

MODELAGEM DAS INTER-RELAÇÕES ENTRE A PESCA E O REGIME FLUVIAL NO RIO PURUS, AMGiulia Cristina dos Santos LOPES^{1*}; Lucirene Aguiar de SOUZA² & Sandrelly Oliveira INOMATA²¹Programa de Pós-graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)²Departamento de Ciências Pesqueiras, Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

*email: giulia.lps@live.com

Recebido em 29/08/2017

Resumo - A pesca comercial possui elevada importância para as populações residentes no Estado do Amazonas, porém nos últimos anos, a Amazônia tem sofrido com as oscilações atípicas no nível do rio, ocorrendo secas e cheias extremas, que interferem no ciclo de vida dos peixes e, conseqüentemente, na pesca. Este estudo teve como objetivo compreender as relações do regime fluvial do rio Purus com a pesca comercial e simular efeitos atípicos no nível deste rio. Foi realizado um levantamento de dados secundários referentes ao nível do rio Purus e a pesca comercial nesse ambiente e, posteriormente, as informações adquiridas alimentaram o modelo construído no software Stella versão 8.0. Cada variável foi representada por um símbolo, no qual foram inseridas as relações funcionais, que consistiram em constantes, parâmetros, equações matemáticas determinísticas, gráficas e lógicas. Foram simulados dois cenários: i) com variações do nível do rio consideradas normais. No qual, os resultados mostraram que houve a influência direta do regime fluvial na atividade pesqueira, dessa forma, as alterações que podem ocorrer causam impacto sobre a pesca; ii) com variações atípicas no nível do rio. Neste, foi observado um elevado aumento e oscilação do esforço pesqueiro. A comparação entre os dois cenários mostrou que, possivelmente, o aumento de oscilações atípicas no regime fluvial prejudicará os pescadores e os consumidores de pescado.

Palavras-Chave: Pesca interior, Alterações ambientais, Amazônia

MODELING OF INTER-RELATIONS BETWEEN THE FISHING AND THE FLUVIAL REGIME IN THE PURUS RIVER, AM

Abstract - The commercial fishing is great importance for the populations resident in the Amazonas state, but in the last years, the Amazon has suffered as the atypical oscillations occurring extreme droughts and floods that interfere in the life cycle of fish and consequently in fishing. The objective of this study was to understand the relationship between the fluvial regime of the Purus river and the commercial fishery and to simulate atypical effects at the river level. A survey of secondary data regarding the Purus river level and commercial fishing in this environment was carried out, and after, the information acquired fed the model built in Stella software version 8.0. Each variable was represented by a symbol, where the functional relations consisted of constants, parameters, mathematical deterministic, graphical and logical equations were inserted. Two scenarios were simulated: i) with variations of the river level considered normal. In which, the results showed that there was a direct influence of the fluvial regime on the fishing activity, in this way changes that can occur, have an impact on the fishery; ii) with atypical variations at river level. In this, a high increase and oscillation of the fishing effort was observed. Comparison between the two scenarios showed that possibly, the increase of atypical oscillations at the fluvial regime will harm fishermen and consumers of fish.

Keywords: Inland commercial fisheries, Environmental changes, Amazon

INTRODUÇÃO

As pescarias realizadas na Amazônia merecem destaque em relação às demais regiões do Brasil devido à diversidade de espécies exploradas, quantidade de pescado capturado e a elevada participação das populações ribeirinhas na atividade (RUFFINO, 2005). Entre as modalidades de pesca existentes na região, a pesca comercial multiespecífica (FREITAS & RIVAS 2006) é voltada para o abastecimento dos centros urbanos e tem influência direta do pulso de inundação (BARTHEM & FABRÉ, 2004), que origina e controla a produtividade e o fluxo de energia dos ecossistemas aquáticos tropicais (JUNK, 1989).

Nos últimos anos, essa região tem sofrido com as oscilações atípicas no nível do rio, ocorrendo secas e cheias extremas (AMBRIZZI et al., 2007). Essas alterações têm sido atribuídas aos efeitos das mudanças climáticas (Marengo et al., 2011) e podem interferir no ciclo de vida dos peixes, na pesca e, conseqüentemente, nos pescadores e ribeirinhos, que sobrevivem desta atividade (FREITAS, 2016; RAMOS, 2016).

O rio Purus é considerado um dos mais produtivos (PETRERE JR., 1985). A importância deste rio nos desembarques de Manaus remonta décadas passadas, quando o mesmo, no período de 1976 a 1998, chegou a triplicar sua contribuição nos desembarques, passando de 15,7% para 49,3% (FREITAS & RIVAS, 2006). Na região do Alto Purus, a pesca tem um papel importante para as famílias que vivem às margens do rio e seus afluentes, a atividade é praticada o ano todo e a frota pesqueira é composta por canoas e barcos motorizados (ALMEIDA, AMARAL, RIVERO & SILVA, 2012).

Entretanto, ainda que tenha sido recomendado, que tanto o Purus quanto o Solimões devem ser prioritários nos estudos bioecológicos e de avaliação de impactos das ações antrópicas sobre os recursos pesqueiros (CARDOSO, BATISTA, JÚNIOR & MARTINS, 2004), poucos estudos foram realizados. Estes se restringem aos da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Piagaçu-Purus (BATISTA, 2006; CARDOSO, 2008); do Alto Purus (OVIEDO, 2006); da caracterização do pescador e a frota pesqueira dos municípios de Manuel Urbano, Sena Madureira e Boca do Acre (ALMEIDA, AMARAL, RIVERO & SILVA, 2012) e; do estudo que caracterizou as pescarias desembarcadas em cinco municípios do Amazonas, incluindo Boca do Acre (LOPES, CATARINO, LIMA & FREITAS, 2016).

De acordo com Souza & Freitas (2009), a análise da interação entre o nível do rio e a pesca é importante para a obtenção de previsões mais realistas sobre a pesca na Amazônia, o que pode ser feito por meio de técnicas de modelagem. A modelagem ecossistêmica tem grande utilidade na

avaliação dos processos de degradação do ambiente devido a sua habilidade em fazer previsões, identificar necessidades de pesquisas adicionais e empregar uma grande quantidade de dados provenientes de diferentes setores do sistema, permitindo a inserção das inter-relações entre estes (Tommasi, 1994). Além do mais, tem se mostrado uma boa ferramenta para avaliar efeitos da ação antrópica em sistemas naturais (SOUZA, 2007; MONTENEGRO & SOUZA, 2016).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo compreender as relações do regime fluvial com a pesca comercial do rio Purus e simular efeitos atípicos no nível deste rio. Visando contribuir com informações para implementação de medidas de manejo adequadas e de políticas públicas, que atendam as populações dependentes do pescado.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo teve como ponto focal de desembarque o município de Boca do Acre, localizado no rio Purus (Figura 1). O rio Purus é um sistema fluvial de águas brancas (SIOLI, 1967), com valores de pH variando entre 6 a 7 e a condutividade elétrica com valores entre 60 a 70 μcm^{-1} (Sioli, 1984). A bacia do rio Purus está localizada na porção Sudoeste da Amazônia, esta bacia é considerada trans-fronteiriça devido cobrir áreas do Amazonas, Acre e dos países, Peru e Bolívia.

