



EFEITOS DAS MUDANÇAS AMBIENTAIS SOBRE A ESTRUTURA SOCIAL E ECONÔMICA DE COMUNIDADES RIBEIRINHAS NA AMAZÔNIA IMPACTADAS POR USINAS HIDRELÉTRICAS

Guilherme Prado Alves - guilhermepradoalves@usp.br

Silvia Sayuri Mandai - silvia.mandai@usp.br

Juliana Laufer - lauferjuliana@gmail.com

Fabiana R. Riva - fabianariva@gmail.com

Jocilene Dantas Barros - jocilene.barros@inpe.br

Evandro Mateus Moretto - evandromm@usp.br

Carolina Rodrigues da Costa Doria - carolinarcdoria@unir.br

Mariluce Paes de Souza - mariluce@unir.br

* Submissão em: 06/12/2023 | Aceito em: 15/12/2023

RESUMO

O presente estudo trata de uma análise exploratória sobre mudanças socioecológicas geradas pelas usinas hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio nas comunidades ribeirinhas da bacia hidrográfica do rio Madeira. Aplicou-se entrevistas semiestruturadas através de uma abordagem temporal (antes e depois da construção das usinas). Os dados foram analisados de modo comparativo sob a ótica do modelo Legado. Outros dados complementares foram levantados em literatura científica e documentos técnicos. Foram identificadas e discutidas transformações no ambiente, nas atividades produtivas, na cultura, na saúde e na estrutura de governança após a instalação das usinas hidrelétricas.

Palavras Chaves: Sistemas socioecológicos; Rio Madeira; Impactos socioambientais; Usinas Hidrelétricas.

EFFECTS OF THE ENVIRONMENTAL CHANGES ON THE SOCIAL AND ECONOMIC SUSTAINABILITY OF AMAZONIAN RIVERINE COMMUNITIES IMPACTED BY HYDROPOWER DAMS

ABSTRACT

This study presents an exploratory analysis about social-ecological changes caused by Jirau and Santo Antônio dams over riverine communities on Madeira river watershed. We applied semi structured interviews to the communities through a temporal approach (pre and post dams construction). We analyzed and compared the data using the Legado model lens. We found other complementary and relevant information in scientific literature and technical reports. We identified and discussed transformations on the environment, economic activities, culture, health and governance arrangements after the installation of the dams.

Palavras-chave: Social-ecological systems; Madeira River; Socio environmental impacts; Hydropower dams.

1 INTRODUÇÃO

As comunidades ribeirinhas amazônicas residem às margens dos rios e sobrevivem geralmente da caça, pesca e extrativismo vegetal - práticas tradicionais permeadas por interações socioecológicas entre os componentes humanos e biofísicos em múltiplas escalas (BUSCHBACHER, 2014). Por exemplo, para essas comunidades os rios têm poder

simbólico, cultural e de influência sobre as dinâmicas comunitárias. Contudo, os processos de ocupação da floresta amazônica têm causado transformações sobre a organização das comunidades ribeirinhas dados os impactos dessas atividades sobre o ecossistema.

Dentro deste contexto, destacam-se alguns projetos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Em 2005, o governo federal brasileiro retomou a proposta de empreender grandes projetos de infraestrutura e de energia na Amazônia, como rodovias e usinas hidrelétricas para alavancar a economia nacional. Porém, os instrumentos de Licenciamento Ambiental e Avaliação de Impacto Ambiental não foram suficientes para conter os múltiplos impactos negativos decorrentes de tais projetos (BORGES, 2020). Com realce neste cenário, as usinas hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau, instaladas no rio Madeira, teoricamente voltadas para um suposto “desenvolvimento local e nacional”, não reconheceram os modos de vida tradicionais de comunidades ribeirinhas, que foram desatendidas e desvalorizadas ao longo dos processos de planejamento, instalação e operação dos projetos (ARANTES *et al.*, 2023; MAYER; LOPEZ; MORAN, 2022). Embora tenham recebido compensações sociais pelos impactos, as comunidades foram submetidas a transformações em seus modos de vida, perda de território e enfrentamento de incertezas, principalmente nos modelos de reassentamento e indenizações, muitas vezes destoantes de suas características socioculturais e territoriais originais (SILVA; LIMA; CONCEIÇÃO, 2018; MAYER *et al.*, 2023).

Além dos aspectos e impactos sociais, as duas barragens causaram impactos significativos sobre a biodiversidade de espécies da ictiofauna e sobre os trajetos migratórios de populações de peixes (ARANTES *et al.*, 2023). Conseqüentemente, a pesca - uma prática socioeconômica de grande importância para comunidades ribeirinhas do rio Madeira - foi negativamente afetada. Tais impactos incluem a redução da quantidade de indivíduos e espécies disponíveis para os pescadores e aumento nos deslocamentos para acessar o pescado (ARANTES *et al.*, 2022; DORIA *et al.*, 2021; DORIA *et al.*, 2020; DORIA *et al.*, 2012).

Além dos impactos socioambientais diretamente relacionados aos projetos, foi induzido um “efeito de arrasto” que incentivou a ocupação da Amazônia por práticas econômicas predatórias, que resultaram na desestruturação dos territórios e intensificação de conflitos (LAURENCE *et al.*, 2016). Contudo, tal “efeito de arrasto” na organização das comunidades ribeirinhas ainda é subestimado. Além disso, existem lacunas na adoção de conceitos e metodologias inter e transdisciplinares que considerem as interações entre

sistemas biofísicos, humanos, geográficos, econômicos e culturais em suas diversas escalas, e os resultados destas interações (OSTROM, 2009).

Este artigo apresenta uma análise exploratória sobre as mudanças socioecológicas em comunidades ribeirinhas afetadas pela implantação de usinas hidrelétricas na Amazônia, com foco específico nas comunidades da bacia hidrográfica do rio Madeira, a jusante das usinas de Jirau e Santo Antônio, a partir da perspectiva dos sistemas socioecológicos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As mudanças nos sistemas socioecológicos foram descritas a partir das variáveis sociais, econômicas e ambientais para três comunidades ribeirinhas do Baixo Madeira: Cujubim Grande, São Carlos e Calama (Figura 1), localizadas no município de Porto Velho (RO). Essas três comunidades estão a jusante das usinas hidrelétricas Jirau e Santo Antônio. Os dados primários foram coletados por meio da aplicação de 557 questionários com representantes de famílias residentes nas comunidades nos períodos pré e pós barragens (Tabela 1).

Os dados pré-barragens foram obtidos pelo Instituto de Estudos e Pesquisas Agroambientais e Organizações Sustentáveis (IEPAGRO), por ocasião do Inventário da Produção, Cadastro dos Moradores e Banco de Dados. Tal inventário levantou dados das famílias e atividades de produção, extrativismo, pesca e culturas de várzea de janeiro a novembro de 2010 (IEPAGRO, 2010). Os dados pós-barragem foram obtidos pelo projeto *Innovations at the Nexus of Food, Energy and Water Systems* (INFEWS), por meio de uma autoavaliação da saúde pelos entrevistados analisando educação, transporte, atividades produtivas e eletricidade (MAYER *et al.*, 2021). O INFEWS coletou tais dados de setembro de 2019 a março de 2020. Como o INFEWS tinha algumas perguntas sobre as mudanças após as barragens, pode-se dizer que os dados do INFEWS abarcam dados pré e pós barragens para algumas variáveis.

Tabela 1: Quantidade de entrevistas realizadas.

Comunidade	Pré-barragens (IEPAGRO)	Pós-barragens (INFEWS)	Total
Cujubim Grande	51	80	131
São Carlos	111	109	220
Calama	55	151	206

