



**Análise Custo-Benefício da Construção da
Usina Hidrelétrica Castanheira**

**DOCUMENTO
DE TRABALHO**



Maio 2018



DOCUMENTO DE TRABALHO

Maio 2018

Conservação Estratégica

Análise Custo-Benefício da Construção da Usina Hidrelétrica Castanheira

Thaís Vilela
Pedro Gasparinetti

Foto: Michel de Andrade

Todas as opiniões, posições e quaisquer erros são de responsabilidade dos próprios autores, e não refletem necessariamente a posição do Conservação Estratégica. Salvo indicação do contrário, direitos autorais dos materiais desse relatório são de responsabilidade dos autores.



Agradecimentos

A Conservação Estratégica (CSF) agradece às instituições Operação Amazônia Nativa, Instituto Centro de Vida e International Rivers pela realização deste estudo

A CSF agradece também ao pesquisador Philip Fearnside (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), professor Wilson Cabral de Sousa Junior (Instituto de Tecnologia da Aeronáutica), à Nelson Flausino Junior (Universidade Estadual de São Paulo de Botucatu) e Frank Merry (CSF) pela revisão deste estudo. Ao professor Francisco de Arruda Machado (assessor especial no Ministério Público do Estado de Mato Grosso), ao professor Evandro Mateus Moretto (Universidade de São Paulo), ao Daniel Rondinelli Roquetti (Universidade de São Paulo) e à professora Carolina Doria (Universidade Federal de Rondônia) a CSF agradece a disponibilidade e vontade de nos ajudar ao longo do estudo.

Conteúdo

Agradecimentos.....	1
Sumário executivo	7
Executive summary.....	9
1 Introdução	10
1.1 Área de Estudo.....	12
1.2 Motivação do estudo	14
1.3 Empreendimento.....	15
2 Análise financeira da UHE Castanheira.....	18
Relação Benefício-Custo	19
Valor Presente Líquido.....	19
Taxa Interna de Retorno	19
Período de Retorno	20
Custo nivelado	20
Índice Custo Benefício	21
2.1 Resultados da viabilidade financeira	24
2.2 Análise de Sensibilidade	25
2.3 Uso de Fontes Alternativas.....	30
3 Impactos socioambientais da UHE Castanheira.....	32
3.1 Contexto	32
3.1.1 Área do reservatório.....	36
3.2 Quantificação dos impactos.....	38
3.2.1 Emissão de Gases de Efeito Estufa	38
3.2.2 Custo de oportunidade das áreas alagadas	44
3.2.3 Impactos sobre a atividade pesqueira	48
3.3.1 Metodologia e resultados da avaliação da atividade pesqueira.....	49
3.2.4 Impactos não mensurados sobre os indígenas e sobre a comunidade local.....	56
3.2.4.1 Indígenas.....	56
3.2.4.2 Comunidade local	58
4 Análise Custo-Benefício da UHE Castanheira	59
4.1 Custos	59
4.1.1 Custo de implementação e operação da UHE Castanheira	59

4.1.2 Custos socioambientais	59
4.2 Benefícios.....	61
4.3 Custo-benefício	61
5 Conclusão.....	63
Referências	64
Apêndice 1 – Atividade de campo	70
Apêndice 2 – Questionário (roteiro).....	71
Apêndice 3 – Custo previsto com ações socioambientais	73

Lista de Figuras

Figura 1 - UHE Castanheira e a Bacia do Rio Juruena	10
Figura 2 - Localização da UHE Castanheira	12
Figura 3 - UHE Castanheira	16
Figura 4 - Fluxo de Caixa	18
Figura 5 - Preço de Venda de Energia Elétrica por Empreendimento	26
Figura 6 - Preço de Venda de Energia Elétrica entre 2005 e 2015.....	27
Figura 7 - Preço Real de Venda de Energia e Potência Instalada	28
Figura 8 - Análise de Sensibilidade: VPL	29
Figura 9 - Mapa das UHEs, PCHs e CGHs planejadas para a bacia do rio Juruena	33
Figura 10 - Uso da terra na área do reservatório e no entorno da UHE Castanheira	36
Figura 11 - Propriedades afetadas pelo projeto de construção da UHE Castanheira	37
Figura 12 - Distribuição das fontes de emissão de GEE	38
Figura 13 - Trajetória das Emissões de CO ₂ -equivalente e da Quantidade de Carbono Presente no Reservatório	43
Figura 14 - Apreciação do preço da terra no município de Juara entre 2010 e 2015.....	46
Figura 15 - Custo de oportunidade: rentabilidade líquida da pecuária mais a apreciação da terra.....	47
Figura 16 - Número de Pescadores registrados na Colônia Z-16	50
Figura 17 - Preço médio de venda das 5 principais espécies pescadas na região de Juara	52
Figura 18 - Participação da pesca na renda familiar	53
Figura 19 - Quantidade consumida de peixes por família (kg/mês)	54
Figura 20 - Mapa das áreas de pesca, berçários e ilhas no rio Arinos	56
Figura 21 - Terra Indígena Apiaká-Kayabi	57

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Dados Técnicos da UHE Castanheira.....	16
Tabela 2 - Dados Oficiais do Projeto de Construção da Usina Hidrelétrica Castanheira	22
Tabela 3 - Hipóteses Necessárias para o Cálculo dos Indicadores Financeiros	24
Tabela 4 - Síntese dos Resultados Obtidos na Avaliação Financeira do Projeto.....	25
Tabela 5 - Análise de sensibilidade à taxa de desconto.....	26
Tabela 6 – Análise de sensibilidade ao preço de venda de energia.....	29
Tabela 7 - Parâmetros técnicos para o cálculo das emissões de GEE resultantes da supressão de áreas	40
Tabela 8 - Emissões de carbono, C-CO ₂ e C-CH ₄ de 10 UHEs localizadas na bacia Amazônica.....	41
Tabela 9 – Parâmetros utilizados no cálculo das emissões dos GEE dos reservatórios.....	42
Tabela 10 - Emissões potenciais de GEE da UHE Castanheira durante 50 anos (t de CO ₂ -eq.)	43
Tabela 11 - Quantidade e valor dos produtos: carvão vegetal, lenha e madeira em tora.....	48
Tabela 12 – Tamanho médio das cinco principais espécies pescadas pelos pescadores da colônia Z-16.	51
Tabela 13 – Receita bruta anual estimada da atividade pesqueira por pescador	55
Tabela 14 - Valor presente dos custos socioambientais (preços de 2015)	61
Tabela 15 - Benefício líquida da UHE Castanheira (preços de 2015)	62

Siglas

@	Arroba
C	Carbono
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ -eq	Dióxido de carbono equivalente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EVTE	Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica
ha	Hectare
ICB	Índice Custo Benefício
ICV	Instituto Centro de Vida
IUCN	International Union for Conservation of Nature
kg	Quilograma
km ²	Quilômetro quadrado
MMA	Ministério de Meio Ambiente
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-hora
O&M	Operação e Manutenção
PCHs	Pequenas centrais hidrelétricas
PDE	Plano Decenal de Expansão de Energia
SIN	Sistema Interligado Nacional
TI	Terra Indígena
t	Tonelada
UHE	Usina hidrelétrica

Sumário executivo

Existem atualmente mais de 100 empreendimentos hidrelétricos, incluindo hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas, previstos para a bacia do rio Juruena no estado de Mato Grosso.¹ Dentre todos esses empreendimentos, a UHE Castanheira se destaca. Prevista para ser construída no rio Arinos – importante tributário do rio Juruena – a UHE Castanheira é uma das poucas UHEs priorizadas no estudo de inventário da bacia hidrográfica do rio Juruena que não inundaria diretamente Terras Indígenas e Unidades de Conservação.² Contudo, ainda que o projeto não preveja o alagamento destas áreas, a análise de viabilidade financeira do empreendimento e a identificação e quantificação dos impactos socioambientais potenciais são necessárias para a tomada de decisão.³

Com uma potência instalada igual a 140 MW, o projeto da UHE Castanheira prevê o alagamento de 94,7 km². O investimento previsto para a construção desta usina, incluindo a construção da linha de transmissão, é aproximadamente R\$ 1,3 bilhões (preços de 2015) – valor que não inclui os custos associados aos impactos socioambientais que seriam potencialmente provocados pela implantação e operação desta usina.⁴ Dentre os impactos negativos potenciais, destacamos, neste estudo, as emissões de gases de efeito estufa, a perda econômica gerada pela inundação de áreas produtivas e a diminuição da renda econômica dos pescadores profissionais existentes no rio Arinos.⁵ Dentre os impactos positivos, destacamos a geração de energia elétrica.

Organizações da sociedade civil argumentam que os efeitos adversos provocados pelo projeto de construção da UHE Castanheira seriam maiores do que os benefícios que a usina iria gerar. De fato, os resultados do nosso estudo sugerem que o projeto de construção da UHE Castanheira pode não ser viável financeiramente. Usando os dados do empreendimento apresentados no EVTE e analisando os indicadores tradicionais de viabilidade do projeto, concluímos que, se construída, a UHE Castanheira poderá gerar um prejuízo de aproximadamente R\$ 239 milhões (US\$ 81 milhões) aos investidores. Ao acrescentarmos os custos dos impactos negativos – considerando os três impactos que destacamos – a perda potencial do projeto poderá atingir R\$ 419 milhões (US\$ 142 milhões).

Para que o projeto de construção da UHE Castanheira seja viável financeiramente, o preço de venda de energia – a ser determinado em leilão – deveria ser igual ou maior do que R\$ 165 por

¹ O mapa com todas os empreendimentos hidrelétricos na região está disponível em ICV (2017).

² O projeto de construção da UHE Castanheira não prevê o alagamento de Terras Indígenas regularizadas. Porém,

³ O estudo de viabilidade financeira e ambiental é necessário, mas não suficiente para a tomada de decisão. Qualquer decisão sobre a viabilidade do projeto deve respeitar o direito a consulta prévia dos povos indígenas.

⁴ Incluindo os custos com ações socioambientais previstos no EVTE, o investimento total é aproximadamente R\$ 1,5 bilhões.

⁵ Este estudo é restrito à análise dos impactos no rio Arinos. Os impactos potenciais do projeto sobre os afluentes do rio Arinos como, por exemplo, o rio dos Peixes – importante para os povos indígenas -- não são quantificados neste relatório.

MWh. Se incluirmos as externalidades identificadas e quantificadas neste estudo, então o preço mínimo de venda de energia deveria ser R\$ 187 por MWh para que o projeto seja viável economicamente. Certamente, o processo de decisão de construção de hidrelétricas é bastante complexo envolvendo não apenas análises de projetos específicos, como a realizada neste estudo, mas também o mercado nacional e as alternativas disponíveis para atender a demanda por energia elétrica.

Executive summary

There are currently more than 100 hydroelectric projects, including large and small hydropower plants, in the Juruena basin in the state of Mato Grosso. Among all these projects, the Castanheira Dam, proposed for construction on the Arinos River – an important tributary of the Juruena River - is one of the few hydropower projects that would not flood Indigenous Lands and Conservation Units. However, despite not flooding these areas, the analysis of the financial feasibility of this project and the identification and quantification of potential socio-environmental impacts are necessary for the decision-making process.⁶

With an installed capacity of 140 MW, the Castanheira Dam is projected to flood 94.7 km². The investment, including the construction of the transmission line, is estimated at R\$ 1.27 billion (2015 prices) - an amount that does not include the socio-environmental impacts that would be potentially caused by the implementation and operation of this dam.⁷ Among the negative impacts, this study focuses on three: greenhouse gas emissions, economic loss from flooding productive areas, and from diminishing the amount of fish downstream.⁸ Among the positive impacts, we highlight the generation of electric energy.

Civil society organizations argue that the adverse effects of the Castanheira Dam project would outweigh the benefits that this dam would generate. In fact, the results found in this study suggest that the proposed Castanheira Dam might not be financially feasible. Using official data from the project's EVTE and analyzing traditional feasibility indicators, we found that, if built, the Castanheira Dam could generate a loss of approximately R\$ 239 million (US\$ 81 million) to investors. When we add the costs of the negative impacts - considering the three impacts we highlighted above - the potential loss generated by this project could increase to R\$ 419 million (US\$ 142 million).

To be financially feasible, the energy price - to be determined in an auction - should be equal to or greater than R\$165 per MWh. If we include the externalities identified and quantified in this study, then the minimum price should be R\$ 187 per MWh for the project to be economically feasible. Surely, the decision-making process is quite complex involving not only analyses of specific projects, such as the analysis carried out in this study, but also the national market and the alternatives available to meet the demand for electricity.

⁶ The financial and environmental feasibility study is necessary, but not sufficient for the decision-making process. Any decision on the feasibility of the project should respect the right of indigenous people and traditional communities to prior consultation.

⁷ Including the socio-environmental costs estimated in the EVTE, the total investment is approximately R\$1.5 billion.

⁸ This study is restricted to the Arinos river. Potential effects of this project on the tributaries of the Arinos River, such as the Peixes River - crucial for indigenous peoples - are not quantified in this report.

1 Introdução

Este estudo se refere ao projeto da UHE Castanheira prevista para ser construída no rio Arinos, um dos formadores do rio Juruena (tributário do rio Tapajós) no estado de Mato Grosso.

A construção da UHE Castanheira faz parte da última versão do Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2026 – do governo federal (EPE, 2017) e é considerada pelo mesmo estratégica para o setor elétrico brasileiro. Além de sua contribuição à matriz de geração de energia elétrica, a UHE Castanheira é uma das poucas UHEs priorizadas no estudo de inventário da bacia hidrográfica do rio Juruena (EPE, 2010) que não implica em restrições legais associadas ao alagamento de Terras Indígenas e/ou Unidades de Conservação (Figura 1).⁹

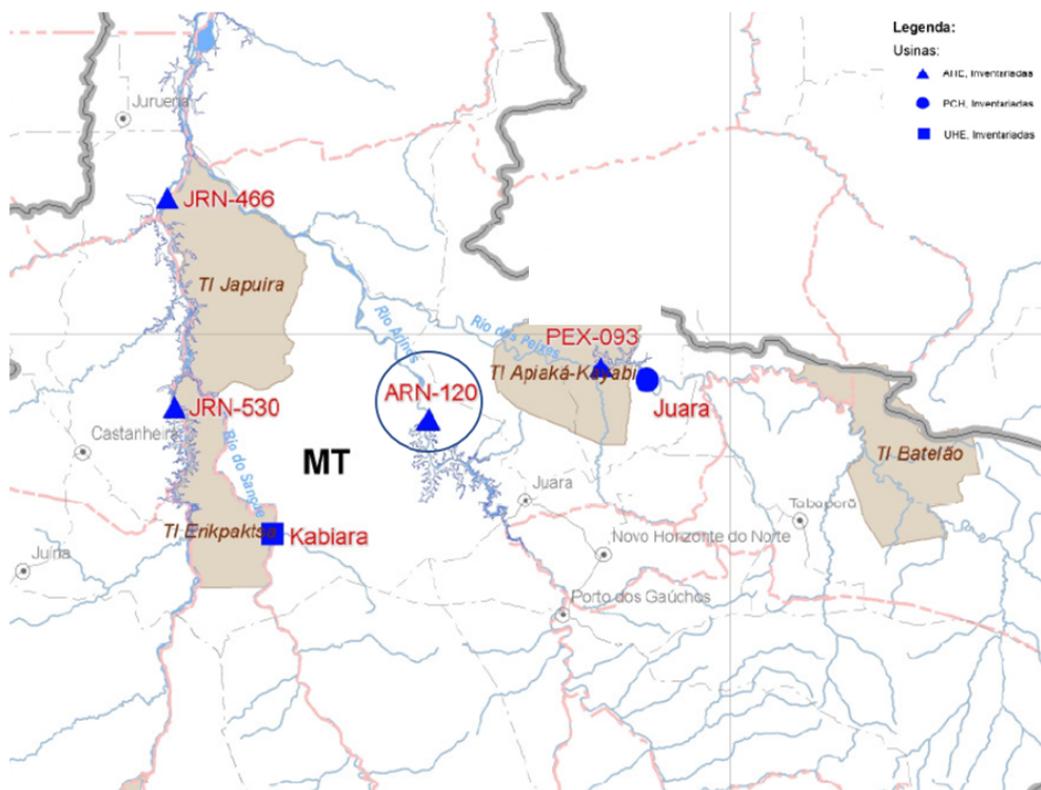


Figura 1 - UHE Castanheira e a Bacia do Rio Juruena

Fonte: EPE (2010)

Notas: TI no mapa corresponde a Terras Indígenas. Neste mapa, selecionamos apenas o trecho da bacia do rio Juruena que contém a usina hidrelétrica Castanheira (ou ARN-120). A bacia do rio Juruena ocupa uma área maior do que a mostrada nesta figura. De acordo com o estudo de inventário da bacia do rio Juruena, a área ocupada por esta bacia corresponde a aproximadamente 190.391 km². Cabe mencionar, que existem outras UHEs e PCHs previstas para a região que não são apresentadas no estudo de inventário utilizado pela EPE para fazer a Avaliação Ambiental Integrada da bacia do rio Juruena. Para mais detalhes ver Alarcon, Millikan, Torres, & colaboradores (2016).

⁹ Terras Indígenas já demarcadas.

No entanto, a viabilidade financeira e os impactos socioambientais da construção da UHE Castanheira têm sido questionados por entidades não-governamentais, povos indígenas, agricultores familiares e outros movimentos de base da bacia do rio Juruena. O principal argumento é que a quantidade de energia a ser produzida não será suficiente para superar os custos econômicos e socioambientais, ainda que as externalidades positivas, como, por exemplo, a geração de empregos, sejam consideradas.¹⁰ A fim de contribuir para este debate, este estudo tem três objetivos:

- Avaliar a viabilidade financeira do projeto;
- Contribuir para a análise dos impactos socioambientais associados à construção de hidrelétricas;
- Subsidiar o diálogo entre governo e sociedade; e
- Auxiliar a tomada de decisão através de uma análise custo-benefício que considera não só os aspectos financeiros, como também os potenciais impactos socioambientais.

Dentre os impactos socioambientais, este estudo analisa três impactos potenciais:

- As emissões de gases de efeito estufa;
- A perda econômica resultante do alagamento de áreas produtivas; e
- A alteração da dinâmica e rentabilidade da atividade pesqueira.

É importante mencionar que estes impactos representam apenas uma fração dos impactos potenciais que poderão ocorrer caso a UHE Castanheira seja construída. Exemplos de efeitos adversos causados por hidrelétricas que não serão quantificados neste estudo incluem alteração na qualidade da água e na qualidade de vida das famílias que serão potencialmente deslocadas. Por não considerarmos todos estes efeitos, os resultados da análise de impactos realizada neste estudo não devem ser interpretados como uma medida dos impactos totais da UHE Castanheira.

Os dados para a realização deste estudo foram obtidos nos estudos de viabilidade técnica e econômica e de impacto ambiental divulgados pela EPE, assim como da literatura acadêmica relacionada à construção de hidrelétricas na região Amazônica e à valoração econômica de bens e serviços ambientais. Para o estudo dos potenciais impactos econômicos sobre a população de pescadores, além de usarmos dados secundários, usamos os dados coletados pela Operação Amazônia Nativa (OPAN), em parceria com a CSF, junto aos pescadores profissionais, amadores e indígenas. A pesquisa de campo com os pescadores e indígenas sobre a situação atual da pesca e os potenciais impactos resultantes da construção da UHE Castanheira foi realizada em julho de 2017.

¹⁰ Além disso, existe a possibilidade de sobrecusto devido a esquemas de corrupção, atrasos na construção e mudanças na produção prevista de energia não contabilizadas pelo projeto em função, por exemplo, de mudanças climáticas. Apesar de importante, tais fatores não foram quantificados neste estudo.

1.1 Área de Estudo

A UHE Castanheira está planejada para ser construída no rio Arinos a aproximadamente 120 km da sua foz no rio Juruena, no município de Juara, no estado de Mato Grosso (Figura 2). A construção da UHE impactaria diretamente os municípios de Juara e Novo Horizonte do Norte. Mas, se considerarmos a área de abrangência regional (área delimitada pela sub-bacia hidrográfica do rio Arinos), então o total de municípios afetados seria igual a 14, representando uma área de aproximadamente 86,4 mil km². Deste total, 22,6 mil km² correspondem ao município de Juara.

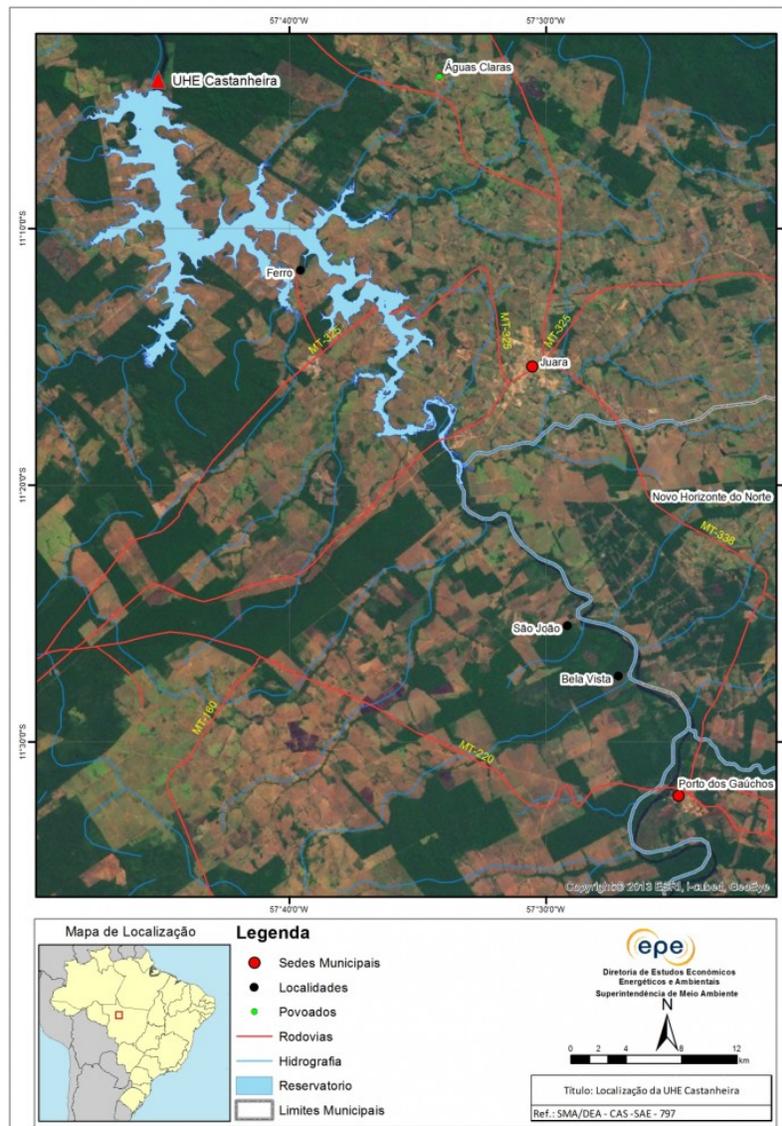


Figura 2 - Localização da UHE Castanheira

Fonte: EPE (2017)

O município de Juara, situado a 730 km da capital de Cuiabá, é o sétimo maior (em área) do estado de Mato Grosso e possui uma população estimada de 33.731 habitantes, sendo a maior parte da população residente na área urbana.¹¹ De acordo com o IBGE (2010), 20% da população vive nas áreas rurais. Deste total, a maior parte corresponde às populações indígenas e comunidades tradicionais (ex. ribeirinhos).