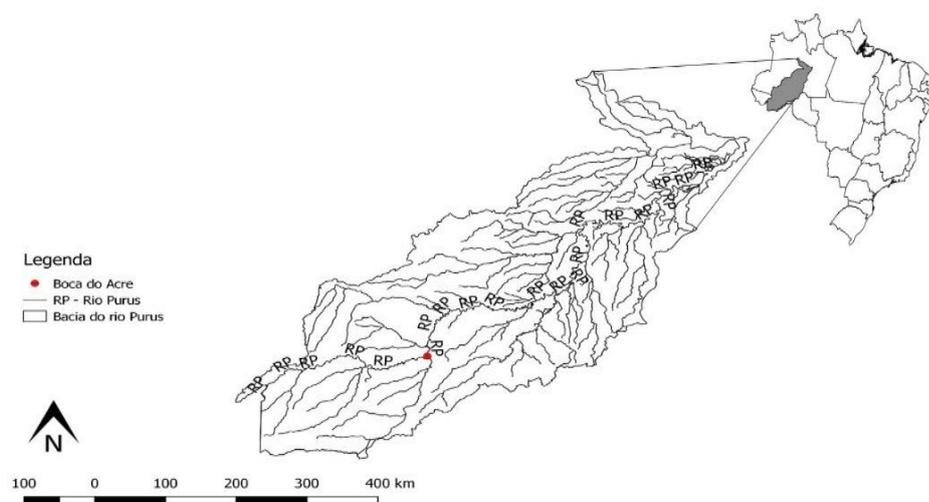


Figura 1. Localização de Boca do Acre na bacia do rio Purus

COLETA DE DADOS

As informações referentes às pescarias comerciais de Boca do Acre foram extraídas da literatura existente e do banco de dados, que foi gerado no projeto “Estatística e Desembarque Pesqueiro no Estado do Amazonas” (NEPAM/ UFAM – MPA). Para este estudo também foram utilizados dados secundários obtidos na Agência Nacional de Águas (ANA) e Instituto Brasileiro

de Geografia e Estatística (IBGE), além do modelo hidrológico construído por Freitas (2016), que representa a oscilação padrão do pulso de inundação na Amazônia Central.

MODELO

Para a elaboração do modelo que representasse a pesca no rio Purus foi utilizado o software STELLA versão 8.0. Foi estabelecido o sistema de derivação em função do tempo, Runge-Kutta, que é específico para sistemas submetidos às oscilações periódicas (RUTH & HANNON, 1997). Devido ao pulso de inundação, a unidade de tempo escolhida foram os meses. O modelo foi rodado por 120 meses e o dt escolhido foi igual a 0,25, pois este representa melhor as variações em função do tempo para o pulso de inundação. Foram propostas relações funcionais, que refletiam as interações entre as variáveis do modelo. Essas relações consistiram em constantes, parâmetros e equações matemáticas (SOUZA, 2003).

VARIÁVEIS E FUNÇÕES UTILIZADAS

Oscilações do rio Purus: representa o volume de água, que abastece o rio Purus. O gráfico na forma de ondas foi feito com a variação na amplitude de 551 cm na seca e 1899 cm na cheia em um período de 12 meses. Foi utilizada a seguinte função trigonométrica da onda senoidal descrita por Freitas (2016), para representá-la:

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

Repiquete: representa as oscilações do rio Purus dentro do padrão normal no cenário 1. Nos valores da curva são acrescentados ou reduzidos números, que vão de 806.71 cm a -541 cm aleatoriamente ao longo de doze meses (ANA, 2016). O repiquete no cenário 1 foi representado pela seguinte função randômica, já usada por Freitas (2016), na qual foram substituídos apenas os valores para a área de estudo em questão: RANDOM (806.71,-541).

O conversor repiquete também foi utilizado na construção do cenário 2, representando as oscilações atípicas no nível do rio Purus. Para esta representação foi considerado o nível do rio na seca de 2010 (418 cm) e a diferença entre o nível da cheia em 2011 e 2012 (591 cm). O repiquete no cenário 2 foi representado pela seguinte função randômica: RANDOM(1397.71, -454.66)

Com o acréscimo dos valores do repiquete, obteve-se a seguinte função final para representar a variável “oscilação do rio Purus”: $\text{sinwave}(674,12)+(674)+(551)+\text{Repiquete}$

Nível do rio Purus: representa o volume de água no rio Purus, obtido através de informações históricas do nível do rio, recebido por meio do fluxo “oscilação do rio Purus”.

Descarga: representa a vazão do rio Purus e depende do Estoque do Nível do Rio Purus.

Taxa de Reposição: a partir de um valor do nível do rio ocorre o início da reprodução dos

estoques pesqueiros. Foi considerado que a pesca comercial de Boca do Acre é destinada a captura de bagres (ordem Siluriformes) (Almeida, Amaral, Rivero & Silva, 2012), estes, em grande parte, são espécies migradoras que se reproduzem durante a enchente (Crepaldi et al., 2006). Dessa forma, foi calculado o valor médio do nível do rio na enchente em Boca do Acre (outubro a janeiro), esse valor foi usado como base para o início da reprodução no modelo, que correspondeu à seguinte função lógica: IF nível_do_rio_Purus>1058.75 THEN(1) ELSE(0.5)

Com esta função, considera-se que quando o nível do rio está acima da média (1058.75 cm) 100% dos peixes estão se reproduzindo (Souza & Freitas, 2009) e que abaixo desse nível apenas 50% estarão repondo seus estoques.

