

**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia de Energia**

**INDICADORES DA SUSTENTABILIDADE DE
INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DA USINA DE BELO
MONTE**

**Autora: Fernanda Jesus de Souza Alves
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Josiane do Socorro
Aguiar de Souza de Oliveira Campos**

**Brasília, DF
2021**



FERNANDA JESUS DE SOUZA ALVES

**INDICADORES DA SUSTENTABILIDADE DE
INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DA USINA DE BELO MONTE**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Josiane do Socorro Aguiar de Souza de Oliveira Campos

**Brasília, DF
2021**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação

Alves, Fernanda Jesus de Souza.

Indicadores da Sustentabilidade de Instalação e Operação da Usina Belo Monte / Fernanda Jesus de Souza Alves. Brasília: UnB, 2021. 96 p.: il.; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília Faculdade do Gama, Brasília, 2021. Orientação: Prof^a. Dr^a. Josiane do Socorro Aguiar de Souza de Oliveira Campos.

1. Indicadores socioambientais. 2. Impactos. 3. Hidrelétrica.
4. Belo Monte. 5. Sustentabilidade.

I. Campos, Josiane do Socorro Aguiar de Souza de Oliveira.

II. Indicadores da Sustentabilidade de Instalação e Operação da Usina Belo Monte.

CDU Classificação



**INDICADORES DA SUSTENTABILIDADE DE
INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DA USINA DE BELO MONTE**

Fernanda Jesus de Souza Alves

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em (17/11/2021) apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Profª. Drª.: Josiane do Socorro Aguiar de Souza de Oliveira Campos, UnB/ FGA
Orientadora

Profª. Drª.: Maria Vitória Duarte Ferrari, UnB/ FGA
Membro Convidado

Prof. Dr.: Luciano Gonçalves Noletto, UnB/ FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sua infinita bondade, sem a qual eu não seria capaz de chegar até esta importante fase de minha vida.

Em segundo lugar, agradeço à minha família por toda compreensão e incentivo neste período de graduação, especialmente aos meus pais Adelaide e Haudson, e aos meus irmãos Brunna (*in memorian*), Luís Eduardo e Marcella, sem eles eu nada seria.

Ao meu companheiro de graduação e de vida, Luís Felipe, agradeço por todo o amor e carinho que tem me dado, por toda ajuda durante a graduação e na realização deste trabalho. Sou muito grata por nos tornarmos engenheiros juntos. Agradeço também aos meus sogros Selma e Júnior, e também aos meus cunhados Júlia, Lunna e João Pedro, por se mostrarem uma importante rede de apoio nesse período e na vida.

Aos meus avós, Diva e Nilton, Sônia e José (*in memorian*), por terem sido a base da minha família e transmitido seus ensinamentos para outras gerações. Sem a ajuda deles jamais teria chegado até aqui.

Minha imensa gratidão à minha orientadora, professora Josiane, por ter me acompanhado e dado suporte durante toda a graduação, e pela paciência e compreensão durante a realização deste trabalho e nessa importante etapa de minha vida.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para minha formação profissional e, principalmente, à comunidade da Universidade de Brasília, que me possibilitaram um imenso crescimento pessoal, acadêmico e profissional.

Aos meus amigos de caminhada na UnB e de vida, Amanda Castro, Eduardo Xavier, Bianca Xavier, Caio Coelho, Fellype Levy, Thiago Nascimento, Rômulo Diniz, Bruno Martins, Sabrina Silveira, Gabriela de Godoi, Gabriel do Nascimento, Renata Vieira, Carla Ramaldes, Letícia Munhoz, Lucas Midhley, Laura Galant e Douglas Cerbino.

Não posso deixar de agradecer ao meu grande amigo Allan Saliba (*in memorian*), que além de um grande companheiro, foi o responsável por eu estar ao lado do Luís Felipe hoje. Descanse em paz.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram, diretamente ou indiretamente, para o encerramento desse ciclo.

RESUMO

A energia elétrica é parte essencial do desenvolvimento de uma nação. O setor elétrico brasileiro desenvolveu-se historicamente com base no aproveitamento do potencial hidrelétrico existente no país. A região Amazônica se constitui no território de maior potencial energético e de expansão dos projetos hidrelétricos. As usinas hidrelétricas são empreendimentos estáveis, devido ao seu poder de armazenar sua matéria-prima (a água) e, conseqüentemente, operarem de forma constante. Contudo, de modo geral, as localidades onde se instalam esse tipo de empreendimento têm seus espaços transformados por impactos negativos. Esse cenário fez com que os debates acerca do desenvolvimento sustentável se tornassem cada vez mais eminentes, já que as usinas causam impactos relevantes em contraste com o benefício da geração de energia para a população. Portanto, a construção de hidrelétricas exige um planejamento rigoroso para se utilizar os recursos naturais, bem como ações para mitigar e compensar suas externalidades, especialmente ambientais e sociais. Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar a sustentabilidade de Belo Monte, a maior usina hidrelétrica 100% brasileira, por meio de indicadores socioambientais e complementarmente com a metodologia de biograma. Para tal, houve a análise das relações entre as dinâmicas territoriais e as ações aplicadas na área de influência direta do empreendimento, resultantes das transformações regionais com a instalação da usina. Os resultados mostram um baixo nível de sustentabilidade para Belo Monte, nos aspectos ambientais e sociais, além de identificar limitações nas metodologias existentes para se avaliar esse conceito. Por fim, foram propostas ações de compensação para os impactos gerados pela usina. Conclui-se, então, que a resolução dos conflitos gerados pela implantação de aproveitamentos hidrelétricos demanda uma visão ampla e políticas públicas integradas com as necessidades da região de influência do empreendimento, com o intuito de se construir territórios mais saudáveis.

Palavras-chave: Indicadores socioambientais. Impactos. Hidrelétrica. Belo Monte. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Electric power is an essential part of a nation's development. The Brazilian electricity sector has historically developed based on the use of the country's existing hydroelectric potential. The Amazon region constitutes the territory with the greatest energy potential and the expansion of hydroelectric projects. Hydroelectric plants are stable projects, due to their power to store their raw material (water) and, consequently, operate in a constant manner. However, in general, the locations where this type of project is installed have their spaces transformed by negative impacts. This scenario made the debates about sustainable development increasingly eminent, as the power plants cause relevant impacts in contrast to the benefit of energy generation for the population. Therefore, the construction of hydroelectric plants requires rigorous planning to use natural resources, as well as actions to mitigate and compensate for their externalities, especially environmental and social. Given the above, this study aimed to assess the sustainability of Belo Monte, the largest 100% Brazilian hydroelectric plant, through socio-environmental indicators and in addition to the biogram methodology. To this end, there was an analysis of the relationship between territorial dynamics and the actions applied in the area of direct influence of the project, resulting from regional transformations with the installation of the power plant. The results show a low level of sustainability for Belo Monte, in environmental and social aspects, in addition to identifying limitations in the existing methodologies to assess this concept. Finally, compensation actions were proposed for the impacts generated by the hydroelectric plant. It is concluded, then, that the resolution of conflicts generated by the implementation of hydroelectric power plants requires a broad vision and public policies integrated with the needs of the region of influence of the enterprise, in order to build healthier territories.

Keywords: Social and environmental indicators. Impacts. Hydroelectric. Belo Monte. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Matriz de produção de energia elétrica no Brasil.....	13
Figura 2. Localização das UHEs no Brasil.....	15
Figura 3. Mapa mental de construção do tema.....	18
Figura 4. Localização da Bacia do Rio Xingu.....	20
Figura 5. Localização da UHE Belo Monte.....	21
Figura 6. Casa de força principal da UHE Belo Monte.....	22
Figura 7. Localização dos sítios da UHE Belo Monte.....	23
Figura 8. Arranjo Kararaô (A) x Arranjo atual da UHE Belo Monte (B).....	27
Figura 9. Histórico da UHE Belo Monte.....	30
Figura 10. Cartograma da cobertura do solo na área da barragem de Belo Monte.....	33
Figura 11. Configuração atual da Volta Grande do Xingu.....	36
Figura 12. Uso e ocupação do solo da AID 2011 x 2016.....	41
Figura 13. Interferência da UHE Belo Monte em Unidades de Conservação.....	44
Figura 14. Cartograma de localização das Terras Indígenas próximas a UHE Belo Monte.....	47
Figura 15. Loteamentos em Altamira.....	50
Figura 16. Pesquisa sobre a satisfação com o RUC x local anterior de moradia.....	51
Figura 17. Estimativa da população atraída pela construção da UHE Belo Monte.....	54
Figura 18. Cartograma da evolução da malha urbana de Altamira.....	55
Figura 19. Cartogramas dos deslocamentos de trabalhadores para Belo Monte.....	56
Figura 20. Pessoas ocupadas assalariadas na área de articulação.....	59
Figura 21. Fórmula de cálculo e distribuição básica da compensação financeira.....	64
Figura 22. Biograma dos indicadores de sustentabilidade da UHE Belo Monte.....	69
Figura 23. Biograma das dimensões estudadas.....	69
Figura 24. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	71
Figura 25. Modelo de gestão para ações socioambientais.....	73
Figura 26. Objetivos estratégicos para o programa de compensação proposto.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Indicadores de sustentabilidade.	32
Quadro 2. Classes do indicador de interferência em UC.....	45
Quadro 3. Classes do indicador de interferência em TI.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes do indicador de área alagada.....	34
Tabela 2. Resumo das áreas de água a montante e a jusante da barragem.	36
Tabela 3. Evolução da área desflorestada pela implantação da UHE Belo Monte.	42
Tabela 4. Classes do indicador de perda de vegetação.....	42
Tabela 5. UCs da Bacia Hidrográfica do Xingu.	43
Tabela 6. Terras Indígenas e população diretamente e indiretamente afetadas.....	46
Tabela 7. Classes do indicador de população afetada.	53
Tabela 8. População residente estimada para AID de Belo Monte.	57
Tabela 9. Classes do indicador de interferência na infraestrutura.	57
Tabela 10. Classes do indicador de emprego gerado.....	60
Tabela 11. Receita orçamentária da AID de Belo Monte (em milhões de reais).	62
Tabela 12. Classes do indicador de incremento temporário na arrecadação municipal.	63
Tabela 13. Compensação Financeira dos municípios atingidos pela UHE Belo Monte.	65
Tabela 14. Receita orçamentária dos municípios beneficiados pela CFURH (em reais).....	65
Tabela 15. Classes do indicador de incremento permanente na arrecadação municipal.....	66
Tabela 16. Índices de sustentabilidade da UHE Belo Monte.	68

LISTA DE SIGLAS

AHE	Aproveitamento Hidrelétrico
AID	Área de Influência Direta
AII	Área de Influência Indireta
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CFURH	Compensação Financeira sobre o Uso dos Recursos Hídricos
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DS	Desenvolvimento Sustentável
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
Eletrobras	Centrais Elétricas Brasileiras
Eletronorte	Centrais Elétricas do Norte do Brasil
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
GT	Grupo de Trabalho
HC	Hidrograma de Consenso
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDS	Índice de Desenvolvimento Sustentável
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ISS	Imposto sobre Serviço
LI	Licença de Instalação
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MAB	Movimento dos Atingidos por Barragens
MMA	Ministério de Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OE	Objetivos Estratégicos
ONU	Organização das Nações Unidas
PBA	Projeto Básico Ambiental
PEA	Programa de Educação Ambiental
PEAT	Programa de Educação Ambiental dos Trabalhadores
PIB	Produto Interno Bruto
PRODES	Projeto de Estimativa de Desflorestamento da Amazônia
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RUC	Reassentamentos Urbanos Coletivos
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIN	Sistema Interligado Nacional
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TI	Terra Indígena
TVR	Trecho de Vazão Reduzida
UC	Unidade de Conservação
UHE	Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVO GERAL	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. METODOLOGIA	18
4. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	20
4.1. ÁREA DE ESTUDO	20
4.2. USINA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE	22
4.3. INTEGRAÇÃO AO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL	24
4.4. LEILÃO.....	24
4.5. LICENCIAMENTO AMBIENTAL	25
4.6. HISTÓRICO	25
5. ESTUDO DE CASO: A SUSTENTABILIDADE DE BELO MONTE	31
5.1. ÁREA ALAGADA.....	32
5.2. MODIFICAÇÃO NO REGIME HIDROLÓGICO.....	35
5.3. PERDA DE VEGETAÇÃO.....	39
5.4. INTERFERÊNCIA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	42
5.5. INTERFERÊNCIA EM TERRAS INDÍGENAS	45
5.6. POPULAÇÃO AFETADA PELA BARRAGEM	48
5.7. PRESSÃO NA INFRAESTRUTURA.....	53
5.8. EMPREGOS GERADOS	58
5.9. INCREMENTO TEMPORÁRIO NA ARRECADAÇÃO MUNICIPAL	60
5.10. INCREMENTO PERMANENTE NA ARRECADAÇÃO MUNICIPAL	63
5.11. BIOGRAMA	66
6. PROPOSTA DE AÇÕES PARA O PROGRAMA DE COMPENSAÇÃO	71
6.1. AÇÕES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	74
6.2. AÇÕES PARA SEGURANÇA HÍDRICA.....	76
6.2.1. CONSERVAÇÃO DA ÁGUA E DO SOLO	78
6.2.2. REPOSIÇÃO FLORESTAL.....	79
6.3. DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL	81
6.4. PISCICULTURA.....	82
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
8. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	86

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A energia elétrica é essencial para a humanidade e para o desenvolvimento de uma nação. Por meio do aproveitamento desse tipo de energia, é possível realizar diversas tarefas que eram inviáveis. Com a evolução da tecnologia e o crescimento da população, se faz necessário buscar novas fontes alternativas para suprir a demanda mundial.

Há fatores que afetam os sistemas elétricos mundiais como as políticas governamentais, a demanda de energia e as novas tecnologias. Além disso, as preocupações ambientais podem levar o sistema energético a utilizar os recursos naturais de forma mais sustentável, além da conservação e uso de fontes renováveis de energia (GHARAVI e GHAFURIAN, 2011).

É incontestável a necessidade de suprir energia para o funcionamento do setor industrial, para o abastecimento de residências e outros estabelecimentos consumidores de eletricidade. Ademais, é fundamental verificar os efeitos dessa expansão da demanda no âmbito social, uma vez que a sociedade depende de energia elétrica para se desenvolver e quanto mais a população cresce, maior é a demanda de eletricidade (MORELLI, 2010).

Visto a importância estratégica da energia elétrica para todas as atividades humanas, para o bem-estar das comunidades e o crescimento econômico, os empreendimentos hidrelétricos devem ser analisados quanto à sua relevância e viabilidade de forma complexa, sem que haja simplificações aos aspectos técnico-econômicos e energéticos. O crescimento econômico trouxe o agravamento da crise ecológica, tornando eminentes os debates acerca do desenvolvimento sustentável (DS). O modelo de industrialização visava apenas o crescimento econômico, causando uma intensa degradação ambiental e, conseqüentemente, a escassez de recursos (SINISGALLI; JÚNIOR; TORRES, 2006). Isto traz à tona a necessidade de planejamento e desenvolvimento que considere a finitude dos recursos naturais.

O conceito de DS tem amadurecido em vários segmentos representativos da sociedade, públicos ou privados. Ainda assim, o entendimento desse conceito é diversificado e controverso. Ademais, a materialização do desenvolvimento sustentável é dispendiosa para muitos, em razão da sua complexidade, já que compreende conceitos de justiça social, desenvolvimento econômico, preservação e conservação ambiental (EPE, 2010).

A definição mais difundida de sustentabilidade é dada pelo Relatório Brundtland, onde considera-se que o desenvolvimento sustentável deve satisfazer às necessidades da geração presente sem que comprometa as gerações futuras. A sustentabilidade ainda pode ser constituída por três dimensões que se correlacionam: social, ambiental e econômica. Essas dimensões também são conhecidas como *triple bottom line* (BRUNDTLAND, 1987).

Quando se coloca a energia como um dos insumos básicos, a abordagem de eficiência energética tem um importante significado no debate do DS e da questão ambiental. Todas as atividades e ações humanas afetam de algum modo, o meio ambiente. Logo, o vínculo entre meio ambiente, ações e necessidades humanas é inseparável, principalmente quando se refere ao desenvolvimento econômico. Com o crescimento da economia brasileira nas últimas décadas, os sistemas de geração de energia precisaram expandir para atender às novas demandas com qualidade e confiabilidade (MOREIRA, 1997).

O Brasil possui uma população com cerca de 211 milhões de habitantes (IBGE, 2021). Em 2020, mais de 99% da população brasileira possuía acesso à rede elétrica (ONS, 2021), totalizando, aproximadamente, 174 milhões de unidades consumidoras, abrangendo residências, comércios, indústrias, serviços públicos e comunidades rurais (ANEEL, 2021a).

O setor elétrico brasileiro desenvolveu-se historicamente com base no aproveitamento do potencial hidrelétrico existente. Embora a trajetória do país mostre uma tendência em aderir ao parque hidrotérmico, o potencial hidráulico ainda é mais significativo. A geração hidráulica correspondeu a 65,1% do total de energia gerada no país (Fig. 1), no ano de 2020 (MME, 2021).

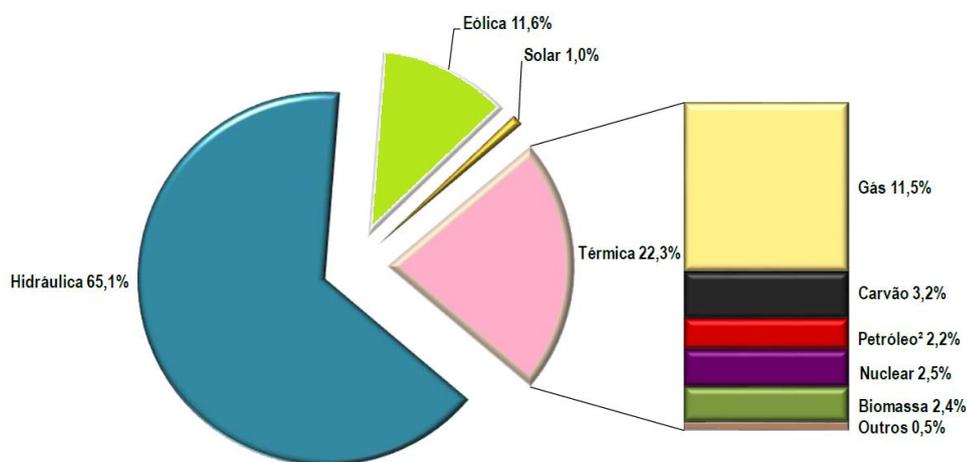


Figura 1. Matriz de produção de energia elétrica no Brasil.

Fonte: MME, 2021.

As usinas hidrelétricas (UHEs) são empreendimentos estáveis, já que podem operar de maneira constante e armazenam sua principal matéria-prima, a água, para que se possa usá-la em períodos de estiagem, o que garante a segurança do atendimento de energia. As UHEs são capazes de gerar blocos de energia e viabilizam o emprego de outras fontes de energia renováveis, como a solar e a eólica, já que geram energia de forma independente (FARIA; KNISS; MACCARI, 2012). Contudo, as hidrelétricas são frequentemente criticadas por vários autores como Fainguelernt (2016), Fearnside (2018) e Fitzgerald (2018). Tais críticas indagam os aspectos de sustentabilidade desse tipo de empreendimento.

Desse modo, para se mitigar parte desse problema em relação à instalação e operação de usinas, se faz necessário uma abordagem científica que possa identificar, classificar e comparar a execução dos indicadores de sustentabilidade para UHEs, tanto para aquelas em planejamento quanto para as que já se encontram em operação, para tomadas de decisão que conciliam o desenvolvimento, a conservação ambiental e o respeito aos direitos humanos.

Os projetos hidrelétricos devem ter como objetivo elevar a qualidade de vida da população promovendo o uso racional e sustentável do recurso. Para isso, a gestão ambiental deve começar nas fases iniciais do projeto, passando pela etapa de instalação e continuar ao longo da vida útil da usina, com o objetivo de minimizar os efeitos negativos e maximizar os benefícios do empreendimento (DUARTE *et al.*, 2013).

Nesse contexto, insere-se o termo “impacto ambiental” que é o resultado do efeito de uma ação antrópica sobre algum componente ambiental biótico ou abiótico. Cabe ressaltar que impacto não está ligado apenas a danos negativos, podendo ser também de natureza benéfica (SÁNCHEZ, 2008). Esses impactos estão atrelados à sustentabilidade de um empreendimento e as vulnerabilidades ambientais dos ecossistemas onde a atividade antrópica é realizada.

Diversos impactos ambientais provocados pela instalação de uma UHE podem ser classificados como irreversíveis. Apesar dos empreendimentos hidrelétricos utilizarem um recurso natural renovável, eles têm um alto potencial de alteração da paisagem, em razão da inundação de grandes áreas, provocando diversos prejuízos ao meio: modificação do clima, desaparecimento de espécies, fuga de animais, entre outros. Além disso, há impactos sociais causados pelo deslocamento da população local (CABALLERO, 2016).

Assim como toda grande obra, esses projetos de desenvolvimento de grande porte geram influxo repentino de pessoas e capital. Eles representam um evento significativo que afeta a curto e longo prazo as trajetórias de uma região, da vida das pessoas envolvidas e ainda intensas transformações ambientais (MORAN, 2016).

O uso do potencial hidráulico no Brasil é influenciado pela pluralidade da disponibilidade hídrica nacional. Portanto, pode-se identificar adversidades pontuais e regionais referentes à água e há uma tendência no aumento da demanda deste recurso devido ao crescimento demográfico e ao desenvolvimento econômico (MORELLI, 2010).

No Centro-Sul do Brasil localizam-se 83,4% das UHEs em operação (Fig. 2), onde estão situados os grandes centros urbanos, ou seja, a região com a maior demanda do sistema. O maior potencial hídrico não explorado se encontra na região Norte (ANEEL, 2021a).

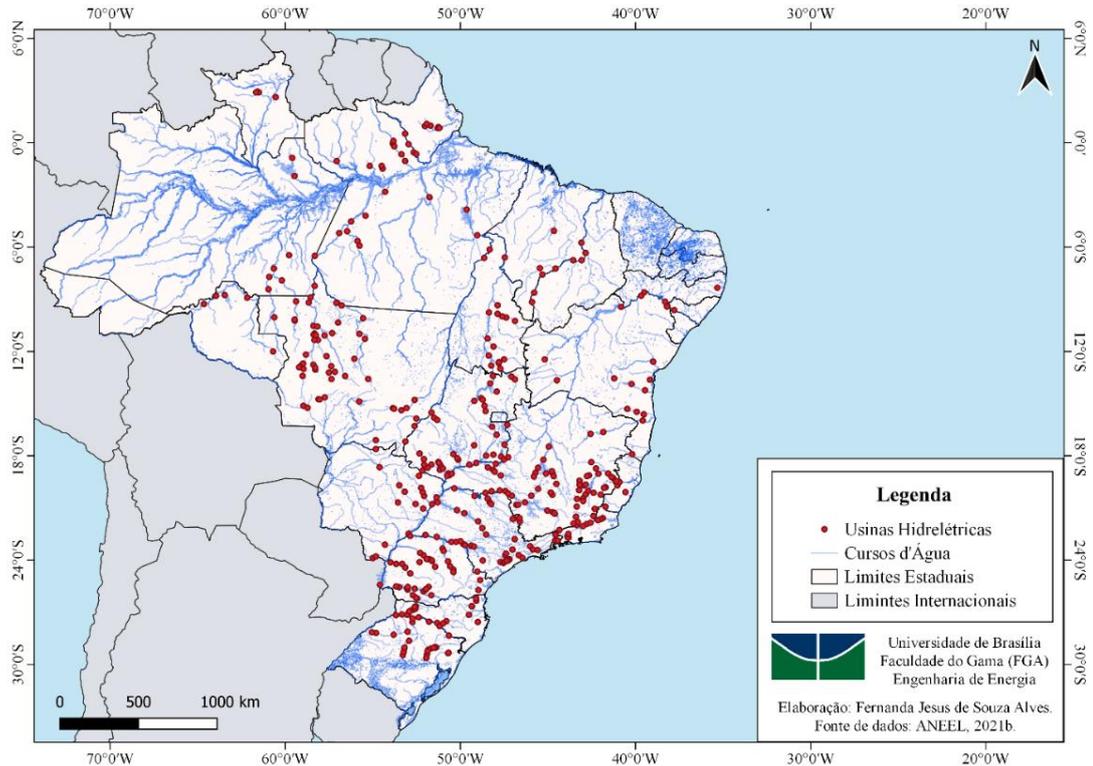


Figura 2. Localização das UHEs no Brasil.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da ANEEL, 2021b.

A maior bacia em volume de água do mundo é a Amazônica, ela tem sido alvo de interesse dos construtores de represas no Brasil, devido a dois terços do potencial hídrico do país localizar-se nessa região (MORELLI, 2010).

O ápice do incentivo à instalação de UHEs teve início na crise do petróleo, na década de 70, momento em que o governo visou a massificação do uso da energia elétrica. Foi nesse período que se construíram as primeiras represas da região Amazônica. Contudo, o governo brasileiro almejava projetos mais audaciosos, iniciou-se, então, a instalação das maiores e mais polêmicas UHEs, que provocaram reações no Brasil e no exterior (MORELLI, 2010).

As usinas de grande porte são as que possuem capacidade instalada maior que 50 MW. Atualmente, as principais hidrelétricas localizadas na região Amazônica são: Belo Monte, Tucuruí, Jirau, Santo Antônio e Teles Pires (BRASIL, 2020).

A instalação da UHE Belo Monte iniciou-se em 2011. O empreendimento entrou em pleno funcionamento em 27 de outubro de 2019, dia em que acionou sua última unidade geradora. Belo Monte possui uma capacidade instalada de 11.233 MW, tornando-se a maior usina 100% brasileira e a terceira maior UHE do mundo, atrás apenas da Hidrelétrica das Três Gargantas (China) e da Usina Hidrelétrica Itaipu Binacional (MME, 2019a).

Belo Monte está localizada na Bacia do Rio Xingu, no estado do Pará, e encontra-se em um sistema complexo com biodiversidade endêmica e sua instalação, conseqüentemente,

causou grandes interferências na vida das populações ribeirinhas e indígenas cujo cotidiano é profundamente influenciado pelo regime hidrológico do rio, além de transformar a fauna e a flora da bacia hidrográfica do rio Xingu (MORELLI, 2010).

Com o intuito de analisar o grau de sustentabilidade de uma usina hidrelétrica, foram elencados indicadores socioambientais para o estudo de caso. A metodologia utilizada é uma adaptação das Notas Técnicas DEA 21/10 e DEA 17/12, elaboradas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). A abrangência do estudo consiste na instalação e operação de uma usina. O objeto de estudo foi definido pelo aumento da demanda de energia elétrica no país e por esta ser gerada majoritariamente por empreendimentos hidrelétricos. É imprescindível analisar se a hidroeletricidade realmente pode ser considerada uma fonte sustentável.

Outro ponto relevante a ser analisado é a crise da disponibilidade hídrica vivenciada no Brasil. O cenário de estresse hídrico que o país se encontra aponta diretamente para a necessidade de mudança nos padrões de consumo e para a evolução da gestão dos recursos hídricos. A segurança hídrica está intimamente ligada ao desenvolvimento socioeconômico, além de manter os ecossistemas saudáveis e garantir a sobrevivência humana (ARAÚJO, 2016).

O Brasil apresentou, nos últimos 15 anos, uma redução do nível de água nos seus reservatórios, o que diminuiu drasticamente o percentual produtivo das UHEs. Tal fato se deve ao problema da seca e a má gestão dos recursos naturais. As condições hidrológicas vivenciadas afetam o abastecimento de água para a população e a geração de energia nas UHEs do país que, para isso, utilizam a água dos rios. Esse problema acarreta na necessidade de acionar à geração termoelétrica, que possui um custo maior em comparação às usinas hidrelétricas, o que eleva o preço da energia para o consumidor final (FALCÃO *et al*, 2019).

É nesse contexto que se insere o Engenheiro de Energia, que possui como atribuições otimizar o aproveitamento das formas primárias de energia e os sistemas de geração, transmissão e distribuição; além de realizar a gestão dos recursos energéticos (CONFEEA, 2016). Portanto, cabe a esse profissional garantir a manutenção dos empreendimentos energéticos e também discutir a gestão para a conservação das fontes de energia.

Como estudo da avaliação da sustentabilidade da UHE Belo Monte, foram feitos levantamentos bibliográficos e documentais, bases cartográficas de *sites* governamentais e de artigos científicos, além da elaboração de cartogramas, com o intuito de realizar um levantamento acerca dos reais impactos gerados pela implantação dessa usina.

Por fim, foi elaborada uma proposta de ações de compensação ambiental para a UHE Belo Monte com o intuito de proporcionar melhores condições para as populações atingidas pelo empreendimento.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho se fundamenta em buscar respostas para a pergunta: qual o grau de sustentabilidade da UHE Belo Monte?

2.1. OBJETIVO GERAL

O principal objetivo é realizar um estudo acerca da sustentabilidade da UHE de Belo Monte, por meio da aplicação da metodologia de indicadores da EPE e também do biograma para os impactos gerados pela instalação e operação da usina.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para este trabalho elencou-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar os indicadores socioambientais de sustentabilidade da UHE Belo Monte.
- Elaborar biogramas para a análise dos indicadores socioambientais.
- Identificar e avaliar se houve propostas de compensação para os impactos gerados.
- Elaborar um programa de ações para compensar os impactos gerados pela instalação e operação da usina.

3. METODOLOGIA

Para a realização do referido estudo, adotou-se o método descritivo. A pesquisa descritiva fundamenta-se em revisão bibliográfica e tem como objetivo a compreensão dos conceitos relacionados à sustentabilidade de usinas hidrelétricas, englobando os aspectos gerais desse tema (SEVERINO, 2017). Essa etapa objetiva a construção do conhecimento teórico necessário para uma compreensão efetiva dos assuntos abordados.

Em seguida, realizou-se a construção do tema de estudo por meio de um mapa mental (Fig. 3), para melhor visualização dos assuntos pertinentes ao trabalho.