Conforme o relatório do EIA, 555 pessoas (208 famílias) poderiam ser afetadas diretamente pela construção da UHE.^{12,13} Contudo, podemos argumentar que o número de pessoas diretamente impactada é maior do que o apresentado pelo estudo de impacto ambiental. Por exemplo, a população indígena da região depende diretamente da pesca para sobrevivência. A formação do reservatório, como previsto pelo próprio EIA, impactaria a quantidade e a diversidade de peixes existentes no rio Arinos, assim como nos demais rios da bacia do rio Juruena.¹⁴

Em termos econômicos, as atividades predominantes na região onde será construída a UHE são a pecuária, principalmente bovina – o que justifica sua denominação de Capital do Gado em Mato Grosso – e o extrativismo vegetal e mineral. As atividades agrícolas e a pesca artesanal estão também presentes, mas em menor escala. Sobre a pesca, o EIA identificou a presença de pescadores artesanais e de população ribeirinha nas proximidades do rio Arinos que, assim como os pescadores profissionais, dependem fundamentalmente da pesca. A pesca esportiva é também uma atividade importante nas áreas de influência da UHE, atraindo diversos turistas para a região.

Com relação às áreas vegetadas, o EIA identificou uma área de 4.546 ha de vegetação nativa que sofreria intervenções para a construção da UHE Castanheira. Deste total, 294 ha (6,47%) correspondem à Floresta Ombrófila Densa Aluvial e 4.252 ha (93,53%) à Floresta Ombrófila Aberta Submontana. Além da limpeza para o reservatório, parte da cobertura vegetal seria removida para a implantação do canteiro de obras, das vias de acesso, terraplanagem, e etc. Dentre as populações vegetais presentes, o EIA identificou quatro espécies: *Amburana acreana* (cerejeira), *Ocotea tabacifolia* (canelão), *Bertholletia excelsa* (castanheira) e *Cedrela odorata* (cedro-rosa) que estão em pelo menos uma das listas de espécies ameaçadas.¹⁵

¹¹ População estimada em 2016. Mais informações em <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/mt/juara/panorama>.

¹² O Estudo de Impacto Ambiental aponta que para a formação do reservatório, implantação de estrutura de apoio e a constituição da Área de Preservação Permanente serão necessários 14.215 ha de terras e benfeitorias. Para atender essa demanda, 156 propriedades serão afetadas. Em termos de habitantes, foram identificadas 555 pessoas (ou 208 famílias) que serão afetadas.

¹³ De acordo com o EIA, impacto direto ocorre “quando os efeitos do aspecto gerador (atividade ou ação) sobre o fator ambiental decorrem de uma relação direta de causa e efeito” (EIA - Volume 3, 2015).

¹⁴ De acordo com o IBGE, a população indígena em Juara em 2010 correspondia a 1.141 pessoas. Mais informações ver: <http://indigenas.ibge.gov.br/mapas-indigenas-2>

¹⁵ Com exceção do canelão, que consta como espécie em perigo, as demais espécies arbóreas estão em situação vulnerável conforme as listas IUCN Red List 2015 e Portaria MMA No. 443, 2014.

1.2 Motivação do estudo

A principal razão para a construção da UHE Castanheira é a geração de energia elétrica. De acordo com o governo federal, a construção da UHE Castanheira é necessária para atender a demanda futura por energia elétrica no país (PDE 2026). Contudo, como mencionamos anteriormente, organizações da sociedade civil argumentam que a quantidade de energia elétrica a ser produzida pela UHE Castanheira não será suficiente para superar os custos econômicos e socioambientais gerados pela mesma.

A análise dos dados de geração de energia elétrica, disponibilizados no PDE 2026, mostra que a UHE Castanheira poderá contribuir com 1,02% da expansão hidrelétrica entre 2016 e 2026, e apenas 0,22% da expansão da potência instalada considerando todas as fontes de energia elétrica.¹⁶ Ainda de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia, a expansão hidrelétrica deverá ser priorizada e a região hidrográfica amazônica – região com maior potencial hidrelétrico do país – contribuirá com 57% da expansão capacidade instalada até 2026.¹⁷ Portanto, o debate sobre a construção da UHE Castanheira, apesar de localizada na região Centro-Oeste, insere-se numa discussão mais ampla sobre a expansão do setor elétrico na região amazônica. O desafio consiste não só em atender a demanda, mas também em conservar áreas de vegetação nativa e respeitar os direitos de populações tradicionais da região como, por exemplo, os povos indígenas.

Neste contexto, para diminuir os impactos socioambientais, o governo federal tem priorizado usinas hidrelétricas a fio d'água, ou seja, usinas caracterizadas pela geração de energia através do fluxo de água do rio (Tancredi & Abbud, 2013). Tais usinas podem ou não ter reservatórios extensos. Itaipu, por exemplo, é uma usina a fio d'água e possui uma área de reservatório (1.350 km²) comparável às usinas de acumulação.¹⁸ A UHE Castanheira é também uma usina a fio d'água, e seu reservatório possui uma área prevista igual a 94,68 km².¹⁹ Com algumas exceções, como Itaipu, os reservatórios das usinas a fio d'água não são capazes de acumular água para geração de energia na estação seca (Montalvão, Faria, & Abbud, 2012), diminuindo a capacidade de regularização do Sistema Interligado Nacional (FIRJAN, 2013).

Em função de sua localização, a UHE Castanheira não é particularmente suscetível a períodos de seca, como ocorre com as usinas construídas na região Nordeste do país. No entanto, projeções realizadas no âmbito do projeto Brasil 2040 (SAE, 2014) apontam que, em função das mudanças climáticas, a vazão dos rios nas regiões Centro-Oeste e Norte deve diminuir a uma

¹⁶ Para este cálculo, usamos os dados divulgados pelo PDE 2026. De acordo com o plano decenal, a expansão da potência instalada entre 2016 e 2026 será igual a 64.130 MW, e a expansão hidrelétrica será igual a 13.768 MW (este valor não considera a expansão resultante das PCHs e CGHs que são incluídas no PDE em outra categoria).

¹⁷ EPE (2017) página 251.

¹⁸ Sobre os impactos sociais e ambientais causados pela UHE Itaipu ver Serraglio (2016) e Mamed, Lemos, & Rossito (2016).

¹⁹ A determinação do tipo de usina depende principalmente das características da região.

taxa superior a 5% nos próximos 30 anos (no cenário mais otimista), aumentando consideravelmente a vulnerabilidade das usinas nestas regiões.²⁰

Além dos prováveis impactos causados pelas mudanças climáticas, a construção da UHE Castanheira iria afetar diretamente a vazão do rio Arinos à jusante, incluindo seus afluentes (ex. rio dos Peixes). Dentre os rios existentes e avaliados pelo estudo de inventário da bacia do rio Juruena, o rio Arinos distingue-se por sua piscosidade, principalmente durante a piracema (época de migração) quando cardumes de diferentes espécies vencem a barreira do Salto Augusto (Arrolho, et al., 2015). De fato, tanto o EVTE quanto o EIA mostram que a construção da barragem prejudicaria o desenvolvimento reprodutivo dos peixes migratórios, alterando a riqueza e abundância de peixes na região e não só na área do reservatório. O impacto sobre a população e diversidade de peixes seria, segundo o EIA, de ocorrência certa, de longo prazo, de caráter permanente e irreversível.

Estudos como o proposto aqui podem contribuir para o debate sobre a construção de UHEs, apresentando de forma transparente e simples os cálculos de viabilidade financeira e de potenciais impactos socioambientais.

1.3 Empreendimento

De acordo com a descrição técnica do projeto apresentada no estudo de viabilidade, a UHE Castanheira, caso construída, terá uma capacidade instalada igual a 140 megawatts (MW) e inundará 94,7 km², considerando o nível de água máximo normal igual a 230 metros (Figura 3).

Durante o período de enchimento do reservatório, 65% da vazão média mensal de cada mês seria liberada a fim de manter o regime fluvial a jusante. Como o funcionamento da usina seria a fio d'água, o projeto não prevê alterações significativas no regime fluvial durante o período de operação da usina, mas reconhece que a construção do reservatório impactaria a população de peixes e nas rotas migratórias.²¹

²⁰ Ver também Banco Mundial (2017) para uma maior discussão sobre os impactos do clima no setor elétrico brasileiro.

²¹ O projeto da UHE Castanheira prevê a construção de um sistema de transposição de peixes. De acordo com o EIA, o dispositivo selecionado é a escada tipo vertical slot. A escada possui comprimento total de aproximadamente 650 metros e é composta “por quatro partes principais: o sistema propriamente dito - escada de peixes tipo ranhura vertical (vertical slot); o canal de entrada, que faz a ligação entre a escada e o canal de fuga; o canal de saída, que faz a ligação entre a escada e o reservatório; e o sistema de água de atração, que complementa as vazões da escada para melhor atração de peixes ao canal de entrada” (EIA, volume 2, pág. 13).

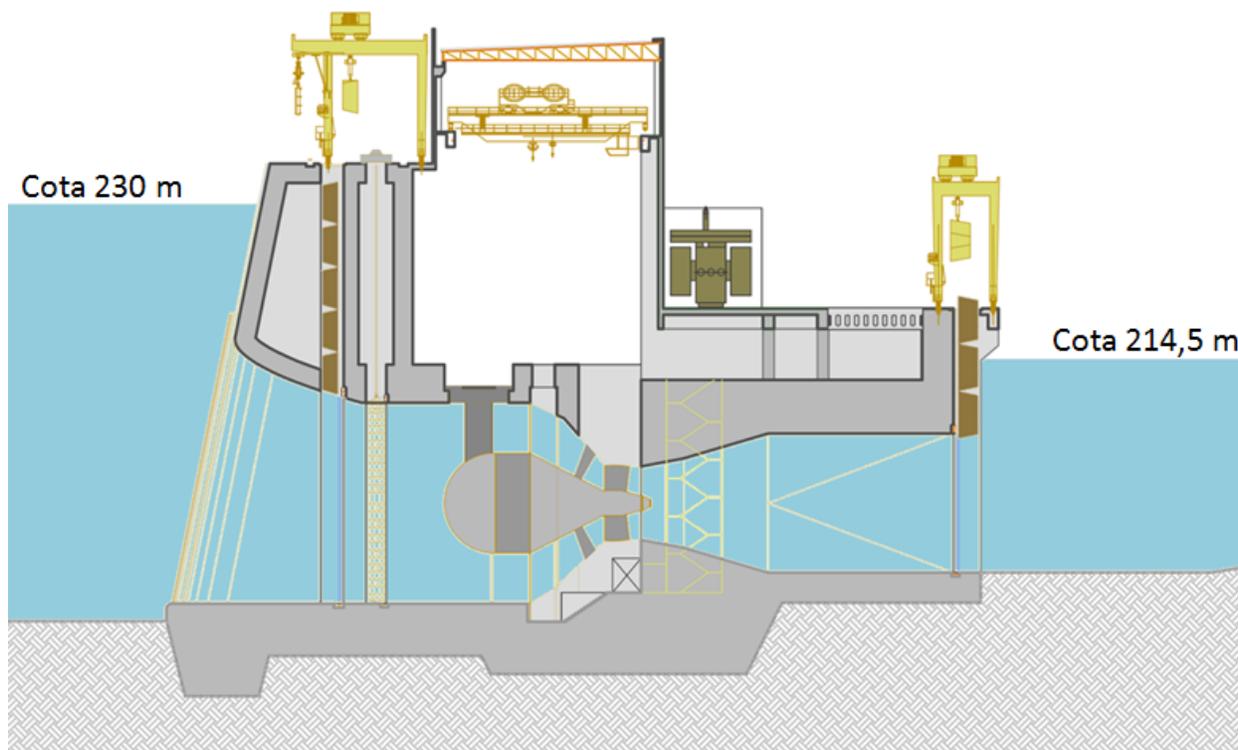


Figura 3 - UHE Castanheira

Fonte: <http://www.uhecastanheira.com.br/o-empresamento/>

Na Tabela 1, apresentamos os dados técnicos associados a UHE Castanheira.

Tabela 1 - Dados Técnicos da UHE Castanheira

CARACTERÍSTICAS	INFORMAÇÃO	UNIDADE
NÍVEL MÁXIMO DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO	230	m
NÍVEL MÁXIMO DA ÁGUA A JUSANTE	214,5	m
POTÊNCIA INSTALADA	140	MW
ENERGIA FIRME	98,43	MW médio
ENERGIA FIRMA AGREGADA AO SIN	98,18	MW médio
ÁREA DO RESERVATÓRIO	94,7	km ²
MUNICÍPIOS COM ÁREA ALAGADA	Juara e Novo Horizonte do Norte ²²	
TIPO DE OPERAÇÃO	A fio d'água	

Fonte: Elaboração própria com base nas informações técnicas disponibilizadas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, n.d.)

²² Do total da área alagada, 99,8% será no município de Juara e 0,2% no município Novo Horizonte do Norte.

Para construir a usina, o investimento total previsto é igual a R\$1.472.342.000,00 (preço correspondente a junho de 2015).^{23,24} Tal valor considera os juros durante a construção, a construção da linha de transmissão e ações socioambientais.

Especificamente sobre a linha de transmissão, a energia gerada escoaria pela linha de transmissão que conectaria a subestação da UHE Castanheira à subestação do circuito Brasnorte-Juína, segundo uma extensão de aproximadamente 109 km (EPE, 2016). A UHE Castanheira seria interligada ao Sistema Interligado Nacional (SIN), sendo a energia gerada passível de ser consumida em qualquer localidade no país, abrangida pelo sistema.

²³ Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica. Não há informação sobre o valor do seguro e resseguro.

²⁴ É possível que os investimentos iniciais do projeto sejam, na prática, maiores do que os previstos. Ansar et al. (2014) apresenta evidências de que os custos associados às grandes hidrelétricas são viesados para baixo.

2 Análise financeira da UHE Castanheira

Para analisar a viabilidade financeira da UHE Castanheira, calculamos inicialmente o fluxo de caixa gerado pelo projeto e, em seguida, os seis indicadores mais utilizados na literatura de avaliação de projetos, quais sejam:²⁵

- Relação Benefício-Custo
- Valor Presente Líquido
- Taxa Interna de Retorno
- Período de Retorno
- Custo Nivelado
- Índice Custo Benefício

Para o cálculo do fluxo de caixa, consideramos os seguintes fatores:

- Os custos de operação e manutenção; e
- Os benefícios (determinados pelo valor econômico da energia gerada)

Este estudo, assim como o EVTE, assume que o tempo de operação da UHE Castanheira seja de 50 anos e o período de construção de 3,4 anos. Com base nesta distribuição do tempo, temos que t (indicador de anos) varia entre 0 e 52 anos (Figura 4).

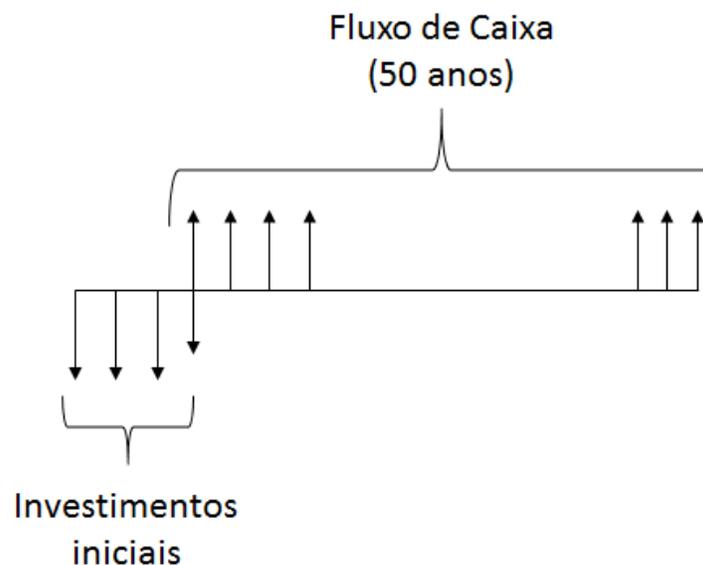


Figura 4 - Fluxo de Caixa

²⁵ Esses indicadores foram selecionados com base no Guia de Melhores Práticas de Avaliação Econômico-Financeira de Projetos de Energia Renovável (Owens, 2002).

Relação Benefício-Custo

A relação Benefício-Custo (B/C) é definida da seguinte forma:

$$\frac{\sum_{t=0}^{52} \text{benefícios}/((1+i)^t)}{\sum_{t=0}^{52} \text{custos}/((1+i)^t)}$$

Onde i é igual a taxa de desconto e t representa o tempo, neste caso em anos.

Este indicador visa identificar a relação entre os benefícios e os custos descontados de um projeto. Se a relação B/C de um projeto é maior do que 1, então os benefícios descontados gerados pelo projeto superam os custos descontados. Se, por exemplo, a razão B/C é igual a 5, então isso significa que poderíamos esperar R\$ 5,00 de benefício para cada R\$ 1,00 gasto. Caso contrário, se a relação B/C for menor do que 1, então o projeto não é viável, pois os custos são maiores do que os benefícios descontados. Quando a relação B/C é igual a 1, então, do ponto de vista financeiro, não há ganhos nem perdas.

Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido (VPL), expresso em Reais, é o principal indicador de avaliação de projetos e é determinado da seguinte forma:

$$VPL = \sum_{t=0}^{52} \frac{(\text{Benefício} - \text{Custo})_t}{(1+i)^t}$$

Onde i é igual a taxa de desconto e t representa o ano.

Quando o VPL é maior do que 0 (ou positivo), então o projeto é viável. Idealmente, quanto maior o VPL, melhor (em termos financeiros) é o projeto. Caso o VPL seja negativo, então o projeto não deve ser considerado, pois os benefícios esperados serão menores do que os custos associados ao projeto. Quando o VPL é igual a 0, então dizemos que o projeto está em equilíbrio.

Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR), expressa em percentual, é a taxa de desconto que faz com que o VPL seja igual a 0, ou seja, é a taxa que faz com que o investimento inicial (em $t = 0$) seja igual ao somatório dos fluxos de caixa descontados. A TIR é determinada pela seguinte fórmula:

$$0 = \sum_{t=0}^{52} \frac{(Benefício - Custo)_t}{(1 + TIR)^t}$$

Como regra de decisão, temos que a TIR deve ser maior do que a taxa mínima de atratividade (taxa de retorno esperada pelo investimento). Neste estudo, comparamos a TIR com a taxa de desconto utilizada na análise de investimentos. A TIR é mais utilizada para a comparação de projetos. Idealmente, quanto maior a TIR, melhor o projeto.

Período de Retorno

O período de retorno identifica o tempo necessário, medido em anos, para que os investimentos sejam recuperados, ou seja, que os fluxos de caixa acumulados do projeto sejam maiores ou iguais ao investimento inicial. Quanto menor o tempo de retorno, então melhor é o projeto. Este indicador é calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$t = \frac{Investimento\ Inicial}{Fluxo\ de\ caixa}$$

Neste estudo, como veremos a seguir, supomos que o fluxo de caixa, definido como a diferença entre os benefícios e os custos, seja constante ao longo do tempo. Tal hipótese é simplificadora, o que significa que para determinados anos, as nossas estimativas estarão subestimadas e para outros anos, superestimadas. A fim de considerarmos os valores monetários dos benefícios e custos ao longo do tempo, calculamos também o período de retorno descontado. Para tanto, usamos o fluxo de caixa descontado.

Custo nivelado

O custo nivelado, mais conhecido pela sua terminologia em inglês “levelized cost of electricity”, representa o custo por megawatt-hora (R\$/MWh) da construção e operação da usina ao longo de todo o seu ciclo de vida (EIA, 2013). Este indicador identifica o preço no qual a energia produzida ao longo do ciclo de vida do projeto deve ser vendida para que os benefícios esperados sejam iguais aos custos de construção e operação. O custo nivelado é definido da seguinte forma (DOE Office of Indian Energy, n.d.):

$$p = \frac{\sum_{t=0}^{52} \frac{I_t + O\&M_t + Combustível_t}{(1 + i)^t}}{\sum_{t=0}^{52} \frac{E_t}{(1 + i)^t}}$$

Onde I é o investimento em t ; $O\&M_t$ é o custo de operação e manutenção em t ; $Combustível_t$ representa o custo do combustível em t ; E_t representa a quantidade de energia gerada em t ; i é a taxa de desconto e t representa o ano.

Tradicionalmente, o custo nivelado tem sido utilizado para a avaliação de projetos. Contudo, este indicador possui algumas simplificações que comprometem a comparação entre as diferentes alternativas tecnológicas (Romeiro, Almeida, & Losekann, 2015). Este método, por exemplo, não leva em consideração a natureza da oferta de energia, ou seja, se essa é despachável ou intermitente. A fim de superar esta limitação, o governo brasileiro definiu o Índice Custo Benefício (ICB), ou Índice de Mérito.

Índice Custo Benefício

O indicador ICB mede a relação entre os custos associados ao projeto e o benefício, em termos de energia firme.²⁶ Este indicador é utilizado para comparar projetos de geração de energia elétrica de diferentes fontes de energia, pois indica o custo de produzir e entregar à rede 1 MWh.

Seguindo a metodologia apresentada no EVTE Tomo II, o ICB, expresso em R\$/MWh, é definido de acordo com a seguinte fórmula:

$$ICB = \frac{Custo\ total}{8.760 * \Delta Ef}$$

O custo total (CT) é calculado pela expressão:

$$CT = C * FRC + 8.760 * \Delta Ef * COM$$

Onde:

- C Custo do aproveitamento incluindo juros durante a construção;
- FRC Fator de recuperação do capital;
- ΔEf Acréscimo de energia firme; e
- COM Custo anual de O&M.
- 8760 Número de horas em 1 ano

O fator de recuperação de capital, por sua vez, é definido pela seguinte expressão:

$$FRC = \frac{i * (1 + i)^T}{(1 + i)^T - 1}$$

²⁶ Para os demais indicadores, o cálculo é feito com base na potência instalada, ou seja 140 MW. Para o cálculo do ICB, usamos a energia firme agregada ao sistema, ou seja 98,18 MW médio.

Onde:

- i Taxa de desconto; e
 T Vida útil da usina.

Para o cálculo dos indicadores apresentados acima, usamos os dados oficiais disponíveis no EVTE. A Tabela 2 mostra esses dados.