Reposição: representa a função logística de Verhulst (1838), na qual uma população cresce até um limite máximo sustentável e, depois, tende a se estabilizar em um determinado valor (Tavoni, 2013). Essa função é derivada automaticamente pelo programa Stella e, também, foi empregada por Montenegro & Souza (2016) e Ramos (2016) para a representação da reposição de peixes. Modelo logístico de Verhulst (1838): $N(t) = rN(t) \left(1 - \frac{N(t)}{K}\right)$, em que: N = tamanho da população peixes; r = capacidade inata para o aumento populacional; K = capacidade de suporte e; t = tempo de rodagem do modelo.

Capacidade de suporte: estimativa baseada em regra de três simples, a partir da área do rio Purus (372.000 km²) (Gama, 2015) e do valor máximo da biomassa de peixes (150 kg/ha) estipulado para a Amazônia Peruana (Barthem & Goulding, 2007). Dessa forma, foi considerado que o estoque está no estado de biomassa virgem. Esta simplificação foi indispensável pela ausência de dados, que permitissem estimar a biomassa da região atualmente. Tal procedimento já foi empregado por Souza & Freitas (2009).

Estoque pesqueiro: estimativa baseada em regra de três simples, a partir da área do rio Purus e do valor mínimo da biomassa de peixes na Amazônia Peruana (67 kg/ha) estipulado por Barthem & Goulding (2007).

Captura por Unidade de Esforço (CPUE): consiste em um índice de densidade do estoque explorado (FAO, 1988). A CPUE foi representada pela função gráfica do regime fluvial (eixo do x) pelo valor mensal de CPUE para o rio Purus (eixo do y) (Lopes, Catarino, Lima & Freitas, 2016).

Esforço (f): está relacionado com a mortalidade por pesca (FAO, 1988). Foi representado pela função gráfica do regime fluvial (eixo do x) e pelo valor mensal do esforço de pesca (eixo do y) no rio Purus (Projeto Estatística e Desembarque Pesqueiro no Estado do Amazonas). f = número de pescadores x número de dias de pesca (PETRERE JR., 1978).

Captura (C): foi inserida no modelo a seguinte equação: $CPUE = C/f \rightarrow C = CPUE * f$

Produção: representa o valor médio anual de captura (kg) para o rio Purus (LOPES, CATARINO, LIMA & FREITAS, 2016).

Consumo: foi suposto que tudo que se produz é consumido, dessa forma, o fluxo consumo foi igual ao valor da produção.

CENÁRIOS DO MODELO

Foram simulados dois cenários diferentes no modelo: no primeiro cenário foi analisada a inter-relação entre a pesca e o regime fluvial do rio Purus com variações no nível do rio consideradas normais; no segundo cenário foi avaliada a inter-relação entre a pesca e o regime fluvial do rio Purus com variações atípicas no nível do rio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

MODELO FINAL

O comportamento do modelo final (Figura 2) foi observado por 120 meses, de forma que fosse possível analisar a pesca relacionada com o pulso de inundação. A inserção deste, em análises da atividade pesqueira, na bacia Amazônica, é de fundamental importância, para que se tenha uma visão mais realista do sistema (SOUZA & FREITAS, 2009).

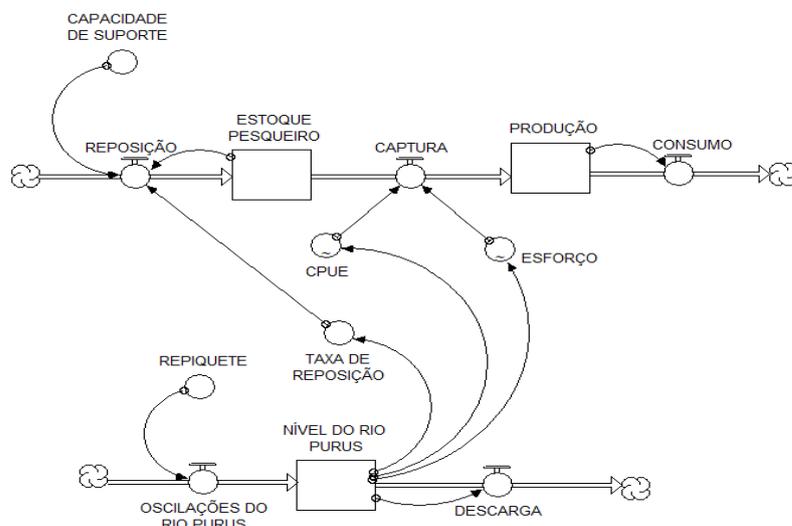


Figura 2. Modelo das inter-relações entre a pesca e o regime fluvial do rio Purus

CENÁRIO I

No cenário I, apesar de 2012 ter sido considerado um ano atípico, devido à intensa cheia ocorrida, foi possível observar a variação contínua entre os períodos do regime fluvial. A figura 3 apresenta o nível do rio Purus com a inserção do repiquete do ano de 2012 gerado pelo modelo, apresentando padrão de oscilação do nível do rio semelhante ao obtido na área de estudo. O regime

hidrológico fluvial é caracterizado pela variabilidade dos fluxos, no sentido de montante para jusante e no sentido transversal e lateral, além da dimensão temporal (CUNHA, 2013).

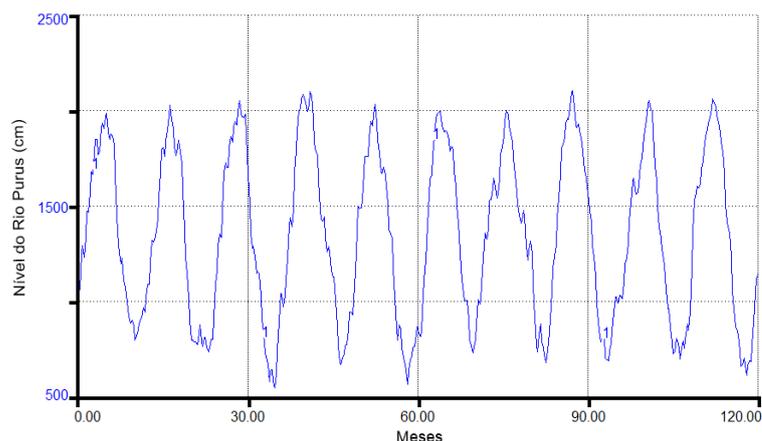


Figura 3. Variação mensal do nível do rio Purus (cm).

O estoque pesqueiro apresentou um crescimento acentuado nos primeiros meses, após isso a taxa de crescimento diminuiu e o crescimento do estoque foi estabilizado, atingindo sua capacidade de suporte (Figura 4). Esse foi um padrão de resposta já esperado, uma vez que foi utilizada a fórmula de Verhulst (1838). O mesmo padrão é encontrado em estudos relacionados com o crescimento populacional (SOUZA & FREITAS, 2014; MONTENEGRO & SOUZA, 2016).

