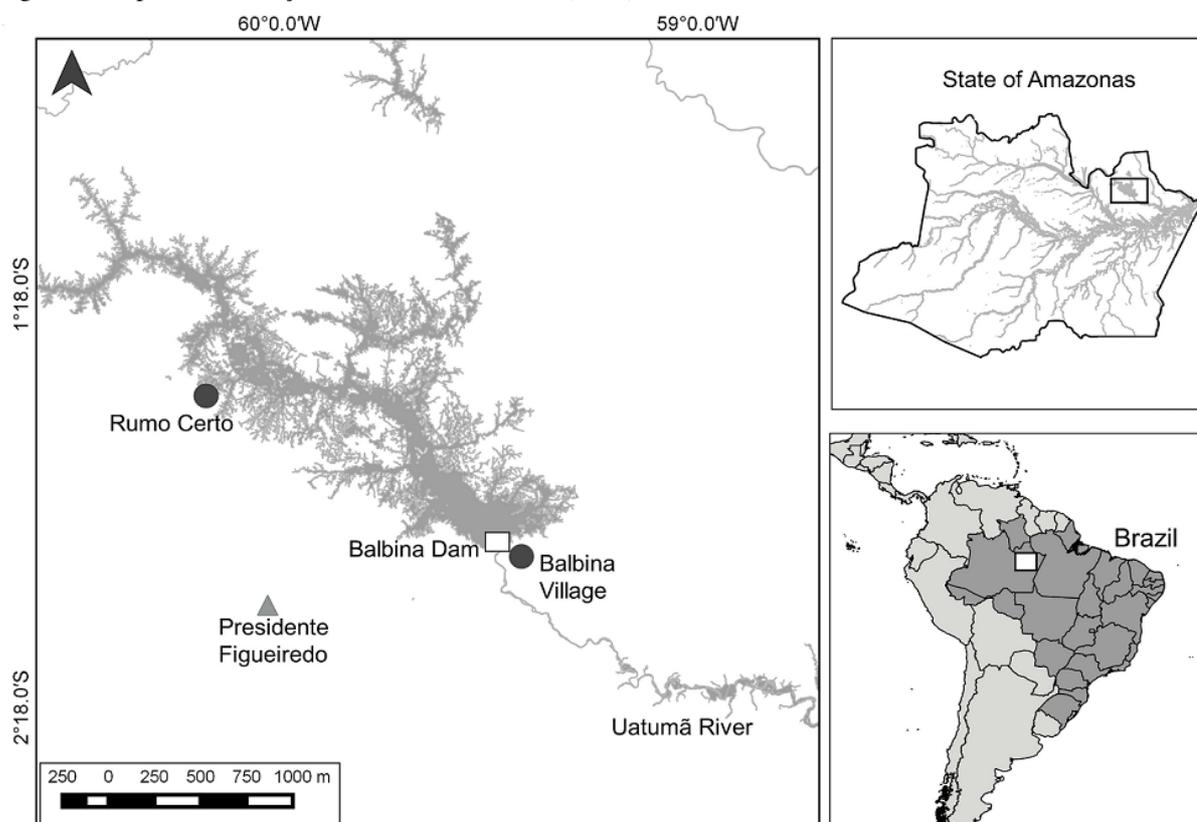
O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Amazonas (número CAAE 61615716.3.0000.5020). Um termo de consentimento livre e esclarecido, detalhando as informações, os objetivos da pesquisa, a forma como os dados seriam utilizados, além de especificar os direitos de retirar as informações a qualquer momento e a garantia de anonimato foi apresentado verbalmente para os participantes.

Área de estudo

O reservatório da UHE Balbina está localizado no rio Uatumã, Distrito de Balbina, município de Presidente Figueiredo, Estado do Amazonas, cerca de 155 km ao norte da capital Manaus (Figura 1). Drena uma bacia de 19.100 km² e seu lago compreende cerca de 3.000 ilhas separadas por vales submersos e pouco profundos numa área inundada de 2.360 km², com um volume total acumulado de 17,5 bilhões de m³ e uma capacidade nominal de 250 MW. A barragem foi fechada em 1987 e a hidrelétrica começou a operar em 1989.

Os dois locais usados para desembarque do pescado foram escolhidos para a coleta dos dados. A vila de Balbina, que está localizada a 13 km da barragem e foi criada em função da construção da usina, na década de 80. Possui uma população estimada em três mil habitantes, com uma parcela vivendo da pesca. Alguns pescadores são ex-funcionários da época de construção da usina e outros são oriundos de comunidades à jusante que foram realocados à vila. O segundo local é o ramal denominado Rumo Certo, que dá acesso às comunidades Boa União e Novo Rumo, instaladas às margens do reservatório, que juntas possuem uma população comparada a da vila de Balbina e concentram famílias que exercem a pesca como atividade econômica.

Figura 1. Mapa da localização da Usina Hidrelétrica (UHE) de Balbina, Amazonas, Brasil



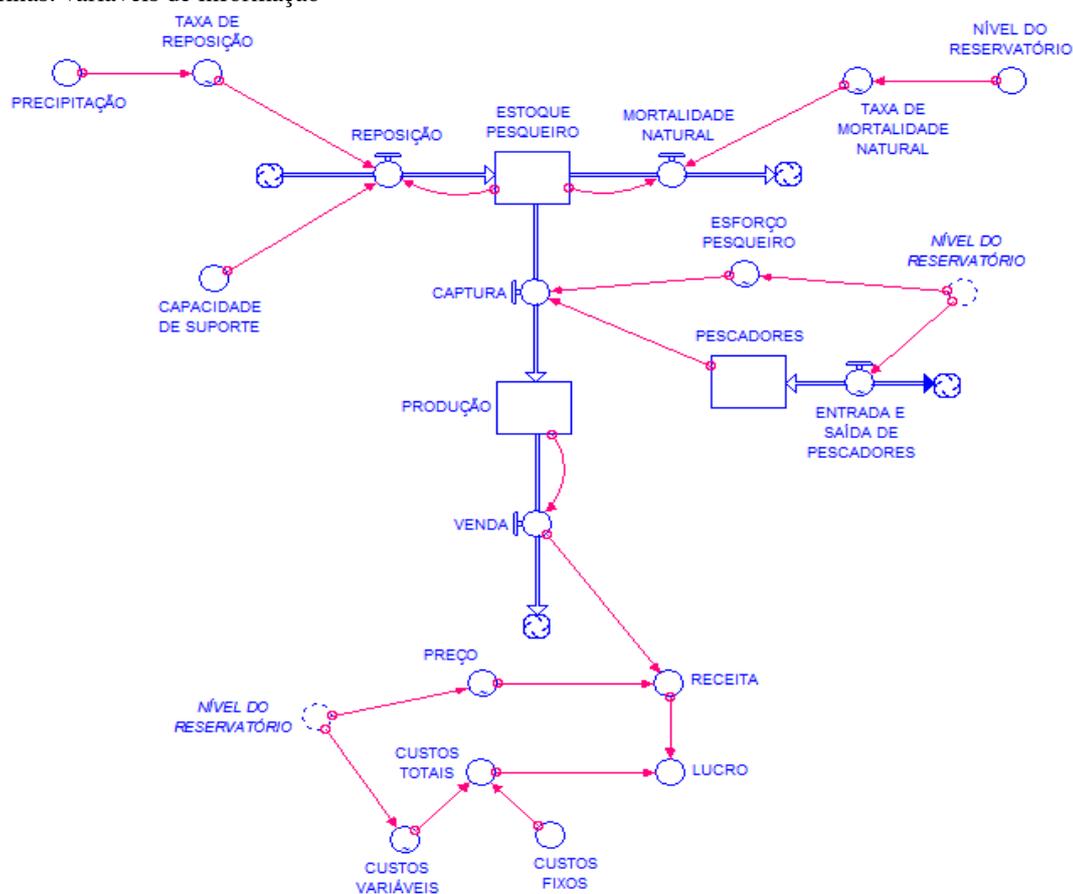
Construção do modelo

Para construir um modelo é necessário reconhecer os fenômenos do sistema com base em outros trabalhos e modelos existentes (GRANT, 1986; JØRGENSEN, 1994; ANGELINI, 1999). Optou-se pela adaptação do modelo SCF-BO construído por Inomata et al. (2018) para a pesca comercial de Barcelos. Dessa maneira, foram consideradas as características ecológicas, econômicas e normativas da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* do reservatório da UHE Balbina, que é regulamentada pelo Acordo de Pesca formalizado pela Instrução Normativa SDS/AM n. 001/2014. Nesse acordo de pesca, a estratégia de manejo central é a definição de um período de restrição a pesca comercial “defeso” de espécies de tucunaré compreendido entre 15 de novembro e 15 de março, reduzindo a temporada de pesca comercial para oito meses ao ano.

O modelo foi chamado de Sustentabilidade da Pesca Comercial de Balbina - SPCB (Figura 2) e foi baseado na dinâmica de sistema, que combina as variáveis ecológicas e econômicas que explicam a dinâmica dos recursos pesqueiros e da pesca por meio de equações diferenciais ao longo do tempo (STERMAN, 2002; STAVE, 2002; OTTO; STRUBEN, 2004).

A técnica de integração utilizada no processo de modelagem foi o Runge-Kutta 4, que é um dos métodos recomendados para modelos nos quais a geração de oscilações é prevista. O horizonte temporal foi de 120 meses e o Delta Time (DT) escolhido foi 0,25, pois as mudanças ficam mais suaves e os resultados se tornam mais precisos (ver Anexo IV para a explicação das equações do modelo).

Figura 2. Modelo Sustentabilidade da Pesca Comercial de Balbina - SPCB, construído no software Stella. Retângulos: variáveis de estado; círculos: variáveis forçantes; setas grossas: transferência de matéria/energia e; seta finas: variáveis de informação



Fonte: A autora (2018).

Variáveis

Variáveis de estado

Estoque pesqueiro: estimado de acordo com o método adaptado por Silva-Júnior et al. (2017) para o contexto da pesca comercial, onde o volume capturado é expresso em termos de peso.

$$g_q(t) = p_q(f_t) \prod_{k=1}^{t-1} \{1 - p_q(f_q)\}$$

$$\theta = \frac{1 - \sum_{k=1}^{\omega} g_q(k)}{\sum_{k=1}^{\omega} g_q(k)}$$

$$B = b + b\theta$$

Onde q é a capturabilidade, f é o esforço de pesca, b é o tamanho da amostra em peso (kg) e B é o tamanho total do estoque em peso (kg).

Produção: valor capturado (kg) entre junho de 2016 e junho de 2017.

Pescadores: o número de pescadores comerciais registrados na Colônias de Pescadores de Presidente Figueiredo Z-6, em julho de 2017.