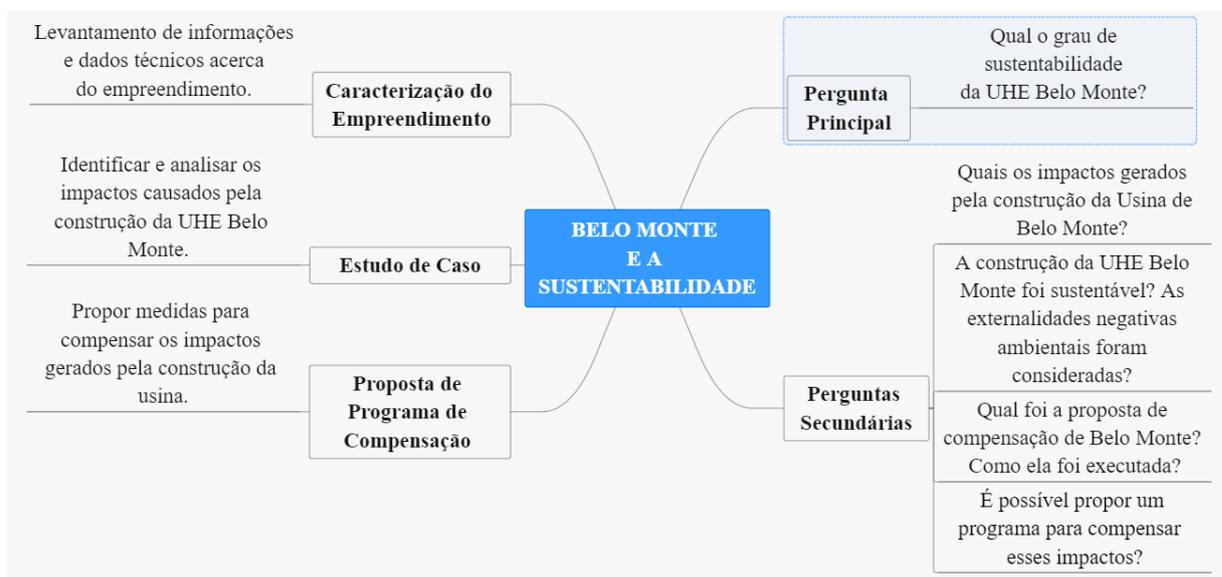


Figura 3. Mapa mental de construção do tema.

Fonte: Autora, 2021.

No que tange ao levantamento de dados, foi realizada uma pesquisa documental e bibliográfica de informações que versam sobre a sustentabilidade e os impactos de usinas hidrelétricas. Fez-se também uma revisão bibliográfica com base em dados provenientes de órgãos governamentais, além da base de periódicos CAPES por meio do uso das seguintes palavras-chave, juntamente com os operadores booleanos “and” e “or”: usinas, hidrelétricas, impactos, ambiental, socioeconômico, *impacts*, *hydroelectric*, *energy*, *hydropower*, *renewable*, *electricity*, *dam*, Belo, Monte.

Combinou-se as palavras citadas acima com o intuito de encontrar artigos que abordassem os impactos da implantação da UHE Belo Monte nos âmbitos socioeconômico e ambiental. Por meio de buscas no banco de periódico CAPES, foi possível obter os estudos mais relevantes que tratam desse assunto, finalizando, assim, a etapa de pesquisa teórica.

Para melhor analisar a sustentabilidade e os impactos oriundos da implantação da UHE Belo Monte, fez-se necessário a utilização de métodos para coletar, analisar, comparar e organizar informações e dados sobre os impactos gerados pelo empreendimento, incluindo os meios de comunicação para a apresentação escrita e visual dessas informações.

A metodologia utilizada para a avaliação de sustentabilidade teve como base as Notas Técnicas DEA 21/10 e DEA 17/12, elaboradas pela EPE, onde foram escolhidos indicadores de sustentabilidade (Apêndice I), avaliados por meio das interações dos empreendimentos hidrelétricos com os meios natural (físico-biótico) e socioeconômico. Na quantificação de tais indicadores são identificados e avaliados os impactos positivos e negativos produzidos pela implantação de uma usina hidrelétrica. Tal avaliação se deu em nos aspectos ambiental e socioeconômica. Além disso, foram construídos outros indicadores com base nos conceitos de autores que tratam sobre a sustentabilidade, como Hardin (1968) e Pigou (1932).

A análise dos indicadores socioambientais foi realizada por meio da metodologia de biograma. As informações utilizadas para alimentar os indicadores foram coletadas em fontes governamentais oficiais e em artigos científicos. Ademais, apenas foram consideradas a área de influência direta do empreendimento e todas as fases de implementação da usina.

Em complemento a tais pesquisas, foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) que é um conjunto de sistemas capazes de produzir e representar informações sobre o espaço geográfico, e tem como produto cartogramas, imagens de satélites, cartas topográficas, gráficos e tabelas. Para auxiliar na avaliação do problema proposto, foi utilizado o software QGIS “A Coruña”. Sua interface permite criar cartogramas, por meio de *shapefiles* (Apêndice II), com a finalidade de representar os setores e regiões envolvidas. Após o levantamento teórico realizado na primeira etapa, buscou-se confeccionar cartogramas que auxiliassem na análise do tema proposto, além de se utilizar cartogramas já existentes na literatura.

A etapa de coleta de dados tornou-se complexa e vagarosa devido à dificuldade de encontrar dados confiáveis e de qualidade. Passado por esse crivo, os indicadores foram submetidos a uma métrica, na qual lhe é atribuído uma classificação, de acordo com as Notas Técnicas DEA 21/10 e DEA 17/12. Consideram-se cinco classes de sustentabilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta; tais intervalos assumem valores apoiados na legislação em vigor e em referências bibliográficas.

Por fim, sugeriu-se um programa de compensação como uma forma de reparar os impactos causados pela instalação da UHE Belo Monte. Tal programa teve como referência o Cultivando Água Boa oferecido pela usina Itaipu Binacional (ITAIPU, 2021).

4. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Neste capítulo estão sintetizados os principais aspectos acerca da implantação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, assim como um breve histórico de sua instalação. Além disso, apresenta-se uma descrição da Bacia do Xingu, com a principal finalidade de se obter dados para o desenvolvimento do estudo de caso.

4.1. ÁREA DE ESTUDO

A usina hidrelétrica de Belo Monte está localizada no estado do Pará, na Bacia Hidrográfica do Rio Xingu (Fig. 4). Essa bacia possui uma área com cerca de 500 mil km² e se desenvolve da região Centro-Oeste até a região Norte. De sua área total, 40,8% se encontram no Mato Grosso e 59,2% no Pará (FRANCO *et al.*, 2018).

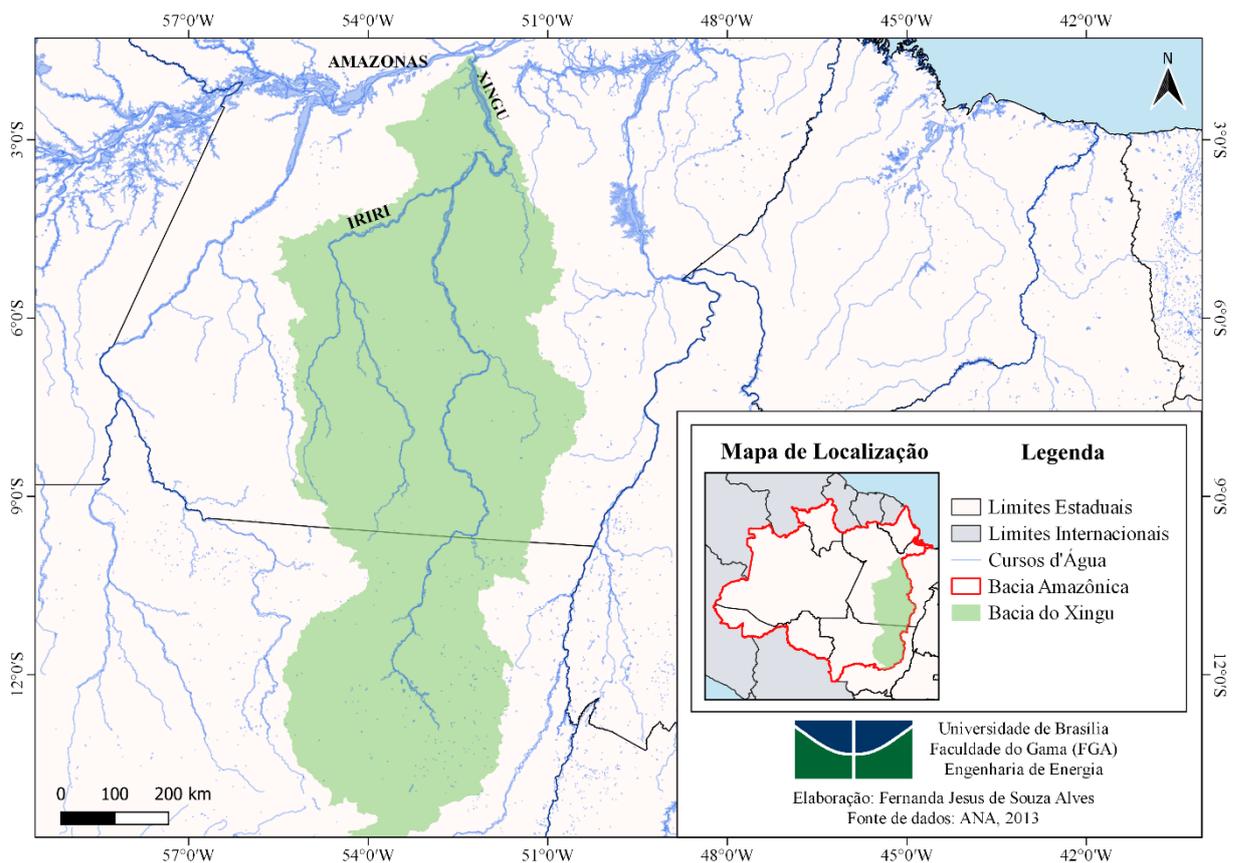


Figura 4. Localização da Bacia do Rio Xingu.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da ANA, 2013.

O rio Xingu possui altitude média de 600 m e sua extensão total é de aproximadamente 1.815 km. Sua pluviosidade varia entre 2.000 e 2.500 mm ao longo do ano, predominando o regime de chuvas tropicais. O início do período chuvoso ocorre em outubro, na porção Alta e Média do rio, deslocando-se no sentido Sul-Norte até o Baixo do Xingu, estacionando no mês

de maio. A ocorrência de precipitações máximas se dá nos meses de dezembro a março e de mínimas em junho, julho e agosto (AZAMBUJA *et al*, 2018).

A UHE Belo Monte está instalada em uma área denominada Volta Grande do Rio Xingu (Fig. 5). Conforme dados do Projeto Básico Ambiental (PBA) divulgado pelo Consórcio Norte Energia, a área de influência direta (AID) da usina é formada pelos municípios de Altamira, Vitória do Xingu, Senador José Porfírio, Anapu e Brasil Novo. E a área de influência indireta (AII) inclui os municípios de Medicilândia, Uruará, Placas, Porto de Moz, Gurupá e Pacajá (FAINGUELERNT, 2016).

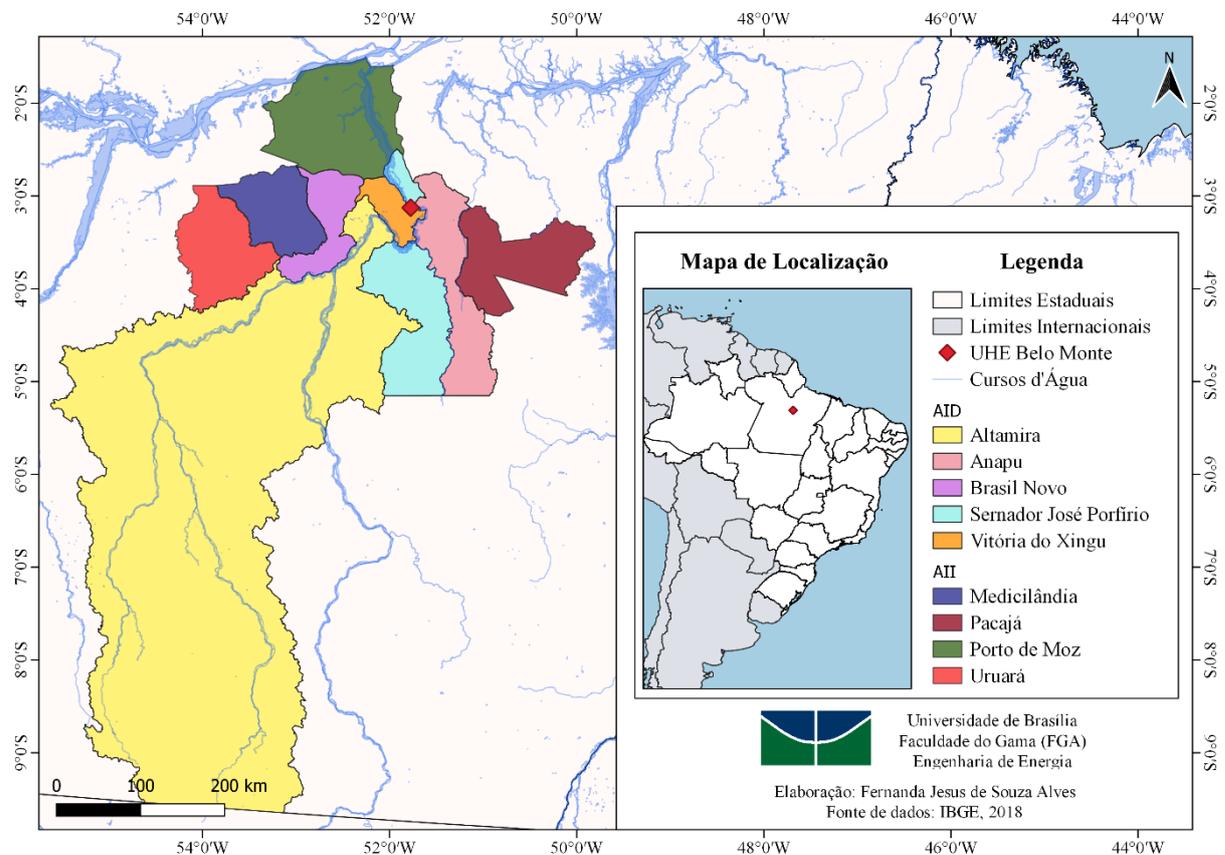


Figura 5. Localização da UHE Belo Monte.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do IBGE, 2018.

O conjunto de todas as estruturas da UHE ocupam terras dos municípios de Altamira, Brasil Novo e Vitória do Xingu. O principal acesso ao empreendimento ocorre pela Rodovia Transamazônica (BR-230). Contudo, há possibilidade de acesso a usina por via fluvial, desde o porto de Belém até a vila de Belo Monte, situada às margens do rio Xingu. Esse trecho é inteiramente navegável desde sua foz até a vila (ELETROBRAS, 2009).

4.2. USINA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE

A UHE Belo Monte (Fig. 6) é a terceira maior hidrelétrica do mundo, atrás apenas da UHE Três Gargantas, na China, e da UHE Itaipu Binacional. Portanto, Belo Monte é a maior hidrelétrica 100% brasileira. Esse empreendimento objetiva produzir um grande bloco de energia elétrica a partir de geração hidráulica, com uma capacidade instalada de 11.233,1 MW. Sua operação comercial teve início em abril de 2016 (NORTE ENERGIA, 2021).

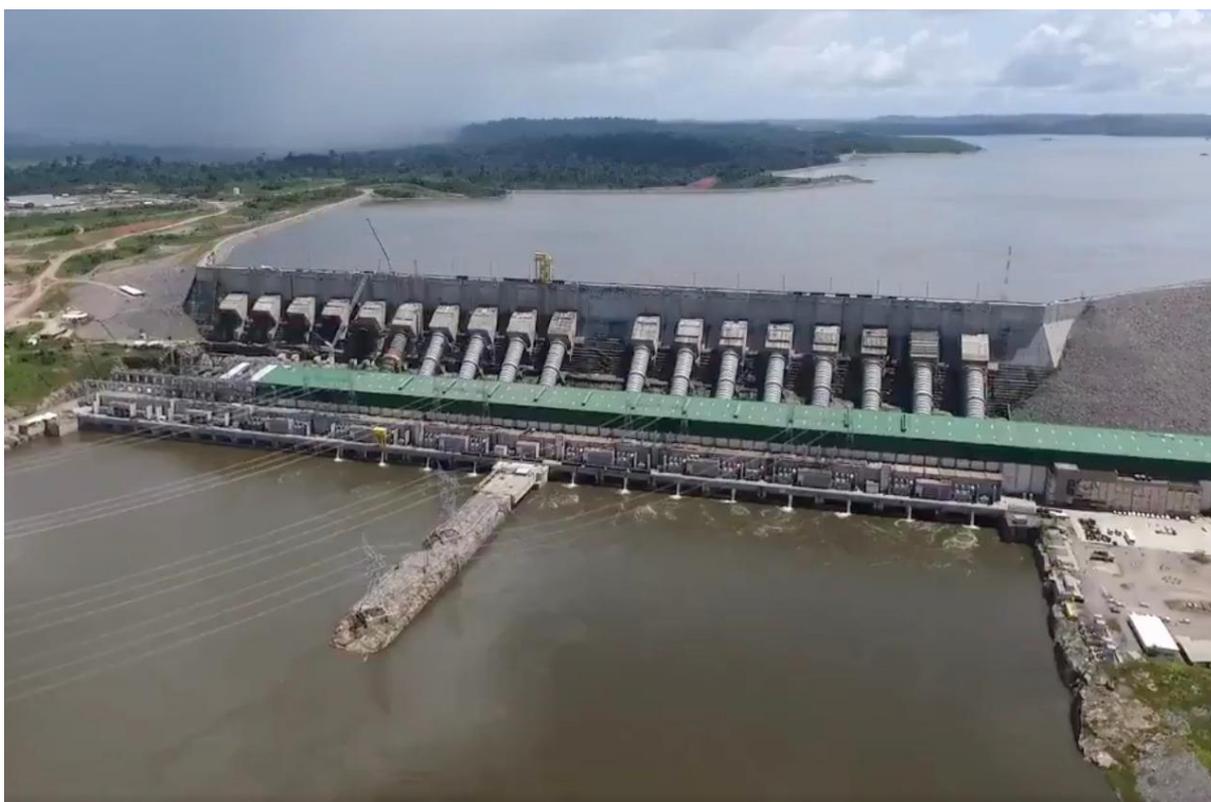


Figura 6. Casa de força principal da UHE Belo Monte.

Fonte: NORTE ENERGIA, 2021.

A usina é constituída pelo conjunto barragem principal, reservatório, tomada d'água e duas casas de força: uma principal e outra complementar. A casa de força principal encontra-se na localidade de Belo Monte e a complementar é posicionada na barragem principal. As obras do complexo estão distribuídas em três locais distintos de estruturas agrupadas (Fig. 7), denominados sítios: Belo Monte, Pimental e Bela Vista; além dos diques e canais distribuídos ao longo do reservatório que foram projetados para delimitar o reservatório (KÜLLER *et al.*, 2018).

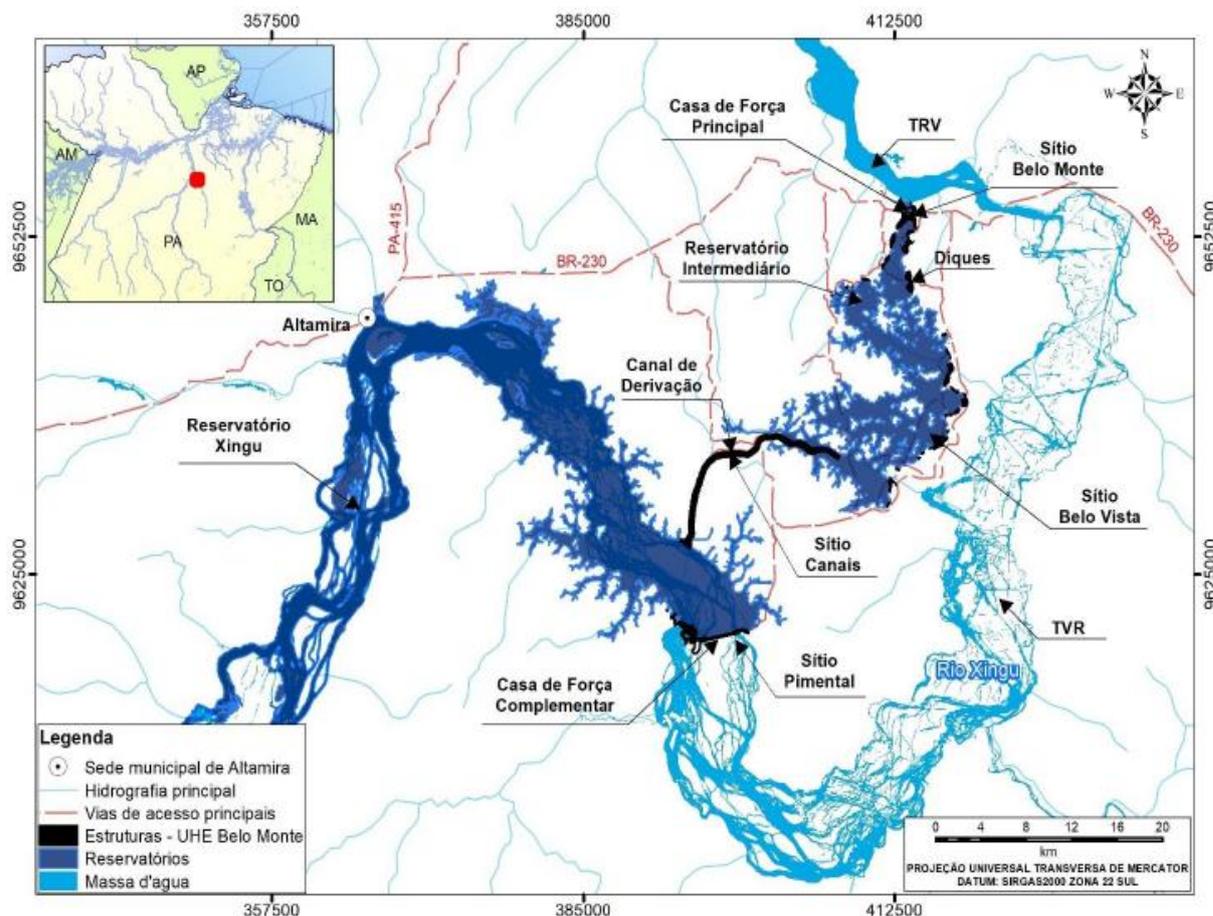


Figura 7. Localização dos sítios da UHE Belo Monte.

Fonte: KÜLLER *et al*, 2018.

A casa de força principal está situada no Sítio Belo Monte e possui uma potência instalada de 11.000 MW divididos em 18 unidades geradoras tipo Francis (potência unitária de 611,11 MW). A casa de força complementar está localizada no Sítio Pimental e possui uma potência instalada de 233,1 MW divididos em 6 unidades geradoras tipo Bulbo (potência unitária de 38,85 MW). Contudo, a energia firme é equivalente a 4.719 MW médios na casa de força principal e 77 MW médios na casa de força complementar (NORTE ENERGIA, 2021).

A usina opera a "fio d'água", ou seja, o número de turbinas acionadas depende das vazões naturais afluentes à casa de força, já que seu reservatório não possui capacidade de acumulação. O reservatório possui uma área de 478 km², com uma altura máxima de 97 m, e é dividido em duas partes independentes: a calha do rio Xingu e o reservatório de canais. A primeira abrange a área de inundação do rio, a montante da barragem principal, onde se encontra o vertedouro principal. Já a segunda, engloba parcialmente a calha do rio Xingu e os terrenos da margem esquerda do curso d'água, na altura da Volta Grande. No reservatório dos canais há um pequeno vertedouro para casos emergenciais (NORTE ENERGIA, 2021).

4.3. INTEGRAÇÃO AO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é um sistema de coordenação e controle formado por empresas das regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sul, Sudeste e parte da região Norte. Ele reúne sistemas de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil (BRASIL, 1998).

A UHE Belo Monte é parte integrante do SIN e, com isso, sua energia contribui para expansão da oferta em todo o país, permitindo o apoio mútuo entre os diversos subsistemas, dando origem à estratégia de operação centralizada. Esta estratégia permite a geração intensiva de energia em determinado subsistema que esteja em condição hidrológica favorável e, conseqüentemente, o envio de parte desta energia para os subsistemas que estejam em déficit hidrológico, garantindo a qualidade do atendimento energético (ELETROBRAS, 2009).

Assim, na cheia do rio Xingu, é possível gerar um grande volume de energia, promovendo a acumulação de água nos reservatórios das usinas de outras regiões, tirando proveito da sazonalidade hidrológica decorrente das dimensões continentais do país. Complementarmente, nos períodos de seca do rio Xingu, essas usinas com água armazenada suprirão a diferença da menor geração em Belo Monte.

A ligação da usina com o SIN ocorre por meio da linha de transmissão Tucuruí-Macapá-Manaus, com conexão à subestação Xingu – 500 kV, conhecida como “Linhão”. Essa energia é transportada, em maior parte, para os centros consumidores do Nordeste e Sudeste/Centro-Oeste, além dos centros consumidores do Norte, já que essas localidades possuem seu potencial hidrelétrico praticamente todo explorado (ELETROBRAS, 2009).

Para atender a demanda de energia gerada pela usina, se fez necessário a criação do segundo bipolo, a partir da casa de força complementar. O bipolo foi construído entre as estações Xingu e Terminal Rio, com tensão de 800 kV e 2.535 km de extensão (MME, 2019b).

4.4. LEILÃO

A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica em conjunto com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) realizou, em 20 de abril de 2010, um leilão A-5 de empreendimento estruturante exclusivo para a UHE Belo Monte. A empresa vencedora foi o Consórcio Norte Energia S.A., que tem participação da Companhia Hidroelétrica do São Francisco, subsidiária das Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobras), Construtora Queiroz Galvão, Galvão Engenharia e de outras seis empresas (ANEEL, 2021c).

A concessão recebida pelo consórcio prevê o aproveitamento hídrico por trinta anos. O investimento previsto para a implantação da usina foi de R\$ 28 bilhões (PAC, 2021). A previsão

na época era de que a primeira unidade geradora do empreendimento entrasse em operação em fevereiro de 2015, porém, essa data não foi cumprida. A primeira unidade geradora entrou em operação no dia 20 de abril de 2016, exatos seis anos após o seu leilão (BRASIL, 2016).

4.5. LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Como em qualquer empreendimento de grande porte, o projeto de Belo Monte foi objeto de licenciamento ambiental. Esse licenciamento foi conduzido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e as licenças exigidas neste processo foram: licença prévia (LP), licença de instalação (LI) e licença de operação (LO) (MME, 2011).

A licença prévia (LP nº 342/2010) foi concedida em fevereiro de 2010, posteriormente a análise e deferimento do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do projeto e a realização de quatro audiências públicas, que reuniram cerca de 8.000 participantes. A LP estabeleceu 40 condicionantes que visam à prevenção, mitigação ou compensação dos impactos previstos no EIA e incluem exigências como: qualidade da água, impactos sobre a fauna e a flora, saneamento, impactos na população local, compensação financeira, recuperação de áreas degradadas e o monitoramento de planos e programas socioambientais (MME, 2011).

A licença de instalação (LI nº 795/2011) foi emitida em junho de 2011, liberando a instalação da usina, e determinou diversas ações que formam o PBA. O IBAMA, em conjunto com o Comitê Gestor do Plano de Desenvolvimento Regional Sustentável do Xingu, acompanhou o cumprimento dessas ações (FAINGUELERNT, 2016).

Após comprovar o cumprimento das obrigações legais, foi concedida a licença de operação (LO nº 1317/2015) à UHE Belo Monte, em novembro de 2015 e ainda em vigência, viabilizando o início da geração comercial de energia (NORTE ENERGIA, 2021).

4.6. HISTÓRICO

Os estudos para o aproveitamento da Bacia do Xingu iniciaram em 1975 com os Estudos de Inventário Hidrelétrico, também denominado como “Estudos do Xingu”, realizados pelas Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte), e aprovados pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) em março de 1988. Nesses estudos foram identificados, inicialmente, 47 possíveis locais de barramento, onde 14 locais foram selecionados para estudos mais detalhados, devido ao seu maior potencial de geração de energia (ELETROBRAS, 2009).

Esses locais proporcionaram uma análise de diferentes alternativas para divisão de queda, onde foram selecionados oito locais que melhor atendiam aos critérios e diretrizes

daquela ocasião. Contudo, naquela época, os critérios socioambientais não eram considerados como uma premissa básica, ou seja, não eram importantes para a seleção de alternativas. Realizaram-se estudos preliminares, para as oito alternativas selecionadas, com direcionamento para as motorizações e os custos envolvidos, onde considerava-se as variáveis técnicas, socioeconômicas e físico-territoriais específicas para cada uma delas (ELETROBRAS, 2009).

Por fim, foram escolhidas duas opções de divisão de queda para um estudo final mais detalhado: a alternativa A, integrada pelos aproveitamentos de Kararaô, Babaquara, Iriri, Ipixuna, Kokraimoro e Jarina; e a alternativa B, integrada pelos aproveitamentos de Kararaô, Babaquara, Carajari, Iriri, Carajás, Kayapo e Gorotire (ELETROBRAS, 2009).

A Volta Grande do Xingu foi o local com maior destaque nos estudos realizados, já que abriga cerca de 70% do potencial para exploração hidroenergética da bacia. Portanto, a Eletronorte iniciou os Estudos de Viabilidade do Complexo de Altamira nessa região, em 1980, com base nos "Estudos do Xingu". Esse complexo era integrado pelos aproveitamentos de Altamira (ex Babaquara) e Belo Monte (ex Kararaô). Os estudos convergiram inicialmente no aproveitamento hidrelétrico (AHE) de Altamira, localizado no rio Xingu, devido ao fato desse aproveitamento possuir o reservatório regularizador das vazões do complexo. Contudo, novos estudos realizados pela Eletrobras, em 1986, indicaram a entrada em operação da UHE Belo Monte como a melhor opção para o SIN. Portanto, os trabalhos de viabilidade do complexo foram reorientados para o projeto do AHE Belo Monte (ELETROBRAS, 2009).

Com a nova orientação, os Estudos de Viabilidade concluíram por um aproveitamento de 11.000 MW, distribuídos em 20 unidades geradoras, a ser concluída em um prazo de 5 anos após o início da operação da primeira unidade. O arranjo previa uma barragem com vertedouro no rio Xingu, no sítio de Bela Vista, que desviaria as águas para um canal de adução natural até atingir novamente o rio no local da Usina Belo Monte. O reservatório, com área de 1.225 km², abrangia localidades na planície do rio Bacajá e da calha natural do rio Xingu, até a cidade de Altamira (ELETROBRAS, 2009).

Em 1989, a Eletronorte encaminhou o relatório final da primeira etapa dos Estudos de Viabilidade de Belo Monte ao DNAEE para aprovação e outorga. A proposta de represamento causou grande repercussão e ampla cobertura pelos meios de comunicação, além de provocar oposição de povos indígenas, ambientalistas e movimentos sociais (MORELLI, 2010).

Os estudos ambientais foram concluídos, porém não foram encaminhados ao órgão licenciador ambiental do Estado do Pará e, conseqüentemente, não foi possível dar andamento ao processo de obtenção da LP. Em 1994, foi criado o Grupo de Trabalho (GT) Belo Monte, formado pela Eletrobras, Eletronorte e DNAEE, com a finalidade de reavaliar a configuração

estabelecida no estudo de viabilidade, atualizar os estudos ambientais e visar um melhor relacionamento com a sociedade em busca de participação e apoio (ELETROBRAS, 2009).