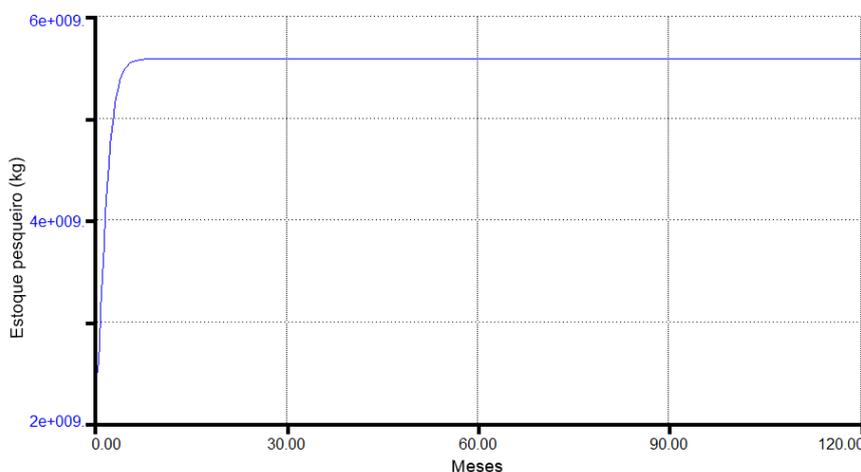


Figura 4. Representação mensal do estoque pesqueiro (kg).

Foi verificada a influência do pulso de inundação sobre a CPUE e o esforço, estas variáveis apresentaram uma relação inversamente proporcional com o nível do rio Purus (Figuras 5 e 6). Os picos de CPUE e esforço ocorreram na seca indicando que, nesse período, o pescador aumenta a intensidade para conseguir o acréscimo na pescaria, esse é um momento, em que o ambiente se

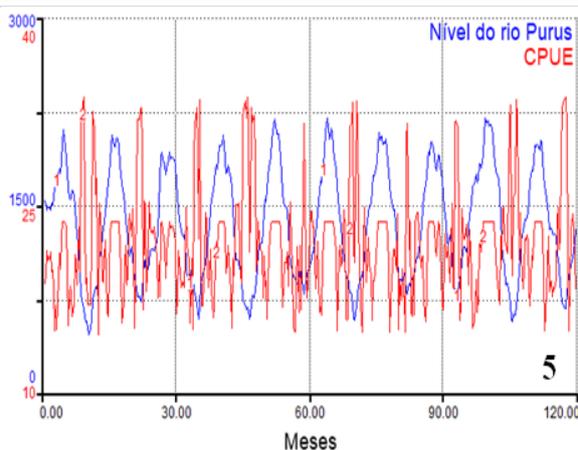


Figura 5. Variação da CPUE e do regime fluvial

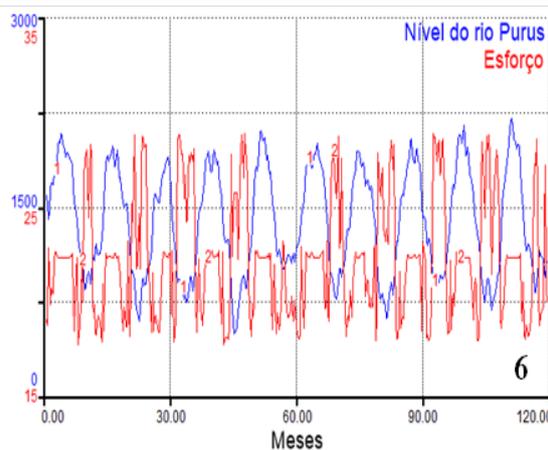


Figura 6. Variação do esforço e do regime fluvial.

encontra mais restrito e os peixes mais adensados.

A influência da sazonalidade no esforço pesqueiro também já foi observada em outros estudos (RUFFINO & ISAAC, 1994; SOUZA, 2003; INOMATA & FREITAS, 2015). Ao contrário do que ocorreu, em trabalhos realizados no Lago Preto (Manacapuru), foi observado um aumento na intensidade durante a cheia, apesar da pesca ser praticada durante todo ano (MOURÃO, RIVAS & FRAXE, 2007; SOUZA, 2007). Provavelmente, isto ocorre pelo ambiente, modalidade de pesca e espécie-alvo, na qual a primeira ocorre em zona lacustre, de águas pretas e, principalmente, para subsistência, tendo como alvo principal Characiformes e a segunda executada comercialmente em rios de água branca, voltada principalmente para captura de Siluriformes. Resultados diferentes também foram encontrados na região do rio Madeira, em que durante o período de enchente e cheia, tanto os pescadores de canoas quanto os de barcos aumentam o esforço para compensar o menor rendimento desses períodos menos produtivos (CARDOSO & FREITAS, 2007).

A diminuição da CPUE no período de cheia, provavelmente, ocorre devido à dispersão das espécies de peixes no ambiente, dificultando a captura de pescado, sendo esse um padrão também observado nos estudos de Barthem (1999), na região do médio rio Solimões e por Cardoso (2007) no rio Madeira. Esse período coincide com o defeso, nos meses de novembro a março, que consiste na proibição da pesca de algumas espécies por conta de sua reprodução.

Foram observados os altos valores de CPUE associados com baixos valores de esforço (Figura 7), indicando a relação inversa destas variáveis.

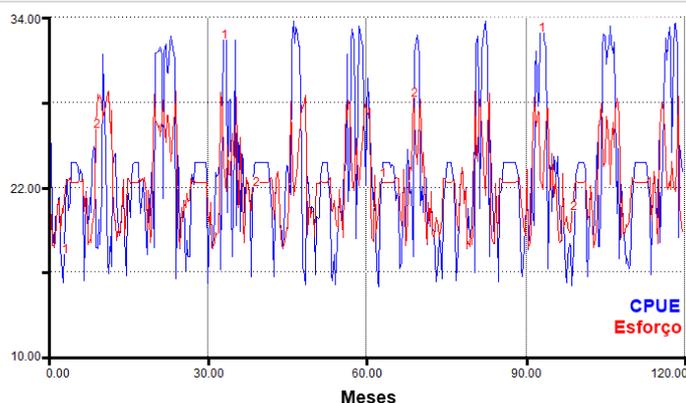


Figura 7. Relação entre Captura por Unidade de Esforço (CPUE) e esforço.