Variáveis forçantes

Capacidade de suporte: estimada de acordo com a equação utilizada na estimação do estoque pesqueiro (SILVA-JÚNIOR et al., 2017), usando o valor de produção máxima de tucunarés desembarcada em Balbina, 706 toneladas em 1993 (SANTOS; OLIVEIRA Jr., 1999).

Nível do reservatório: utilizou-se a função trigonométrica da onda senoidal, com um período de cheia e um período de seca, oscilando com a mesma amplitude (50,02 metros na cheia e 45,70 metros na estação seca) em um período de 12 meses. Dados mensais sobre o nível do reservatório foram fornecidos pela Amazonas Energia.

$$- \sinwave\left(\frac{\text{amplitude acima da média}}{2}, 12\right) + \left(\frac{\text{máxmédia}}{2}\right) + \text{minmédia}$$

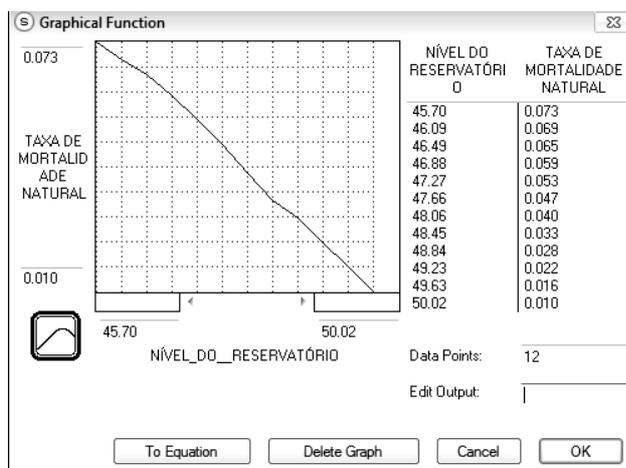
Precipitação: foi utilizada a mesma função trigonométrica aplicada para o nível do reservatório, no entanto, utilizou-se os dados de precipitação em Balbina, oscilando com a mesma amplitude (318 milímetros no período chuvoso e 98 mm no período seco). Dados mensais sobre a precipitação em Balbina, foram obtidos no site climatempo.com.br. As médias climatológicas são valores calculados a partir de uma série de dados observados de 30 anos.

Taxa de reposição: estabelecida de acordo com o estudo de Horie (2013), sobre a biologia reprodutiva e a estrutura da população do tucunaré *Cichla vazzoleri* (Perciformes:

Cichlidae) no reservatório da UHE Balbina, que calculou o índice de atividade reprodutiva (IAR) por mês, conforme proposto por Agostinho et al. (1991). Apesar de terem sido observados exemplares maduros durante todo o ano, é provável que os indivíduos liberem o último lote principalmente no período entre outubro e janeiro, ou seja, o pico reprodutivo se deu no final da seca, início da enchente. A reposição máxima (100%) coincidiu com o período chuvoso.

Taxa de mortalidade natural: a mortalidade natural pode ser dividida em três categorias principais: causas naturais, como velhice ou doença, peixes mortos por predadores e, finalmente, peixes que morrem de fome devido à falta de alimento disponível. Assumimos a mortalidade natural de acordo com os dados de Horie (2013), que foi estimada por meio da relação empírica de Pauly (1980). Uma função gráfica foi inserida com influência do nível do reservatório, e assumiu-se que durante o período seco as maiores taxas de mortalidade natural ocorrem (Figura 3), o que tem sido associado com a temperatura da água.

Figura 3. Função gráfica que define a relação entre a taxa de mortalidade natural do tucunaré *Cichla vazzoleri* e o nível do reservatório



Fonte: A autora (2018).

Esforço de pesca: valor médio mensal de acordo com a estimativa apresentada no Capítulo I, que utilizou o cálculo proposto por Petrere Jr. (1978), que apontou como a melhor unidade para pesca na região amazônica o número de pescadores da tripulação multiplicado pelo número de dias de pesca.

Preço: valor médio por período (cheia e seca), relatado pelos pescadores durante as entrevistas. Uma função gráfica foi inserida com influencia do nível do reservatório, e assumiu-se que durante o período seco os menores preços ocorrem.

Receitas: as receitas de pesca (R) foram estimadas como a quantidade de peixes

capturados (Q) multiplicada pelo preço médio de venda dos peixes (P), ou $R = Q * P$.

Lucro: definido como a receita total menos os custos totais e estimada deduzindo os custos fixos e variáveis da receita em um determinado período, ou seja, $P = R - (Cf + Cv)$. Os custos fixos consistiam em custos de manutenção associados à embarcação, motor e apetrechos de pesca; depreciação da canoa e do motor; e a taxa da entidade de classe. Os custos variáveis foram considerados como custo do combustível, gelo, óleo, frete e rancho (CAPÍTULO I).

Transferência de matéria/energia

Reposição: foi representada pela equação logística de Verhulst (1838).

$$N(t) = rN(t) \left(1 - \frac{N(t)}{K} \right)$$

Onde N = tamanho da população de peixes; r = capacidade inata de aumento populacional; K = capacidade de carga e; t = tempo de execução do modelo.

Captura: número total de peixes capturados. Foi estimado usando o produto do número total de pescadores pelo esforço de pesca como taxa de ataque no estoque de peixes.

Venda: assumiu-se que tudo o que foi produzido foi vendido.

Entrada e saída de pescadores: considerou-se que tanto a entrada quanto a saída de pescadores da atividade está diretamente relacionada ao nível do reservatório, que influencia diretamente no sucesso das capturas e resulta em picos sazonais. Em Balbina, durante a estação cheia, os pescadores comerciais dedicam-se principalmente à atividade de pesca. Durante a seca, alguns pescadores reduzem suas jornadas ou se dedicam a outras atividades complementares, como aquelas relacionadas à agricultura.

Construção dos cenários

Para simular diferentes cenários, o conjunto de equações diferenciais foi mantido e as alterações foram restritas aos valores de entrada de taxas específicas ou relações derivadas. Dois cenários foram simulados utilizando o modelo SPCB, e esses cenários consideraram as seguintes alterações nas características do sistema:

(A) Cenário I: simulou uma redução nos valores de reposição de estoque para metade dos valores iniciais. Isso representa uma situação atípica e pressupõe que a mudança climática

desestabiliza o ambiente aquático e afeta diretamente a reposição do estoque pesqueiro. Pescadores tendem a aumentar o esforço de pesca quando há uma diminuição de peixe; essa prática aumenta os custos de produção e, conseqüentemente, o preço do peixe. Diante disso, além da diminuição da reposição de estoques, um aumento de 50% no esforço de pesca, taxa de mortalidade natural, custos fixos e variáveis, preço médio do peixe, número de viagens mensais e a pesca comercial liberada o ano todo também foi simulada nesse cenário.

(B) Cenário II: simulou e analisou o efeito de uma proibição total da pesca comercial. Esse cenário assumiu que todos os pescadores pescariam apenas para subsistência.

RESULTADOS

O município de Presidente Figueiredo contava com 112 pescadores em 2017, dos quais 80 estavam participando do monitoramento do desembarque pesqueiro realizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio (2017). Neste estudo, foi possível entrevistar um total de 60 pescadores, mais de 50% do total registrado. Os dados usados para alimentar o modelo estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros descritivos do modelo SPCB e os diferentes valores e unidades utilizados; Dados de entrada; Formato; Unidade e; Valor (mínimo e máximo)

Dados de entrada	Formato	Unidade	Valor	Mínimo	Máximo
Estoque pesqueiro	variável de estado	Kg	1.180.600	-	-
Produção	variável de estado	Kg	31.900	-	-
Pescadores	variável de estado	n° de indivíduos	112	-	-
Capacidade de suporte	variável forçante	Kg	26.128.657	-	-
Nível do reservatório	variável forçante	M	-	45,70	50,02
Precipitação	variável forçante	Mm	-	98,00	318,00
Taxa de reposição	variável forçante	%	-	0,010	1.000
Taxa de mortalidade natural	variável forçante	-	-	0,010	0,073
Esforço pesqueiro	variável forçante	-	-	0,000	7,67
Preço	variável forçante	real (R\$)	-	0,000	5,12
Custos fixos	variável forçante	real (R\$)	1.959,86	-	-
Custos variáveis	variável forçante	real (R\$)	-	0,000	975,81

A dinâmica do modelo com as tendências atuais do sistema (*Business as Usual - BaU*) apresentou uma estimativa de tamanho do estoque pesqueiro com um valor mínimo em torno de 1.200.000 kg e máximo acima de de 25.000.000 kg. A estimativa mínima da produção foi 223,24 kg e máxima de quase 38.000 kg, e a atividade teve um prejuízo estimado em R\$ - 1.959,86 durante o período de seca, e apresentou um lucro máximo de R\$ 189.548,19 (Tabela 2).

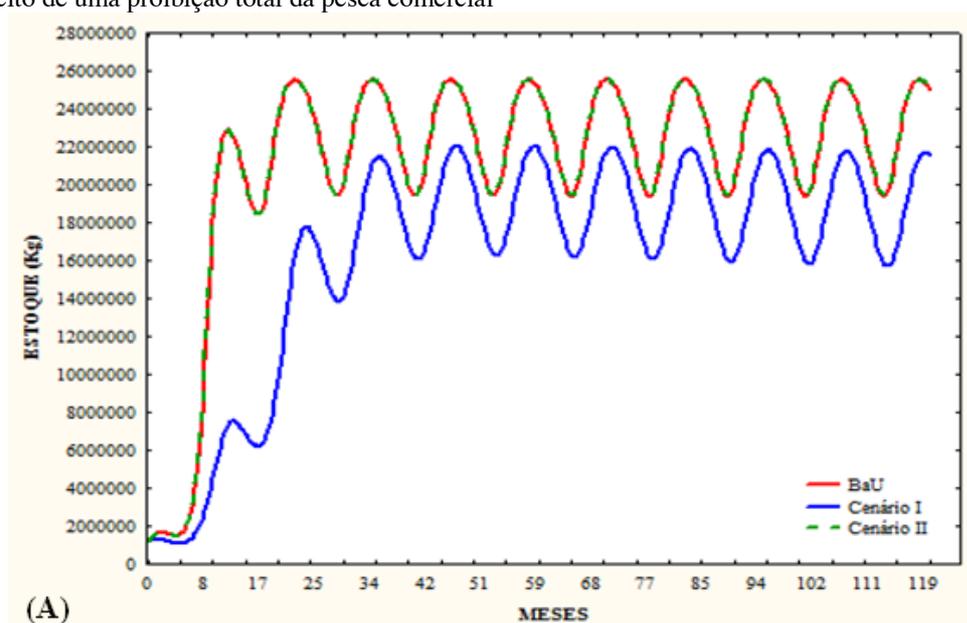
Quando comparado o cenário I com o *BaU*, esta simulação mostrou que o estoque pesqueiro diminuiu aproximadamente 89.000 kg e 3.500.000 kg, valor mínimo e máximo, respectivamente (Figura 4A). Entretanto, a produção e o lucro aumentaram (Figura 4B e C), por volta de quatro vezes mais, com estimativas mínimas e máximas de produção de 5.845,65 kg e 161.533,90 kg, respectivamente, e lucro mínimo de R\$ 23.479,35 e máximo de R\$ 795.407,07 (Tabela 2).