Total	217	340	557
-------	-----	-----	-----

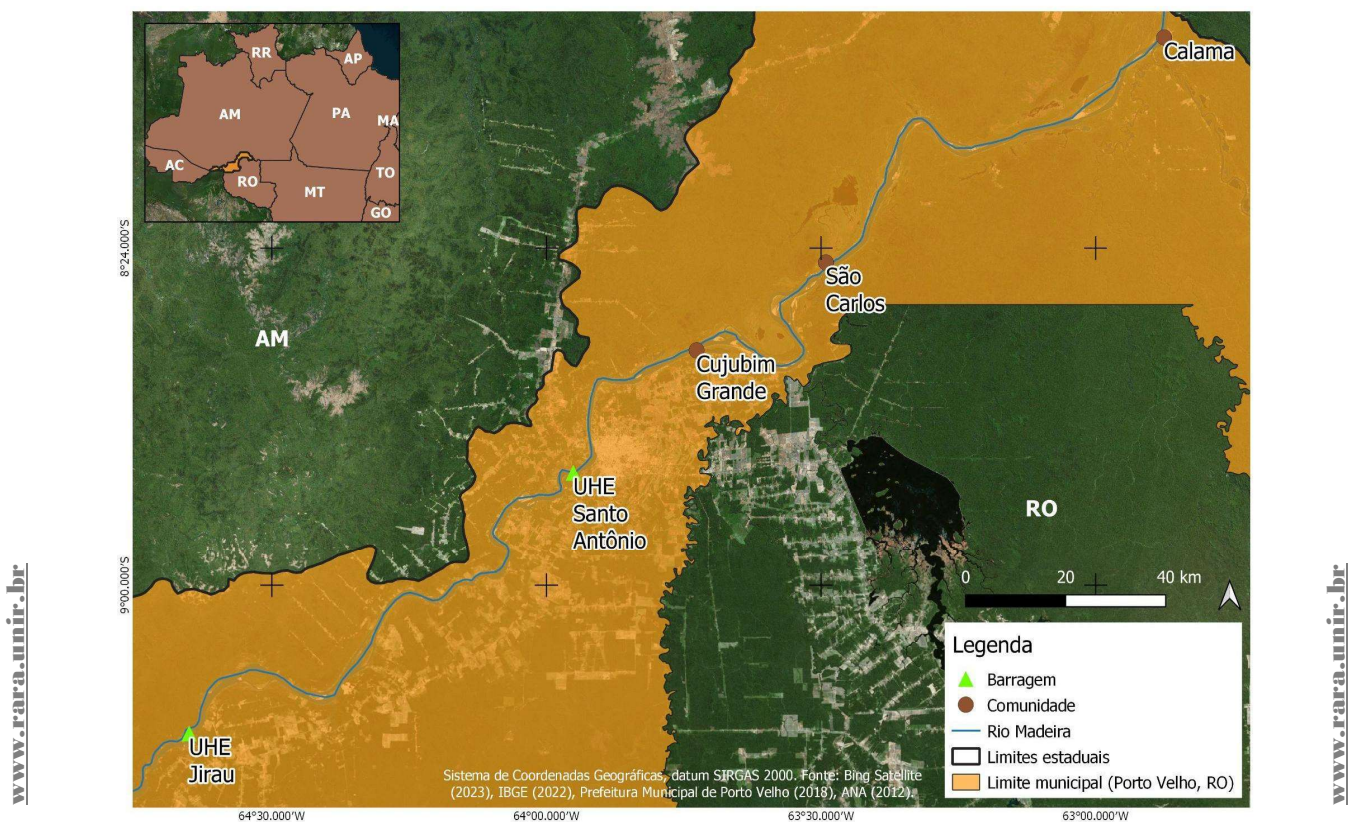


Figura 1: Localização das comunidades de Cujubim, São Carlos e Calama, e das barragens de Santo Antônio e de Jirau.

Para avaliar as mudanças socioecológicas foi utilizada uma adaptação da abordagem *Legado Thriving Future Model* (em português, Modelo de Futuro Próspero Legado). *Legado Thriving Future Model* é um modelo desenvolvido para trabalhar com populações indígenas e comunidades tradicionais que existem em locais de grande relevância para a biodiversidade. Este modelo permite a avaliação de ferramentas, recursos e parcerias necessárias para o desenvolvimento de soluções sustentáveis que beneficiam tanto as comunidades quanto o ambiente. O modelo Legado analisa seis dimensões (representadas por pétalas - Figura 2) de forma integrada e holística que são necessárias para a prosperidade da comunidade, sendo elas: modos de vida, qualidade ambiental, saúde humana, cultura, governança e educação (LEGADO INITIATIVE, 2023). O Quadro 1 apresenta as dimensões do modelo Legado e as variáveis utilizadas para analisar as transformações nas comunidades ribeirinhas, considerando as interações socioecológicas.



Figura 2: Modelo *Legado Thriving Future*. Fonte: Adaptado de Legado Initiative, 2023.

Quadro 1: Dimensões do modelo Legado e variáveis explicativas.

Dimensão Legado	Descrição	Variáveis	Fonte de dados
Educação	Contempla o nível educacional dos moradores e a qualidade da educação formal e informal na comunidade	Nível educacional	INFEWS e IEPAGRO
Governança	Engloba as lideranças comunitárias e organizações internas (formais e tradicionais), incluindo como ocorre a tomada de decisão comunitária e como as lideranças interagem com atores externos	Existência de associações e participação ativa	INFEWS e IEPAGRO
Qualidade Ambiental	O ambiente em que a comunidade vive, incluindo a qualidade das florestas, rios, solo e animais, bem como as conexões da comunidade com o ambiente, sua importância cultural e o acesso aos recursos naturais	Regime hidrológico e uso e cobertura da terra	INFEWS e IEPAGRO
Saúde Humana	Condições relacionadas ao acesso à saúde e garantias para o bem-estar dos moradores na comunidade	Acesso à saúde da família, água tratada, serviço sanitário (interno, externo e sem instalação) e tratamento de lixo.	INFEWS
Modos de Vida e Economia	Refere-se aos modos como as famílias produzem e comercializam seus recursos necessários para o bem-estar da comunidade	Atividades produtivas (pesca, agricultura e extrativismo vegetal) e comércio de produtos	INFEWS e IEPAGRO
Cultura	Aspectos da comunidade relacionados às tradições e costumes, como língua nativa, conhecimento tradicional, artesanato, festivais e rituais religiosos.	Atividades religiosas	INFEWS

Fonte: Legado Initiative, 2023.

Neste estudo, os espaços participativos para a governança ambiental contemplaram as organizações e associações comunitárias, que representam as comunidades em ambientes de tomada de decisão. Este recorte foi definido com base em Ostrom (2010), que afirma que espaços participativos para a gestão de bens comuns garantem maior resiliência ao sistema socioecológico e aumentam sua capacidade de lidar com distúrbios.

O aspecto cultural foi abordado por meio das atividades religiosas das comunidades, pois os festejos religiosos possuem grande relevância cultural e para a vivência ribeirinha do Baixo Madeira (SARAIVA; SILVA, 2008). São Carlos, por exemplo, é reconhecida pelo famoso festejo de Nossa Senhora Aparecida, em 12 de outubro. Calama, por sua vez, possui uma cruz como marco da comunidade, que revela a influência católica na região (SARAIVA, 2007). De acordo com Terin e Blanchet (2019), as mudanças na configuração física do rio ou nos regimes hidrológicos podem representar perdas culturais (lazer, diversão e crenças) para populações ribeirinhas e indígenas, uma vez que elas estabelecem relações simbólicas com os componentes biofísicos do ambiente.

Para complementar os dados sobre os indicadores do modelo Legado, foram utilizados dados secundários da literatura científica e de documentos técnicos. As variáveis que compõem cada um dos indicadores foram comparadas, permitindo fazer inferências sobre as transformações ocorridas nas comunidades com a chegada das usinas hidrelétricas.

3. RESULTADOS

Os dados coletados por este estudo foram analisados a partir das dimensões (modelo Legado): 3.1) Qualidade ambiental, modos de vida e economia; 3.2) Saúde; 3.3) Educação; 3.4) Cultura; e 3.5) Governança e participação.

3.1 Qualidade ambiental, modos de vida e economia

Em Calama, as entrevistas apontaram para a substituição da pesca pela agricultura convencional de terra firme como principal atividade produtiva da comunidade após as barragens (Figuras 3a e 3b). Na comunidade Cujubim Grande, houve aumento na proporção de entrevistados que indicaram a pesca e a agricultura como principais atividades produtivas (Figuras 3c e 3d). A comunidade de São Carlos apresentou aumento na proporção de entrevistados que possuem a pesca como principal atividade produtiva (Figuras 3e e 3f). Mesmo com essas alterações na atividade da pesca, foi perceptível a redução na frequência de consumo do pescado após as barragens. Antes das usinas, o consumo diário de pescado prevalecia (65% dos entrevistados em Calama, 68% em Cujubim Grande e 54% em São Carlos) (Figura 4a). Após as usinas, o consumo de pescado passou a ocorrer raramente ou de uma a quatro vezes por semana (65% dos entrevistados em Calama, 74% em Cujubim Grande e 48% em São Carlos) (Figura 4b).

Observou-se uma redução na porcentagem de entrevistados que afirmaram ter acesso à assistência técnica após a instalação das barragens em São Carlos (19% tinham acesso no

período pré-barragens e 0% no período pós-barragens) e Cujubim Grande (23% no período pré-barragens e 18% no período pós). Em Calama, no entanto, observou-se um aumento no acesso à assistência técnica (12% no período pré-barragens e 24% no período pós-barragens) (Figuras 5a e 5b).

Ainda que o extrativismo não tenha se mostrado como atividade econômica expressiva e nem de grande interesse no período pré-barragem (Figura 6a), os entrevistados no período pós-barragem relataram piora (37% em Calama, 40% em Cujubim Grande e 37% em São Carlos) no acesso aos recursos extrativistas após as usinas hidrelétricas (Figura 6b).