Nos primeiros meses observados, os valores dessa relação foram instáveis e, após isso se estabilizaram, provavelmente, em virtude da fase inicial do tempo de modelagem o estoque estar ainda em crescimento. Há momentos em que o esforço está maior que a CPUE (Figura 7), e o estoque (Figura 4) continua na capacidade de suporte, desde que isso seja momentâneo, não indica um colapso na atividade, apenas que o pescador está aumentando a intensidade de pesca e, mesmo assim, capturando menos.

A produção pesqueira e o consumo estão diretamente relacionados no modelo, devido ter sido considerado, neste estudo, que tudo aquilo que é produzido é consumido (Figura 8).

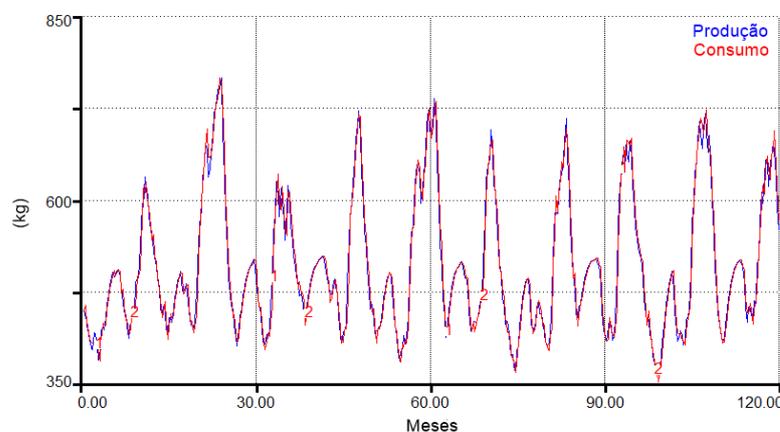


Figura 8. Relação entre a produção pesqueira e o consumo.

Esta afirmação não é real, porém não está disponível na literatura uma taxa de desperdício de pescado para essa região. A inserção de todas as variáveis que compõem um sistema dificulta a organização e finalização do mesmo. Dessa forma, os modelos não representam os sistemas inteiros, apenas fazem uma aproximação do comportamento de certos aspectos dos sistemas (FEARNSIDE, 1986).

Os valores de consumo e de produção oscilaram, sem amplitudes fixas, e ao longo dos

meses os valores máximos de produção diminuíram. Essa variável possui uma forte influência de fatores ambientais (RAMOS, 2016), principalmente, do pulso de inundação devido este influenciar, principalmente, a alimentação, a reprodução e o tamanho da população (LOWE-MCCONNEL, 1975).

CENÁRIO II

A Amazônia é considerada uma região de grande risco do ponto de vista das influências das mudanças climáticas, pois desempenha um importante papel no ciclo do carbono planetário (NOBRE, SAMPAIO & SALAZAR, 2007). Como essas mudanças afetam o pulso de inundação (MARENGO, 2007), decidiu-se representar no cenário II um ambiente atípico, com secas e cheias extremas, que ocorrem de forma cada vez mais frequentes na região. Apesar do período de coleta ter ocorrido em uma cheia atípica, optou-se por aumentar ainda mais esses níveis, para verificar seus efeitos sobre a pesca.

Com a simulação de secas e cheias atípicas o nível do rio Purus apresentou oscilações com maior intensidade (Figura 9) de forma que ficou mais difícil prever o grau de amplitude destes fenômenos ao longo dos meses.

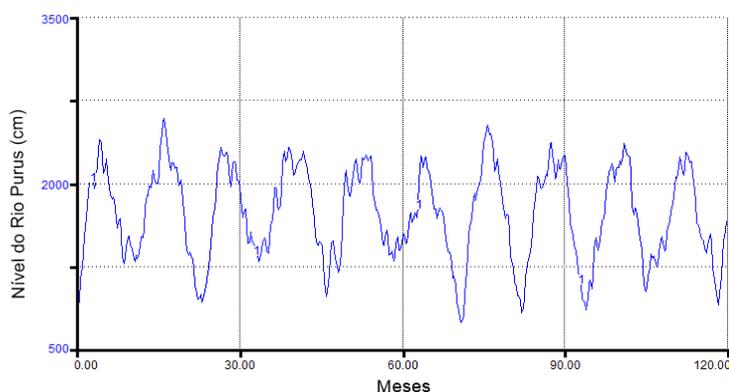


Figura 9. Variação mensal do nível do rio Purus atípico.

Não foram observadas interferências, no resultado da simulação, em que o nível do rio atípico sobre o estoque pesqueiro por meio do gráfico (Figura 10). Porém, isso se deve a escala utilizada, que é definida pela amplitude dos dados, não permitindo a visualização ao mesmo tempo da capacidade de suporte do estoque e das oscilações, no entanto, é possível visualizar uma redução nos valores de estoque, sendo que o mesmo não afetou a sua estabilidade.

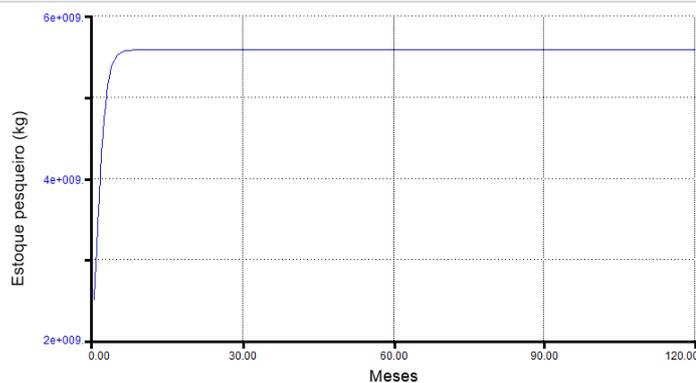


Figura 10. Representação mensal do estoque pesqueiro em um ambiente atípico.

Os períodos de cheias intensas poderiam ser considerados bons para os peixes, visto que o ambiente está maior, estes estão mais dispersos e ocorreria maior oferta de abrigo e de alimento, porém com secas atípicas, as espécies de peixes ficariam mais vulneráveis, pois o ambiente fica muito restrito oferecendo pouco alimento e abrigo (BARTHEM & FABRÉ, 2004), esse é um período bom para os predadores, que podem obter suas presas com maior facilidade (PINAYA, 2013), entre eles o pescador. Dessa forma, o ambiente de cheia extrema pode favorecer as espécies de peixes, enquanto o de seca extrema deixa-os mais propícios ao declínio.