No cenário II, o efeito de proibir a pesca comercial foi analisado, portanto, variáveis econômicas foram excluídas. Nessa simulação, a dinâmica do estoque de pesca apresentou comportamento muito semelhante ao *BaU* (Figura 4A), no entanto, houve um pequeno aumento, cerca de 5.100 kg, na estimativa máxima (Tabela 2).

Tabela 2. Lista dos valores mínimos e máximos do estoque pesqueiro (kg), produção (kg) e lucro (R\$) do modelo, incluindo as tendências atuais do sistema (*BaU*), cenário I e cenário II

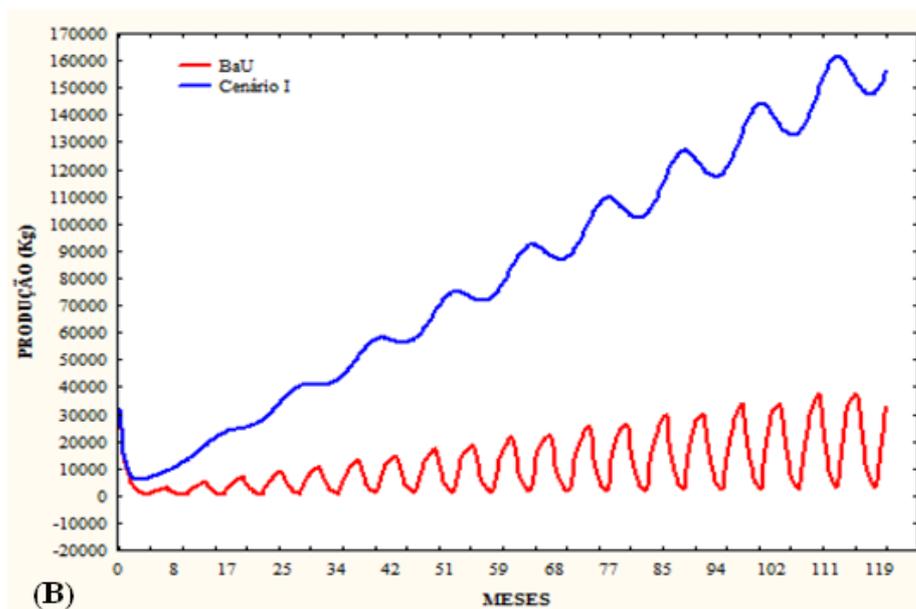
	Estoque Pesqueiro (kg)		Produção (kg)		Lucro (R\$)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
<i>BaU</i>	1.180.600,00	25.532.689,74	223,24	37.860,34	-1.959,86	189.548,19
Cenário I	1.091.712,55	22.021.170,05	5.845,65	161.533,90	23.479,35	795.407,07
Cenário II	1.180.600,00	25.537.796,06	-	-	-	-

Figura 4 (A). Resultados da dinâmica do estoque pesqueiro obtidos em cada um dos cenários simulados. *Business as Usual (BaU)*. Cenário I: considerado uma redução nos valores de reposição de estoque para metade dos valores iniciais, além de um aumento de 50% no esforço de pesca, taxa de mortalidade natural, custos fixos e variáveis, preço médio do peixe, número de viagens e a pesca comercial liberada o ano todo também foi simulado neste cenário. Cenário II: analisou o efeito de uma proibição total da pesca comercial



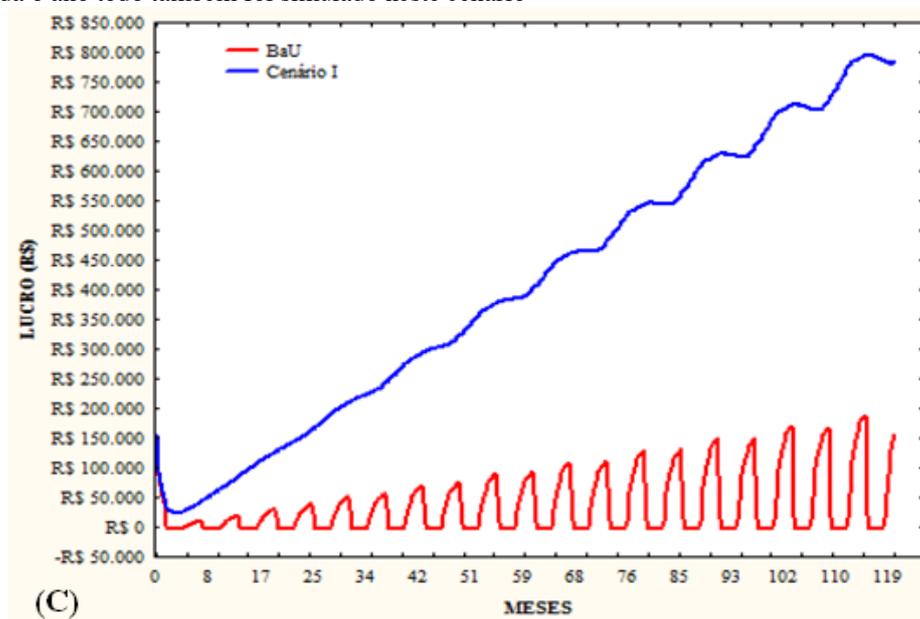
Fonte: A autora (2018).

Figura 4 (B). Resultados da dinâmica da produção obtidos no *Business as Usual* (BaU) e cenário I: considerado uma redução nos valores de reposição de estoque para metade dos valores iniciais, além de um aumento de 50% no esforço de pesca, taxa de mortalidade natural, custos fixos e variáveis, preço médio do peixe, número de viagens e a pesca comercial liberada o ano todo também foi simulado neste cenário



Fonte: A autora (2018).

Figura 4 (C). Resultados da dinâmica do lucro obtidos no *Business as Usual* (BaU) e cenário I: considerado uma redução nos valores de reposição de estoque para metade dos valores iniciais, além de um aumento de 50% no esforço de pesca, taxa de mortalidade natural, custos fixos e variáveis, preço médio do peixe, número de viagens e a pesca comercial liberada o ano todo também foi simulado neste cenário



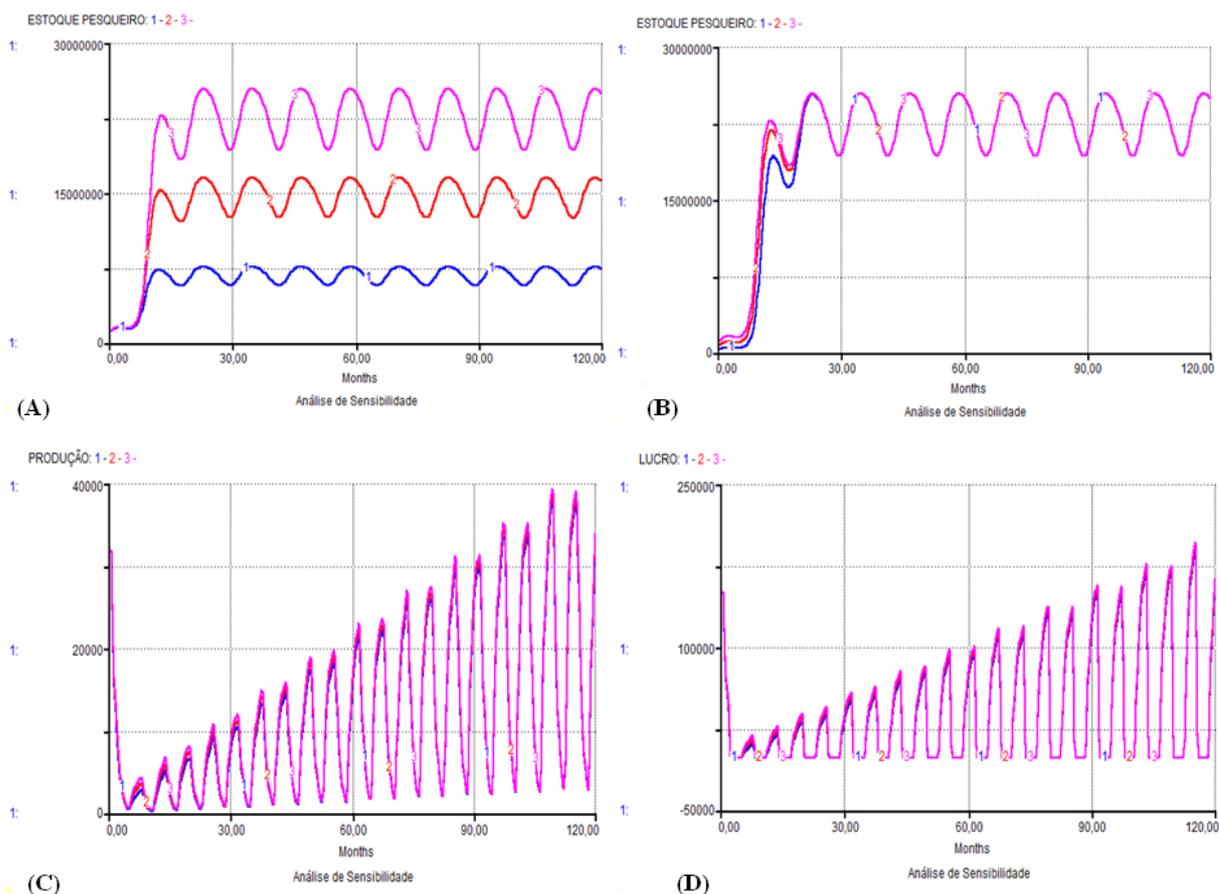
Fonte: A autora (2018).

Análise de Sensibilidade

Uma análise de sensibilidade foi realizada para explorar as respostas do modelo a mudanças nas variáveis de entrada e, assim validar o modelo. Os valores dessas variáveis foram alterados várias vezes, utilizando incertezas cada vez maiores. Após à análise, foi possível verificar a robustez do modelo, que manteve o mesmo comportamento geral.

As variáveis capacidade de suporte, estoque pesqueiro e número de pescadores foram modificados. Os resultados mostraram que (A) o estoque pesqueiro diminuiu consideravelmente com reduções de 35% e 70% no valor da capacidade de suporte inicial; (B) o estoque pesqueiro diminuiu ligeiramente após as alterações de 35% e 70% no valor simulado no *BaU*; e (C) produção e lucro seguiram o mesmo padrão depois de aumentar o valor inicial do número de pescadores em 100 e 200% (Figura 5).