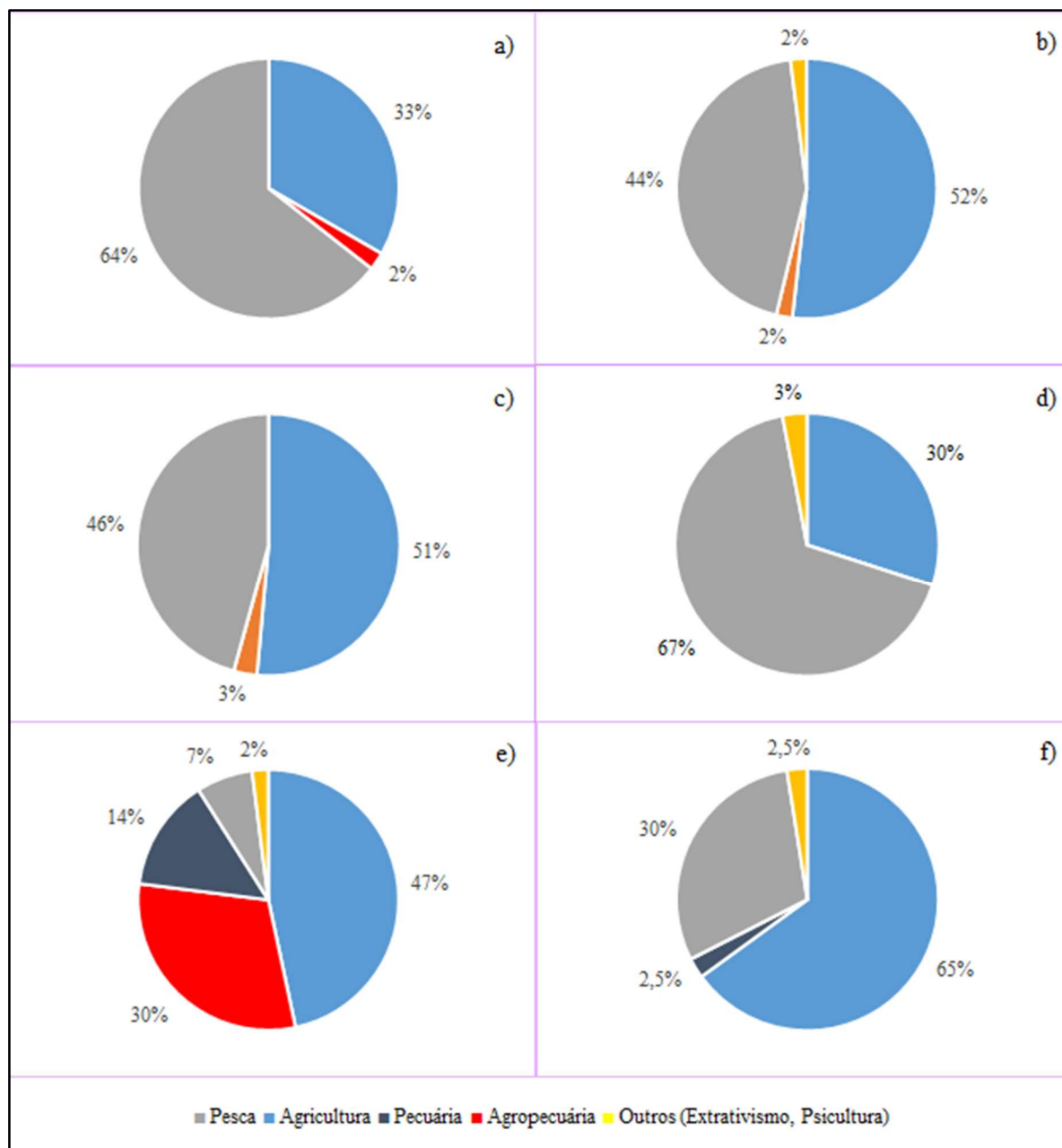


Figura 3: Mudanças nas principais atividades produtivas a) em Calama no período pré-barragens (IEPAGRO) e b) pós-barragens (INFEWS) barragens; c) em Cujubim Grande no período pré-barragens (IEPAGRO) e d) pós-barragens (INFEWS); e e) em São Carlos no período pré-barragens (IEPAGRO) e f) pós-barragens (INFEWS).

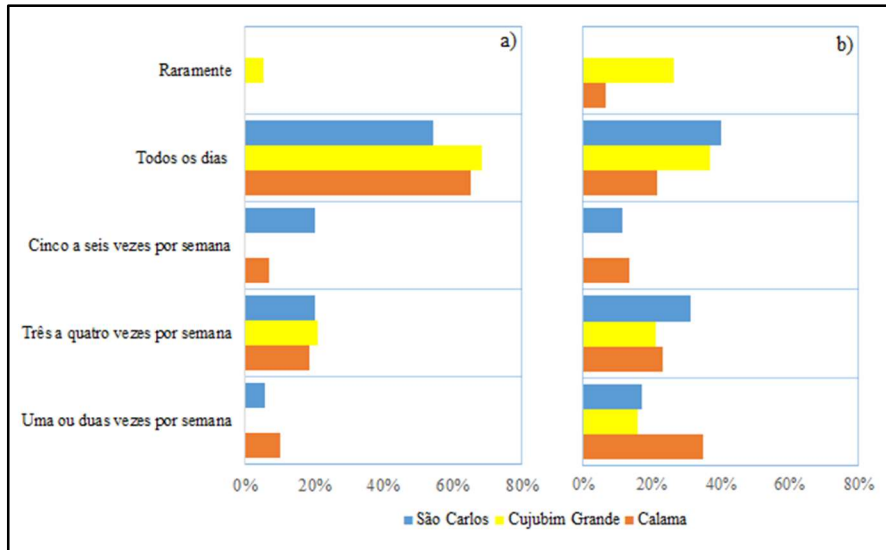


Figura 4: Frequência de consumo de pescado a) no período pré-barragens (IEPAGRO); b) no período pós-barragens (INFEWS).

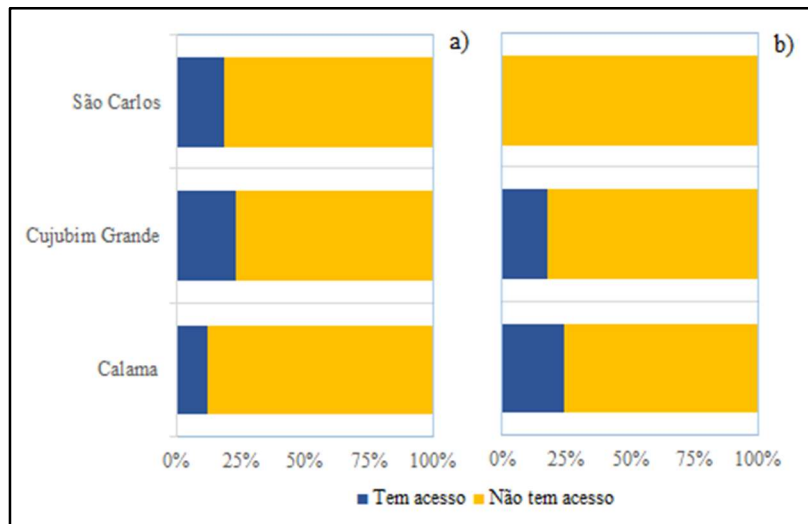


Figura 5: Acesso à assistência técnica a) no período pré-barragens (IEPAGRO); b) no período pós-barragens (INFEWS).

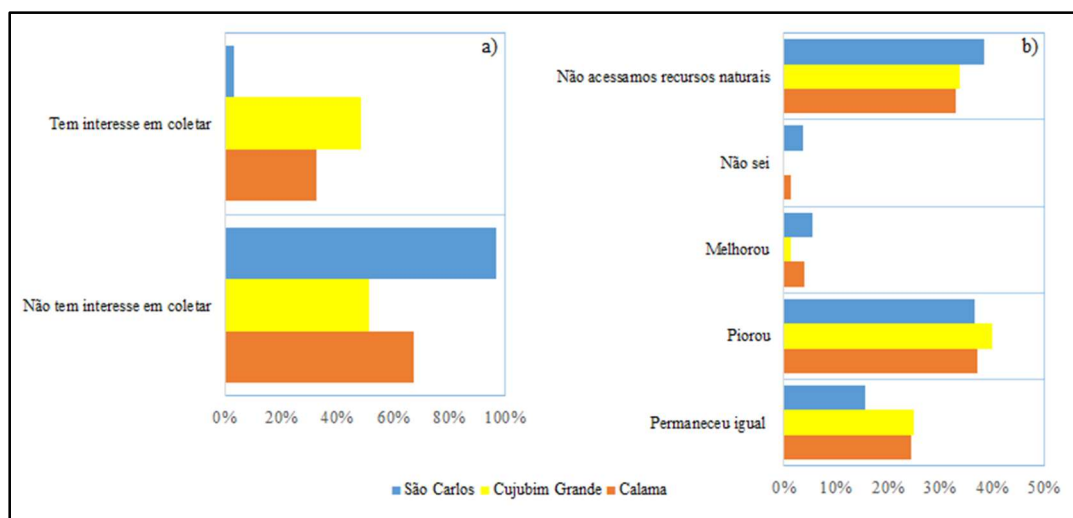


Figura 6: a) Interesse no extrativismo vegetal no período pré-barragens (IEPAGRO); b) Situação do acesso aos recursos naturais no período pós-barragens (INFEWS).