Assemelhando-se a previsões do *Intergovernmental Painel on Climate Change* (IPCC), Freitas (2016) simulou oscilações atípicas no nível do rio e um aumento gradativo em função do tempo, dessa forma, foi possível visualizar que em um período de cinquenta anos, as oscilações do nível do rio começaram a se aproximar das amplitudes extremas, tanto para cheias quanto para as secas. Foi obtida uma aproximação maior para as secas, que ficaram abaixo dos 15 m.

Em 2005, ocorreu uma intensa seca na região Amazônica, na qual alguns rios chegaram a secar 6 cm por dia (MARENGO, TOMASELLA & NOBRE, 2010). Para as populações ribeirinhas que têm sua vida relacionada com o regime fluvial, essa foi uma situação considerada difícil, visto que estes possuem o ambiente aquático como via de transporte, fonte de água e alimentação (MARENGO, NOBRE, TOMASELLA, CARDOSO & OYAMA, 2008). Através de estudos feitos na Amazônia, Cox et al. (2008) concluíram que há possibilidade de aumentar em 5% a ocorrência de secas extremas na região, sendo uma considerada forte a cada vinte anos. Apesar dessas previsões, esses eventos extremos têm ocorrido cada vez mais em intervalos de tempo menores.

Uma aceleração do regime fluvial foi verificada no Estado do Paraná desde o início da década de 1970, essa aceleração foi constatada através da maior intensidade de chuvas, aumento da vazão média e da ocorrência de estiagens com maior duração (SILVA & GUETTER, 2003). Esses são fenômenos, que também têm sido observados na Amazônia, em que entre 1950 e 1976 foi

detectado um período úmido e desde 1977 a umidade tem diminuído (MARENGO, TOMASELLA & UVO, 1998), porém prever as mudanças climáticas com antecedência suficiente para permitir à humanidade ajustar seu comportamento, e evitar as piores consequências de tais mudanças, ainda continua sendo um grande desafio.

Segundo Mota, Gazoni & Góes (2008), os fenômenos de seca extrema podem causar uma redução da biodiversidade e da disponibilidade de pescado em algumas regiões. No estudo de Freitas, Siqueira-Souza, Humston & Hurd (2013), realizado na seca extrema de 2005, foi observado que para as assembleias de peixes, as alterações ambientais trouxeram respostas positivas e negativas, essas respostas não foram iguais entre as espécies em relação à migração e a cadeia trófica, dessa forma, concluiu-se que, não existe uma prova formal que a seca foi a causadora dessas respostas, devido à dificuldade de observação do grupo de controle.

Em relação ao nível do rio atípico, a máxima de CPUE (Figura 11) e do esforço mantiveram-se oscilando (Figura 12).

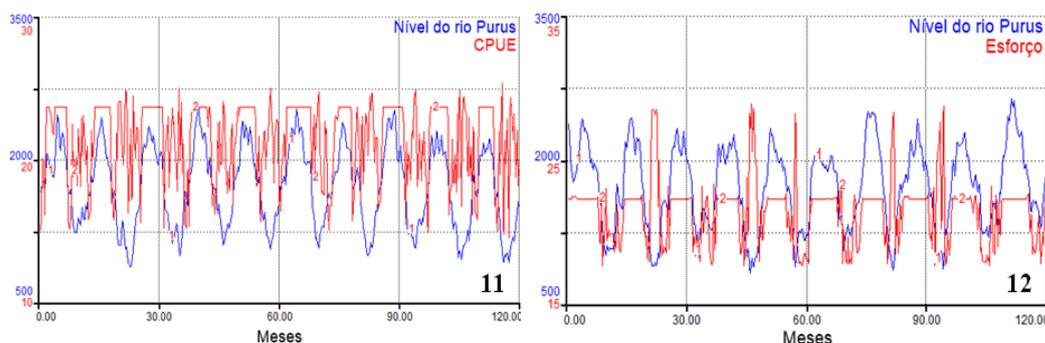


Figura 11. Variação da CPUE e do regime fluvial atípico

Figura 12. Variação do esforço e do regime fluvial atípico.

Com o nível do rio muito baixo, a CPUE apresentou o ápice de captura, porém com valores oscilantes, e com o nível do rio alto, a CPUE também foi alta se aproximando dos valores de pico observados no período de águas baixas, porém os valores na cheia foram mais estáveis. Esta relação se diferenciou do cenário I, no qual na cheia a CPUE obteve menores valores.

Um elevado aumento e oscilação no esforço de pesca foram verificados no período de seca dos rios, e no período de cheia esta variável manteve valores menores, porém mais estáveis (Figura 12). Nos estudos desenvolvidos por Souza & Barão (2015), envolvendo o efeito das mudanças climáticas sobre a atividade de comunidades ribeirinhas, foi previsto que a pesca será a atividade menos afetada por alterações fora do padrão no nível do rio, porém assim como neste estudo, as autoras previram um aumento no esforço pesqueiro.

As populações ribeirinhas da Amazônia possuem elevada vulnerabilidade, são socialmente

carentes e devem possuir prioridade em ações, por parte dos tomadores de decisão. Visto que as alterações no regime fluvial causam impactos em sistemas ecológicos e até mesmo socioeconômicos, esforços científicos e políticos são necessários para auxiliar no fortalecimento da resistência dessas populações, que possuem elevada dependência da atividade pesqueira.

Foi verificado na relação entre a CPUE e o esforço com o pulso de inundação atípico (Figura 13), que ambas as variáveis crescem no mesmo período e possuem ápices na mesma época, porém em relação ao cenário I, este mostrou um aumento no esforço.

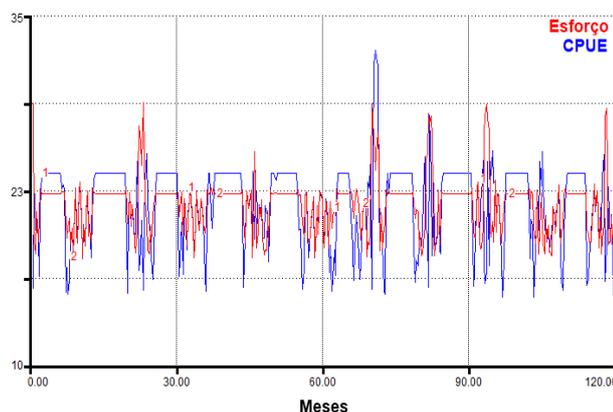


Figura 13. Relação da Captura por Unidade de Esforço (CPUE) e esforço em um ambiente atípico

Na figura 14, foi possível observar que no início da simulação, a máxima de produção e de consumo foram constantes após sessenta meses estes valores se tornaram imprevisíveis devido à instabilidade apresentada. Os picos de produção foram mais baixos do que no cenário I. Isto ocorre, provavelmente, devido às oscilações extremas afetarem, negativamente, a dinâmica do sistema. A diminuição da produção pesqueira também foi registrada por Ramos (2016), em estudo no qual foi observado que os fatores ambientais estiveram claramente relacionados com a diminuição do estoque e produção pesqueira dos jaraquis (*Semaprochilodus spp.*).