Tabela 2 - Dados Oficiais do Projeto de Construção da Usina Hidrelétrica Castanheira

PARÂMETROS TEMPORAIS		UNIDADE	
	Período base	2015	
	Entrada em operação	2023	
	Tempo total de construção	3,4	anos
	Tempo de construção até geração da primeira unidade*	3	anos
	Tempo de construção até geração da segunda unidade	3,2	anos
	Tempo de construção até geração da terceira unidade	3,4	anos
	Período de análise	50	anos
	Cronograma de desembolso:		
CONSTRUÇÃO DA USINA (% CUSTO TOTAL S/JUROS)	Ano 1	9,3	%
	Ano 2	33,5	%
	Ano 3	42,7	%
	Ano 4	14,6	%
SISTEMA DE TRANSMISSÃO ASSOCIADO (% CUSTO ASSOCIADO A LT)	Ano 1	0	%
	Ano 2	5	%
	Ano 3	70	%
	Ano 4	25	%
PARÂMETROS ECONÔMICOS (BASE JUNHO DE 2015)			
	Investimento total, incluindo linha de transmissão	1.472.342	mil R\$
	Custo total S/JDC	1.195.948	mil R\$
	Custo total C/JDC	1.369.962	mil R\$
	Sistema de transmissão	102.380	mil R\$
	O&M	5	R\$/MWh
	Custo previsto com ações socioambientais	196.910	mil R\$
	Taxa de juros	10	%

Fonte: EPE (2016)

Nota: A data de construção da usina pelo empreendedor será definida somente após a realização do leilão da UHE Castanheira. Mas, de acordo com o PDE 2026, a usina está prevista para entrar em operação em 2023, o que

implicaria em iniciar a construção em 2019. O custo previsto com ações socioambientais inclui: aquisição de terrenos e benfeitorias, realocações e outras ações socioambientais (a planilha com a descrição dos custos encontra-se no Apêndice 3).

* O tempo previsto de construção até geração da primeira unidade pode ser ultrapassado. Ver Ansar et al. (2014).

Além dos dados apresentados na Tabela 2, para o cálculo dos indicadores financeiros, assumimos quatro hipóteses, quais sejam:

1. Investimento privado

Para calcularmos a viabilidade financeira deste empreendimento, subtraímos do investimento total, os custos associados aos programas socioambientais. O objetivo desta análise é identificarmos a viabilidade do projeto desconsiderando as externalidades potenciais.

2. A taxa de desconto é 10% ao ano.

A taxa de desconto utilizada neste estudo coincide com a taxa adotada no EVTE. A taxa de desconto é uma das variáveis mais importantes nas estimativas dos custos e dos benefícios. Ela é utilizada para atualizar todos os valores monetários de um projeto para o presente. Quanto maior a taxa de desconto, menor a importância dos benefícios e custos futuros. Os indicadores financeiros como, por exemplo, o VPL, são bastante sensíveis a alterações na taxa de desconto.

Como a análise financeira corresponde a uma análise do ponto de vista do investidor privado, o uso da taxa de juros como taxa de desconto se justifica. Na análise de viabilidade econômica, que leva em consideração a sociedade, a taxa de desconto social – menor do que a taxa de juros – é, em geral, utilizada. Neste estudo, como combinamos a análise financeira com a análise econômica (Capítulo 3), optamos por utilizar a taxa de juros a fim de sermos consistentes entre as análises.

3. O preço da energia é igual a R\$130/MWh.

Consideramos que o preço de venda da energia é igual ao Custo Unitário de Referência de Energia determinado pela EPE e apresentado no EVTE. O preço de venda da energia é, em geral, determinado nos leilões de venda de energia – principal mecanismo de contratação de energia elétrica no Brasil.

4. O fator de capacidade é igual a 70%.

Assumimos que o fator de capacidade da UHE Castanheira, ou seja, a proporção entre a produção efetiva em um determinado período e a produção total máxima neste mesmo período, é igual a 70%. Este valor é uma simplificação. No caso das hidrelétricas, a energia

gerada depende da vazão dos rios em cada instante do tempo e, portanto, é variável. Contudo, em média, o fator de capacidade da geração hidráulica pública no Brasil é 50% (45% em 2015, 49% em 2014, e 57% em 2012).²⁷ O fator de capacidade previsto para a UHE Castanheira é 69%, considerando tanto o período crítico quanto o período histórico.

5. O cronograma do pagamento dos juros segue o cronograma de desembolso previsto pelo EVTE

A Tabela 3 apresenta um sumário das hipóteses utilizadas neste capítulo.

Tabela 3 - Hipóteses Necessárias para o Cálculo dos Indicadores Financeiros

HIPÓTESES			UNIDADE
	Fator de capacidade	70	%
	Preço de venda da energia	130	R\$/MWh
	Taxa de desconto	10	%
	Número de horas em 1 ano	8.760	%
CRONOGRAMA DE PAGAMENTO DOS JUROS	Ano 1	9,3	%
	Ano 2	33,5	%
	Ano 3	42,7	%
	Ano 4	14,6	%

2.1 Resultados da viabilidade financeira

Com base nas fórmulas e nos dados apresentados na seção anterior, calculamos os seis principais indicadores financeiros utilizados na avaliação de projetos. Os resultados são apresentados na Tabela 4. Os resultados sugerem que o projeto de construção da UHE Castanheira não é viável financeiramente, corroborando o argumento de que os benefícios gerados pela geração de energia elétrica não serão suficientes para superar os custos financeiros associados à construção desta UHE.

²⁷ Ministério de Minas e Energia. Capacidade Instalada de Geração Elétrica – Brasil e Mundo (2016).

Tabela 4 - Síntese dos Resultados Obtidos na Avaliação Financeira do Projeto

INDICADOR:	RESULTADO	UNIDADE
RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO	0,78	
VALOR PRESENTE LÍQUIDO	- 238.558.270	R\$
TAXA INTERNA DE RETORNO	7.8	%
TEMPO DE RETORNO SIMPLES	11,89	anos
TEMPO DE RETORNO DESCONTADO	-	
CUSTO NIVELADO	164.98	R\$/MWh
ICB	177,66	R\$/MWh

Dentre os indicadores financeiros calculados, podemos destacar três: o VPL, o custo nivelado e o ICB. O VPL calculado neste estudo indica que o projeto não deve ser considerado. Caso o projeto de construção da UHE Castanheira seja aceito, então, dadas as hipóteses definidas acima, o projeto gerará um prejuízo de aproximadamente R\$ 239 milhões.

O custo nivelado, apesar de suas limitações como método de comparação de projetos de geração de energia elétrica, indica o preço de venda de energia que faz com que os custos sejam iguais aos benefícios. Isso significa que para o projeto de construção da UHE Castanheira, o preço de venda deveria ser 27% maior do que o preço de venda esperado, R\$130,00. Caso contrário, os benefícios não serão suficientes para cobrir os custos incorridos pelo projeto.

Com relação ao indicador ICB calculado neste estudo, temos que seu valor é exatamente igual ao valor apresentado no EVTE, R\$177,66/MWh. Tal resultado é esperado, pois estamos utilizando os dados oficiais do projeto. No entanto, nos chama a atenção o fato de o custo médio de geração (R\$177,66/MWh) ser maior do que o preço de venda esperado, R\$130,00/MWh. Tal fato implica que a UHE Castanheira incorrerá em perda a cada 1 MWh produzido.

Desta forma, os resultados encontrados neste estudo sugerem que, do ponto de vista financeiro, a UHE Castanheira não deve ser construída, ou seja, não há racionalidade financeira para que um investidor privado construa esta usina hidrelétrica.

2.2 Análise de Sensibilidade

Os indicadores financeiros calculados neste estudo são sensíveis a determinadas variáveis como, por exemplo, a taxa de desconto e o preço de venda de energia. Assim, para testar a robustez dos resultados encontrados aqui, recalculamos o valor presente líquido considerando diferentes taxas de desconto e preços de energia.

Com relação à taxa de desconto, temos que essa é uma função da taxa de juros utilizada pelo banco, ou outra instituição financeira, que emprestará o dinheiro (ou parte do dinheiro) necessário aos investidores para a realização do projeto. No Brasil, assim como em outros países em desenvolvimento, a participação do governo em obras de infraestrutura pode ocorrer via o empréstimo de capital a taxas subsidiadas. Portanto, para a análise de sensibilidade, consideraremos duas taxas além da taxa de desconto utilizada como referência neste estudo – 10% ao ano. Supondo uma maior participação do setor público, consideraremos uma taxa de desconto igual a 6% ao ano. Por outro lado, considerando uma participação maior do setor privado, então assumiremos uma taxa de desconto de 13% ao ano. A Tabela 5 mostra os valores do VPL associados às taxas de desconto.

Tabela 5 - Análise de sensibilidade à taxa de desconto

TAXA DE DESCONTO (% AO ANO)	VALOR PRESENTE LÍQUIDO (MILHÕES DE R\$)
6	317
10	-239
13	-425

A determinação dos preços utilizados na análise de sensibilidade é feita com base nos preços de venda obtidos nos últimos leilões de energia elétrica. Em termos reais (junho de 2015), os preços variam entre R\$78,70/MWh e R\$200,94/MWh. A Figura 5 mostra o preço de venda de energia elétrica por empreendimento.²⁸

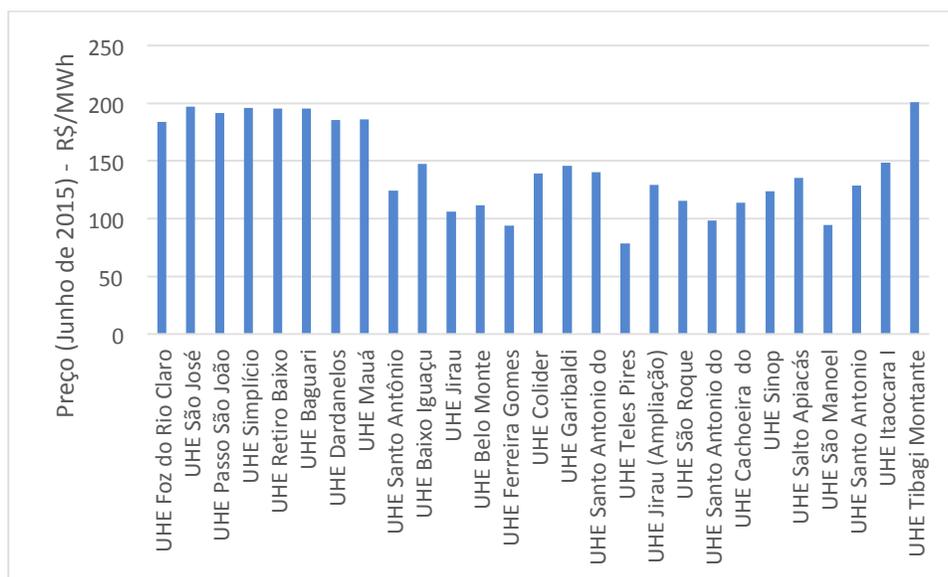


Figura 5 - Preço de Venda de Energia Elétrica por Empreendimento

Fonte: Aneel – Resultado de Leilões

²⁸ Para calcularmos o preço de venda de energia elétrica em termos reais, consideramos que os leilões ocorreram no mês de dezembro. Usamos o IPCA, divulgado pelo IBGE, para trazer os preços a valor presente.

Ao analisarmos os preços de venda ao longo dos anos (Figura 6), percebemos uma tendência clara de queda entre 2005 e 2012. Nos últimos anos, porém a tendência parece ter sido revertida. Para a construção deste gráfico, utilizamos os preços médios de cada ano. No entanto, dada a grande variabilidade das UHEs no Brasil, o uso da média como indicador de preço não é ideal.

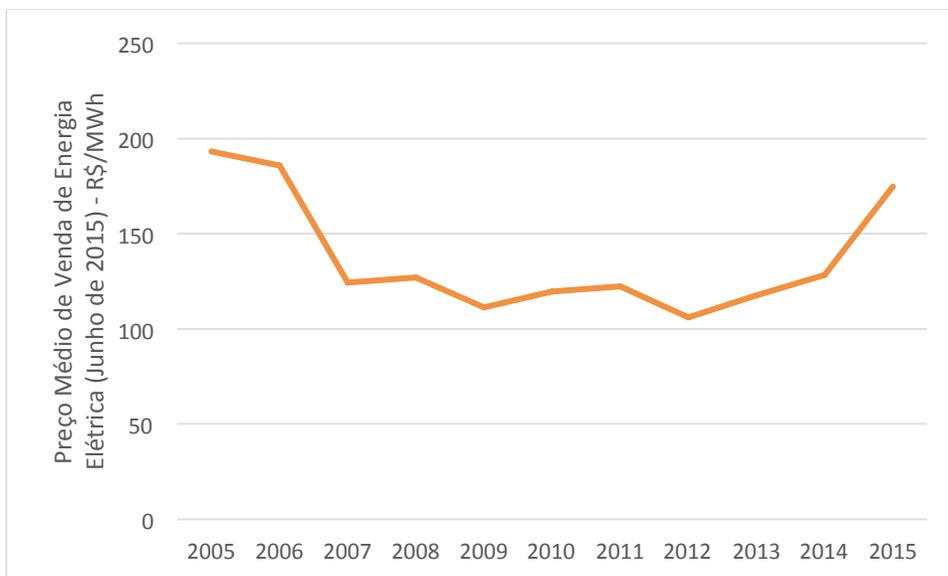


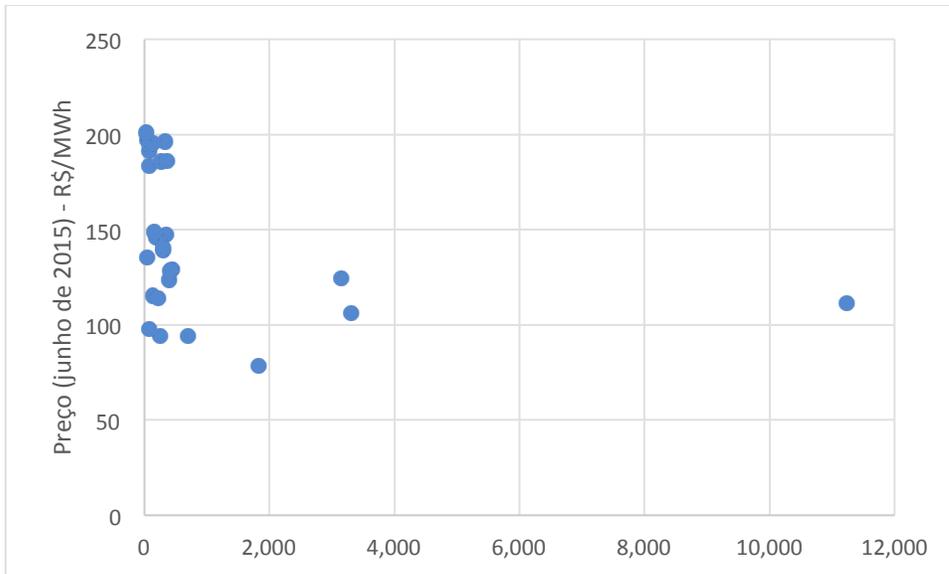
Figura 6 - Preço de Venda de Energia Elétrica entre 2005 e 2015

Fonte: Aneel – Resultado de Leilões

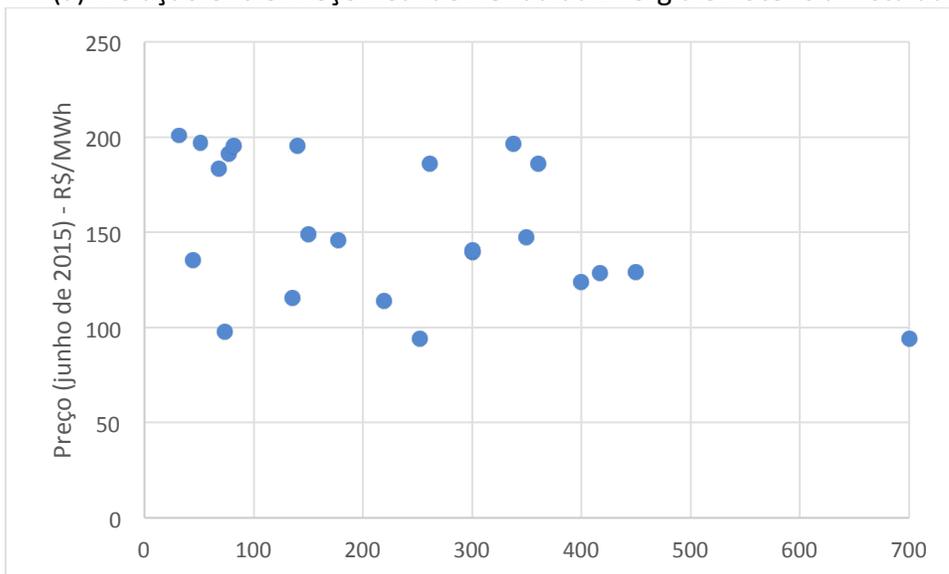
De fato, como ilustrado na Figura 7, as UHEs variam tanto em termos de potência quanto em termos de preço de venda de energia. A correlação entre estas duas variáveis é igual a -0.31, sugerindo uma correlação fraca.²⁹ Especificamente sobre o sinal, temos que esse está de acordo com a teoria econômica: quanto maior a potência, menor o preço (em média). Tal resultado faz sentido se pensarmos em termos de economia de escala. Contudo, a correlação é pequena, sendo difícil determinarmos um padrão, ou uma tendência.³⁰ A UHE de Belo Monte, por exemplo, tem uma potência instalada igual a 11.233 MW, porém seu preço de venda de energia elétrica (em termos reais) é similar ao das UHEs que possuem menos de 4.000 MW (ex. UHE Jirau).

²⁹ O coeficiente de correlação foi calculada usando a seguinte fórmula: $correlação(X, Y) = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}}$, onde x e y são a potência instalada e o preço de venda de energia. Este coeficiente mede o grau de correlação entre duas variáveis e assume valores entre -1 (correlação perfeita negativa) e 1 (correlação perfeita positiva).

³⁰ Os preços obtidos nos leilões são muitas vezes conjunturais e se relacionam com, por exemplo, o teto definido pelos reguladores e o preço relativo das alternativas de geração envolvidos no leilão.



(a) Relação entre Preço Real de Venda da Energia e Potência Instalada



(b) Relação entre Preço Real de Venda da Energia e Potência Instalada (Menor ou Igual a 700 MW)

Figura 7 - Preço Real de Venda de Energia e Potência Instalada

Fonte: Aneel – Resultado de Leilões

Nota: No Painel (b) truncamos os dados de potência para melhor visualização da relação entre potência e preço. O preço da energia está em termos reais (junho de 2015).

Portanto, dada a incerteza em relação ao preço de venda de energia elétrica e sua importância na análise de viabilidade de investimentos, testamos a robustez dos resultados usando diferentes preços. Como mencionado anteriormente, os preços de venda de energia obtidos nos últimos leilões variam de R\$78,70/MWh a R\$200,94/MWh. Escolhemos cinco valores dentro desta faixa de preços, sendo três deles escolhidos aleatoriamente. São eles:

- 80 R\$/MWh
- 100 R\$/MWh
- 130 R\$/MWh
- 164.98 R\$/MWh
- 177,66 R\$/MWh
- 200 R\$/MWh

A Figura 8 e a Tabela 6 mostram o resultado da análise de sensibilidade. Valores menores do que 164.98 R\$/MWh implicam em perda financeira para a empresa. O VPL neste caso é sempre negativo, indicando que os benefícios gerados pela energia produzida não são suficientes para superarem os custos associados a esse projeto. Desta forma, para que o projeto de construção da UHE Castanheira seja viável financeiramente, o preço deve ser maior ou igual a 164.98 R\$/MWh. Este valor, no entanto, é acima da média obtida nos leilões que ocorreram entre 2005 e 2015.

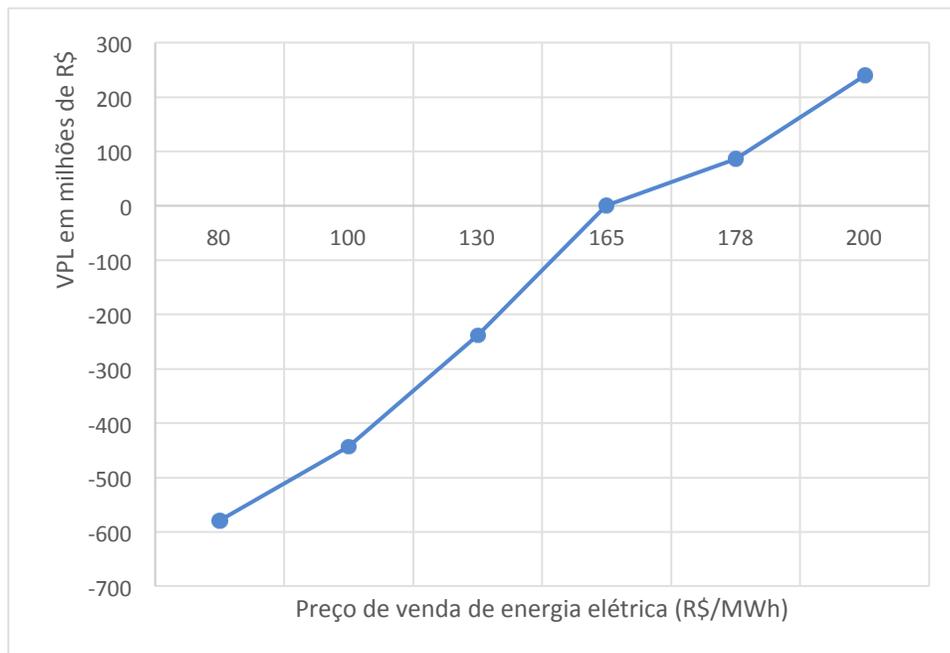


Figura 8 - Análise de Sensibilidade: VPL

Tabela 6 – Análise de sensibilidade ao preço de venda de energia

PREÇO DE VENDA DA ENERGIA (R\$/MWH)	VPL (MILHÕES R\$)
80	-280
100	-443
130	-239

164.98	0
177.66	86
200	239

2.3 Uso de Fontes Alternativas

A decisão de construir uma UHE, assim como outras usinas elétricas, é bastante complexa e depende de diversos fatores associados não só ao projeto, mas também ao setor elétrico como um todo. Idealmente, ao concluirmos que uma usina não é viável financeiramente e que os impactos socioambientais serão negativos, recomendamos, além do uso eficiente da energia elétrica, a construção de usinas alternativas para atender a demanda futura por energia. Contudo, para que possamos fazer tais recomendações, precisaríamos entender melhor o processo de tomada de decisão. Atualmente, o processo de decisão não é transparente e os modelos de otimização utilizados como ferramenta de decisão de investimentos de longo prazo são verdadeiras “caixas-pretas” para a sociedade em geral.

Neste estudo, a fim de avaliar a possibilidade de alternativas, usamos um método de análise bastante simples. Comparamos o preço de venda previsto da UHE Castanheira com os preços de venda ao SIN – determinados nos leilões de energia – de três fontes alternativas de energia (eólica, solar e biomassa/cana-de-açúcar).³¹ Uma das razões para a construção de hidrelétricas no Brasil – além do potencial hidrológico existente – é o seu preço relativo. Em comparação com o preço de vendas das fontes renováveis como eólica e solar, o preço de vendas de energia das hidrelétricas tende a ser menor.

No entanto, a competitividade dos empreendimentos de fontes alternativas (eólica, solar e biomassa) está aumentando na medida em que os custos de investimento e produção dessas fontes estão diminuindo. De fato, se consideramos apenas os leilões de 2015 (FA, A-3 e LER), temos que o preço de venda da energia eólica variou entre R\$177,47/MWh e R\$212,39/MWh.³² Com relação aos preços de venda de energia solar, temos que o preço variou de R\$290,00/MWh a R\$305,51/MWh. Especificamente sobre a energia proveniente de usinas termelétricas a biomassa, os resultados dos leilões de 2015 indicam que o preço variou de R\$206,52/MWh a R\$278,50/MWh.