3.2 Saúde

No âmbito da pesquisa INFEWS, os entrevistados de São Carlos (38%) e de Cujubim Grande (38%) informaram que o acesso ao Sistema de Saúde da Família piorou com a chegada das usinas hidrelétricas. Em Calama, por outro lado, a maioria dos entrevistados (46%) indicou que o acesso ao Sistema de Saúde da Família permaneceu igual (25% acreditam que piorou e 28% que melhorou) (Figura 7).

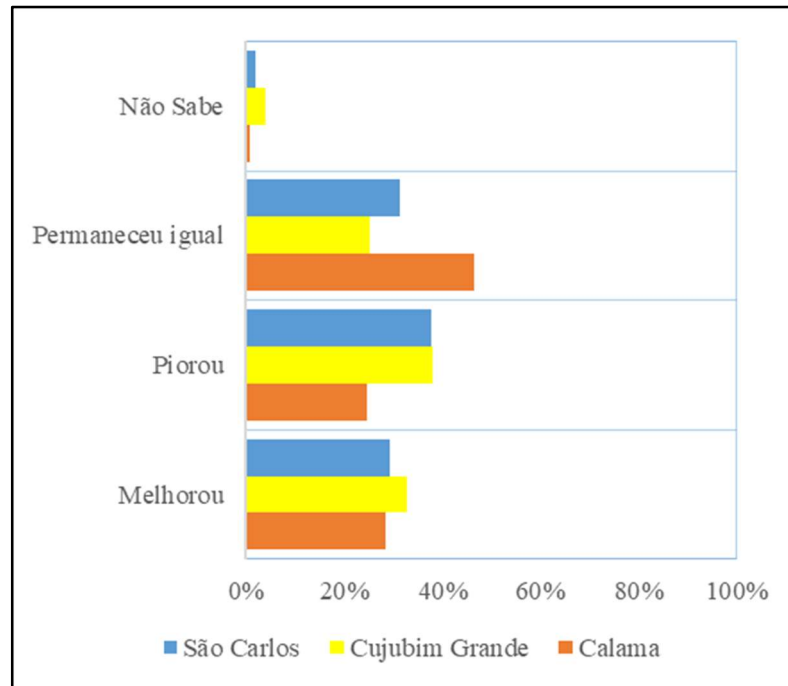


Figura 7: Situação do acesso à saúde da família entre os períodos pré e pós barragens (INFEWS).

Em São Carlos e Calama, a porcentagem de entrevistados que informaram acesso à água tratada reduziu entre os períodos de realização das pesquisas do IEPAGRO (100% em São Carlos e Calama) e do INFEWS (72% em São Carlos e 93% em Calama). Em Cujubim Grande, no entanto, o nível de acesso à água tratada aumentou no período entre as pesquisas (10% no IEPAGRO e 24% no INFEWS) (Figura 8).

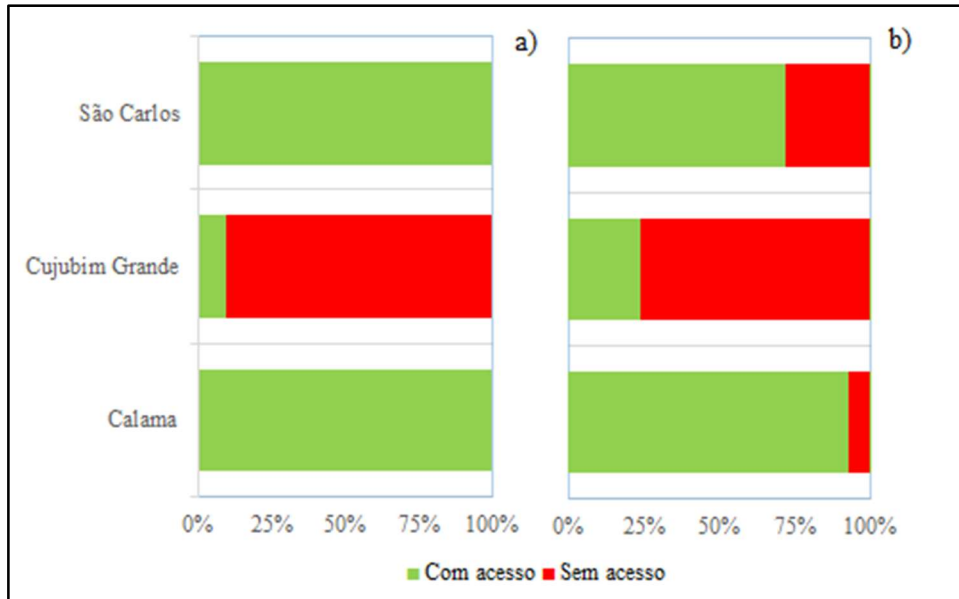


Figura 8: Acesso a água tratada a) no período pré-barragens (IEPAGRO); b) no período pós-barragens (INFEWS).

Em Calama e São Carlos, os acessos internos sanitários aumentaram (de 38% a 70% em Calama; de 58% a 61% em São Carlos). Os acessos sanitários externos reduziram (de 62% a 20% em Calama; de 28% a 14% em Cujubim Grande; de 42% a 19% em São Carlos) e a quantidade de residências sem instalação sanitária aumentou em todas as comunidades (de 0% a 2% em Calama; de 4% a 30% em Cujubim Grande; e de 0% a 20% em São Carlos) (Figuras 9a e 9b).

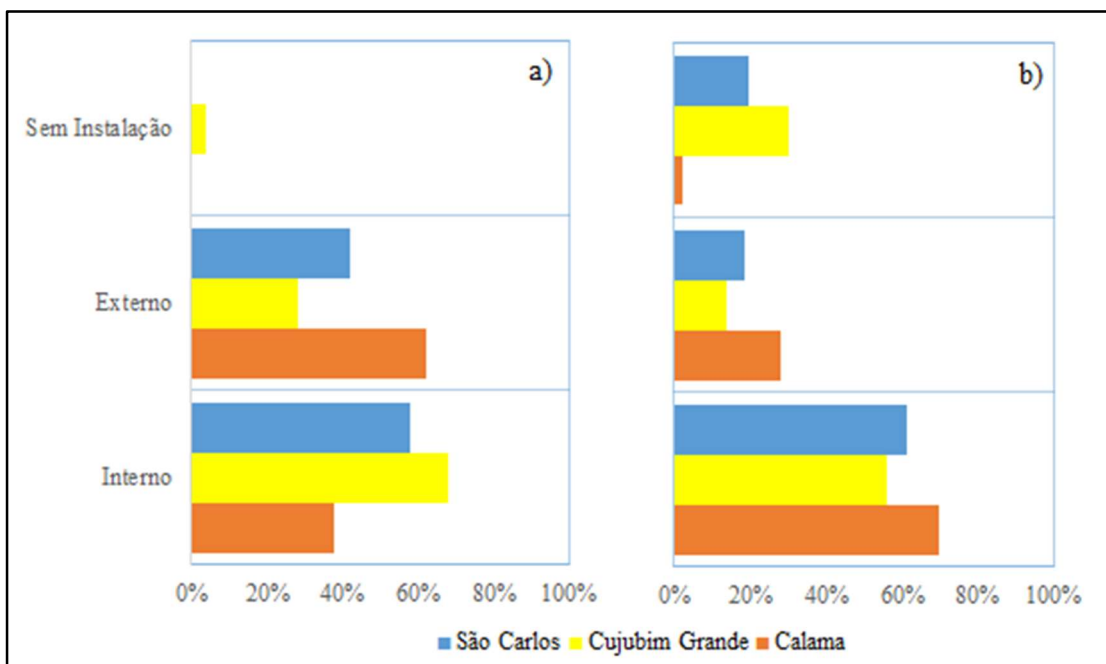


Figura 9: Acesso a instalações sanitárias a) no período pré-barragens (IEPAGRO); b) no período pós-barragens (INFEWS).

Quanto à disposição de resíduos sólidos em Calama e Cujubim Grande, os entrevistados apontaram para a diminuição da queima ou aterramento do lixo (de 100% para 59% em Calama; de 98% para 85% em Cujubim Grande) e aumento da disposição em caminhão de coleta (de 0% para 41% em Calama; de 2% para 15% em Cujubim Grande). Em São Carlos, a tendência foi contrária: houve aumento da queima ou aterramento de resíduos (63% para 96%) e redução da disposição em caminhão de coleta (37% para 4%) (Figura 10).

