



**Impactos econômicos da construção da hidrelétrica de São
Luiz do Tapajós ao provimento de serviços ecossistêmicos
para a população local e regional**

Camila Jericó-Daminello

Susan Edda Seehusen

Irene Burgues Arrea

Aaron Bruner



Sumário executivo

Caso a AHE São Luiz do Tapajós seja construída, muitos serviços ecossistêmicos serão impactados, influenciando o bem estar de centenas de pessoas que deles dependem. A exemplo de experiências anteriores de construções de barragens, pode-se esperar que famílias realocadas e outras que a serem afetadas pelo aumento do desmatamento e por outros impactos aos serviços ecossistêmicos, terão uma diminuição no acesso aos mais variados produtos florestais madeireiros e não-madeireiros. Estas são importantes fontes de subsistência e de renda para dezenas de famílias. Além disso, devido à redução da qualidade de água a jusante da barragem a implantação deste empreendimento gerará custos adicionais aos municípios afetados. O aumento das emissões de gases de efeito estufa (gás carbônico e gás metano) poderá representar perda de fonte de renda de desmatamento evitado para alguns municípios. E a perda do principal atrativo turístico da região, trará impactos sobre áreas de lazer e recreação importantes para a população local.

Este trabalho visou estimar o que os impactos aos serviços ecossistêmicos significam em termos de valores monetários para as populações locais, localizadas nas áreas urbanas e rurais e nas comunidades ribeirinhas e indígenas.

Para isso foram adotados diferentes métodos de valoração econômica de acordo com o serviço ecossistêmico considerado e qual a sua relação com a população local a ser afetada. A Transferência de Benefícios foi utilizada para a análise do serviço relacionado à Subsistência e Produtos Florestais Madeireiros e Não-Madeireiros. Análise de Mercado foi utilizada para o serviço de Manutenção do Clima Global. E o cálculo de Custos Evitados foi utilizado para a análise de Qualidade de Água.

Em um dos cenários de projeção de desmatamento causado pela AHE São Luiz do Tapajós, está previsto o desmatamento de uma área de 473.448ha. A partir deste dado, foi possível estimar que cada uma das 27.846 famílias perderão uma renda anual de R\$7.980,00, a partir do primeiro ano de construção da barragem. O desmatamento também está relacionado com as emissões de gases de efeito estufa. Neste cenário citado acima, mais de 161.513.770 toneladas de CO₂ serão emitidas na atmosfera. O que representa um Valor Presente Líquido de R\$757.907.915,16, para os municípios e populações locais, caso estes participassem de programas de crédito de carbono, mantendo os estoques de carbono na biomassa.

Com a diminuição da qualidade da água a jusante da barragem, alguns municípios terão que arcar com a aquisição de sistemas de tratamento. Os gastos seriam por volta de R\$ 2.414.000,00 para a implementação do sistema, com custos anuais de manutenção de R\$ 532.740,00.

Ao final, foram calculados todos os Valores Presentes Líquidos de cada um dos impactos, para o período de 30 anos a partir da construção da usina hidrelétrica. Este VPL tem um valor em torno de R\$2.385.689.000,00. Ou seja, em 30 anos, este é o valor que será perdido para as populações locais a partir dos impactos aos serviços ecossistêmicos causados pela construção da AHE São Luiz do Tapajós.



Executive summary

If the AHE São Luiz do Tapajós will be built, many ecosystem services will be impacted, influencing the well-being of hundreds of local people who depend on them. As in previous studies about dams, families are reallocated and many others are affected by the increase of deforestation and other impacts on the ecosystem services. Because of this, local people will have a decreased access to a diversity of timber and non-timber forest products. These are important sources of livelihood and income for tens of families. In addition, due to reduced downstream water quality, the implementation of this project will generate additional costs to the affected municipalities. The increase of greenhouse gases emissions (carbon dioxide and methane) can represent foregone benefits for some municipalities. The loss of the main tourist attraction of the region will have an impact on important areas of leisure and recreation for local people.

This study aimed to estimate the impacts on ecosystem services in terms of monetary values for local population, located in urban and rural areas and riverside and indigenous communities.

For that it was adopted different methods of economic valuation according to the considered ecosystem service and what is its relationship with the local population to be affected. The Benefits Transfer was used for the analysis of services related to Livelihood and Income from Timber and Non-Timber Forest Products and Recreation service. Market analysis was used for the Global Climate Maintenance service and avoided cost calculation was used for Water Quality analysis.

In one of the scenarios created on this study, the deforestation caused by AHE São Luiz do Tapajós is expected to be an area of 473.448ha. From this data, it was possible to estimate that each of the 27,846 families will lose an annual income of R\$7.980,00, since the first year of dam construction. Deforestation is also related to emissions of greenhouse gases. In this scenario mentioned above, more than 161.513.770 tons of CO₂ will be emitted into the atmosphere. What represents R\$757.907.915,16 to the municipalities and local people, if they participate in carbon credit programs while maintaining carbon stocks in living biomass.

With the decrease of downstream water quality, some municipalities will have to pay for the acquisition of water treatment systems. Costs will be around R\$2,414,000.00 for the implementation of the system, with annual maintenance costs of R\$532,740.00.

In the end, it was calculated Net Present Values of each of the impacts for the period of 30 years, beginning on the construction year. This NPV has a value of approximately R\$2.385.689.000,00. Which means, in 30 years, this is the amounts that will be lost by the local population from the impacts on ecosystem services caused by the construction of AHE São Luiz do Tapajós.

Índice

Sumário executivo	2
Executive summary	3
Índice	4
1. Introdução	6
1.1 A bacia do rio Tapajós – a nova fronteira de produção de energia	6
1.2 O Médio-Baixo Tapajós – serviços ecossistêmicos, populações e bem-estar humano	9
1.3 AHE São Luiz do Tapajós e outras obras de infraestrutura	12
1.4 Impactos sociais e ambientais associados à empreendimentos hidrelétricos	15
1.5 Objetivo do estudo	17
2. Metodologia	19
2.1 Descrição geral	19
2.2. Grupos-alvo do estudo	21
2.3 Vetores de mudança	22
2.3.1 Desmatamento direto e indireto	22
2.3.2 Outros vetores de mudança.....	25
2.3 Tendências de mudanças no provimento de serviços ecossistêmicos e valores associados	26
2.3.1 Perda de renda de subsistência	27
2.3.2 Custos evitados de tratamento de água	30
2.3.3 Emissões de Gases de Efeito Estufa (Carbono Equivalente)	32
2.3.4 Síntese: serviços ecossistêmicos, impactos, populações afetadas e métodos de valoração.....	35
3 Resultados	36
3.1 Vetores de mudança	36
3.1.1 Desmatamento direto e indireto	36
3.1.2 Outros vetores de mudança.....	40
3.2 Grupos-alvo afetados	43
3.3 Valoração econômica	45
3.3.1 Perda de renda de subsistência	45
3.3.2 Custos Evitados de Tratamento de Água	46
3.3.3 Emissões de Gases de Efeito Estufa (Carbono Equivalente)	47
4. Compilação dos valores econômicos dos serviços ecossistêmicos	48
5. Conclusões e recomendações	49
6. Bibliografia	51
7. Agradecimentos	55
8. Anexos	57
8.1 Estimativas e dados para os cenários de desmatamento	57
Estimativa populacional.....	57
Modelagem espacial do desmatamento	58
Dados de entrada do modelo	59



Calibração do modelo	60
Validação do modelo.....	60
8.2 Parâmetros para estimativas populacionais	62



1. Introdução

1.1 A bacia do rio Tapajós – a nova fronteira de produção de energia

O crescimento econômico brasileiro dos últimos 40 anos está intrinsecamente atrelado ao aumento da demanda por energia elétrica. Novos acessos à energia elétrica para diversas famílias, ampliação das redes de distribuição, aumento do número de indústrias eletro-intensivas e recentes investimentos do Estado, vem provocando uma considerável pressão no setor energético como um todo (Goldemberg & Lucon, 2007). Essa urgência impulsionou o Governo Federal a resgatar projetos hidrelétricos na Amazônia, desenvolvidos nas décadas de 1970 e 1980 pelo governo militar (Souza Júnior et al., 2014). Um dos principais projetos daquela época, destinado à região da bacia do rio Tapajós, no estado do Pará, foi retomado com a publicação dos “Estudos de Inventário Hidrelétrico das Bacias dos Rio Tapajós e Jamanxim” em 2008, tornando a região a nova fronteira do desenvolvimento hidrelétrico nacional (Eletronorte, 2008).

Neste inventário, foram apresentadas 43 potenciais usinas hidrelétricas a serem construídas na bacia do rio Tapajós como um todo (WWF, 2013). Dentre estas, tem-se como destaque AHE São Luiz do Tapajós, com os maiores valores de potência instalada e energia firme, além do maior reservatório previsto (Eletronorte, 2008) (Fig.1).

A AHE São Luiz do Tapajós não se destaca somente por suas dimensões estruturais previstas, mas também pela grandiosidade dos impactos relacionados. Um dos principais agravantes desta barragem diz respeito à sua localização, a região do Médio-Baixo Tapajós, centralizada em um mosaico de municípios, Unidades de Conservação, Terras Indígenas e comunidades rurais, ribeirinhas e indígenas (Fig.2).

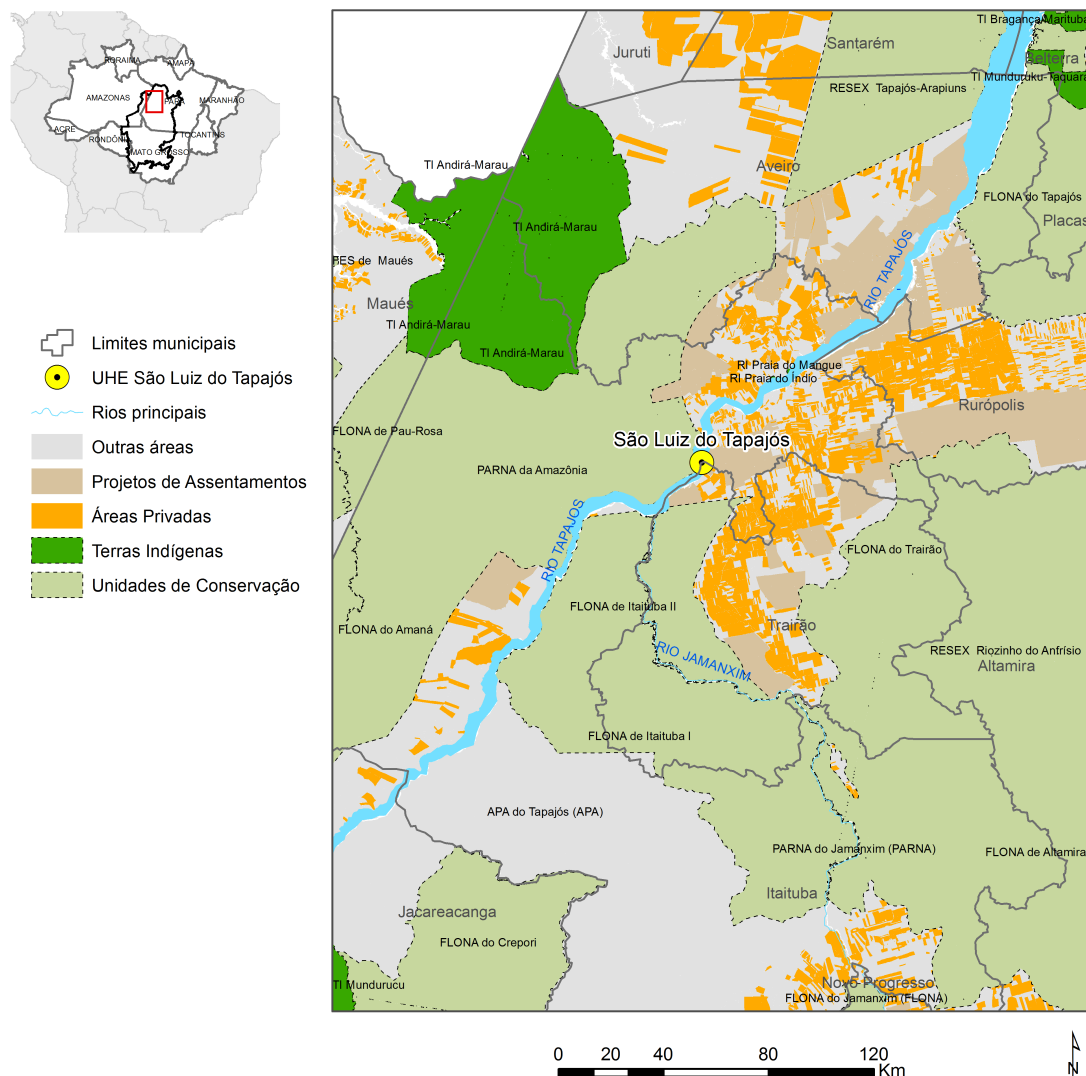


Figura 2. Região do Médio-Baixo Tapajós considerada no presente estudo.
Fonte: IPAM (2015).

1.2 O Médio-Baixo Tapajós – serviços ecossistêmicos, populações e bem-estar humano

A região do Médio-Baixo Tapajós, está inserida no bioma amazônico que apresenta predominantemente a cobertura típica de Floresta Ombrófila Densa. Devido à grande quantidades de rios e às dinâmicas de chuvas sazonais, há uma grande diversidade de ecossistemas transicionais, como as florestas aluviais, e ecossistemas aquáticos, diversos tributários e igarapés perenes ou sazonais (Ecology Brasil, 2014c; Eletrobras, 2014). As águas do rio Tapajós se caracterizam por serem claras e cristalinas, devido a extensa e preservada cobertura florestal e a baixa densidade populacional, sendo consideradas de boa qualidade em toda a bacia (Ecology Brasil, 2014c). A grande diversidade de habitats promove a existência de enorme biodiversidade, com expressivas taxas de endemismo (Ecology Brasil, 2014c; Lima, 2010). Ainda faltam estudos mais aprofundados sobre a riqueza florística e faunística da bacia do rio Tapajós, mas com as pesquisas já realizadas, sabe-se que esta é uma área representativa da riqueza encontrada na bacia amazônica como um todo (Ecology Brasil, 2014c).

A exuberância ecológica tem crucial importância na sobrevivência e bem-estar das populações locais, através dos serviços ecossistêmicos. Estes se caracterizam por serem os benefícios provindos dos ecossistemas, utilizados pelos seres humanos para a manutenção de sua vida e bem-estar (MA, 2005). Por estar inserida no bioma amazônico, a região do Médio-Baixo Tapajós provém serviços ecossistêmicos típicos (Tabela 1):

Tabela 1: Alguns dos serviços ecossistêmicos providos pela região do Médio-Baixo Tapajós.

Serviços de Provisão: alimentos - frutos, raízes, produtos agrícolas, peixes, caça etc.; água potável; plantas medicinais; e materiais utilizados para construções, como madeira e cipó (Funai, 2013).

Serviços de Regulação: estoque natural de gases de efeito estufa – principalmente CO₂ e CH₄ armazenados tanto na biomassa, quanto nos solos; regulação climática global e regional; controle de algumas doença infecciosas tropicais, como a malária, através da manutenção populacional de seus vetores (Foley et al., 2007).

Serviços Culturais: importantes sítios arqueológicos (Heckenberger et al., 2007); recreação e turismo – especialmente na época seca pela formação de inúmeras praias ao longo do rio, com destaque à região das Corredeiras do Rio Tapajós; experiência espiritual e inspiração cultural – toda a bacia do Rio Tapajós e o próprio rio são muito importantes para as crenças, lendas e identidade cultural da etnia Munduruku (Murphy, 1958). As comunidade ribeirinhas também são população tradicionais que apresentam a sua identidade muito atrelada ao ambiente em que vivem (Ecology Brasil, 2014a).

Serviços de Suporte: ciclagem de nutrientes; fotossíntese; habitats para uma imensa diversidade de espécies e manutenção deste patrimônio genético – diversas Unidades de Conservação localizadas nesta região foram classificadas como áreas prioritárias de importância biológica muito alta (Brasil, 2004)..

Todos estes serviços, e tantos outros não mencionados, sustentam a vida de diferentes pessoas local e globalmente. No entanto, é no nível local que se apresenta a maior dependência em relação à quantidade, variedade e qualidade dos serviços ecossistêmicos utilizados. Na região do Médio-Baixo Tapajós vivem, aproximadamente, 583.908 pessoas¹ (IBGE, 2010). Estas estão distribuídas entre centros urbanos e áreas rurais, comunidades ribeirinhas e Terras Indígenas.