O GT Belo Monte elaborou um relatório onde se desenvolveu um estudo preliminar sobre a proposição de modificação do arranjo anterior, apresentado nos estudos de viabilidade. Essa modificação consistia no deslocamento da barragem do Xingu na altura do sítio Bela Vista para montante, na altura da Ilha Pimental, preservando os locais da geração e a potência instalada. Para essa nova concepção, seria necessária a criação de dois canais de derivação que permitiriam reduzir a área do reservatório de 1.225 km² para 440 km² (Fig. 8), sem que houvesse alteração das características energéticas do empreendimento (ELETROBRAS, 2009).

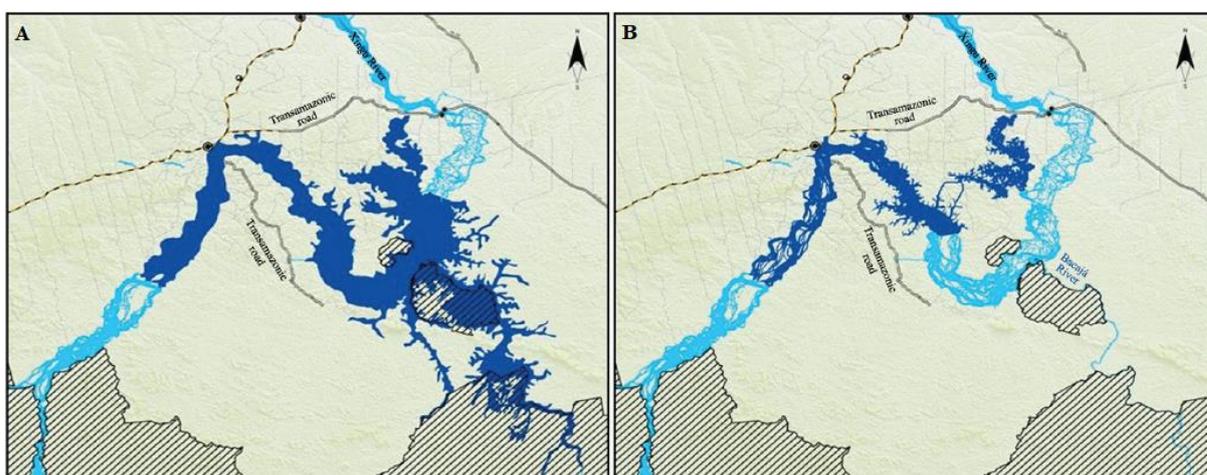


Figura 8. Arranjo Kararaô (A) x Arranjo atual da UHE Belo Monte (B).

Fonte: SARACURA, 2015.

Em 1998, a Eletrobras e a Eletronorte formularam um documento com a proposição de retomada dos estudos do AHE Belo Monte com a nova alternativa sugerida pelo GT Belo Monte. Simultaneamente, foram preparadas documentações necessárias para possibilitar a realização dos Estudos Ambientais (ELETROBRAS, 2009).

Em 2001, estabeleceu-se uma crise na oferta de eletricidade devido à insuficiência de água nos reservatórios da região Centro-Sul do país, afetando a oferta de energia elétrica em algumas regiões, em virtude da dificuldade de transmissão e das condições hidrológicas desfavoráveis das regiões Sudeste e Nordeste. Nesse cenário, Belo Monte se mostrou como uma alternativa para aumentar o suprimento de eletricidade do país, tornando-se prioridade do governo com o Programa de Aceleração do Crescimento (FAINGUELERNT, 2016).

Portanto, deu-se início à segunda etapa dos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte. Essa alternativa consistiu no deslocamento do barramento da calha principal do rio Xingu para 70 km a montante do eixo estabelecido na primeira etapa dos estudos, na introdução de uma

casa de força complementar, na implantação de um vertedouro complementar e na construção de canais de derivação (ELETROBRAS, 2009).

Nessa etapa, foram geradas informações e alternativas, com detalhadas avaliações técnicas, econômicas e construtivas, atestando a viabilidade do Complexo Hidrelétrico Belo Monte, confirmando a potência a instalar, o dimensionamento das novas estruturas, o uso múltiplo da água e os efeitos do reservatório e da derivação do rio sobre o meio ambiente, além dos benefícios e custos associados ao empreendimento (ELETROBRAS, 2009).

Contudo, o Ministério Público movimentou uma ação civil para suspender o EIA de Belo Monte. Essa solicitação questionou a obrigatoriedade de se consultar os indígenas afetados pelo empreendimento (Oitivas Indígenas) e de se obter autorização do Congresso Nacional. Os problemas apontados pela ação civil não foram apenas de ordem legal, já que o Ministério Público foi acionado diversas vezes por movimentos sociais (FAINGUELERNT, 2016).

Portanto, seria necessário definir uma partição de queda para o rio Xingu que levasse em consideração as questões socioambientais, ou seja, considerar as Unidades de Conservação (UCs) e as Terras Indígenas (TIs) como condicionantes ambientais, conforme orientação do Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas (ELETROBRAS, 2009).

Para tal, em 2005, foram executados os Estudos de Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Xingu. Esses estudos elaboraram um diagnóstico das reais possibilidades acerca do aproveitamento hidroenergético da Bacia do Xingu, ratificando a atratividade do sítio previsto para a implantação do AHE Belo Monte. Os estudos desenvolveram-se de acordo com premissas básicas que se preocupavam com as características específicas da bacia. Nesse cenário, duas restrições ficaram evidentes: a fisiografia dos terrenos e as características socioambientais, devido a integridade dos ecossistemas, da presença de TIs e UCs, nos quais os interesses não se compatibilizam com usos que provoquem perda de terrenos ou alterações significativas nos ecossistemas (ELETROBRAS, 2009).

Essas restrições nortearam as premissas básicas para o desenvolvimento dos estudos de atualização do inventário. Neste contexto, foram consideradas alternativas de divisão de queda com aproveitamentos operando a fio d'água, alternativas de divisão de queda que admitiriam inundações em alguma fração de TIs e alternativas de divisão de queda não admitindo nenhum tipo de inundação nessas áreas (ELETROBRAS, 2009).

Os estudos de atualização do inventário concluíram pela divisão de queda para o aproveitamento da bacia, de um único degrau localizado na Volta Grande do Xingu, mantendo todas as características estabelecidas nos Estudos de Viabilidade do AHE Belo Monte

concluídos em fevereiro de 2002. Esses estudos foram aprovados pela ANEEL, pelo Despacho nº 2.756, publicado em 28 de julho de 2008 no Diário Oficial da União (ELETROBRAS, 2009).

Contudo, em 2009, a Justiça Federal suspendeu novamente o licenciamento ambiental do AHE Belo Monte e determinou a realização de novas audiências públicas, com o intuito de que as populações atingidas pudessem ter voz ativa nesse processo. Em dezembro do mesmo ano, uma audiência pública sobre o EIA foi realizada, evidenciando mais uma vez o conflito entre populações indígenas e representantes do governo (FAINGUELERNT, 2016).

Ainda em 2009, a Eletrobras e o IBAMA protocolaram o Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da UHE Belo Monte. Um consórcio liderado pela Eletrobras elaborou o Relatório Complementar dos Estudos de Viabilidade, formando a base de dados técnicos para o leilão de concessão da ANEEL 006/2009. O leilão foi realizado em 2010 e a concessão foi ganha pela Norte Energia S.A. As obras da UHE Belo Monte tiveram início em 23 de junho de 2011 (NORTE ENERGIA, 2021).

Nos anos de 2012 e 2013, o principal canteiro de obras foi invadido por ativistas e grupos indígenas. Nessas manifestações, onze ativistas não indígenas foram acusados de crimes como vandalismo. Com base nestes incidentes, em 2013, a Norte Energia angariou uma ordem judicial que multaria as organizações Movimento Xingu Vivo para Sempre e o Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB). A instalação da usina prosseguiu em 2014 e 2015, com algumas interrupções causadas por distúrbios, greves e ordens judiciais (FEARNSIDE, 2018a).

Em setembro de 2015, o IBAMA emitiu um parecer listando uma série de condições pendentes que deveriam ser cumpridas para a emissão da licença de operação. Contudo, a LO foi emitida em 24 de novembro de 2015, apesar da maioria das condicionantes não ter sido cumprida. O enchimento do reservatório iniciou-se em dezembro de 2015 e, por fim, a UHE Belo Monte entrou em operação em abril de 2016 (FEARNSIDE, 2018a).

A implantação de um empreendimento dessa magnitude não causou impactos apenas na esfera ambiental, mas também nas esferas social e econômica. Desde o início de sua implantação até hoje, ocorreram significativas manifestações de movimentos sociais e de povos indígenas, houve também várias disputas no judiciário e as mudanças na economia e na política moldaram a trajetória do projeto, tornando assim, a usina com um processo conflitivo mais longo e emblemático da história recente do país. O empreendimento ganhou então uma grande notoriedade e tudo que o cerca sempre gera muita discussão.

A seguir, encontra-se um infográfico (Fig. 9) que tem por objetivo sintetizar a cronologia de instalação da usina hidrelétrica de Belo Monte.

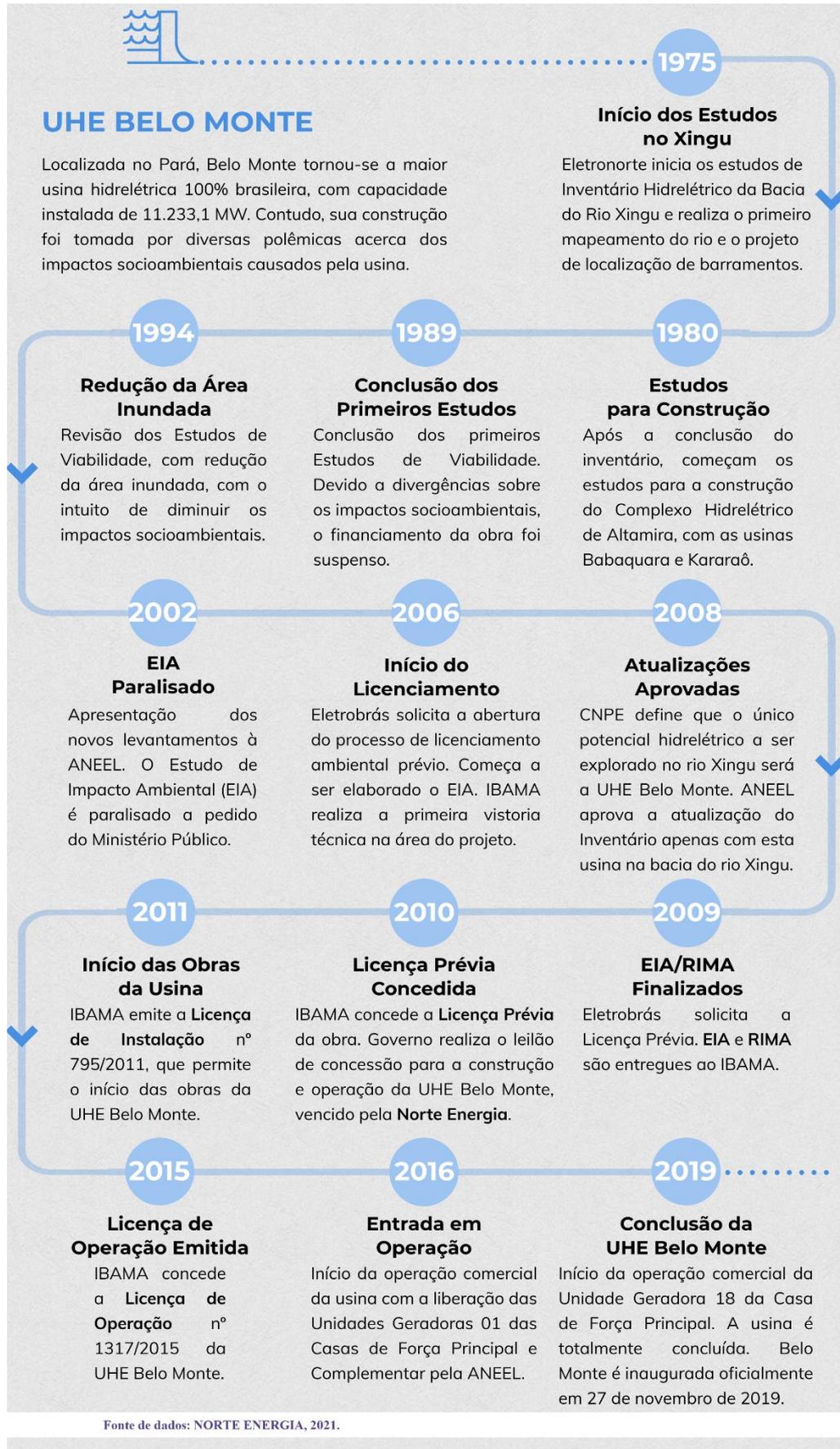


Figura 9. Histórico da UHE Belo Monte.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da NORTE ENERGIA, 2021.

5. ESTUDO DE CASO: A SUSTENTABILIDADE DE BELO MONTE

O uso de fontes de geração de energia possui aspectos econômicos, sociais e ambientais que provocam impactos para as populações, tornando os conflitos de interesses cada vez mais alvos de debates.

O Brasil detém aproximadamente 12% das reservas de água doce mundial, onde cerca de 80% estão localizadas na região Amazônica. Apesar da região ser abastada de recursos hídricos, a condição periférica é desprezada no tocante às políticas públicas de manutenção e preservação desse recurso, tanto no aspecto quantitativo quanto qualitativo (ISHIHARA, 2015).

Portanto, o Brasil possui sua geração elétrica pautada no potencial dos rios, consequentemente, os projetos hidrelétricos assumem uma significativa importância no atual cenário energético do país. Este potencial gera investimentos, empreendimentos, empregos e crescimento econômico.

As hidrelétricas, apesar de serem planejadas para o benefício direto da sociedade e vistas como uma fonte de energia “limpa”, causam impactos negativos ao meio ambiente e às populações próximas a sua instalação. Tais externalidades possuem diferentes magnitudes e abrangências, e ocorrem em todas as fases do empreendimento: planejamento, instalação, enchimento do reservatório, desativação do canteiro de obras e, por fim, a fase de operação (TÁVORA *et al*, 2017).

Dentre os impactos no âmbito socioeconômico têm-se: alagamento de áreas produtivas, perda de laços comunitários, separação de famílias e a inundação de locais sagrados para comunidades indígenas. No aspecto ambiental, há o alagamento de florestas e a extinção do *habitat* natural da fauna e flora locais (SILVA; HERREROS; BORGES, 2014).

Dentre os setores geradores de conflitos nas bacias do rio Amazonas, os aproveitamentos hidrelétricos são aqueles que possuem a maior parcela de contribuição em eventos conflituosos envolvendo os recursos hídricos (SILVEIRA *et al*, 2017). Nesta perspectiva, a Bacia do Xingu tornou-se cenário de múltiplos conflitos de interesses no que concerne à instalação da UHE Belo Monte.

Para que se possa analisar os impactos gerados por uma usina hidrelétrica, se faz necessário eleger indicadores socioambientais como uma ferramenta para corroborar decisões em direção ao desenvolvimento sustentável, de forma a melhorar a coleta de dados.

Para o presente estudo, foram selecionados indicadores de sustentabilidade, de acordo com as Notas Técnicas DEA 21/10 e DEA 17/12, a fim de mensurar a intensidade da interferência da UHE Belo Monte em sua região de implantação.

O Quadro 1 apresenta hierarquicamente os indicadores que foram levados em consideração neste estudo de caso, propostos pela metodologia da EPE, para mensurar a sustentabilidade das UHE Belo Monte.

Quadro 1. Indicadores de sustentabilidade.

Dimensão	Indicador	Caráter
Ambiental	Área alagada	(-)
	Modificação no regime hidrológico	(-)
	Perda de vegetação	(-)
	Interferência em Unidades de Conservação	(-)
Social	Interferência em Terras Indígenas	(-)
	População afetada pela barragem	(-)
	Pressão na infraestrutura	(-)
Econômica	Empregos gerados	(+)
	Incremento temporário na arrecadação municipal	(+)
	Incremento permanente na arrecadação municipal	(+)

Fonte: Autora, 2021.

5.1. ÁREA ALAGADA

A formação de um reservatório requer necessariamente a inundação de áreas do rio e de seu entorno. A extensão da área alagada por barragens varia conforme as características físicas do rio, ao regime de operação da usina e de outros elementos do projeto (EPE, 2010).

O principal impacto ambiental causado pela instalação de uma UHE é o alagamento de extensas áreas para a formação do reservatório. Tal inundação resulta na decomposição da vegetação inundada, na deterioração da qualidade da água, mudanças no ciclo hidrológico do rio, mudanças microclimáticas locais, perda da biodiversidade e na desapropriação de áreas urbanas e rurais (CUNHA e FERREIRA, 2012).

As hidrelétricas resultam em diversos tipos de externalidades sobre os povos tradicionais. A expulsão das comunidades das áreas inundadas implica uma quebra na base de sustentação e no modo de vida dessas comunidades. Mesmo se os locais de residência desses povos não são inundados diretamente, nota-se a perda das fontes de alimentos tanto no trecho inundado quanto nos trechos do rio abaixo e acima das barragens (FEARNSIDE, 2020).

Ademais, as modificações nos sistemas físico e biótico refletem nos aspectos social, econômico e cultural das regiões sujeitas aos efeitos da locação de barragens, onde as externalidades socioespaciais causadas por grandes alagamentos afetam áreas urbanas e propriedades rurais localizadas próximas ao reservatório; o que mantém, por consequência, um

status de perda permanente e a necessidade de políticas públicas eficientes para atuarem na redução do passivo gerado (FRANCO; SOUZA; LIMA, 2018).

Outro fator preocupante são as mudanças climáticas devido à emissão de metano nestes reservatórios, já que este é um gás de efeito estufa mais potente que o gás carbônico. O metano é formado pela matéria orgânica em decomposição, sem oxigênio, que se encontra no fundo do reservatório (FEARNSIDE, 2017).

Então, decorre da formação do reservatório a maior parte das alterações relacionadas aos meios físico e socioeconômico. Como impacto positivo, tem-se a geração de energia.

A instalação da usina hidrelétrica de Belo Monte teve início em 2011. A classificação de cobertura do solo resultante dos anos entre 2006 e 2017 (Fig. 10), demonstra o aumento da área inundada ao longo do canal em 2016 e 2017, período de término das obras da usina, e da redução de água a jusante (JIANG *et al*, 2018).

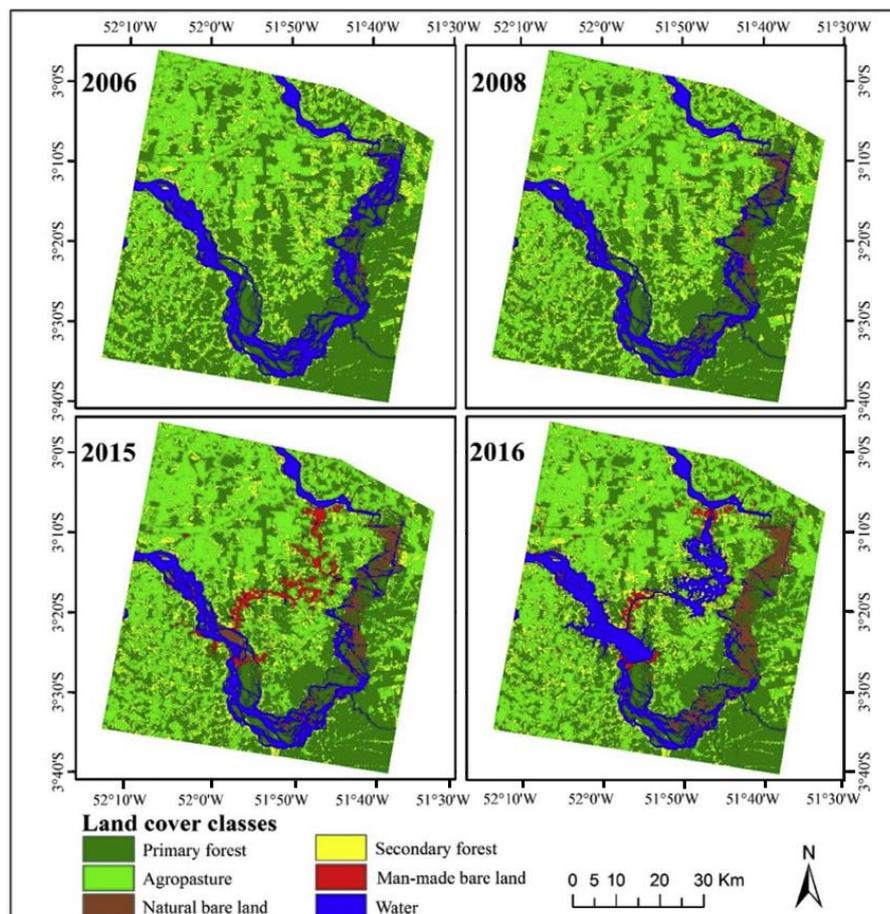


Figura 10. Cartograma da cobertura do solo na área da barragem de Belo Monte.

Fonte: JIANG *et al*, 2018 (adaptado).

Estudos mostram que a formação do reservatório aumentou a pressão hidrostática sobre as nascentes localizadas ao longo das margens do rio, o que levou a alterações na alimentação

natural e drenagem dos aquíferos, ao desmatamento e aumento da erosão nas margens dos rios, a eliminação do pulso de inundação, a mudanças na vazão do rio, alterações no ciclo hidrológico na Volta Grande do Xingu, a perda de *habitat* e biodiversidade, a perda de conectividade e rotas de migração, e a mudanças na qualidade da água (FRANCO; SOUZA; LIMA, 2018).

Para se mensurar o indicador área alagada (I_1), utilizou-se como parâmetro a razão entre a área atingida pelo reservatório, expressa em km^2 , e a potência instalada, em MW (EPE, 2010). Desta forma, pode-se relacionar as externalidades negativas decorrentes da formação do reservatório com o impacto positivo da geração de energia elétrica. Analiticamente, tem-se:

$$i_1 = \frac{\text{área do reservatório} \left[\frac{\text{km}^2}{\text{MW}} \right]}{\text{potência instalada}} \quad (1)$$

Para o caso da UHE Belo Monte, considerou-se uma área de reservatório equivalente a $550,33 \text{ km}^2$, tal valor foi adquirido por imagens do satélite landsat-8 (OLIVEIRA, 2017). De acordo com o EIA/RIMA de Belo Monte, a área total do reservatório estimada era de 516 km^2 , ou seja, uma diferença de $34,33 \text{ km}^2$ e a área alagada fornecida pela empresa Norte Energia é de 478 km^2 (NORTE ENERGIA, 2021), o que resulta em uma diferença de $72,33 \text{ km}^2$ para o valor encontrado. A UHE Belo Monte possui uma potência instalada de $11.233,1 \text{ MW}$ (ANEEL, 2021c). Portanto, para este empreendimento tem-se:

$$i_1 = \frac{550,33}{11.233,1} = 0,047 \text{ km}^2/\text{MW} \quad (1.1)$$

O valor encontrado foi classificado (Tab. 1) a partir do benefício da geração de energia face ao impacto do alagamento das áreas, levando em conta o valor médio das áreas inundadas por reservatórios de usinas hidrelétricas em operação no país (EPE, 2010).

Tabela 1. Classes do indicador de área alagada.

Grau de Sustentabilidade	Intervalos das Classes [km^2/MW]
Muito Alto	$i \leq 0,25$
Alto	$0,25 < i \leq 0,50$
Médio	$0,50 < i \leq 0,75$
Baixo	$0,75 < i \leq 1,0$
Muito Baixo	$i > 1,0$

Fonte: EPE, 2010.

Segundo o critério estabelecido pela EPE, a UHE Belo Monte apresenta um nível de sustentabilidade muito alto para o indicador de área alagada. Contudo, tal critério apenas

considera a extensão do reservatório e a potência instalada da usina, sem avaliar os tipos de impactos gerados para os povos tradicionais da região e a modificação no regime hidrológico do rio. Para uma melhor análise desses impactos, é necessário avaliar outros indicadores que serão demonstrados a seguir.

5.2. MODIFICAÇÃO NO REGIME HIDROLÓGICO

A saúde dos rios está diretamente ligada à conservação do regime natural de vazões e sua variabilidade sazonal e interanual. Os ecossistemas aquáticos, a vegetação ripária e a ciclagem de nutrientes dependem da previsibilidade e variabilidade dos eventos de cheia e estiagem naturais. Estes eventos são determinantes para o *habitat* em rios, afetando a distribuição e abundância de organismos aquáticos (SOUZA, 2009).

As barragens representam uma ameaça a biodiversidade aquática, seus impactos na dinâmica do rio promovem a homogeneização biótica, a invasão de espécies exóticas, aumentam o risco de extinção de espécies endêmicas e reduzem a velocidade do fluxo em função da formação do reservatório e do aumento da seção transversal. Tais alterações na dinâmica hidrológica implicam na perda de *habitats*, afetando a biota aquática (EPE, 2012).

O rio Xingu é o segundo maior tributário de águas claras da bacia Amazônica e possui uma complexidade fisiográfica e ecológica no trecho da Volta Grande. Suas águas banham uma heterogeneidade de *habitats*, além de apresentar diversos níveis de biodiversidade aquática e de endemismos. Neste trecho do rio, foram coletadas mais de 450 espécies de peixes de 48 famílias distintas, nas quais 63 espécies são endêmicas à Bacia do Xingu e 14 estão ameaçadas de extinção no Brasil (FITZGERALD *et al*, 2018).

A Volta Grande do Xingu engloba quatro municípios do estado do Pará: Altamira, Anapu, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu. Nesse trecho, vivem aproximadamente mil famílias ribeirinhas e indígenas em comunidades localizadas em sítios ou ilhas. A região comporta as TIs Paquiçamba e Arara da Volta Grande. Portanto, além da heterogeneidade de *habitats*, a região é morada de diferentes povos, majoritariamente pescadores que conhecem as características do rio e os hábitos de sua ictiofauna (ZUANON *et al*, 2019).

Nessa região, diversos *habitats* ficam isolados dos canais principais durante o período de seca, devido a morfologia fluvial e a dinâmica sazonal dos pulsos de inundação. Na cheia, quando há a expansão do rio, seu corpo se torna bem integrado com a homogeneização química da água, a submersão das corredeiras rochosas e a inundação da floresta aluvial. Tais características são imprescindíveis para produção biológica do ecossistema dessa área (ZUANON *et al*, 2019).

Em 2015, o rio Xingu foi definitivamente barrado e desviado na região da Volta Grande (Fig. 11), onde a vazão residual de água encontrada nesse trecho é controlada pela empresa Norte Energia. Portanto, a quantidade, velocidade e o nível da água na região não derivam mais do fluxo natural do rio, ou seja, dependem da operadora da usina (PEZZUTI *et al*, 2018).

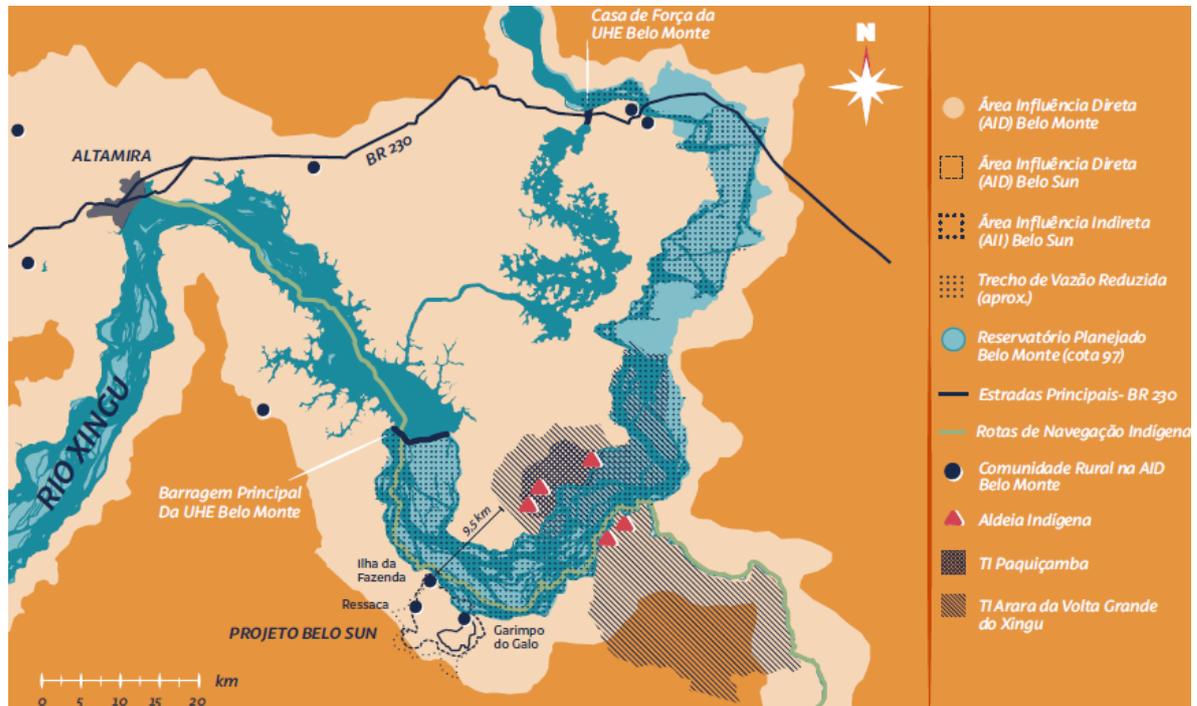


Figura 11. Configuração atual da Volta Grande do Xingu.

Fonte: PEZZUTI *et al*, 2018.

A construção da barragem influenciou a distribuição de água ao longo do rio. As áreas de água a montante e a jusante, antes e depois da instalação da usina, mudaram significativamente (Tab. 2). Antes da conclusão da barragem, em 2015, a área a montante correspondia entre 120 e 129 km²; muito menor que a área de 183 a 199 km² depois que a barragem foi finalizada. Por outro lado, a área de água a jusante era de 241 a 335 km² antes de 2015; mais alta do que a área de 186 a 193 km² ao fim das obras, em 2016 (JIANG *et al*, 2018).

Tabela 2. Resumo das áreas de água a montante e a jusante da barragem.

Áreas Totais de Água [km ²]						
Ano Localização	2006	2008	2011	2015	2016	2017
Montante	129,0	120,5	125,1	121,2	183,8	199,9
Jusante	335,3	257,1	291,0	241,3	193,3	186,5
Total	464,3	377,6	416,1	362,5	377,1	386,4

Fonte: JIANG *et al*, 2018 (adaptado).

Os resultados mostram que a construção da barragem resultou em um aumento considerável da água a montante e redução a jusante, o que interfere diretamente na dinâmica do relevo fluvial. Com o fechamento das comportas houve, conseqüentemente, a interrupção do fluxo do rio, onde cerca de 80% do volume de água foi desviado do leito natural para o reservatório, por meio de um canal artificial. Ao fim do lago, encontra-se a casa de força principal de Belo Monte e a partir desse ponto a água retorna para o rio (HARARI, 2016).