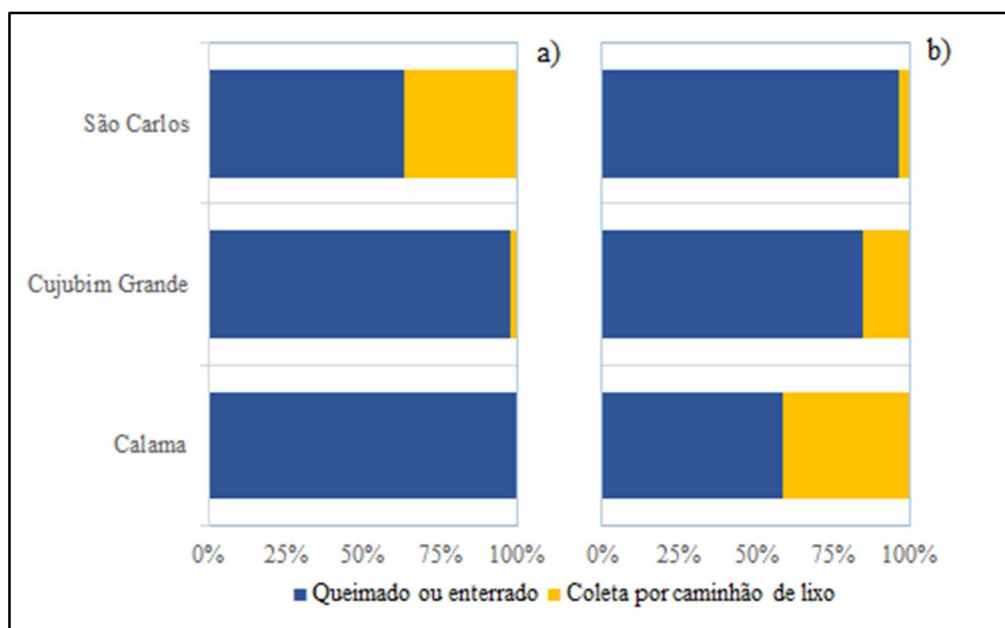


Figura 10: Disposição de resíduos sólidos a) no período pré-barragens (IEPAGRO); b) no período pós-barragens (INFEWS).

3.3 Educação

Não foram identificadas modificações significativas no nível educacional dos entrevistados nas três comunidades (Figura 11). Quanto à infraestrutura educacional, São Carlos possui uma escola municipal de ensino fundamental I e II (EMEF Henrique Dias) e outra escola com alunos do 6º ao 9º anos no ensino de jovens e adultos (EJA). Cujubim Grande possui uma escola municipal de ensino fundamental I e II (EMEF Deigmar de Moraes de Souza), e Calama possui uma escola municipal com os ensinos infantil e fundamental I e II (EMEIEF Dr^a Ana Adelaide Grangeiro) (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO VELHO, 2021).

No período pré-barragem, a maioria dos entrevistados de Cujubim Grande e São Carlos afirmou ter o ensino fundamental como nível educacional mais elevado (57% em Cujubim Grande e 49% em São Carlos), seguido por ensino médio (20% em Cujubim Grande e 32% em São Carlos). Em Calama, 53% dos entrevistados afirmaram ter

frequentado a escola até aprenderem a assinar o nome (sem conseguir desenvolver textos), ler minimamente e fazer contas simples. Ainda, 36% dos entrevistados tinham ensino fundamental completo e 5% ensino médio completo. Após as usinas, o número de respondentes que frequentaram a escola até aprenderem a assinar o nome (sem conseguir desenvolver textos), ler minimamente e fazer contas simples no distrito de Calama reduziu drasticamente (53% para 1%). Por outro lado, o número de pessoas com os níveis educacionais fundamental (36% para 54%) e médio aumentou (5% para 30%). Em Cujubim Grande, a porcentagem de entrevistados com ensino fundamental completo aumentou de 57% para 62%, e a de entrevistados com ensino médio completo diminuiu de 20% para 19%. Por fim, em São Carlos, a porcentagem de entrevistados com ensino fundamental completo diminuiu (49% para 43%), porém a porcentagem de entrevistados com ensino médio completo aumentou (32% para 35%). Ainda em São Carlos, a pesquisa INFEWS identificou que 13% dos entrevistados possuíam ensino superior (Figura 11).

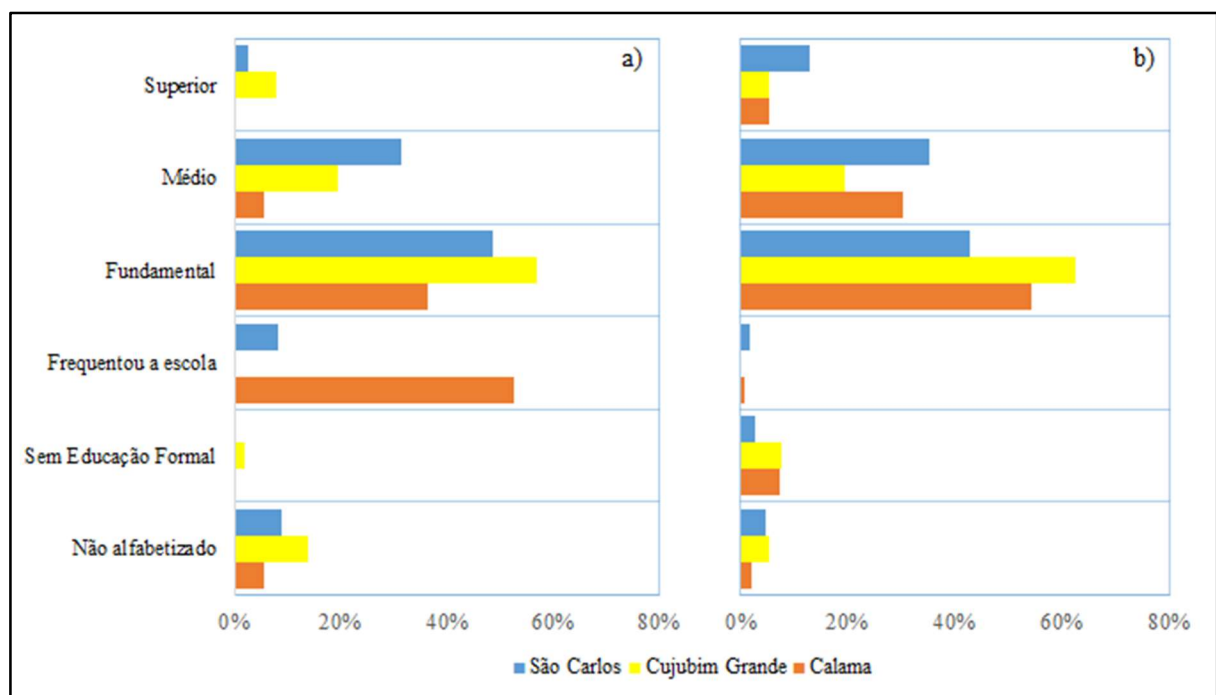


Figura 11: Nível educacional a) no período pré-barragens (IEPAGRO); b) no período pós-barragens (INFEWS).

3.4 Cultura

Não foram observadas mudanças significativas nos aspectos religiosos entre os períodos pré e pós usinas hidrelétricas. Em Calama e São Carlos, 80% e 58% dos entrevistados afirmaram que não houve modificações nas atividades religiosas após as usinas hidrelétricas, respectivamente. Em Cujubim Grande, 43% dos entrevistados afirmaram que as atividades religiosas comunitárias aumentaram (Figura 12).

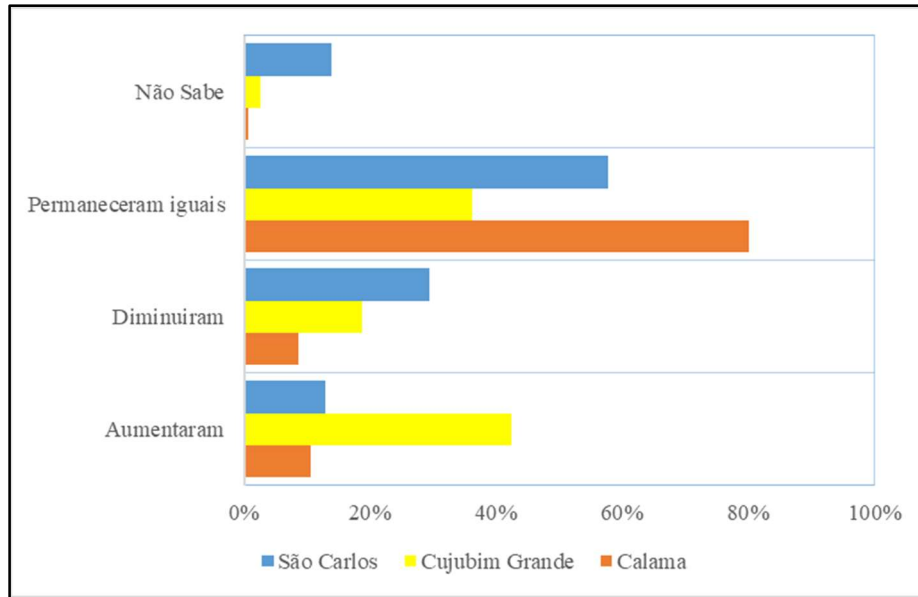


Figura 12: Situação das atividades religiosas entre os períodos pré e pós barragens (INFEWS).

3.5 Governança e participação

Em todas as comunidades entrevistadas, as taxas de filiação a organizações comunitárias e associações locais diminuíram após a chegada das usinas hidrelétricas. Em Calama, antes das usinas hidrelétricas, 56% dos entrevistados afirmaram ser filiados a organizações comunitárias; depois das usinas, este número diminuiu para 17%. A mesma tendência foi observada em Cujubim Grande e São Carlos: 57% e 98% dos entrevistados afirmaram fazer parte de alguma organização comunitária antes das usinas. Porém, após as usinas hidrelétricas, estes números foram reduzidos para 30% e 10%, respectivamente (Figura 13).