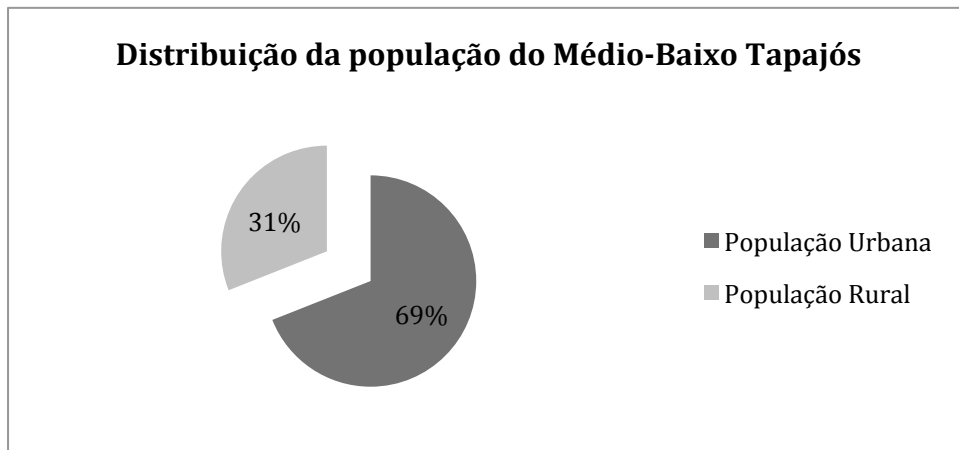


Figura 3. Distribuição da população da região do Médio-Baixo Tapajós, entre área urbana e rural. Fonte: IBGE, 2010.

São sete os municípios analisados neste estudo: Itaituba, Trairão, Aveiro, Belterra, Rurópolis, Santarém e Altamira. Se considerarmos a distribuição da população destes sete municípios, tem-se que 69% da população se encontra nos centros urbanos. No entanto, um olhar mais aproximado em cada um dos municípios, revela que Itaituba, Santarém e Altamira são importantes polos regionais, apresentando mais de 70% de seus habitantes nas cidades. Enquanto, Trairão, Aveiro e Rurópolis têm uma expressiva população rural que representa mais de 60% de sua população total (IBGE, 2010).

A **população rural** contabilizada no censo demográfico se encontra distribuída em áreas privadas rurais, vilas e comunidades ribeirinhas. Por mais que demograficamente façam parte de um grande grupo, na região do Médio-Baixo Tapajós estas podem ser divididas historicamente em dois grupos (comunicação oral com Maurício Torres²). Um dos grupos é composto por imigrantes, na grande maioria nordestinos, atraídos por programas de colonização da Amazônia durante toda a década de 1970 (Cunha, 2009). Foram inúmeras modalidades de assentamento na região, com destaque aos Projetos Integrados de Colonização de Itaituba e Altamira, os quais atraíram 100.000 famílias com promessas de um lote de terra e uma vida digna. No início, houve predomínio de atividades agrícolas

¹ Foram considerados os habitantes dos seguintes municípios: Itaituba, Trairão, Aveiro, Belterra, Rurópolis, Santarém e Altamira.

² Maurício Torres - Mestre e Doutor em Geografia Humana pela USP. Professor colaborador do Programa Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia - PPGRNA da Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa. Comunicação oral no mês de Agosto de 2015.

familiares localizadas nas áreas assentadas. No entanto, com o tempo essa colonização foi tomando outras proporções. O avanço da grilagem para outras áreas além dos assentamentos atraiu cada vez mais famílias. Municípios como Rurópolis, são frutos da expansão destas áreas. A assistência pública prometida para essas famílias, sempre foi precária, fazendo com que elas dependessem fortemente das pequenas plantações e, principalmente, de recursos florestais providos pelos ecossistemas locais (Cunha, 2009; comunicação oral com Maurício Torres).

O outro grupo que compõe a população rural censitária, é a **população ribeirinha**. Estas se encontram em comunidades e vilas tradicionais localizadas ao longo do Rio Tapajós e que apresentam, em média, mais de 100 anos. São povoados formados pela miscigenação indígena, principalmente de origem étnica Munduruku, com imigrantes atraídos pelos assentamentos e ciclos econômicos regionais, como o da borracha. Num levantamento feito pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) em 2009 ao longo do Rio Tapajós, entre os municípios de Itaituba e Santarém, foram contabilizadas 64 comunidades ribeirinhas, cada uma contendo, por volta de, 40 famílias. Estas vivem basicamente de agricultura familiar e pesca, mas também há muita dependência de outros recursos florestais não-madeireiros. Algumas comunidades mais organizadas, ou que são assistidas por projetos específicos, apresentam alguma fonte de renda associada ao artesanato, comercialização de frutos e até turismo ecológico. No entanto, de uma maneira geral, os benefícios sociais são as principais fontes monetárias para essas famílias. A assistência básica ainda é bastante precária com acesso limitado à saneamento básico, luz elétrica e postos de saúde (Amaral et al., 2009).

A **população indígena** é uma importante parte destes grupos citados acima. Na região do Médio-Baixo Tapajós há, por volta de, 9.624 indígenas que residem núcleos urbanos, áreas rurais (assentamento e comunidades ribeirinhas) e também Terras Indígenas específicas (IBGE, 2010). De acordo com a Avaliação Ambiental Integrada (AAI), nesta região se encontram, pelo menos, 12 etnias indígenas: Apiaká, Arapium, Arara Vermelha, Borari, Cara Preta, Cumaruara, Jaraqui, Maytapu, Munduruku, Tapajó, Tupaiu, Tupinambá (Ecology Brasil, 2014b). No entanto, mesmo com esta grande diversidade étnica, há a predominância dos Mundurukus. Este é um povo bastante conhecido pelas migrações e, portanto, intensa dinâmica de criações e abandonos de aldeias. Essas são impulsionadas por vários motivos, como escassez de recursos naturais, proteção de território ou proximidade de facilidades de acesso (FUNAI; PPTAL; GTZ, 2008)³.

Dentre as áreas e Terras Indígenas habitadas pelos Mundurukus, destaca-se a TI Sawré Muybu. Esta, ainda não homologada, está sendo auto-demarcada pelos próprios indígenas com auxílio de voluntários e movimentos sociais e, por estar localizada na área de influência do projeto da AHE São Luiz do Tapajós, estima-se que 7% da sua área seja alagada pelo reservatório. Por este motivo, passou a ser uma das principais lutas dos movimentos de resistência contra a barragem (FUNAI, 2013).

³ É sabida a existência de grupos e comunidades quilombolas na região do Médio-Baixo Tapajós, mas pouco conhecimento se tem sobre esses grupos.

1.3 AHE São Luiz do Tapajós e outras obras de infraestrutura

Os serviços ecossistêmicos locais e o bem-estar das populações situadas na região são ameaçados por grandes obras de infraestrutura, como as hidrelétricas. Isto se dá, principalmente pela falta de planejamento adequado, por análises insatisfatórias dos impactos associados e por problemas no licenciamento dessas obras. Os diferentes processos e etapas do licenciamento tem como objetivo ter um melhor entendimento do que está sendo proposto naquele empreendimento e quais as consequências do mesmo e, a partir deste ponto, adequar o projeto e propostas ou até, em casos mais extremos, impedir que haja andamento de determinado projeto. Mas, diferente do que é esperado, atualmente o licenciamento dessas obras apresenta grandes falhas, que impedem que problemas graves de execução e adequação à leis e normas sejam evitados. Sendo assim, o seu importante papel do licenciamento na tomada de decisão sobre a implementação do projeto, fica negligenciado (Fearnside, 2015c; ISA, 2015). No caso de Belo Monte, por exemplo, diversos problemas do licenciamento se mantiveram, mesmo com a emissão das licenças. Dentre as diversas lacunas encontradas nos processos e documentos do licenciamento, destaca-se as lacunas dos estudos sobre os impactos ambientais, como a perda da qualidade da água, o impactos sobre a biodiversidade e sobre os povos indígenas afetados (ISA, 2015).

Mesmo a AHE São Luiz do Tapajós sendo o foco deste estudo, não se pode desconsiderar as outras obras de infraestrutura previstas (algumas já em desenvolvimento) para a região. Estas fazem parte do Plano Plurianual Territorial Participativo da região do Tapajós, que, dentre vários setores, investirá em diversas obras de infraestrutura (SPI/Ministério do Planejamento, 2014). De uma forma geral, são obras que visam facilitar o escoamento de produtos oriundos do Mato Grosso, em especial a soja, através da hidrovía e rodovias até o porto de Miritituba e de lá para qualquer porto grande da região Norte,. Há também uma expectativa que estas obras possam impulsionar a economia local, na região de Itaituba. Além destes, há também a proposta de outras usinas hidrelétricas que, juntamente com a AHE São Luiz do Tapajós, comporia o Complexo Hidrelétrico do Tapajós (Fonseca & Mota, 2015; Souza-Júnior et al., 2014) (Fig. 4).

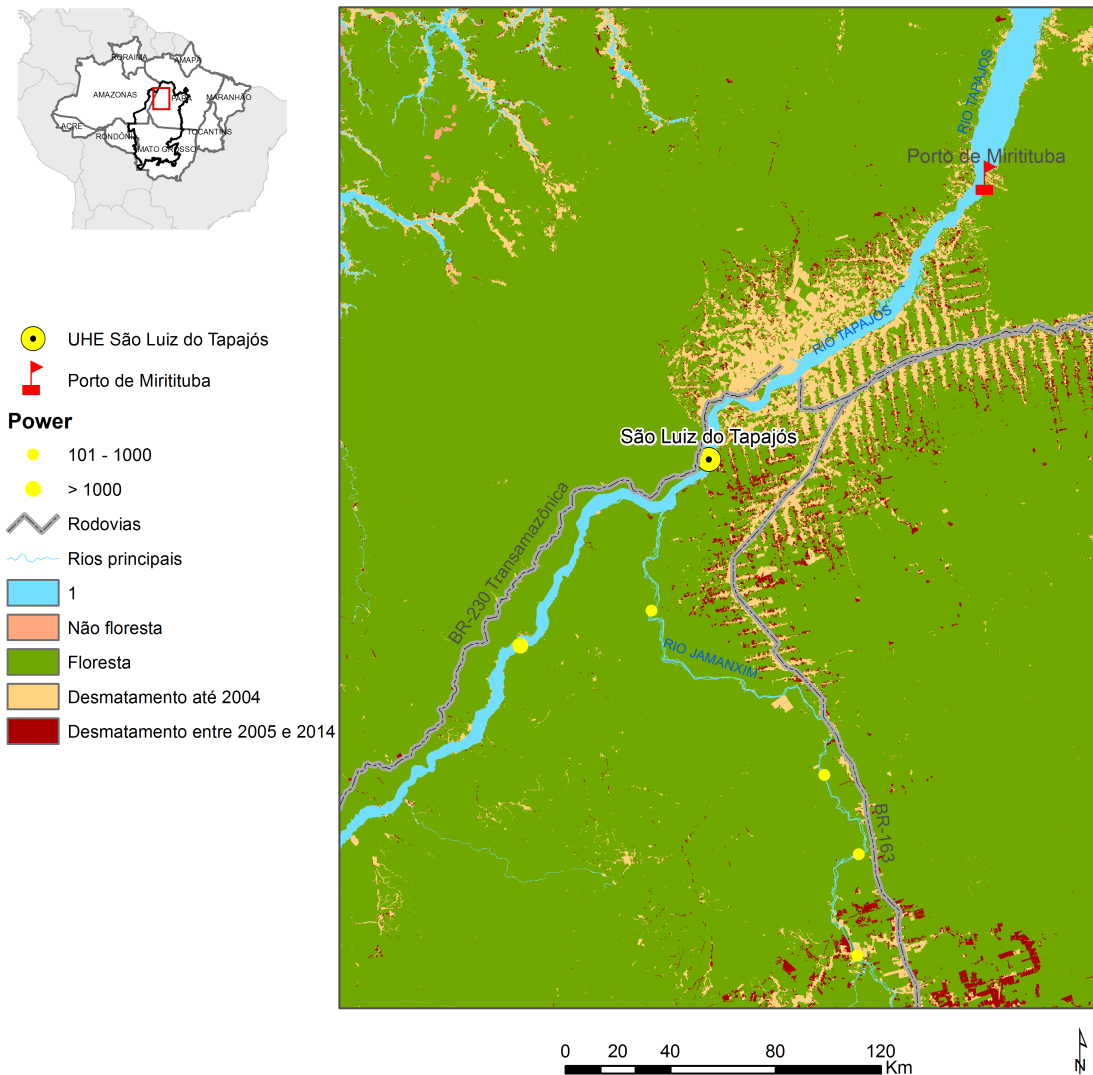


Figura 4. Algumas das obras de infraestrutura previstas para a região do Médio-Baixo Tapajós.
Fonte: IPAM (2015).

A tabela 2 descreve algumas das características específicas do planejamento da AHE São Luiz do Tapajós. Foram incluídas informações como peculiaridades do empreendimento, custos e alguns dos impactos (Tabela 2).

Tabela 2: Características básicas da AHE São Luiz do Tapajós (Eletrobras & CNEC Worley Parsons, 2014).

AHE São Luiz do Tapajós
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Usina plataforma</u>, um novo conceito de usina apresentado pela Eletrobras, uma alternativa mais sustentável de empreendimento hidrelétrico. No entanto, há críticas sobre a abstração deste conceito, sem grandes explicações ou estudos que considerem os impactos deste tipo de usina (Eletrobras, 2014; Souza Júnior et al., 2014); • <u>Potência instalada</u> total de 8.040MW em duas casas de força – principal de 7.740MW e complementar de 300MW – e <u>energia firme</u> total de 4.012MW médios;

- Reservatório, com área total de 720km², sendo que 376km² é de área a ser inundada (o restante é a calha natural do rio). Nível máximo esperado de profundidade é de 50m.
- O empreendimento abrange os municípios de Itaituba e Trairão, à margem direita do rio Tapajós. A barragem principal se localiza a montante das Cachoeiras de São Luiz do Tapajós.
- Três Unidades de Conservação tiveram seus limites alterados para que não houvesse inviabilização deste empreendimento, já que o mesmo afetaria diretamente áreas internas das unidades. O Parque Nacional da Amazônia (1.68% de sua área), Floresta Nacional de Itaituba I e Floresta Nacional de Itaituba II (2,5% e 7,9% de suas áreas respectivamente), foram desafetados. No entanto, ainda sim, as Florestas Nacionais de Itaituba I e II ainda serão afetadas em 0,04% e 4,62% de suas áreas, respectivamente (Lei Nº 12.678 de 25 de Junho de 2012);
- A época de maior contingente de trabalhadores para as obras deve reunir por volta de 13.000 pessoas;
- Custo total de R\$28.461 x 10⁶ (custos índice instalado de R\$3.540/kW instalado e R\$82,83/MWh para a data base de março de 2013 – com LT e O&M);

1.4 Impactos sociais e ambientais associados à empreendimentos hidrelétricos

De acordo com o World Commission on Dams os impactos de grandes empreendimentos hidrelétricos podem ser divididos em três ordens. Os de primeira ordem envolvem mudanças físico-químicas e estruturais devido ao barramento do rio e mudanças decorrentes do controle de sua vazão. Os de segunda ordem estão relacionados com impactos na produtividade primária, incluindo as áreas ripárias e a grande variedade de habitats destes ecossistemas afetados. Já os de terceira ordem, afetam a fauna (como os peixes), tanto pelas eventos de primeira ordem, quanto os de segunda ordem. Além disso, essas modificações ecossistêmicas, alteram ciclos biológicos, como o do carbono, resultando no aumento de emissões de gases de efeito estufa (WCD, 2000).

O reservatório causa um efeito adicional às usinas, dado que seu enchimento provoca a inundação de extensas áreas de ecossistemas florestais e de várzea, incorrendo na perda de habitats, de fauna e flora, além de alterações sedimentares e hidrológicas (WCD, 2000).

Em especial na região amazônica, o uso da terra é bastante modificado com a chegada deste tipo de empreendimento, principalmente pela atração de imigrantes. Vindos em busca de opções de trabalho e na expectativa de melhores condições de vida. Boa parte destas pessoas que chegam aos municípios próximos às obras, permanece na região após a finalização da construção, provocando um rápido aumento populacional. Grande parte da conversão de florestas a outros usos da terra, se dá por este fluxo migratório (Alencar & Pientokowiski, 2014).

A questão dos imigrantes é um importante impacto social já que os municípios que recebem estas pessoas ficam com o dever de dar assistência pública a essas pessoas, mesmo sem condições para isso (Tapajós Vivo, 2009). No entanto, são as populações tradicionais as que mais são afetadas pelas usinas hidrelétricas na Amazônia. Ribeirinhos e indígenas tem suas terras, meios de vida e cultura modificados. Muitas comunidades são diretamente afetadas pela construção do reservatório e pelo desmatamento subsequente.