O volume de água desviado deixa de passar por, aproximadamente, 100 km da Volta Grande, nomeado de trecho de vazão reduzida (TVR), o que modifica o ciclo hidrológico da bacia e o equilíbrio da fauna e flora locais. A principal medida de mitigação, proposta pela Norte Energia, para os impactos negativos decorrentes da redução de vazão é chamada hidrograma de consenso (HC). Sua finalidade é reproduzir, artificialmente, o pulso sazonal de cheias e secas característico das vazões naturais do Xingu, ou seja, criou-se um esquema hidrológico que estipula as quantidades mínimas de água que precisam passar pela Volta Grande para que se garanta a sustentabilidade socioambiental da região (PEZZUTI *et al*, 2018).

Para se assegurar essa sustentabilidade é necessário preservar a navegabilidade do trecho, o alagamento anual das áreas de pedrais e o alagamento das planícies a cada dois anos. Portanto, o HC foi definido sobre três premissas: garantir a vazão mínima de 700 m³/s durante os meses de seca; a vazão de 4.000 m³/s durante a época de enchente; e a vazão de 8.000 m³/s durante os meses de cheia (PEZZUTI *et al*, 2018).

Contudo, o hidrograma de consenso é considerado insustentável, tendo em vista que o rio Xingu, no período chuvoso, possui uma média anual histórica na ordem de 20 mil m³/s de água passando em seu leito e a menor vazão de cheia registrada foi de 12.627 m³/s (HARARI, 2016). Portanto, não há garantias de que a fauna aquática e as florestas aluviais consigam resistir ao estresse hídrico.

Devido a drástica alteração do pulso de enchente, o nível de água não é suficiente para manter a nutrição das ilhas nem para que a fauna aquática tenha acesso às áreas inundáveis, o que afeta sua reprodução e, conseqüentemente, os modos de vida das populações dependentes do rio para sua subsistência, além de ocasionar graves complicações para a segurança alimentar e econômica dessas comunidades (HARARI, 2016).

A atividade pesqueira é uma fonte de subsistência e renda de extrema importância para as comunidades ribeirinhas e indígenas. A pesca praticada na região é feita de forma artesanal, desse modo, é imprescindível ter o conhecimento da topografia do fundo do rio, da localização de poços e pedrais, das correntezas, das áreas de alimentação e desova dos peixes, e de suas rotas migratórias (FRANCESCO e CARNEIRO, 2015).

Os principais impactos expostos pelos pescadores são a turbidez da água, o aterramento de praias e igarapés, a constante movimentação de embarcações e a extinção de locais de alimentação e reprodução da fauna. Tais externalidades ecoaram na supressão de áreas de pesca, no declínio da atividade produtiva e na interdição de trechos do rio para a navegação (FRANCESCO e CARNEIRO, 2015).

Estudos mostram que as alterações ambientais nas áreas de pesca, na reprodução da fauna aquática e no estoque de pescado ocasionaram um progressivo deslocamento da atividade pesqueira para áreas mais distantes de seus locais tradicionais. Tal deslocamento implica em maiores gastos financeiros, mais esforço de trabalho e na invasão de outros locais de pesca em TIs, UCs e áreas já utilizadas pelos residentes locais, o que gera conflitos entre indígenas, ribeirinhos e pescadores (MAGALHÃES; SILVA; VIDAL, 2016).

Além disso, a empresa Norte Energia estima que 22 toneladas de peixes morreram no processo de instalação da usina, entre 2011 e meados de 2016. A grande mortandade da fauna aquática possui uma estreita relação com a interrupção do fluxo migratório e a indisponibilidade de áreas para alimentação e desova (MAGALHÃES; SILVA; VIDAL, 2016). Tal impacto pode ter sido a causa da extinção de espécies da biodiversidade fluvial.

A abordagem de limites de sustentabilidade para determinar os fluxos ambientais pode ajudar a manter a dinâmica do fluxo no baixo Xingu. Determinar tais limites é um processo complexo, mas a redução de cerca de 80% do fluxo de água se mostra danosa para a manutenção da diversidade aquática e do ecossistema, além de comprometer a permanência dos povos indígenas e ribeirinhos na região (FITZGERALD *et al*, 2018).

Ademais, nos últimos anos, a geração de energia por meio das UHEs tem passado por uma crise, visto que, a cada ano, as usinas têm gerado energia muito abaixo da garantia física que lhes é atribuída, devido à forte estiagem dos rios brasileiros. De tal maneira, a crise hídrica alcança níveis alarmantes, visto que, além da probabilidade de racionamento na distribuição de energia e a perspectiva de redução no abastecimento de água, soma-se o aumento nacional no consumo de eletricidade, prejudicando toda a população (ARAÚJO, 2016).

O meio ambiente é uma fonte natural de bens coletivos, onde seu uso inadequado e individualista implica em sua extinção (HARDIN, 1968). Com a menor disponibilidade de água nos rios, há uma redução na produção de energia por meio das usinas hidrelétricas. Tal fato acarreta no acionamento das usinas termelétricas, o que causa um aumento do custo de geração. Esse problema afeta, principalmente, os consumidores finais desse insumo (FALCÃO *et al*, 2019).

Com o crescimento da população, aumenta-se o consumo de energia de forma significativa, conseqüentemente, cresce a construção de reservatórios formados por barragens, a exploração de aquíferos e o avanço do desabastecimento de água. Portanto, é possível afirmar que o país se encontra em um ciclo vicioso, onde o crescimento populacional demanda um maior consumo de energia, o que aumenta a instalação de usinas e, conseqüentemente, há um maior deterioramento da matéria-prima, a água (CIRILO, 2015).

O uso desregulado das fontes hídricas brasileiras vem se mostrando um problema crescente e com impacto negativo sobre a população, fato evidenciado pela extinção de espécies e as baixas vazões nos rios, o que afeta também a segurança energética do país. O aproveitamento dos rios para a geração de energia estimula a discussão a respeito da transformação e modernização das tradicionais estruturas de gestão dos recursos naturais, considerada primordial para se alcançar a sustentabilidade (FELIPE, 2020).

O problema da geração hidrelétrica está diretamente ligado à gestão de recursos naturais de uso comum (*commons*). Neste contexto, o que está em debate são duas formas de *commons*: os recursos hídricos e os serviços públicos (produção de energia). De acordo com a “Tragédia dos Comuns”, de Hardin, a problemática está na crescente demanda de energia (FELIPE, 2020). Na verdade, o problema está na exploração dos recursos naturais até sua finitude, prejudicando a vida humana no planeta Terra.

O objetivo do indicador modificação no regime hidrológico (I_2) é mensurar os impactos negativos nos ecossistemas em virtude da modificação na hidrodinâmica do escoamento após o barramento do rio e a formação do reservatório (EPE, 2012). Portanto, conclui-se que a UHE Belo Monte apresenta um nível de sustentabilidade muito baixo para tal indicador.

Desse modo, ampliam-se os debates, em diversas áreas científicas, acerca da importância da implementação de sistemas de gestão dos recursos hídricos, que visem além do crescimento econômico, mecanismos para moldar os impactos ambientais tendo em vista a melhoria da qualidade de vida da humanidade no presente e futuro do planeta (FELIPE, 2020).

5.3. PERDA DE VEGETAÇÃO

O desenvolvimento econômico e ocupação da região Amazônica conduz ao crescimento do desmatamento na Amazônia Legal. As questões mais urgentes em termos de conservação e uso dos recursos naturais dizem respeito ao dano em larga escala dos serviços ecossistêmicos da floresta frente ao desenvolvimento nessa região (SOUZA *et al*, 2019).

Nessa região, além da supressão vegetal relativa à retirada de madeira, mineração e produção pecuária, há um debate sobre a viabilidade e sustentabilidade socioambiental de empreendimentos hidrelétricos, como a UHE Belo Monte, localizada na Bacia Hidrográfica do Xingu (FREIRE; LIMA; SILVA, 2018)

Para se construir uma barragem de grande porte, uma extensa área precisa ser inundada a fim de criar o reservatório, o que resulta em um desmatamento no local, que por sua vez estimula o desmatamento das áreas vizinhas. Tal ação esgota os solos de minerais essenciais e os expõe a uma acelerada degradação (BRO; MORAN; CALVI, 2018). As transformações na paisagem e o crescimento da pressão sobre os recursos florestais são notáveis.

O indicador perda de vegetação indica os impactos negativos resultantes da supressão e inundação das formações vegetais localizadas na área onde será formado o reservatório. As principais implicações desse impacto na vegetação estão atreladas à perda de *habitat* nativo. A perda resulta na redução de nichos, devido à diminuição dos recursos alimentares e as áreas que servem como abrigo e locais de reprodução para a fauna terrestre. A biota aquática também é acometida pela alteração da vegetação marginal (EPE, 2012).

Quando somadas, a supressão e fragmentação de *habitat* nativo alteram a dinâmica da paisagem. Os fragmentos são expostos a distúrbios que afetam de forma significativa suas condições físicas e biológicas originais. Outro efeito da fragmentação é a redução dos fluxos biológicos entre fragmentos, afetando a integridade das populações. Tais mudanças resultam na simplificação dos sistemas ecológicos. Portanto, todos esses efeitos acabam com a perda da biodiversidade por meio da perda de espécies da fauna e flora, principalmente daquelas mais sensíveis às alterações do meio (EPE, 2012).

Outro impacto gerado pela submersão prolongada de áreas vegetadas foi o aumento cumulativo da quantidade de material orgânico em decomposição, que reduz significativamente o teor de oxigênio dissolvido e aumenta a temperatura da água, sobretudo nas áreas de remanso próximas às margens do reservatório. (MAGALHÃES e CUNHA, 2017)

A implantação de Belo Monte foi responsável pela supressão vegetal de extensas áreas, acarretando em altos índices de desmatamento, perda de *habitat* e perda de espécies da fauna e flora. Ademais, o projeto foi responsável por impulsionar a exploração ilegal de madeira, contribuindo para as altas taxas de desflorestamento (GREENPEACE, 2016).

A instalação da usina impulsionou a ocupação desordenada do solo, com construção de edificações, pavimentação de ruas e ofertas de novos lotes imobiliários; devido aos imigrantes atraídos para a área. Desse modo, houve o crescimento, desde o início das obras, em 2011, da supressão da cobertura vegetal e a impermeabilização do solo (SOUZA *et al*, 2019).

Portanto, o desmatamento além de afetar a questão ambiental, também interfere nas esferas social e econômica, fato que gera impactos negativos.

O indicador perda de vegetação (I_3) objetiva avaliar os impactos negativos provenientes da inundação de formações vegetais devido a instalação da UHE Belo Monte. Para quantificar esse indicador, considerou-se a soma das áreas de formações vegetais primárias e secundárias atingidas pela usina, em km², seja na formação do reservatório, na instalação de benfeitorias e outras ações que visam a implantação e operação do empreendimento (EPE, 2010).

Comparando os cartogramas de uso e ocupação do solo (Fig. 12) do início e fim das obras da UHE Belo Monte (2011 e 2016), é notório a maior porcentagem das áreas de água e solo exposto em relação a área total, o que indica um decréscimo da área de vegetação (JUNIOR; OLIVEIRA; ANTUNES, 2017).

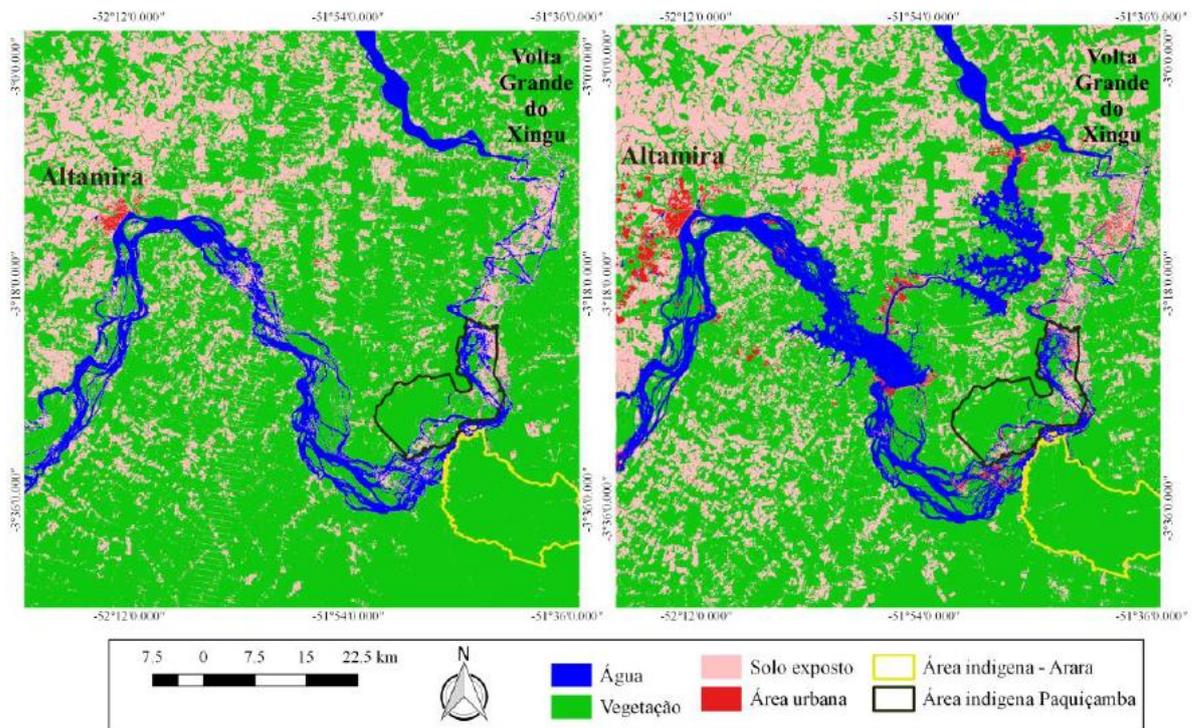


Figura 12. Uso e ocupação do solo da AID 2011 x 2016.

Fonte: JUNIOR; OLIVEIRA; ANTUNES, 2017.

Estudos apontam uma supressão de vegetação de cerca de 515,3 km² (Tab. 3), ao final da instalação da usina (2016), ou seja, aproximadamente 51.530 ha de floresta nativa foram retirados para a implantação de todo sistema e infraestrutura do projeto: barragens, vertedouros, canais, reservatório, casa de força e outros (COSTA *et al*, 2019).

Tabela 3. Evolução da área desflorestada pela implantação da UHE Belo Monte.

Ano	Área Desflorestada [km^2]
2012	63,2
2013	127,8
2014	292,3
2015	384,9
2016	515,3

Fonte: COSTA *et al*, 2019.

O valor encontrado foi classificado (Tab. 4), de acordo com as premissas da EPE, em função da área mínima necessária para manutenção de uma população viável de mamíferos terrestres de médio e grande porte (EPE, 2010).

Tabela 4. Classes do indicador de perda de vegetação.

Grau de Sustentabilidade	Intervalos das Classes [km^2]
Muito Alto	$i \leq 5$
Alto	$5 < i \leq 25$
Médio	$25 < i \leq 100$
Baixo	$100 < i \leq 400$
Muito Baixo	$i > 400$

Fonte: EPE, 2010.

Portanto, a UHE Belo Monte apresenta um nível de sustentabilidade muito baixo para o indicador perda de vegetação, segundo o critério estabelecido pela EPE.

5.4. INTERFERÊNCIA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

No Brasil, há a institucionalização de territórios voltados à preservação e conservação. Dentre esses territórios, destacam-se as UCs (COSTA; PIMENTEL; CAVALCANTE, 2020). A interferência em unidades de conservação é definida como os danos diretos e indiretos gerados por ações antrópicas nessas áreas protegidas.

A Lei n° 9.985, de 18 de julho de 2000, define Unidade de Conservação como:

Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes; com o objetivo de conservação e limites definidos ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. Portanto, a função das unidades de conservação é a manutenção de áreas naturais da forma mais inalterada possível, com o objetivo de refugiar espécies que não sobreviveriam em ambientes manejados sob usos inadequados à conservação e proteção.

Esta lei instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e estabeleceu que as UCs são classificadas em dois grupos: áreas de proteção integral e áreas de uso sustentável. O primeiro corresponde às áreas designadas à preservação, onde não se admite a permanência de populações sobre os limites internos deste grupo de unidades. Já o segundo grupo se refere às áreas de conservação onde há a autorização de moradia para populações tradicionais, assim como o uso sustentável dos recursos naturais.

Qualquer unidade de conservação deve dispor de um plano de manejo que obrigatoriamente engloba, além de sua área, a respectiva zona de amortecimento (entorno de uma UC); sendo proibidas alterações, atividades ou modalidades de utilização que estejam em desacordo com seus objetivos, plano de manejo e regulamentos (EPE, 2012).

A Amazônia brasileira é relevante mundialmente, devido a sua abundância em recursos hídricos. Seu bioma abriga mais de 2.500 espécies de árvores e 30 mil de plantas. Dessa maneira, sua proteção e conservação são de extrema importância, principalmente por meio de unidades de conservação (COSTA; PIMENTEL; CAVALCANTE, 2020).

Na Amazônia, a criação de UCs tem se expandido nas últimas décadas, ao todo são 329 territórios destinados à conservação e preservação, sendo 145 federais e 184 estaduais. Tais territórios estão divididos em dois grupos, os de proteção integral (117 unidades) e os de uso sustentável (212 unidades), o que forma uma extensa área de proteção ambiental (ISA, 2021b).

O estado do Pará possui 66 unidades de conservação, sendo 18 localizadas na Bacia do Xingu (Tab. 5). Dentre elas, 10 são de uso sustentável e 8 de proteção integral (ISA, 2021a).

Tabela 5. UCs da Bacia Hidrográfica do Xingu.

Estadual			Federal		
Tipo de UC	Quantidade	Área [km ²]	Tipo de UC	Quantidade	Área [km ²]
Uso Sustentável	2	4.639,94	Uso Sustentável	8	33.914,72
Proteção Integral	4	2.074,81	Proteção Integral	4	41.419,28

Fonte: ISA, 2021a (adaptado).

Embora os números de UCs tenham aumentado nessa região, constata-se que tais áreas continuam sofrendo ameaças à sua proteção e conservação de seus recursos naturais e hídricos. Tal fato se deve, especialmente, à instalação de UHEs e às alterações sobre os limites dessas UCs, comprometendo sua biodiversidade (COSTA; PIMENTEL; CAVALCANTE, 2020). Portanto, a interferência de uma usina hidrelétrica em uma unidade de conservação pode constituir um impacto relevante, de acordo com o tipo de UC afetada e da distância entre ambos.

A redução de áreas protegidas modifica os fluxos ecológicos, provocando impactos às populações tradicionais que nelas vivem. Visto que, para essas populações, o rio significa transporte, local de pesca e o local para cultivar alimentos (CAVALCANTE *et al*, 2021).

Outros impactos provocados pela perda de UCs são o desequilíbrio social com custo econômico negativo, segurança alimentar reduzida, maior diversidade de doenças, clima imprevisível e perda de subsistência de populações locais. Portanto, preservar tais áreas é fundamental, não apenas pelos serviços ambientais prestados, mas também para manter o modo de vida das populações tradicionais (CAVALCANTE *et al*, 2021).

O objetivo do indicador interferência em UC (I_4) é avaliar a interferência de Belo Monte em unidades de conservação. Para tal, considerou-se o tipo de UC afetada e a proximidade da usina em relação à unidade, admitindo-se a distância de até 10 km, o que caracteriza as zonas de amortecimento, como parâmetro indicador dessa proximidade (EPE, 2012). De forma prática, a utilização de SIG permitiu adquirir essas informações com boa precisão (Fig. 13).

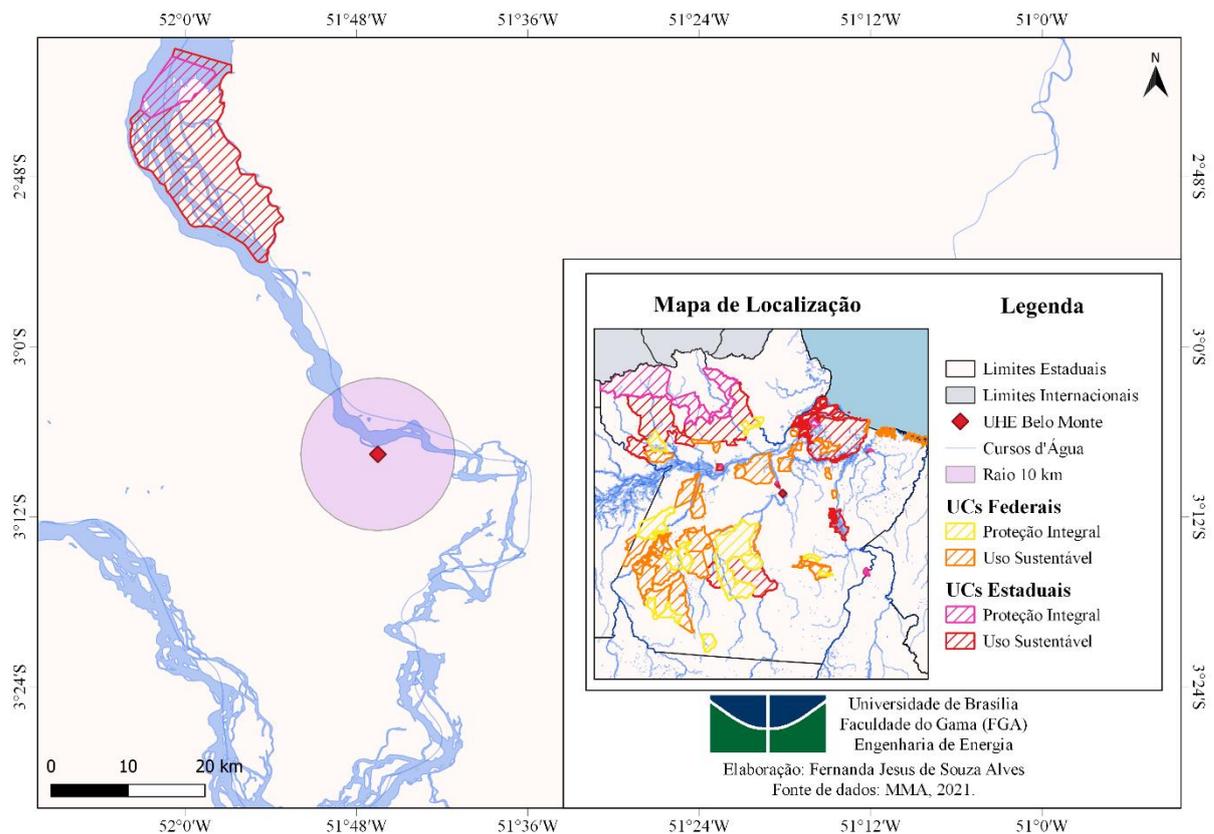


Figura 13. Interferência da UHE Belo Monte em Unidades de Conservação.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados do MMA, 2021.

Os dados encontrados foram classificados (Quadro 2), segundo os critérios da EPE, em função do tipo de UC afetada e da distância entre a unidade e a UHE Belo Monte.

Quadro 2. Classes do indicador de interferência em UC.

Grau de Sustentabilidade	Intervalos das Classes
Muito Alta	UHE não interfere em UC (distância superior a 10 km)
Alta	UHE localizada até 10 km de UC de uso sustentável
Média	UHE localizada até 10 km de UC de proteção integral
Baixa	UHE afeta UC de uso sustentável
Muito Baixa	UHE afeta UC de proteção integral

Fonte: EPE, 2010.

Por meio do cartograma de unidades de conservação, observou-se que nenhuma UC se encontra em área direta à parte alagada pelo empreendimento. Neste contexto, a UHE Belo Monte apresenta um nível de sustentabilidade muito alto para o indicador interferência em UC.

Contudo, a UHE Belo Monte trouxe impactos significativos para as populações ribeirinhas que se encontram nas unidades de conservação localizadas na Terra do Meio, área entre os rios Xingu e Iriri, onde se encontram as Reservas Extrativistas do Iriri, do Xingu e do Riozinho do Anfrísio. Estudos apontam o aumento da pressão dos recursos naturais nessas áreas, como o aumento da exploração ilegal de madeira; a diminuição da quantidade de peixes capturados; e o aumento da invasão nas áreas de pesca por outros pescadores. Tais impactos modificaram, de forma relevante, o modo de vida dessas populações (POSTIGO e REIS, 2015). Portanto, os critérios estabelecidos pela EPE para tal indicador se mostram limitados.

5.5. INTERFERÊNCIA EM TERRAS INDÍGENAS

A interferência em TIs é definida como o dano direto e indireto causados por ações antrópicas nesses territórios. A Constituição Federal apresenta, no artigo 231, o conceito de terras indígenas, definidas como:

Terras tradicionalmente ocupadas pelos índios, por eles habitadas em caráter permanente, utilizadas para suas atividades produtivas, imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e necessárias a sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições. As terras tradicionalmente ocupadas pelos índios destinam-se a sua posse permanente, cabendo-lhes o usufruto exclusivo das riquezas do solo, dos rios e dos lagos nelas existentes.

As TIs são o suporte do modo de vida dos 256 povos indígenas que habitam, atualmente, o Brasil. Compete à União demarcar as terras indígenas, protegê-las e fazer respeitar todos os seus bens (ISA, 2021b). A regularização e proteção das TIs atendem à determinação constitucional de garantir a posse plena dos indígenas nestas áreas e trazem proventos ao

promover o respeito às diferenças culturais, a preservação da biodiversidade e a manutenção dos serviços ambientais. Estudos constatam a efetividade na conservação dos recursos naturais proporcionada pelas TIs e indicam que o desmatamento dentro dessas áreas é menor do que em territórios adjacentes, inclusive inferior ao das UCs (MONZONI e PINTO, 2015a).

As terras indígenas em conjunto com as unidades de conservação têm a função de compor as áreas protegidas, o que resulta em uma estratégia para proteção dos recursos hídricos e manutenção de sua vazão. Contudo, tais áreas sofrem ameaças à sua proteção e conservação devido, principalmente, à instalação de usinas hidrelétricas (MONZONI e PINTO, 2015a).

Portanto, é indispensável uma base de referência para que se possa identificar e prever as externalidades quando se realizam os estudos ambientais, situando-se a incidência temporal, com a distinção dos impactos resultantes da instalação e operação de uma UHE. Assim, a delimitação dos impactos possibilita que as diferentes populações que habitam as regiões próximas ao empreendimento sejam menos afetadas por ele (SILVEIRA *et al.*, 2018).

A Bacia do Xingu, onde está Belo Monte, possui 58% de sua área formada por terras indígenas e UCs. Tal região comporta 32 TIs que abrigam mais de 12 mil habitantes. Vale ressaltar que grande parte do rio Xingu atravessam áreas protegidas (GONÇALVES, 2019).

A interferência da construção de uma UHE em uma terra indígena pode ser direta, onde parcela da TI é afetada pela usina, ou indireta quando nenhuma parte da TI sofre danos diretos, mas os efeitos da implantação do empreendimento poderão ser sentidos nessa área (EPE, 2012).

Segundo o EIA, o projeto de Belo Monte impactaria diretamente três TIs e, indiretamente, outras sete (Tab. 6), afetando cerca de 2.200 habitantes (ELETROBRAS, 2009).

Tabela 6. Terras Indígenas e população diretamente e indiretamente afetadas.

Terras Indígenas	Impacto	Área [km²]	População
Paquiçamba	Direto	157,33	81
Arara da Volta Grande	Direto	255,24	107
Área Indígena Juruna do km 17	Direto	20	38
Trincheira do Bacajá	Indireto	16.509,39	673
Koatinemo	Indireto	3.878,34	144
Arara	Indireto	2.740,10	236
Kararaô	Indireto	3.308,38	39
Cachoeira Seca	Indireto	7.336,88	81
Araweté	Indireto	9.409,01	398
Apyterewa	Indireto	7.734,70	411
Total	-	51.349,37	2.208

Fonte: GONÇALVES, 2019 (adaptado).

Para se gerar energia, a hidrelétrica Belo Monte depende da vazão hídrica do Xingu e de seus afluentes. Portanto, as Terras Indígenas e Unidades de Conservação tornam-se imprescindíveis para se manter o equilíbrio e serviço ambiental. Neste sentido, a proteção desses territórios e os instrumentos para sua concretização devem ser implementados e mantidos sob a responsabilidade do empreendedor e do Estado, dentro de uma estratégia de manutenção da estabilidade hídrica na região, relevante para a sociedade e para o empreendimento (MONZONI e PINTO, 2015a).

Os povos indígenas são uma das comunidades mais sensíveis que foram atingidas pela instalação da usina e, assim, a inserção de todos os aspectos referentes a eles são relevantes. Logo, todos os impactos que recaem sobre essa população e seus aspectos sociais devem ser considerados significativos. Para eles, as TIs representam subsistência, suporte da vida social e estão diretamente ligadas ao sistema de crenças e conhecimento (CABALLERO, 2016).

O indicador interferência em TI (I_5) tem o objetivo de avaliar as interferências decorrentes da implantação da UHE Belo Monte sobre essas áreas. Para tal avaliação, considerou-se o tipo de interferência desse empreendimento e sua distância das TIs (Fig. 14).

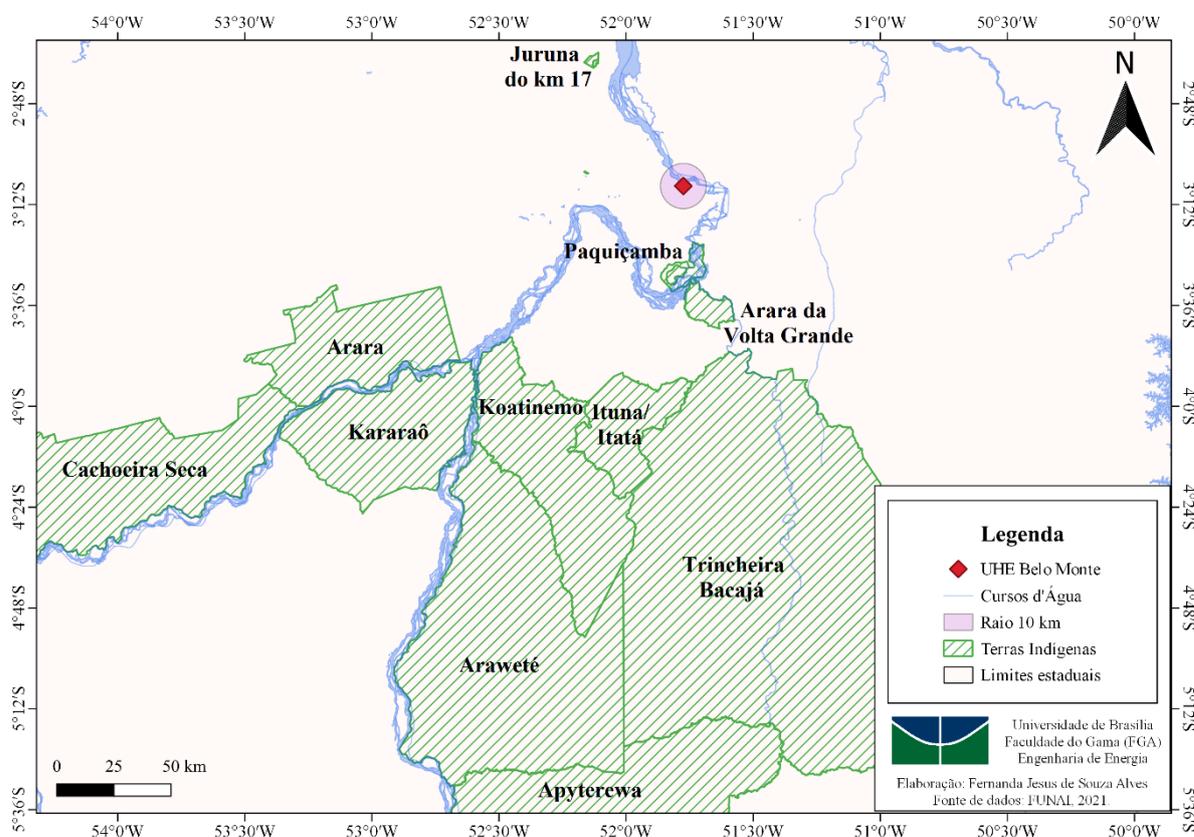


Figura 14. Cartograma de localização das Terras Indígenas próximas a UHE Belo Monte.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da FUNAI, 2021.