Figura 5. Gráficos resultantes da análise de sensibilidade para as variáveis disponíveis. (A) Estoque depois de diminuir a capacidade de carga (1: 70% menor; 2: 35% menor; e 3: *BaU* dados); (B) Diminuição do estoque pesqueiro (1: 70% menor; 2: 35% menor; e 3: dados *BaU*); (C) Produção após aumentar o número de pescadores (1: dados do *BaU*; 2: 100% maior; e 3: 200% maior; e (D) Lucro após aumentar o número de pescadores (1: dados do *BaU*; 2: 100% mais alto; e 3: 200% maior)



Fonte: A autora (2018).

DISCUSSÃO

Em geral, o nível da água dos reservatórios é regulado pela operação das usinas hidrelétricas. No entanto, mesmo se tratando de lagos com águas represadas, o regime de chuvas influencia na dinâmica da pesca em grandes reservatórios (AGOSTINHO et al., 2004). Portanto, a inserção dessa variável forçante foi essencial para tornar as simulações mais realistas, pois diferente do que ocorre em outras localidades da Amazônia, onde o nível mais alto de produtividade acontece durante a estação seca (BATISTA; PETRERE, 2003; FREITAS; RIVAS, 2006; INOMATA; FREITAS, 2011; INOMATA; FREITAS, 2015), em Balbina o pico de produção ocorreu durante o período de cheia. Provavelmente, as chances de captura foram menores na seca devido ao baixo volume de água no reservatório, principalmente nos últimos anos. Durante esse período, a água fica mais quente e os tucunarés vão para as áreas mais profundas e distantes, logo, os custos das expedições se tornam mais elevados, resultando em uma receita média próxima aos custos e o lucro, aparentemente, negativo (CAPÍTULO I).

Contrário aos resultados do nosso estudo, Santos et al. (2018) indicaram que o maior declínio na produção pesqueira nos reservatórios de Santo Antônio e Jirau, no rio Madeira, ocorreu durante os períodos mais afetados pelo aumento no nível médio do rio. Esse resultado foi corroborado pela análise de equações lineares, que identificou que para cada 100 cm de aumento no nível médio do rio após o represamento houve uma diminuição de aproximadamente 12,5% nas capturas, apontando que as mudanças hidrológicas pós-seca alteraram as condições ideais para a produtividade pesqueira na região. Essas mudanças na dinâmica da pesca podem estar relacionadas às características limnológicas e hidrológicas distintas dos sistemas do Madeira e do Uatumã.

Recentemente, os pescadores de Balbina enfrentaram mais dificuldades nas capturas, não apenas por ser uma atividade monoespecífica, mas também devido ao El Niño ocorrido em 2015. A intensa seca resultante desse fenômeno se manteve em 2016 e, mesmo com a usina operando em uma vazão mínima para não esvaziar ainda mais o reservatório, os níveis de cota não recuperaram os níveis normais após a temporada chuvosa (ICMBio, 2017). A Amazônia tem sofrido oscilações atípicas no nível do rio, com a ocorrência de secas e inundações extremas (FRANÇA et al., 2005; AMBRIZZI et al., 2007; MARENGO, 2007). Essas mudanças foram atribuídas aos efeitos das mudanças climáticas (MARENGO et al., 2011) e podem interferir no ciclo de vida dos peixes, da pesca e, conseqüentemente, dos pescadores que sobrevivem da atividade pesqueira (ALLISON et al., 2009). A variabilidade,

particularmente em secas, tem aumentado para as regiões sul e leste da bacia Amazônica (MALHI et al., 2008; MAGRIN et al., 2014), e a continuidade desse processo, ou sua exarcebção, poderá diminuir a disponibilidade hídrica regional para as barragens (MORAN et al., 2018).

Estudos têm sido realizados para verificar os impactos do desenvolvimento acelerado de energia hidrelétrica e eventos extremos das mudanças climáticas. Na bacia do Mekong, Piman et al. (2014) avaliaram o impacto potencial de mudanças climáticas e cenários de desenvolvimento de energia hidrelétrica nos padrões de fluxo e produção de energia hidrelétrica nas bacias transfronteiriças Srepok, Sesan e Sekong, que fornecem serviços ecossistêmicos essenciais para o rio Tonle Sap, incluindo a produção pesqueira. Os resultados apontaram que, as mudanças climáticas resultarão em eventos mais significativos e extremos de enchentes e secas, em termos de magnitude e frequência, que podem afetar as regras de operação das barragens. Kano et al. (2016) projetaram cenários que combinavam os efeitos das barragens e do aquecimento global no *hotspot* Indo-Birmânia, no Sudeste Asiático. Os impactos na diversidade de peixes sob as projeções combinadas foram 10-20% mais altos do que aqueles atribuíveis a cenários aditivos, e foram intensificados à medida que a capacidade de geração aumentou, principalmente, se as emissões de CO₂ permanecessem altas. Os impactos das barragens, em especial aqueles sobre as principais correntes dos rios, provavelmente, serão maiores, mais previsíveis e mais imediatos para os peixes do que as consequências do aquecimento global. Em vista disso, os limites à construção de barragens foram considerados uma ação prioritária para a conservação da biodiversidade íctica nessa região.

A maneira como a pesca comercial vem sendo realizada em Balbina (*BaU*), parece não ser viável economicamente, particularmente, no período de seca, devido a baixa disponibilidade de peixes nessa fase do ciclo hidrológico. Desde a década de 90, Santos e Oliveira Jr. (1999) já tinham observado que a produtividade do lago vinha diminuindo ao longo dos anos que se seguiram à rápida expansão da atividade pesqueira após o represamento. Esse fenômeno também foi identificado em outros reservatórios brasileiros (AGOSTINHO et al., 1994; PETRERE; RIBEIRO, 1994; PETRERE, 1996; BOTELHO, 2007; SANTOS et al., 2018). No entanto, os pescadores comerciais de Balbina disseram que se mantinham na atividade, principalmente, porque gostavam do que faziam. Além disso, uma parcela deles tinha como se manter nos períodos críticos, pois dedicavam parte do tempo a outras atividades, geralmente a agricultura, e também porque recebiam o benefício do seguro

defeso e outros benefícios cedidos pelo governo, como o bolsa-família (CAPÍTULO I).

Por outro lado, a atividade se mostrou sustentável ecologicamente e consideramos que também poderá ser sustentável do ponto de vista econômico devido aos resultados positivos do acordo de pesca, pois alguns pescadores demonstraram percepções importantes das mudanças que estão ocorrendo no lago de Balbina; como, o aumento do tamanho e quantidade de tucunarés (CAPÍTULO II). Esses resultados poderão levar ao aumento da produtividade pesqueira e, conseqüentemente, a melhores retornos financeiros para os pescadores. O cumprimento das regras dos acordos, também apresentaram resultados satisfatórios em outras localidades (CASTELLO et al., 2011; BENTES et al., 2014; OVIEDO; BURSZTYN, 2016; HO et al., 2016).

O cenário I, se mostrou o mais adequado economicamente, porém, essa simulação seria péssima do ponto de vista ecológico, em virtude de permitir a pesca de maneira ininterrupta, eliminando o acordo de pesca vigente. Diante disso, momentos de conflitos poderiam ocorrer, considerando que existem três modalidades de pesca no reservatório (subsistência, comercial e esportiva) e que os conflitos se instalam quando diferentes tipos de pesca, embarcações e apetrechos exploram o mesmo ambiente (FOSCHIERA; PEREIRA, 2014). Usuários com interesses divergentes podem ser especialmente prejudiciais ao pequeno pescador que depende do recurso pesqueiro para sua subsistência. Nesse sentido, a captura desregulada levaria ao aumento no esforço de pesca e, conseqüentemente, à sobrepesca. Esse cenário poderia ser ainda pior durante o período mais crítico, ou seja, na estação seca, quando o recurso se torna mais escasso.

Gutberlet et al. (2007) identificaram conflitos entre pescadores profissionais e pescadores esportivos pelo acesso a recursos e pontos de pesca no rio São Francisco. Em Minas Gerais, pescadores profissionais que usam redes de emalhar se queixam de pescadores esportivos que usam arpões e linhas longas ilegais. Em Alagoas, os conflitos surgem, principalmente, sobre as pescarias de surubim, realizadas por pescadores esportivos e alguns pescadores de subsistência, impactando negativamente os pescadores comerciais. Os resultados do estudo realizado pelo Instituto Socioambiental (ISA, 2015) para verificar os impactos da UHE Belo Monte sobre a pesca, mostraram que os impactos provocados pela implantação da usina evidenciam as causas do progressivo deslocamento da atividade de pesca para áreas mais distantes da barragem principal e como esse deslocamento tem gerado conflitos entre pescadores pelo uso dessas áreas de pesca. Além disso, vêm crescendo os conflitos entre os indígenas e os pescadores que perderam suas áreas de pesca próximas ao

barramento e que estão avançando para pescar dentro da terra indígena.

Cañas et al. (2015) detectaram seis tipos de conflitos no lago de Balbina: (i) pescador comercial *versus* pescador amador; (ii) pescador de subsistência *versus* pescador amador; (iii) pescador de subsistência *versus* pescador comercial; (iv) agricultor *versus* pescador comercial; (v) lideranças locais *versus* pescador comercial e; (vi) fiscais da reserva biológica *versus* pescador comercial. O principal conflito entre pescadores amadores e pescadores comerciais ocorre devido à disputa pelo mesmo território. Em seguida, o conflito entre pescadores de subsistência e pescadores comerciais ocorre pela disputa do recurso pesqueiro próximo às áreas de moradia dos pescadores de subsistência. Assim sendo, o acordo de pesca é essencial como estratégia de gestão pesqueira, oportunizando a sustentabilidade da atividade. O acordo oferece benefícios tanto ecológicos quanto sociais e econômicos; como, aumento da abundância das espécies e da produção pesqueira e a participação dos atores, além de impulsionar processos de aprendizado social (d'ARMENGOL et al., 2018).

O cenário II, teve pouca diferença em relação ao *BaU*. Dessa forma, proibir totalmente a pesca não parece ser a melhor alternativa, pois isso levaria a um grande impacto no modo de vida dos pescadores, uma vez que essa atividade é tradicional na região e muitos têm a pesca como atividade econômica exclusiva. Esse impacto pode resultar em pescadores migrando para outras áreas ou mesmo ocupando outras atividades. No entanto, as outras atividades econômicas existentes na região não são suficientes para absorver toda a mão de obra local, que cuja renda depende em parte do pescado, seja como fonte direta de receita de vendas por meio da pesca comercial, seja como atrativo nacional e internacional para turistas que praticam a pesca esportiva.

Freitas et al. (2008) sugeriram que uma alternativa importante para o uso sustentável dos estoques de tucunaré e a melhoria do bem-estar dos pescadores no reservatório de Balbina, seria treinar pescadores comerciais para se tornarem guias turísticos para a pesca esportiva. Bucheli e Kahn (2014) recomendaram que políticas adequadas, como a implementação de um pagamento de serviço ambiental, são necessárias para que mais renda fique no município. Essa pode ser uma alternativa viável para Balbina, porque atividades recreativas como a pesca esportiva têm um enorme potencial para aumentar a receita para que o município invista em infraestrutura e melhorias no lazer para turistas.