Atualmente as populações locais dependem fortemente do acesso à diversos recursos naturais, principalmente as rurais e ribeirinhas que precisam destes recursos para sua subsistência. Dentre os diferentes impactos às populações locais, destacam-se os que alteram a qualidade e a quantidade dos serviços ecossistêmicos providos localmente utilizados pelas populações locais.

A vida destas populações rurais, ribeirinhas e indígenas, está pautada nos diversos serviços ecossistêmicos presentes na região: a água é utilizada para consumo humano, animal e para o deslocamento; o peixe é fonte de alimento e renda; os produtos retirados da floresta podem servir de alimento, como matéria prima e ter uso medicinal; as diferentes paisagens apresentam relevância religiosa e estão conectadas com as culturas tradicionais locais. A vida das populações presentes na região dependem dos serviços ecossistêmicos ali



presentes. Modificações no provimento destes serviços causam profundas alterações no bem-estar e sobrevivência dessas pessoas.

Sendo assim, o presente estudo irá se focar em alguns serviços ecossistêmicos que serão impactados caso a AHE São Luiz do Tapajós seja construída, para entender como esta afetará a economia de grupos locais.

1.5 Objetivo do estudo

Este estudo tem o intuito de analisar quais seriam os impactos aos serviços ecossistêmicos e como as pessoas que deles se beneficiam poderão ser economicamente afetadas, caso a AHE São Luiz do Tapajós seja construída.

Justificamos esta análise com dois argumentos principais, o primeiro diz respeito à falta de informação para a sociedade civil como um todo, especialmente para as populações locais que são diretamente afetadas por estes empreendimentos. O segundo está relacionado a importância da inclusão de externalidades nas análises de empreendimentos, estas não são de fato considerados, mas representam importantes custos econômicos, sociais e ambientais.

Em relação à falta de informação, através de observações locais e conversas com lideranças e atores envolvidos, foi possível perceber que há uma grave falta de informação comunicação entre os diferentes envolvidos: governos (federal, estadual e municipal), movimentos locais e regionais, instituições governamentais, empresas e consórcios envolvidos apresentam pouco ou quase nenhum diálogo, seja para simples divulgação de informações, seja para construção de elos ou estratégias mais comprometidos com os anseios e questionamentos locais. No caso da AHE São Luiz do Tapajós, os municípios inteiros, populações urbanas, rurais, comunidades ribeirinhas e povos indígenas ao redor do empreendimento serão diretamente impactadas, seja pela retirada de suas casas, seja por influência em seu modo de vida, ou no acesso à recursos ambientais importantes para a sua sobrevivência. No entanto, o que se observou é que estas pessoas pouco ou nada sabem de como realmente serão estes impactos, quais suas proporções e como isto influenciará o seu dia-a-dia.

Assim, a valoração econômica de serviços ecossistêmicos, é uma forma de se entender como essas populações seriam afetadas pelo empreendimento. Dentre as diversas análises possíveis sobre serviços ecossistêmicos, a valoração econômica dos mesmos permite indicar em termos econômicos quais são os impactos da perda de serviços específicos para as pessoas que deles dependem. Com informações concretas em mãos, os diferentes atores envolvidos na problemática sobre a possibilidade da construção da AHE São Luiz do Tapajós, poderão ter maior clareza sobre quais as consequências de se tomar uma decisão em detrimento de outra.

Esta discussão tem também importâncias práticas no desenvolvimento das questões sobre a AHE São Luiz do Tapajós. No momento deste estudo, este empreendimento se encontra sem a Licença Prévia (LP) necessária para que a etapa de leilão possa ser cumprida. A LP não foi concedida devido à uma ação do Ministério Público que exigiu a realização de um processo de Consulta e Consentimento Livre, Prévio e Informado (CLPI) oficial junto aos grupos indígenas a serem diretamente afetados pela barragem. Desde então (Setembro de 2012), todo o processo de negociação e desenvolvimento da AHE São Luiz do Tapajós se encontra parado. Legalmente, o Ministério Público se apoiou na Convenção 169 da OIT e na Constituição Brasileira. Para que o processo da AHE São Luiz do Tapajós possa ser



legalmente desenvolvido, é obrigatório que a CLPI seja feita com todos os povos indígenas que serão impactados diretamente pelo empreendimento.

O segundo ponto desta justificativa, diz respeito aos serviços ecossistêmicos que não são considerados nas análises de empreendimento hidrelétricos. Os impactos ambientais podem ser quantificados por meio da valoração econômica, como a realizada por este estudo, de forma que possam ser contabilizados pelas construtoras, governo federal e tomadores de decisão. É de crucial importância a valoração destas externalidades socioambientais, seguida pela incorporação das mesmas nos cálculos de custos e análises custo-benefício de grandes projetos de infraestrutura, como é o caso da implementação de uma usina hidrelétrica do porte de AHE São Luiz dos Tapajós.

2. Metodologia

2.1 Descrição geral

O objetivo essencial da valoração dos serviços ecossistêmicos é a consideração a natureza nas mais diversas tomadas de decisão de uma sociedade e seus governos. Os ecossistemas provêm benefícios importantes para os seres humanos, que não são plenamente reconhecidos em decisões políticas e de mercado. Estes apresentam serviços que se mostram frequentemente invisíveis pois estão disponíveis para serem usufruídos. O conceito de serviços ecossistêmicos está relacionado exatamente com esta ideia do uso, já que são as contribuições dos ecossistemas para bem-estar humano.

No entanto, por mais que todos nós dependemos dos serviços para nossa sobrevivência e bem-estar, nem sempre as decisões buscam a promoção da conservação dos ecossistemas. Muitas vezes estas se mostram como objetivos conflitantes. Por este motivo, é de extrema importância buscar formas de identificar e valorar os serviços ecossistêmicos para que estes possam ser considerados nos mais diversos processos de planejamentos e decisões. Incorporar os serviços ecossistêmicos nestas etapas é fazer com que o seu provimento possa ser garantido de forma equitativa e justa tanto para o presente momento, quanto para gerações futuras (TEEB, 2010).

O presente estudo buscou reconhecer os valores dos serviços ecossistêmicos que seriam impactados caso a AHE São Luiz do Tapajós fosse construída e a partir deste ponto, entender como as populações locais seriam afetadas economicamente em consequências destes impactos. Para isso, num primeiro momento, buscou-se **identificar quais seriam os serviços ecossistêmicos a serem impactados** por este empreendimento. Entendendo assim, quais os reais impactos de uma barragem deste porte para os serviços e suas provisões. Num segundo momento, houve a **priorização dos serviços ecossistêmicos**, cuja alteração de provimento afetaria a sobrevivência e bem-estar das populações locais e regionais. Para que, num terceiro e último momento, estes serviços já identificados e priorizados pudesse ser **valorados economicamente** permitindo uma análise do impacto de suas perdas para as pessoas afetadas. Esta metodologia foi baseada na abordagem gradual do TEEB para avaliar os benefícios da natureza (TEEB, 2010).

O método de pesquisa adotado teve diferentes etapas que permitiram o desenvolvimento do estudo até sua conformação final. Uma intensa e profunda revisão de literatura foi feita para entender quais seriam os impactos esperados com a construção da AHE São Luiz do Tapajós. Para isso, utilizou-se documentos oficiais como o Inventário Hidrelétrico, o Relatório de Impacto Ambiental, o Estudo de Impacto Ambiental, a Avaliação Ambiental Integrada, estudos diversos realizados na região, como os antropológicos, de levantamento e descrição de fauna, dentre outros. Além disso, a revisão de literatura também teve como foco outras hidrelétricas construídas na Amazônia, para que pudéssemos entender quais foram os impactos aos serviços ecossistêmicos presenciados nestes outros casos. Toda esta revisão foi importante para complementar o levantamento

de informações feito por meio de entrevistas com atores-chave locais e regionais. Estas entrevistas foram feitas principalmente durante a viagem de campo, mas algumas foram realizadas também através de ligações telefônicas. Estas entrevistas foram feitas com o objetivo de saber um pouco quais impactos eram esperados por estas pessoas que vivem e entendem bastante a realidade local. Algumas das instituições entrevistadas foram:

- Ministério Público Federal, a principal instituição pública que apoia legalmente a agenda de comunidades tradicionais e indígenas;
- Fundação Nacional do Índio, instituição governamental responsável pelas questões indígenas, incluindo como estas serão impactadas pelos projetos hidrelétricos e considerações sobre as propostas de mitigação;
- Instituto Chico Mendes para a Biodiversidade, instituição federal que gerencia as Unidades de Conservação federais;
- Associação Comunitária do Pimental, associação da principal comunidade que será alagada pelo reservatório da barragem planejada;
- Movimento Tapajós Vivo, movimento de resistência local contra o barramento do rio Tapajós e de outras obras que impactarão este;
- Lideranças Munudurku, Munduruku é a etnia indígena mais populosa da região e a principal a ser impactada pelo empreendimento.

Numa outra etapa do estudo, foram realizadas projeções de cenários de desmatamento direto e indireto a ser causado pela AHE São Luiz do Tapajós. Estas projeções foram feitas pelo Instituto de Pesquisas Amazônicas (IPAM) e baseadas no modelo de projeções de desmatamento para as 44 usinas hidrelétricas projetadas para toda a bacia do rio Tapajós (Alencar & Pientokowiski, 2014). Para a criação dos cenários utilizados no presente estudo, foram feitas adaptações no modelo de análise de Alencar & Pientokowiski (2014), delimitando os efeitos para somente a AHE São Luiz do Tapajós. Desta forma, os efeitos das outras hidrelétricas foram desconsiderados e excluídos das nossas análises.

Com todas estas etapas realizadas, uma nova revisão de literatura foi feita com o intuito de entender os métodos de valoração econômica mais adequados para os serviços ecossistêmicos selecionados. Quais métodos expressariam da melhor forma os valores desses serviços que seriam impactados, a fim de relacioná-los com as perdas econômicas das populações afetadas. Também neste momento, foram revisados estudos que poderiam servir de base para a metodologia de transferência de benefício por apresentar análises e resultados robustos e condizentes com os cálculos pretendidos no presente estudo.

A análise foi feita para o período de 30 anos, entre os anos de 2019⁴ -2049. Ou seja, entendeu-se que a construção de AHE São Luiz do Tapajós se iniciaria no ano de 2019 e as análises tiveram esta data como ponto de partida. Os cálculos foram realizados com ajuste de inflação do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Para as taxas de câmbio, foi utilizado a taxa média anual do ano em questão informada pelo Banco Central do Brasil (BACEN) . E a taxa de desconto social foi estipulada em 6%.

⁴ Esta data foi estipulada com base na reportagem de Rodrigues, E.; Gamarski, R.; Moura, R. M. "Programa de investimentos em energia elétrica prevê R\$186 bilhões até 2018" (O Estado de São Paulo, 11/8/2015).



2.2. Grupos-alvo do estudo

Este estudo teve como foco as populações local e regional que serão impactadas pela mudança esperada de provimento dos serviços ecossistêmicos. Focamos em dois grandes grupos: a população rural, ribeirinha e indígena; e os municípios em função da dependência destes grupos em relação aos serviços ecossistêmicos estudados.

- **População rural, ribeirinha e indígena**

Neste grupo esta reunida a população que mora fora dos centros urbanos. Parcela dessa população será realocada com a construção da usina hidrelétrica. São populações que habitam as áreas rurais dos municípios de Itaituba, Trairão, Aveiro, Rurópolis e Altamira, e também a Terra Indígena Praia do Índio (IPAM, 2015).

- **Municípios**

Este grupo envolve aqueles municípios, cuja população total será afetada pela mudança de provimento do serviço ecossistêmico.

A estimativa do tamanho da população dos dois grupos baseou-se no Censo de 2010 (IBGE, 2010) e no Censo Indígena de 2010 (IBGE, 2010) utilizando-se a previsão das taxas médias geométricas de crescimento populacional para Estado do Pará (IBGE, 2013b); Para estimar o tamanho médio das famílias no Estado do Pará foi usado o dado do estudo do IBGE (2013a);

Para definir o tamanho da população que será impactada por cada Serviços ecossistêmicos que tiveram como *driver* de impacto o desmatamento, foram relacionados com as populações localizadas nas áreas a serem desmatadas, como estimado pelo modelo de projeção do IPAM (2015). Já análises dos serviços ecossistêmicos relacionados às águas do Rio Tapajós ou ao uso da área de recreação do Parque Nacional da Amazônia, foram incluídas as populações que utilizam este benefício.

2.3 Vetores de mudança

2.3.1 Desmatamento direto e indireto

A construção de uma hidrelétrica traz consigo grandes áreas de desmatamento direto, devido as áreas de reservatório, dos edifícios e estruturas necessárias, além das áreas destinadas às estradas e linhas de transmissão construídas para o empreendimento (Eletrobras, 2014), e áreas ainda maiores de desmatamento indireto. Este último é efeito a partir do contingente populacional atraído pela possibilidade de emprego e novas oportunidades devido a presença (ou somente a especulação da chegada) do empreendimento hidrelétrico. Após o término da construção de uma usina hidrelétrica, do total de pessoas que chegam na região, uma parte vai embora, mas outra permanece, influenciando fortemente na dinâmica de desmatamento local (Alencar & Pientokowski, 2014).

As análises de desmatamento direto e indireto foram feitas pelo Instituto de Pesquisas Amazônicas (IPAM), através de modelos e projeções de cenários futuros. A projeção de cenários futuros é utilizada como um método prospectivo para auxiliar na tomada de decisões, facilitar o planejamento de ações e entender as possíveis incertezas e riscos associados com o objeto ou tema em questão. Estes cenários podem representar projeções realistas de tendências atuais, assim como também, previsões qualitativas e quantitativas dos fenômenos investigados.

Na projeção dos cenários foi admitida a taxa de desmatamento da série histórica entre os anos de 2010 a 2014. O adicional de desmatamento estimado com a AHE São Luiz do Tapajós em relação ao estimado sem este empreendimento resulta no impacto causado pela implantação deste projeto na região. Para a análise de desmatamento, foram estipulados três diferentes cenários (Fig.5).

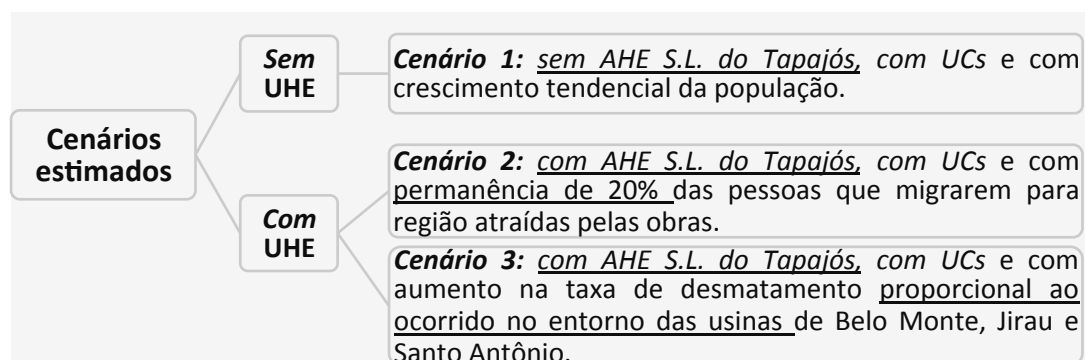


Figura 5: Fluxograma com os diferentes cenários estimados (2019 a 2049).

A população local foi estimada sob duas situações, uma mantendo o crescimento tendencial da região e outra com influência da implantação da AHE São Luiz do Tapajós. Para considerar a influência das usinas utilizou-se como referência o crescimento da população

nos municípios de abrangência das UHEs de Jirau e Santo Antônio no estado de Rondônia e Belo Monte no estado do Pará.

Para a estimativa da relação entre desmatamento e população foram utilizados dados do período entre 2008 e 2013 (Figura 3). O desmatamento utilizado para a análise é da base de dados do PRODES-INPE (Programa de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e a população é do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Esta relação gerou uma função de ajustamento entre as duas variáveis (Fig. 6). O resultado da função foi utilizado para a projeção do desmatamento futuro, considerando como impacto, o crescimento adicional da população vinculado à imigração de pessoas para construção da usina hidrelétrica em questão. Método semelhante de estimar o crescimento populacional e sua relação com o desmatamento foi empregado por Barreto et al. (2011).