Como observado no cartograma acima, nenhuma TI é afetada diretamente pela área alagada da usina, em termos de inundação, contudo duas estão situadas no TVR (Paquiçamba e Arara da Volta Grande), sofrendo com a baixa de água. Tal fato, modifica o modo de vida das comunidades dessa região, a navegação e a manutenção dos laços familiares, comerciais e políticos.

Pode-se observar, também, o crescimento demográfico e a ocupação de áreas próximas às TIs, assim como o aumento do contato entre indígenas e não indígenas, o que provoca uma maior incidência de doenças infectocontagiosas. São elencados ainda impactos culturais como prostituição, abuso de álcool e entorpecentes. Fatores ambientais são igualmente identificados, como riscos para a qualidade da água na Volta Grande e a redução dos estoques de caça e pesca, transformando o padrão alimentar dos povos tradicionais (MONZONI *et al*, 2016).

Diante do exposto, o indicador interferência em TI foi qualificado de acordo com o tipo de interferência causado pela UHE Belo Monte nessas áreas e a distância do empreendimento (Quadro 3).

Quadro 3. Classes do indicador de interferência em TI.

Grau de Sustentabilidade	Intervalos das Classes
Muito Alta	Não afeta TI (distância superior a 10 km)
Alta	Afeta indiretamente TI e se situa a 10 km ou mais da mesma
Média	Afeta indiretamente TI e se situa a menos de 10 km da mesma
Baixa	Afeta diretamente e a área atingida é igual ou inferior a 20% da área total da TI afetada
Muito Baixa	Afeta diretamente a aldeia ou área atingida é superior a 20% da área total da TI afetada

Fonte: EPE, 2010.

Portanto, de acordo com os parâmetros estabelecidos pela EPE, Belo Monte apresenta um nível de sustentabilidade alto para o indicador apresentado, já que o empreendimento se encontra a mais de 10 km de qualquer terra indígena.

5.6. POPULAÇÃO AFETADA PELA BARRAGEM

As transformações no território devido a instalação de um empreendimento hidrelétrico são complexas, no entanto previsíveis. Os impactos negativos sobre as famílias que moram em áreas direta e indiretamente afetadas, especialmente quanto a remoção compulsória, é rotineiro e sempre deixa vestígios (MONZONI e PINTO, 2015b).

A instalação de usinas hidrelétricas implica impreterivelmente na expulsão da população residente da área que será ocupada pelo empreendimento, por sua infraestrutura operacional e seu reservatório. Contudo, essa área faz parte da história, memória e vida de diversas famílias que se identificam com o ambiente (MAGALHÃES e SANZ, 2015).

O impacto de UHEs nas populações urbana e rural pode ser associado às modificações nas relações de vizinhança e nos modos de vida da população afetada, de acordo com as desapropriações e realocações que a implantação da usina impõe. Tal processo interfere nas relações de dependência com o território e usos dos recursos, assim como na situação de vulnerabilidade social de grupos sociais específicos como populações tradicionais, agricultores familiares, ribeirinhos, extrativistas, quilombolas, entre outros (EPE, 2012).

Além das perdas materiais ocasionadas pela inundação do território, o deslocamento compulsório gera perdas subjetivas decorrentes da separação repentina da terra e dos bens. Portanto, a população afetada sofre perdas profundas provenientes da desestruturação do seu modo de vida, sem que haja possibilidade de reparação (MAGALHÃES e SANZ, 2015).

A literatura apresenta conceitos sobre a população atingida por hidrelétricas. O conceito de atingido não retrata apenas as dimensões econômicas e financeiras, mas também caracteriza a legitimidade da propriedade e a detenção de direitos. Neste sentido, há duas concepções a serem adotadas: a territorial-patrimonialista e a hídrica. A primeira não discerne os impactos e nem o direito dos atingidos, a desapropriação é considerada um direito por utilidade pública. A segunda reconhece os atingidos e inundados. Contudo, mesmo realizando essa identificação, o atingido é entendido como inundado e como deslocado compulsório devido a instalação da usina. Assim, o atingido é aquele que sofre os efeitos, sejam eles econômicos ou simbólicos, e tem o seu modo de vida modificado em decorrência da implantação do projeto hidrelétrico, seja antes, durante ou depois de sua instalação (CRUZ e SILVA, 2010).

Contudo, tais populações entendem o território como patrimônio, o que conflitua com a concepção dos projetos hidrelétricos, que são geralmente concebidos no âmbito de políticas desenvolvimentistas voltadas para o crescimento econômico, gerando conflitos sociais, o que pode acarretar em tensões, disputas e reações extremas por parte de movimentos sociais e mobilizações locais (FRANCO, SOUZA e LIMA, 2018)

No caso da usina, os povos residentes na área diretamente afetada tiveram três opções de indenização: dinheiro, carta de crédito ou reassentamento. Houve uma preferência na escolha por indenização em dinheiro, seguida pela realocação assistida e reassentamentos. De modo geral, os programas de reassentamentos, por anteverem instalações físicas, apoio técnico e financeiro as famílias, implicam maior comprometimento do empreendedor do que as outras

formas de realocação. A indenização em dinheiro tende a vulnerabilizar às famílias que se deslocam para regiões distantes dos centros urbanos, onde há menor influência da especulação fundiária no preço dos imóveis (CHAVES, MONZONI e ARTUSO, 2019).

Para as famílias impactadas, foram criados novos loteamentos urbanos no entorno do centro da cidade (Fig. 15), providos de infraestrutura urbana básica: rede de abastecimento, sistema de tratamento de água, rede de esgoto, energia e pavimentação asfáltica. Ao todo são 4.100 lotes divididos em cinco loteamentos planejados, denominados Reassentamentos Urbanos Coletivos (RUCs): Jatobá (1.286), São Joaquim (1.041), Casa Nova (453), Água Azul (775) e Laranjeiras (545) (SILVEIRA *et al*, 2018).

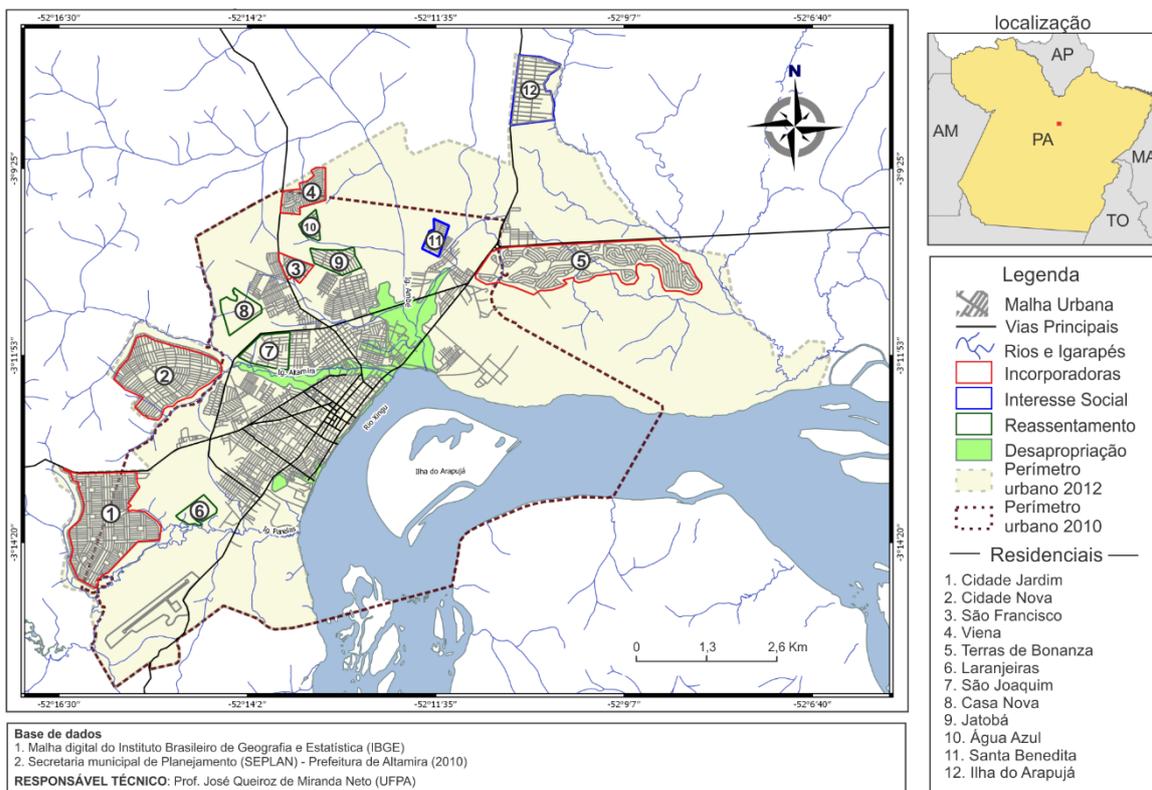


Figura 15. Loteamentos em Altamira.

Fonte: LEPURB, 2016.

Nos RUCs, os lotes possuem 300 m², com uma casa de 63 m². Em sua maioria, essas casas não comportam a acomodação de todos os membros da família, além de serem um tipo de edificação completamente diferente das moradias tradicionais dos beiradeiros. Os lotes são pequenos e distantes do rio, não há espaço para roças e para a guarda dos materiais de pesca. Ademais, o loteamento não possui atendimento de transporte público, causando um maior custo de deslocamento. Portanto, as famílias não possuem mais um local de guarida e de acesso ao rio em suas próprias moradias (FRANCESCO e CARNEIRO, 2015).

Contudo, a preocupação da Norte Energia era construir as casas para realizar o reassentamento, mas como as famílias se mantiveram não fazia parte do processo. Os atingidos possuem uma nova casa, supostamente com boa estrutura de energia elétrica e saneamento básico, porém suas rendas permaneceram as mesmas ou reduziram devido aos novos custos. Por essa razão, iniciou-se um processo de vendas das residências (SOUSA e NETO, 2019).

As opções de reassentamento disponibilizadas se mostraram inadequadas para assegurar a continuidade e melhora do modo de vida dos beiradeiros (Fig. 16). Portanto, esse processo foi acompanhado de debates sobre a adequação desses espaços, gerando conflitos entre a concessionária e movimentos sociais. Além de que todo o processo de remoção dessas famílias foi realizado com pouco ou nenhum controle do Estado (SILVEIRA *et al.*, 2018).

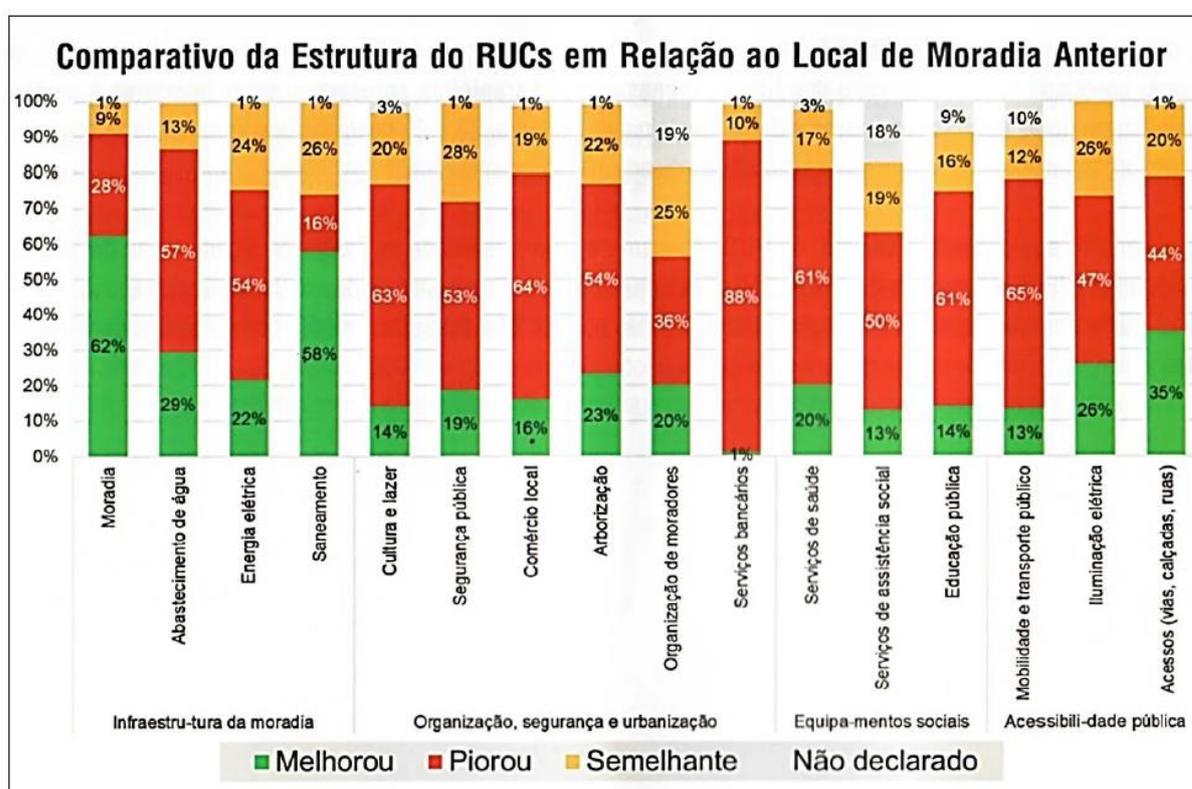


Figura 16. Pesquisa sobre a satisfação com o RUC x local anterior de moradia.

Fonte: SOUSA e NETO, 2019.

A alternativa de indenizações em dinheiro foi designada para 75% da população diretamente atingida. Contudo, a opção é considerada a menos adequada, tal desaprovação se deve à lógica patrimonialista do cálculo das indenizações. Por ser domínio da União, a terra crua não foi indenizada, apesar da maioria dos moradores terem o termo de autorização de uso sustentável (FRANCESCO e CARNEIRO, 2015).

As cartas de crédito consistiam na aquisição de uma propriedade urbana, no valor de R\$ 131.902,97, a ser indicada pelo morador atingido, desde que fosse aprovada pela Norte Energia. Contudo, essa alternativa não possibilitou a compra de terrenos adjacentes ao rio, tanto pelo valor oferecido como pela exigência da titulação da terra. Dessa forma, muitas famílias tiveram que se distanciar da sua região de origem para adquirir os novos imóveis. A busca por terrenos mais baratos em outras regiões ocasionou a dispersão das famílias atingidas (MONZONI e PINTO, 2015b).

As inadequações na conduta do processo de deslocamento compulsório da população datam do início do processo, onde diversas famílias ficaram fora do cadastro. Em alguns casos, famílias com diversos núcleos foram cadastradas como uma única família, sendo-lhe destinada uma casa projetada nos parâmetros de uma família nuclear urbana. Além disso, as categorias utilizadas no cadastramento não retratam a realidade local, resultando em mecanismos de reparação inapropriados (FRANCESCO e CARNEIRO, 2015).

Outro problema foi evidenciado quando as famílias tiveram que optar entre uma propriedade urbana ou rural, fato totalmente alheio à realidade local, onde os povos tradicionais passam parte do tempo na cidade e outra parte nas ilhas, dinâmica conhecida como dupla moradia. Ao terem que optar por apenas uma moradia, essas famílias têm o seu direito à manutenção do seu modo de vida constrangido e desconfigura a maneira como se dá a organização social dessa população (FRANCESCO e CARNEIRO, 2015).

Embora, em geral, as famílias possuam duas moradias, há uma unanimidade em considerar a casa ribeirinha como a moradia mais importante, onde passavam a maior parte do tempo. A casa da cidade apenas constituía um ponto de apoio em situações de saúde, educação, comércio e outros serviços. Essa forma de habitação é considerada como estruturante do modo de vida dos beiradeiros do rio Xingu (SILVA e LUCAS, 2019).

Portanto, nota-se que a relação entre Belo Monte e a dinâmica socioespacial é complexa e requer maiores estudos com o intuito de abranger diferentes aspectos. O indicador população afetada (I_6) possui o objetivo de mensurar o contingente populacional diretamente afetado com a implantação da UHE Belo Monte que foi reassentado em áreas urbanas e rurais.

Paro o caso de Belo Monte, constatou-se um deslocamento de 25.000 pessoas na área urbana (5.141 famílias) e 18.000 ribeirinhos (3.568 famílias), totalizando um contingente de 43.000 pessoas (FEARNSIDE, 2018b). Para a classificação do indicador população afetada (Tab. 7) foi adotado como base UHEs em operação, em processo de instalação e com registro de viabilidade na ANEEL (EPE, 2012).

Tabela 7. Classes do indicador de população afetada.

Grau de Sustentabilidade	Intervalos das Classes [número de pessoas]
Muito Alto	$i \leq 5.000$
Alto	$5.000 < i \leq 10.000$
Médio	$10.000 < i \leq 15.000$
Baixo	$15.000 < i \leq 20.000$
Muito Baixo	$i > 20.000$

Fonte: EPE, 2012 (adaptado).

Portanto, a UHE Belo Monte apresenta um nível de sustentabilidade muito baixo para este indicador.

5.7. PRESSÃO NA INFRAESTRUTURA

A pressão na infraestrutura consiste na alteração que o fluxo populacional gera nos serviços básicos oferecidos pelos municípios da AID de Belo Monte, como saúde, educação e segurança. O processo de construção de uma UHE gera um fluxo populacional, que está além da quantidade de trabalhadores ligados diretamente à obra, representando um contingente de pessoas muito maior. Tal fenômeno está associado à forte atração gerada pela oferta de empregos diretos e indiretos na região em que está sendo desenvolvido o empreendimento.

Ademais, é comum que a mão de obra mais especializada demandada pela construção de hidrelétricas venha de outras regiões, em sua maioria, acompanhada de familiares e agregados, o que favorece o aumento da pressão demográfica nos municípios onde se concentra o apoio logístico às obras e em municípios vizinhos (EPE, 2010).

O rápido aumento da população em um curto período devido à migração de outras localidades, a realocação de áreas inundadas pelo novo reservatório e aumento do rio gera desafios no planejamento e gestão urbana, o que resulta em problemas ambientais.

A interferência em áreas urbanas tende a ser vista negativamente. Contudo, pode-se considerar que esse problema possa assumir dimensões diferentes, a depender do comprometimento dos serviços sociais para a comunidade local e da capacidade do núcleo urbano de ofertar bens e serviços para a comunidade local e seu entorno. Entende-se como serviços: equipamentos urbanos, comércio, serviços bancários, serviços educacionais, serviços de saúde, entre outros (EPE, 2010).

Para o caso da UHE Belo Monte, estimava-se que aproximadamente 96 mil pessoas chegassem à região. Os estudos apontavam que, a partir do quarto ano de obras, as taxas de

crescimento da população atraída sofreriam um declínio (Fig. 17) até o término da construção da usina (ELETROBRAS, 2009).

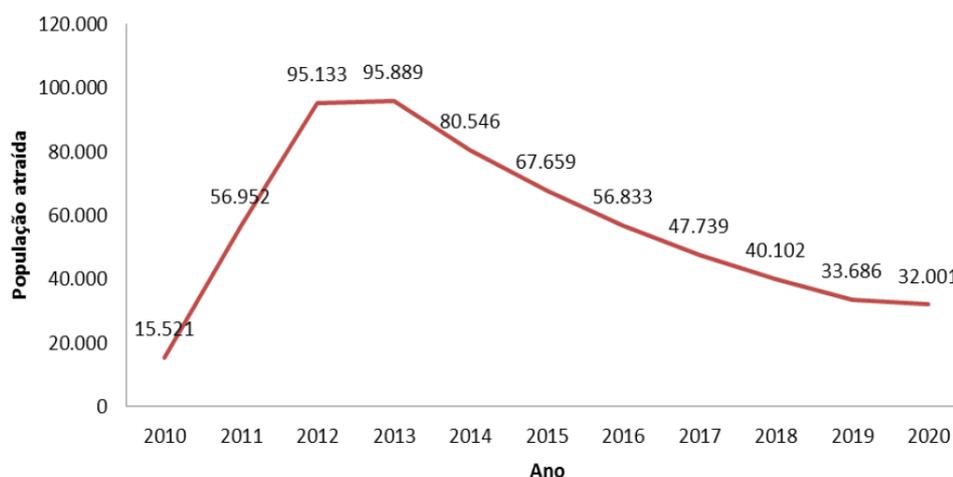


Figura 17. Estimativa da população atraída pela construção da UHE Belo Monte.

Fonte: SILVEIRA, 2016.

Vitória do Xingu é o local que comporta a estrutura relacionada à barragem, contudo, o município não é o grande impactado na perspectiva de densidade populacional. Dentre as áreas de influência direta de Belo Monte, Altamira foi o principal lócus de afluxo populacional, composto por trabalhadores para a instalação do empreendimento e por pessoas em busca de melhores oportunidades de trabalho e renda (NETO, 2015).

Tal fato se deve à proximidade desse núcleo urbano em relação aos canteiros de obras (54 km) e a presença de melhor infraestrutura na sede municipal, além do fácil acesso pela rodovia Transamazônica, uma vez que sua construção reduziu o tempo de deslocamento entre os centros urbanos, favorecendo o fluxo de pessoas, mercadorias e serviços entre a cidade central e aquelas que se encontram ao longo da rodovia (SILVEIRA, 2016).

O aumento populacional na região intensificou o uso e ocupação desordenados do solo, o que gerou um acelerado processo de construção de edificações, pavimentação das ruas e oferta de novos lotes imobiliários. Além de trazer diversos problemas na prestação dos serviços básicos, como educação, saúde, lazer, saneamento, atendimento bancário, entre outros, não somente em Altamira, mas também em Vitória do Xingu e Brasil Novo (FREIRE; LIMA; SILVA, 2018).

O processo de redefinição do tecido urbano foi expressivo para criação de novas áreas, porém desfez laços sociais, transformando as áreas centrais e periféricas da cidade. Também houve mudanças em vários contextos como o aumento da violência, intensificação da prostituição e tráfico de drogas, problemas relacionados à saúde pública, falta de saneamento básico e mudanças na vida de várias famílias (FREIRE; LIMA; SILVA, 2018).

A chegada de um grande número de migrantes agravou as condições precárias pré-existentes, como a quase total falta de serviços de água e esgoto nos municípios sob influência direta da usina e a prevalência de fossas rudimentares e poços artesianos. Tal impacto diz respeito à qualidade de água para os diferentes usos do rio Xingu e à saúde da população, em um cenário de sobrecarga dos serviços públicos (MONZONI *et al*, 2016).

Estudos verificaram, após os três primeiros anos de execução do projeto, um acelerado crescimento da população urbana, mudanças no quadro habitacional (Fig. 18), alterações na economia local e o aumento do custo de vida da população (NETO, 2015).

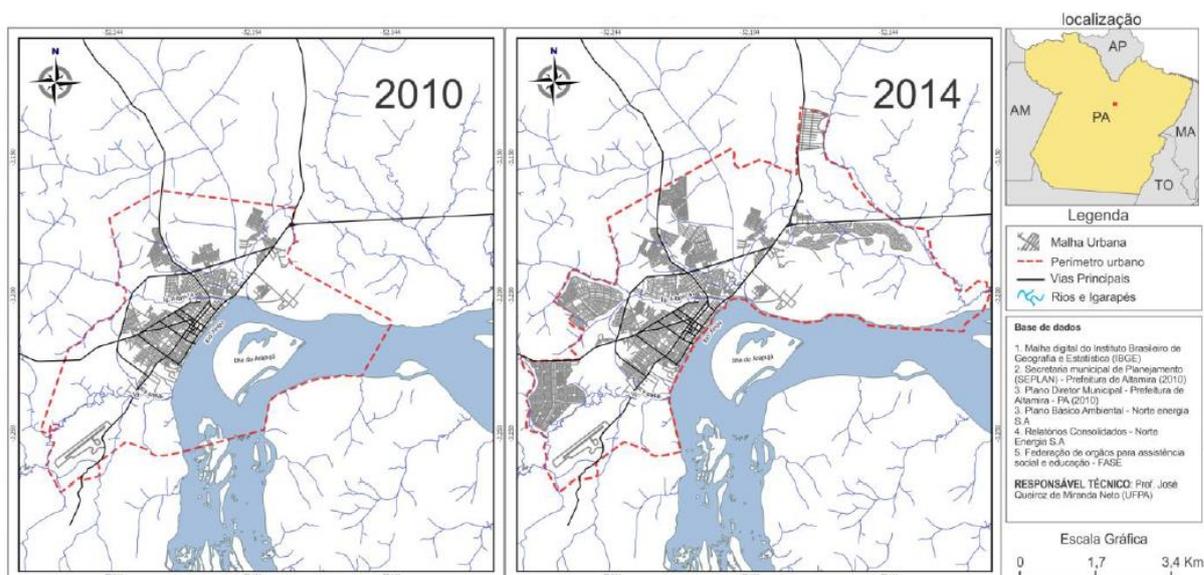


Figura 18. Cartograma da evolução da malha urbana de Altamira.

Fonte: NETO, 2015.

Há um incremento da malha e do perímetro urbano, seguindo o eixo das principais vias da cidade. Os efeitos desse crescimento começam a ser notados de modo mais acentuado a partir da desmobilização da mão de obra, quando muitos trabalhadores decidem permanecer na região, alterando a estrutura urbana com o crescimento da ocupação desordenada.

Por fim, o indicador de interferência de infraestrutura (I_7) tem como objetivo avaliar os impactos negativos da afluência de contingentes populacionais que uma UHE de grande porte provoca, e que resulta na pressão sobre a infraestrutura local, principalmente nos setores de habitação, saúde, educação e saneamento básico (EPE, 2012).

Para tal, estabeleceu-se a relação entre a população atraída e a população residente nos municípios de apoio às obras. Para estimar a população atraída considerou-se o número de empregos diretos gerados multiplicado pelo fator k , a esse fator foi atribuído o valor 3. Esse valor procura estimar a média de pessoas por família (EPE, 2010). Analiticamente, tem-se:

$$i_7 = \frac{k \times \text{número de empregos gerados}}{\text{população dos municípios de apoio}} \quad (2)$$

No período de instalação da usina, entre 2010 e 2014, um total de 45.934 trabalhadores diretos foram contratados, incluindo atividades ligadas às obras e aos escritórios. Tais dados englobam todas as admissões diretas no período, sem considerar os desligamentos. Esses trabalhadores vêm de diversas regiões (Fig. 19), o que mostra a capacidade de recrutamento de uma UHE (NETO e HERRERA, 2016).

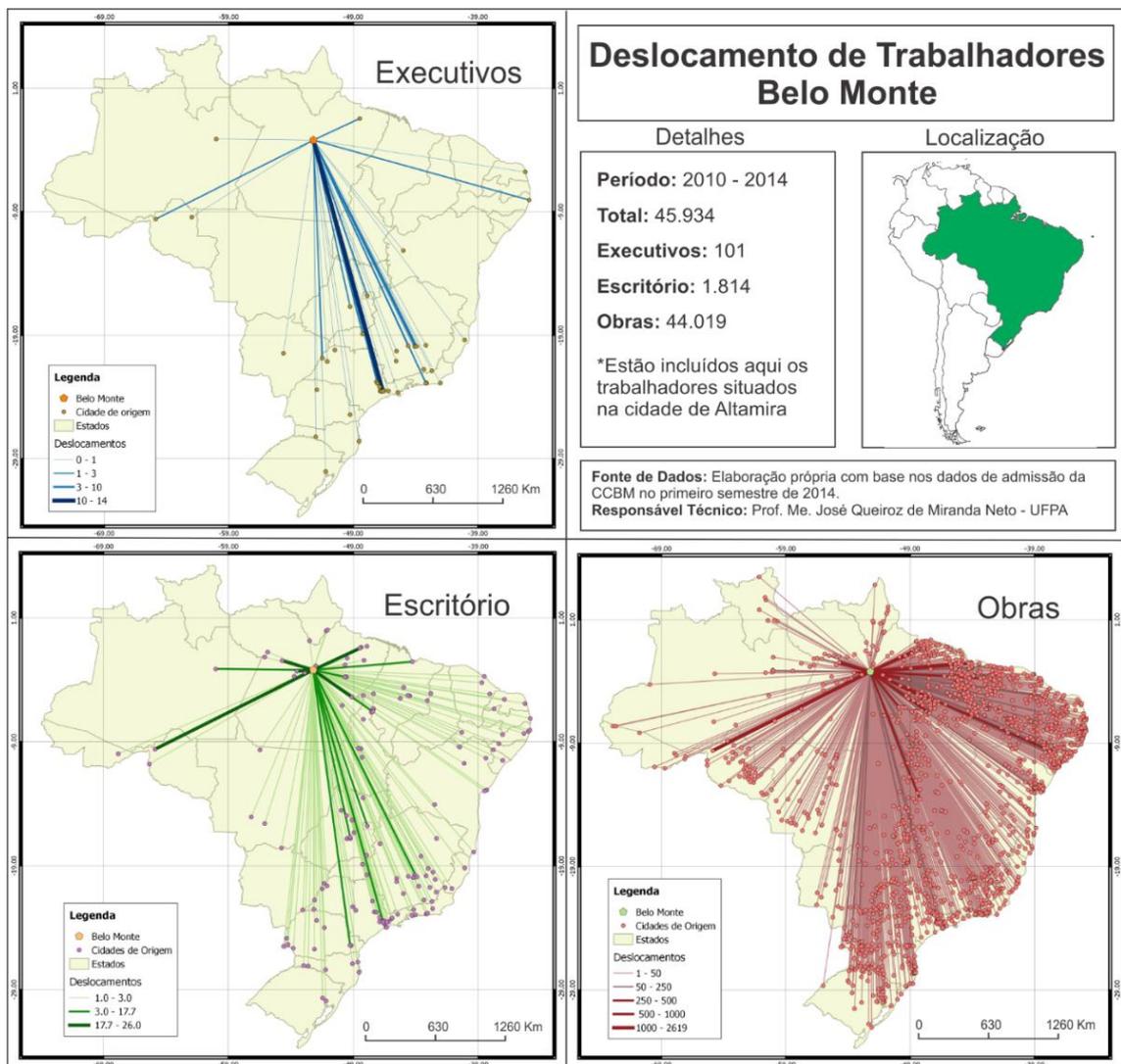


Figura 19. Cartogramas dos deslocamentos de trabalhadores para Belo Monte.