³¹ Os valores utilizados nesta comparação não consideram os custos associados à distribuição e transmissão, às perdas e aos encargos.

³² Existem diferentes modalidades de leilões de energia no Brasil, entre eles: o leilão de fontes alternativas (FA) – para atender ao crescimento do mercado e aumentar a participação de fontes renováveis – eólica, biomassa e energia proveniente de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) – na matriz energética brasileira; o leilão de energia de reserva (LER) – criado para elevar a segurança no fornecimento de energia elétrica no SIN; e leilão A-3 – criado para viabilizar empreendimentos de médio prazo de maturação, como, por exemplo, os empreendimentos termelétricos (CCEE, n.d.).

Assim, com base nos preços dos leilões que ocorreram em 2015 e levando em consideração que o preço mínimo de venda para tornar o projeto da UHE Castanheira viável é, aproximadamente, R\$190/MWh, as fontes alternativas (principalmente a eólica) são bastante competitivas. Nesta etapa do estudo, não estamos incluindo o custo das externalidades associado ao projeto da UHE Castanheira. A inclusão das externalidades tende a elevar os custos e, como resultado, o preço mínimo para tornar o projeto viável deve aumentar, tornando alternativas como usinas eólicas ainda mais atraentes.

O uso de fontes alternativas, como as mencionadas aqui, pode ser vantajoso para o sistema elétrico brasileiro ao diminuir o risco hidrológico, reduzir a dependência de hidrelétricas em períodos naturais de seca e diminuir o uso de termelétricas emergenciais. Usinas termoelétricas à biomassa, por exemplo, têm um caráter bastante complementar às usinas hidrelétricas, uma vez que o período de safra de cana-de-açúcar (entre os meses de maio e novembro) coincide com o período de seca do sistema elétrico (Castro N. J., 2008).

Certamente, o uso de fontes intermitentes, como as propostas aqui, pode levar a uma maior vulnerabilidade do sistema elétrico, sendo necessário avaliar os riscos associados a cada empreendimento. Este tipo de estudo não será feito aqui, mas podemos concluir que, em termos de preço de venda de energia elétrica ao SIN, há opções à construção da UHE Castanheira.

3 Impactos socioambientais da UHE Castanheira

O EVTE não é claro quanto aos métodos utilizados para calcular os potenciais impactos socioambientais associados ao projeto de construção da UHE Castanheira. Por esta razão, fazemos uma análise independente de alguns desses potenciais efeitos.

Analisamos quantitativamente três impactos potenciais socioambientais da UHE Castanheira. São eles:

1. As emissões de gases de efeito estufa;
2. A perda econômica resultante do alagamento de áreas produtivas; e
3. A alteração da dinâmica e rentabilidade da atividade pesqueira.

Os três impactos potenciais analisados neste estudo representam uma pequena fração do total dos efeitos adversos que seriam potencialmente gerados pelo projeto de construção da UHE Castanheira. Impactos sobre os povos indígenas e as comunidades tradicionais, assim como sobre o desenvolvimento local (dos municípios afetados) são exemplos igualmente importantes e que devem ser também considerados no processo de decisão de construção de UHEs. Assim, apesar de não quantificarmos tais impactos, descrevemos brevemente, no final deste capítulo, possíveis consequências da construção da UHE Castanheira para os povos indígenas presentes na região e para os municípios sede com base na literatura e em experiências anteriores.

A escolha para analisar os três impactos foi baseada em quatro fatores, quais sejam:

1. A relevância para a sociedade;
2. A metodologia de análise disponível na literatura;
3. A disponibilidade de dados; e
4. A disponibilidade de tempo para a realização deste estudo.

3.1 Contexto

Existe um consenso na literatura de que empreendimentos hidrelétricos geram impactos significativos à sociedade e ao meio-ambiente (Winemiller, et al. (2016), Fórum Teles Pires (2017), Forsberg, et al. (2017)). No entanto, apesar de reconhecidos estes impactos, existem diversos projetos de construção de UHEs na região hidrográfica amazônica, uma das regiões com maior biodiversidade do mundo. Na bacia do rio Juruena, por exemplo, existem atualmente mais de 100 empreendimentos hidrelétricos previstos para os próximos anos, incluindo a construção de pequenas centrais hidrelétricas (Figura 9).

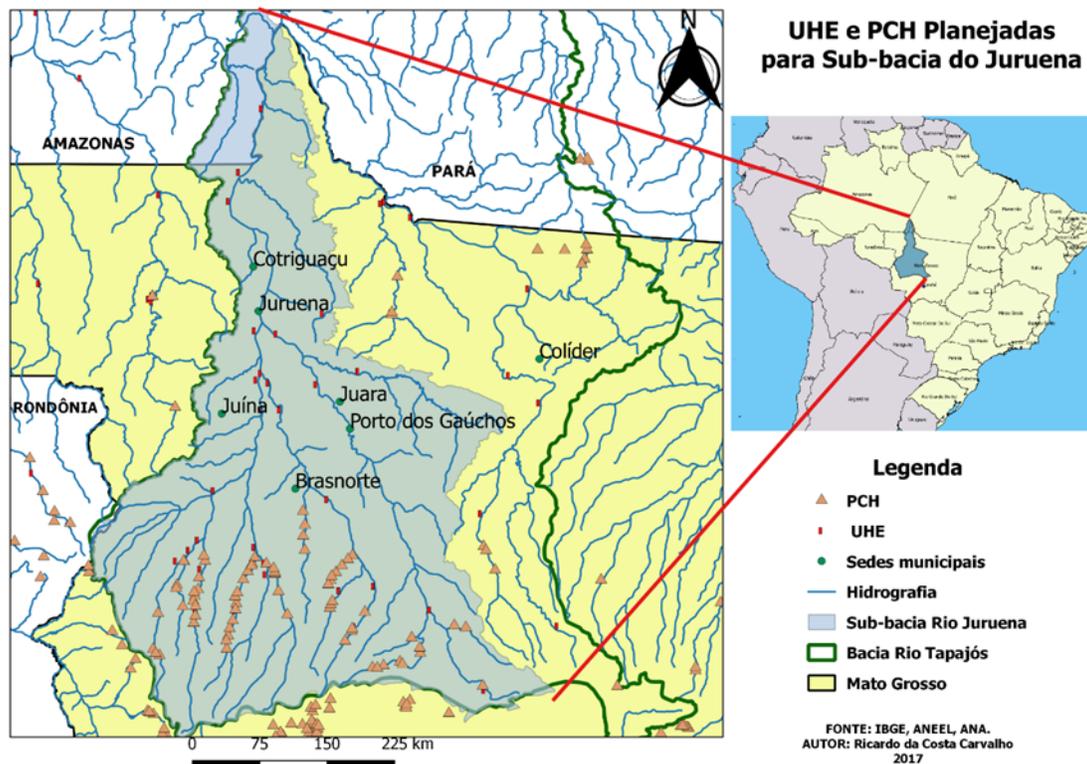


Figura 9 - Mapa das UHEs, PCHs e CGHs planejadas para a bacia do rio Juruena

Notas: Este mapa foi elaborado por Ricardo Costa Carvalho da OPAN. Algumas das PCHs representadas neste mapa foram reclassificadas como CGHs (micro usinas de até 5 MW).

O processo de decisão de construção de UHEs é baseado em diversos estudos, sendo o EIA/RIMA um dos mais importantes ao identificar os impactos potenciais socioambientais que resultarão da construção do empreendimento. No entanto, apesar de identificados, tais impactos não são quantificados e incorporados na relação custo-benefício, que leva em consideração apenas os aspectos financeiros e os benefícios energéticos do empreendimento como mostrado no capítulo anterior. Como resultado de tal processo, a tomada de decisão não reflete as expectativas da sociedade, que valoriza outros aspectos como, por exemplo, a preservação e conservação de ecossistemas fluviais. Para garantir que a tomada de decisão seja ótima, os estudos devem medir não só os impactos financeiros, mas também os impactos socioambientais.

Especificamente sobre a UHE Castanheira, o EIA identificou 43 impactos ambientais e socioeconômicos.³³ As alterações previstas foram identificadas nas diversas fases do empreendimento: planejamento, instalação, enchimento e operação. Abaixo listamos todos os impactos identificados pelo estudo.

³³ A elaboração do EIA da UHE Castanheira não considerou o Estudo do Componente Indígena (ECI), que foi realizado somente após a sua conclusão. Como resultado é provável que os impactos identificados no EIA não represente o total dos impactos.

- Impactos ambientais:

1. Alteração da paisagem
2. Perda da cobertura vegetal
3. Interferência sobre áreas de concessão de direitos minerários
4. Intensificação dos processos erosivos na fase de instalação
5. Alteração da qualidade do solo
6. Perda de habitat natural para a fauna terrestre a partir da fase de instalação
7. Alteração da qualidade do ar na fase de instalação
8. Intensificação dos níveis de ruídos na fase de instalação
9. Interferência sobre a fauna terrestre na fase de instalação
10. Alteração da qualidade da água na fase de instalação
11. Alteração da dinâmica hidrossedimentológica na fase de instalação
12. Alteração da biota aquática (comunidades planctônica e bentônica) na fase de instalação
13. Interferência na ictiofauna na fase de instalação
14. Alteração do regime fluvial na fase de enchimento do reservatório
15. Alteração na disponibilidade de habitat para a fauna semiaquática
16. Intensificação dos processos erosivos no enchimento e operação
17. Alteração da qualidade da água na fase de enchimento e operação
18. Alteração da dinâmica hidrossedimentológica nas fases de enchimento e de operação
19. Alteração na biota aquática (comunidades planctônicas e bentônicas e macrófitas) na fase de operação
20. Interferência na ictiofauna na fase de operação
21. Interrupção de rotas migratórias de peixes na fase de operação
22. Aumento na disponibilidade de habitat para espécies de fauna de interesse médico
23. Alteração nos níveis do lençol freático nas fases de enchimento e de operação
24. Ocorrência de Sismicidade Induzida nas fases de enchimento e operação
25. Alteração no microclima e emissão de gases de efeito estufa

- Impactos socioeconômicos:

1. Geração de expectativas na população
2. Redução de terras e benfeitorias no entorno do reservatório
3. Alterações no mercado imobiliário
4. Aumento do afluxo populacional
5. Geração de emprego e renda
6. Fortalecimento das atividades de comércio e serviços
7. Aumento da receita tributária
8. Interferência no sistema viário

9. Interferência na atividade de pesca profissional na fase de instalação
10. Interferência no cotidiano da população
11. Potencial aumento da incidência de doenças na população local
12. Pressão sobre a infraestrutura existente de serviços essenciais
13. Interferências no turismo e lazer
14. Interferência sobre bens culturais
15. Contribuição ao conhecimento técnico-científico
16. Interferência na atividade de pesca profissional na fase de operação
17. Aumento da receita municipal devido à compensação financeira
18. Aumento da oferta de energia elétrica e estabilidade do sistema

Do total de impactos ambientais identificados pelo estudo, todos são negativos.³⁴ Dos 18 impactos socioeconômicos identificados no EIA, seis foram considerados positivos, incluindo a geração de empregos e o aumento das atividades de comércio e serviço. Contudo, estudos como Moretto et al. (2015) questionam a relação positiva entre desenvolvimento econômico nos municípios sede e a construção de UHEs (ver Seção 3.2.4).

No que tange à extensão dos efeitos potenciais do projeto de construção da UHE Castanheira, o EIA identificou que 14 dos 25 impactos ambientais se farão sentir localmente. As demais alterações alcançarão uma maior amplitude, mudando potencialmente o ecossistema de outros rios na sub-bacia hidrográfica do rio Arinos. A extensão do efeito sobre as emissões de gases de efeito estufa é mais difícil de ser delimitada, podendo o efeito ser global.

Apesar de importante, a identificação destes impactos não é considerada no processo decisório. As alterações ambientais e socioeconômicas identificadas no EIA são utilizadas para a elaboração de medidas e programas voltados para a manutenção da qualidade ambiental e social da região afetada. Contudo, existem diversas críticas ao EIA como exemplificado em Magalhães & Hernandez (2009), que, juntamente com diversos especialistas na área, analisam criticamente o EIA da UHE Belo Monte. Algumas das críticas apresentadas neste estudo como, por exemplo, o subdimensionamento das comunidades afetadas, incluindo a população indígena, e a falta de consulta e consentimento³⁵ se aplicam ao EIA da UHE Castanheira. Desta forma, as medidas e os programas mitigatórios e de compensação propostos serão potencialmente inadequados para garantir a manutenção das condições ambientais e sociais.

³⁴ Alguns dos impactos ambientais descritos nos estudos do EIA e do RIMA são considerados de baixa magnitude e reversíveis.

³⁵ Como nos termos da Convenção 169 (OIT, s.d.).

3.1.1 Área do reservatório

O projeto de construção da UHE Castanheira prevê a inundação de áreas de floresta e de pastagem. Para calcularmos as áreas correspondentes a cada uso da terra, georreferenciamos o mapa do reservatório no mapa de uso da terra divulgado pelo IBGE (Figura 10).³⁶ Com base no georreferenciamento, a área total do reservatório seria aproximadamente 9.429 hectares – 0,4% menor do que a área do reservatório apresentada nos estudos de viabilidade e impacto ambiental, 9.468 hectares.

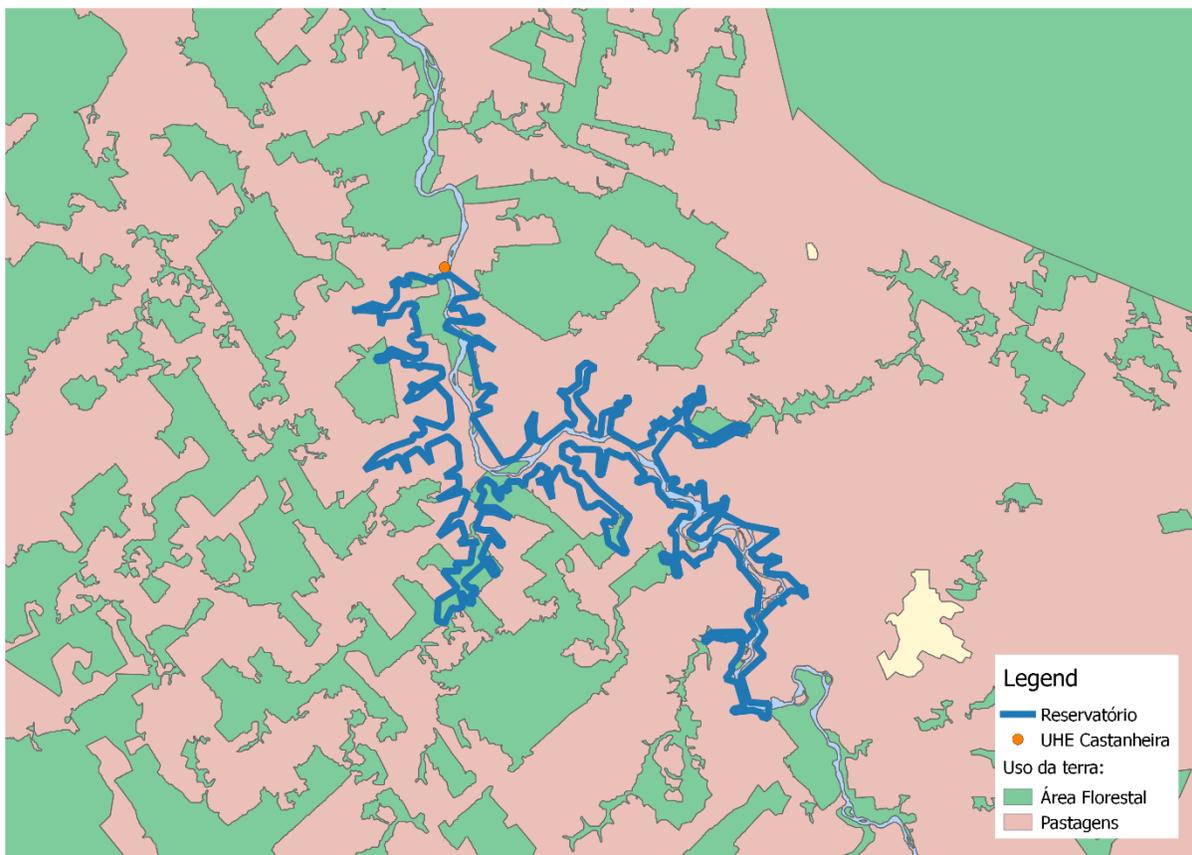


Figura 10 - Uso da terra na área do reservatório e no entorno da UHE Castanheira

Fonte: Elaboração própria a partir dos mapas do IBGE e Empresa de Pesquisa Energética (2016).

A maior parte do reservatório previsto é composta por áreas de pastagem: 1.726 hectares correspondem à área de floresta e o restante, 7.703 hectares, à área de pastagem. Para a formação do reservatório toda a área de floresta será alagada. Áreas de floresta no entorno do reservatório seriam removidas para a implantação do canteiro de obras, de vias de acesso e

³⁶ O mapa do reservatório divulgado pela EPE e pelas empresas Habtec Mott MacDonald e Nova terra, responsáveis pelo estudo de viabilidade e de impacto ambiental, está em formato de figura. Já, o mapa de uso da terra divulgado pelo IBGE está no formato *shapefile*.

para obras de barramento em geral, aumentando as áreas de floresta impactadas pelo projeto de construção da UHE Castanheira. Apesar da potencial contribuição à extinção de espécies nativas, o projeto de construção da UHE Castanheira considerou que a perda de cobertura vegetal seria de média importância e não-cumulativo.³⁷

Para os habitantes da região, em sua maioria pequenos e médios proprietários (Figura 11), além da perda ambiental e a necessidade de realocação, existiria a perda econômica. As principais atividades econômicas na área do reservatório são a pecuária e o extrativismo vegetal (carvão vegetal, lenha e madeira em tora).

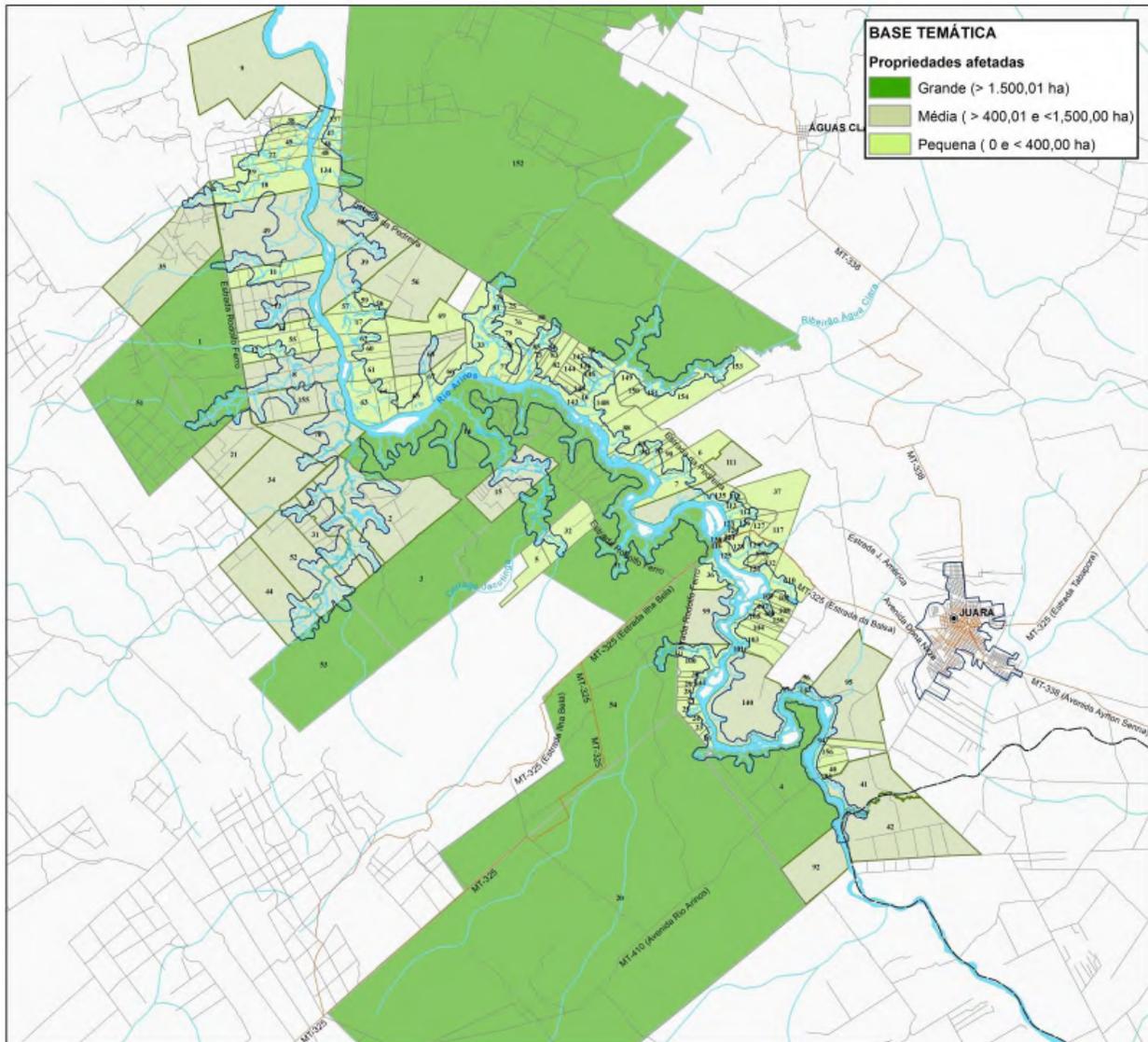


Figura 11 - Propriedades afetadas pelo projeto de construção da UHE Castanheira
Fonte: Habtec Mott MacDonald e Novaterra (2015)

³⁷ De acordo com o EIA, não-cumulativo significa: não acumula no tempo ou no espaço e não apresenta interação de qualquer natureza com outro(s) impacto(s) (EIA, volume 3, pág. 5).

3.2 Quantificação dos impactos

3.2.1 Emissão de Gases de Efeito Estufa

Nesta seção, calculamos as emissões potenciais do projeto de construção da UHE Castanheira. Medimos as emissões de gases de efeito estufa (GEE) a partir de duas fontes (Figura 12):

1. A supressão de áreas de floresta e parte da área de pastagem através da queima; e
2. A decomposição pelo alagamento de matéria orgânica restante no reservatório.

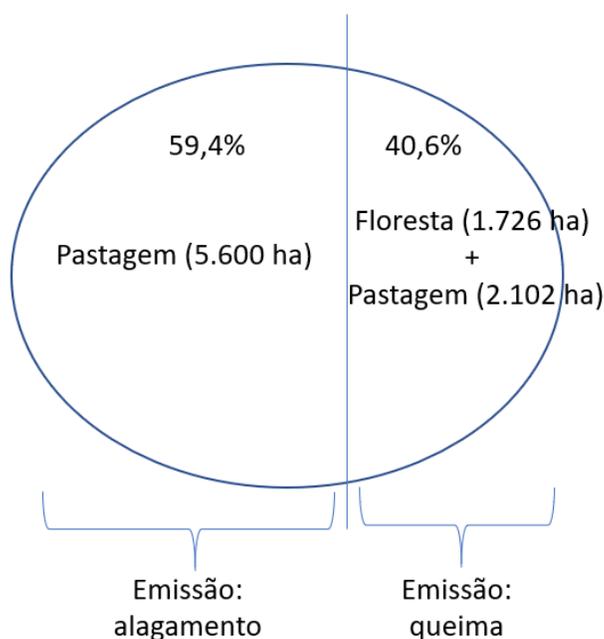


Figura 12 - Distribuição das fontes de emissão de GEE

Idealmente, as emissões de GEE do reservatório devem ser discriminadas em emissões de superfície (ou “a montante”) e emissões de água que passa pelas turbinas e pelos vertedouros (degaseificação ou “a jusante”). Neste estudo, porém, não fazemos distinção entre as formas de emissão por falta de dados. Por isso, apresentamos o cálculo e os resultados assumindo que a fonte de produção das emissões no reservatório (biomassa) é a mesma.