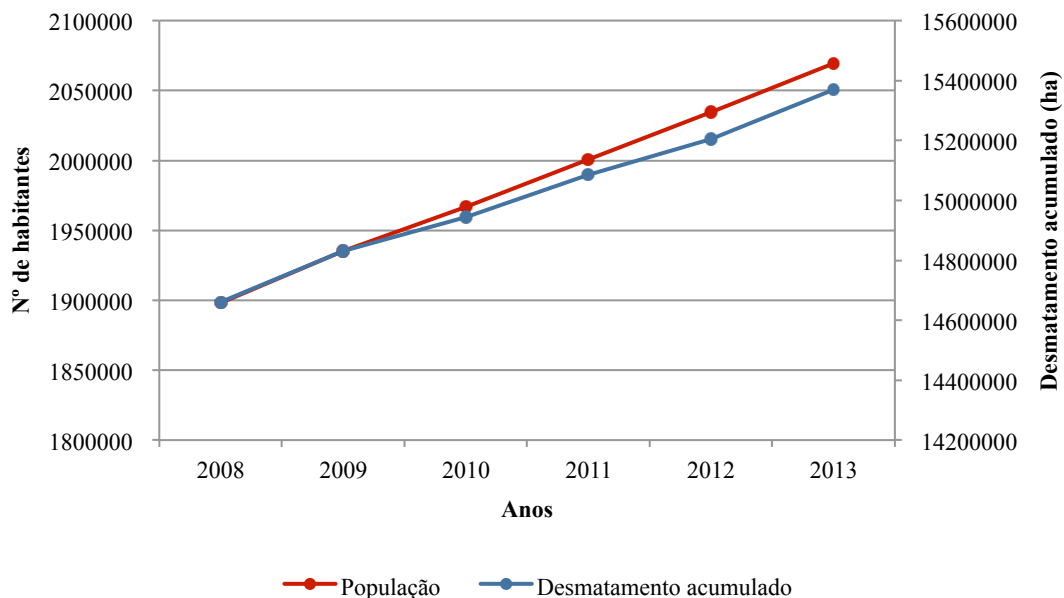


Figura 6: Relação entre população e desmatamento.

Para analisar a influência de AHE São Luiz do Tapajós no desmatamento, no espaço e no tempo, diagnosticou-se o adicional de desmatamento associado à construção de UHEs. Três são o total de UHEs que foram utilizadas, Jirau e Santo Antônio em Rondônia e Belo Monte no Pará.

Para identificar a dinâmica do desmatamento no tempo foram utilizados dados de desmatamento de quatro anos antes do início das obras e quatro anos depois. Quanto à análise de forma espacial foram criados 20 buffers de 10 km cada, totalizando 200 km contados a partir do local de construção da AHE. Dentro dos buffers foram excluídas todas as áreas de Unidades de Conservação e Terras Indígenas. Em seguida obteve-se a taxa relativa desmatada em cada um dos buffers por ano. Os valores resultantes foram plotados



num gráfico, que permitiu identificar a variação da taxa de desmatamento nos anos e em relação a cada um dos buffers.

O ponto de corte considerado que houve influência das UHEs na dinâmica do desmatamento foi em 120 km. Isso foi definido quando se separou a quantidade desmatada até o início das obras e após esse período. O que ficou perceptível, pois o desmatamento depois do início das obras mostrou taxas superiores nos primeiros 120 km em relação ao desmatamento antes de iniciarem a construção das UHEs. Enquanto que acima de 120 km o desmatamento nos dois períodos, antes e depois de início das obras manteve-se com padrão semelhante. Os dados dessa análise foram utilizados proporcionalmente para intensificar o desmatamento até 120 km da AHE São Luiz do Tapajós.

Na etapa de projeção dos cenários futuros, para cada um dos cenários simulados foi implementado um construtor de estradas, que, à medida que o modelo era executado e sob um conjunto de parâmetros favoráveis, novas estradas são inseridas ao mapa. Para melhor representar a estimativa do desmatamento foi adicionado ao modelo um sistema de saturação local, responsável por manter uma área mínima de remanescente florestal por área. Assim, foi definido que a cada quadrante de 400 hectares, no máximo 80% poderia ser desmatado. Esse percentual foi definido depois de analisar o histórico de desmatamento da região e constatado que cerca de 88% dos quadrantes tem no máximo 80% desmatado. Além da espacialização do desmatamento ter sido mais bem representada.



2.3.2 Outros vetores de mudança

Como citado anteriormente e que será melhor detalhado nas próximas sessões, a implementação de um empreendimento hidrelétrico promove diversos impactos ambientais, não só relacionados com o desmatamento associado, mas também com a presença da própria barragem e suas mudanças na dinâmica natural do rio e em suas propriedades físico-químicas.

A barragem por si só é um impedimento físico da movimentação de componentes químicos, sedimento e biodiversidade presentes no rio. Sua presença impede fluxos migratórios de peixes e provoca alterações nos fluxos de erosão e sedimentação provenientes do corpo d'água. O controle das águas do rio passa a ser feito pelas comportas da barragem, influenciando as variações naturais da temperatura da água, velocidade da água e dinâmica de cheias e vazantes.

Todas essas modificações influenciam o rio como um todo, suas águas, suas margens e a biodiversidade que ali vive. Estes impactos serão detalhados mais a frente, e serão relacionados com os impactos aos serviços ecossistêmicos e sua influência no bem-estar das populações locais.



2.3 Tendências de mudanças no provimento de serviços ecossistêmicos e valores associados

Para estimar como a construção da AHE São Luís do Tapajós irá impactar a provisão de serviços ecossistêmicos para as comunidades locais e regionais, realizamos uma vasta revisão bibliográfica sobre impactos de empreendimentos hidrelétricos em florestas tropicais, em especial na Amazônia brasileira.

A valoração econômica é um mecanismo de demonstrar a importância dos serviços ecossistêmicos em termos monetários.

A realização de uma vasta Nesta etapa buscou-se selecionar quais seriam os serviços ecossistêmicos “chave” para o propósito do presente estudo. Ou seja, quais dos diversos serviços impactados por hidrelétricas afetariam diretamente o modo de vida das populações locais consideradas neste estudo. Também foram avaliados dados secundários disponíveis, quanto a sua robustez e qualidade, afim de selecionar quais seriam utilizados nas análises específicas de valoração. Estes fomentaram cada uma das análises de valoração econômica, com valores, dados e parâmetros.

Houve um especial cuidado em evitar que houvesse qualquer contagem dupla (*double counting*) durante a valoração dos serviços ecossistêmicos. Por este motivo, o arranjo e agrupamento de serviços ecossistêmicos e populações locais envolvidas, tiveram diversas conformações até que se chegasse a esta versão final.

2.3.1 Perda de renda de subsistência

Produtos florestais madeireiros e não-madeireiros são todos produtos originários de uma área florestal. Madeira, folhas, frutos, sementes, óleos, fungos, produtos de origem animal, dentre outros (Machado, 2008).

Na região do Médio-Baixo Tapajós, as populações rurais, ribeirinhas e indígenas utilizam diversos destes produtos, os quais sustentam o seu bem-estar e sobrevivência. Há a coleta do palmitos e frutos Açaí (*Euterpe* sp.), Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsia*), Bacaba (*Oenocarpus* sp.), Buriti (*Mauritia flexuosa*), Copaíba (*Copaifera* sp.), Andiroba (*Carapa guianenses*) e ervas medicinais diversas, como a seiva do Amapá (*Parahancornea* sp.) para doenças pulmonares ou o cipó-curimbó (*Tanaecium nocturnum*) para curar picada de cobra, dentre outros. Há também uma relevante produção familiar de mandioca (*Manihot esculenta*) e, em algumas regiões, feijão (FUNAI, 2013; comunicação pessoal com Maurício Torres; Tapajós Vivo, 2009).

Em relação aos produtos de origem animal, destaca-se a pesca e a caça de espécies como o tatu (Família Dasypodidae), o jabuti (*Chelonoidis* sp.) e o caititu (*Pecari tajacu*) (Tapajós Vivo, 2009; Funai, 2013; comunicação pessoal com Maurício Torres; Amaral et al., 2009). A madeira é utilizada para construção de casas, canoas, casas de farinha etc. E de acordo com o EIA-RIMA, esta região é rica em madeiras nobres como o Tauari (*Couratari* sp.), Cupiúba (*Goupia glabra*), Itaúba (*Mezilaurus itauba*), Cedro Rosa (*Cedrela* sp.), e Jatobá (*Hymenaea* sp.) (Eletrobras & CNEC Worley Parsons, 2014).

O recurso pesqueiro é uma das principais fontes proteicas de consumo próprio e fonte de renda para diversas famílias (Ecology Brasil, 2014a; Souza Júnior et al., 2014). A pesca também é vista como uma forma de expressão e perpetuação cultural, principalmente para os povos indígenas (IDESP, 2014; FUNAI, 2013). Estima-se que haja, em média, 3.000 pescadores tradicionais somente em Itaituba que tem a sua renda gerada principalmente do pescado. É sabido que há também um número expressivo de pescadores de peixes ornamentais, mas este número não pode ser devidamente estimado (comunicação pessoal com a Associação de Pescadores de Itaituba). Dentre os principais pescados da região, tem-se a Branquinha, Acará, Jaraqui e Caratinga (nomes populares). Juntamente com os peixes de escama, estes são considerados peixes de baixo valor comercial, mas que são pescados em maior abundância. Já o Tucunaré, Surubim, Dourada e o Filhote, são peixes de alto valor comercial, mas mais raros na pesca (comunicação pessoal com a Associação de Pescadores de Itaituba).

A coleta de produtos florestais madeireiros e não-madeireiros também é uma forma de fortalecimento de cultural, por ser uma prática baseada em saberes tradicionais, transmissão de conhecimento e unidade cultural (Funai, 2013; comunicação pessoal com Maurício Torres). Além disso, as paisagens e os diferentes ambientes naturais da região apresentam importâncias culturais, sentimentais e de identidade para as comunidades que lá se fortalecem e se desenvolvem (FUNAI, 2013; ISA, 2015; comunicação pessoal com Maurício Torres; Tapajós Vivo, 2009). Toda a sobrevivência, física e de identidade, dependem de serviços ecossistêmicos providos pela região em que elas vivem. Áreas



florestais preservadas e rios com água de alta qualidade, mantém a provisão dos serviços ecossistêmicos necessários à subsistência e à renda que mantém essas populações, como é hoje observado na região do rio Tapajós.

A construção de hidrelétricas na Amazônia tem sido marcada pela realocação de famílias para periferias de cidades, onde, frequentemente, deixam de ter acesso aos rios e aos serviços de provisão providos por florestas preservadas. Comunidades ribeirinhas, rurais e indígenas perdem o rio como via de transporte, fonte de água e fonte de pescado (ISA, 2015). Além disso, o desmatamento faz com que famílias rurais, ribeirinhas e indígenas deixem de ter acesso aos recursos que hoje acessam sem custos. Estes recursos florestais madeireiros e não madeireiros hoje compõe parte de sua renda de subsistência. A presença da barragem e todos os impactos associados limitarão o acesso das populações rurais, ribeirinhas e indígenas à estes recursos. Por mais relevantes que estas perdas de renda sejam para as famílias afetadas, elas não são consideradas no planejamento de usinas hidrelétricas e nem em seus processos de tomada de decisão.

Para a realização do cálculo da perda de subsistência e renda para estas famílias, foi utilizada a metodologia da Transferência de Benefício. Diversos estudos foram revisados com o objetivo de encontrar o que melhor traduzia a realidade encontrada na região do Médio-Baixo Tapajós e de suas populações locais. Ao final, foi selecionado o estudo publicado por Duchelle et al. (2014), pela robustez da metodologia e dados e semelhança da região estudada.

Duchelle et al. (2014) realizou um estudo em treze comunidades localizadas na região da Reserva Extrativista Chico Mendes no Estado do Acre, no sudoeste da Amazônia Brasileira. Neste, foi calculada a contribuição dos produtos florestais madeireiros e não-madeireiros e de pequenas plantações de coivara para a renda anual individual. Os produtos florestais incluem: “produtos coletados na floresta crus ou processados, incluindo plantas, frutas, sementes, caça (mamíferos, peixes e insetos), lenha e madeira”, já os cultivados são “grãos, frutos e vegetais cultivados” (tradução livre de Duchelle et al., 2014, pág 5). Foram coletados dados de 112 unidades familiares através da metodologia de valoração contingente, na qual os comunitários entrevistados estimavam num consenso quanto seria a sua disposição a pagar pelos produtos florestais madeireiros e não-madeireiros coletados no período de 1 ano e por todos os produtos cultivados pelo mesmo período. Toda a coleta de dados foi feita com base nas diretrizes do *Poverty and Environment Network* (PEN-CIFOR).

Com base nos dados de Duchelle et al. (2014) e nas informações do número de famílias a serem afetadas com o impacto à esses serviços, foi definida a seguinte fórmula de cálculo:



Fórmula 2.3.1:

Cálculo da Perda Anual de Subsistência e Renda dos Produtos Florestais Madeireiros e Não-Madeireiros:

$$\text{PRSRPFMNM} = \text{RPFNM} \times \text{N}^{\circ}\text{FA}$$

onde,

PRSRPFMNM: Perda de renda de subsistência relacionada aos Produtos Florestais Madeireiros e Não-Madeireiros (R\$/ano);

RPFNM: Renda familiar anual de Subsistência e Renda dos Produtos Florestais Madeireiros e Não-Madeireiros (R\$/família/ano);

NºFA: Número de famílias afetadas.

2.3.2 Custos evitados de tratamento de água

O rio Tapajós é fonte de água para diversos usos na região. Diversos municípios e comunidades ribeirinhas dependem exclusivamente das águas deste rio para suas necessidades básicas diárias que dependem da manutenção da qualidade da água. Dentro os usos diretos, tem-se o consumo cotidiano, como para beber, higiene pessoal, cozinhar, limpeza da casa e utensílios e para saneamento básico. Dentre os usos indiretos, destaca-se a pesca, o lazer e o uso do rio para locomoção (escoamento de produção, acesso à outras regiões, monitoramento das áreas particulares e comunitárias etc.) (Amaral et al., 2009; Tapajós Vivo, 2009; Souza-Júnior et al., 2014; Eletrobras, 2014; IDESP, 2014).

Uma revisão de estudos sobre os impactos de hidrelétricas à qualidade da água mostra que, a construção das barragens causa forte redução na qualidade da água a jusante da barragem (Agostinho et al., 1992; MME et al., 1994). A partir destes dados podemos inferir que, caso haja a implementação da obra, haverá uma redução na qualidade da água utilizada pelos municípios localizados à jusante das barragens.

Logo, para manter a qualidade de água nos níveis atuais, será necessária a construção e da manutenção de estações de tratamento de água. Podemos estimar o valor do serviço ambiental de provimento de água em quantidade e qualidade a partir do método de custos evitados. Ou seja, quanto os municípios evitam de custos por não precisar implementar e manter um sistema de tratamento de água convencional, além de arcar com os custos anuais de manutenção deste tratamento?

Para estimar tais custos, utilizou-se como base os dados publicados por Mierzwa et al. (2008). Neste estudo, os autores identificaram os custos de implantação e manutenção um sistema de tratamento de água pelo processo convencional. O processo convencional se caracteriza por realizar um ciclo completo de tratamento de água, utilizado tradicionalmente em municípios. Dentre as principais etapas estão a coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção com cloro. Para a realização deste estudo, os autores coletaram informações através de consultas com fornecedores de insumos destes sistemas de tratamento, entrevistas com órgãos públicos especializados e revisão de literatura.

Sendo assim, o cálculo dos custos evitados com o tratamento de água foi feito aplicando a seguinte fórmula:

Fórmula 2.3.2:

Cálculo dos Custos Evitados de Tratamento da Água

$$CET_{\text{Água}} = CISTA + (CMSTA \times PAE)$$

onde,

CET_{Água}: Custos Evitados de Tratamento de Água (R\$);

CISTA: Custos de Implantação de um Sistema de Tratamento de Água (R\$);



CMSTA: Custos de Manutenção de um Sistema de Tratamento de Água (R\$/ano);
PAE: Período de Análise do Empreendimento (anos).



2.3.3 Emissões de Gases de Efeito Estufa (Carbono Equivalente)

A região do Médio-Baixo Tapajós é rica em áreas de floresta que estocam gás carbônico, um dos principais gases de efeito estufa. Em 2012 a área deste estudo, composta pelos sete municípios: Itaituba, Trairão, Aveiro, Rurópolis, Belterra, Santarém e Altamira, apresentava uma cobertura florestal de, aproximadamente, 84.49% (INPE, 2012).

Além disso, embora as condicionantes legais requerem que o empreendedor desmate uma parte da área destinada ao reservatório antes do alagamento, a experiência em hidrelétricas na Amazônia demonstra que raramente isto ocorre. Em Balbina, por exemplo, estima-se que 33 milhões de metros cúbicos de madeira de valor comercial tenham sido submergidos com o alagamento do reservatório (Arteaga et al., 2010). Mesmo este número caindo para 14 milhões de m³ em Tucuruí (Monosowski, 1990) e 13.4 milhões em Belo Monte (Souza-Júnior et al., 2006), estes ainda são valores expressivos que determinam as taxas de emissão de gás metano para a atmosfera.