AGRADECIMENTOS

Somos imensamente gratos a todos os pescadores comerciais do reservatório da UHE

Balbina que forneceram as informações, sem as quais esse trabalho não poderia ser realizado; ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), pelo apoio logístico durante as coletas de dados e fornecimento de informações a respeito do monitoramento do desembarque pesqueiro; à Colônia de Pescadores de Presidente Figueiredo Z-6; à CAPES pela concessão da bolsa de doutorado e pela bolsa de estágio no exterior realizado na Washington and Lee University (processo PDSE 88881.132525/2016-01) e; ao PIATAM, pela cessão da infraestrutura.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A.A.; SUZUKI, H.I.; SAMPAIO, A.A.; BORGES, J.D.R. Índice de atividade reprodutiva: uma proposta para avaliação da atividade reprodutiva em peixes. In: Encontro Brasileiro de Ictiologia, 9., 1991, Maringá/PR. Resumos... Maringá: Universidade Estadual de Maringá. p. 53, 1991.

AGOSTINHO, A.A.; JÚLIO, H.F.JR.; PETRERE, M. Itaipu reservoir (Brazil): Impacts of the impoundments on the fish fauna and fisheries. In: I. G. Cowx (Ed.), *Rehabilitation of freshwater fisheries*. Oxford: Fishing News Books, Blackwell Science, p. 171–184, 1994.

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; VERÍSSIMO, S.; OKADA, E.K. Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná river: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. *Rev Fish Biol Fish*, v. 14, n. 1, p. 11-19, 2004.

ALLISON, E.H., PERRY, A.L., BADJECK, M., ADGER, W.N., BROWN, K., CONWAY, D., HALLS, A.S., PILLING, G.M., REYNOLDS, J.D., ANDREW, N.L., DULVY, N.K., Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish Fish*. v. 10, n. 1, p. 173–196, 2009.

AMBRIZZI, T.; ROCHA, R.P.; MARENGO, J.A.; PISNITCHENKO, I.; ALVES, L.M.; FERNANDEZ, J.P.R. Cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório 3. Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio), São Paulo, 2007.

ANDERSON, E.P.; JENKINS, C.N.; HEILPERN, S.; MALDONADO-OCAMPO, J.A.; CARVAJAL-VALLEJOS, F.M.; ENCALADA, A.C., et al. Fragmentation of Andes-to-Amazon connectivity by hydropower dams. *Science Advances*, v. 4, n. 1, p. 1429–1437, 2018.

ANGARITA, H.; WICKEL, A.J.; SIEBER, J.; CHAVARRO, J.; MALDONADO-OCAMPO, J.A.; HERRERA-R., G.A.; DELGADO, J.; PURKEY, D. Basin-scale impacts of hydropower development on the Mompós Depression wetlands, Colombia. *Hydrology and Earth System Science*, v. 22, p. 2839–2865, 2018.

ANGELINI, R. Ecossistemas e Modelagem ecológica. In: Marcelo L.M. Pompeo. (Org.). *Perspectivas da Limnologia no Brasil*. 1ed. São Luís (MA): Gráfica e Editora União, 1999, v.

1, p. 1-19

AUBONE, A. Threshold for sustainable exploitation of an age-structured fishery stock. *Ecol. Modell.*, v. 173, p. 95–107, 2004.

BARTLEY DM, DE GRAAF GJ, VALBO-JØRGENSEN J, MARMULLA G. Inland capture fisheries: status and data issues. *Fish. Manage. Ecol.*, v. 22, n. 1, p. 71-77, 2015.

BATISTA, V.S.; PETRERE, M. Characterization of the commercial fish production landed at Manaus, Amazonas State, Brazil. *Acta Amazonica*, n. 33, v. 1, p 53-66, 2003.

BEGOSSI, A.; SALIVONCHYK, S.V.; HALLWASS, G.; HANAZAKI, N.; LOPES, P.F.M.; SILVANO, R.A.M.; DUMARESQ, D.; PITTOCK, J. Fish consumption on the Amazon: a review of biodiversity, hydropower and food security issues. *Brazilian Journal of Biology*, p. 1-13, 2018.

BENCHIMOL, M.; PERES, C.A. Widespread forest vertebrate extinctions induced by a mega hydroelectric dam in lowland Amazonia. *PLoS ONE* 10, e0129818, 2015.

BENTES, E.S.; SANTANA, A.C.; ALMEIDA, O.T.; SANTANA, A.L. A pesca artesanal a jusante da Usina Hidrelétrica (UHE) de Tucuruí, estado do Pará, *Novos Cadernos NAEA*, v. 17, n. 2, p. 167-187, 2014.

BEST, J. Anthropogenic stresses on the world's big rivers. *Nature Geoscience*, v. 12, p. 7–21, 2019.

BOTELHO, M.C. A pesca comercial dos tucunarés *Cichla* spp. (Perciformes, Cichlidae) no reservatório da UHE-Tucuruí, rio Tocantins, PA. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Pará - UFPA, 103 pp., 2007.

BROOKS, E.G.E., HOLLAND, R.A., DARWALL, W.R.T., EIGENBROD, F. Global evidence of positive impacts of freshwater biodiversity on fishery yields. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, v. 25, n. 5, p. 553–562, 2016.

BUCHELI, M.G.A.; KAHN, J.R. Modelagem de escolha e estudos pilotos: um exemplo da Hidrelétrica de Balbina. In: Alexandre Rivas (Org.). *Economia e valoração de serviços ambientais utilizando técnicas de preferências declaradas*. – Manaus: EDUA, 2014, 304 pp.

CAMARGO, S.A.F., PETRERE, M. Análise de risco aplicada ao manejo precaucionário das pescarias artesanais na região do Reservatório da UHE-Tucuruí (Pará-Brasil). *Acta Amazonica*, v. 34, n. 3, p. 473–485, 2004.

CAÑAS, A.R.P.A.; FARIA, I.F.; DUTRA, R.L.C.; COELHO, A.A.; MULLER, T.M. Conflitos Silenciosos: Formas de Apropriação e Uso do Território pela Pesca Amadora no Lago de Balbina, Presidente Figueiredo-AM. In: Ivani Ferreira de Faria. (Org.). *Geopolítica ambiental: a produção do território no estado do Amazonas*. 1ed. São Paulo: Annablume, 2015, v. 1, p. 149-167.

CASTELLO, L.; PINEDO-VASQUEZ, M.; VIANA, J.P. Participatory conservation and local knowledge in the Amazon várzea: the pirarucu management scheme in Mamirauá. In: PINEDO-VASQUEZ, M., RUFFINO, M., PADOCH, C. J. BRONDÍZIO, E. S. (eds). *The Amazon Várzea: The Decade Past and The Decade Ahead*, pp. 261–276. New York: Springer-Verlag, 2011.

d'ARMENGOLA, L.; CASTILLOA, M.P.; RUIZ-MALLÉNA, I.; CORBERA, E. A systematic review of co-managed small-scale fisheries: Social diversity and adaptive management improve outcomes, *Global Environmental Change*, v. 52, p. 212-225, 2018.

DORIA, C.R.C.; ATHAYDE, S.; MARQUES, E.E.; LIMA, M.A.L.; DUTKA-GIANELLI, J.; RUFFINO, M.L.; KAPLAN, D.; FREITAS, C.E.C.; ISAAC, V.N. The invisibility of fisheries in the process of hydropower development across the Amazon. *Ambio*, p. 1-13, 2017.

DUDGEON, D.; ARTHINGTON, A.H.; GESSNER, M.O.; KAWABATA, Z.I.; KNOWLER, D.J.; LEVEQUE, C.; NAIMAN, R.J.; PRIEUR-RICHARD, A.H.; SOTO, D.; STIASSNY, M.L.J.; SULLIVAN, C.A. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.*, v. 81, p. 163–182, 2006.

DUGAN, P.; DELAPORTE, A.; ANDREW, N.; O'KEEFE, M.; WELCOMME, R.L. *Blue Harvest: Inland Fisheries as an Ecosystem Service*. UNEP, World Fish Center, Penang, Malaysia, 68 pp., 2010a.

DUGAN, P.J.; BARLOW, C.; AGOSTINHO, A.A.; BARAN, E.; CADA, G.F.; CHEN D.; COWX, I.G.; FERGUSON, J.W.; JUTAGATE, T.; MALLÉN-COOPER, M.; MARMULLA, G.; NESTLER, J.; PETRERE, M.; WELCOMME, R.L.; WINEMILLER K.O. Fish migration, dams, and loss of ecosystem services in the Mekong Basin. *AMBIO*, v. 39, n. 4, p. 344–348, 2010b.

FAO, 2018. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. FAO, Rome, Italy. Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

FEARNSIDE, P. Emissions from tropical hydropower and the IPCC. *Environ. Sci. Policy*, v. 50, p. 225–239, 2015.

FORSBERG, B.R. et al. The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems. *PLoS ONE* 12, e0182254, 2017.

FOSCHIERA, A.A.; PEREIRA, A.D. Pescadores do Rio Tocantins: perfil socioeconômico dos integrantes da colônia de pescadores de Porto Nacional (TO). *Revista Interface*, n.7, p. 93-105, 2014.

FRANÇA, A.M.S.; GALLOTTI, T.F.; NOVO, E.M.L.M. A dinâmica do pulso de inundação: aplicações de sensoriamento remoto na estimativa da área de expansão dos sistemas lacustres da planície aluvial do rio Amazonas. In: *XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, São Paulo: Anais do SBGFA, pp. 2742–2750, 2005.

FREITAS, C.E.C.; RIVAS, A.A.F. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Ocidental. *Ciência e Cultura* [online], v. 58, n. 3, p. 30–32, 2006.