Outro ponto importante consiste na mensuração das emissões. Em geral, a mensuração dos GEE emitidos por UHEs é feita a partir de medições locais e comparações das emissões pré- e pós-barragem. No entanto, neste estudo, para calcular as emissões potenciais da UHE Castanheira, utilizamos os dados técnicos divulgados pelos estudos de viabilidade e de impacto ambiental e dados secundários obtidos na literatura.

3.2.1.1 Supressão de áreas de floresta e parte da pastagem e emissões de GEE

O projeto de construção da UHE Castanheira prevê a supressão de 40,6% da área que será alagada.³⁸ Esta medida tem por objetivo reduzir o total de biomassa vegetal a ser degradado no reservatório e, conseqüentemente, diminuir as emissões de GEE desta fonte.

Para calcularmos as emissões resultantes da supressão de áreas de floresta e pastagem, utilizamos as seguintes informações:

- As áreas correspondentes de floresta e pastagem que serão suprimidas; e
- O conteúdo de carbono em cada uma das áreas.

Do total da área do reservatório, 3.828 hectares de floresta e pastagem seriam suprimidos antes do início da inundação. Deste total (3.828 ha), toda a área de floresta seria suprimida (EPE, 2015). Desta forma, as áreas de floresta e pastagem que seriam limpas antes do enchimento do reservatório correspondem a 1.726 ha e 2.102 ha respectivamente.

O conteúdo de carbono é determinado pelo tipo de vegetação presente em cada uma das áreas. No caso das áreas de floresta, sabemos que a Floresta Ombrófila Aberta Submontana é predominante e, por isso, a utilizamos como referência na determinação do conteúdo de carbono. Segundo o Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de GEE, a quantidade de carbono presente neste tipo de floresta e nesta região do Mato Grosso é igual a 118 toneladas por hectare (t de C/ha) (Scolastrici, et al., 2010).³⁹ No caso das áreas de pastagem, o conteúdo de carbono é consideravelmente menor. Ainda segundo o relatório, a quantidade de carbono em áreas de pastagem é igual a 8 t de C/ha (Scolastrici, et al., 2010).⁴⁰

A Tabela 7 sintetiza os parâmetros utilizados para calcular as emissões resultantes da supressão de áreas de floresta e pastagem.

³⁸ Dado divulgado no Estudo de Impacto Ambiental. No entanto, se considerarmos que a área do reservatório é 94,68 km² (ou 9,468 hectares), então 40,6% da área alagada corresponde a 3.844 hectares e não 3.108 hectares como reportado no EIA. O estudo reporta que deste total (3.108 ha), 1.800 correspondem a áreas de floresta que deverão ser totalmente suprimidas.

³⁹ Neste estudo, optamos por utilizar um valor mais conservador para a concentração de carbono. Outros estudos como Malhi, Saatchi, Girardin, & Aragão (2013) sugerem uma concentração equivalente a 150-175 t por ha na Amazônia.

⁴⁰ Assim como acontece com a área de floresta, o conteúdo de carbono na área de pastagem é uma função do tipo de pastagem. Contudo, por não termos informação sobre o tipo de pastagem na área do reservatório, consideramos o valor default de carbono apresentado no Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (Scolastrici, et al., 2010).

Tabela 7 - Parâmetros técnicos para o cálculo das emissões de GEE resultantes da supressão de áreas

PARÂMETROS		UNIDADE	
	Área total do reservatório	9.429	ha
	Fração da área do reservatório que será suprimida antes da inundação	40,6	%
FLORESTA	Tipo de floresta	FOA Submontana	
	Área de floresta	1.726	ha
	Conteúdo de carbono	118	t de C/ha
PASTAGEM	Área de pastagem	2.102	ha
	Conteúdo de carbono	8	t de C/ha

Notas: FOA é abreviatura para Floresta Ombrófila Aberta. Os dados de área foram calculados com base no georreferenciamento do mapa do reservatório no mapa atual de uso da terra divulgado pelo IBGE. Os dados relativos ao conteúdo de carbono foram obtidos na literatura. O conteúdo de carbono das áreas de floresta e pastagem foram obtidos no projeto RADAMBRASIL.

Com base nos dados apresentado na Tabela 7, o projeto de construção da UHE Castanheira emitirá 809 mil t de CO₂-equivalente com a supressão das áreas de floresta e pastagem, assumindo que essa ocorrerá via o desmatamento da vegetação presente nessas áreas. Os cálculos das emissões são apresentados em seguida.

$$(\text{Emissão de } CO_2)_{\text{queima}_{\text{floresta}}} = 118 * 1.726 * 3,67 = 747.461,56$$

$$(\text{Emissão de } CO_2)_{\text{queima}_{\text{pastagem}}} = 8 * 2.102 * 3,67 = 61.714,72$$

Em ambos os casos, multiplicamos as emissões de carbono por 3,67 (fator de conversão de carbono para CO₂) para obtermos as emissões em termos de CO₂-equivalente.

3.2.1.2 Decomposição de matéria orgânica restante e emissões de GEE

Para o cálculo das emissões potenciais de GEE resultantes da decomposição de matéria orgânica no reservatório, utilizamos o modelo *Biome Carbon Loss* (BCL) de Lima, Bambace, & Ramos (2007) baseado no trabalho de Abril et al. (2005). A partir do estoque de carbono inicial existente na área a ser alagada, o modelo prevê a quantidade de carbono no reservatório no momento *t*. A equação seguinte descreve o modelo:

$$C_t = C_0 \cdot \left(\frac{\exp(-0.3 \cdot t)}{5} + \frac{\exp(-0.03 \cdot t)}{3} + \frac{1}{2} \right)$$

Onde:

- C_t é a quantidade de carbono, em toneladas, no instante de tempo *t*;

- C_0 é a quantidade inicial de carbono em toneladas; e
- t é o ano.

A decomposição da biomassa inundada nos reservatórios é considerada a principal fonte de emissão de GEE nos primeiros anos de vida útil das UHEs (Abril et al., 2005; Zanoni, Zanatta, Dieckow, Kan, & Reissmann, 2015). A emissão de GEE é influenciada por diversos fatores como pressão, temperatura e profundidade do reservatório. Na parte mais profunda do reservatório, todo o oxigênio é consumido pelas atividades biológicas, formando um estrato sem oxigênio e favorecendo a ação de bactérias anaeróbicas que emitem metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2) – os dois principais GEE. A liberação destes gases ocorre por ebulição ou difusão (através de bolhas) e pelas turbinas e pelos vertedouros.

Utilizando o modelo BCL, calculamos a quantidade de carbono liberada decorrente da decomposição de matéria orgânica no reservatório, mas, como vimos, o carbono é liberado para a atmosfera em forma de CH_4 e CO_2 . Neste estudo, assumimos que a proporção de carbono liberada como CH_4 e CO_2 é igual a média das proporções encontradas em Lima, Bambace, & Ramos (2007), i.e., C- CH_4 é igual a 27% e C- CO_2 é igual a 73% (Tabela 8). O uso destas proporções não é ideal para o cálculo das emissões de GEE. Porém, utilizamos estes valores para calcular as emissões potenciais dado que a UHE Castanheira ainda não foi construída e, portanto, medições não são possíveis neste caso.

Tabela 8 - Emissões de carbono, C- CO_2 e C- CH_4 de 10 UHEs localizadas na bacia Amazônica

	Year of flooding	Biome type	80% of flooded area km ²	Emission in 100 years 10 ⁶ ton C	Emission in 100 years 10 ⁶ ton C- CO_2	Emission in 100 years 10 ⁶ ton C- CH_4
Sobradinho	1979	Dry savanna	3299	9.3	6.7	2.6
Tucuruí	1984	Rainforest	2300	22	16	6.1
Balbina	1989	Rainforest	1888	18	13	5.0
Porto Primavera	1986	Wet savanna	1800	10	7.3	2.8
Serra da Mesa	1998	Wet savanna	1427	8.0	5.8	2.2
Furnas	1963	Wet savanna	1160	6.5	4.7	1.8
Itaipu	1991	Wet savanna	1080	6.0	4.4	1.6
Ilha Solteira	1973	Wet savanna	985	5.5	4.0	1.5
Três Marias	1962	Wet savanna	924	5.2	3.7	1.4
Itaparica	1988	Dry savanna	662	1.9	1.4	0.5

Fonte: Lima, Bambace, & Ramos (2007)

Além do uso das proporções, para a conversão do gás CH_4 em CO_2 -equivalente, utilizamos o potencial de aquecimento global (em inglês GWP) equivalente a um período de 20 anos. Neste caso, assumimos que uma tonelada de CH_4 equivale ao impacto de 84 toneladas de CO_2 . O Painel Intergovernamental sobre Mudança Climáticas (em inglês IPCC) apresenta dois valores para o GWP: 84 e 28 (IPCC, 2013). O primeiro valor, como vimos, está associado a um período

de tempo igual a 20 anos. O segundo valor é calculado sobre um intervalo de tempo igual a 100 anos. O IPCC não menciona qual desses dois valores deve ser utilizado como referência para o cálculo das emissões. Contudo, corroboramos com Fearnside (2015) de que para diminuirmos os efeitos do aquecimento global e evitarmos consequências mais severas, a tomada de decisão deve ser baseada na escala de tempo mais curta – 20 anos. Considerando ainda a retroalimentação entre carbono e clima, o valor para o GWP associado a este período é igual a 86 (IPCC, 2013).⁴¹

A Tabela 9 apresenta os parâmetros utilizados para o cálculo das emissões potenciais resultantes da decomposição de matéria orgânica presente no reservatório. Como toda a área de floresta foi desmatada para a construção do lago, a matéria orgânica presente no reservatório decorre das áreas de pastagem inundadas.

Tabela 9 – Parâmetros utilizados no cálculo das emissões dos GEE dos reservatórios

PARÂMETROS		UNIDADE
	Período de análise	50 anos
	Tipo de vegetação	Pastagem
	Área de pastagem inundada pelo reservatório	5.600 ha
	Densidade de carbono	8 t de C/ha
	Fator de conversão: carbono para CO ₂	3,67
	Fator de conversão: carbono para CH ₄	1,34
HIPÓTESES	Potencial de aquecimento global do metano	86
	Proporção de CO ₂ presente no carbono	73 %
	Proporção de CH ₄ presente no carbono	27 %

Fontes: Os parâmetros foram obtidos no EVTE, IBGE, IPCC (2013) e em Lima, Bambace, & Ramos (2007)

O resultado da aplicação do modelo BCL sugere que as emissões de GEE oriundas do reservatório ao longo de toda a vida útil da UHE é igual a 644.379,39 toneladas de CO₂-equivalente. A Figura 13 mostra a trajetória das emissões dos GEE ao longo de 50 anos. A tendência de emissões corrobora com o encontrado na literatura de que, diferente de outras usinas de geração de energia, as emissões são maiores no início das operações e decrescem exponencialmente com o passar do tempo.

⁴¹ Veja Fearnside (2015) para uma discussão mais aprofundada sobre hidrelétricas e IPCC.

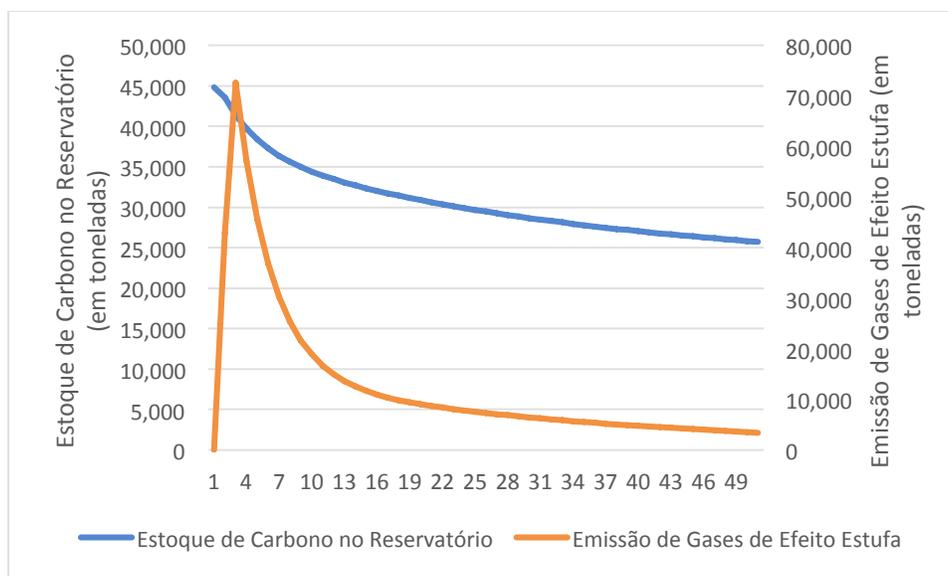


Figura 13 - Trajetória das Emissões de CO₂-equivalente e da Quantidade de Carbono Presente no Reservatório

3.2.1.3 Emissões potenciais de GEE da UHE Castanheira

As emissões potenciais de GEE da UHE Castanheira totalizam 1,3 milhões de toneladas de CO₂-equivalente ao longo de toda a vida útil da usina (50 anos) – equivalente a 29 mil toneladas de CO₂-equivalente por ano. (Tabela 10).

Tabela 10 - Emissões potenciais de GEE da UHE Castanheira durante 50 anos (t de CO₂-eq.)

FONTE DE EMISSÃO	
DESMATAMENTO*	809.176,28
RESERVATÓRIO**	644.379,39
TOTAL	1.453.555,67

*Desmatamento de 40,6% da área do reservatório (floresta e pastagem).

**Degradação da biomassa restante após desmatamento.

Com base nas emissões anuais de GEE mais conservadoras e na geração de energia elétrica (assumindo eficiência de 70%), temos que o fator de emissão da UHE Castanheira seria igual a 34 kg de CO₂-equivalente/MWh.⁴² Este valor é menor do que as emissões de GEE de fontes poluentes como gás, óleo e carvão cujos fatores de emissão são 470 kg de CO₂-eq/MWh, 840 kg de CO₂-eq/MWh e 1.000 kg de CO₂-eq/MWh respectivamente (Faria F. A., Jaramillo, Sawakuch, Richey, & Barros, 2015). Em comparação com fontes renováveis, o fator de emissão da UHE

⁴² Este cálculo não inclui as perdas de transmissão, sendo, portanto, o valor no local da barragem.

Castanheira é equivalente ao fator médio de emissões das fontes eólica e biomassa (Castro, Brandão, & Dantas, 2012).

3.2.2 Custo de oportunidade das áreas alagadas

Nesta seção, calculamos o custo de oportunidade das áreas que seriam inundadas para a construção do reservatório. De acordo com Young et al. (2007), o custo de oportunidade pode ser definido como o valor econômico que um agente deixa de receber pelo uso de um fator de produção por ter escolhido utilizar este fator de produção de forma alternativa. No caso da UHE Castanheira, o custo de oportunidade é determinado pelo rendimento líquido das atividades econômicas que deixarão de ser exercidas com a inundação da área.

Como destacado anteriormente, a principal atividade econômica na região do projeto de construção da UHE Castanheira é a pecuária. Porém, atividades extrativistas nas áreas de floresta que serão inundadas são comuns na região também. Desta forma, para calcularmos o custo de oportunidade das áreas alagadas, calculamos o rendimento líquido resultante da criação de gado e da extração vegetal.

3.2.2.1 Rentabilidade líquida da pecuária

Para calcular a rentabilidade líquida (receita menos custo) da pecuária, os seguintes dados são necessários:

- Tamanho do rebanho;
- Composição do rebanho (machos e fêmeas);
- Proporção do rebanho abatida;
- Custo de produção; e
- Preço do boi gordo e da vaca gorda

Os dados relativos ao tamanho e à composição do rebanho foram obtidos no IBGE e no Instituto Mato-Grossense de Economia da Pecuária (IMEA). De acordo com a pesquisa de Produção da Pecuária Municipal (IBGE, 2015), em 2015, o município de Juara possuía 945.566 cabeças de gado, sendo a taxa de crescimento do tamanho do rebanho igual a 0.6% ao ano entre 2006 e 2015. Isso significa que, tudo o mais constante, o tamanho do rebanho no município de Juara em 2016 e 2017 é igual a 951.461 e 957.393 respectivamente. Deste total, 32% correspondem a machos (Schneider, Arima, Veríssimo, Barreto, & Souza Júnior, 2000). Tal proporção corrobora com o apresentado no IMEA em 2010. Segundo dados do Instituto, 33% do rebanho em Juara era composto de machos entre 4 e 24 meses (IMEA, 2011).

Ainda de acordo com o IMEA, a proporção de abates de machos e de fêmeas é igual a 8% e 6% respectivamente. Isso implica que o total de machos abatidos em 2017 no município de Juara é igual a $24.509,26 = 0,32 * 957.393 * 0.08$. De forma similar, o total abatido de fêmeas é igual a $39.061,63 = 0,64 * 957.393 * 0.06$.

Os custos de produção são obtidos diretamente no IMEA, que divide o sistema de produção em dois tipos: cria e recria/engorda. Neste estudo, seguindo Young, Mac-Knight, Muniz, Zylberberg, & Rocha (2007), supomos que o sistema de produção é do tipo recria/engorda. Neste caso, o custo de produção é igual a R\$133,03 por arroba (@) (preços de 2016). Especificamente sobre a arroba, a convenção na literatura sobre criação de gados é assumir que o boi gordo padrão pesa 450kg ou 30 @. O peso, no entanto, considerado pelo comprador e pago ao produtor é o peso da carcaça do animal, que corresponde a 50% do peso do animal vivo, i.e., 15 @. Porém, dados recentes do IMEA sugerem que o peso do boi gordo aumentou ao longo dos últimos anos e, atualmente, encontra-se em 18 @. Portanto, neste estudo, utilizamos como referência 18 @ para o boi gordo e 15 @ para a vaca gorda.

Enquanto o preço corrente do boi gordo é igual a R\$114,38/@, o preço da vaca gorda é de R\$108,75/@ (IMEA, 2017). Por serem produtos transacionados na bolsa de valores, os preços são bastante voláteis, mudando a rentabilidade do produtor diariamente. No entanto, neste estudo, assumimos que estes preços refletem bem o mercado do boi gordo no município de Juara. Trazendo estes valores a preços de 2015 – preço de referência utilizado neste relatório – temos que a rentabilidade do pecuarista no município de Juara é negativa e igual a R\$23.277.388,15.

$$\text{rendimento líquido}_{\text{boi gordo}} = 24.509,26 * ((105,27 - 124,98) * 18) = -8.694.280,57$$

$$\text{rendimento líquido}_{\text{vaca gorda}} = 39.061,63 * ((100,09 - 124,98) * 15) = -14.583.107,57$$

A rentabilidade líquida negativa associada a criação de gado é coerente com os resultados obtidos na literatura. Por exemplo, Young, Mac-Knight, Muniz, Zylberberg, & Rocha (2007) encontram rentabilidades negativas para diversos municípios no estado do Amazonas. De acordo com os autores, este *puzzle* econômico é explicado em parte pela valorização da terra. Os pecuaristas, sejam eles pequenos ou grandes produtores, decidem converter áreas de vegetação nativa em pastagem na expectativa de valorização do preço da terra.⁴³ Neste caso, a apreciação do preço da terra auxiliaria de forma significativa a viabilidade econômica da pecuária.

De fato, os dados do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) sobre o preço da terra no município de Juara entre 2010 e 2015 – descontando a inflação – mostram que houve uma apreciação significativa do preço da terra. O preço médio da terra passou de R\$2.227,32/ha em 2010 (preços de 2015) para R\$4.500/ha em 2015. A Figura 14 mostra a

⁴³ Outras explicações são possíveis também. O uso do gado como poupança e como meio informal de obtenção de crédito são explicações bastante aceitas na literatura acadêmica.

valorização do preço da terra entre 2010 e 2015, considerando os preços mínimo, médio e máximo.

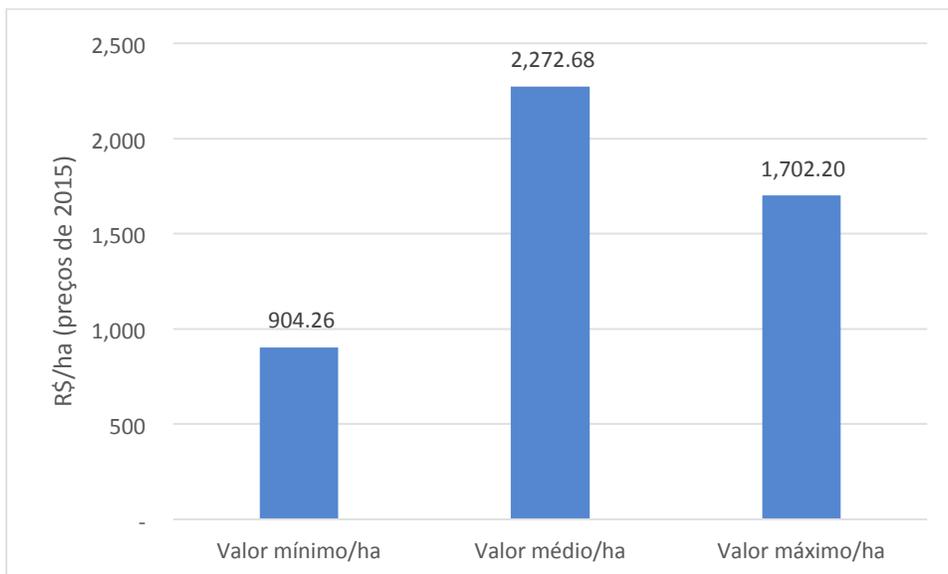


Figura 14 - Apreciação do preço da terra no município de Juara entre 2010 e 2015

Notas: Elaboração própria baseada nos dados do INCRA de preço da terra no município de Juara. Para calcular a apreciação do preço da terra, comparamos os preços da terra em 2010 (trazidos a valores de 2015) com o preço da terra em 2015. A valorização da terra é maior quando comparamos os valores médios e menor quando comparamos os valores máximos. Isso significa que a apreciação da terra em áreas “mais valiosas” foi menor entre 2010 e 2015 quando comparado com áreas próxima ao valor médio.

Portanto, dada a complementariedade entre as duas atividades, somamos a valorização da terra ao custo de oportunidade decorrente da criação de gado. Como resultado, obtemos um custo de oportunidade positivo, variando de R\$882/ha a R\$2.250/ha. A Figura 15 apresenta o custo de oportunidade por hectare.