Fonte: LEPURB, 2014.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2014, o município de Altamira apresentou uma população estimada de 106.768, sendo que no Censo de 2010 a população era de 99.075 habitantes. O aumento de 2010 para 2014 se deve ao

deslocamento de uma grande quantidade de pessoas para o município (um dos maiores êxodos migratórios dos últimos anos) devido à implantação de Belo Monte (FRANCO; SOUZA; LIMA, 2018).

Para se estimar a população dos municípios de apoio, foi feita uma média das populações da AID de Belo Monte nos anos de 2010 a 2014 (Tab. 8).

Tabela 8. População residente estimada para AID de Belo Monte.

População Estimada [Número de Habitantes]					
Município \ Ano	2010	2011	2012	2013	2014
Altamira	99.075	100.736	102.343	105.106	106.768
Anapu	20.543	21.398	22.225	23.609	24.525
Brasil Novo	15.690	15.575	15.464	15.300	15.139
Senador José Porfírio	13.045	12.840	12.641	12.331	12.075
Vitória do Xingu	13.431	13.607	13.777	14.072	14.242
Total	161.784	164.156	166.450	170.418	172.749

Fonte: IBGE, 2021 (adaptado).

Portanto, para a UHE Belo Monte, tem-se:

$$i_7 = \frac{3 \times 45.934}{167.111} = 0,82 \quad (2.1)$$

Admite-se que quanto maior a relação calculada, ou seja, quanto maior o indicador, menor será a classificação do empreendimento (Tab. 9), no que concerne o aspecto avaliado.

Tabela 9. Classes do indicador de interferência na infraestrutura.

Grau de Sustentabilidade	Intervalos das Classes
Muito Alto	$i \leq 0,05$
Alto	$0,05 < i \leq 0,10$
Médio	$0,10 < i \leq 0,20$
Baixo	$0,20 < i \leq 0,50$
Muito Baixo	$i > 0,50$

Fonte: EPE, 2010 (adaptado).

Portanto, para a usina hidrelétrica de Belo Monte é considerado um nível de sustentabilidade muito baixo, de acordo com os critérios estabelecidos pela EPE.

5.8. EMPREGOS GERADOS

Os projetos desenvolvimentistas, constantemente, divergem de sua proposta inicial e não se tornam significativos na região sob sua influência, uma vez que a maior parte da geração de energia é direcionada para as indústrias e o aumento do Produto Interno Bruto (PIB) local não reflete o crescimento do número de empregos e a melhoria da qualidade de vida da população (LIMA *et al*, 2019).

A geração de empregos é um impacto fundamental para a interpretação das relações entre a fase de construção da usina e o cenário de desenvolvimento local. As UHEs são consideradas grandes projetos de investimento, que movimentam recursos financeiros e naturais, mas também atraem um contingente populacional a partir de sua demanda por mão de obra. Existe uma relação estreita entre a expansão do processo migratório e das frentes de trabalho com a situação econômica da região, uma vez que a dinâmica proveniente da barragem privilegia apenas alguns setores, como a construção civil (NETO e HERRERA, 2016).

Com a chegada de um empreendimento hidrelétrico, principalmente nos pequenos municípios atingidos, ocorre uma espécie de *boom*, conseqüente dessa obra. Cresce as movimentações econômicas, movimentações sociais e o número de habitantes, devido a chegada dos trabalhadores da obra civil, o que gera demanda por serviços e amplia-se a rede de atendimento para aquela demanda. No entanto, após o término da construção, os municípios sofrem um esvaziamento de trabalhadores e investidores (*bust*), podendo voltar ao estágio inicial, já que os empregos gerados não têm continuidade e não garantem a manutenção de renda e circulação de moeda local. Portanto, a dinâmica social e econômica é modificada por um curto período, questionando-se a efetividade das contribuições desses empreendimentos ao desenvolvimento local (LIMA *et al*, 2019).

A construção da UHE de Belo Monte foi responsável por gerar milhares de empregos diretos e indiretos, levando desenvolvimento econômico e urbano à região. Contudo, além da dificuldade de controlar as relações empregatícias estabelecidas, observou-se que a oferta de empregos não trouxe tantos benefícios à população local. Inicialmente, verificou-se que a região não dispunha de especialistas, assim como condições de satisfazer a demanda de trabalho técnico especializado da usina. Portanto, não foram os trabalhadores locais que os empregos gerados privilegiaram, causando uma migração de grandes massas de trabalhadores em busca de oportunidades na região, trazendo confrontos que dividem, segregam e hierarquizam, além de gerar a discriminação dos valores pagos entre os trabalhadores que vêm de fora e os que são da região (REIS e FLUMIAN, 2013).

Como retratado anteriormente, 45.934 trabalhadores diretos foram admitidos no período de instalação da usina, entre 2011 e 2014. Desse contingente, 1.384 trabalhadores se deslocaram dos centros urbanos da região de influência, destacando-se Brasil Novo (434), Vitória do Xingu (333), Medicilândia (154), Anapu (153) e Pacajá (110). Altamira foi o principal município na absorção do contingente assalariado (Fig. 20) (NETO e HERRERA, 2016).

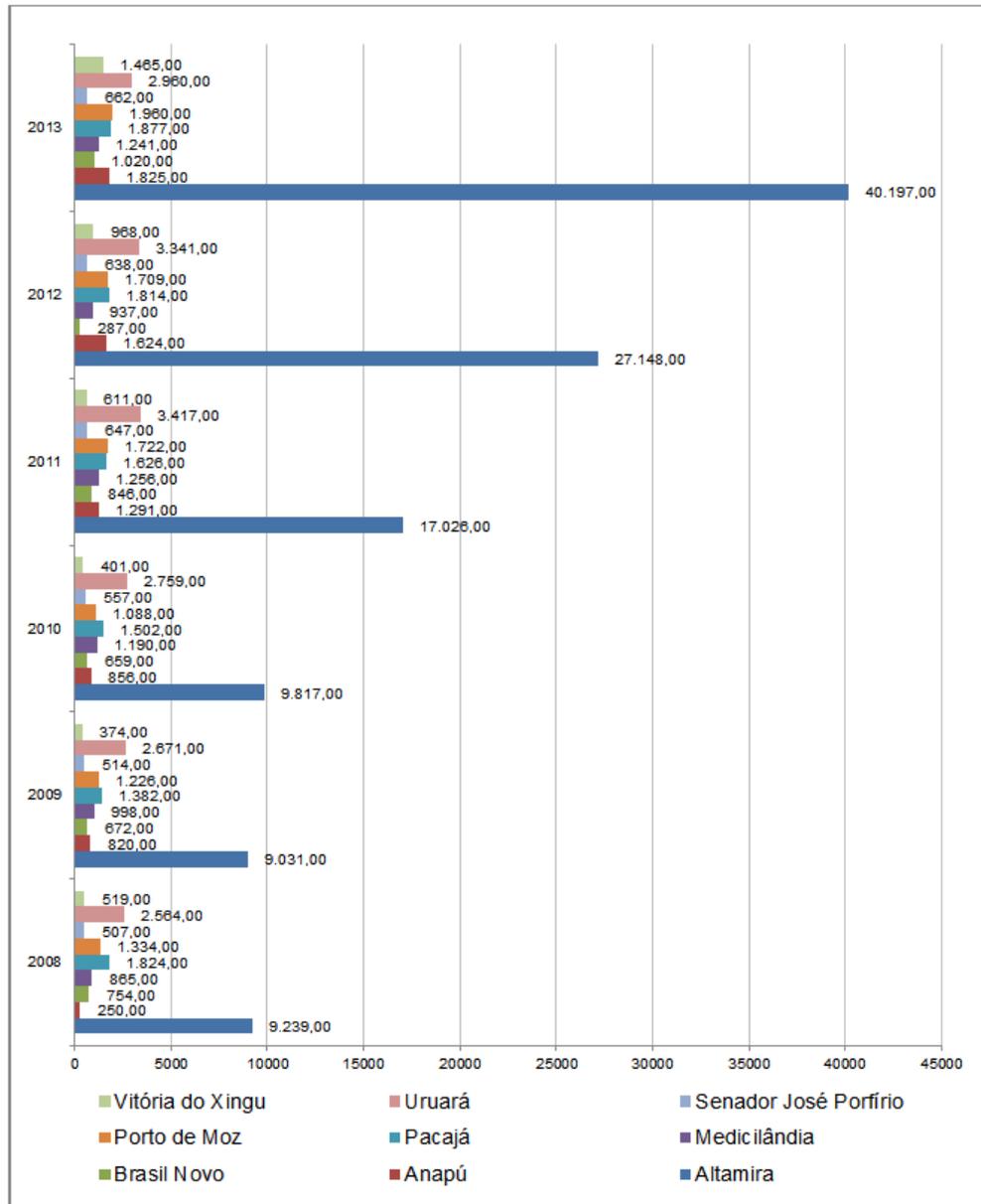


Figura 20. Pessoas ocupadas assalariadas na área de articulação.

Fonte: NETO e HERRERA, 2016.

Em 2009, a participação de Altamira no total de pessoal ocupado assalariado era de 51% no conjunto da AID. Já em 2013, momento de maior atividade em relação à UHE Belo Monte, a participação passou para 75% (NETO e HERRERA, 2016).

Neste contexto, o indicador empregos gerados (I_g) tem como objetivo avaliar os benefícios locais trazidos pelos empregos gerados na construção de Belo Monte, tanto pela possível contratação de mão de obra local quanto pelo aumento da circulação de mercadorias e renda na região de influência do empreendimento (EPE, 2012).

O valor atribuído ao indicador é o número de empregos diretos gerados pela construção do empreendimento, que para o caso da UHE Belo Monte, assume-se o valor de 45.934 de trabalhadores admitidos diretamente pela empresa Norte Energia, no período de implantação da usina, entre os anos de 2011 e 2014 (NETO e HERRERA, 2016).

Assim, quanto maior for o número de empregos gerados pelo empreendimento, maiores serão seus impactos positivos nos municípios sob influência do projeto. Para a análise do indicador, foi atribuída uma métrica de valores (Tab. 10), considerando como limite inferior o valor de 0 e o limite superior o valor de 5.000 empregos diretos gerados.

Tabela 10. Classes do indicador de emprego gerado.

Grau de Sustentabilidade	Intervalos das Classes [número de empregos]
Muito Alto	$i \geq 5.000$
Alto	$4.000 \leq i < 5.000$
Médio	$3.000 \leq i < 4.000$
Baixo	$2.000 \leq i < 3.000$
Muito Baixo	$i < 2.000$

Fonte: EPE, 2012 (adaptado).

Portanto, Belo Monte possui um nível de sustentabilidade muito alto para o indicador, já que a usina gerou um número significativo de empregos na fase de implementação. Contudo, nota-se que a oferta de empregos na região, antes de representar algo de positivo a população, pode provocar caos social e retrocessos para o desenvolvimento humano regional. Vale lembrar que na fase de operação aconteceu a extinção de vários empregos e com isso o aumento de desempregados. Estas observações apontam as distorções deste indicador.

5.9. INCREMENTO TEMPORÁRIO NA ARRECADAÇÃO MUNICIPAL

Para analisar se as usinas hidrelétricas estão efetivamente associadas ao desenvolvimento é essencial estabelecer de que forma esses tipos de empreendimentos se conectam com as regiões impactadas, ou seja, se as UHEs são capazes de impulsionar o desenvolvimento local, elas o fazem a partir dessas conexões que ocorrem em cada fase do seu ciclo de vida.

O aumento da arrecadação municipal é um impacto positivo relevante na construção e operação de empreendimentos hidrelétricos. Este efeito ocorre principalmente devido ao pagamento de Compensação Financeira pela exploração dos recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica; pela quota-parte do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), recebido pelo município sede da Casa de Força; e pelo montante de Imposto sobre Serviços (ISS) arrecadado pelos municípios em decorrência dos serviços prestados durante as obras (DAMÁZIO *et al*, 2007).

O aumento da arrecadação de ISS, por meio de uma gestão adequada, pode estimular o desenvolvimento econômico dos municípios em que serão executadas as obras, além de poder trazer melhoria no oferecimento de equipamentos públicos de uso coletivo.

Portanto, o objetivo do indicador de incremento temporário na arrecadação municipal é avaliar o aumento da receita dos municípios atingidos pela UHE Belo Monte durante a sua construção, em função do aumento da arrecadação do ISS ao longo desse período. Apesar de temporário, esse incremento na receita é significativo para os municípios, já que pode suscitar efeitos permanentes, como é o caso de investimentos em infraestrutura ou na consolidação de atividades econômicas associadas aos recursos disponíveis na região (EPE, 2012).

Estudos mostram que a construção de uma UHE envolve um volume significativo de serviços, onde a maior parte origina-se dos empreiteiros de construção civil e montagem, cujo montante gira em torno de 60% do valor da obra. A prestação de serviços, por empresas ou profissionais autônomos, são objeto de tributação (ISS). Esse imposto é recolhido no município onde está localizado o estabelecimento do prestador. Contudo, para as áreas de construção civil e montagem, o ISS é recolhido no município onde o serviço é prestado, caso da implantação de um aproveitamento hidrelétrico (DAMÁZIO *et al*, 2007).

Para avaliar o efeito temporário da implantação de uma UHE na receita municipal, estabeleceu-se o indicador dado pela razão entre o ISS gerado durante a instalação e o somatório das receitas dos municípios onde o imposto será arrecadado. Analiticamente, tem-se (EPE, 2012):

$$i_9 = \frac{\text{arrecadação anual de ISS durante a construção}}{\Sigma \text{ receita orçamentária dos municípios sede das obras}} \quad (3)$$

A base do cálculo do ISS varia de acordo com a alíquota cobrada por cada município sobre esse imposto, porém as diferenças entre cada localidade são pequenas. Estima-se uma média de 3% sobre o valor dos serviços associados ao período de construção civil e montagem

associado ao projeto da UHE. Por fim, tal valor é anualizado em função do prazo de execução das obras (EPE, 2012). Dessa forma, tem-se:

$$ISS = \frac{CM \times 0,03}{t} \quad (4)$$

onde, CM é o valor estimado para os serviços de construção e montagem e t é o período de construção. O valor dos serviços de construção civil e montagem foram estimados com base em orçamentos de projetos de UHEs do sistema brasileiro. Este valor depende do porte do projeto, caracterizado por sua potência instalada. Como referência, o valor para o custo de CM, para usinas com potência superior a 100 MW, é de R\$ 3.000,00/kW (EPE, 2012).

A UHE Belo Monte possui 11.233,1 MW de potência instalada e foi construída em cinco anos, entre 2011 e 2016 (NORTE ENERGIA, 2021). Então, tem-se para essa usina:

$$ISS = \frac{(11.233.100 \times 3.000) \times 0,03}{5} = R\$ 202,2 \text{ mi/ano} \quad (4.1)$$

Nos casos em que as obras da usina são realizadas em mais de um município optou-se pelo somatório das receitas devido à dificuldade em se definir o local exato em que se será recolhido o imposto (EPE, 2012). Desse modo, foram consultadas as receitas orçamentárias dos municípios da AID de Belo Monte, entre os anos de 2011 e 2016. Para motivos de cálculos, foram consideradas as médias da receita para cada município (Tab. 11).

Tabela 11. Receita orçamentária da AID de Belo Monte (em milhões de reais).

Município	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Altamira	150,5	*	204,6	273,1	282,2	275,1
Anapu	33,6	39,7	40,2	50,1	56,4	66,5
Brasil Novo	27,8	*	31,2	35,7	39,2	42,3
Senador José Porfírio	*	*	25,5	29,6	33,3	29,0
Vitória do Xingu	40,0	97,3	127,9	154,8	225,7	78,5

Fonte: PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, 2021.

Apesar das tentativas de se adquirir todas as informações relativas a todos os municípios estudados, não foi possível se evadir das falhas, com a ausência de dados em alguns anos da série histórica relativa à arrecadação de impostos. Contudo, ainda assim integram elementos primordiais para a discussão e, por essa razão, foram mantidos no trabalho.

* Dados indisponíveis.

Por fim, substitui-se os valores encontrados na Eq. (3):

$$i_9 = \frac{202,2}{237,1 + 47,8 + 35,2 + 29,4 + 120,7} = 0,43 \quad (3.1)$$

A Tab. (12) apresenta a escala estabelecida para efeito da avaliação do indicador de incremento temporário na arrecadação municipal.

Tabela 12. Classes do indicador de incremento temporário na arrecadação municipal.

Grau de Sustentabilidade	Intervalos das Classes
Muito Alto	$i \geq 0,20$
Alto	$0,15 \leq i < 0,20$
Médio	$0,10 \leq i < 0,15$
Baixo	$0,05 \leq i < 0,10$
Muito Baixo	$i < 0,05$

Fonte: EPE, 2010.

Diante do exposto, a UHE Belo Monte apresenta um nível de sustentabilidade muito alto para o indicador I_9 . Contudo, apesar de explicitar a importância dos recursos arrecadados para os municípios impactados pelas obras em termos quantitativos, o indicador não permite analisar a distribuição ou a gestão desses recursos, não sendo possível distinguir a natureza das transformações nos municípios. Além disso, a arrecadação de ISS pode sofrer queda após a entrada em operação da usina, já que apenas restam os serviços de manutenção, operação e segurança sendo executados, excluindo-se os serviços relacionados às obras civis.

5.10. INCREMENTO PERMANENTE NA ARRECADAÇÃO MUNICIPAL

A CFURH foi instituída pela Lei nº 7.990/89, e estabelece que uma parcela da receita da UHE deve ser revertida aos estados e municípios que tiveram parte de seu território alagado pelo reservatório formado na construção da usina, a fim de compensar essas localidades pelos impactos gerados pela implementação do empreendimento. O pagamento pelo uso do bem ambiental para se desenvolver uma atividade econômica é fundamentado pelo princípio do usuário-pagador. Esse princípio estabelece que os recursos naturais devem estar sujeitos à aplicação de instrumentos econômicos para que o seu uso e aproveitamento beneficiem a coletividade, definindo valor econômico ao bem natural (PIGOU, 1932).

Desse modo, a Compensação Financeira é reconhecida como um instrumento econômico de gestão ambiental. As questões relativas aos impactos negativos gerados pela instalação de empreendimentos hidrelétricos são significativas e os custos recaem sobre os

municípios diretamente afetados, que passam a fazer jus a algum tipo de compensação. Assim, ao se estabelecer um pagamento pelo uso do recurso hídrico e destinar parte da receita arrecada a população atingida, espera-se que tais recursos sejam utilizados na minimização dessas externalidades negativas. Ou seja, a receita gerada a partir da Compensação Financeira deveria ser aplicada na promoção do desenvolvimento socioambiental da região e na adequação da estrutura social e econômica local às novas condições impostas pela construção da UHE (SILVA, 2007).

Do valor recebido pela geração de energia de um aproveitamento hidrelétrico, 7% é recolhido para a CFURH, o qual é distribuído aos estados, municípios e órgãos da Administração Direta da União que possuem áreas alagadas pela usina (Fig. 21). No caso de haver mais de um município atingido, este montante é distribuído proporcionalmente às parcelas de áreas inundadas em cada município em relação à área total inundada e ao ganho de energia que esse mesmo reservatório está propiciando as demais usinas (ANEEL, 2021c).

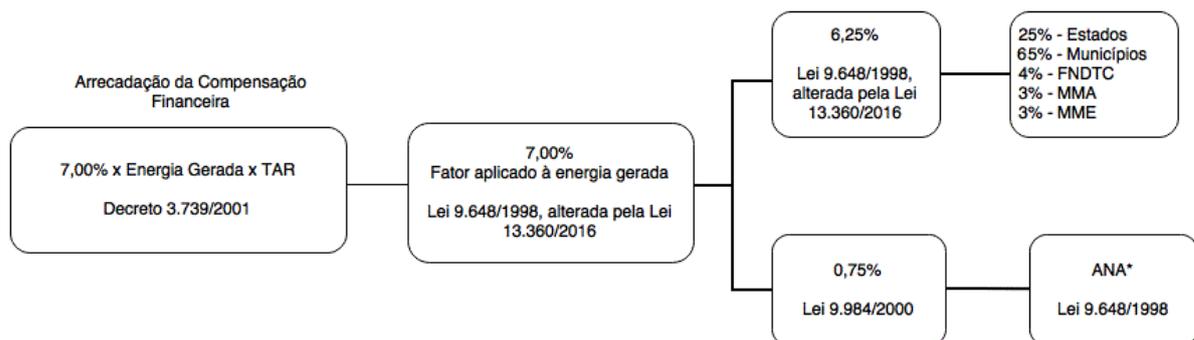


Figura 21. Fórmula de cálculo e distribuição básica da compensação financeira.

Fonte: ANEEL, 2021c.

Uma característica importante no uso dos recursos da CFURH é que não há vinculação para usos específicos, ficando a critério do gestor municipal a definição do seu uso para os fins que forem entendidos como prioritários (GOMES et al, 2017).

Logo, cabe ponderar se os municípios que se beneficiam da CFURH têm empregado os montantes recebidos com o intuito de impulsionar o desenvolvimento social, econômico e ambiental da região ou, se os recursos estão apresentando, apenas, o caráter arrecadatário.

O procedimento implementado no Brasil para a distribuição desses recursos abrange apenas os municípios diretamente afetados pelo reservatório. No caso de Belo Monte, o desequilíbrio socioeconômico gerado pela má distribuição dos recursos da Compensação Financeira fez com que a região apresentasse uma desigualdade socioeconômica significativa, já que apenas os municípios interceptados pelo reservatório e aqueles que possuem as obras

civis destinadas à geração (Altamira, Brasil Novo e Vitória do Xingu) tenham direito ao rateio dos valores (MELO, 2019).

Diante do exposto, o indicador de incremento permanente na arrecadação municipal (I_{10}) objetiva mensurar o impacto positivo do aumento da receita dos municípios atingidos pelo reservatório da usina hidrelétrica de Belo Monte.

Para representar o indicador I_{10} , tomou-se a relação entre a compensação financeira para os municípios atingidos e a receita total desses municípios (EPE, 2012). De forma analítica, tem-se:

$$i_{10} = \frac{\Sigma \text{compensação financeira dos municípios atingidos}}{\Sigma \text{receita orçamentária dos municípios sede das obras}} \quad (5)$$

Nos casos em que a área alagada engloba os territórios de mais de um município, optou-se por trabalhar de forma conjunta. Para o caso da UHE Belo Monte, foram consultados os valores da CFURH para os municípios Altamira, Brasil Novo e Vitória do Xingu, no período após a entrada em operação da usina, entre os anos de 2016 e 2020 (Tab. 13).

Tabela 13. Compensação Financeira dos municípios atingidos pela UHE Belo Monte.

Município	2016	2017	2018	2019	2020
Altamira	13.064.921	13.064.921	21.260.255	45.081.306	48.793.795
Brasil Novo	1.059	6.122	9.963	21.127	22.867
Vitória do Xingu	2.186.594	12.636.914	20.563.768	43.604.440	47.195.308
TOTAL	15.252.574	25.707.957	41.833.986	88.706.873	96.011.970

Fonte: ANEEL, 2021c.

Para a receita orçamentária dos municípios sede das obras, foram considerados os valores encontrados, entre 2016 a 2020, para os beneficiados pela CFURH (Tab. 14).

Tabela 14. Receita orçamentária dos municípios beneficiados pela CFURH (em reais).

Município	2016	2017	2018	2019	2020
Altamira	275.086.530	269.646.438	279.313.772	323.440.688	369.847.396
Brasil Novo	42.326.339	43.356.763	47.245.671	52.976.226	52.033.205
Vitória do Xingu	78.500.259	108.717.316	123.634.544	172.598.548	182.753.887

Fonte: PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, 2021.

Em seguida, foi considerada a média dos valores para cada município, para fins de cálculos. Substituindo os valores encontrados na Eq. (5):

$$i_{10} = \frac{28.253.039 + 12.227 + 25.237.404}{303.466.964 + 47.587.640 + 133.240.910} = 0,11 \quad (5.1)$$

Seguindo a mesma lógica dos impactos positivos utilizada em outros indicadores socioeconômicos, os valores referentes ao incremento permanente na arrecadação municipal aumentam de maneira diretamente proporcional à relevância da compensação financeira para a receita dos municípios (Tab. 15), com o intuito de representar o benefício potencial para o desenvolvimento regional (EPE, 2012).

Tabela 15. Classes do indicador de incremento permanente na arrecadação municipal.

Grau de Sustentabilidade	Intervalos das Classes
Muito Alto	$i \geq 0,20$
Alto	$0,15 \leq i < 0,20$
Médio	$0,10 \leq i < 0,15$
Baixo	$0,05 \leq i < 0,10$
Muito Baixo	$i < 0,05$

Fonte: EPE, 2010.

Portanto, o indicador incremento permanente na arrecadação municipal apresenta um nível de sustentabilidade médio. Assim como no indicador I_9 , esse caso limita-se a elucidar, de forma quantitativa, a importância dos recursos arrecadados com a CFURH para os municípios com áreas inundadas. Portanto, os resultados não mostram uma análise da distribuição ou da gestão dos recursos.

5.11. BIOGRAMA

Os projetos de infraestrutura para energia elétrica, ainda que sejam elaborados para o benefício direto da sociedade, também causam externalidades negativas ao meio ambiente e às comunidades próximas aos empreendimentos. As implicações do uso dos recursos naturais em suas áreas de influência e os impactos de uma UHE sobre o meio ambiente possuem diferentes magnitudes e abrangências (TÁVORA *et al*, 2017).

Como pôde ser visto anteriormente, os fatores potencialmente causadores do impacto ocorrem em diferentes fases da implementação de uma usina hidrelétrica: planejamento, instalação, enchimento do reservatório, desativação do canteiro de obras e operação.

Os empreendimentos hidrelétricos devem ter como objetivo aumentar a qualidade de vida da população, de modo a promover o uso sustentável do recurso. Para tal, a gestão

ambiental deve começar nas fases iniciais do projeto e continuar ao longo da vida útil da usina, com o intuito de mitigar os efeitos negativos e maximizar os benefícios (TÁVORA *et al*, 2017).

Para se avaliar o grau de sustentabilidade da UHE Belo Monte, foi desenvolvida uma modelagem de estudo por meio de uma adaptação do Índice de Desenvolvimento Sustentável (IDS) e do Biograma, propostos por Sepúlveda (2008).

O IDS possibilita a quantificação do desempenho de uma unidade de análise em um determinado período de tempo. Entretanto, os dados em sua forma original possuem valores quantitativos em diferentes unidades de medidas. Para que seja possível a análise, é necessário padronizar os valores, ou seja, transformá-los em índices que possam realizar a análise comparativa entre os dados. A transformação dos dados em índice utiliza unidades de escala, que varia entre 0 e 1, esta padronização é fundamental para se criar o Biograma. Quanto mais próximo de 1 estiver o índice, melhor será o nível de desenvolvimento; quanto mais próximo de 0, pior o nível de desenvolvimento. Os indicadores apresentam as informações do desempenho de várias dimensões como sociais, econômicas, ambientais, entre outras. Outro ponto importante a ser definido é se o indicador possui efeito positivo ou negativo na evolução, ou seja, se o aumento do valor do indicador expressa uma situação melhor ou pior para a dimensão analisada. Dessa forma, se o aumento no valor do indicador resulta em uma melhor situação para o sistema, ele é considerado positivo (+) e, se o aumento no valor do indicador piora a situação, ele é negativo (-) (JURACK; BUDKE; PATRÍCIA, 2012).

O grau de sustentabilidade da usina hidrelétrica de Belo Monte foi estimado por meio de 10 indicadores, agrupados em três dimensões: ambiental, social e econômica. Com o objetivo de padronizar os indicadores, os valores foram reescalados de modo a preservar a metodologia estabelecida pela EPE em suas Notas Técnicas DEA 21/10 e DEA 17/12. Desse modo, para cada grau de sustentabilidade, foram adotados os seguintes valores 0 (muito baixo); 0,25 (baixo); 0,5 (médio); 0,75 (alto) e 1 (muito alto).

A aplicação da metodologia de “medir” o grau de sustentabilidade exposta pela EPE em Belo Monte apresentou limitações. Deste modo, utilizou-se a metodologia de biograma para fazer os ajustes necessários para se ter indicadores mais fidedignos a realidade da perturbação causada pela implantação da UHE Belo Monte.

Este ajuste considerou que mesmo o reservatório da UHE Belo Monte ser considerado pequeno em comparação as áreas alagadas das demais usinas hidrelétricas instaladas no Brasil, sua área total ainda é maior que a extensão territorial de diversos países do mundo. Ainda que a potência instalada da usina seja muito alta, 11.233 MW, sua garantia física de 4.571 MW não atinge sequer a metade desse valor (NORTE ENERGIA, 2021).

Nenhuma TI se encontra na área de amortecimento do empreendimento (no raio de 10 quilômetros), contudo o estudo de caso mostrou que essas regiões sofrem com a escassez dos recursos naturais, a exemplo dos peixes, já que se encontram no trecho de vazão reduzida causada pelo barramento do rio. Tal fato põe em risco a segurança alimentar e a manutenção do modo de vida dessas comunidades.

Os estudos apontaram o aumento da pressão dos recursos naturais nas unidades de conservação na Terra do Meio, como o aumento da exploração ilegal de madeira, a redução da quantidade de peixes capturados e o aumento da invasão nas áreas de pesca.

Já no quesito econômico, a instalação da usina gerou cerca de 46.000 empregos entre os anos de 2011 e 2014 (NETO e HERRERA, 2016). Contudo, esse número apenas considera as admissões feitas pela empresa Norte Energia, sem levar em consideração as demissões realizadas no mesmo período. Além disso, o estudo de caso mostra que na fase de operação da usina houve a extinção de vários empregos, o que aumentou do número de desempregados.

Portanto, os critérios estabelecidos pela EPE para esses indicadores se mostram limitados para o objetivo de se mensurar o grau de sustentabilidade de Belo Monte, já que apresentam diversas distorções. A Tab. 16 apresenta os índices de sustentabilidade da usina hidrelétrica de Belo Monte após os ajustes realizados na metodologia abordada pela EPE.

Tabela 16. Índices de sustentabilidade da UHE Belo Monte.

Dimensão	Indicador	Caráter	Grau de Sustentabilidade	Escore	Média
Ambiental	Área alagada	(-)	Baixo	0,25	0,06
	Modificação no regime hidrológico	(-)	Muito Baixo	0	
	Perda de vegetação	(-)	Muito Baixo	0	
	Interferência em Unidades de Conservação	(-)	Muito Baixo	0	
Social	Interferência em Terras Indígenas	(-)	Muito baixo	0	0
	População afetada	(-)	Muito Baixo	0	
	Interferência na infraestrutura	(-)	Muito Baixo	0	
Econômica	Empregos gerados	(+)	Médio	0,5	0,66
	Incremento temporário na arrecadação municipal	(+)	Muito alto	1	
	Incremento permanente na arrecadação municipal	(+)	Médio	0,5	

Fonte: Autora, 2021.