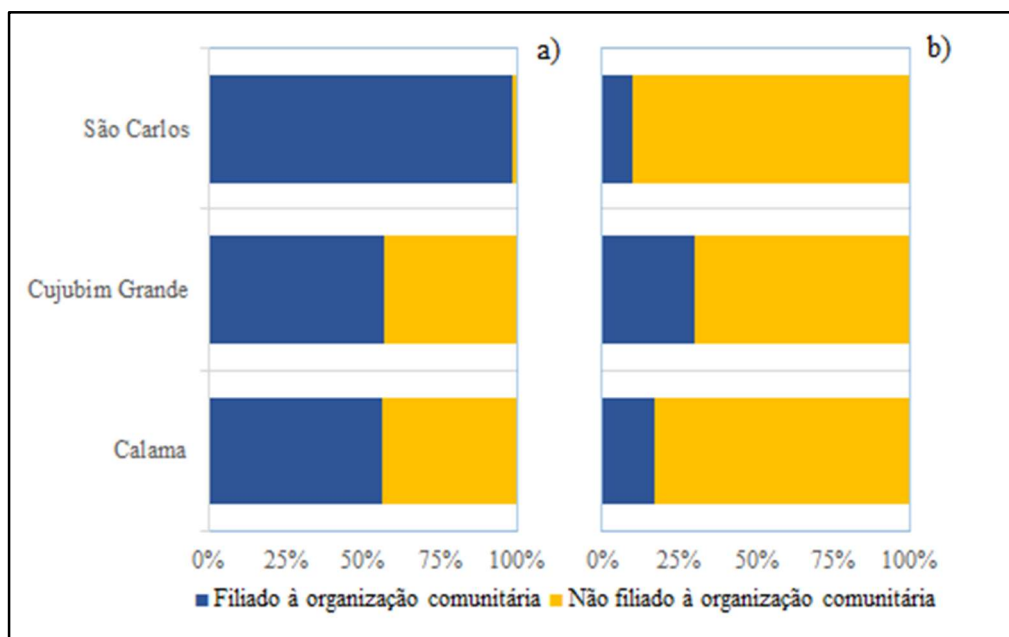


Figura 13: Filiação à organização comunitária a) no período pré-barragens (IEPAGRO); b) no período pós-barragens (INFEWS).

4. DISCUSSÃO

O rio Madeira é um dos mais importantes rios amazônicos, em termos de fluxo e carreamento de sedimentos, drenando cerca de 1,4 milhão de km² no Brasil, Peru e Bolívia (LATRUBESSE; STEVAUX; SINHA, 2005; SIQUEIRA JÚNIOR; TOMASELLA; RODRIGUEZ, 2015; LIMA, 2017). O regime hidrológico do rio Madeira exerce forte influência sobre a produtividade em pequenas propriedades agrícolas. Como a produção agrícola na Amazônia é altamente sazonal e dependente das variações hidrológicas, mudanças nos padrões fluviais e pluviais impõem desafios à manutenção da produção em pequenas propriedades. Outras atividades socioeconômicas também são alteradas com as transformações na hidrologia dos rios, como o transporte fluvial e o abastecimento das comunidades ribeirinhas.

Mudanças no uso da terra, desmatamento e construção de usinas hidrelétricas impõem transformações diretas sobre a hidrologia dos rios (ASSAHIRA *et al.*, 2017; SCHÖNGART; JUNK, 2020). No caso das usinas hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, mudanças nos fluxos hidrológicos do rio Madeira resultaram em impactos sobre a produtividade pesqueira e agrícola, tanto a montante, com o impedimento do cultivo de várzea pelo alagamento (FEARNSIDE, 2015), quanto à jusante das barragens, devido ao represamento da água e diminuição do fluxo (ARANTES *et al.*, 2022; ARANTES *et al.*, 2023; LIMA *et al.*, 2020; CELLA-RIBEIRO *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018).

Além disso, o rio Madeira possui uma dinâmica fluvial intensa e uma ampla planície de inundação. Com a crescente ocupação humana e aumento dos processos de desmatamento ao longo do rio, têm-se intensificado as alterações na dinâmica fluvial e na calha do Madeira (ADAMY, 2016). Em 2017, por exemplo, Gomes *et al.* (2020) observaram um total acumulado de 147.000 km² de desmatamento nos estados localizados na área hidrográfica da bacia do rio Madeira, o que representa cerca de 33% do total de desmatamento da Amazônia Legal. Branco (2020) não verificou a influência das usinas hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio nas dinâmicas de desmatamento para além das esperadas pelo Estudo de Impacto Ambiental. Ainda assim, altas taxas de desmatamento ao longo da calha do rio Madeira, aliadas aos padrões de funcionamento das usinas, têm conduzido a mudanças significativas no regime hidrológico, como alterações nas descargas e nas áreas de inundação (GOMES *et al.*, 2020).

Para a pesca, Doria e Lima (2015) reforçam a influência do regime hidrológico na produção pesqueira na bacia do Madeira, ao apontarem que os picos mais elevados de captura ocorreram durante a estação seca, uma vez que a concentração de peixes nos poucos

compartimentos aquáticos é mais elevada, aumentando, assim, a vulnerabilidade dos peixes e o grau de capturabilidade dos apetrechos de pesca. Lima, Kaplan e Doria (2017) também ressaltam que a dinâmica hidrológica do rio Madeira (especialmente nos aspectos nível máximo da água, duração da inundação, vazão do ano anterior e taxa de variação da vazão do rio) controlam a produção pesqueira no rio Madeira. Além disso, as espécies apresentam resposta única a este conjunto de variáveis hidrológicas, o que sugere que as futuras regras de operação das barragens deveriam simular o regime hidrológico natural, a fim de manter a dinâmica pesqueira nesses sistemas. Contudo, para Almeida et al. (2020), as operações da barragem de Santo Antônio aumentaram significativamente a variabilidade do fluxo diário com variações rápidas e de curto prazo no caudal do rio causadas por flutuações na procura de energia (hidropicos), o que pode alterar a dinâmica hidrológica a jusante dos barramentos. Essa alteração hidrológica pode ser prejudicial para os organismos aquáticos a jusante e populações humanas que utilizam o rio para navegação e pesca (ARANTES *et al.*, 2019; DORIA *et al.*, 2021).

Lima, Doria e Freitas (2012) discutem que, antes das barragens, a pesca artesanal exclusivamente representava 47,8% das atividades econômicas dos moradores de Calama; a agricultura era uma atividade de ocupação parcial e complementação de renda nos períodos em que a pesca não era praticada (defeso). A implantação das usinas hidrelétricas culminou em um decréscimo nas pescarias da comunidade pela redução das áreas de pesca e consequente abandono da atividade pesqueira ou migração de pescadores para áreas vizinhas em busca de melhores territórios (LIMA; DORIA; FREITAS, 2012).

Embora estudos tenham apontado para a diminuição na disponibilidade de recursos pesqueiros (LIMA *et al.*, 2020; ARANTES *et al.*, 2022; ARANTES *et al.*, 2023; CELLA-RIBEIRO *et al.*, 2017; DORIA *et al.*, 2017) e perda de áreas agricultáveis (SILVA FILHO; DIAS; TORQUATO, 2020; ROQUETTI, 2018) ao longo da calha do rio Madeira, nota-se que a comunidade de São Carlos apresentou aumento na proporção de entrevistados que possuem a pesca como principal atividade produtiva; e na comunidade de Cujubim Grande houve aumento na proporção de entrevistados que indicaram a pesca e a agricultura como principais atividades produtivas. No entanto, a frequência de consumo do pescado após as barragens reduziu nas comunidades estudadas, como já apontado por Arantes et al. (2023), como impacto das usinas hidrelétricas.

Ainda que o extrativismo não tenha recebido tanto destaque dentre as atividades produtivas mencionadas pelos entrevistados, Andrade, Teixeira e Leão (2022) confirmam que os empreendimentos hidrelétricos comprometeram a atividade extrativista e provocaram

desconfiguração de propriedades, o que implicou na perda de territórios pelas populações atingidas e maiores dificuldades no acesso aos recursos naturais, como açaí e castanha.

Os impactos socioecológicos da instalação de usinas e outros empreendimentos de grande porte também provocam transformações no campo da saúde, desenvolvimento humano e bem-estar, uma vez que as condições de vida da população estão relacionadas com a qualidade ambiental local (WILCOX *et al.*, 2019). Embora os impactos já fossem esperados, no caso de usinas hidrelétricas ainda há expectativa de algumas melhorias nos campos da saúde, educação e segurança, uma vez que recursos financeiros arrecadados para a compensação dos impactos dos empreendimentos são comumente investidos nestas áreas (ANEEL, 2007; PULICE; MORETTO, 2017). No caso de Santo Antônio e Jirau, no entanto, tais expectativas não foram atendidas no setor da saúde ribeirinha, e tampouco no setor educacional. Ainda, as comunidades a jusante da barragem de Santo Antônio nem ao menos foram consideradas no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) dos empreendimentos e, dessa forma, receberam compensações distintas daquelas concedidas a montante (MORET; GUERRA, 2009), que já apresentavam falhas (MORET; RIBEIRO, 2014).