Assim, caso a AHE São Luiz do Tapajós seja construída, o carbono que antes se encontrava estocado na biomassa florestal e no solo, será emitido para atmosfera como CO₂ e CH₄, gases de efeito estufa, devido ao desmatamento e à decomposição da biomassa alagada no reservatório, respectivamente.

A emissão de gases de efeito estufa tem consequências para todo o planeta e toda a comunidade global. No entanto, neste estudo focamos nas perdas econômicas potenciais para o Brasil e a população local da região do médio-baixo Tapajós, calculando o ganho estimado com projetos de desmatamento evitado, como o REDD, caso a cobertura florestal considerada fosse mantida. Com base em uma estimativa conservadora, consideramos o preço de USD 3,80 para a tonelada de CO₂ equivalente, que foi o preço médio do mercado voluntário de carbono no ano de 2014 (Ecosystem Market Place, 2015). Utilizou-se este mesmo preço ao longo do tempo de análise.

As estimativas das emissões de gases de efeito estufa foram feitas com base nos cenários descritos abaixo e nos seguintes dados: área alagada apresentada pelo EIA (Eletrobras & CNEC Worley Parsons, 2014), desmatamento de acordo com as projeções dos cenários e as estimativas do conteúdo de carbono baseado no mapa de carbono, ambos desenvolvidos pelo IPAM (IPAM, 2015). Os cenários desenvolvidos

Cenário 1: Emissões zona de impacto Tapajós (sem projeto)

Cenário 2 (Optimista): Emissões com o projeto assumindo:

- Reservatório: Desmatamento total prévio (20% madeira extraída - resto queimada)
- Desmatamento: com permanência de 20% das pessoas que migrarem para região atraídas pelas obras.

Cenário 3 (Realista - Belo Monte outras usinas): Emissões com projeto assumindo:

- Reservatório: sem desmatamento prévio na área do reservatório
- Desmatamento: com aumento na taxa de desmatamento proporcional ao ocorrido no entorno das usinas de Belo Monte, Jirau e Santo Antônio.

Emissões Zona Alagada

Para o cálculo relacionado às emissões da zona alagada pelo reservatório se utilizaram metodologias distintas dependendo do cenário. No Cenário 1 não foi preciso fazer nenhum cálculo, assumiu-se zero emissões. No Cenário 2 assumiu-se a extração do 20% da madeira e a queima de 80%, ambos no primeiro ano de construção do projeto. Se utilizou o Mapa de Carbono para definir estoque de carbono na área e se multiplicou por 0,8. Logo se converteu Carbono para CO₂ utilizando o fator de conversão de 3,67. (Fórmula 2.3.5a)

Fórmula 2.3.5a – Cenário 2:

Cálculo das Emissões do reservatório: extração e queima

$$ED = ECZA * 0.8 * FC$$

onde,

EDZA: Emissões de CO₂ do reservatório (tCO₂e);

ECZA: Estoque de Carbono na zona do reservatório (tC);

FC: Fator de Conversão de C para CO₂.

Para o cálculo relacionado às emissões da zona alagada para o Cenário 3, se aplicou o modelo *Biome Carbon Loss* (BCL), como apresentado por Lima et al. (2007), que, por sua vez, fez uma adaptação do *Double-G model* (Abril et al., 2005 apud Lima et al. 2007). Este modelo estima as emissões anuais, tanto de CO₂, quanto de CH₄. As emissões foram estimadas a partir do segundo ano de construção do reservatório e os dados de estoque de CO₂ da área alagada foram baseados nos mapas de Cobertura Vegetal e Carbono.

Fórmula 2.3.5b – Cenário 3:

Cálculo das Emissões do reservatório: Modelo BCL

$$ERAA_t = (C_0/5)e^{(-0.3 * t)} + (C_0/3) e^{(-0.03 * t)} + C_0/2$$

onde,

ERAA_t: Emissões de CO₂ Equivalente do Reservatório (produção total de carbono por CO₂ e CH₄) (tCO₂e);

C₀: Quantidade Total de Carbono na Zona Alagada no tempo inicial (início do alagamento) (tC);

t: Tempo da existência da zona alagada (anos);

Este modelo é conservador, pois não considera as emissões de metano resultantes da passagem das águas profundas pelas turbinas. Lima et al. (2007), estima as variações destas emissões, denominadas de “águas abaixo”, e as expressa em comparação com as emissões da superfície do reservatório para dez casos brasileiros. As medianas (que eliminam o efeito de *outlier*) destas emissões, variam de 19% a 122% de emissões das águas abaixo como proporção das emissões do reservatório (Borasino, 2011). No entanto, a importância destas emissões, que podem representar a metade de todas as emissões causadas pelo empreendimento, são omitidas no presente estudo.



Emissões Desmatamento Projetado

Para o cálculo das emissões relacionado ao desmatamento o IPAM estimou a perda do estoque de carbono para cada cenário de desmatamento e logo foi utilizado o fator de conversão de C para CO₂ de 3,67. Esta metodologia foi utilizada nos três cenários.

Fórmula 2.3.5c:

Cálculo das Emissões do Desmatamento Indireto

$$EDI = PEC_{cen} * FC$$

onde,

EDI: Emissões Anuais de CO₂ do desmatamento; (tCO₂e);

PEC_{cen}: Perda Anuais Estoque de Carbono no Cenário; (tC);

FC: Fator de Conversão de C para CO₂.

Emissões totais, adicionais, e seu valor

Finalmente, para isolar o impacto ao desmatamento causado pela AHE São Luís do Tapajós, estimou-se a diferença entre as emissões dos Cenários (com projeto) das emissões que ocorreriam Cenário 1 (sem projeto). Estimou-se o valor presente líquido para o ano 2015 das emissões adicionais geradas pelo cenário 1 e cenário 2, no período 2019 a 2049, utilizando o preço da tonelada de CO₂ equivalente em USD 3,80 e a taxa de desconto de 6%.

2.3.4 Síntese: serviços ecossistêmicos, impactos, populações afetadas e métodos de valoração

Serviço ecossistêmico	Principais drivers das mudanças	Quais são os impactos?	Populações impactadas	Como serão afetados?	Método de valoração econômica	Transferência de Benefício	
						Metodologia utilizada no estudo original	Local realizado o estudo original
<u>Subsistência e Renda de Produtos Florestais Madeireiros e Não-Madeireiros</u>	Realocação e desmatamento direto e indireto	Impedimento ao acesso aos recursos naturais	Comunidades rurais, ribeirinhas e indígenas	Diminuição de uma das fontes de renda	Transferência de benefício	Valoração contingente (Disposição a Pagar)	Comunidades nos arredores e dentro RESEX Chico Mendes, Acre, Brasil
<u>Qualidade da água</u>	Construção da barragem e desmatamento	Redução da qualidade da água	Comunidades localizadas a beira do Rio Tapajós, nas regiões a montante e a jusante da área da barragem.	Diminuição na qualidade de água de consumo direto e indireto	Custos Evitados	-	Região a montante e a jusante da usina de Tucuruí, Estado do Pará, Brasil
<u>Manutenção do Clima Global (emissões de CO₂)</u>	Desmatamento direto e indireto que promove a emissão de CO ₂ para a atmosfera	Efeito estufa e aquecimento global	Municípios afetados pelo desmatamento direto e indireto	Perda de potencial incentivos econômicos por desmatamento evitado	Preço de mercado	-	-
<u>Manutenção do Clima Global (emissões de CH₄)</u>	Biomassa em decomposição no reservatório que promove a emissão de CH ₄ na atmosfera)	Efeito estufa e aquecimento global	Municípios afetados pelo reservatório e desmatamento	Perda de potencial incentivos econômicos por desmatamento evitado	Preço de mercado - CO ₂ equivalente	-	-

3 Resultados

3.1 Vetores de mudança

3.1.1 Desmatamento direto e indireto

Como explicado anteriormente, para a projeção do desmatamento direto e indireto a ser causado pela AHE São Luiz do Tapajós foram elaborados três cenários diferentes de desmatamento.

O **Cenário 1** é caracterizado por desconsiderar a existência da AHE São Luiz do Tapajós. Sendo assim, todo o desmatamento aqui projetado está relacionado com a tendência dos últimos anos de aumento populacional e dinâmica de uso da terra. Neste cenário foi estimado que 285.989 ha seriam desmatados.

Já o **Cenário 2** se caracteriza por considerar o desmatamento induzido pela chegada da AHE São Luiz do Tapajós. No entanto, infere-se que somente 20% das pessoas que migraram para lá atraídas pelo empreendimento, se instalariam definitivamente na região. Neste caso, o desmatamento total projetado (direto e indireto) seria 393.299ha. Ou seja, há um aumento de 37,5% de desmatamento em relação ao cenário 1.

Por fim, no **Cenário 3** a AHE São Luiz do Tapajós também foi considerada. No entanto, o desmatamento foi estimado através do que ocorreu em torno das UHEs de Jirau, Santo Antônio e Belo Monte. Neste, o desmatamento total (direto e indireto) é de 473.448 ha, ou seja, 65,5% a mais do que no cenário 1 e 20,4% a mais do que no cenário 2.

Os mapas contendo os cenários podem ser observado na figura 7. Na tabela 3, o desmatamento está detalhado considerando municípios, áreas privadas, assentamentos e Unidades de Conservação⁵, de acordo com os três cenários apresentados pelo IPAM. Destaque para a FLONA de Itatuba I e APA do Tapajós que não apareciam no cenário 1, mas passam a aparecer no cenário 2. E para a Terra Indígena Praia do Índio, que aparece somente no cenário 3.

⁵ No caso das projeções do Cenário 1 e 2 não houveram desmatamento em Terras Indígenas.

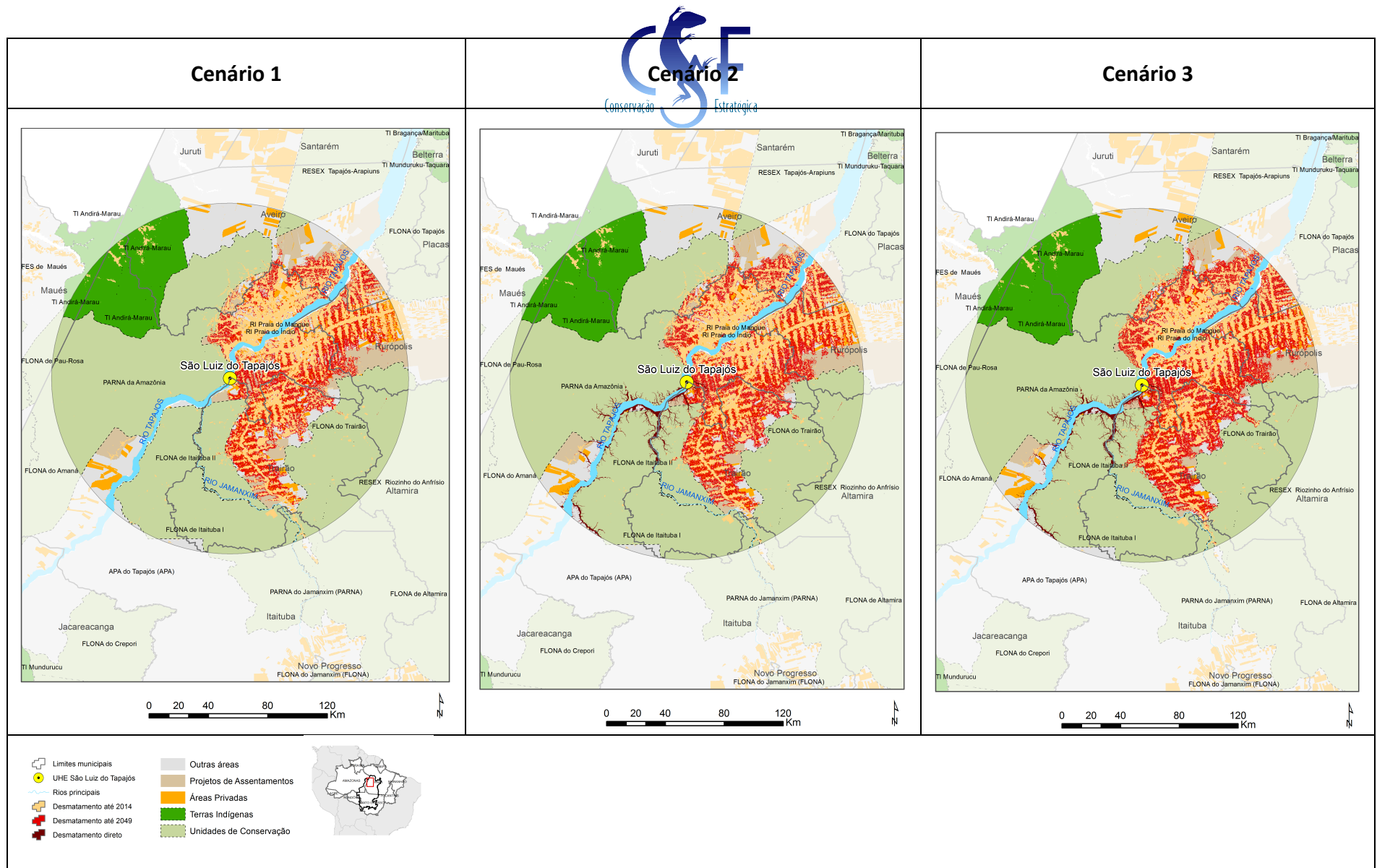


Figura 7: Estimativa de desmatamento para o cenário 1, no período entre 2019-2049



Tabela 3: Desmatamento, direto e indireto, projetado nos Cenários 1, 2 e 3 de acordo com a descrição das áreas afetadas.

Tipo de área	Descrição	CENÁRIO	CENÁRIO	CENÁRIO
		1	2	3
		Hectares		
Municípios	<i>Altamira</i>	64	95	125
	<i>Aveiro</i>	37.783	47.330	61.842
	<i>Itaituba</i>	101.690	153.290	179.162
	<i>Rurópolis</i>	49.963	61.438	71.617
	<i>Trairão</i>	96.489	131.146	160.702
Áreas Privadas	-	71.597	73.487	79.483
Assentamentos	<i>Dinópolis, Novo Mundo, Rio Bonito, São Benedito, Mario Braule Pinto da Silva, Urucurituba, Araipacupu, Nova Brasília II, Santa Rita, Santa Luzia, Nossa Senhora de Fátima, Anjo da Guarda, Brasília Legal, Rio Cupari, Tapajós, Ypiranga, Nova União, Arixi, Rio Cupari II, Rio Cigano, Água Azul, Miritituba, Cristalino, Cristalino II, Cupari, Esperança do Trairão, Pimental e Boa Vista do Caracol</i>	87.768	109.360	129.505
Unidades de Conservação	<i>RESEX Riozinho do Anfrísio</i>	64	95	124
	<i>FLONA do Trairão</i>	167	564	2.235
	<i>FLONA DE Itaituba I</i>	0	2.457	2.462
	<i>FLONA de Itaituba II</i>	823	17.410	23.057
	<i>PARNA Amazônia</i>	662	9.123	14.693
	<i>PARNA do Jamanxim</i>	24	43	571
	<i>APA do Tapajós</i>	0	1.643	1.643
Terras Indígenas	<i>Praia do Índio</i>	0	0	1

* Há sobreposição das áreas, portanto a soma dos hectares desmatados não reflete o total de desmatamento para este cenário.



O desmatamento, tanto direto, quanto indireto, ao promoverem a mudança do uso de solo, permite que diversos impactos associados ocorram. Por exemplo, modificações na qualidade de água tanto a montante, quanto a jusante do reservatório, também estão associadas ao desmatamento devido à intensificação da ocupação dos solos nos arredores da região da usina hidrelétrica (MME et al., 1994; Alencar & Pientokowski, 2014).

Embora hidrelétricas sejam tradicionalmente consideradas fonte de energia limpa, diversos estudos mostram que ao se calcular as diferentes formas de emissão por parte das barragens (desmatamento direto e indireto, alagamento de biomassa para a construção do reservatório e o próprio funcionamento da hidrelétrica) e os diferentes gases que são emitidos na atmosfera (gás carbônico e gás metano), esses cálculos de emissões reduzem os benefícios destas fontes de energia, quando comparadas à outras (Fearnside, 2015a; Fearnside, 2015b).