O biograma consiste em uma representação gráfica de radar, gerada por um conjunto de indicadores integrados, onde as dimensões estão representadas pelos eixos que irradiam do ponto central. Essa imagem representa o grau de sustentabilidade em questão e seus aparentes desequilíbrios entre as diferentes dimensões analisadas. Cada eixo do Biograma representa um indicador do cálculo, sendo que cada raio do círculo tem o valor igual a 1, então o valor de cada indicador varia entre 0 e 1, onde 0 é o desempenho mínimo e 1 o máximo (JURACK; BUDKE; PATRÍCIA, 2012). A Fig. (22) apresenta o biograma resultante dos indicadores supracitados.

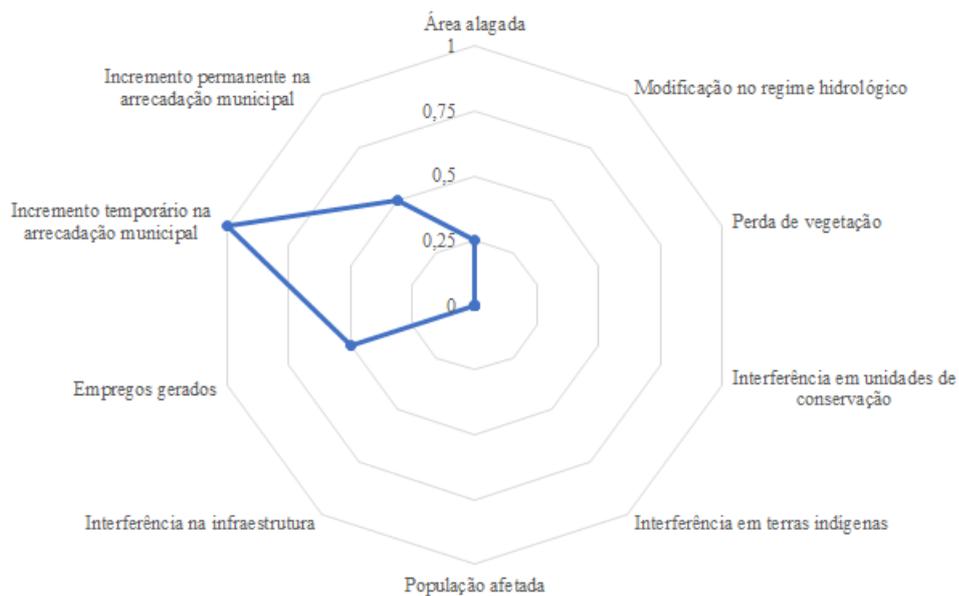


Figura 22. Biograma dos indicadores de sustentabilidade da UHE Belo Monte.

Fonte: Autora, 2021.

Para as dimensões estudadas, apresenta-se a Fig. (23):

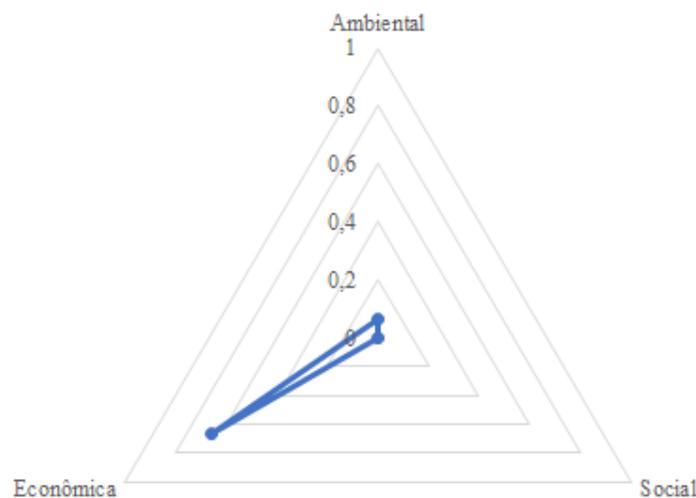


Figura 23. Biograma das dimensões estudadas.

Fonte: Autora, 2021.

De acordo com os biogramas apresentados pode-se inferir que Belo Monte possui um grau de sustentabilidade muito baixo como um todo. Destaca-se a dimensão econômica que apresentou os melhores índices de sustentabilidade da usina, decorrente dos bons resultados demonstrados nos indicadores de arrecadação municipal. Apesar do número expressivo de empregos gerados, há uma distorção no indicador sugerido pela EPE devido a essa força de trabalho apenas ser considerada no pico das obras desse empreendimento, momento em que a demanda por empregos é maior. Porém, o estudo de caso mostrou que na fase de operação da usina o quantitativo de empregos cai drasticamente. Além disso, apenas é considerado o número de admissões realizado pela empresa Norte Energia, sem contabilizar as demissões.

Por outro lado, o empreendimento apresentou uma baixíssima sustentabilidade na dimensão social, onde houve um significativo impacto negativo sobre as populações atingidas pelo empreendimento e sobre a infraestrutura dos municípios afetados. Apesar de o indicador interferência em terras indígenas apresentar um alto nível de sustentabilidade para a EPE, ressalta-se que há também uma distorção neste indicador, já que a redução da vazão do rio causa diversos impactos nas TIs que se encontram no TVR, como exposto anteriormente. Portanto, esse cenário agrava ainda mais o quesito de sustentabilidade dessa dimensão.

Outro ponto a ser observado é a dimensão ambiental, onde a usina retratou um grau muito baixo sustentabilidade, destacando-se os indicadores perda de vegetação e modificação do regime hidrológico, que não representam impactos apenas para a questão ambiental, mas também para as comunidades que dependem do rio Xingu para sua sobrevivência, como é o caso dos ribeirinhos e dos povos indígenas.

Assim, com os dados obtidos, foi possível visualizar os desequilíbrios do sistema, além de ser possível identificar a dimensão para qual as políticas públicas devem dirigir os investimentos e instrumentos específicos que contribuirão para compensar a situação, visando o desenvolvimento sustentável. O estudo torna evidente que além dos benefícios energéticos, devem ser considerados os efeitos prejudiciais da UHE Belo Monte.

Neste contexto, insere-se a gestão ambiental, que deve estar presente em todas as fases do projeto, para que haja uma melhoria da funcionalidade do empreendimento, de forma a reduzir seus custos globais, minimizar imprevistos, atenuar conflitos e ajudar na preservação da obra e do meio ambiente (DUARTE *et al*, 2013).

Para o estudo de caso, foram propostas, a seguir, ações a serem tomadas para a implementação de um programa de compensação com o objetivo de atenuar os impactos negativos causados por Belo Monte, com foco nas dimensões social e ambiental, que obtiveram resultados muito abaixo do esperado.

6. PROPOSTA DE AÇÕES PARA O PROGRAMA DE COMPENSAÇÃO

As hidrelétricas são importantes para o setor elétrico brasileiro, já que a geração hidráulica corresponde a 65,1% do total da energia gerada no país (MME, 2021). Porém, elas causam impactos sobre o meio ambiente e as populações da sua região de instalação. Esses impactos são verificados ao longo do tempo de vida da usina e do espaço físico envolvido. É importante salientar que as UHEs devem ter como principal objetivo elevar a qualidade de vida da população, promovendo o uso racional e sustentável do recurso (DUARTE *et al*, 2013).

A crise ambiental se mostra cada vez mais emergente no mundo contemporâneo, tendo em vista seus efeitos destrutivos para o meio ambiente e a sociedade. Os impactos socioambientais relacionados aos recursos hídricos, principalmente os associados a instalação de barragens, provocam a degradação de biomas e ecossistemas. Esse fato apresenta-se como uma das grandes preocupações dos programas socioambientais que buscam a sustentabilidade e visam a gestão ambiental para preservar a água e a biodiversidade, principalmente, das regiões onde estão instaladas as usinas hidrelétricas (DOMÍNGUEZ e PIMENTEL, 2016).

Em 2002, a Cúpula Mundial de Desenvolvimento Sustentável discutiu sobre a temática de desenvolvimento, onde concluiu-se que o fornecimento de energia elétrica fomenta atividades econômicas e melhora a produtividade, além de gerar empregos e diminuir a miséria. No ano de 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs uma nova agenda de desenvolvimento sustentável para 2030, composta pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Fig. 24), com o intuito de acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas possam desfrutar de prosperidade (ONU, 2021).



Figura 24. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Fonte: ONU, 2021.

Para que uma usina hidrelétrica tenha uma gestão ambiental eficiente e possa alcançar o desenvolvimento sustentável é necessário que suas ações e planejamentos estejam em conformidade com os ODS, principalmente com o ODS 6 (água potável e saneamento), que tem como propósito assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água; e com o ODS 7 (energia limpa e acessível), que visa assegurar o acesso confiável e sustentável à energia.

As práticas de responsabilidade social, a transparência e as políticas de gestão e ética, associadas aos ODS, compõem o que se chama ESG – *Environmental, Social and Governance* (do português, Ambiental, Social e Governança). A ESG é um conjunto de padrões e boas práticas que possuem o objetivo de definir se as ações de um empreendimento são sustentáveis (SION e FRANÇA, 2021).

A responsabilidade social das empresas se mostra cada vez mais evidente, apesar de ser um conceito ainda em construção, e para alcançá-la é necessário um planejamento estratégico por parte da empresa que requer para si um novo conceito de riqueza socioeconômica e ambiental. O equilíbrio dos pilares da sustentabilidade, crescimento econômico, preservação ambiental e equidade social, contribuem para o uso racional dos recursos naturais e tem o poder de modificar as relações produtivas e sociais gerando igualdade (CIPOLAT et al, 2010).

A responsabilidade socioambiental deve ser um compromisso incorporado ao planejamento estratégico de uma usina hidrelétrica, de modo a refletir no cotidiano da empresa, assim como em diversas ações voltadas aos públicos interno e externo. A empresa deve se comprometer a adotar práticas que tornem sua gestão transparente e que promovam a cidadania e a melhoria da qualidade de vida das comunidades com as quais se relaciona, além de impulsionar o desenvolvimento regional sustentável.

Após a análise dos dados obtidos pelo estudo de caso deste trabalho, ficou evidente que a UHE Belo Monte causou impactos significativos, como a perda de vegetação, a modificação do regime hidrológico do rio os deslocamentos compulsórios decorrentes da construção da barragem, além da interferência em TIs e UCs. Então, se faz necessário propor ações para compensar essas externalidades, em consonância com os ODS e a ESG.

As atividades sugeridas adotaram um modelo de gestão (Fig. 25) para ações ambientais que priorizem a segurança hídrica e o desenvolvimento territorial, com o intuito de assegurar a manutenção do empreendimento e da fonte de energia, além de prolongar a vida útil da usina. Para tal, foi utilizado como referência o Programa Cultivando Água Boa, adotado pela empresa Itaipu Binacional.

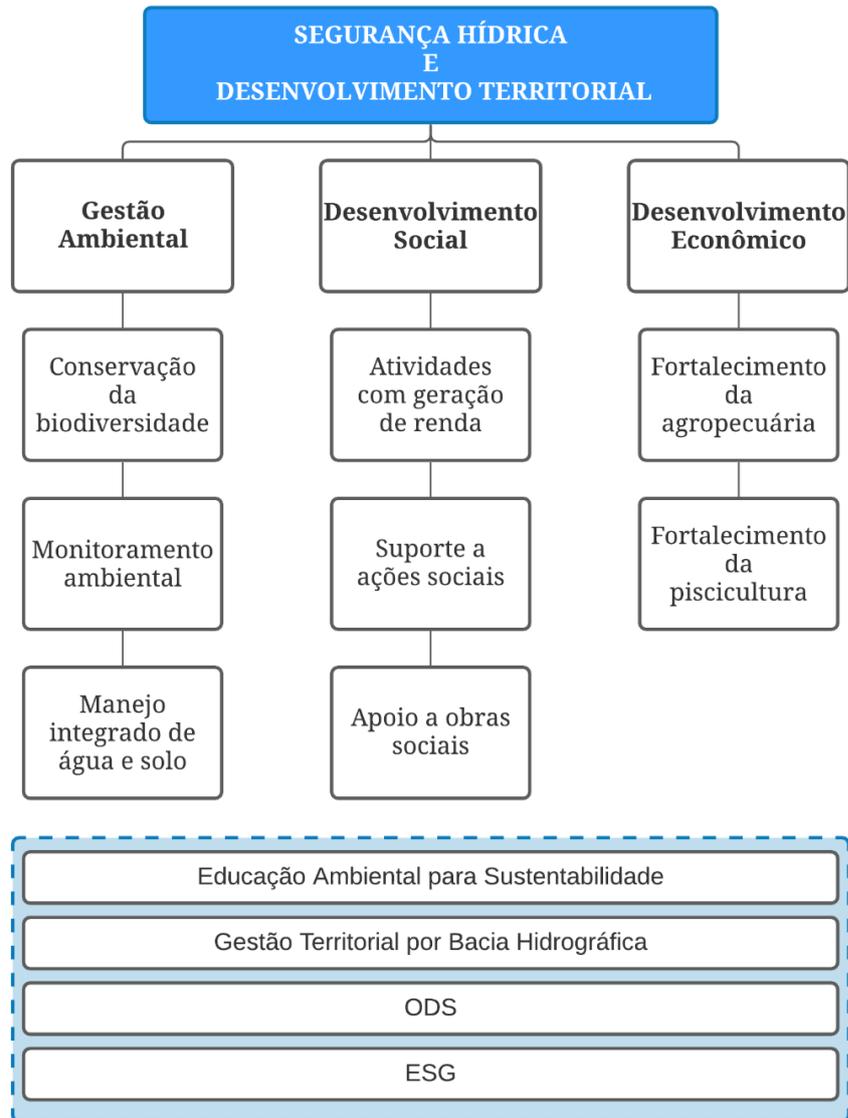


Figura 25. Modelo de gestão para ações socioambientais.
Fonte: Autora, 2021.

As ações visam compensar os impactos negativos gerados pela instalação da usina, por meio de objetivos estratégicos (Fig. 26), além de implementar projetos que gerem ocupação e renda para as comunidades atingidas.

Seu público alvo são as diferentes comunidades que residem na região da usina, constituídas por pessoas com culturas, etnias, classes sociais e níveis econômicos distintos: estudantes, mulheres, homens, crianças, jovens e adultos que estejam interessados na preservação da água e das nascentes que formam o rio Xingu, responsável pelo abastecimento de Belo Monte.



Figura 26. Objetivos estratégicos para o programa de compensação proposto.

Fonte: Autora, 2021.

O modelo foi estruturado considerando a área de influência direta do empreendimento, o que abrange cinco municípios: Altamira, Anapu, Brasil Novo, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu. Todas as atividades realizadas devem atuar em diversas frentes para promover o desenvolvimento sustentável no território de influência da usina, e devem ser desenvolvidas e suportadas por ferramentas para gestão de informações, aplicadas ao monitoramento, planejamento e tomada de decisões das ações referentes à segurança hídrica e desenvolvimento territorial.

6.1. AÇÕES DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A educação ambiental é fundamental para o desenvolvimento sustentável. Até 2020, cerca de 70% da população residente dos municípios da AID de Belo Monte nunca participaram de nenhum programa de educação ambiental (JUNIOR; LEÃO; CALVI, 2020).

Nos anos 90, a Educação Ambiental recebeu diversas denominações: ecopedagogia, alfabetização ecológica, educação para a sustentabilidade, entre outros. Tais nomenclaturas buscam a construção de processos de DS a partir da educação. Proporcionando a aprendizagem para a cidadania e a sustentabilidade, baseado na reflexão e na busca crítica acerca das relações entre natureza e a sociedade (KLUNK; MAZZARINO; TURATTI, 2018).

Segundo a Política Nacional Ambiental, entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum, essencial à qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 2012).

Os documentos ambientais globais corroboram a importância da educação no processo de construção de uma civilização consciente com as questões ambientais. O envolvimento da população é respaldado na garantia do acesso à informação e na abertura de canais de participação, com o papel do poder público de gerar conteúdos educacionais e informativos. Criando uma responsabilidade ético-política de reflexão e ação para os educadores ambientais que atuam nas comunidades (KLUNK; MAZZARINO; TURATTI, 2018).

Uma das formas de se ter um diálogo aberto e contínuo com o empreendedor e a sociedade, é criar um Programa de Educação Ambiental (PEA) para conscientizar a população e coibir ações predatórias sobre o ambiente que já está fragilizado com a instalação da usina.

Desse modo, o PEA se mostra uma prática socioeducativa e cultural que se destina a melhorar a relação homem-sociedade-natureza e busca sensibilizar os envolvidos quanto a importância do manejo sustentável e a noção de corresponsabilidade voltada à conservação e uso sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 2012).

As ações de educação ambiental são voltadas para a propagação e o desenvolvimento do consumo sustentável consciente e de práticas de produção voltadas para a redução da pegada ecológica e o desenvolvimento de uma cultura de sustentabilidade.

Para o caso da UHE Belo Monte, as ações devem ser voltadas para toda a comunidade que reside nos municípios da área de influência direta da usina. Contudo, o foco dessas ações será direcionado para a rede de escolar desses municípios. Para tal, é fundamental fornecer condições para a produção, aquisição de conhecimentos, habilidades entre os envolvidos e para se desenvolver atitudes que visam a participação individual e coletiva na gestão do uso dos recursos naturais.

A implementação das ações se dá pela criação e desenvolvimento de iniciativas de orientação, capacitação, informação e comunicação para os estudantes. Para tal, é primordial que haja a formação de educadores ambientais, que tem como público alvo os professores da rede formal de ensino dos municípios da AID de Belo Monte.

Alguns mecanismos utilizados para essa finalidade englobam seminários, oficinas, atividades lúdicas, capacitações, campanhas e a distribuição de materiais didáticos. Também é interessante implementar o turismo educativo na região, com foco na importância da memória e conservação do patrimônio e da biodiversidade.

O PEA propõe ações de educação ambiental para a população de forma a aumentar o nível de conhecimento dos atores envolvidos, promover a proteção ambiental dos ecossistemas regionais e maximizar os benefícios socioambientais necessários à conservação e proteção ambiental. Para tal, devem ser priorizadas ações educativas formais e não-formais para a qualificação e organização dos e para implementação dos projetos socioambientais de compensação, assim como monitoramento e avaliação da sua efetividade. Para se criar um PEA é necessário planejar e executar as seguintes etapas (BRASIL, 2012):

- Identificar as demandas socioambientais;
- Desenvolver um processo de ensino com ações participativas e inclusivas alinhadas a realidade das comunidades;
- Promover a reflexão sobre a interdependência econômica, social, política e ambiental da região;
- Estimular o desenvolvimento de uma postura ecológica individual e coletiva;
- Contribuir para a prevenção e minimização dos potenciais impactos decorrentes da operação da usina.

Podem ser adotadas outras ações para assegurar a efetividade do programa. O ponto fundamental para a execução do PEA é entender o local, a população e os costumes da região.

As ações de educação ambiental estão ligadas com a ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), principalmente, com a meta 12.8 que visa garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação e conhecimento necessário para adotar o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza.

6.2. AÇÕES PARA SEGURANÇA HÍDRICA

A gestão de bacias hidrográficas é um método de planejar as ações de recuperação ambiental, uso, conservação e manejo dos solos, de modo a respeitar como a natureza se configura em torno dos rios e demais cursos d'água em uma bacia hidrográfica (SILVA *et al*, 2020). O efetivo gerenciamento integrado dos recursos hídricos é imprescindível para a operação, a longo prazo, da UHE Belo Monte.

A preservação dos corpos hídricos da bacia é fundamental para planejar de maneira correta o manejo e conservação do solo, assim como o uso da terra na região. O melhor modo de gerir o corpo de água são as medidas adotadas para mitigar o escoamento superficial e favorecer a infiltração da água no solo, de forma a prevenir a erosão e reduzir o aporte de sedimentos, nutrientes e poluentes para o rio. Por meio destes cuidados é possível manter a

biodiversidade da bacia e assegurar a conectividade entre as diferentes microbacias hidrográficas, além de aumentar a vida útil do reservatório (WENDT, 2018).

Com o intuito de garantir a segurança hídrica do reservatório da usina hidrelétrica de Belo Monte e o desenvolvimento regional sustentável na bacia hidrográfica do Xingu, deve-se adotar ações de manejo de água e solo, monitoramento, piscicultura, sustentabilidade social, educação e preservação ambiental e de melhoria da qualidade de vida da comunidade rural.

A segurança hídrica remete-se à recuperação e preservação de bacias hidrográficas e reservatórios por meio de ações permanentes e integradas com o objetivo de promover o uso sustentável dos recursos naturais, de melhores condições socioambientais e da melhor disponibilidade de água em quantidade e qualidade para usos múltiplos (SILVA *et al*, 2020).

A principal atividade a ser proposta nessa etapa do programa é a execução de práticas mecânicas e culturais de conservacionismo da água e do solo, como a proteção e recuperação de nascentes e a restauração de florestas ribeirinhas.

O público alvo dessas ações se delimita a toda população da AID de Belo Monte e os demais usuários dos recursos hídricos do Xingu.

Para se potencializar a eficácia das ações é necessário realizar ações conjuntas com a comunidade e estabelecer as prioridades de ação. Portanto, os serviços devem ser realizados com o auxílio das prefeituras municipais. Para isso, se faz necessário (SILVA *et al*, 2020):

- Elaborar o Diagnóstico Ambiental da Microbacia, de forma a apontar as ações coletivas e específicas;
- Elaborar os Planos de Controle Ambiental;
- Realizar o diagnóstico dos sistemas de produção;
- Elaborar os Planos de Desenvolvimento Sustentável da unidade familiar;
- Elaborar os instrumentos legais para a execução das atividades;
- Fazer a prospecção de recursos para executar as ações específicas.

Tais ações proporcionam melhores práticas para a conservação da água e do solo, de forma a preservar os ecossistemas aquáticos e terrestres. O monitoramento das atividades deve ser realizado pelos gestores de bacia em conjunto com as prefeituras municipais.

As atividades realizadas estão ligadas com a ODS 6 (Água Potável e Saneamento), principalmente, com as metas ligadas a gestão integrada de recursos hídricos (6.5), proteção e restauração de ecossistemas relacionados à água (6.6), melhoria da qualidade da água (6.3) e apoio e fortalecimento da participação das comunidades locais na gestão da água (6.b). Além

de estar associadas a OE 1 – segurança da produção de energia com melhores índices de qualidade e a OE 6 – garantir a segurança hídrica

6.2.1. CONSERVAÇÃO DA ÁGUA E DO SOLO

Essa etapa consiste em atividades que contribuem para a redução do envio de sedimentos aos rios e ao reservatório e para aumentar a infiltração de água no solo, de forma a recarregar os aquíferos subterrâneos e diminuir a sedimentação dos cursos d'água, incluindo o reservatório e seus afluentes. Tais atividades, listadas a seguir, são essenciais para otimizar a quantidade e qualidade da água para a geração de energia.

- Seleção de microbacias importantes, de forma a priorizar as nascentes e as áreas com maior concentração de passivo ambiental;
- Engajamento participativo dinâmico das comunidades para resolver as adversidades encontradas nas práticas atuais e adotar ações corretivas, estabelecendo parcerias a favor da sustentabilidade;
- Reuniões entre parceiros locais para preparar instrumentos legais para execução física e financeira das atividades;
- Implementar boas práticas relacionadas à conservação do solo, recuperação e proteção de nascentes de rios e matas ciliares;
- Implementar o projeto Pacto das Águas.

O projeto Pacto das Águas promove alternativas de desenvolvimento social e geração de renda às comunidades da Amazônia por meio do extrativismo, de modo a apoiar a estruturação das cadeias de produtos da sociobiodiversidade já utilizados por essas comunidades, assim como de outros potenciais existentes em suas terras. O projeto tem como meta estimular e consolidar estratégias de desenvolvimento pautadas na manutenção da floresta e respeito à cultura das populações tradicionais (PACTO DAS ÁGUAS, 2021).

O Pacto das Águas oferece assessoria e capacitação para boas práticas de manejo às atividades produtivas; desenvolve atividades de formação e certificação de agentes multiplicadores de conhecimento, indígenas e não-indígenas; auxilia os povos na implantação de infraestrutura para produção, armazenamento e comercialização da produção; promove a educação ambiental; estimula a conservação florestal; além de promover assessoria ao acesso de políticas públicas relacionadas à cadeia produtiva (PACTO DAS ÁGUAS, 2021).

Na perspectiva do projeto, o extrativismo legal e sustentável valoriza a floresta em pé, além de ser uma eficaz estratégia de gestão ambiental, territorial e econômica, de geração de

renda a partir de atividades sustentáveis, de valorização dos modos de vida tradicionais e de seu protagonismo social, respeitando a floresta e a cultura das comunidades. Além de ajudar a diminuir o êxodo de populações tradicionais e indígenas (PACTO DAS ÁGUAS, 2021).

6.2.2. REPOSIÇÃO FLORESTAL

Como visto anteriormente, para se construir a usina hidrelétrica de Belo Monte, uma extensa área precisou ser inundada a fim de criar o reservatório, o que resultou em um desmatamento no local, além de ter estimulado o desmatamento de áreas vizinhas (BRO; MORAN; CALVI, 2018).

Para se compensar esse impacto negativo, é necessário a implementação de ações que visem a reposição florestal, com o objetivo de recuperar parte da biodiversidade local e facilitar os processos biológicos relativos à manutenção do ecossistema, por meio do plantio, condução e manejo de espécies florestais nativas.

Importantes atividades devem ser implementadas a fim de garantir a proteção de nascentes e dos cursos d'água afluentes ao rio e ao reservatório da usina, de forma a assegurar a integridade dos serviços ecossistêmicos relacionados à água. Essas atividades contribuem para a proteção dos ecossistemas e para manutenção de uma gestão eficaz dos recursos hídricos da região, além de promover a ação contínua da educação ambiental. Consequentemente, os impactos positivos resultantes da implementação do programa são refletidos na quantidade e qualidade da água (SILVA et al, 2020).

Devem ser realizadas ações de conscientização, engajamento, educação e prática que são planejadas e executadas por uma equipe multidisciplinar treinada, envolvendo instituições de ensino e pesquisa, prefeituras e outros atores da região. Além de se realizar eventos técnicos e científicos relacionados ao meio ambiente e à biodiversidade.

Quando se planeja recompor formações florestais, é importante que se tenha em mente a distribuição das espécies em determinada área. Essa distribuição é determinada pela adaptação dessas espécies às condições da fitogeografia de uma dada região (FERREIRA, 2012). Para o caso de Belo Monte serão adotadas duas metodologias de reposição florestal: o plantio de mudas e o Sistema Agroflorestal.

O primeiro modelo consiste em produzir mudas florestais de espécies nativas do bioma Amazônia para a restauração dos ecossistemas essenciais para a manutenção dos serviços ambientais como a provisão de água com qualidade e em quantidade para consumo e geração de energia, além de manter a biodiversidade e saúde ambiental da região. O principal objetivo dessa etapa é a recomposição da mata ciliar na região de instalação do empreendimento, que

auxilia na retenção de sedimentos e evita erosões, de forma a garantir a segurança hídrica para a geração de energia com qualidade (SILVA et al, 2020).

O Sistema Agroflorestal consiste em um modelo que respeita as potencialidades locais e contempla o uso de espécies florestais e culturas agrícolas perenes e anuais, como fruteiras e árvores de interesse regional. Esse sistema favorece a fauna, a flora, a ciclagem de nutrientes e proporciona maior cobertura do solo. O modelo proposto é voltado para a produção de alimentos e melhoria da qualidade dos solos. Portanto, seu objetivo é desenvolver um sistema de floresta produtiva capaz de gerar renda para a comunidade e reflorestar as áreas desmatadas ao mesmo tempo. A proposta de utilizar a floresta como fonte geradora de renda, combinado aos cultivos agrossilvícolas nos sistemas florestais reflete na melhoria na renda e qualidade de vida dos agricultores, além de aquecer a economia local (SUÁREZ e BURGOS, 2009).

A recuperação de áreas florestais mediante plantio de espécies nativas ou por meio da agrossilvicultura devem observar, minimamente, as seguintes boas práticas e procedimentos (FERREIRA, 2012):

- Manutenção dos indivíduos de espécies nativas pelo tempo necessário;
- Adoção de medidas de prevenção e controle de incêndios;
- Adoção de medidas de controle de espécies vegetais invasoras, de forma a não comprometer a área de recuperação;
- Proteção das espécies vegetais nativas por meio do isolamento da área a ser recuperada, quando necessário, mediante justificativa técnica;
- Preparo do solo e controle de erosão;
- Adoção de medidas para conservação e atração de animais nativos dispersores de sementes.

Por fim, o monitoramento é essencial para apoiar a realização das ações propostas e acompanhar a trajetória do ecossistema no processo de restauração em direção a sustentabilidade. Essa etapa deve continuar mesmo após a conclusão do trabalho, a fim de verificar o sucesso das intervenções.

A linha de atuação das atividades está alinhada com o ODS 15 – Vida Terrestre, especialmente em relação às metas: de gestão sustentável das florestas (15.2) e de proteção à biodiversidade (15.5). Além dos objetivos: OE 4 – sustentabilidade empresarial e OE 6 – garantir a segurança hídrica.

6.3. DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL

Além de ter uma série de atividades voltadas à proteção de nascentes e cursos d'água, as ações de compensação também visam promover serviços agropecuários de menor impacto ao meio ambiente, por meio do Desenvolvimento Rural Sustentável.

A agricultura, base da economia na região da bacia do Xingu, utiliza uma considerável quantidade de recursos naturais que impactam na qualidade e quantidade de água nos rios e no reservatório da UHE Belo Monte (SILVA et al, 2020).

Desse modo, as ações de compensação têm o objetivo de minimizar esses impactos, apoiando projetos e iniciativas de práticas conservacionistas, por meio de parcerias com os municípios da AID da usina, cooperativas, institutos de pesquisa, universidades e agentes públicos. Além de reduzir a contaminação das águas, mediante técnicas sustentáveis, de forma a diminuir o uso de insumos químicos e o aporte de dejetos, aumentando a vida útil do reservatório. Na prática, as ações de assistência técnica desenvolvidas destinam-se aos agricultores familiares, destacando-se os agricultores orgânicos.

Os agricultores e suas organizações devem ser assessorados por uma rede de Assistência Técnica e Extensão Rural, de forma gratuita e individual, com visitas técnicas nas propriedades e a realização de capacitações coletivas, com a introdução de boas práticas agronômicas sustentáveis para a melhoria dos sistemas de produção, tornando-os mais produtivos e eficientes. Também se faz necessário realizar assessorias às agroindústrias familiares visando a padronização dos produtos, a melhoria da marca, rotulagem, informações nutricionais, com o objetivo de ampliar a comercialização e proporcionar maior valor agregado aos produtos, promovendo o aumento da renda e o desenvolvimento econômico (SILVA et al, 2020).