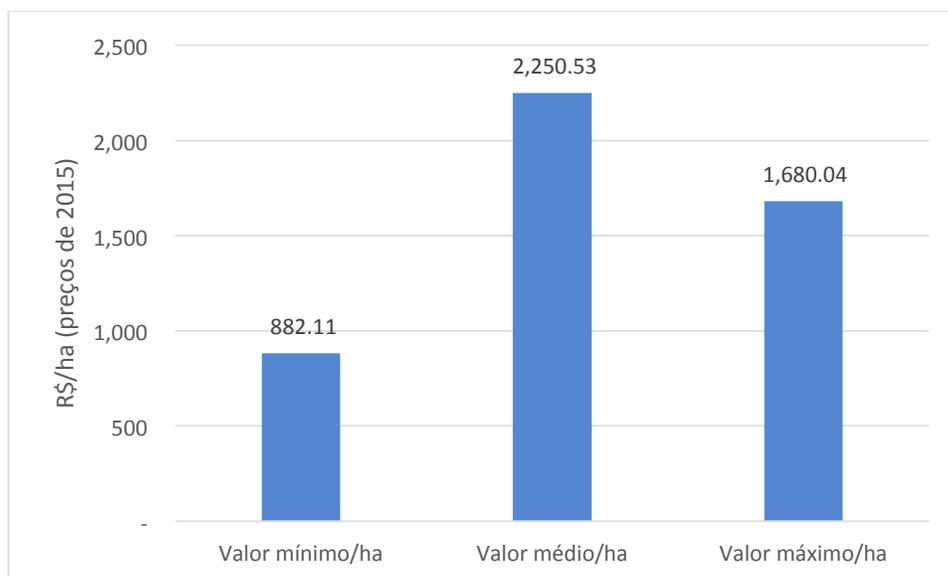


Figura 15 - Custo de oportunidade: rentabilidade líquida da pecuária mais a apreciação da terra
 Nota: Para o cálculo do rendimento líquido da pecuária por hectare, dividimos o rendimento líquido total pela área de pastagem do município de Juara, que, segundo o IMEA, era igual a 1.050.716 hectares em 2010. Assumimos, portanto, que a rentabilidade líquida é a mesma para todos os pecuaristas do município de Juara.

Desta forma, utilizando o preço médio da terra como referência, o rendimento líquido total das áreas de pastagem existentes no reservatório é igual a 17 milhões de reais (preços de 2015).⁴⁴

$$Rendimento_{pastagem} = 7.703 * 2.250,53 = 17.335.832,59$$

3.2.2.2 Rentabilidade líquida da atividade extrativista

Para calcular a rentabilidade da atividade extrativista, utilizamos os dados do IBGE e do Serviço Florestal Brasileiro. Apesar da atividade incluir a extração de madeira em tora, carvão vegetal, lenha e outros produtos extrativistas como castanha, calculamos apenas a rentabilidade referente à extração de madeira em tora por uma questão de disponibilidade de dados relativo aos custos de produção.

Segundo o IBGE, o município de Juara se destaca como o sexto maior produtor de madeira em tora do país. Em 2015, Juara produziu 320.850 m³ de madeira em tora – 2,6% da produção nacional. Dado o preço de R\$150/m³, o valor desta produção, definido como preço vezes quantidade, alcançou 48 milhões de reais (Tabela 11).

⁴⁴ Este valor representa uma estimativa média. Para o cálculo do rendimento, pressupomos que todos os proprietários criadores de gado têm os mesmos custos e receitas. Idealmente, uma pesquisa de campo seria necessária para coletar os dados de cada criador a fim de obter uma estimativa mais precisa.

Tabela 11 - Quantidade e valor dos produtos: carvão vegetal, lenha e madeira em tora

Município	Extração de madeiras	
	Madeira em tora	
	Quantidade (m3)	Valor (1.000 R\$)
Juara	320.850	48.128

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do IBGE (2015)

Nota: O valor de produção é definido como preço vezes quantidade

Pelo lado do custo, os dados do Serviço Florestal Brasileiro (SFB, 2017) mostram que o custo de processamento da madeira em tora varia significativamente no estado de Mato Grosso. Enquanto o preço médio é igual a R\$86/m³, os preços mínimo e máximo são iguais a R\$30/m³ e R\$396/m³ (preços de 2010). Utilizando o preço médio como referência, temos que o preço da madeira em tora é igual a R\$119,72/m³ (preços de 2015).

Com base nestas informações, o rendimento líquido da atividade extrativista no município de Juara é igual a 9,7 milhões de reais.

$$Rendimento_{extrativismo} = 320.850 * (149,99 - 119,72) = 9.711.838.$$

Este valor considera a produção total do município de Juara, que possui cerca de 70% de sua área territorial em florestas.⁴⁵ Porém, não temos informação sobre a quantidade de madeira em tora produzida na área a ser alagada. Assim, assumindo que a produção é distribuída igualmente ao longo das áreas de floresta, o rendimento da atividade extrativista em Juara é igual a R\$ 6,13/ha.⁴⁶ Dado que o reservatório previsto possui 1.726 ha de área de floresta, então o rendimento líquido potencial da madeira em tora seria R\$ 10.585,38.

3.2.3 Impactos sobre a atividade pesqueira

De acordo com Doria et al. (2014), a construção de UHEs muda as condições físico-químicas do ambiente, alterando as características naturais dos rios e, conseqüentemente, a composição, distribuição e abundância de peixes na região. Tal transformação impacta diretamente o rendimento dos pescadores que dependem da pesca para sobreviver.

Na área do reservatório, as condições ambientais se aproximam das condições existentes em lagoas. Como resultado desta mudança, espécies de peixes (e de outros animais aquáticos) com

⁴⁵ Cálculo aproximado da área de floresta, $15.835,645 \text{ km}^2 = 0,7 * 22.622,350 \text{ km}^2$.

⁴⁶ Para o cálculo do rendimento por hectare, supomos que todas as áreas de floresta são passíveis de serem exploradas. Porém, na maior parte das terras indígenas (exemplo, TI Japuira e TI Apiaká-Kayabi) a extração de madeira não é permitida. Por este motivo, mantendo todas as demais variáveis constantes e alterando apenas a área disponível, temos que o rendimento por hectare calculado neste estudo está provavelmente subestimado.

exigência ambiental mais restritiva e com uma alimentação menos variada não conseguem se adaptar às novas condições. Por outro lado, existem espécies que conseguem se adaptar facilmente e, como resultado, devemos observar um aumento da população destas espécies no reservatório. Este processo de homogeneização é contínuo, não sendo limitado aos primeiros anos após a construção do reservatório (Petesse & Petrere Jr, 2012).

À jusante da barragem os impactos negativos são muitos. Neste estudo, destacamos cinco, com base em Bazzoli (2016). São eles:

- Alterações térmicas e hidrológicas;
- Modificação na composição da ictiofauna;
- Interrupção do processo migratório⁴⁷;
- Facilidade de introdução de espécies exóticas; e
- Interferência nas áreas de alimentação e recrutamento de filhotes.

Como resultado destes efeitos, a pesca realizada à jusante da UHE é impactada negativamente tanto no curto quanto no longo prazo. No reservatório, o efeito do represamento pode ser positivo para os pescadores no curto prazo. A literatura mostra que a produtividade da pesca nos primeiros anos do reservatório tende a ser maior do que a média anterior à construção do lago. Porém, no longo prazo, os efeitos são negativos. Devido ao processo de maturação do ambiente – com redução dos nutrientes e mudança na qualidade da água – a riqueza e abundância de peixes no reservatório diminui, reduzindo a produtividade e aumentando o esforço da pesca (Petesse & Petrere Jr, 2012).

Para avaliarmos o impacto potencial do projeto de construção da UHE Castanheira sobre a pesca, entrevistamos pescadores profissionais e amadores, assim como lideranças indígenas presentes na região. O objetivo é identificar e mensurar a importância econômica da pesca no rio Arinos – no trecho onde possivelmente será construída a UHE. Cabe mencionar que a atividade pesqueira está associada não só à geração de renda e subsistência, mas também ao lazer e à cultura (para os indígenas). Contudo, apesar de importantes, lazer e cultura não serão quantificados neste estudo.

3.3.1 Metodologia e resultados da avaliação da atividade pesqueira

A metodologia utilizada para mensurar a importância da pesca para as comunidades locais compreende duas etapas. A primeira etapa consiste na coleta de dados disponíveis na colônia de pescadores Z-16 (Capatazia Juara)⁴⁸. A segunda etapa consiste na realização de entrevistas

⁴⁷ O projeto da UHE Castanheira prevê a construção de um sistema de transposição de peixes. No entanto, a existência deste sistema não necessariamente garante o fluxo migratório.

⁴⁸ De acordo com Adriana Monteiro, responsável pela Colônia Z-16 desde 2004, existia uma colônia em Juara denominada Z-12, que foi extinta em 1998 por falta de apoio da prefeitura e de pescadores cadastrados. Apenas

por meio de um questionário semiestruturado e da participação voluntária dos pescadores e indígenas. Para maiores detalhes sobre a metodologia ver Apêndice.

Os dados disponíveis na colônia são agregados na Declaração de Pesca Individual (DPI).⁴⁹ Este documento é emitido pela colônia e, além do número do cadastro do pescador na mesma, contém informações como: a quantidade de peixes capturados; os locais de pesca e os apetrechos permitidos.

A análise dos DPIs, disponíveis desde 2007, mostra que o número de pescadores cadastrados varia anualmente, sendo, portanto, importante para a elaboração de programas de mitigação e compensação o acompanhamento deste número. A Figura 16 mostra o número total de pescadores registrados em cada ano. De acordo com estes valores, o número de pescadores cadastrados atualmente corresponde a 28 – diferente do apresentado no EIA, que considera 32 pescadores profissionais (EPE, 2015).

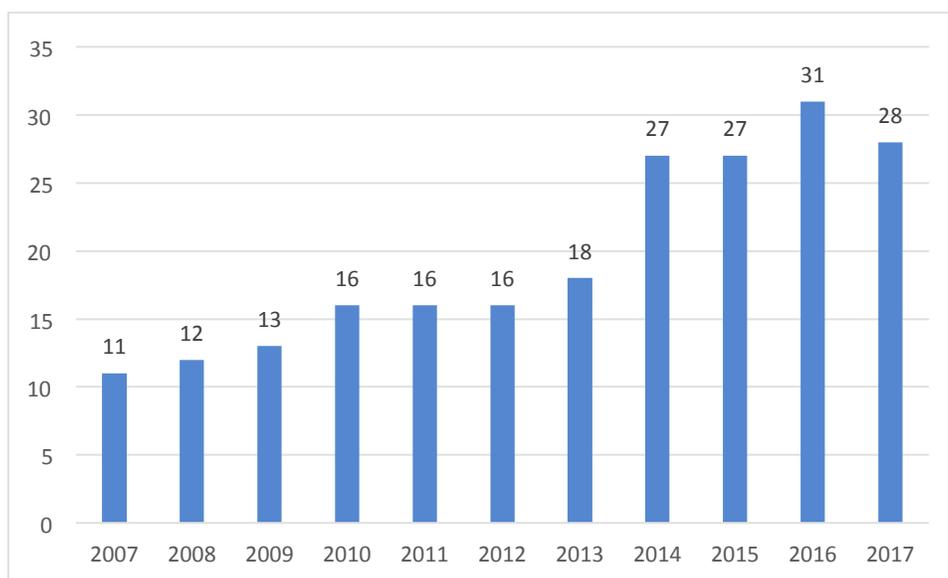


Figura 16 - Número de Pescadores registrados na Colônia Z-16

Fonte: Elaboração própria a partir da série histórica do número de pescadores cadastrados na colônia Z-16 (capatazia Juara)

Com relação à produção, temos que cada pescador pesca, em média, 87 quilos (kg) por semana. Para fins de comparação, o máximo permitido por lei é igual a 125 kg por semana, o que significa que os pescadores pescam em média 70% do permitido. Alguns pescadores conseguem pescar até 100 kg por semana. Neste caso, a proporção aumenta para 80%. Dentre as razões para isso, o uso de equipamentos melhores pode explicar parte desta diferença.

em 2004, foi aberta a capatazia da Colônia Z-4 (Nobres) em Juara, mas a sede fica distante a 590 km. Em 2007, após negociações, a capatazia de Juara passou para a Colônia Z-16 (Sinop), município mais próximo de Juara.

⁴⁹ Cada pescador pode retirar até 4 DPIs por mês.

Dentre as espécies mais pescadas, temos:

- Matrinchã⁵⁰
- Cachara
- Traíra
- Piau
- Jaú
- Corvina

O tamanho médio das principais espécies de peixes pescados apresenta grande influência do tamanho mínimo de captura – determinado pela Lei No. 9.096 de 16 de janeiro de 2009 (Tabela 12).

Tabela 12 – Tamanho médio das cinco principais espécies pescadas pelos pescadores da colônia Z-16

ESPÉCIE	PESO MÉDIO (KG)	TAMANHO MÉDIO (CM)	TAMANHO MÍNIMO PERMITIDO (CM)*
MATRINCHÃ	2	49	35
CACHARA	3	86	80
CORVINA	2,5	55	40
PIAU	0,4	32	25
TRAÍRA	2,5 a 3	75	60

* Lei nº 9.096 de 16/01/2009, que dispõe sobre a política de pesca no Estado de Mato Grosso.

O preço médio de venda das cinco das principais espécies aumentou nos últimos anos. Os dois mais valiosos são o matrinchã e cachara. Em 2015, por exemplo, o preço destas duas espécies era 20% maior do que o preço por quilo do Jaú; e 29% maior do que os preços da traíra e do piau. A Figura 17 apresenta a evolução dos preços (em termos nominais) entre 2005 e 2017.

⁵⁰ Matrinchã mato-grossense.

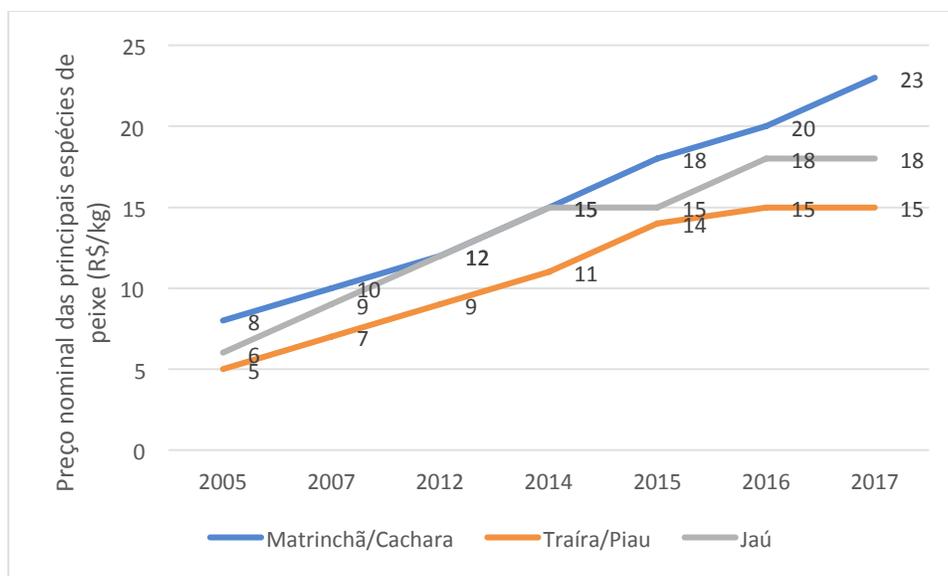


Figura 17 - Preço médio de venda das 5 principais espécies pescadas na região de Juara
 Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da Colônia Z-16.
 Nota: Os anos que não aparecem na sequência são anos nos quais não houve alteração nos preços de venda do pescado.

3.3.1.1 Entrevistas

Nesta seção, apresentamos os principais resultados das entrevistas que foram realizadas entre os dias 07 e 14 de julho de 2017.⁵¹ No total foram entrevistados, 14 pescadores profissionais – 50% dos pescadores cadastrados na Colônia Z-16 – 5 pescadores amadores e 4 indígenas das aldeias Mairob e Tatuí da TI Apiaká/Kayabi.^{52,53} Diferentemente dos pescadores entrevistados, os indígenas costumam pescar no rio dos Peixes, afluente do rio Arinos.

De forma geral, há um consenso entre os entrevistados sobre os possíveis impactos que a UHE Castanheira irá gerar caso seja construída. Dentre os potenciais efeitos negativos mencionados, destacamos:

- A redução da quantidade de peixes;
- O fim dos peixes migratórios (exemplo, matrinchã); e
- O fim da atividade pesqueira.

⁵¹ Para maiores detalhes, ver Apêndice.

⁵² Os pescadores profissionais cadastrados na colônia de pescadores pagam uma mensalidade no valor de R\$ 38 e possuem um desconto do INSS de R\$ 19,50. No período da piracema, os pescadores recebem o seguro defeso, que acompanha o valor do salário mínimo.

⁵³ Apesar de focarmos na TI Apiaká-Kayabi, é importante mencionar que o povo Rikbaktsa também será afetado pela construção da UHE Castanheira.

Como efeito positivo, um dos entrevistados ressalta que o projeto de construção da UHE Castanheira iria potencialmente aumentar a geração de emprego na região.

Como esperado, a pesca é fundamental para a sobrevivência dos pescadores profissionais e indígenas. Para a maior parte dos pescadores profissionais, a atividade pesqueira representa 100% da renda da família. A Figura 18 mostra que para 10 pescadores profissionais dos 12 entrevistados, a atividade pesqueira representa pelo menos 70% da renda familiar.⁵⁴

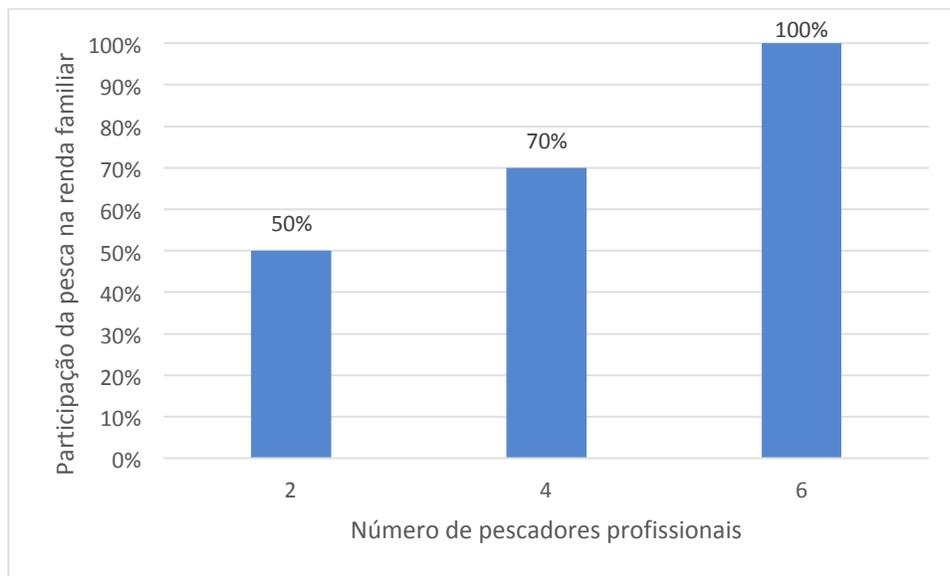


Figura 18 - Participação da pesca na renda familiar

Nota: Não temos informação da participação da pesca na renda familiar de dois pescadores profissionais entrevistados.

A pesca é também importante como fonte de alimentação para as famílias. Existe bastante variabilidade (Figura 19), mas, em média, as famílias consomem 23 kg de peixe por mês, i.e., 7% da média dos peixes pescados pelos pescadores profissionais.⁵⁵ No caso dos indígenas, observamos que o consumo de peixes é um pouco menor, variando de 4 a 10 kg.

⁵⁴ Não temos informação da participação da pesca na renda familiar de dois entrevistados (pescadores profissionais).

⁵⁵ Para este cálculo, assumimos que um mês possui quatro semanas.

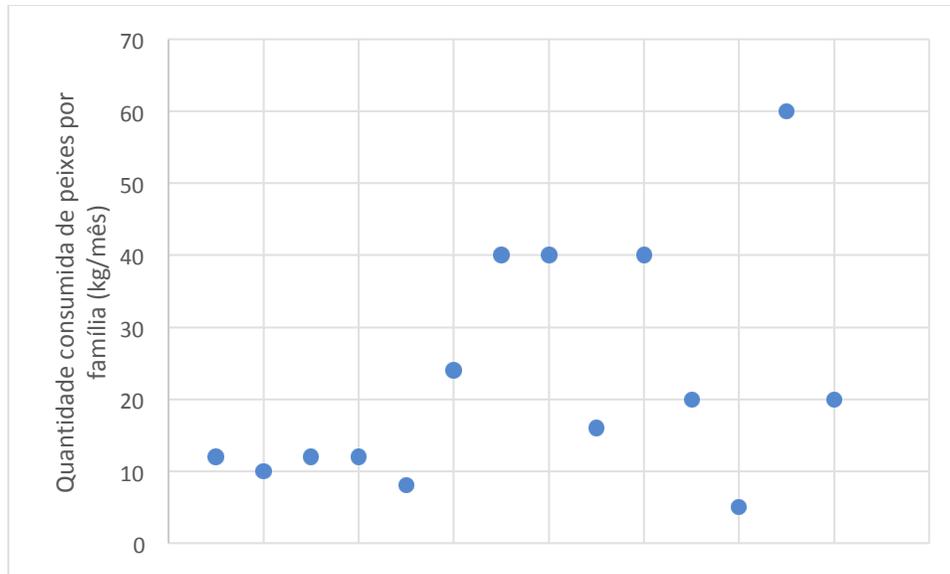


Figura 19 - Quantidade consumida de peixes por família (kg/mês)

Nota: Cada ponto no gráfico representa uma família (um entrevistado).

Os custos da atividade pesqueira variam de R\$ 200 a R\$ 500 por semana entre os pescadores profissionais. A média dos custos corresponde a R\$ 380 por semana. Como esperado, os custos da pesca são maiores para os pescadores profissionais do que os custos para os pescadores amadores e para os indígenas, que gastam entre R\$ 20 e R\$ 40.

Para calculamos o impacto potencial da UHE Castanheira sobre a atividade pesqueira, dividimos a análise em duas etapas. Primeiro, calculamos o rendimento líquido da atividade pesqueira utilizando as informações obtidas na Colônia-Z-16. Segundo, simulamos um cenário alternativo no qual a quantidade de peixes diminui 60% nos meses mais produtivos (fevereiro a julho). Este valor é baseado na resposta de um dos entrevistados que afirma que quando o rio está baixo, o número de peixes disponíveis diminui 50 a 70%. Portanto, a hipótese é de que a construção da UHE Castanheira diminuiria a vazão do rio, deixando o mesmo numa situação permanente “de baixa”.

Idealmente, a receita da pesca deve ser uma função das espécies pescadas, da quantidade pescada de cada espécie e dos preços associados a cada espécie. No entanto, apesar de sabermos quais são os peixes mais pescados, não sabemos quanto de cada peixe é pescado por semana. Desta forma, assumimos arbitrariamente que os pescadores pescam matrinchã, cachara, jaú, trairá e piau na mesma proporção entre os meses de fevereiro e julho. Isso significa que dos 87 kg pescados por semana, 17,4 kg correspondem a quantidade pescada de cada uma destas espécies. Entre agosto e setembro, a produtividade da pesca diminui. Neste caso, supomos que diminui em 60%. Isso significa que ao invés de pescarem 17,4 kg, os pescadores pescam 6,96 kg por semana. Entre outubro e janeiro, os pescadores não pescam (período do defeso). Com base nestes dados, a receita total, considerando os preços de 2015, é igual a R\$ 37.389 por pescador (Tabela 13).