Um outro ponto crucial do desmatamento relacionado à empreendimentos hidrelétricos diz respeito ao impactos às forma de vida das populações rurais, ribeirinhas e indígenas. Caso a AHE São Luiz do Tapajós seja construída, uma parcela da população deverá ser realocada e terá a sua subsistência totalmente afetada. A presença da barragem, construções associadas e dimensões do reservatório irão afetar diretamente uma população estimada de 1.404 pessoas (Eletrobras, 2014), ou seja, 419 famílias (número estimado para 2019). Estas pessoas deverão ser realocadas para outra região, já que suas casas terão que ser demolidas. A exemplo do que se sucedeu em Belo Monte, ao serem desalojadas de suas casas devido aos empreendimento de Belo Monte, as famílias foram realocadas para loteamentos localizados em periferias urbanas ou em áreas rurais que não apresentavam condições semelhantes àquelas em que moravam antes da construção. Além de não se reconhecerem culturalmente nesses novos lugares de moradia, estas pessoas se viam impossibilitadas de terem acesso aos serviços ecossistêmicos que antes dependiam e passaram a basear sua subsistência em produtos comercializados em mercados (ISA, 2015). Por isso estas pessoas passam a ter gastos econômicos para suprir a sua subsistência, que antes não tinham.

3.1.2 Outros vetores de mudança

Outros impactos associados à barragem são esperados. Em relação à produção pesqueira, esta será impactada de diversas formas. Em primeiro lugar, o barramento de um rio modifica a sua dinâmica hidrológica, impactando os seres vivos que dependem da regulação natural das águas para manter os seus processos biológicos como alimentação, reprodução e migração, como os peixes. O fluxo hidrológico que antes era sazonal, passa a depender do controle físico das barragens (Agostinho et al, 1992; Santana et al., 2014).

Em segundo lugar, alterações na qualidade da água também interferem nas taxas de sobrevivência das população de peixes (Fearnside, 2001), no entanto há muitas lacunas de informação e de dados científicos que analisam esses impactos (Junho, 2008). Mas sabe-se que com a pouca movimentação das águas represadas, há mudanças de temperatura e de dissolução de gases, como o oxigênio e carbônico, diminuindo a qualidade de água (principalmente do reservatório e a jusante) e influenciando a taxa de sobrevivência dos peixes (Agostinho et al., 1992).

Em terceiro lugar, há a eliminação de algumas áreas importantes que servem de habitat para esses animais. Além das corredeiras, há também as matas de galerias, áreas alagáveis e lagoas marginais (MME/MMA, 2011).

Em quarto lugar, um dos mais importantes é o impacto direto pela presença da barragem. Esta se apresenta como uma barreira física para os peixes, dificultando (e muitas vezes impedindo) processos vitais como a migração, alimentação e desenvolvimento de jovens (Junho, 2008). Na região amazônica, a grande maioria das espécies de pescado para consumo apresentam o hábito migratório para a reprodução, também conhecido como piracema (Junk; Mello, 1990). De uma forma simplificada, todo o estresse físico do animal para migrar para determinada região, promove a maturação e preparação de sua estrutura e fisiologia reprodutiva. A passagem por este processo é necessária para que o animal possa estar preparado para a reprodução (Souza, 2000).

Há também riscos de extinção, já que há a presença de espécies endêmicas de peixes ornamentais, principalmente na região das Corredeiras de São Luiz do Tapajós, local onde será construída a barragem. Estas espécies além da particularidade do endemismo, também são amis sensíveis a qualquer mudança no ambiente, por serem bastante especializadas à esses ambientes mais específicos (Ecology Brasil, 2014cq; Lima, 2010).

Por mais que uma barragem altere toda a dinâmica de determinada parcela do rio e provoque impactos gerais, montante, área do reservatório e a jusante, é neste último que os impactos são sentidos com mais intensidade. Questões como impedimento dos processos migratórios e influência da diminuição da qualidade da água são mais fortemente sentidos nas áreas após as barragens. Além disso, a passagem dos peixes que se encontram no reservatório para a região a jusante, pode levar à morte ou injúria desses animais. Sendo assim, a pesca a jusante é a mais impactada, com considerável redução da produção pesqueira (Juras et al., 2004). Santana et al. (2014) chama a atenção para o fato de que os impactos de barragens à produção pesqueira não está só na diminuição da quantidade de

peixe capturado, mas também na diminuição da qualidade deste pescado (principalmente em relação à diminuição do peso médio dos pescados).

Agostinho et al. (1992) frisa que as barragens provocam impactos agudos e de grandes proporções num curto período. Essas, em geral, são mais facilmente previstas e estão diretamente relacionadas com a construção do empreendimento hidrelétrico como um todo (barragem e reservatório). Mas não se pode negligenciar os impactos crônicos que levam mais tempo para serem percebidos, por ocorrerem gradualmente e de forma holística. Estes são impactos indiretos e mais complexos, mas não menos importantes. São consequências da presença da barragem e reservatório, mas também por fatores indiretos à esses empreendimentos, como ações antrópicas, adaptações dos peixes às novas condições, dentre outros fatores.

De acordo com o EIA há a previsão da construção de um sistema de transposição de peixes, baseado no sistema de “escada de peixes tipo ranhura vertical (vertical slot)” (Eletrobras & CNEC Worley Parsons, 2014). Estruturas como esta são construídas com o intuito de diminuir o impacto às populações de peixes, já que permitem que haja alguns fluxos de migração. No entanto, não há nenhum detalhamento em relação ao quanto essa estratégia realmente auxilia num menor impacto à população de peixes.

O barramento de um rio por um empreendimento hidrelétrico também provoca alterações importantes no fluxo de água, sedimentos, matéria orgânica e seres vivos presentes naquele corpo d’água. As mudanças na dinâmica de fluxo de água, transformam áreas lólicas, ou seja com fluxos de águas correntes, em lânticas, águas paradas ou com pouca movimentação (Agostinho et al., 1992). Esta alteração do regime hídrico do rio, mesmo que somente em uma porção do mesmo, provoca modificações na estrutura e composição físico-química e biológica do corpo d’água que, por fim, promove a deterioração da qualidade de água (MME et al., 1994).

O reservatório é uma capítulo a parte em relação à influência negativa das barragens à qualidade da água. Por ser uma área de pouca movimentação hídrica, o assoreamento dos reservatórios impacta bastante na qualidade de suas águas e, conseqüentemente, das que correm a jusante. Este processo de assoreamento se dá principalmente pelo aumento do desmatamento na região ao entorno do reservatório, que facilita o processo de erosão das encostas a montante e também a jusante (MME et al., 1994).

Também nos reservatórios é comum o fenômeno de eutrofização. Este é comumente observado nos primeiros estágios de diversos reservatórios localizados em áreas tropicais (Agostinho et al., 1992). Por manter grande parte da matéria orgânica presente na área do reservatório, ao enchê-lo há uma grande oferta de nutrientes, o que provoca a proliferação de macrófitas e algas aquáticas. Esta oferta de nutrientes também são causados pelo aumento de dejetos orgânicos e agrícolas, que podem ter origem das atividades humanas decorrentes da imigração excessiva para áreas próximas a empreendimentos hidrelétricos. Dentre as diferentes consequências da eutrofização, se destaca a ocorrência de um ambiente anóxico, ou seja, sem gás oxigênio dissolvido, provocando a morte de diversos seres vivos presentes no corpo d’água. Este quadro, associado à elevada presença de matéria orgânica, também promove a deterioração da qualidade físico-química da água, causando forte odor, problemas com o gosto e com



turbidez da água. A má qualidade e toxicidade desta água, a impede de ser utilizada com segurança para diversas finalidades, como por exemplo, uso pessoal (Agostinho et al., 1992; Netto, 1988).

Além disso, a barragem de AHE São Luiz do Tapajós está prevista para ser exatamente na região das Corredeiras de São Luiz do Tapajós, na altura onde se localiza o Parna Amazônia. Haverão alterações na paisagem, como a diminuição de áreas de praia e do número de ilhas e o desaparecimento das cachoeiras, corredeiras e pedrais, o mirante as trilhas e grande parte da área de infraestrutura para os visitantes, também serão afetadas. Estes são impactos diretos, que seriam causados pela construção da barragem e enchimento do reservatório (Eletrobras, 2014). E com isso, as pessoas da região perderiam um local bastante utilizado para suas atividades recreativas e educacionais.

3.2 Grupos-alvo afetados

De acordo com o modelo proposto pelo IPAM (2015) e o nosso entendimento sobre a abrangência dos impactos de alguns serviços ecossistêmicos, sete municípios estariam dentro do raio de influência de AHE São Luiz do Tapajós. Sendo assim, considerando os municípios de Itaituba, Trairão, Aveiro, Rurópolis, Belterra, Santarém e Altamira, por volta de 583.908 (IBGE, 2010) pessoas seriam afetadas, pois um ou mais dos serviços ecossistêmicos utilizados por elas seriam impactados pelo empreendimento. As populações afetadas reúnem indígenas e não indígenas concentrados tanto em centros urbanos, quanto em áreas rurais, distribuídos principalmente em comunidades ribeirinhas (Tabela 6).

- **População rural, ribeirinha e indígena**

De acordo com o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) estão previstos que 1404 pessoas sejam realocadas, pois componentes estruturais da construção, como o canteiro de obras, o reservatório e as linhas de transmissão, afetarão áreas residenciais e comunitárias. São pertencentes às seguintes comunidades e vilas: Colônia Pimental/ PA Ypiranga-Comandante Teixeira, Tucunaré, Montanha Mangabal, Vila Pimental, Vila São Francisco, Vila Piriquito, dentre outras localizadas na margem direita e esquerda do Rio Tapajós e também nas ilhas (Eletrobras, 2014)⁶.

A outra parte do grupo, são pessoas que terão suas áreas de vivência, onde coletam e usufruem de bens e serviços ecossistêmicos para o seu bem-estar, afetadas pelo desmatamento indireto.

- **Municípios**

Quais municípios serão afetados em cada caso, será explicado a seguir. Mas ao todo, os municípios considerados são: Itaituba, Trairão, Aveiro, Rurópolis, Belterra, Santarém e Altamira.

⁶ O Estudo de Impacto Ambiental considera somente que 1100 pessoas sejam realmente desalojadas. As outras 300 pessoas teriam que ser reorganizadas na mesma área em que se encontram atualmente. No entanto, para o presente estudo, tomaremos o número total como o sendo de pessoas a serem realocadas.

Tabela 4: Populações a serem consideradas pelo impactos de AHE São Luiz do Tapajós aos diferentes serviços ecossistêmicos, projetadas para o ano de 2019. Dados baseados no Censo do IBGE de 2010, aplicada a Taxa de Crescimento Anual nos municípios considerados no estudo, de acordo com IBGE (2013b).

População Impactada (grupo)	Serviço Ecossistêmico	Número de Pessoas Impactadas		Número de Famílias Impactadas	Município onde estão localizados
		Total	% Indígena		
População rural, ribeirinha e indígena	Subsistência e Renda dos Produtos Florestais e Não-Madeireiros	94.676	5.57	27.846	Itaituba, Trairão, Aveiro, Rurópolis e Altamira.
Municípios	Qualidade da Água	487.982	?	143.524	Itaituba, Trairão, Aveiro, Rurópolis, Belterra e Santarém
	Manutenção do Clima Global (emissões de GEE – Carbono equivalente)	276.855	2.44	81.428	Itaituba, Trairão, Aveiro, Rurópolis e Altamira



3.3 Valoração econômica

3.3.1 Perda de renda de subsistência

De acordo com a área de abrangência identificada para esta análise (IPAM, 2015), foi considerado a dependência da população rural, ribeirinha e indígena dos municípios de Itaituba, Trairão, Aveiro, Rurópolis e Altamira, em relação aos produtos florestais madeireiros e não-madeireiros como fonte de subsistência e renda. Isto porque, são estes os municípios afetados pelo desmatamento direto e indireto causado pela construção da AHE São Luiz do Tapajós. Atualmente são, ao todo, 94.204 (IBGE, 2010 ajustado às taxas populacionais de IBGE, 2013b) pessoas que dependem destes produtos providos pelos ecossistemas da região.

Para a Transferência de Benefício foi utilizado o estudo de Duchelle et al. (2014), no qual foi estimado que, em média esta renda é de USD663,00/per capita (com Desvio Padrão de USD35,00). Valores para o período entre o ano de 2006-2007 (Duchelle, et al. 2014).

Utilizando a taxa cambial de 1/1/2007 (Fonte: oanda.com) e a inflação do IPCA de 66.22% (período de Jan/2007 a Ago/2015), o valor da renda per capita anual em Reais para o momento presente é de R\$2.347,34. Multiplicando este valor por 3,4, considerado o tamanho médio de uma família no Estado do Pará (IBGE, 2013a), tem-se que a **renda familiar anual em Reais é de R\$7.980,96, considerando subsistência e fonte de renda dependentes dos Produtos Florestais Madeireiros e Não-Madeireiros.**

Ao todo, são previstas que 27.846 famílias (previsão para o ano de 2019) serão afetadas pelo desmatamento e consequente perda do acesso aos recursos florestais madeireiros e não-madeireiros que elas usufruem atualmente. Consideramos que esta perda reflita em uma redução de 50% da renda de subsistência inicial. Ou seja, **cada uma das famílias deixará de obter uma renda de subsistência de R\$3.990,48.**

Substituindo os componentes da fórmula 2.3.1 pelos valores descritos acima, tem-se que **R\$111.120.038,36 é o valor da perda anual de Subsistência e Renda dos Produtos Florestais Não-Madeireiros, considerando todas as famílias (valor referente ao ano de 2019).**

Considerando todas as famílias afetadas, tem-se que o **Valor Presente Líquido da Perda Anual, no período entre 2019-2049, é de R\$ 1.559.893.348,55.**



3.3.2 Custos Evitados de Tratamento de Água

Caso a barragem de AHE São Luiz do Tapajós seja construída é esperada que haja uma relevante diminuição da qualidade da água do rio Tapajós. Assim, todos os municípios, e conseqüentemente seus habitantes, que se localizam às margens deste rio, tanto na região do reservatório, quanto a jusante deste, serão afetados. Considerando os dados do IBGE (2010) e as taxas de população citadas anteriormente, tem-se que, no ano previsto de construção da AHE São Luiz do Tapajós, 143.524 famílias urbanas, rurais, ribeirinhas e indígenas serão impactadas. Estas são residentes dos municípios de Itaituba, Trairão, Aveiro, Rurópolis, Belterra e Santarém.

Cada um desses Sistemas de Tratamento apresentado no estudo de Mierzwa et al. (2008) tem capacidade de produção de 100L/s, o que é suficiente para atender uma população de 43.200 pessoas com consumo 200L/dia/per capita. No entanto, considerando que Organização Mundial da Saúde recomenda que são necessários 100L de água por pessoa para suprir suas necessidades básicas e minimizar problemas de saúde relacionados (UN-Human Rights, 2010), entendemos que os custos apresentados por Mierzwa et al. (2008) podem ser considerados para Sistemas de Tratamento capazes de abastecer uma população de 86.400 pessoas que consomem 100L/dia/per capita. De acordo com os dados do IBGE (2010) para os sete municípios considerados, existem em média 83.415 habitantes por município. Sendo assim, como este valor de pessoas beneficiadas é bastante próximo do valor médio de habitantes dos municípios afetados, foi entendido que os valores publicados eram adequados para esta análise.

Cada um desses Sistemas de Tratamento tem um valor total de implantação de um Sistema de Tratamento de Água nessas condições é de R\$1.432.943,78, já os custos anuais de manutenção é de R\$316.190,20 (Mierzwa et al., 2008), valores para o ano de 2008. Ajustando estes valores pela inflação do IPCA de 68,49% (período de Jun/2006 a ago/2015), tem-se que o **custo de implantação é de R\$2.414.327,06 e os custos anuais passam a ser de R\$532.740,06, para cada um dos sete municípios.**

Considerando todas os custos de implantação e manutenção anual de um Sistema de Tratamento de Água de processo convencional, tem-se que o **Valor Presente Líquido dos Custos Evitados de Tratamento da Água para cada município afetado, no período entre 2019-2049, é de R\$ 9.698.249,14.** Considerando os setes municípios afetados, temos que o **VPL total é de R\$67.887.744,01.**

3.3.3 Emissões de Gases de Efeito Estufa (Carbono Equivalente)

O alagamento da zona pelo reservatório e o desmatamento induzido pelo projeto, promove dentre outros impactos, a emissão de gases de efeito estufa estocados na biomassa. Para isolar o impacto do projeto Tapajos se estimou a diferença em emissões totais e ao longo do tempo entre o Cenário 1 (sem projeto) e os outros dois Cenários (com projeto: Cenário 2). Estimou-se o valor presente líquido para o ano 2015 das emissões adicionais geradas pelo cenário 1 e cenário 2, no período 2019 a 2049, utilizando o preço da tonelada de CO₂ equivalente em USD 3,80 e a taxa social de desconto de 6%.