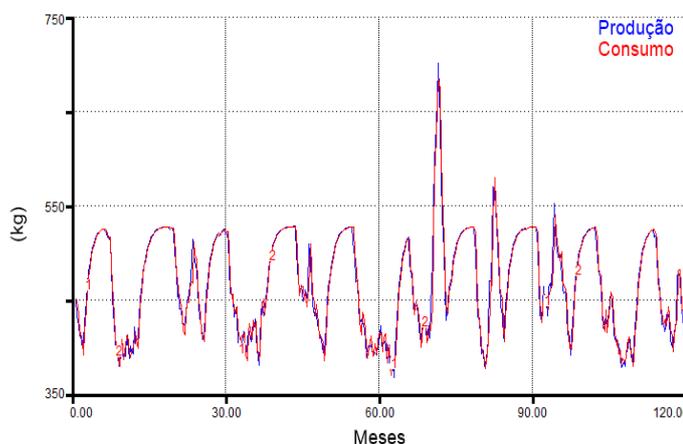


Figura 14. Relação entre a produção pesqueira e o consumo em um ambiente atípico

O aumento da temperatura média global, associado à liberação excessiva de gases do efeito estufa na atmosfera, leva o sistema climático a cenários indesejáveis (Silva & Guetter, 2003). No cenário II, com o regime fluvial atípico, foi possível verificar as diferenças no comportamento de variáveis como, nível do rio, CPUE, esforço e produção, em relação ao ambiente considerado normal no cenário I. Essas diferenças ocorreram a partir do acréscimo na intensidade de oscilação do nível do rio Purus, aumento do esforço de pesca, queda da CPUE e da produção, bem como o aumento da imprevisibilidade da oferta de pescado ao consumidor.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O. T. 2006. Manejo da pesca na Amazônia brasileira. São Paulo: Editora Petrópolis.

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

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

ANA 2016. Monitoramento pluviométrico. Acessado em 23 de novembro de 2016 em <http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>

BARTHEM, R. 1999. A pesca comercial no médio Solimões e sua interação com a reserva Mamirauá. In: H. L. Queiroz; W. G. R. Crampton (Ed.). *Estratégias para manejo dos recursos pesqueiros em Mamirauá*. (pp.73-107). Mamirauá: Ed. SCM, MCT-CNPq.

BARTHEM, R. B.; FABRÉ, N. N. 2004. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros na Amazônia. In: M. L. Ruffino (Ed.). *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Brasileira*. (pp.17-62). Manaus: Ed. IBAMA/AM – PROVÁRZEA.

BARTHEM, R. B.; GOULDING, M. 2007. Um ecossistema inesperado: A Amazônia revelada pela pesca. Lima: Amazon Conservation Association (ACA), Sociedade Civil Mamirauá.

BATISTA, G. S. 2006. Descrição da pesca com redinha e escolheira na área do Ayapuá, RDS

Piagaçu – Purus, rio Purus, Amazonas [Dissertação de Mestrado]. Manaus (AM): Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

CARDOSO, R. S.; BATISTA, V. S.; JÚNIOR, C. H. F.; MARTINS, W. R. 2004. Aspectos econômicos e operacionais das viagens da frota pesqueira de Manaus, Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 34(2): 301-307.

CARDOSO, R. S.; FREITAS, C. E. C. 2007. Desembarque e esforço de pesca da frota pesqueira comercial de Manicoré (Médio Rio Madeira), Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 37(4): 605 – 612.

CARDOSO, F. R. 2008. Ecologia da pesca e biologia reprodutiva do acará-disco (*Symphysodon aequifasciatus*, Pellegrin 1904) (Perciformes: Cichlidae) na RDS Piagaçu-Purus, Amazônia Central: subsídios para o manejo sustentável de um recurso natural [Dissertação de Mestrado]. Manaus (AM): Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

COX, P.; HARRIS, P.; HUNTINGFORD, C.; BETTS, R.; COLLINS, M.; JONES, C.; JUPP, T.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. 2008. Increase risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. *Nature*, 453(1): 212 - 216.

CREPALDI, D. V.; FARIA, P. M. C.; TEIXEIRA, E. A.; RIBEIRO, L. P.; COSTA, A. A. P.; MELO, D. C.; CINTRA, A. P. R.; COSTA, F. A. A.; DRUMOND, M. L.; LOPES, V. E.; MORAES, V. E. 2006. Biologia reprodutiva do surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*). *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 30(3): 159 – 167.

CUNHA, A. C. 2013. Revisão descritiva sobre qualidade da água, parâmetros e modelagem de ecossistemas aquáticos tropicais. *Biota Amazônia*, 3(1): 124 – 143.

FAO 1969. Manual sobre manejo de reservatórios para a produção de peixes. Acessado em 30 de novembro de 2016 em <http://www.fao.org/3/contents/a4b4c3e9-bac5-58f5-8fd0-e025f161ea27/AB486P00.htm/>.

FAO 1988. Manual of Methods for Fish Stock Assessment - Part 1. Fish Population Analysis. Acessado em 02 de dezembro de 2016 em: <http://www.fao.org/docrep/x5685e/x5685e00.htm>.

FEARNSIDE, P. M. 1986. Modelagem estocástica na estimativa da capacidade de suporte humano: um instrumento para o planejamento de desenvolvimento na Amazônia. *Ciência e Cultura*, 38(8): 1354-1365.

FREITAS, C. E. C.; RIVAS, A. A. F. 2006. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia ocidental. *Ciência e Cultura versão online*, 58(3): 30-32.

FREITAS, C. E. C.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K.; HUMSTON, R.; HURD, L. E. 2013. An initial assessment of drought sensitivity in Amazonian fish communities. *Hydrobiologia*, 705(1): 159 - 171.

FREITAS, J. S. 2016. Modelagem hidrológica e suas variações em função de mudanças climáticas na Amazônia Central [Trabalho de Conclusão de Curso]. Manaus (AM): Universidade Federal do Amazonas.