Tabela 13 – Receita bruta anual estimada da atividade pesqueira por pescador

ESPÉCIE DE PEIXE	Preço (R\$/kg)	FEVEREIRO A	AGOSTO A	Receita anual (R\$)
		JULHO	SETEMBRO	
MATRINCHÃ	18	17,4	6,96	8.519,04
CACHARA	18	17,4	6,96	8.519,04
JAÚ	15	17,4	6,96	7.099,20
TRAIRÁ	14	17,4	6,96	6.625,92
PIAU	14	17,4	6,96	6.625,92
TOTAL				37.389,12

O rendimento líquido da atividade pesqueira é igual à receita menos o custo. Dado que a média dos custos é igual a R\$ 380 por semana, temos que o rendimento líquido é igual a R\$ 25.229,12 por ano – supondo que os custos ficam constantes ao longo dos meses. É provável que esta estimativa esteja superestimada, pois consideramos não só que os pescadores pescam apenas os peixes mais importantes (caros), mas também que os preços não mudam de acordo com o período de seca e chuva.

Supondo que o projeto de construção da UHE Castanheira irá reduzir a produtividade da pesca em 60% nos meses mais produtivos, temos que, considerando tudo o mais constante, o rendimento líquido anual de cada pescador diminuiria de R\$ 25.229,12 para R\$ 5.434,88 – uma redução de 80%. Neste caso, considerando que o total de pescadores profissionais é igual a 28, o custo social do projeto de construção da UHE Castanheira seria igual a $R\$ 554.238,72 = 28 * (25.229,12 - 5.434,88)$

Além da perda financeira calculada neste estudo, o impacto potencial da UHE Castanheira pode ser ainda maior para os pescadores. A Figura 20, por exemplo, mostra que a UHE Castanheira impactaria diretamente não só os locais de pesca, mas também os berçários para a reprodução de espécies existentes no rio Arinos, afetando provavelmente a pesca futura na região.

Mapa das áreas de pesca dos pescadores e indígenas, Berçários e Ilhas no Rio Arinos

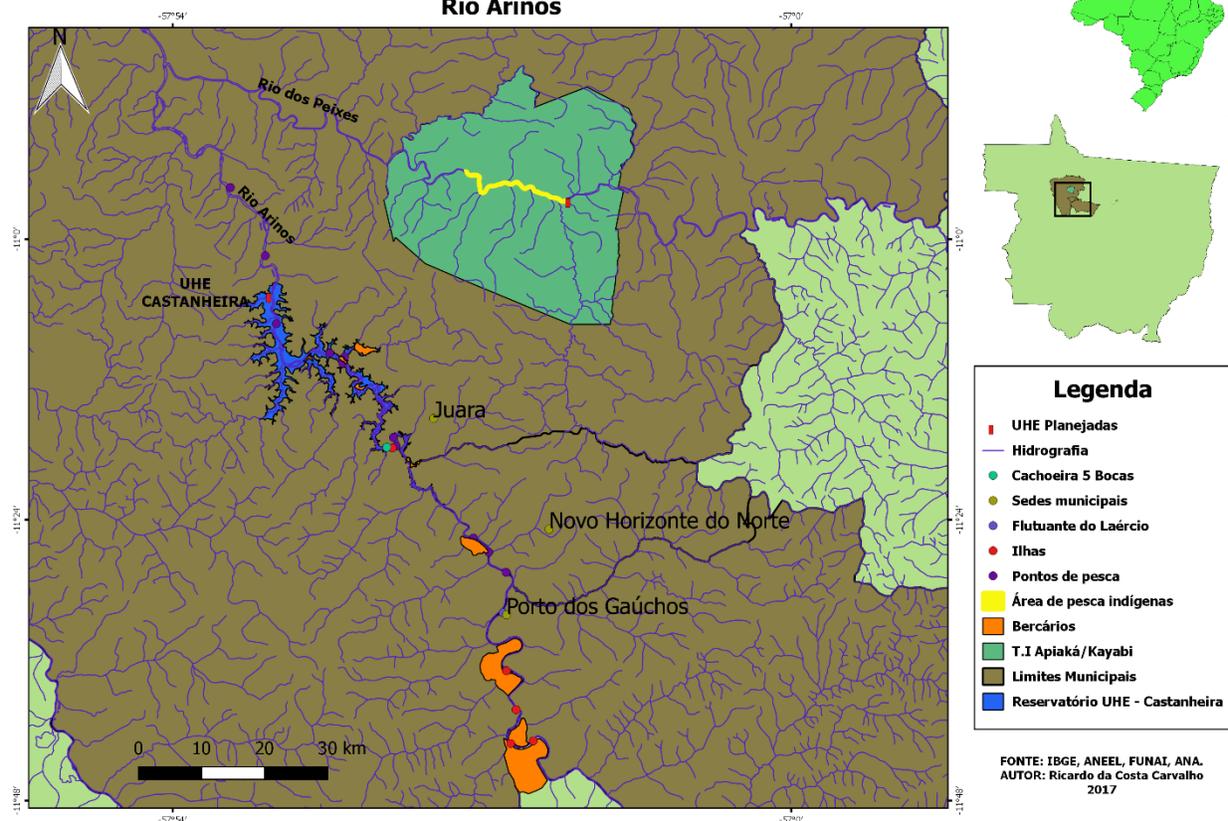


Figura 20 - Mapa das áreas de pesca, berçários e ilhas no rio Arinos

Notas: Este mapa foi elaborado por Ricardo da Costa Carvalho da OPAN. Os indígenas pescam preferencialmente no rio dos Peixes, principal afluente do rio Arinos.

3.2.4 Impactos não mensurados sobre os indígenas e sobre a comunidade local

3.2.4.1 Indígenas

De acordo com o governo brasileiro, o projeto de construção da UHE Castanheira não afetaria diretamente as populações indígenas que vivem na bacia do rio Juruena, pois não alagaria as terras indígenas existentes na região. Contudo, as mudanças potenciais provocadas pelo empreendimento no ecossistema fluvial afetariam diretamente as comunidades indígenas cujas atividades principais são: agricultura, pesca e caça.

O território indígena mais próximo do local previsto para a construção da UHE Castanheira é a TI Apiaká-Kayabi (Figura 21). O processo de reconhecimento deste território foi concluído em 1991 (Decreto 394 de dezembro de 1991). Desde então, a população indígena (Apiaká, Kawaiwete e Munduruku) presente nesta TI passou de 250 pessoas para 885 (ISA, 2014).

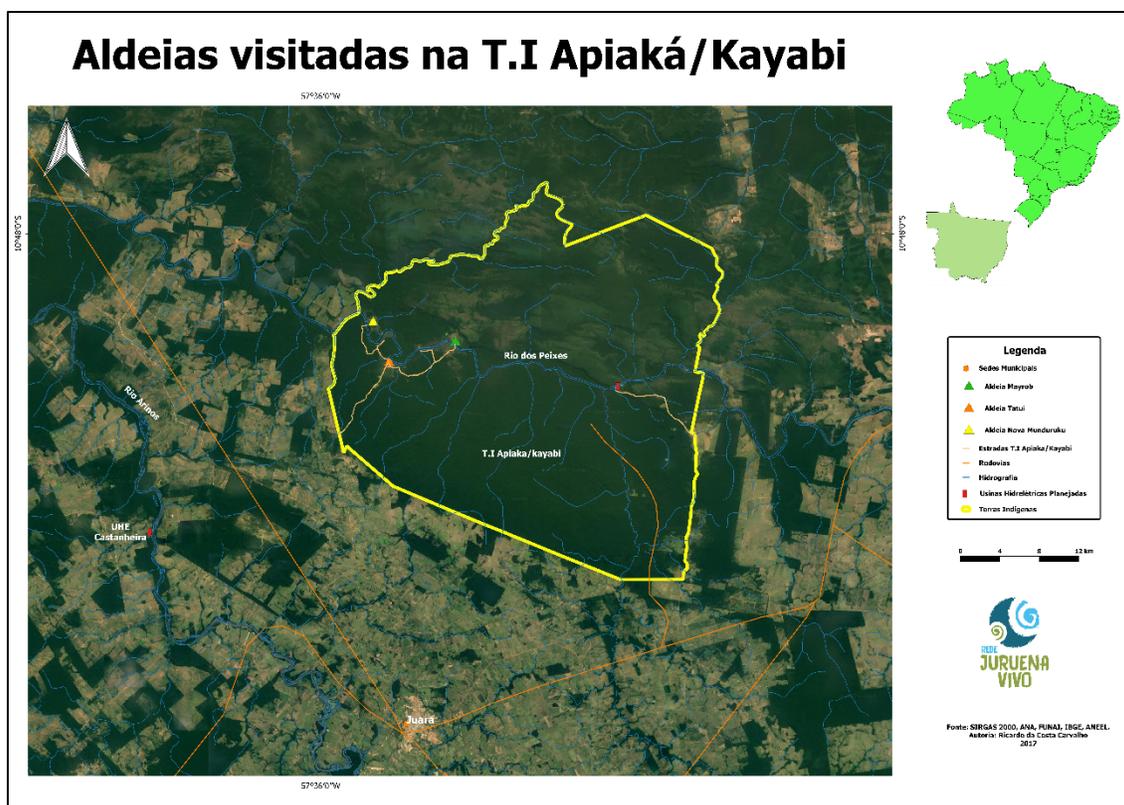


Figura 21 - Terra Indígena Apiaká-Kayabi

Atualmente, as principais ameaças a estas comunidades são a exploração de recursos naturais (por exemplo, a madeira) e o desmatamento para a criação de gados. Dentre as mudanças ambientais provocadas por estas ameaças está a piora da qualidade da água nos rios e, conseqüentemente, a diminuição da quantidade e qualidade de peixes. De fato, de acordo com os próprios indígenas a coloração do rio está mais barrenta (em função provavelmente dos avanços agrícolas) e o tamanho dos peixes menor. Com a construção de inúmeros empreendimentos hidrelétricos planejados para a região (incluindo a UHE Castanheira), a situação dos rios tende a se agravar.

Com base em experiências recentes (Fórum Teles Pires, 2017), os impactos provocados pela implantação e operação de UHEs no rio Teles Pires sobre as comunidades indígenas incluem:

- A redução da vazão do rio;
- A piora da qualidade da água;
- Alteração drástica de ecossistemas aquáticos, inclusive florestas inundadas (igapós)
- A diminuição da quantidade de peixes e animais de caça (impactados também pelas mudanças ambientais);
- A modificação na qualidade de vida das comunidades;
- A deterioração da estrutura social das comunidades;
- O aumento da demanda por serviços e infraestrutura física;

- O aumento de conflitos entre indígenas e não-indígenas; e
- A perda de patrimônio cultural e de áreas sagradas.

Estes efeitos são sentidos pelas comunidades indígenas independentemente do alagamento de áreas em TIs para a construção dos reservatórios. O relatório sobre empreendimentos hidrelétricos e povos indígenas, elaborado por integrantes do Fórum Teles Pires, analisa, de forma bem mais detalhada, as consequências da implantação das UHEs Teles Pires e São Manoel para as comunidades indígenas. Além da análise de dados e relatórios oficiais, o documento apresenta diversos dados empíricos e percepções indígenas sobre os impactos (Fórum Teles Pires, 2017). A mensuração de muitos destes impactos, no entanto, é bastante difícil, aumentando a complexidade da situação (exemplo, a relação entre os rios e a identidade cultural das populações indígenas).

3.2.4.2 Comunidade local

Assim como ocorre com os indígenas, as comunidades locais são também diretamente afetadas pela construção de UHEs. De acordo com os proponentes de hidrelétricas no governo federal e setor privado, as UHEs, incluindo a UHE Castanheira, estimulam o desenvolvimento econômico local. Dentre os fatores que supostamente contribuem para a possível dinamização da economia local, tipicamente são destacados dois:

- A geração de empregos; e
- O aumento da renda municipal.

Entretanto, observações empíricas não validam esta hipótese. Estudos como Gomes (2014) e Moretto et al. (2015) mostram que os municípios afetados diretamente pela construção de UHEs não apresentam, de forma geral, melhoria nos indicadores econômicos e sociais. Se por um lado a renda municipal tende a aumentar em função das compensações e da arrecadação tributária, por outro, estes recursos não são distribuídos igualmente e os investimentos previstos, muitas vezes, não ocorrem. De fato, Assunção, Szerman, & Costa (2016) mostram que, tanto no curto quanto no longo prazo, o aumento da receita municipal não altera os indicadores de saúde e saneamento (taxa de mortalidade, densidade da rede de água e esgoto) dos municípios afetados.

4 Análise Custo-Benefício da UHE Castanheira

Neste capítulo, comparamos os custos e os benefícios do projeto de construção da UHE Castanheira incorporando as dimensões financeira e socioambiental. O objetivo desta análise é determinar a viabilidade deste empreendimento hidrelétrico do ponto de vista do bem-estar social, através da soma dos seus custos e benefícios descontados ao longo do tempo.

4.1 Custos

Os custos identificados neste estudo correspondem aos custos de implantação e operação da UHE Castanheira e aos custos socioambientais associados aos impactos negativos resultantes da operação do empreendimento.

4.1.1 Custo de implementação e operação da UHE Castanheira

Os custos financeiros associados ao projeto de implementação e operação da UHE Castanheira foram calculados no Capítulo 1 deste estudo. Para calculamos estes custos, utilizamos os dados técnicos apresentados no EVTE e assumimos duas hipóteses adicionais. São elas:

1. A taxa de desconto é 10% ao ano; e
2. O cronograma do pagamento dos juros segue o cronograma de desembolso previsto pelo EVTE.

A justificativa para essas duas hipóteses está na Seção 5 do primeiro capítulo. Com base nestas hipóteses e nos dados técnicos, temos que a soma dos valores presentes associados aos custos de implantação e operação é igual a R\$ 1.125 milhões (preços de 2015).

4.1.2 Custos socioambientais

Dentre os impactos negativos identificados e mensurados neste estudo, temos:

- As emissões de GEE;
- A perda econômica resultante do alagamento de áreas produtivas; e
- A alteração da dinâmica e rentabilidade da atividade pesqueira.

No caso das emissões de GEE, calculamos o custo deste impacto utilizando o preço de mercado de CO₂, i.e., US\$ 10/t de CO₂-equivalente (ou R\$ 30,68 por tonelada de CO₂).⁵⁶ Os preços de

⁵⁶ US\$ 1 equivale a R\$ 3.0681. Fonte: BCB - <http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpeq.asp?id=txcotacao>.

mercado utilizados na literatura variam de US\$ 4 por t de CO₂-equivalente (Jericó-Daminello, et al., 2016) a US\$ 15 por t de CO₂-equivalente (Sousa Júnior, Reid, & Leitão, 2006).

Alguns estudos, no entanto, ressaltam que o preço de mercado não representa o custo real medido dos danos causados pelas emissões, por exemplo, pelo valor monetário associado às perdas de vida humana (Fearnside P. M., 1998). Neste caso, o uso do custo social do CO₂ seria mais adequado para medir os impactos socioambientais dos GEE. Diferentemente do preço de mercado, o custo social do CO₂ é o preço estimado dos danos (globais) causados por cada tonelada de CO₂ liberada na atmosfera. Os valores observados na literatura são consideravelmente maiores quando comparados com os preços de mercado. Por exemplo, estudos como Moore & Diaz (2015) mostram que o custo social do carbono é igual a US\$ 220 por tonelada de CO₂ em 2015. Neste estudo, optamos por uma estimativa mais conservadora e utilizamos o preço de mercado para calcular o custo econômico das emissões de CO₂.

Calculamos os custos anuais das emissões, multiplicando a quantidade pelo custo (ou preço) em cada ano. Para obtermos o preço do carbono em cada ano, utilizamos a taxa de desconto de 3% sugerida pela agência nacional americana (EPA, 2016).

No cálculo da quantidade emitida de GEE, as emissões resultantes da supressão das áreas de floresta são contabilizadas apenas uma vez. Porém, as emissões de GEE resultantes da decomposição de matéria orgânica no reservatório são contabilizadas ao longo de todo o período de funcionamento previsto para a UHE castanheira (50 anos). Assim, utilizando uma taxa de desconto de 10% ao ano, temos que a soma dos valores presentes dos custos associados às emissões destas duas fontes é igual a R\$ 34 milhões (preços de 2015).

No caso da perda econômica resultante do alagamento de áreas produtivas, a construção da UHE Castanheira implicaria numa perda anual igual a R\$ 17 milhões e R\$ 11 mil no caso das atividades pastagem e extrativista respectivamente. Assumimos que estes valores se repetem ao longo dos anos. Idealmente, para que os custos de oportunidade anuais fossem calculados com maior precisão, precisaríamos incorporar projeções com relação ao tamanho do rebanho, preço do boi gordo e da vaca gorda, preço da madeira em tora e à valorização da terra. Contudo, tais projeções são bastante complexas e fora do escopo deste trabalho. Utilizando uma taxa de desconto de 10%, temos que o valor presente da soma dos custos de oportunidade é aproximadamente R\$ 142 milhões (preços de 2015)

No caso da atividade pesqueira, o projeto de construção da UHE Castanheira tem o potencial para diminuir a renda líquida de cada pescador profissional em R\$ 19.794,24 por ano (preços de 2015). Assumindo que esta perda ocorreria a partir da construção do reservatório, o valor presente deste impacto seria igual a R\$ 4 milhões, considerando o total de pescadores profissionais existente em 2017 e uma taxa de desconto igual a 10% ao ano.

A Tabela 14 apresenta o valor presente dos custos de cada uma das três fontes de impactos socioambientais identificados neste estudo. O somatório dos custos socioambientais é igual a R\$ 181 milhões.

Tabela 14 - Valor presente dos custos socioambientais (preços de 2015)

IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS	VALOR PRESENTE DO CUSTO
EMIÇÃO DE GEE	R\$ 34.088.413
CUSTO DE OPORTUNIDADE (PASTAGEM E ATIVIDADE EXTRATIVISTA)	R\$ 142.137.617
PERDA ECONÔMICA DA ATIVIDADE DE PESCA	R\$ 4.541.466
TOTAL	R\$ 180.767.496

Nota: Os custos das emissões de GEE consideram as emissões resultantes do desmatamento e da decomposição de matéria orgânica do reservatório.

Em comparação com os resultados obtidos no EVTE, temos que os custos socioambientais obtidos neste estudo são 9% menor do que os custos previstos no EVTE (R\$ 196.910.000). Tal comparação, no entanto, deve considerar que a análise realizada neste estudo considerou apenas três impactos potenciais, incluindo as emissões de gases de efeito estufa não consideradas explicitamente no cálculo realizado no EVTE. Neste sentido, é possível que o valor previsto no EVTE esteja subestimado.

4.2 Benefícios

Como benefícios do projeto de construção da UHE Castanheira temos a geração de energia elétrica. Para calcular o valor monetário deste benefício além dos dados técnicos apresentados no EVTE, assumimos duas hipóteses, quais sejam:

1. O preço de venda da energia é igual a R\$ 130/MWh; e
2. O fator de capacidade é igual a 70%.

A justificativa para essas duas hipóteses encontra-se na Seção 5 do primeiro capítulo.

Com base nestas hipóteses e nos dados divulgados no EVTE, a soma dos valores presentes dos benefícios associados a geração de energia elétrica seria igual a R\$ 886 milhões (preços de 2015), considerando uma taxa de desconto igual a 10% ao ano.

4.3 Custo-benefício

Uma vez conhecidos os custos e os benefícios do projeto de construção da UHE Castanheira, calculamos a diferença entre ambos. A Tabela 15 apresenta os valores presentes de cada componente da análise custo-benefício, assim como o benefício líquido da UHE Castanheira.

Tabela 15 - Benefício líquida da UHE Castanheira (preços de 2015)

		VALOR PRESENTE
CUSTOS		
	Custos financeiros	R\$ 1.125.085.695
	Custos socioambientais	R\$ 180.767.496
BENEFÍCIOS		
	Geração de energia elétrica	R\$ 886.527.424
BENEFÍCIO LÍQUIDO DA UHE CASTANHEIRA		-R\$ 419.325.767

Os resultados apresentados na Tabela 15 mostram que o benefício líquido do projeto seria negativo em aproximadamente R\$ 419 milhões (preço de 2015). Este resultado sugere que a UHE Castanheira não é viável do ponto de vista do bem-estar social. Em termos monetários, os impactos negativos potenciais identificados e mensurados aqui seriam maiores do que os benefícios previstos com a construção da UHE.

5 Conclusão

Este estudo analisou a viabilidade do projeto de construção da UHE Castanheira no rio Arinos no estado de Mato Grosso. Para o cálculo da viabilidade do empreendimento hidrelétrico, consideramos inicialmente o aspecto financeiro e posteriormente incluímos na análise financeira os impactos socioambientais potenciais. Identificamos e quantificamos três impactos. São eles:

1. As emissões de gases de efeito estufa;
2. A perda econômica resultante do alagamento de áreas produtivas; e
3. A alteração da dinâmica e rentabilidade da atividade pesqueira.

Com base nos dados apresentados no EVTE, mostramos que o projeto de construção da UHE Castanheira pode não ser viável. Os benefícios que a UHE iria gerar em termos de energia não seriam suficientes para superar os custos de construção e operação deste projeto. Se construída, a perda para o investidor privado seria aproximadamente R\$ 239 milhões (preços de 2015). Considerando os custos e benefícios para a sociedade, a perda econômica aumentaria para R\$ 419 milhões (preços de 2015)

Utilizando os dados técnicos do empreendimento, calculamos as emissões de GEE. A estimativa mais conservadora, que não discrimina as fontes de emissões do reservatório, sugere que a UHE Castanheira emitiria aproximadamente 1,4 milhões de toneladas de CO₂-equivalente ao longo de 50 anos. O custo dessas emissões seria igual a R\$ 34 milhões (preço de 2015). Com relação aos custos econômicos associados às perdas resultantes do alagamento das áreas de floresta e pastagem e da diminuição da produtividade da pesca, temos que esses seriam equivalentes a R\$ 142 milhões e R\$ 4,5 milhões respectivamente (preços de 2015).

Tudo mais constante, para que o projeto de construção da UHE Castanheira seja viável, o preço de venda de energia elétrica – a ser determinado em leilão – deveria ser igual a ou maior que R\$ 165 por MWh. Se internalizarmos os custos socioambientais calculados neste estudo, então, o preço de energia deveria ser, no mínimo, R\$ 187 por MWh. Tais preços são maiores do que a média dos preços obtidos nos últimos leilões de energia. Assim, com base nos resultados encontrados, sugerimos que o projeto de construção da UHE Castanheira seja analisado de forma comparativa a fim de que os *trade-offs* entre as diversas alternativas, incluindo outras fontes de energia, sejam avaliados.