- FREITAS, C.E.C.; RIVAS, A.A.F.; NASCIMENTO, F.A.; SIQUEIRA-SOUZA, F.K.; SANTOS, I.L.A. The effects of sport fishing growth on behavior of commercial fishermen in Balbina reservoir, Amazon, Brazil. *Environment, Development and Sustainability*, v. 10, p. 157-165, 2006.
- GRANT, W.E. *Systems analysis and simulation in wildlife and fisheries sciences*. Wiley, N.Y. Hall, C.A.S. 1988. An assessment of several of the historically most influential theoretical models used in ecology and of the data provided in theory support. *Ecol. Modelling*, v. 43, p. 4-31, 1986.
- GROSS, M. A global megadamm mania. *Curr. Biol.*, v. 26, p. 779–782, 2016.
- GUTBERLET, J.; SEIXAS, C.S.; THÉ, A.P.G; CAROLSFELD, J. Resource conflicts: challenges to fisheries management in the São Francisco River, Brazil. *Human Ecology*, v.35, p. 623-638, 2007.
- HALLS, A.; KSHATRIYA, M. Modeling the cumulative barrier and passage effects of mainstream hydropower dams on migratory fish populations in the lower Mekong Basin. Technical Rep. No. 31, Vientiane, Lao PDR: Mekong River Commission, 2009.
- HALLWASS, G.; SILVANO, R.A.M. Patterns of selectiveness in the Amazonian freshwater fisheries: implications for management. *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 59, n. 9, p. 1537-1559, 2016.
- HARRISON, I.; ABELL, R.; DARWALL, W.; THIEME, M.L; TICKNER, D.; TIMBOE, I. The freshwater biodiversity crisis. *Science*, v. 362, n. 6421, p. 1369, 2018.
- HENNIG, T. Damming the transnational Ayeyarwady basin. *Hydropower and the water-energy nexus. Renew. Sustain. Energy Rev.*, v. 65, p. 1232–1246, 2016.
- HENNIG, T.; MAGEE, D. Comment on ‘An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. *Environ. Res. Lett.*, v. 12, 038001, 2017.
- HO, N.T.T.; ROSS, H.; COUTTS, J. Evaluation of social and ecological outcomes of fisheries co-management in Tam Giang Lagoon, Vietnam. *Fisheries Research*, v. 174, p. 151-159, 2016.
- HORIE et al. Participação social na gestão dos recursos pesqueiros: 10 anos de ordenamento da pesca do tucunaré *Cichla* spp. (Perciformes: Cichlidae) no reservatório da hidrelétrica de Balbina, Amazonas, Brasil. *Anais... CBUC*, 2015, v. 8.12 pp.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. Monitoramento do Desembarque Pesqueiro no reservatório de Balbina, 2017. Programa de Conhecimento da Reserva Biológica do Uatumã - AM, Relatório n. 6, Presidente Figueiredo, Amazonas, 40 pp.
- INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL – ISA. Atlas dos impactos da UHE Belo Monte sobre a pesca. Capítulo III: A pesca depois de Belo Monte – As remoções compulsórias. Org: Ana De Francesco e Cristiane Carneiro. São Paulo: Instituto Socioambiental, 65 pp., 2015.

INOMATA, S.O.; FREITAS, C.E.C. Caracterização da frota pesqueira de Coari, Médio Rio Solimões (Amazonas-Brasil). *Revista Agrogeoambiental*, v. 3, n. 1, p. 65-70, 2011.

INOMATA, S.O., FREITAS, C.E.C. Fish landings in Barcelos, in the Middle Negro River Region, Amazonas. In: Miralles-Garcia, J.L., Brebbia, C.A. (Eds.), *Ecosystems and Sustainable Development*, 90, 1 ed. WIT Press, USA, pp. 67-76, 2015.

INOMATA, S.O.; ORELLANA-GONZALEZ, A.M.G.; ROMÁN, R.M.S.; SOUZA, L.A.; FREITAS, C.E.C. Sustainability of small-scale fisheries in the middle Negro River (Amazonas – Brazil): A model with operational and biological variables. *Ecological Modelling*, v. 368, p. 312–320, 2018.

ISAAC, V.J.; SILVA, C.O.; RUFFINO, M.L. The artisanal fishery fleet of the lower Amazon. *Fisheries Management and Ecology*, v. 15, n. 3, p. 179-187, 2008.

ISAAC, V.J.; ALMEIDA, M.C.; GIARRIZZO, T.; DEUS, C.P.; VALE, R.; KLEIN, G.; BEGOSSI, A. Food consumption as an indicator of the conservation of natural resources in riverine communities of the Brazilian Amazon. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 87, n. 4, p. 2229-2242, 2015.

JØRGENSEN, S.E. *Fundamentals of ecological modelling*. 2 ed. Elsevier - Amsterdam. 628pp., 1994.

JUNK, W.J., SOARES, M.G.M.; BAYLEY, P.B. Freshwater fishes of the Amazon River basin: their biodiversity, fisheries, and habitats. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, v. 10, n. 2, pp. 153-173, 2007.

KAHN, J.R., FREITAS, C.E.; PETRERE, M. False shades of green: The case of Brazilian Amazonian hydropower. *Energies*, v. 7, p. 6063-6082, 2014.

KANO, Y.; DUDGEON, D.; NAM, S.; SAMEJIMA, H.; WATANABE, K.; GRUDPAN, C.; et al. Impacts of Dams and Global Warming on Fish Biodiversity in the Indo-Burma Hotspot. *PLoS ONE*, v. 11, n. 8: e0160151, 2016.

KAREIVA, P.M. Dam choice: analyses for multiple needs. *Proc. Natl Acad. Sci.*, v. 109, p. 5553–5554, 2012.

LATRUBESSE, E. M. et al. Damming the rivers of the Amazon Basin. *Nature*, v. 546, p. 363–369, 2017.

LOPES, G.C.S.; SOUZA, L.A.; INOMATA, S.O. Modelagem das inter-relações entre a pesca e o regime fluvial no rio Purus, Am. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 10, n. 2, p. 94-112, 2017.

LYNCH, A.J.; COOKE, S.J.; DEINES, A.; BOWER, S.; BUNNELL, D.B.; COWX, I.G.; NGUYEN, V.M.; NONHER, J.; PHOUTHAVONG, K.; RILEY, B.; ROGERS, M.W.; TAYLOR, W.W.; WOELMER, W.; YOUN, S.J.; BEARD JR., T.D. The social, economic, and ecological importance of inland fishes and fisheries. *Environ. Rev.*, v. 24, p. 115–121, 2016.

MAGRIN, J.A., et al. Central and South America. *Climate Change 2014—Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects*, ed Field CB (Cambridge Univ Press, Cambridge, UK), p. 1499–1566, 2014.

MALHI, Y.; ROBERTS, J.; BETTS, R.; KILLEEN, T.; LI, W.; NOBRE, C. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon, *Science*, v. 319, p. 169–172, 2008.

MARENGO, J.A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2007.

MARENGO, J.A.; CHOU, S.C.; BETTS, R.; KAY, G.; ALVES, L.M.; TORRES, R.; SANTOS, D.; LYRA, A.A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D.J.; GOMES, J.L.; BUSTAMENTE, J.F.; TAVARES, P. Development of regional climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: Part 1. *Climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Parana River Basins. Climate Dynamics*, 1. Springer-Verlag, p. 1–20, 2011.

McINTYRE, P. B., C. A. REIDY LIERMANN; C. REVENGA. Linking freshwater fishery management to global food security and biodiversity conservation. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, v. 113, n. 45, p. 12880–12885, 2016.

MORAN, E.F.; M.C. LOPEZ, N. MOORE, N. MÜLLER, D.W. HYNDMAN. Sustainable hydropower in the 21st century. *PNAS*, p. 1-8, 2018.

NASCIMENTO, S.C.B.; SOUZA, L.A. FALCÃO, W.O. Modelagem da produção oriunda da piscicultura e da pesca comercial artesanal no município de Manaus, Amazonas. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 11, n. 2, p. 44-56, 2019.

OVIEDO, A.F.P.; BURSZTYN, M. The fortune of the commons: Participatory evaluation of small-scale fisheries in the Brazilian Amazon. *Environmental Management*, v. 57, 1009-1023, 2016.

PAULY, D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES*, v. 39, n. 2, p. 175–192, 1980.

PETREIRE, M. Pesca e esforço de pesca no estado do Amazonas. II—Locais e aparelhos de captura e estatística de desembarque. *Acta Amazonica*, v. 8, n. 2, p. 1–54, 1978.

PETREIRE, M.; RIBEIRO, M.C.L.B. The impact of a large tropical hydroelectric dam: The case of Tucuruí in the middle river Tocantins. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 5, p. 123–133, 1994.

PETREIRE, M. Fisheries in large tropical reservoirs in South America. *Lake & Reservoirs: Research and Management*, v. 2, p. 111–133, 1996.

PIMAN, T.; COCHRANE, T.A.; ARIAS, M.E.; DAT, N.D.; VONNARART, O. Managing Hydropower under Climate Change in the Mekong Tributaries. Chapter 11 in S. Shrestha et al. (Ed.), *Managing Water Resources under Climate Uncertainty: Examples from Asia*,

Europe, Latin America, and Australia, In Press, Springer, 2014.

RÄSÄNEN, T. A.; VARIS, O.; SCHERER, L.; KUMMU, M. Greenhouse gas emissions of hydropower in the Mekong River basin. *Environ. Res. Lett.*, v. 13, 034030, 2018.

SANTOS, G.M.; OLIVEIRA Jr., A.B. A pesca no reservatório da hidrelétrica de Balbina (Amazonas, Brasil). *Acta Amazônica*, Manaus, v. 29, n. 1, p. 145-163, 1999.

SANTOS, R.E.; PINTO-COELHO, R.M.; FONSECA, R.; SIMÕES, N.R.; ZANCHI, F.B. The decline of fisheries on the Madeira River, Brazil: The high cost of the hydroelectric dams in the Amazon Basin. *Fisheries Management and Ecology*, v. 25, n. 5, p. 380-391, 2018.

SILVA-JÚNIOR, U.L.; RASEIRA, M.B.; RUFFINO, M.L.; BATISTA, V.S.; LEITE, R.G. Estimativas do tamanho do estoque de algumas espécies de peixes comerciais da Amazônia a partir de dados de captura e esforço. *Biodiversidade Brasileira*, v. 7, n. 1, p. 105–121, 2017.

SOUZA, L.A., FREITAS, C.E.C. Fishing sustainability via inclusion of man in predator-prey models: a case study in Lago Preto, Manacapuru, Amazonas. *Ecol. Modell.*, v. 221, p. 703–712, 2010.

VELDKAMP, T.I.E. et al. Water scarcity hotspots travel downstream due to human interventions in the 20th and 21st century. *Nat. Commun.*, v. 8, 15697, 2017.

VERHULST, P.F. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. *Correspondence Mathematique et Physique*, v. 10, p. 113–121, 1838.

WILD, T.B.; LOUCKS, D.P. Mitigating dam conflicts in the Mekong River Basin. In: *Conflict resolution in water resources and environmental management*, edited by HIPEL, K.W. FANG, L.; CULLMANN, J.; BRISTOW, M. p. 25–48. Cham, Switzerland: Springer, 2015.

WINEMILLER, K.O., MCINTYRE, P.B.; CASTELLO, L.; FLUET-CHOUINARD, E.; GIARRIZZO, T.; NAM, S.; BAIRD, I.G.; DARWALL, W. et al. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science American Association for the Advancement of Science*, v. 351, p. 128-129, 2016.

WORLD WILDLIFE FOUNDATION – WWF. *Living Planet Report—2018: Aiming Higher*, 75pp.