Na tabela 5 estão detalhadas as emissões de CO₂, tanto da zona alagada quanto de desmatamento para os três cenários considerados.

Tabela 5: Emissões de tCO₂e causadas pelo reservatório e desmatamento nos três cenários.

<u>Cenários</u>	<u>tCO₂e emitidos Zona Alagada</u>	<u>tCO₂e emitidos desmatamento projetado</u>	<u>tCO₂e emitidos na atmosfera – total</u>	<u>tCO₂e emitidos na atmosfera – adicional ao Cenário 1</u>
Cenário 1: Sem Projeto	0	109.460.136	109.460.136	0
Cenário 2: Otimista Desmatamento total prévio da zona alagada e permanência de 20% das pessoas que migrarem	13.665.997	136.091.291	149.757.288	40.297.153
Cenário 3: Realista - Sem desmatamento prévio na área do reservatório e aumento na taxa de desmatamento proporcional ao ocorrido no entorno das usinas de Belo Monte, Jirau e Santo Antônio.	104.564.582	166.409.328	270.973.910	161.513.774

O VPL das emissões adicionais geradas no Cenário 2 é de R\$202.180.000,27. O VPL das das emissões adicionais geradas pelo Cenário 3 é de R\$757.907.915,16.

4. Compilação dos valores econômicos dos serviços ecossistêmicos

Cenário 2: Otimista - Desmatamento total prévio da zona alagada e permanência de 20% das pessoas que migrarem		
SERVIÇO ECOSSISTÊMICO	NÚMERO DE PESSOAS AFETADAS (2019)	VPL em Reais (2019-2049)
Perda de Renda de Subsistência de Produtos Florestais Madeireiros e Não-Madeireiros	94.676	R\$ 1.559.893.348,55
Custos Evitados de Tratamento de Água (para os sete municípios)	487.982	R\$67.887.744,01
Emissões de Gases de Efeito Estufa (Carbono equivalente)	276.855	R\$202.180.000,27
TOTAL		R\$1.829.961.092,83

Cenário 3: Realista - Sem desmatamento prévio na área do reservatório e aumento na taxa de desmatamento proporcional ao ocorrido no entorno das usinas de Belo Monte, Jirau e Santo Antônio.		
SERVIÇO ECOSSISTÊMICO	NÚMERO DE PESSOAS AFETADAS (2019)	VPL em Reais (2019-2049)
Perda de Renda de Subsistência de Produtos Florestais Madeireiros e Não-Madeireiros	94.676	R\$ 1.559.893.348,55
Custos Evitados de Tratamento de Água (para os sete municípios)	487.982	R\$67.887.744,01
Emissões de Gases de Efeito Estufa (Carbono equivalente)	276.855	R\$757.907.915,16
TOTAL		R\$2.385.689.007,73

5. Conclusões e recomendações

O presente estudo promove uma análise detalhada sobre alguns dos principais impactos de grandes empreendimentos hidrelétricos, os relacionados aos serviços ecossistêmicos e às populações locais que deles se beneficiam. Além de trazer valores econômicos, o estudo também evidencia importantes lacunas e falhas dos processos de planejamento destes projetos, como ocorreu em Belo Monte e ocorre atualmente no processo da AHE São Luiz do Tapajós.

Foi diagnosticada uma alarmante falta de informações objetivas e sistematizadas principalmente sobre como populações locais serão afetadas. A sociedade em geral, os entes governamentais, as empresas e instituições da sociedade civil também necessitam mais informações para entender os impactos dos empreendimentos e subsidiar a tomada de decisão.

Atualmente, os impactos aos serviços ecossistêmicos e principalmente o que eles significam para as populações locais, não são fatores inseridos nas diferentes etapas de desenvolvimento dos projetos. Em parte, a desinformação discutida acima está relacionada com esta deficiência de planejamento dos empreendimentos. Por não estarem bem informadas, as populações locais acabam por não se envolver de forma efetiva em suas reivindicações. E por outro lado, por não serem consideradas nos projetos, acabam por ficarem marginalizadas de todo o processo de planejamento.

Exatamente nestes pontos de discussão, que os resultados encontrados neste estudo se mostram importantes. Os valores que encontramos indicam que os custos relacionados à perda dos serviços ecossistêmicos são extremamente relevantes, principalmente para a realidade local, e as suas incorporações podem influenciar a viabilidade de empreendimentos hidrelétricos. Já que estes são custos reais, mas que não são internalizados nas análises de custo-benefício destes projetos. Estes valores são bastante expressivos, se considerar que num cenário realista ele se encontra em torno de R\$2.385.689.007,73.

Adicionalmente, a não incorporação objetiva dos impactos ambientais, sociais e seus valores econômicos nas tomadas de decisão sobre os empreendimentos, vem causando atrasos e embargos às obras, o que aumenta também os riscos econômicos para os próprios empreendedores. Como observado, por exemplo, em Belo Monte. Assim, é necessário que instrumentos de planejamento e instrumentos de avaliação de impactos passem a considerar de forma efetiva estes custos.

O que se observa atualmente ao longo do planejamento, estudos de impacto, análises de viabilidade, consultas e discussões de projetos e alternativas, são processos falhos que apresentam profundas lacunas de considerações cruciais para as tomadas de decisão. Considerações como as apresentadas neste estudo, relacionadas aos impactos na subsistência e renda de populações locais que dependem inteiramente da provisão de serviços ecossistêmicos de boa qualidade, o aumento dos custos de municípios carentes e já deficitários e a perda de qualidade ambiental que acarretará em impactos à vida dos que vivem na região. Estas falhas fazem com que empreendimentos, como o de AHE São Luiz do Tapajós, se tornem fadados ao fracasso desde o seu surgimento. O fracasso de impactar populações inteiras com o discurso de bem-estar nacional, de desconsiderar questões



ambientais e culturais em projetos que os afetam profundamente e o de replicar um processo que exclui, desinforma e desconsidera não só a população amazônica, mas toda a sociedade brasileira.



6. Bibliografia

Agostinho, A. A., H. F. Júlio Jr., e J. R. Borghetti. "Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para a sua atenuação. Um estudo de caso: reservatório de Itaipu." UNIMAR 14 (1992): 89-107.

Alencar, A. A. C., e W. Pientokowiski. Cenários de desmatamento na área de influência do Complexo Hidrelétrico do Tapajós. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), IPAM, 2014, 63.

Amaral, S.; Escada, M. I. S.; Andrade, P. R.; Alves, P. A.; Pinheiro, T. F.; Pinho, C. M. D.; Medeiros, L. C. C.; Saito, E. A.; Rabelo, T. N. Da canoa à rabeta: estrutura e conexão das comunidades ribeirinhas no Tapajós (PA). Pesquisa de Campo Jun/Jul de 2009. São José dos Campos: INPE. 2009. 30p.

Arteaga, R. C., C. J. C Blanco, e J. C. Leite. "Análise para diminuição de perdas no processo de geração de energia elétrica da UHE - Balbina." Competitividade na Engenharia de Produção: inovação e sustentabilidade. Joinville, 2010. 1-12.

Baccini, A.; Goetz, S. J.; Walker, W. S.; Laporte, N. T.; Sun, M.; Sulla-Menashe, D.; Hackler, J.; Beck, P. S. A.; R., Dubayah.; Friedl, M. A.; Samanta, S.; Houghton, R. A. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. Nature Climate Change, 2, 2012, 182-185.

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: IMAZON. 2011. 53p.

Borasino, E. Costo Económico de las emisiones de gases de efecto invernadero en la selva sur del Perú. Serie Técnica No.4. Conservation Strategy Fund. 2001.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Diretoria do Programa Nacional de Conservação da Biodiversidade - DCBio. Segundo relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica: Brasil / Ministério do Meio Ambiente. Diretoria do Programa Nacional de Conservação da Biodiversidade - DCBio. -- Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 347p.

Centrais Elétricas Brasileiras S. A. (Eletrobras); CNEC Worley Parsons. "Estudo de Impacto Ambiental (EIA) - AHE São Luiz do Tapajós - Aproveitamento hidrelétrico São Luiz do Tapajós." 2014.

Centrais Elétricas Brasileiras S. A. (Eletrobras). "Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) - AHE São Luiz do Tapajós." 2014.



Cunha, C. N. "Pintou uma chance legal" – o programa "Terra Legal" no interior dos projetos integrados de colonização e do polígono desapropriado de Altamira, no Pará. *Agrária*, 10/11, 2009, p.20-56.

Duchelle, A. E., A. M. A. Zambrano, S. Wunder, J. Börner, e K. A. Kainer. "Smallholder specialization strategies along the forest transition curve in southwestern Amazonia." *World Development*, 2014: 1-10.

Ecology Brasil. (a) "Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Tapajós - Etapa 1 - Análise de Conflitos (Confl.)." 2014, 84p.

Ecology Brasil. (b) "Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Tapajós - Etapa 1 – Diagnóstico Socioambiental (DiagSocio)." 2014, 15p.

Ecology Brasil. (c) "Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Tapajós - Etapa 1 - Ecossistemas Aquáticos (EcoAq)." 2014, 260p.

Ecosystem Market Place. Ahead of the Curve. State of the Voluntary Carbon Markets. 2015.

Eletronorte. Estudos de inventário hidrelétrico das bacias dos rios Tapajós e Jamanxim – relatório final, v.1. Maio de 2008.

Fearnside, P. M. "Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia." *Environmental Management* 27, n. 3 (2001): 377-396.

Fearnside, P. M. (a) "Emissions from tropical hydropower and the IPCC." *Environmental Science and Policy* 50 (2015): 225-239.

Fearnside, P. M. (b) "Hidrelétricas na Amazônia Brasileira: questões ambientais e sociais." In: *América Latina, Sociedade e Meio Ambiente: teorias, retóricas e conflitos em desenvolvimento*. (no prelo), por D. Floriani e A. E. (Eds.) Hevia. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 2015.

Fearnside, P. M. (c) *Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras*. Vol.2, por P. M. Fearnside, 75-94. Manaus: INPA, 2015.

Fonseca, B.; Mota, J. Lá vem o progresso. Pública – agência de reportagem e jornalismo investigativo. 9/fev/2015. <http://apublica.org/2015/02/la-vem-o-progresso/> (Acessado em 9/set/2015).

Fundação Nacional do Índio (FUNAI); Projeto Integrado de Proteção às Populações e Terras Indígenas da Amazônia Legal (PPTAL); Cooperação Técnica Alemã (GTZ). (Orgs.). *Levantamento etnoecológico Munduruku: Terra Indígena Munduruku*. Brasília: FUNAI/PPTAL/GTZ, 2008, 194p.

Fundação Nacional do Índio (FUNAI). "Relatório Circunstanciado de Identificação e Delimitação da terra Indígena Sawré Muybu (Pimental)/ PA." Brasília, 2013.



Houghton, R. A.; Skole, D. L.; Nobre, C. A.; Hackler, J. L.; Lawrence, K. T.; Chomentowski, W. H. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. *Nature*, 403, 2000, 301-304.

Goldemberg, J.; Lucon, O. Energia e meio ambiente no Brasil. *Estudos Avançados*, 21 (59), 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). Censo Demográfico 2010 - Resultados do Universo. 2010. <http://www.ibge.gov.br> (Acessado em 12/ago/2015).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (a). Projeções de população. 2013. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default.shtm (Acessado em 23/set/2015).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (b). Pesquisa nacional por amostra de domicílios - Síntese de Indicadores Sociais - 2012. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 278p.
Instituto de Desenvolvimento Social, Econômico e Ambiental do Pará. Região de Integração Tapajós: relatório técnico. Belém: IDESP, 2014, 127.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Ofício nº34/2015 – Parque Nacional da Amazônia/ICMBio. 14/Ago/2015.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais . Projeto PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite. 2012.
<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php> (acesso em 12 de 08 de 2015).

Instituto Socioambiental (ISA). Programa Xingu. Dossiê Belo Monte – não há condições para a Licença de Operação. 2015. 172p.

Junho, R. A. C. “Migrações ascendentes de peixes neotropicais e hidrelétricas: proteção a jusante de turbinas e vertedouros e sistemas de transposição.” Tese de Doutorado, Escola Politécnica - Engenharia Hidráulica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

Junk, W. J., e J. A. S. N. Mello. “Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira.” *Estudos Avançados* 4, n. 8 (1990): 1-13.

Juras, A. A., I. H. A. Cintra, e R. M. R. Ludovino. “A pesca na área de influência da usina hidrelétrica de Tucurí, Estado do Pará.” *Bol. Téc. Cient. CEPNOR* 4, n. 1 (2004): 77-88.

Lima, I. B. T.; Bambace L. A.; Ramos, F. M. GHG Cycle analysis and novel opportunities arising from emerging technologies developed for tropical dams. Workshop on the Greenhouse Gas Status of Freshwater reservoirs Foz do Iguacu, Brazil, Embrapa INPE. 2007.

Lima, F. “Diversidade, endemismo e biogeografia.” *Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia* 98 (2010): 4-5.

Machado, F. S. Manejo de Produtos Florestais Não Madeireiros: um manual com sugestões para o manejo participativo em comunidades da Amazônia. Rio Branco: PESACRE/CIFOR. 2008. 105p.

Mierzwa, J. C.; Silva, M. C. C.; Rodrigues, L. B.; Hespanhol, I. Tratamento de água para abastecimento público or ultrafiltração: avaliação comparativa através dos custos diretos de



implantação e operação com os sistemas convencional e convencional com carvão ativado. Eng. Sanit. Ambient., 13 (1), 2008, 78-87.

Millennium Ecosystem Assessment (MA). Ecosystem and human well-being: synthesis. Washington-DC: Island Press. 2005. 137pgs.

Ministério de Minas e Energia (MME)/ Centrais Elétricas Brasileiras S. A. (Eletrobras)/ Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico (COMASE). "Referencial para orçamentação dos programas socioambientais - volume I - Usinas Hidrelétricas." Rio de Janeiro, 1994, 149.

Ministério de Minas e Energia (MME); Ministério de Meio Ambiente (MMA). "Relatório técnico dos resultados - Workshop para análise de alvos de conservação da biodiversidade nas bacias dos rios Tapajós e Juruena - estudos para definição de áreas críticas." 2011, 17.

Monosowski, E. "Lessons from the Tucuruí experience." Water Power and Dam Construction, 1990: 29-34.

Netto, J. M. A. "Novos conceitos sobre eutrofização." DAE 48, n. 151 (1988): 22-28.

Oanda. <http://www.oanda.com/> (Acessado em Set/2015).

Rodrigues, E.; Gamarski, R.; Moura, R. M. Programa de investimentos em energia elétrica prevê R\$186 bilhões até 2018. O Estado de São Paulo. 11/ago/2015. <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,plano-de-investimentos-em-energia-prever-186-bilhoes-ate-2018,1741948#> (Acessado em 11/ago/2015).

Saatchi, S. S., R. A. Houghton, A. Dos Santos, J. V. Soares, e J. V. y Yu Y. LBA - ECO LC - 15 Amazon Basin aboveground live biomass distribution map: 1990-2000. O. R. N. L. D. A. A. , 2009.

Santana, A. C., E. S. Bentes, A. K. O. Homma, e C. M. Oliveira. "Influência da barragem de Tucuruí no desempenho da pesca artesanal, Estado do Pará." RESR 52, n. 2 (2014): 249-266.

Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos (SPI/Ministério de Planejamento). PPA's Territoriais Participativos – primeiro relatório do projeto de construção dos PPA's Territoriais Participativos. 2014. 81p.

Soares-Filho, B. S. Dinamica Project. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/dinamica/>>. Acessado em: 26/jan2014.

Soares-Filho, B. S.; RODRIGUES, H. O.; COSTA, W. L. S. Modelagem de Dinâmica Ambiental com Dinamica. Guia prático do Dinamica Ego, Centro de Sensoriamento Remoto/UFMG. 2009.

Souza, W. L. "Impacto ambiental de hidrelétricas: uma análise comparativa de duas abordagens." Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000, 160.



Souza-Júnior, W. C., J Reid, e N. C. S. Leitão. Custos e benefícios do Complexo Hidrelétrico Belo Monte: uma abordagem econômico-ambiental. Lagoa Santa/ Arcata: CSF, 2006.

Souza-Júnior, W. (Org.). Tapajós: hidrelétricas, infraestrutura e caos - elementos para a governança da sustentabilidade em uma região regular. São José dos Campos: ITA/CTA, 2014.

Tapajós Vivo. “Cartilha Tapajós Vivo para sempre - água para vida e não para a morte.” 2009, 19.

TEEB. A economia dos ecossistemas e da biodiversidade para formuladores de políticas locais e regionais. 2010. Malta: Progress Press. 257p.