Nas estruturas de governança participativas, os centros de tomada de decisão são compartilhados e há distribuição de poder e reconhecimento de instituições autogeridas que são fortemente orientadas pelas características locais e pela aprendizagem experiencial (NAGENDRA; OSTROM, 2012; OSTROM, 2007). Segundo Rocha *et al.* (2023), novas associações foram criadas pelas empresas responsáveis pelas usinas hidrelétricas para atender as comunidades. No entanto, essas associações não manifestaram configurações típicas do modo de vida ribeirinho, resultando em baixa adesão e uma vida associativa sem a participação ativa dos atores, como observado nos resultados deste estudo.

Além disso, os acordos de pesca (regras ou acordos definidos pelos próprios pescadores para a gestão da pesca e gerenciamento de conflitos) e a estrutura formal de governança dos sistemas socioecológicos foram enfraquecidos face ao desenvolvimento hidrelétrico no rio Madeira (DORIA *et al.*, 2021). Exemplos de acordos de pesca são os sistemas de ordem de chegada, estabelecimento do pescador em determinada área pesqueira e o “sistema por vez” de lançamento de redes para a captura de peixes. Tais acordos garantiam acesso ao pescado aos usuários locais (LIMA; DÓRIA; FREITAS, 2012), mas foram afetados negativamente no pós-barragens. Para as autoras, este enfraquecimento é resultado da falta de interação, de coordenação, de confiança e de reciprocidade entre os agentes no novo arranjo de governança após as usinas hidrelétricas, e tem fragilizado as organizações sociais e causado conflitos. Assim, as mudanças socioecológicas

representaram desestruturação de arranjos de governança pesqueira e surgimento de conflitos por áreas de pesca e por recursos (ARANTES *et al.*, 2022; DORIA *et al.*, 2021; DORIA *et al.*, 2020; DORIA *et al.*, 2012).

Esta verificação de impactos socioecológicos que de fato estão ocorrendo após o início da operação das usinas hidrelétricas permitiu a checagem e complementação dos dados, informações e conhecimento produzidos no contexto do Licenciamento e da Avaliação de Impacto Ambiental, e que foram previstos no momento da elaboração do Estudo de Impacto Ambiental dos empreendimentos. O conhecimento das dinâmicas socioecológicas e dos aprendizados experienciais desenvolvidos na fase de acompanhamento das usinas hidrelétricas (durante a sua operação) é um passo essencial para o estabelecimento de processos de Gestão Adaptativa que sejam capazes de contribuir com a mitigação mais efetiva dos impactos negativos gerados (MORETTO *et al.*, 2021).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da perspectiva dos sistemas socioecológicos, que é pautada pela ideia de que elementos biofísicos e sociais estão intrinsecamente relacionados e interdependentes, é assertivo considerar que mudanças em aspectos ambientais inevitavelmente repercutem em transformações nas estruturas socioeconômicas de comunidades. Logo, pode-se assumir que impactos ambientais de usinas hidrelétricas reverberam impactos socioeconômicos. No contexto amazônico, os impactos ambientais são fortemente evidenciados nas transformações da estrutura socioeconômica ribeirinha, uma vez que os modos de vida e a socioeconomia destas comunidades são diretamente influenciados pelas condições do ambiente. Os resultados encontrados nesta pesquisa e outros dados provenientes da literatura científica corroboram esta proposição.

Foi observado que mudanças nas condições naturais do rio causadas pela instalação e operação das usinas hidrelétricas influenciaram negativamente na organização e na prática de atividades econômicas como a pesca, agricultura e extrativismo. A estrutura de governança formal do rio Madeira também sofreu alterações ao incluir um novo ator (as usinas), que passaram a disputar o mesmo recurso (o rio). No campo da saúde, educação e cultura, as transformações não foram evidenciadas de forma explícita pelos entrevistados, ainda que a literatura científica aponte para potenciais impactos nestas áreas.

O estudo destaca a importância da realização de pesquisas sobre comunidades atingidas por barragens, elencando os impactos do dito “desenvolvimento econômico

nacional”, e da necessidade de se explorar as verdadeiras expectativas e desejos das comunidades para o desenvolvimento local. Espera-se que estes estudos possam fomentar e subsidiar melhorias em políticas públicas e instrumentos de gestão socioambiental e monitoramento, e torná-los mais participativos e igualitários.

Ainda que os resultados apresentados neste trabalho tenham relevância para a caracterização das transformações ocorridas em comunidades ribeirinhas atingidas por usinas hidrelétricas, é necessário considerar que inúmeras outras condicionantes e eventos afetaram a região durante o intervalo entre as coletas de dados, como a extrema cheia de 2014. Além disso, deve-se considerar que sistemas socioecológicos são complexos e, portanto, necessitam de acompanhamento contínuo, para o desenvolvimento de mecanismos de gestão adaptativa e resiliência da comunidade frente a distúrbios.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), através dos processos nº 19/17113-9 e 2020/07372-4 e NSF (INFEWS #1639115). Agradecemos ao Center for Global Change and Earth Observations da Michigan State University, e aos estudantes dos programas da UNIR: Dayana Catâneo e Igor Sant’Anna do laboratório de Ictiologia e Pesca; Fabiana R. Riva, Carolina Pante e Cássia Toshie Yamanaka do Programa de Pós-Graduação em Administração; Laila C. M. Belforte, Akyllam Z. Medeiro, Nadson W. F. Gasparelo, Guilherme R. Brunoro e Rafaela da Silva P. Reis do Grupo de Pesquisa em Geografia e Planejamento Espacial na Amazônia (GOT-Amazônia); e o Centro de Estudos Interdisciplinares em Desenvolvimento Sustentável da Amazônia - CEDSA, que ajudaram na coleta dos dados.

REFERÊNCIAS

- ADAMY, A. Dinâmica fluvial do Rio Madeira. In: SILVA, R. G. C. (org.). **Porto Velho: cultura, natureza e território**. Porto Velho: EDUFRO, 2016.
- ALMEIDA, R. M.; HAMILTON, S. K.; ROSI, E. J.; BARROS, N.; DORIA, C. R. C.; FLECKER, A. S.FLEISCHMANN, A. S.; REISINGER, A. J.; ROLAND, F. Hydropeaking Operations of Two Run-of-River Mega-Dams Alter Downstream Hydrology of the Largest Amazon Tributary. **Frontiers**, v. 8, 2020.
- ANDRADE, R. C. O.; TEIXEIRA, M. A. D.; LEÃO, M. Impactos da Hidrelétrica de Santo Antônio na configuração espacial do bairro Triângulo (Porto Velho/RO). **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 23, p. 78-99, 2022.

ANEEL. **A compensação Financeira e o seu município**. Brasília, 2007.

ARANTES, C. C.; FITZGERALD, D. B.; HOEINGHAUS, D. J.; WINEMILLER, K. O. Impacts of hydroelectric dams on fishes and fisheries in tropical rivers through the lens of functional traits. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 37, p. 28-40, 2019.

ARANTES, C. C.; LAUFER, J.; MAYER, A.; MORAN, E. F.; SANT'ANNA, I. R. A.; DUTKA-GIANELLI, J.; LOPEZ, M. C.; DORIA, C. R. C. Large-scale hydropower impacts and adaptation strategies on rural communities in the Amazonian floodplain of the Madeira River. **Journal of Environmental Management**, v. 336, 117240, 2023.

ARANTES, C. C.; LAUFER, J.; PINTO, M. D. S.; MORAN, E. F.; DUTKA-GIANELLI, J.; PINTO, D. M.; CHAUDHARI, S.; POKHREL, Y.; DORIA, C. R. C. Functional responses of fisheries to hydropower dams in the Amazonian Floodplain of the Madeira River. **Journal of Applied Ecology**, v. 59, n. 3, p. 680-692, 2022.

ASSAHIRA, C.; PIEDADE, M. T. F.; TRUMBORE, S. E.; WITTMANN, F.; CINTRA, B. B. L.; BATISTA, E. S.; RESENDE, A. F.; SCHÖNGART, J. Tree mortality of a flood-adapted species in response of hydrographic changes caused by an Amazonian river dam. **Forest Ecology and Management**, v. 396, p. 113-123, 2017.

BORGES, L. R. M. Desenvolvimento e resistência no contexto de implantação de grandes projetos na Amazônia brasileira: a disputa territorial em torno das usinas hidrelétricas do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). **Monções: Revista de Relações Internacionais da UFGD**, v. 9, n. 18, p. 310-340, 2020.

BRANCO, E. A. **Dinâmica de uso e cobertura da terra e grandes empreendimentos hidrelétricos na Amazônia**. 2020. 279 f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

BUSCHBACHER, R. A Teoria da Resiliência e os Sistemas Socioecológicos: como se preparar para um futuro imprevisível? **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, v. 09, n. 2003, p. 11-24, 2014.