YOUN, S.; TAYLOR, W.W.; LYNCH, A.J.; COWX, I.G.; BEARD, T.D.; BARTLEY, D.; WU, F. Inland capture fishery contributions to global food security and threats to their future. *Glob. Food Secur.*, v. 3, p. 142–148, 2014.

ZARFL, C.; LUMSDON, A.E.; BERLEKAMP, J.; TYDECKS, L.; TOCKNER, K. A global boom in hydropower dam construction. *Aquat. Sci.*, v. 77, p. 161–171, 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Esta tese analisou o panorama atual da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no reservatório da UHE de Balbina, através da caracterização e análise dos aspectos estruturais e socioeconômicos e modelagem ecossistêmica da atividade. Visando futuramente servir de subsídio para outros estudos, bem como estabelecer um modelo alternativo para estimar o que pode vir a ocorrer com a pesca e, dessa forma, contribuir para resolução de problemas de manejo pesqueiro nessa região. Contudo, utilizamos os resultados obtidos nos capítulos I, II e III para desenvolver e alimentar um modelo de simulação ecossistêmica no capítulo IV e, assim, responder a hipótese central desta tese: **a forma de exploração do estoque de tucunaré *Cichla vazzoleri*, realizada pela frota comercial, no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Balbina não proporciona a sustentabilidade ecológica e econômica a médio e longo prazo.**

No primeiro capítulo, identificamos que os pescadores comerciais utilizavam embarcações de pequeno porte, que eles eram os proprietários dessas embarcações, dos apetrechos e os próprios financiadores das pescarias. Além do mais, observou-se que a complementação de renda foi muito importante, pois os rendimentos provenientes apenas das pescarias se mostraram baixos e variáveis, estavam sujeitos ao comportamento sazonal do nível do reservatório e a fixação do preço de comercialização estabelecido pelos atravessadores. Devido as dificuldades encontradas, principalmente por conta do preço baixo, alguns pescadores não realizaram a pesca nos últimos anos. Esta situação deve receber devida atenção, pois, se as dificuldades permanecerem, elas se tornarão cada vez mais preocupantes. Possivelmente, alguns pescadores podem acabar por explorar áreas proibidas e protegidas por lei, visando o incremento das capturas e do lucro. Ademais, tanto a UHE como as entidades presentes na região não são suficientes para absorver toda a mão de obra local. A perspectiva é que os resultados possam proporcionar aos gestores da atividade medidas de manejo mais eficazes, que abordem os aspectos socioeconômicos tanto das comunidades do Rumo Certo quanto da vila de Balbina, e que levem em consideração a participação dos pescadores, bem como uma reflexão quanto as reivindicações feitas por eles.

No segundo capítulo, trouxemos informações relevantes sobre a implementação do segundo e atual acordo de pesca de Balbina, pois não havia informações de como os pescadores percebem essa estratégia de manejo. O que é fundamental para o pescador estar

satisfeito com o acordo e respeitar as regras estabelecidas? O resultado do modelo empírico de regressão logística identificou que, de todas as variáveis analisadas apenas a variável outra atividade econômica foi significativa, revelando que um pescador que não dependia exclusivamente da pesca tinha uma chance 4,5 maior de estar satisfeito com o acordo. Isso demonstra a importância da diversificação das fontes de renda dos pescadores e que deve ser considerada pelos gestores, pois, os pescadores que desenvolvem atividades complementares tendem a dividir seu tempo entre elas, o que reduz a pressão de pesca, garante alternativa de subsistência nos períodos críticos, além de facilitar o respeito as regras estabelecidas. Como perspectivas, esperamos que os resultados ajudem a fortalecer o nível de confiança entre os pescadores e instituições, que possam estimular os pescadores que ainda não participam do processo, e que sejam viabilizadas políticas de melhoria de renda, para que mais pescadores se tornem satisfeitos com o acordo.

No terceiro artigo, os resultados dos modelos empíricos de regressão múltipla mostraram como as diferentes variáveis socioeconômicas podem influenciar a captura, os custos e, conseqüentemente, os lucros dos pescadores. Destacando novamente o quanto é essencial a implementação de estratégias de diversificação de renda para lidar com as flutuações do lucro, uma vez que, a pesca única e exclusiva do tucunaré *Cichla vazzoleri* não foi economicamente viável durante a seca. Uma alternativa seria qualificar os pescadores como guia turísticos para a pesca esportiva. As entidades de classe poderiam oferecer treinamento para os pescadores, assim, além de contribuir para a melhoria dos rendimentos deles, isso proporcionaria assistência profissional aos turistas. Como perspectiva, esperamos que sejam realizados mais estudos que possibilitem o conhecimento da economia da pesca; por exemplo, poderia ser implementado um programa de acompanhamento contínuo da situação socioeconômica e produção dos pescadores, através do controle dos custos e receita, em conjunto com os resultados de estudos de avaliação dos estoques, poderiam ser realizadas análises bioeconômicas.

No último artigo, avaliamos a sustentabilidade ecológica e econômica da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri*. Identificamos que a maneira como a pesca comercial vem sendo realizada em Balbina, se mostrou sustentável ecologicamente, porém pareceu não ser viável economicamente, particularmente, no período de seca, devido a baixa disponibilidade de peixes nesse período. O cenário I se mostrou economicamente sustentável,

porém essa simulação seria ecologicamente inadequada, em virtude de eliminar o acordo de pesca. O cenário II teve pouca diferença em relação ao *Business as Usual (BaU)*, portanto, proibir totalmente a pesca não se mostrou a melhor alternativa. Contudo, consideramos que a pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri*, como vem sendo realizada, é o cenário mais otimista, que pode continuar sendo sustentável ecologicamente e poderá ser sustentável economicamente a médio e longo prazo, devido aos resultados positivos que o acordo de pesca vem apresentando. Portanto, a estratégia de manejo vigente deve continuar sendo respeitada, mas, para que isso ocorra, é extremamente importante que fontes alternativas de renda sejam disponibilizadas. A perspectiva é que os resultados dos cenários sejam úteis para a adoção de medidas de gestão visando à sustentabilidade ecológica, econômica e social da atividade e que o modelo de gestão alternativo venha a ser utilizado em outras localidades.

ANEXOS

Anexo I: Questionário para coleta de dados sobre caracterização da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no reservatório da UHE Balbina, Amazonas

Nº _____

Data: ___/___/___

Caracterização socioeconômica da pesca comercial do tucunaré *Cichla vazzoleri* no Reservatório da Hidrelétrica de Balbina

Entrevistado: _____ Idade: ___ Sexo: () M () F
 Estado Civil: () solteiro () casado () união consensual () viúvo () separado
 Escolaridade: () analfabeto () alfabetizado () 1ª a 4ª série () 5ª a 8ª série () ensino médio completo () ensino médio incompleto () outro _____ Tempo de pesca: ___ () Associado à COLPESCA? () Ao SINDPESCA
 Quanto tempo? ___ Recebe seguro defeso? () Não () Sim, há quanto tempo? _____
 Recebe algum auxílio do governo? () Não () Sim, qual? _____
 Qual periodicidade? _____ Qual o valor? _____

1) Características físicas da embarcação e capacidade de pesca

Tipo: () canoa a remo () canoa motorizada () barco pesqueiro () outro: _____
 Material do casco: () tábuas () alumínio () fibra () outro _____
 Comprimento: total _____m boca _____m pontal _____m
 Motor: marca _____ potência _____ HP combustível: () diesel () gasolina
 Motor foi () financiando ou () doado? () Não () Sim, por quem? _____
 Caixa de gelo: () Não () Sim Dimensão: ___x___x___m Isopor: ___ quant_Kg
 Capacidade: pescado _____Kg gelo _____Kg carga _____Kg Tripulantes: _____
 Canoas auxiliares: () casco () alumínio () outros: _____
 Quantidade: _____ () a remo () motorizada

2) Características das pescarias

Cheia	Seca
1. Quais são os locais de pesca e captura do tucunaré <i>Cichla vazzoleri</i> ?	
2. Quanto tempo gasta para chegar em cada área? Quanto tempo gasta para retornar de cada área?	
3. Quantos dias pescando? Quantas horas por dia?	
4. Quantas pescarias na semana?	
5. Quantos pescadores?	

6. Quais apetrechos são utilizados para capturar o tucunaré? Quantos apetrechos possui?	
8. Quantos kg de tucunaré são capturados?	
10. Qual o preço médio de comercialização do tucunaré por unidade (kg)?	
11. Qual o destino do pescado?	
12. Qual a renda média por pescaria?	

3) Custos fixos

Realiza manutenção nos apetrechos? Não Sim
 Quais apetrechos? Qual periodicidade? Qual o valor?

Realiza manutenção na embarcação? Não Sim
 Que tipo de manutenção? Qual periodicidade? Qual o valor?
 calafeto _____
 pintura _____
 outros _____

Paga taxa à entidade de classe a qual é filiado? Não Sim
 Qual periodicidade? _____ Qual o valor? _____

4) Custos variáveis por período de pesca

Cheia				
Itens	Quantidade	R\$	Consumido	Financiamento (quem)?
Diesel				
Gasolina				
Óleo				
Gás				
Gelo				
Rancho	-		-	
Adiantamento	-		-	
Seca				
Itens	Quantidade	R\$	Consumido	Financiamento (quem)?
Diesel				
Gasolina				

Óleo				
Gás				
Gelo				
Rancho	-		-	
Adiantamento	-		-	

5) Custos da atividade da frota

Descrição	Quantos?	Investimento (R\$)
Apetrechos		
Canoas auxiliares		
Motor rabeta		

6) Dificuldades para o desempenho da atividade

- () Falta de recursos financeiros (linhas de crédito)
- () Falta de apoio governamental (assistência técnica)
- () Escoamento da produção
- () Falta de compradores (acesso ao mercado)
- () Atuação de atravessadores
- () Preço baixo - lucro reduzido
- () Falta de tecnologia
- () Inexistência de políticas públicas (subsídios)
- () Outros _____

7) Benefícios no desempenho da atividade:

8) Sugestões de melhorias:

9) Observações:

Anexo II: Questionário para coleta de dados sobre a percepção dos pescadores comerciais em relação ao acordo de pesca vigente no lago do reservatório da UHE Balbina, Amazonas

Nº _____

Data: ___/___/___

ACORDO DE PESCA NO RESERVATÓRIO DA HIDRELÉTRICA DE BALBINA

Percepção dos Pescadores

Entrevistado (a): _____ Idade: _____

Sexo: () Masculino () Feminino () Alfabetizado () Não alfabetizado

Associado à COLPESCA? () SINDPESCA () Há quanto tempo? _____

Localidade: _____ Tempo de moradia: _____

Proprietário da embarcação? () Sim () Não

Desenvolve outra atividade? () Não () Sim, qual? _____

1) Você sabe o que é o Acordo de Pesca? () Não () Sim, defina:

2) Como você tomou conhecimento do Acordo de Pesca?