Torras, M. The total economic value of Amazonian deforestation, 1978-1993. *Ecological Economics*, 33, 2000, 283-297.

United Nations High Commissioner for Human Rights. The right to water - fact sheet nº35. Geneva: UN-Human Rights. 2010. 56p.

World Commission on Dams (WCD). Dams and development – a new framework for decision-making. The report of the World Commission on Dams. 2000. London/Sterling: Earthscan Publications. 404p.

World Wildlife Fund (WWF). Development and application of an Amazon DSS in hydropower: advances and limitations (presentation version). Washington-DC, 5 de fevereiro de 2013.

7. Agradecimentos

Nós gostaríamos de agradecer à todas as pessoas que se dispuseram a trocar informações, discutir e dar as suas contribuições para que este estudo fosse realizado.

Ademir Macedo da Silva – FUNAI – coordenador regional - Itaituba

Aderson Araújo Avelar – ICMBio – Parna Amazônia

Adriano José Barbosa Souza – ICMBio – Área de Proteção Ambiental do Tapajós

Carlos Augusto Pinheiro – coordenador regional do ICMBio – 3ª região Santarém, PA.

Don Flávio Giovenale

Daniel Pacheco Wegmann

Francisco – Presidente da Associação de Pescadores de Itaituba

Gleison Magalhães Freitas – ICMBio – Flona do Amaná

Hilário Vasconcelos – Secretário municipal de Meio Ambiente e Produção de Itaituba

José Odair (CAK) – Presidente da Associação Comunitária de Pimental

Leandro Lazzari Ciotti – ICMBio – Flona de Itaituba II

Lívia Haubert Ferreira Coelho – ICMBio – Parna Amazônia

Luiz Matos de Lima – morador da Comunidade do Pimental

Luís de Camões Boaventura – procurador do Ministério Público Federal

Padre Edilberto Sena – Movimento Tapajós Vivo



Rodrigo Cambara Printes – ICMbio – Flona do Amana

Rozeninho Saw – líder Munduruku

Salles – ICMbio Itaituba

Zalde – Tesoureiro da Associação de Pescadores de Itaituba

8. Anexos

8.1 Estimativas e dados para os cenários de desmatamento

Estimativa populacional

A população foi projetada utilizando a seguinte expressão:

$$P_t = P_0 \times (1 + r)^t$$

Em que,

P_t = população projetada no tempo t ;

P_0 = população no tempo inicial;

t = tempo em anos de projeção da população;

r = taxa de crescimento anual da população calculada para os municípios pertencentes à área de abrangência da bacia do Tapajós utilizando a seguinte expressão:

$$r = \sqrt[j]{\frac{P_f}{P_i}} - 1$$

Em que,

r = taxa anual geométrica de crescimento da população;

P_f = população no tempo final;

P_i = população no tempo inicial;

j = número de anos no período entre P_i e P_f .

Duas taxas “ r ” foram calculadas, uma considerando o crescimento anual tendencial da população nos municípios pertencentes à área de abrangência da bacia do Tapajós e outra que considerou a taxa de crescimento populacional nos municípios de abrangência das UHEs de Jirau e Santo Antônio no auge da construção. A taxa tendencial foi utilizada nos anos que antecede a construção da UHE. Enquanto que a taxa associada aos municípios de abrangência das UHEs em Rondônia foi aplicada nos anos após o início da construção. Para tanto, considerou-se que apenas 20% das pessoas que migrarem para região vão permanecer após o término de construção da usina.

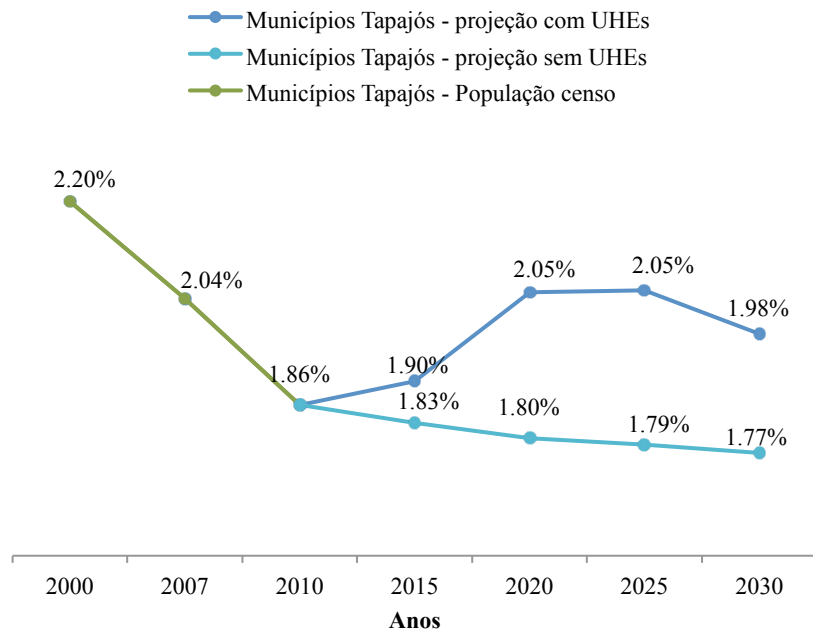


Figura 8: Taxas de crescimento populacional até o ano de 2030, com e sem a construção da UHE.

Modelagem espacial do desmatamento

Para obtenção dos cenários simulados e projetados utilizou-se o software DINAMICA EGO, versão 2.4.1, um programa de domínio público, com plataforma de modelagem desenvolvida pelo Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais (Soares-Filho et al., 2014). Os mapas utilizados nesta análise foram todos preparados com uma resolução espacial de 100 m x 100 m.

Com os dados de entrada do modelo, mapas da paisagem inicial e final, mais as variáveis explicativas ao desmatamento foram realizados a calibração, validação e projeção futura do desmatamento.

Os procedimentos para desenvolvimento do modelo utilizando o software DINAMICA EGO apresenta a interface gráfica esquematizada na Figura 9.

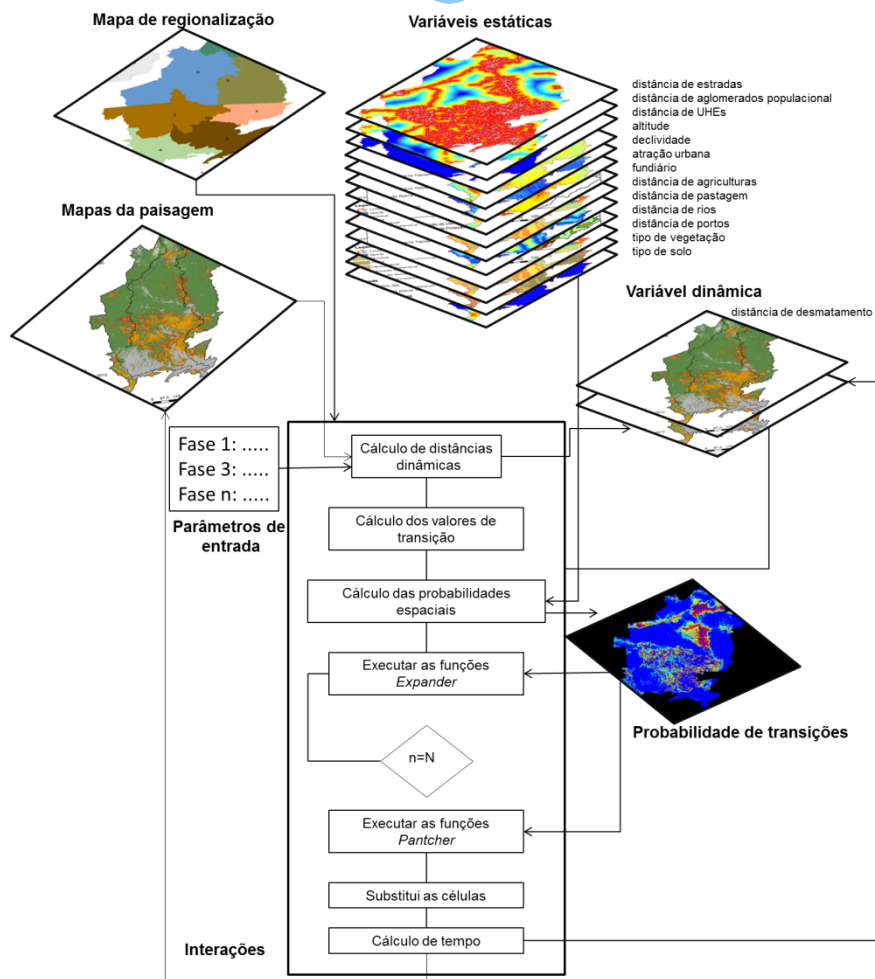


Figura 9: Esquema para o cálculo da vulnerabilidade ao desmatamento. Fonte: Adaptada de Soares-Filho, (2009).

Dados de entrada do modelo

Em todos os cenários foram utilizados os mapas de desmatamento inicial e final, mapeados pelo PRODES, equivalente aos anos de 2009 e 2013, respectivamente. Os mapas do desmatamento inicial e final de entrada do modelo foram utilizados para obtenção da taxa média anual de conversão do desmatamento e, juntos com as variáveis explicativas do desmatamento foram utilizados para calcular os valores de pesos de evidências.

No conjunto das variáveis explicativas ao desmatamento incluem os mapas de vegetação, solo, áreas protegidas, distância de estradas, distância dos rios principais, distâncias de aglomerado populacional, atração urbana, altitude, declividade, distância de áreas de pastagem e categorias fundiárias.



Calibração do modelo

Para calibração do modelo, primeiro foi calculada a matriz de transição relacionada aos mapas inicial e final da paisagem na região. A matriz de transição compreende o processo de estimativa de taxas de transição ou mudanças na paisagem observadas em períodos de interesse da área de estudo.

Para a estimativa das taxas de transição foi utilizada a ferramenta Determine Transition Matrix, um functor do software Dinamica EGO, que permite estimar as taxas denominadas “Single Step” e “Multiple Step” (Soares-Filho et al., 2009). O termo “Single Step” refere-se à matriz de transição ocorrida durante todo período de tempo da análise (global) e o termo “Multiple Step” refere-se à matriz de transição gerada por intervalo de tempo durante o período da análise (anual).

Num segundo momento foram cálculos os pesos de evidências associado a cada uma das variáveis explicativas ao desmatamento. Tais pesos atuam no processamento da modelagem influenciando na favorabilidade ou restrição do processo de uso de novas áreas de floresta.

Utilizando a matriz de transição “Multiple Step”, os pesos de evidências, o mapa da paisagem inicial e os mapas de variáveis foram montados os cenários de simulação do desmatamento.

Na modelagem com programa DINAMICA EGO há duas funções em sua plataforma que são responsáveis pelo processo de transição das células de um estado a outro. As funções são “expander” e “patcher”. O “Expander” tem a função de expandir o desmatamento a partir das áreas já desmatadas e a função “patcher” de criar novas áreas de desmatamento.

Assim, torna-se necessário definir o percentual de células que vão mudar em cada período de tempo do cenário por “expander” através da função “modulate change matrix”, ficando automaticamente ao programa providenciar o restante para a função “patcher”. Neste trabalho o percentual definido para “expander” foi de 80%, obtido através de sucessivos testes, até atingir um resultado que evidenciou melhor resultado espacial da simulação do desmatamento na área de estudo. Também foi necessário estabelecer no modelo à média, variância e isometria nas funções “expander” e “patcher”. Para ambas as funções “expander” e “patcher”, a média foi de 4 hectares, a variância de 12 hectares e a isometria de 1,5. Esses valores foram definidos após diversos testes e consecutivas validações.

Após a definição dos parâmetros mencionados acima, o modelo foi executado gerando como saída um mapa simulado final para o ano de 2014. Nesse mesmo modelo foi gerado também o mapa de probabilidade, indicando as áreas mais susceptíveis a serem desmatadas com base nos pesos de evidências dos mapas de variáveis.

Validação do modelo

A etapa de validação consiste em verificar a similaridade entre o mapa simulado e um mapa de referência, neste estudo, a paisagem simulada foi para o ano de 2014 e o mapa

de desmatamento para referência do ano correspondente, classificado e disponibilizado pelo INPE. Para validação foi utilizado o método da função de decaimento constante com janelas de tamanhos variáveis de 1x1 a 13x13 pixels. Este método é denominado similaridade Fuzzy em um contexto de vizinhança local estabelecido por Hagen (2003). Esse método pode ser implementado na plataforma do DINAMICA EGO.

Com o método de similaridade Fuzzy são gerados dois mapas de diferença, obtidos a partir dos mapas da paisagem inicial e final e o mapa simulado. Os diferentes tamanhos de janela percorrem os mapas de diferença obtendo o valor Fuzzy para cada célula central da janela, que é ajustado sempre para 1 ao passo que as células de mudança são achadas, sem importar com sua localização (Figura 10).

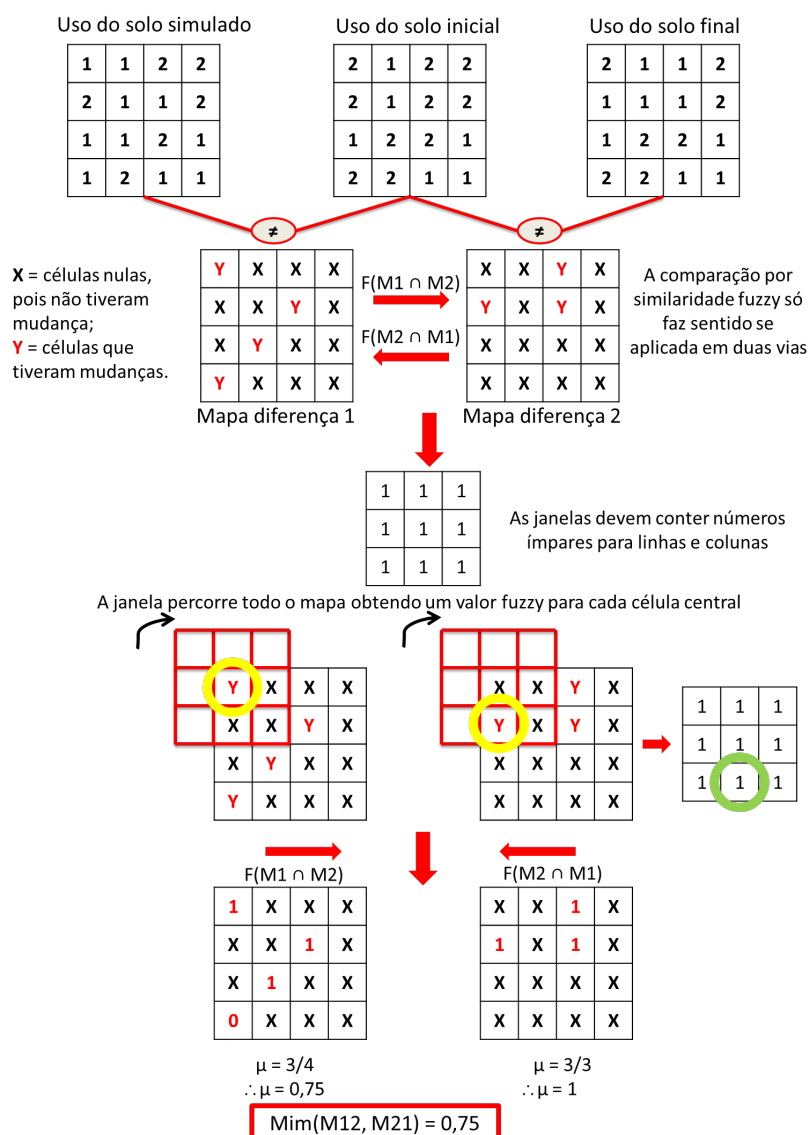


Figura 10: Método de comparação Fuzzy usando mapa de diferenças e uma função de decaimento constante. Fonte: Adaptado de Soares-Filho, (2009).

8.2 Parâmetros para estimativas populacionais

As estimativas de população foram feitas com base nos seguintes parâmetros:

- Censo de 2010 (IBGE, 2010);
- Censo Indígena (IBGE, 2010);
- Tamanho médio da família no Estado do Pará: 3,4 pessoas (IBGE, 2013a);
- Taxas médias geométricas de crescimento populacional do Estado do Pará (IBGE, 2013b):
 - 1.55 (2010-2015);
 - 1.25 (2015-2020);
 - 0.99 (2020-2025);
 - 0.79 (2025-2030);
 - 0.62 (2030-2035);
 - 0.34⁷ (2035-2040);
 - 0.11⁸ (2040-2045);
 - -0.12⁹ (2045-2050).

^{7,8,9} Estimativas baseadas nas taxas de crescimento geométrico dos anos anteriores (IBGE, 2013b).