Referências

- Abril, G., Guérin, F., Richard, S., Delmas, R., Galy-Lacaux, C., Gosse, P., . . . Matvienko, B. (2005). Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-year old tropical reservoir (Petit Saut, French Guiana). *Global Biogeochemical Cycles*, 19. doi:10.1029/2005GB002457
- Alarcon, D. F., Millikan, B., Torres, M., & colaboradores. (2016). *Ocejadi: hidrelétricas, conflitos socioambientais e resistência na Bacia do Tapajós*. Brasília, DF: International Rivers Brasil; Santarém: PA: Programa de Antropologia e Arqueologia da Universidade Federal do Oeste do Pará.
- ANEEL. (s.d.). *Resultados de Leilões*. Acesso em 16 de junho de 2017, disponível em Agência Nacional de Energia Elétrica: <http://www.aneel.gov.br/resultados-de-leiloes>
- Ansar, A., Flyvbjerg, B., Budzier, A., & Lunn, D. (2014). Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development. *Energy Policy*, 69, 43-56.
- Arrolho, S., Fernandes, D. E., Franco, A. A., Borges, F. V., Borges, M. J., Santos, R. C., . . . Martins, V. A. (2015). ictiofauna do rio Arinos, Bacia do Rio Juruena, MT, Brasil. *XII Congresso de Ecologia do Brasil*. São Lourenço - Minas Gerais: Sociedade de Biologia do Brasil.
- Assunção, J., Szerman, D., & Costa, F. (2016). *Efeitos locais de hidrelétricas no Brasil*. Rio de Janeiro: INPUT - Climate Policy Initiative.
- Bambace, L. A., Ramos, F. M., Lima, I. B., & Rosa, R. R. (2007). Mitigation and recovery of methane emissions from tropical hydroelectric dams. *Energy*, 32 (6), 1038-1046.
- Banco Mundial. (2017). *Cenário de baixa hidrologia para o setor elétrico brasileiro (2016-2030): impacto do clima nas emissões de gases de efeito estufa*. Brasília: Banco Mundial.
- Bazzoli, N. (2016). Impacto de barragem hidrelétrica na reprodução de peixes. *Aquaciência*. Fonte: <http://aquaciencia.aquabio.com.br/pt/>
- Castro, N. J. (2008). Leilão de energia de reserva: razões, funções e perspectivas. *Revista Brasileira de Energia*, 89-90.
- Castro, N. J., Brandão, R., & Dantas, G. A. (2012). O setor elétrico brasileiro e os compromissos de reduções das emissões de gases do efeito estufa. *Texto de Discussão do Setor Elétrico*, 46.
- CCEE. (s.d.). *Tipos de Leilões*. Acesso em 16 de junho de 2017, disponível em Câmara de Comercialização de Energia Elétrica: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-

fazemos/como_ccee_atua/tipos_leiloes_n_logado?_afrLoop=1251794603352369#%40%3F_afrLoop%3D1251794603352369%26_adf.ctrl-state%3Dq8ctsikmy_22

Conservation Strategy Fund. (s.d.). HydroCalculator. Acesso em 19 de maio de 2017, disponível em <http://conservation-strategy.org/hydrocalculator-analyses>

Departamento Nacional da Produção Mineral. (1980). *Projeto RADAMBRASIL V.20. Folha SC.21 Juruena; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro.

DOE Office of Indian Energy. (n.d.). Levelized Cost of Energy (LCOE). Acesso em 2017, disponível em <https://energy.gov/sites/prod/files/2015/08/f25/LCOE.pdf>

Doria, C. R., Lima, M. A., Santos, A. R., Souza, S. T., Simão, M. O., & Carvalho, A. R. (2014). O uso do conhecimento ecológico tradicional de pescadores no diagnóstico dos recursos pesqueiros em áreas de implantação de grandes empreendimentos. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 30, 89-108.

EIA. (2013). *Levelized Cost of Electricity and Levelized Avoided Cost of Electricity Methodology Supplement*.

EPA. (2016). *Social cost of carbon*. United States Environmental Protection Agency. Acesso em 16 de setembro de 2017, disponível em EPA.

EPE. (2010). *Estudo de Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio Juruena - Relatório Final - Volumes 25 e 26 - Avaliação Ambiental Integrada da Alternativa Selecionada*. Empresa de Pesquisa Energética.

EPE. (2015). *Estudo de Impacto Ambiental - UHE Castanheira*. Empresa de Pesquisa Energética.

EPE. (2016). *Estudo de Viabilidade - UHE Castanheira - Relatório Final - Volumes I, II e III*. Empresa de Pesquisa Energética.

EPE. (2017). *Empreendimento*. Fonte: UHE Castanheira: <http://www.uhecastanheira.com.br/o-empresendimento/>

EPE. (2017). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2026*. Brasília: Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética.

EPE. (s.d.). *Dados Técnicos do Empreendimento*. Acesso em 29 de maio de 2017, disponível em EPE Usina Hidrelétrica Castanheira: <http://www.uhecastanheira.com.br/>

Faria, F. A., Jaramillo, P., Sawakuch, H. O., Richey, J. E., & Barros, N. (2015). Estimating greenhouse gas emissions from future Amazonian hydroelectric reservoirs. *Environmental Research Letters*, 10.

- Faria, F. A., Jaramillo, P., Sawakuchi, H. O., Richey, J. E., & Barros, N. (2015). Estimating greenhouse gas emissions from future Amazonian hydroelectric reservoirs. *Environmental Research Letters*.
- Fearnside, P. M. (1998). The value of human life in global warming impacts. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 3(1), 83-85.
- Fearnside, P. M. (2005). Do hydroelectric dams mitigate global warming? the case of Brazil's Curuá-Uma dam. *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Change*, 10 (4), 675-691.
- Fearnside, P. M. (2015). Emissions from tropical hydropower and the IPCC. *Environmental Science & Policy*, 50, 225-239.
- Fearnside, P. M. (2015). *Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras* (Vol. 2). Manaus: Editora do INPA.
- Fearnside, P. M. (2015). tropical hydropower in the clean development mechanism: Brazil's Santo Antônio dam as an example of the need for change. *Climatic Change*, 131 (4), 575-589.
- Fearnside, P. M. (2016). Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams in tropical forests. Em J. Lehr, & J. Keeley, *Alternative Energy and Shale Gas Encyclopedia* (pp. 428-439). New York, E.U.A: John Wiley & Sons Publishers.
- Fearnside, P. M. (2016). Hidrelétricas na Amazônia brasileira: Questões ambientais e sociais. Em D. Floriani, & A. E. Hevia, *América Latina Sociedade e Meio Ambiente: Teorias, Retóricas e Conflitos em Desenvolvimento* (pp. 289-315). Curitiba, Paraná: Editora da Universidade Federal do Paraná.
- Fearnside, P. M. (01 de março de 2017). Hidrelétricas e o IPCC: 8 - Turbinas e árvores mortas ignoradas. Brasil. Acesso em 05 de maio de 2017, disponível em http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2017/Hidrel%C3%A9tricas_e_o_IPCC-8-Turbinas_e_arvores_mortas.pdf
- Fearnside, P. M. (2017). Planned disinformation: The example of the Belo Monte Dam as a source of greenhouse gases. Em L.-R. Issberner, & P. Lena, *Brazil in the Anthropocene: Conflicts between Predatory Development and Environmental Policies* (pp. 125-142). New York, E.U.A: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Fearnside, P. M., & Pueyo, S. (junho de 2012). Underestimating greenhouse-gas emissions from tropical dams. *Nature Climate Change*, 2(6).
- FIRJAN. (2013). *A expansão das usinas a fio d'água e o declínio da capacidade de regularização do sistema elétrico brasileiro*. Diretoria de Desenvolvimento Econômico e Associativo. Rio de Janeiro: Sistema FIRJAN.

- Forsberg, B. R., Melack, J. M., Dunne, T., Barthem, R. B., Goulding, M., Paiva, R. C., . . . Weisser, S. (2017). The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems. *PLoS ONE*, 12(8), 1-35.
- Fórum Teles Pires. (2017). *Barragens e povos indígenas no rio Teles Pires: características e consequências de atropelos no planejamento, licenciamento e implantação das UHEs Teles Pires e São Manoel*. Brasília, Cuiabá e Alta Floresta.
- Gomes, C. R. (2014). Desempenhos de desenvolvimento de municípios afetados por usinas hidrelétricas - um estudo de 4 usinas dos rios Pelotas, Canoas e Uruguai. *Tese (doutorado)*. São Carlos, São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- Habtec Mott MacDonald e Novaterra. (setembro de 2015). *Biblioteca digital (documentos do projeto)*. Acesso em 09 de setembro de 2017, disponível em UHE Castanheira: <http://www.uhecastanheira.com.br/biblioteca-digital/>
- IBGE. (2015). *Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IBGE. (2015). Produção da Pecuária Municipal. Acesso em 21 de Julho de 2017, disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2015/>
- ICV. (2017). *Hidrelétricas, áreas protegidas e assentamentos rurais na bacia hidrográfica do Tapajós*. Acesso em 19 de fevereiro de 2018, disponível em Instituto Centro de Vida: https://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2017/06/MapaTapaj%C3%B3sHidrel%C3%A9tricas_reduzido.jpg
- IMEA. (2011). *Bobinocultura Mato-Grossense: Caracterização da bovinocultura no Estado de Mato Grosso*. Cuiabá: Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária.
- IMEA. (2017). *Indicador - boi*. Acesso em 19 de Julho de 2017, disponível em Instituto Mato-Grossense de Economia Agropecuária: <http://www.imea.com.br/imea-site>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (s.d.). Censo Demográfico 2010. Fonte: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (s.d.). Portal de Mapas do IBGE. Fonte: <http://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>
- IPCC. (2013). Contribution of working group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Em T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, . . . P. M. Midgley, *Climate Change 2013: The physical science basis* (p. 1535). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

- ISA. (2014). *Terras indígenas no Brasil*. Acesso em 19 de setembro de 2017, disponível em Instituto Socio Ambiental: <https://terrasindigenas.org.br/es/terras-indigenas/3583>
- Jericó-Daminello, C., Seehusen, S., Arrea, I. B., Bruner, A., Alencar, A. A., & Piontekowski, V. (2016). *Impactos econômicos da construção da hidrelétrica de São Luiz do Tapajós: uma análise do provimento de serviços ecossistêmicos*. Rio de Janeiro: Conservation Strategy Fund.
- Lima, I. B., Bambace, L. A., & Ramos, F. M. (2007). GHG Life Cycle Analysis and Novel Opportunities Arising from Emerging Technologies Developed for Tropical Dams. *Second Workshop on the Greenhouse Gas Status of Freshwater Reservoirs*. Foz do Iguaçu.
- Magalhães, S. M., & Hernandez, F. M. (2009). *Painel de Especialistas: Análise crítica do estudo de impacto ambiental do aproveitamento hidrelétrico de Belo Monte*. Belém, Manaus.
- Malhi, Y., Saatchi, S., Girardin, C., & Aragão, L. E. (2013). The production, storage, and flow of carbon in Amazonian forests. *Amazonia and Global Change*, 355 - 371.
- Mamed, D. O., Lemos, A., & Rossito, F. D. (2016). Impactos sociais de implementação da usina de Itaipu. Em C. Marés, *Os Avá-guarani no oeste do Paraná: (re) existência em Tekoha Guasu Guavira* (pp. 297-318). Letra da Lei.
- MCTIC. (2016). *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa*. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.
- Montalvão, E., Faria, I. D., & Abbud, O. A. (2012). *Ambiente e energia: crença e ciência no licenciamento ambiental*. Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado - Senado Federal.
- Moore, F. C., & Diaz, D. (2015). Temperature impacts on economic growth warrant stringent mitigation policy. *Nature Climate Change*, 5, 127-131.
- Moretto, E. M., Rondinelli, D. R., Bedushi, L. E., Pulice, S. M., Zuca, N. L., Praia, A. S., . . . Carvalhaes, V. L. (2015). O desenvolvimento dos municípios brasileiros afetados por usinas hidrelétricas. *XI Encontro Nacional da ECOECO*. Araraquara, São Paulo.
- OIT. (s.d.). *C169 - Sobre povos indígenas e tribais*. Acesso em 19 de fevereiro de 2018, disponível em Organização Internacional do Trabalho: http://www.ilo.org/brasil/convencoes/WCMS_236247/lang--pt/index.htm
- Owens, G. (2002). *Best Practices Guide: Economic & Financial Evaluation of Renewable Energy Projects*. Washington DC: U.S. Agency for International Development.
- Pettesse, M. L., & Petrere Jr, M. (2012). As barragens e os peixes: o impacto das grandes hidrelétricas nas espécies dos rios represados. *Ciência Hoje*, 30-35.
- PSR Consultoria. (Dezembro de 2016). *A Energia que Queremos*. Brasil. Acesso em 19 de maio de 2017, disponível em <https://www.aenergiaquequeremos.com.br/>

- Romeiro, D. L., Almeida, E., & Losekann, L. (2015). A escolha de tecnologias de geração elétrica despacháveis versus intermitentes e o caso Brasileiro. *5th Latin American Energy Economics Meeting*, (pp. 1 - 14).
- SAE. (2014). *Brail 2040: Cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima*. Secretaria de Assuntos Estratégicos.
- Schneider, R., Arima, E., Veríssimo, A., Barreto, P., & Souza Júnior, C. (2000). *Amazônia Sustentável: limitantes e oportunidades para o desenvolvimento rural*. Brasília e Belém: Banco Mundial e Imazon.
- Scolastrici, A. S., Lima, A. P., Naokazu, A. Y., Scheide, A. D., Pereira, C. R., Miranda, C. J., . . . Souza, J. C. (2010). *Emissões de gases de efeito estufa no setor uso da terra, mudança do uso da terra e florestas*. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia.
- Serraglio, D. A. (2016). Impactos ambientais da hidrelétrica de Itaipu. Em C. Marés, *Os Avá-guarani no oeste do Paraná: (re)existência em Tekoha Guasu Guavira* (pp. 273-296). Letra da Lei.
- SFB. (21 de Julho de 2017). Produção - Sistema Nacional de Informações Florestais. Fonte: <http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/producao?print=1&tmpl=component>
- Sousa Júnior, W. C., Reid, J., & Leitão, N. C. (2006). *Custo e benefícios do complexo hidrelétrico Belo Monte: uma abordagem econômico-ambiental*. Conservation Strategy Fund.
- Tancredi, M., & Abbud, O. A. (2013). *Por que o Brasil está trocando as hidrelétricas e seus reservatórios por energia mais cara e poluente?* Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado - Senado Federal.
- Winemiller, K. O., McIntyre, P. B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., . . . Baran. (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong: Basin-scale planning is needed to minimize impacts in mega-diverse rivers. *Science*, 351(6269), 128-129.
- X-Rates. (2015). *Historical*. Acesso em 16 de setembro de 2017, disponível em X-Rates: <http://www.x-rates.com/historical/?from=BRL&amount=1&date=2015-12-23>
- Young, C. E., Mac-Knight, V., Muniz, R. C., Zylberberg, R. S., & Rocha, E. R. (2007). Rentabilidade da pecuária e custo de oportunidade privado da conservação no estado do Amazonas. *VII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*. Fortaleza, Brasil.
- Zanoni, M. M., Zanatta, J. A., Dieckow, J., Kan, A., & Reissmann, C. B. (2015). Emissão de metano por decomposição de resíduo florestal inundado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19 (2), 173-179.

Apêndice 1 – Atividade de campo

Entre os dias 07 e 14 de julho de 2017, a OPAN, parceira da CSF neste estudo, entrevistou pescadores (profissionais e amadores) e indígenas dos municípios de Juara, Novo Horizonte do Norte e Porto dos Gaúchos. O objetivo das entrevistas foi o de fazer um levantamento do contexto local e da percepção desses moradores sobre os possíveis impactos do projeto da UHE Castanheira no rio Arinos. As entrevistas foram realizadas pelo indigenista Ricardo da Costa Carvalho (responsável pela pesquisa), e os colaboradores Michel Andrade e Aguinaldo Borges.

A abordagem utilizada foi:

- 1) Apresentação oral da equipe sobre contexto da instalação de empreendimentos hidrelétricos e licenciamento ambiental na sub-bacia do Juruena, bem como os riscos de impactos para as comunidades da região.
- 2) Apresentação do estudo em elaboração.
- 3) Rodada de conversas casa por casa, com a utilização de questionário semi-estruturado (apêndice 2).
- 4) Visita à sede da capatazia da colônia Z-16 para conversa com a coordenadora e obtenção de dados a respeito da produção pesqueira registrada na colônia.

A maior parte dos pescadores entrevistados (profissionais e amadores) são do município de Juara. Os demais são dos municípios Novo Horizonte do Norte e Porto dos Gaúchos. Os indígenas entrevistados são das aldeias Mayrob, do povo Apiaká, e Tatuí, do povo Kayabi.

Apêndice 2 – Questionário (roteiro)

1. Informações pessoais:

- a) Em que comunidade o Sr. mora?
- b) Quantas pessoas moram na sua casa, incluindo o Sr.?

2. Informações sobre a pesca/atividade econômica:

- a) O Sr. possui cadastro na Colônia de Pescadores?
- b) Qual é a sua função na pesca? Pescador profissional ou amador?
- c) Quais são as principais espécies capturadas, a quantidade e o preço de venda por período seco e de cheia?
- d) Dentre os peixes pescados, quais são de piracema?
- e) Qual é a participação da pesca na renda total do Sr.? Se menor que 100%, então quais são as outras atividades econômicas exercidas pelo Sr.?
- f) Do total pescado, quanto é vendido e quanto é consumido pelo Sr. e sua família? (a resposta pode ser em quilos ou em termos percentuais)

3. Informações adicionais sobre a pesca:

- a) Qual a distância entre a comunidade onde o Sr. vive e o ponto de pesca?
- b) O Sr. sai para pescar mais de uma vez por dia? Se sim, quantas vezes?
- c) Qual é a melhor época do ano para pescar?
- d) Existe algum período em que o Sr. não pesca? Se sim, pedir para especificar. Durante este período, como o Sr. complementa a sua renda?
- e) Quais são os principais apetrechos que o Sr. utiliza?
- f) Quais são os custos associados a cada apetrecho? (se possível, responder em termos monetários -- ou pelo menos identificar os apetrechos mais caros e mais baratos dentre os listados pelo pescador)
- g) O Sr. muda de apetrecho dependendo do período (seca ou cheia)?

4. Informações sobre os peixes:

- a) O Sr. sabe quais são os locais de reprodução e berçário dos peixes? Se sim, pedir para identificar os locais com a ajuda de mapas.

5. Percepção da atividade pesqueira e da UHE:

- a) O Sr. tem percebido mudanças na pesca (em termo de qualidade da água, espécies, quantidade e peso dos peixes capturados) nos últimos anos? Se sim, pedir para identificar
- b) Para o Sr., qual é a principal dificuldade enfrentada no exercício da atividade pesqueira?
- c) O Sr. sabe o que é uma usina hidrelétrica? Sabe que existe um projeto de construção de uma usina no rio Arinos?

- d) Em sua opinião, quais serão os impactos da construção da usina hidrelétrica no rio Arinos? Como o Sr. acha que isso afetará a atividade pesqueira e, principalmente, o Sr. e sua família?

6. Informações sobre a população indígena (ótica dos pescadores):

- a) Em termos gerais, o Sr. saberia dizer qual é a relação entre os pescadores e os indígenas que vivem na região? Qual é a importância do rio Arinos e da pesca para os índios?

7. Se possível, identificar:

- a) Se a vegetação ciliar está boa ou não.
- b) Possíveis impactos causados pelo homem. Por exemplo, pelo mapa da região, é possível identificar que há muitas áreas desmatadas.

Apêndice 3 – Custo previsto com ações socioambientais

		ESTUDOS DE VIABILIDADE UHE CASTANHEIRA						
DATA DE REFERÊNCIA: JUN/2015								
CONTA	ITEM	UN.	QUANT.	PREÇO UNIT. R\$	CUSTO R\$ 10³			
.10.	TERRENOS, RELOCAÇÕES E OUTRAS AÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS				196.910			
.10.10	AQUISIÇÃO DE TERRENOS E BENFEITORIAS				101.577			
.10.10.11	PROPRIEDADES RURAIS	gl			94.350			
.10.10.11.10	Reservatório	ha	7.774	7.299,30	56.746			
.10.10.11.11	Canteiro, Acampamento, Jazidas e Áreas Afins	ha	302	7.299,30	2.204			
.10.10.11.40	Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permaner	ha	4.148	7.299,30	30.277			
.10.10.11.41	Reassentamento Rural	ha	20	7.299,30	146			
.10.10.11.44	Infra-Estrutura Econômica e Social Isolada	gl		4.976.008,32	4.976			
.10.10.12	DESPESAS LEGAIS E DE AQUISIÇÃO	%	7	94.349.951,39	6.604			
.10.10.13	OUTROS CUSTOS	gl	1	622.202,40	622			
.10.11	RELOCAÇÕES				9.124			
.10.11.14	ESTRADAS DE RODAGEM	gl	1	2.561.299,20	2.561			
.10.11.16	PONTES	m²	2.000	3.194,58	6.389			
.10.11.20	RELOCAÇÕES DE POPULAÇÃO	gl			123			
.10.11.20.41	Reassentamento Rural	gl	1	122.829,60	123			
.10.11.21	OUTRAS RELOCAÇÕES	gl	1	50.340,00	50			
.10.15	AÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS				74.470			
.10.15.44	COMUNICAÇÃO SÓCIO-AMBIENTAL	gl	1	1.584.018,58	1.584			
.10.15.45	MEIO FÍSICO-BIÓTICO	gl			45.980			
.10.15.45.18	Limpeza do Reservatório	gl	1	19.912.409,86	19.912			
.10.15.45.40	Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permaner	%	0,5	986.140.339,41	4.931			
.10.15.45.45	Conservação da Flora	gl	1	1.041.957,46	1.042			
.10.15.45.46	Conservação da Fauna	gl	1	3.056.874,35	3.057			
.10.15.45.47	Qualidade da Água	gl	1	2.506.932,00	2.507			
.10.15.45.48	Recuperação de Áreas Degradadas	gl	1	11.074.800	11.075			
.10.15.45.17	Outros custos	gl	1	3.456.379,36	3.456			
.10.15.46	MEIO SÓCIO-ECONÔMICO-CULTURAL	gl			20.740			
.10.15.46.42	Comunidades Indígenas e outros grupos étnicos	gl	1	9.300.000,00	9.300			
.10.15.46.49	Saúde e Saneamento Básico	gl	1	5.958.806,21	5.959			
.10.15.46.51	Salvamento do Patrimônio Cultural	gl	1	2.046.623,04	2.047			
.10.15.46.52	Apoio aos Municípios	gl	1	3.435.040,51	3.435			
.10.15.47	LICENCIAMENTO E GESTÃO INSTITUCIONAL	gl			5.662			
.10.15.47.53	Licenciamento	gl	1	411.740,93	412			
.10.15.47.55	Gestão Institucional	gl	1	1.610.880,00	1.611			
.10.15.47.17	Outros custos	gl	1	3.638.977,92	3.639			
.10.15.48	USOS MÚLTIPLOS	gl	1	503.400,00	503			
	Subtotal da conta .10				185.170			
.10.27	EVENTUAIS DA CONTA .10				11.740			
	CUSTOS UNITÁRIOS IDENTIFICÁVEIS	%	5%	135.543,38	6.777			
	CUSTOS UNITÁRIOS NÃO IDENTIFICÁVEIS	%	10%	49.626,43	4.963			

Fonte: EPE (2016)