3) Você foi favorável à implementação do Acordo de Pesca? () Sim () Não

4) Você está satisfeito com o Acordo de Pesca? () Sim () Não

5) Você notou mudanças após a implementação do Acordo de Pesca? () Não () Sim, quais?

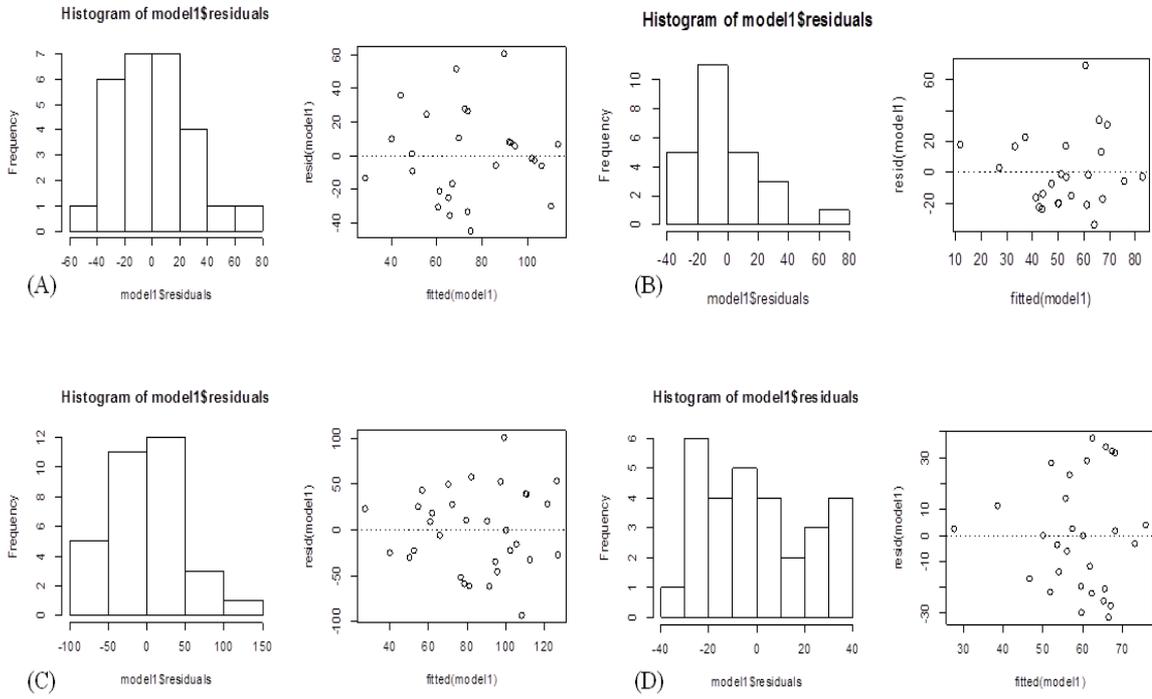
() aumento no tamanho dos peixes

() aumento da quantidade de peixes

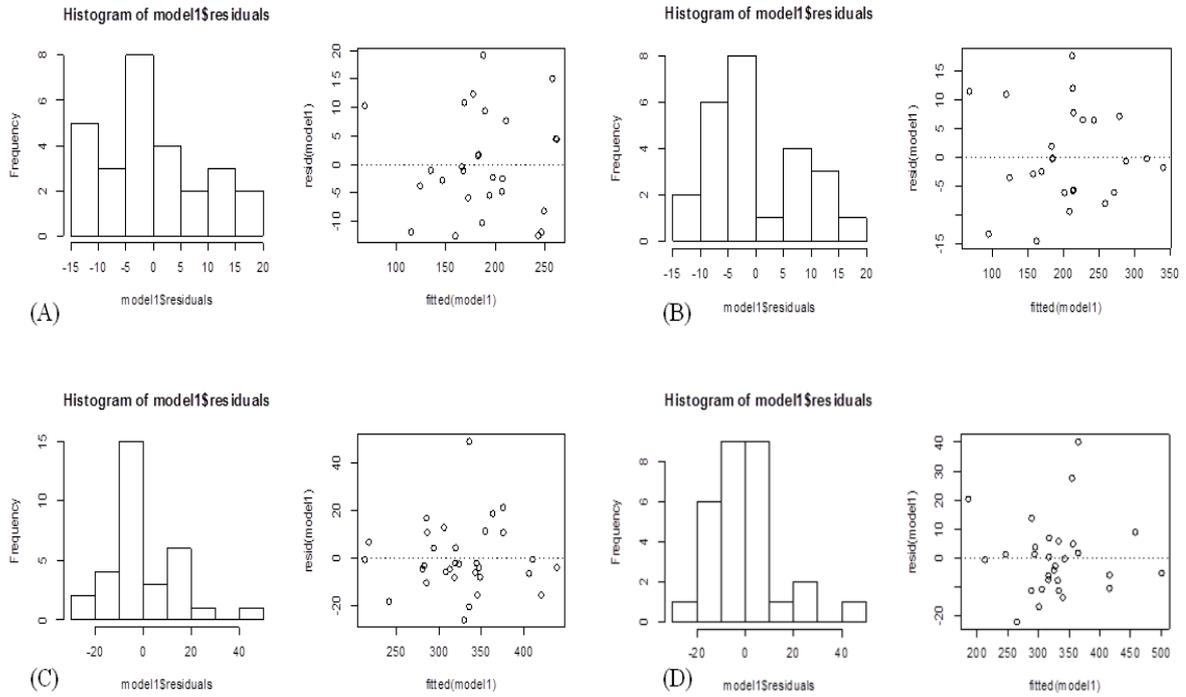
() outras _____

6) O que pode melhorar?

Anexo III: Gráficos de normalidade e homocedasticidade dos modelos de captura do Rumo Certo, cheia (A) e seca (B), e Balbina, cheia (C) e seca (D)



Gráficos de normalidade e homocedasticidade dos modelos de custos do Rumo Certo, cheia (A) e seca (B), e Balbina, cheia (C) e seca (D)



Anexo IV: Equações resultantes do modelo SPCB geradas pelo software STELLA® 9.0

$$\text{ESTOQUE_PESQUEIRO}(t) = \text{ESTOQUE_PESQUEIRO}(t - dt) + (\text{REPOSIÇÃO} - \text{MORTALIDADE_NATURAL} - \text{CAPTURA}) * dt$$

$$\text{INIT ESTOQUE_PESQUEIRO} = 1180600$$

INFLOWS:

$$\text{REPOSIÇÃO} = \text{TAXA_DE_REPOSIÇÃO} * \text{ESTOQUE_PESQUEIRO} * (1 - (\text{ESTOQUE_PESQUEIRO} / \text{CAPACIDADE_DE_SUPORTE}))$$

OUTFLOWS:

$$\text{MORTALIDADE_NATURAL} = \text{ESTOQUE_PESQUEIRO} * \text{TAXA_DE_MORTALIDADE_NATURAL}$$

$$\text{CAPTURA} = \text{PESCADORES} * \text{ESFORÇO_PESQUEIRO}$$

$$\text{PESCADORES}(t) = \text{PESCADORES}(t - dt) + (\text{ENTRADA_E_SAÍDA_DE_PESCADORES}) * dt$$

$$\text{INIT PESCADORES} = 112$$

INFLOWS:

$$\text{ENTRADA_E_SAÍDA_DE_PESCADORES} = \text{GRAPH}(\text{NÍVEL_DO_RESERVATÓRIO})$$

(45.7, 0.00), (46.1, 0.00), (46.5, 78.0), (46.9, 83.1), (47.3, 87.3), (47.7, 93.0), (48.1, 97.2), (48.4, 103), (48.8, 108), (49.2, 112), (49.6, 0.00), (50.0, 0.00)

$$\text{PRODUÇÃO}(t) = \text{PRODUÇÃO}(t - dt) + (\text{CAPTURA} - \text{VENDA}) * dt$$

$$\text{INIT PRODUÇÃO} = 31900$$

INFLOWS:

$$\text{CAPTURA} = \text{PESCADORES} * \text{ESFORÇO_PESQUEIRO}$$

OUTFLOWS:

$$\text{VENDA} = \text{PRODUÇÃO}$$

$$\text{CAPACIDADE_DE_SUPORTE} = 26128657$$

$$\text{CUSTOS_FIXOS} = 1959.86$$

$$\text{CUSTOS_TOTAIS} = \text{CUSTOS_FIXOS} + \text{CUSTOS_VARIÁVEIS}$$

$$\text{LUCRO} = \text{RECEITA} - \text{CUSTOS_TOTAIS}$$

$$\text{NÍVEL_DO_RESERVATÓRIO} = -\text{SINWAVE}(2.16, 12) + 2.16 + 45.70$$

$$\text{PRECIPITAÇÃO} = -\text{SINWAVE}(110, 12) + 110 + 98$$

$$\text{RECEITA} = \text{VENDA} * \text{PREÇO}$$

$$\text{CUSTOS_VARIÁVEIS} = \text{GRAPH}(\text{NÍVEL_DO_RESERVATÓRIO})$$

(45.7, 0.00), (46.1, 0.00), (46.5, 977), (46.9, 971), (47.3, 966), (47.7, 961), (48.1, 956), (48.4, 951), (48.8, 946), (49.2, 942), (49.6, 0.00), (50.0, 0.00)

ESFORÇO_PESQUEIRO = GRAPH(NÍVEL_DO_RESERVATÓRIO)

(45.7, 0.00), (46.1, 0.00), (46.5, 7.70), (46.9, 7.53), (47.3, 7.36), (47.7, 7.18), (48.1, 7.03), (48.4, 6.86), (48.8, 6.73), (49.2, 6.60), (49.6, 0.00), (50.0, 0.00)

PREÇO = GRAPH(NÍVEL_DO_RESERVATÓRIO)

(45.7, 0.00), (46.1, 0.00), (46.5, 4.50), (46.9, 4.60), (47.3, 4.69), (47.7, 4.79), (48.1, 4.89), (48.4, 4.98), (48.8, 5.06), (49.2, 5.12), (49.6, 0.00), (50.0, 0.00)

TAXA_DE_MORTALIDADE_NATURAL = GRAPH(NÍVEL_DO_RESERVATÓRIO)

(45.7, 0.073), (46.1, 0.0686), (46.5, 0.0645), (46.9, 0.0594), (47.3, 0.0533), (47.7, 0.0472), (48.1, 0.0397), (48.4, 0.0329), (48.8, 0.0285), (49.2, 0.022), (49.6, 0.0162), (50.0, 0.01)

TAXA_DE_REPOSIÇÃO = GRAPH(PRECIPITAÇÃO)

(98.0, 0.01), (118, 0.08), (138, 0.175), (158, 0.245), (178, 0.33), (198, 0.43), (218, 0.51), (238, 0.6), (258, 0.715), (278, 0.805), (298, 0.9), (318, 1.00)