CELLA-RIBEIRO, A.; DORIA, C. R. C.; DUTKA-GIANELLI, J.; ALVES, H.; TORRENTE-VILARA, G. Temporal fish community responses to two cascade run-of-river dams in the Madeira River, Amazon basin. **Ecohydrology**, v. 10, n. 8, e1889, 2017.

DORIA, C. R. C.; ATHAYDE, S.; LIMA, H. M.; CARVAJAL-VALLEJOS, F. M.; DUTKA-GIANELLI, J. Challenges for the Governance of Small-Scale Fisheries on the Brazil-Bolivia Transboundary Region. **Society & Natural Resources**, v. 33, n. 10, p. 1213-1231, 2020.

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**, v. 47, n. 4, p. 453-465, 2017.

DORIA, C. R. C.; DUTKA-GIANELLI, J.; SOUZA, M. P.; LORENZEN, K.; ATHAYDE, S. Stakeholder Perceptions on the Governance of Fisheries Systems Transformed by Hydroelectric Dam Development in the Madeira River, Brazil. **Front. Environ. Sci.**, v. 9, 2021.

DORIA, C. R. C.; LIMA, M. A. L. **Rio Madeira: seus peixes e sua pesca**. Porto Velho: EDUFRO, 2015.

DORIA, C. R. C.; RUFFINO, M. L.; HIJAZI, N. C.; CRUZ, R. L. A pesca comercial na bacia do rio Madeira no estado de Rondônia, Amazônia brasileira. *Acta Amaz.*, v. 42, p. 29–40, 2012.

FEARNSIDE, P. M. Impactos das Barragens do Rio Madeira: Lições Não Aprendidas para o Desenvolvimento Hidrelétrico na Amazônia. In: FEARNSIDE, P. M. **Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras**. Manaus: Editora INPA, 2015.

GOMES, W. B.; CORREIA, F. W. S.; CAPISTRANO, V.; VEIGA, J. A. P.; VERGASTA, L. A.; CHOU, S. C.; LYRA, A. A.; ROCHA, V. M. Avaliação dos Impactos das Mudanças na Cobertura da Terra e Cenário de Emissões (RCP 8.5) no Balanço de Água na Bacia do Rio Madeira. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 35, n. 4, p. 689-702, 2020.

IEPAGRO. **Relatório Projeto das Agroindústrias para o Médio e Baixo Madeira: Programa de Ações à Jusante AHE Santo Antônio**. Porto Velho, 2010.

LAURENCE, W. F.; CAMARGO, J. L. C.; FEARNSIDE, P. M.; LOVEJOY, T. E.; WILLIAMSON, G. B.; MESQUITA, R. C. G.; MEYER, C. F. J.; LAURENCE, S. G. W. An Amazonian forest and its fragments as a laboratory of global change. In: NAGY, L.; FORSBERG, B.; ARTAXO, P. (eds.). **Interactions between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin**. Berlin: Springer (Ecological Studies), 478 p., 2016.

LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C.; SINHA, R. Tropical rivers. *Geomorphology*, v. 70, p. 187–206, 2005.

LEGADO INITIATIVE. Legado Thriving Future Model. 2023. Disponível em: <<https://www.legadoinitiative.org/>>. Acesso em: 13 Nov. 2023.

LIMA, M. A. L. **História do ecossistema e dos recursos pesqueiros frente a implementação de hidrelétricas na Bacia do Rio Madeira**. 2017. 138 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2017.

LIMA, M. A. L.; CARVALHO, A. R.; NUNES, M. A.; ANGELINI, R.; DORIA, C. R. C. Declining fisheries and increasing prices: The economic cost of tropical rivers impoundment. *Fisheries Research*, v. 221, 105399, 2020.

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 & Sociedade*, v. 15, n. 2, p. 73-90, 2012.

LIMA, M. A. L.; KAPLAN, D. A.; DORIA, C. R. C. Hydrological controls of fisheries production in a major Amazonian tributary. *Ecohydrology*, v. 10, n. 8, e1899, 2017.

MAYER, A.; JOHANSEN, I. C.; LOPEZ, M. C.; SOUZA, M. P.; MORAN, E. F. Large hydropower projects increase stress despite compensation efforts: Evidence from the Brazilian Amazon. *PLoS One*, v. 18, n. 7, e0284760, 2023.



MAYER, A.; LOPEZ, M. C.; MORAN, E. F. Uncompensated losses and damaged livelihoods: Restorative and distributional injustices in Brazilian hydropower. **Energy Policy**, v. 167, 113048, 2022.

MAYER, A.; LOPEZ, M. C.; JOHANSEN, I. C.; MORAN, E. F. Hydropower, Social Capital, Community-Impacts and Self-Rated Health in the Amazon. **Rural Sociology**, v. 0, n. 0, p. 1-34, 2021.

MORET, A. S.; GUERRA, S. M. G. Hidrelétricas no Madeira: reflexões sobre impactos ambientais e sociais. **Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social**, v. 3, n. 7, 2009.

MORET, A. S.; RIBEIRO, A. M. A construção da hidrelétrica de Santo Antônio e os impactos na sociedade e no ambiente. **Interfaces Científicas - Humanas e Sociais**, v. 2, n. 3, p. 81-92, 2014.

MORETTO, E. M.; ATHAYDE, S.; DORIA, C. R. C.; GALLARDO, A. L. C. F.; ARAUJO, N. C.; DUARTE, C. G.; BRANCO, E. A.; PULICE, S. M.; ROQUETTI, D. R. Gestão Adaptativa na Etapa de Acompanhamento da Avaliação de Impacto Ambiental. **Estudos Avançados**, v. 35, n. 103, 2021.

NAGENDRA, H.; OSTROM, E. Polycentric governance of multifunctional forested landscapes. **International Journal of the Commons**, v. 6, n. 2, p. 104-133, 2012.

OSTROM, E. A diagnostic approach for going beyond panaceas. **PNAS**, v. 104, n. 39, p. 15181-15187, 2007.

OSTROM, E. A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. **Science**, v. 325, p. 419-422, 2009.

OSTROM, E. Polycentric systems for coping with the collective action and global environmental change. **Global Environ. Change**, v. 20, p. 550-557, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO VELHO. **Escolas Rurais - 2021**. 2021. Disponível em: <<https://semed.portovelho.ro.gov.br/uploads/arquivos/2021/08/40155/1629991593escolas-rurais-atualizada-julho-21.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2023.

PULICE, S. M. P.; MORETTO, E. M. A compensação financeira e o desenvolvimento dos municípios brasileiros alagados por usinas hidrelétricas. **Ambiente & Sociedade**, v.20, n. 4, p. 107-130, 2017.

ROCHA, D. F.; ARAÚJO, J. A. N.; CAMPOS, M. M.; COSTA, L. A. “Quem chegou primeiro?” Deslocamento de ribeirinhos na implantação da usina hidrelétrica de Santo Antônio (RO). **Mundo Amazônico**, v. 14, n. 1, p. 80-111, 2023.

ROQUETTI, D. R. Mudam as pessoas, mudam os lugares: transformações ambientais e nos modos de vida de populações deslocadas por barragens. 272 f. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo, 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.



SARAIVA, A. L. Festejos e religiosidade popular: o festejar em comunidades ribeirinhas de Porto Velho/RO. 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2007.

SARAIVA, A. L.; SILVA, J. C. Espacialidade das festas religiosas em comunidades ribeirinhas de Porto Velho, Rondônia. **Espaço e Cultura**, 2008.

SCHÖNGART, J.; JUNK, W. J. Clima e hidrologia nas várzeas da Amazônia Central. In: JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; WITTMAN, F.; SCHÖNGART, J. **Várzeas Amazônicas: Desafios para um Manejo Sustentável**. Manaus: Editora INPA, 2020.

SILVA, R. G. C.; LIMA, L. A. P.; CONCEIÇÃO, F. S. Territórios em disputas na Amazônia brasileira: ribeirinhos e camponeses frente às hidrelétricas e ao agronegócio. **Confins**, n. 36, 2018.

SILVA FILHO, E. C.; DIAS, K. W. S.; TORQUATO, C. C. A. O dano socioambiental decorrente da construção das hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau na região do Complexo do Rio Madeira e seus reflexos sobre o reassentamento Nova Mutum Paraná. **Athenas**, v. 1, p. 20-37, 2020.

SIQUEIRA JÚNIOR, J. L.; TOMASELLA, J.; RODRIGUEZ, D. A. Impacts of future climatic and land cover changes on the hydrological regime of the Madeira River basin. **Climatic Change**, v. 129, p. 117–129, 2015.

WILCOX, B. A.; AGUIRRE, A. A.; PAULA, N.; SIRIAROONRAT, B.; ECHAUBARD, P. Operationalizing One Health Employing Social-Ecological Systems Theory: Lessons From the Greater Mekong Sub-region, **Frontiers in Public Health**, v. 7, n. 85, 2019.