GAMA, L. E. S. 2015. Alagação na bacia do rio Purus: Percepção social e ambiental em Manoel Urbano, Sena Madureira e Boca do Acre, em 2012 [Trabalho de Conclusão de Curso]. Rio Branco (AC): Universidade Federal do Acre.

IBGE 2016. IBGE. Acessado em 23 de outubro de 2016 em http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm.

Inomata, S. O.; Freitas, C. E. C. (2015). A pesca comercial no médio rio Negro: aspectos econômicos e estrutura operacional. *Boletim do Instituto de Pesca*, 41(1): 79 - 87.

JUNK, W. J. 1989. Flood tolerance and tree distribution in central Amazonia. In: Holm-Nielsen, L. B.; Nielsen, I. C. (Eds.). *Tropical Forest Botanical Dynamics. Speciation and Diversity* (pp.47-64). London: Academic Press.

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

LOWE-MCCONNELL, R. H. 1999. *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. (Trad.: Vazzoler, A. E. A. M.; Agostinho, A. A.; Cunnhingam, P. T .M.). São Paulo: EDUSP.

MARENGO, J. A. 2007. 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. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

MARENGO J. A.; NOBRE, C. A.; TOMASELLA, J.; CARDOSO, M.; OYAMA, M. 2008. Hydroclimatic and ecological behaviour of the drought of Amazonia in 2005. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences*, 21 (1): 1-6.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; NOBRE, C. A. 2010. Mudanças climáticas e recursos hídricos. In: C. E. M., Bicudo; J. G., Tundisi; M. C. B., Scheuenstuhl (Eds.). *Águas do Brasil*:

Análises Estratégias (pp.201-215). São Paulo: Instituto de Botânica.

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. 2011. 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 and the Parana River Basins. *Climate Dynamics*, Springer-Verlag, 1(1): 1-20.

MONTENEGRO, L. S.; SOUZA, L. A. 2016. Produção pesqueira e sua relação com as oscilações do ciclo hidrológico e o crescimento demográfico da cidade de Manaus – Am. *Scientia Amazonia*, 5(2): 14-23.

MOTA, J. A.; GAZONI, J.; GÓES, G. S. 2008. Economia das mudanças climáticas. Acessado em 10 de novembro de 2016 em http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/28/2014/05/economia_mudancas_climaticas.pdf.

MOURÃO, R.; RIVAS, A.; FRAXE, T. 2007. O estado da economia nas comunidades de várzea: atividades tradicionais e integração do mercado. In: P. Teixeira; M. Brasil; A. Rivas (Eds.). *Produzir e viver na Amazônia rural: estudo sociodemográfico de comunidade do Médio Solimões* (pp.149-169). Manaus: EDUA.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. 2007. Mudanças climáticas e Amazônia. *Ciência e Cultura* versão online, 59(3): 22-27.

OVIEDO, A. F. P. 2006. A gestão ambiental comunitária da pesca na Amazônia: o estudo de caso do alto Purus [Tese de Doutorado]. Brasília (DF): Universidade de Brasília.

PETREIRE JR., M. 1978. Pesca e esforço de pesca no estado do Amazonas. I. Esforço e captura por unidade de esforço. *Acta Amazonica*, 8(3): 439-454.

PETREIRE JR., M. 1985. A pesca comercial no rio Solimões-Amazonas e seus afluentes: Análise dos informes do pescado desembarcado no Mercado Municipal de Manaus (1976-1978). *Ciência e Cultura*, 37: 1987-1999.

PINAYA, W. H. 2013. A pesca de multiespecies de rede na mesorregião do Baixo Amazonas e suas relações com a variabilidade climática regional e global [Tese de Doutorado]. Belém (PA): Universidade Federal do Pará.

RAMOS, M. M. 2016. Os efeitos de alterações ambientais sobre a produção de jaraquis (*Semaprochilodus* spp.) desembarcados na cidade de Manaus – Am [Tese de Doutorado]. Manaus

(AM): Universidade Federal do Amazonas.

RUFFINO, M. L.; ISAAC, V. J. 1994. The fisheries of the lower Amazon: questions of management and development. *Acta Biologica Venezuelana*, 15(2): 37-46.

RUFFINO, M. L. 2005. Gestão do uso dos recursos pesqueiros na Amazônia. Manaus: IBAMA/AM-PROVARZEA.

RUTH, M.; HANNON, B. 1997. Modeling dynamic economic systems. 2. ed. Londres: Springer.

SILVA, M. E. S.; GUETTER, A. K. 2003. Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná. *Terra livre*, 1(20): 111-126.

SIOLI, H. 1967. Studies in Amazonian waters. In: Simpósio Biota Amazônica (pp.39-50). Belém: Anais do SBA.

SIOLI, H. 1984. The Amazon and its main afluent: hydrography, morphology of the rivers courses and rivers types. In: H. Sioli (Ed.). *The Amazon. Limnology and Landscape Ecology of a mighty Tropical River and its Basin*. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers.

SOUZA, L. A. 2003. Sustentabilidade ecológica e econômica da pesca de subsistência na Amazônia Central [Dissertação de Mestrado]. Manaus (AM): Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

SOUZA, L. A. 2007. Sustentabilidade da pesca através da inclusão do homem em modelos predador-presa: um estudo de caso no Lago Preto, Manacapuru, Amazonas [Tese de Doutorado]. Manaus (AM): Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia.

SOUZA, L. A.; FREITAS, C. E. C. 2009. Uma proposta de protocolo para a obtenção de variáveis visando estudos de modelagem ecológica em sistemas pesqueiros fluviais da Amazônia. *Acta Amazônica*, 39(1): 237-240.

SOUZA, L. A.; FREITAS, C. E. C. 2014. Modelos populacionais de ecossistemas. *Revista Agroambiental*, 6(3): 95-107.

SOUZA, L. A.; BARÃO, F. S. 2015. Um modelo para simular oscilações atípicas do nível do rio e suas consequências para quantidade de área produtiva disponível em uma comunidade pesqueira. In: XIX Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca (pp.1016-1020). São Luís: Anais do XIX CONBEP.

TAVONI, R. 2013. Os modelos de crescimento populacional de Malthus e Verhulst - uma motivação para o ensino de logaritmos e exponenciais [Dissertação de Mestrado]. Rio Claro (SP): Universidade Estadual Paulista.

TOMMASI, L. R. 1994. Estudo de Impacto Ambiental. São Paulo: CETESB, Terragraph Artes e Informática.

VERHULST, P. F. 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. Correspondence Mathematique et Physique, 10(1): 113-121.