Há várias estratégias de ação regional que fomentam o desenvolvimento socioeconômico, assim como a geração de empregos. Os esforços são concentrados nas seguintes áreas (SILVA et al, 2020):

- Incentivo à diversificação, reduzindo os riscos do sistema de produção;
- Orientação relativa aos cultivos e produtos com maior valor agregado;
- Incentivo à produção orgânica, reduzindo a dependência externa de insumos e agregando valor aos produtos;
- Fomento à agroindustrialização dos produtos, aumentando a disponibilidade e lucratividade;
- Desenvolvimento de estratégias de marketing por meio de feiras, vendas diretas, marketing interno, programas institucionais e mercados produtores.

As informações devem ser discriminadas por meio de palestras e pela promoção de eventos, com estandes, materiais promocionais e venda de produtos oriundos da agricultura familiar, a fim de promover ciclos de vendas, oferecendo segurança alimentar à comunidade regional, além de contribuir para a soberania alimentar (DOMÍNGUEZ e PIMENTEL, 2016).

Outro viés das ações é a atuação no apoio e fortalecimento dos segmentos vulneráveis da população rural com a certificação e comercialização de produtos orgânicos da agricultura familiar, por meio do associativismo e cooperativismo, promovendo o consumo responsável e o desenvolvimento local. Tais produtos podem ser introduzidos na alimentação escolar da rede formal de ensino da AID do empreendimento, mediante o apoio na implementação de leis municipais que garantem a aquisição de alimentos orgânicos para as merendas escolares. Além de envolver uma formação continuada de nutricionistas, cozinheiros e merendeiras comprometidos com a utilização desses produtos, propiciando à segurança alimentar e à melhoria dos hábitos nutricionais.

Também deve-se incentivar a realização de feiras regionais e pontos de comercialização para que os agricultores possam vender e difundir o seu produto. Essa medida tem como principais objetivos: manter uma rede de assistência técnica de qualidade e capaz de dar suporte aos agricultores familiares da região; incentivar o processo de comercialização; aumentar a capacidade produtiva; e fomentar a agregação de valor aos produtos por meio da agroindustrialização (DOMÍNGUEZ e PIMENTEL, 2016).

As ações do Desenvolvimento Rural Sustentável estão alinhadas com o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), em especial a meta de garantia de sistemas sustentáveis de produção de alimentos (2.4), bem como os objetivos estratégicos: OE 5 – desenvolvimento sustentável das áreas de influência e OE 6 – garantir a segurança hídrica.

6.4. PISCICULTURA

A alta demanda produtiva e a contaminação dos recursos hídricos, vinculados ao consumo humano e a produção de alimentos, são desafios a serem enfrentados pela união entre a sustentabilidade ambiental e produtiva, especialmente a médio e longo prazo. Diante deste cenário, o apoio ao desenvolvimento e à disseminação de modelos sustentáveis na aquicultura é um dos principais focos das ações de compensação. Atividades como o cultivo de peixes, o uso de sistemas aquapônicos e avaliação do potencial zootécnico de espécies nativas são encaradas como ações estratégicas para a sustentação do crescimento do setor e à conservação ambiental (SILVA *et al*, 2020).

A pesca e a aquicultura estão entre as atividades mais importantes do ponto de vista econômico, social e ambiental, especialmente na região Amazônica. Afinal, o gradativo colapso da segurança alimentar e laboral da pesca, reconhecidamente entre os extratos mais periféricos da sociedade, está associada à aceleração do desmatamento na região e ao comprometimento de mananciais, o que demanda a replicação de experiências de gestão participativa com manejo sustentável dos ecossistemas (SILVA *et al*, 2020).

O Brasil dispõe de condições favoráveis ao desenvolvimento desta atividade, principalmente por possuir cerca de 5 milhões de hectares de reservatórios naturais e artificiais de água doce. Como esses ambientes vêm sendo utilizados abaixo do seu potencial, o incentivo a piscicultura em parques aquícolas surge com uma alternativa promissora para incrementar os números da aquicultura nacional (BRABO *et al*, 2013).

O país ocupa a 23ª posição no ranking mundial de produção de pescados por pesca extrativa, com 82.164 toneladas. Em 2010, no Pará, a atividade representava 10,9% da produção de pescados, com 4.544 toneladas, uma participação pouco significativa em relação ao total da produção nacional, o que denota o desenvolvimento recente dessa atividade na região (ARAÚJO, 2014).

A piscicultura consiste no cultivo de peixes de água doce e tem como objetivo fomentar o desenvolvimento da cadeia de produção pesqueira na região de influência da UHE Belo Monte, conciliando a eficiência produtiva e a conservação ambiental, de maneira a contribuir diretamente para a segurança hídrica do reservatório da usina hidrelétrica. Além de promover a inclusão social, o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade produtiva para a comunidade local.

O uso estratégico de reservatórios oferece uma ampla gama de oportunidades para as comunidades que operam em torno de barragens hidrelétricas. Os reservatórios podem ser usados para aumentar, de modo significativo, a produção da aquicultura de maneira sustentável, criando condições que atraem novos investidores e tornando essa atividade uma alternativa válida para gerar emprego e renda (SILVA *et al*, 2020).

A tecnologia para produção de peixes em sistemas sustentáveis consiste na promoção da fertilização orgânica controlada, a fim de favorecer o crescimento de microrganismos que usam componentes de nitrogênio para seu desenvolvimento, o que resulta na produção de agregados microbiais e orgânicos chamados bioflocos. Essa técnica promove o aprimoramento de microrganismos em um sistema fechado com recirculação de água, ou seja, a mesma água é usada durante o ciclo de produção. O sistema microbial funciona como um filtro biológico natural, o que permite a manutenção da qualidade de água e a reutilização de nutrientes que

seriam descartados. O sistema permite se operar com alta produtividade, biossegurança e geração mínima de efluentes (SILVA *et al*, 2020).

O sistema utilizado nesse programa envolve a produção de gaiolas de rede, além de incluir a capacitação e instrução técnica em piscicultura, abarcando técnicas de tanques-rede, assistência técnica e o desenvolvimento e difusão tecnológica de cultivos e modelos sustentáveis. Desse modo, os pescadores ficam melhor assistidos. A melhoria da aquicultura no reservatório é feita por meio de um protocolo técnico que envolve a criação de peixes nativos, treinamentos em aquicultura e doação de equipamentos para pequenos produtores no primeiro ciclo de produção (SILVA *et al*, 2020).

Para que a iniciativa seja efetiva é necessário a criação de pontos de pesca, parques e áreas aquícolas delimitados e licenciados de maneira adequada. Além do desenvolvimento de estudos da ictiofauna e projetos para compreender a ecologia, com o intuito de promover a pesca profissional artesanal nos usos múltiplos do reservatório.

Contudo, apesar de a piscicultura se mostrar uma técnica viável e relevante, sua cadeia produtiva necessita ser bem estruturada para corresponder às expectativas de uma política pública para o incremento da produção de pescado de forma organizada. Ademais, os preços dos insumos básicos para intensificação da produção são elevados, para tal é necessário que sejam disponibilizadas linhas de crédito diferenciadas para os usuários de áreas aquícolas não onerosas (BRABO *et al*, 2013).

Por fim, o monitoramento da atividade pesqueira no reservatório constitui a principal ferramenta, capaz de orientar possíveis medidas de manejo com o objetivo de garantir a exploração sustentável dos recursos pesqueiros no reservatório.

As ações estão alinhadas com os objetivos estratégicos: OE 3 – fomentar o desenvolvimento social, econômico, ambiental e cultural na área de influência e OE 5 – desenvolvimento sustentável das áreas de influência.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme foi observado, os aproveitamentos hidrelétricos incorporam um custo social que se distribui pelas diferentes esferas de gestão, afetando de maneira direta as populações mais vulneráveis da região onde implantados. Desse modo, o presente estudo buscou avaliar o grau de sustentabilidade da UHE Belo Monte. A usina apresentou pontos positivos e negativos no que se diz respeito ao desenvolvimento sustentável do projeto.

Após uma análise criteriosa do estudo de caso, pode-se concluir que a usina hidrelétrica de Belo Monte apresenta um grau de sustentabilidade muito baixo. Vale ressaltar que os indicadores propostos pela EPE se mostram ineficazes para essa avaliação, já que apresentam diversas disparidades quando os indicadores são tratados de forma conjunta. Essa percepção apenas foi adquirida após se utilizar a metodologia biograma possibilita a integração dos indicadores e se observar as distorções entre as dimensões estudadas.

Portanto, fica evidente que a avaliação de impactos ambientais por parte da EPE é pautada no controle e mitigação dessas externalidades de forma isolada, sem avaliar os efeitos cumulativos da usina na área de influência como um todo.

Desse modo, Belo Monte é considerada insustentável no ponto de vista ambiental e social, porém possui potencial de contribuir e apoiar a sustentabilidade social e ambiental das populações que residem nos territórios em que está instalada. Para isso, se faz necessário implementar ações de compensação efetivas na região, com atividades que visem a geração de renda para as comunidades e a segurança hídrica, a fim de se prolongar a vida útil da usina e manter a fonte de energia.

Portanto, foram propostas atividades de cunho socioambiental e econômico, como a promoção de educação ambiental na rede de ensino formal nos municípios da AID do empreendimento, o plantio de mata ciliar a fim de manter a segurança hídrica do rio Xingu, a implementação de sistemas agroflorestais e a realização de piscicultura no reservatório da usina. Tais ações devem ocorrer em conjunto com as comunidades afetadas pela usina em um contexto de acordo mútuo. Para tal, o empreendedor deve cumprir todos os compromissos assumidos.

Tendo em vista os aspectos abordados, é possível inferir que as ações de compensação propostas se tornam uma medida eficaz para se compensar, minimamente, os principais impactos negativos sofridos na área de influência direta de Belo Monte. Cabe salientar que é necessário um monitoramento constante das atividades realizadas, com o intuito de assegurar a eficácia das ações sugeridas.

8. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **POLIMERO**. 2021c. Disponível em: <<http://polimero.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 08 março de 2021.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL – SIGA**. 2021b. Disponível em: <<https://bit.ly/2IGf4Q0>>. Acesso em: 08 março de 2021.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatórios de Consumo e Receita de Distribuição**. 2021a. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/relatorios-de-consumo-e-receita>>. Acesso em: 10 de maio de 2021.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatórios da Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos (CFURH)**. 2021c. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/cmpf/gerencial/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2021.
- ARAÚJO, Eduardo André Duarte de. **Estudo do impacto socioeconômico da piscicultura em tanques-rede no reservatório da UHE Tucuruí-PA: O caso do Projeto IPIRÁ**. 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de Meio Ambiente, Belém, 2014.
- ARAÚJO, Luís Eduardo dos Santos. **Crise hídrica e potencial energético da região sudeste**. 2016. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2016.
- ASSUNÇÃO, J.; SZERMAN, D.; COSTA, F. **Estudo: Efeitos locais de hidrelétricas no Brasil**. INPUT. Climate Policy Initiative, 2016.
- AZAMBUJA, A. M. S. de; NASCIMENTO, I. S.; SILVA, H.; DIAS, L. **Climatologia da Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Xingu**. 2018. (Relatório de pesquisa).
- BARRETO, Paulo et al. **Risco de desmatamento associado à hidrelétrica de Belo Monte**. Belém: Imazon, 2011.
- BRABO, Marcos Ferreira et al. **Viabilidade econômica da piscicultura em tanques-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará**. Embrapa Tabuleiros Costeiros- Artigo em periódico indexado (ALICE), 2013.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. Despacho nº 965, de 20 de abril de 2016. Entrada em operação da primeira unidade geradora da Usina Hidrelétrica Belo Monte. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 2016.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 2000.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ibama. Instrução Normativa do Ibama nº 2/2012, de 27 de março de 2012. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 2012.
- BRASIL. Resolução Normativa ANEEL nº 351, de 11 de novembro de 1998. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 1998.
- BRASIL. Resolução Normativa ANEEL nº 875, de 10 de março de 2020. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 2020.

- BRO, Aniseh S.; MORAN, Emilio; CALVI, Miquéias Freitas. **Market participation in the age of big dams: the Belo Monte Hydroelectric Dam and its impact on rural agrarian households.** *Sustainability*, v. 10, n. 5, p. 1592, 2018.
- BRUNDTLAND, Gro Harlem; COMUM, Nosso Futuro. **Relatório Brundtland.** Our Common Future: United Nations, 1987.
- CABALLERO, Cassia Brocca. **Análise do Processo de Avaliação de Impactos Ambientais do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte – PA.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Pelotas. Rio Grande do Sul, 2016.
- CAVALCANTE, Maria Madalena Aguiar et al. Hydroelectric Plants and Conservation Unit in the Amazon. *Mercator*, Fortaleza, v. 20, 2021.
- CHAVES, Kena Azevedo; MONZONI, Mario; ARTUSO, Leticia Ferraro. Belo Monte Dam: Rural Resettlement, Participatory Process and the Right to Adequate Housing. *DIREITO GV*, v. 15, p. 1, 2019.
- CHOUERI, Ricardo Brasil. **Conflito, licença ambiental e energia na Amazônia: análise dos conflitos socioambientais produzidos pela Usina hidrelétrica de Belo Monte (PA) relacionados à biodiversidade aquática e pesca.** 2019. Dissertação de Doutorado – Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2019.
- CIPOLAT, Carina et al. **Programa Cultivando Água Boa (CAB) da Itaipu Binacional: Análise dos principais programas, projetos e ações.** VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2010.
- CIRILO, José Almir. Crise hídrica: desafios e superação. *Revista USP*, n. 106, p. 45-58, 2015.
- CONFEA, Conselho Federal de Engenharia e Agronomia. Resolução nº 1076, de 5 de julho de 2016. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**. Brasília, 2016.
- COSTA, Gean Magalhães da; PIMENTEL, Hemili Vitória do Carmo; CAVALCANTE, Maria Madalena de Aguiar. Implicações da Implantação de Usinas Hidrelétricas e Unidades de Conservação na Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas. *Revista Equador*, v. 9, n. 3, p. 233-251, 2020.
- COSTA, Savannah Tâmara Lemos da et al. Usina Hidrelétrica de Belo Monte: Análise Multitemporal da Produção de Energia e Impactos Ambientais. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 8, n. 1, p. 224-237, 2019.
- CRUZ, Carla Buiatti; SILVA, Vicente de Paulo da. Great projects of investment: the construction of hydroelectric and the creation of new territories. *Sociedade & Natureza*, v. 22, n. 1, p. 181-190, 2010.
- CUNHA, Denise de Andrade; FERREIRA, Leandro Valle. Impacts of the Belo Monte hydroelectric dam construction on pioneer vegetation formations along the Xingu River, Pará State, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 35, n. 2, p. 159-167, 2012.
- DAMAZIO, J. M. et al. **Incorporação dos Impactos Socioambientais Positivos no Planejamento do Aproveitamento Hidroelétrico no Brasil – Apresentação de um Caso Teste.** XIX SNPTEE, Rio de Janeiro, 2007.
- DOMÍNGUEZ, Aldira Guimarães Duarte; PIMENTEL, Fagner Barbosa. O Programa Cultivando Água Boa: uma avaliação desde a perspectiva da colonialidade. Hegemonia: *Revista de Ciências Sociais*, n. 20, p. 22-22, 2016.

- DUARTE, André; AZEVEDO, Marcelo; SILVA, Robson da; SANTOS, Rui; TEIXEIRA, Thiago. Programa para Minimização de Impactos Ambientais Implantados em Usinas Hidrelétricas Brasileiras. **Revista Cidadania & Meio Ambiente**, 2013.
- ELETROBRAS, Centrais Elétricas Brasileiras. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) AHE BELO MONTE**. 2009.
- EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica DEA 21/10: Metodologia para Avaliação da Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental de UHE e LT**. Rio de Janeiro, 2010.
- EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica DEA 17/12: Metodologia para Avaliação da Socioambiental de Usinas Hidrelétricas**. Rio de Janeiro, 2012.
- FAINGUELERNT, M. B. A trajetória histórica do processo de licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 2, p. 247-266, 2016.
- FALCÃO, Ângelo Wesley de Sousa et al. Os reflexos da crise hídrica brasileira na estrutura de custos das empresas do setor de energia elétrica. **ABCustos**, v. 14, n. 2, 2019.
- FARIA, Roberto Censi; KNISS, Cláudia Terezinha; MACCARI, Emerson Antônio. Sustentabilidade em Grandes Usinas Hidrelétricas. **Revista Gestão e Projetos**, v.3, n. 1, p. 225-251, 2012.
- FEARNSIDE, Philip Martin. **A Barragem de Belo Monte: Lições de uma Luta por Recursos na Amazônia**. In: Hidrelétricas na Amazônia: Implicações territoriais nas áreas de influencias das usinas nos rios Xingu (Pará) e Madeira (Rondônia), pp. 37-82, 2018a.
- FEARNSIDE, Philip Martin Martin. Belo Monte: actors and arguments in the struggle over Brazil's most controversial Amazonian dam. **Revista Nera**, n. 42, p. 162-185, 2018b.
- FEARNSIDE, Philip Martin. **Desinformação no EIA de Belo Monte – Série Completa**. 2017. Disponível em: <<http://philip.inpa.gov.br/>>. Acesso em: 02 de maio de 2021.
- FEARNSIDE, Philip Martin. **Hidrelétricas e Povos Tradicionais – Série Completa**. 2020. Disponível em: <<http://philip.inpa.gov.br/>>. Acesso em: 02 de maio de 2021.
- FELIPE, Marina Reche. **Aceitabilidade social e responsabilização pelos impactos à saúde: o caso do Plano de desenvolvimento regional sustentável do Xingu no contexto da UHE Belo Monte**. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2020.
- FERREIRA, Leonor Souza. **A restauração florestal em usinas hidrelétricas—um estudo de caso**. 2012. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (URRJ), Rio de Janeiro, 2012.
- FITZGERALD, Daniel B. et al. Diversity and community structure of rapids-dwelling fishes of the Xingu River: Implications for conservation amid large-scale hydroelectric development. **Biological conservation**, v. 222, p. 104-112, 2018.
- FRANCESCO, Ana de; CARNEIRO, Cristiane. **Atlas dos impactos da UHE Belo Monte sobre a pesca**. Instituto Socioambiental, São Paulo, v. 8, n. 03, 2015.
- FRANCO, Vania dos Santos et al. Climatologia e Previsão Hidrológica de Cheia Sazonal do Rio Xingu, Altamira-PA. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.
- FRANCO, Vânia dos Santos; SOUZA, Everaldo Barreiros de; LIMA, Aline Maria Meiguins de. Floods and social vulnerability: study on the Xingu river in Altamira/PA. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 21, 2018.

- FREIRE, Luciana Martins; LIMA, Joselito Santiago de; SILVA, Edson Vicente da. Belo Monte: fatos e impactos envolvidos na implantação da usina hidrelétrica na região Amazônica Paraense. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 3, p. 18-41, 2018.
- GARZÓN, Biviany Rojas. **O passivo das condicionantes indígenas de Belo Monte**. Vozes do Xingu: Coletânea de Artigos para o Dossiê Belo Monte, v. 43, 2015.
- GHARAVI, Hamid; GHAFURIAN, Reza. Smart grid: The electric energy system of the future. **Proceedings of the IEEE**, v. 99, n. 6, 2011.
- GOMES, Carina Sernaglia et al. Usinas hidrelétricas e desenvolvimento municipal: o caso das usinas hidrelétricas do complexo Pelotas-Uruguaí. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 2, p. 150-163, 2017.
- GONÇALVES, Alany Pedrosa. **Estrutura da ictiofauna reofílica do rio Xingu, Amazônia Brasileira: efeitos ambientais, espaciais e temporais no padrão de distribuição das espécies**. 2019. Tese de Pós-Graduação – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, 2019.
- GREENPEACE. **Hidrelétricas na Amazônia: um mau negócio para o Brasil e para o mundo**. São Paulo: Greenpeace Brasil, 2016.
- GRISOTTI, Marcia. A construção de relações de causalidade em saúde no contexto da hidrelétrica de Belo Monte. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, p. 287-304, 2016.
- HARARI, Isabel. Belo Monte, o que fizeram de nós. **Instituto Socioambiental**. São Paulo, 2016.
- HARDIN, G. The Tragedy of the Commons. **Science**, Vol. 162, p. 1243-1248, 1968.
- HAYEK, Frederick von. **Prices and Production**. Nova Iorque: Augustus M. Kelly, Publishers, 1967. 174p.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>>. Acesso em: 10 de maio de 2021.
- ISA, Instituto Socioambiental. **Belo Monte, um Legado de Violações**. 2016. Disponível em: <<https://medium.com/hist%C3%B3rias-socioambientais/belo-monte-um-legado-de-viola%C3%A7%C3%B5es-43ea35c973b8>>. Acesso em: 02 de junho de 2021.
- ISA, Instituto Socioambiental. **Povos Indígenas no Brasil**. 2021b. Disponível em: <<https://pib.socioambiental.org/pt/>>. Acesso em: 02 de junho de 2021.
- ISA, Instituto Socioambiental. **Sistema de Áreas Protegidas (SisArp)**. 2021a. Disponível em: <<https://uc.socioambiental.org/pt-br/paineldedados>>. Acesso em: 02 de junho de 2021.
- ISHIHARA, Júnior Hiroyuki. **Conhecimento Técnico e a Regulação Ambiental na Amazônia: a Utilização da Bacia Hidrográfica nos EIA/RIMA das UHE do Rio Madeira e de Belo Monte**. 2015. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.
- JIANG, Xiandie; LU, Dengsheng, MORAN, Emilio; CALVI, Miquéias Freitas; DUTRA, Luciano Vieira; LI, Guiying. Examining impacts of the Belo Monte hydroelectric dam construction on land-cover changes using multitemporal Landsat imagery. **Applied Geography**, v. 97, p. 35-47, 2018.
- JUNIOR, Jaime Barros dos Santos; LEÃO, Fábio Miranda; CALVI, Miquéias Freitas. Perceptions of the Urban Environmental Impacts after the Construction of the Belo Monte Hydroelectric Dam. **Revista GeoAmazônia**. Belém, v. 8, n. 15-16, p. 191-213, 2020.

- JUNIOR, Matias Ribeiro Cabral; OLIVEIRA, Lucas Mateus Fontenele de; ANTUNES, Dinameres Aparecida. **Belo Monte e seus Impactos Socioambientais**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, Belém – PA, 2017.
- KLUNK, Luzia; MAZZARINO, Jane Márcia; TURATTI, Luciana. O educador ambiental do Projeto Cultivando Água Boa da Bacia Hidrográfica do Paraná III. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 13, n. 3, p. 10-25, 2018.
- KÜLLER, Maria de Lourdes; AGUIAR, Fabrício Frota; VASCONCELOS, Alexandre Nunes; NETO, João Rodrigues Barbosa. **Gerenciamento Ambiental para Implantação e Operação da UHE Belo Monte e Interações com Geologia de Engenharia**. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. 2018.
- LEPURB, Laboratório de Estudos Populacionais e Urbanos. **Deslocamentos de Trabalhadores para Belo Monte**. 2014. Disponível em: < <https://www.lepurb.com.br/mapas>>. Acesso em: 10 de setembro de 2021.
- LEPURB, Laboratório de Estudos Populacionais e Urbanos. **Loteamentos Urbanos em Altamira**. 2016. Disponível em: < <https://www.lepurb.com.br/mapas>>. Acesso em: 10 de setembro de 2021.
- LIMA, Adila Maria Taveira et al. Efeito pós-barragem nos municípios impactados por usinas hidrelétricas no estado do Tocantins/Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 3, p. 138-155, 2019.
- MAGALHÃES, Sônia Barbosa; CUNHA, Manuela Carneiro da. **A expulsão de ribeirinhos em Belo Monte**. Relatório da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). São Paulo: SBPC, 2017
- MAGALHÃES, Sônia Barbosa; SANZ, Flávia Sousa Garcia. Impactos Sociais e Negociações no Contexto de Grandes Barragens: reflexões sobre conceitos, direitos e (des)compromissos. **Revista Fragmentos de Cultura-Revista Interdisciplinar de Ciências Humanas**, v. 25, n. 2, p. 223-239, 2015.
- MAGALHÃES, Sônia Barbosa; SILVA, Ygor Yuri Pereira da; VIDAL, Cleice da Luz. Não há peixe para pescar neste verão: efeitos socioambientais durante a construção de grandes barragens – o caso Belo Monte. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 37, 2016.
- MELO, Henrique Camões Barbosa de. Economia ambiental e seus métodos de valoração de recursos ambientais aplicados aos empreendimentos hidroelétricos: O Caso do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, Bacia do Rio Xingu, Estado do Pará, Brasil. **Terra Mundus**, v. 6, n. 2, 2019.
- MME, Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – janeiro 2021**. Brasília, 2021.
- MME, Ministério de Minas e Energia. **Governo Inaugura Belo Monte e dá a largada para a construção de novas hidrelétricas**. 2019a. Disponível em: <<http://antigo.mme.gov.br/web/guest/todas-as-noticias>>. Acesso em: 10 de abril de 2021.
- MME, Ministério de Minas e Energia. **Planilha de Monitoramento da Expansão da Geração do Setor Elétrico**. Brasília, 2019b.
- MME, Ministério de Minas e Energia. **Projeto da Usina Hidrelétrica de Belo Monte**. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1590364/BELO_MONTE_-_Fatos_e_Dados.pdf/94303fc2-d171-45be-a2d3-1029d7ae5aad>. Acesso em: 12 de abril de 2019.

- MONZONI, Mario; PINTO, Daniela Gomes. **Mapa dos caminhos: Deslocamento do Meio Rural**. São Paulo/Altamira: FGV/PDRSXingu, 2015b.
- MONZONI, Mario; PINTO, Daniela Gomes. **Mapa dos caminhos: Proteção territorial indígena**. São Paulo/Altamira: FGV/PDRSXingu, 2015a.
- MONZONI, Mario et al. **Indicadores de Belo Monte: Um diálogo entre condicionantes do licenciamento ambiental e o desenvolvimento local**. Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGV), 2016.
- MORAN, Emílio F. Roads and dams: Infrastructure-driven transformations in the Brazilian Amazon. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 2, p. 207-220, 2016.
- MOREIRA, Marco A. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente**. In: Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 1997, Burgos, Espanha. Actas. Burgos: ENAS, 1997.
- MORELLI, Mariana Marques. **Avaliação energética e emergética de usina hidrelétrica-estudo de caso: complexo hidrelétrico de Belo Monte-Rio Xingu**. 2010. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2010.
- NETO, José Queiroz de Miranda. **Mobilidade do trabalho e reestruturação urbana em cidades médias: UHE Belo Monte e as transformações na cidade de Altamira-PA**. III Simpósio Internacional Cidades Médias – III CIMDEPE, 2015.
- NETO, José Queiroz de Miranda; HERRERA, José Antônio. Altamira-PA: novos papéis de centralidade e reestruturação urbana a partir da instalação da UHE Belo Monte. Confins. **Revista franco-brasileira de geografia**, n. 28, 2016.
- NORTE ENERGIA. **UHE Belo Monte**. 2021. Disponível em: <<https://www.norteenergiasa.com.br/pt-br/uhe-belo-monte>>. Acesso em: 15 de abril de 2021.
- OLIVEIRA, Arthur Brender Brasil. **Análise Quantitativa e Multitemporal da Área Alagada da Usina Hidrelétrica de Belo Monte após a Implantação, Através de Imagens dos Satélites Landsat-5 e Landsat-8**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2017.
- OLIVEIRA, Cyntia Meireles et al. Usina hidrelétrica de Belo Monte: percepções dos atores locais quanto aos impactos socioeconômicos e ambientais. **Revista ESPACIOS**, n. 12, v. 37, 2016.
- ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Sistemas Isolados**. 2021. Disponível em: <<http://ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/sistemas-isolados>>. Acesso em: 10 de maio de 2021.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 18 de outubro de 2021.
- PAC, Programa de Aceleração do Crescimento. **Usina Hidrelétrica – Belo Monte – PA**. 2021. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/obra/9059>>. Acesso em: 05 de março de 2021.
- PACTO DAS ÁGUAS. **Projeto Pacto das Águas**, 2021. Página Inicial. Disponível em: <<https://www.pactodasaguas.org.br/>>. Acesso em: 01 de novembro de 2021.
- PEZZUTI, Juarez et al. Xingu, o rio que pulsa em nós: monitoramento independente para registro de impactos da UHE Belo Monte no território e no modo de vida do povo Juruna (Yudjá) da Volta Grande do Xingu. **Instituto Socioambiental**, São Paulo, 2018.

PIGOU, Arthur Cecil. **The economics of welfare**. Routledge, 1932.

PORTAL DA TRANSPARÊNCIA. **Governo Transparente**. Disponível em: <<https://www.governotransparente.com.br/>>. Acesso em: 12/10/2021.

POSTIGO, Augusto; REIS, Carolina. Impactos sofridos pelos beiradeiros nas reservas extrativistas da terra do meio. Instituto Socioambiental. **Dossiê Belo Monte: Não há condições para a Licença de Operação**, 2015.

REIS, Flávia Sumaio dos; FLUMIAN, Michel Ernesto. Usina Hidrelétrica de Belo Monte: Análise a partir dos Preceitos de Sustentabilidade e Responsabilidade Social Empresarial. **Revista Argumentum Journal of Law**, v. 14, p. 77-95, 2019.

SANCHÉZ, Luiz Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 495p.

SANTOS, P. E.; JURACK, INÊS ISABEL; BUDKE, ADELISE ARLETE ROBE. **Diagnóstico do Nível de Desenvolvimento – Biograma do Município de Horizontina**. In: 6º Encontro de Economia Gaúcha. Porto Alegre, 2012.

SARACURA, V. F. History of studies on Belo Monte hydroelectric power station. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, p. 5-9, 2015.

SARAIVA, Luiza Rotenberg. **Licenciamento Ambiental De Empreendimentos Hidrelétricos– Análise Internacional: Brasil, Vietnã E Costa Rica**. Trabalho de Graduação (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

SEPÚLVEDA, Sergio S. **Biograma: metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible de territorios**. 2008.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. Cortez editora, 2017.

SILVA, Ariel Scheffer da; VERA, Ivan; SOARES, Lígia Leite; ALDERETE, Maria Eugenia. **Itaipu Binacional e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030**. Paraná, 2020.

SILVA, Geysiane Costa; LUCAS, Flávia Cristina Araújo. Ribeirinhos e a Hidrelétrica Belo Monte: a Desterritorialização e Influências no Cultivo de Plantas Alimentícias. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, 2019.

SILVA, Ludimila Lima da. **A compensação financeira das usinas hidrelétricas como instrumento econômico de desenvolvimento social, econômico e ambiental**. 2007. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2007.

SILVA, Mayane Bento; HERREROS, Mário Miguel Amin Garcia; BORGES, Fabricio Quadros. Análise dos Aspectos Econômicos e Socioambientais no Projeto Hidrelétrico Belo Monte, Pará. **Revista de Ciências Ambientais – RCA**, v. 8, n. 1, p. 15-27, 2014.

SILVEIRA, Missifany. **A Implantação de Hidrelétricas na Amazônia Brasileira, Impactos Socioambientais e à Saúde com as Transformações no Território: o Caso da UHE Belo Monte**. 2016. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Brasília, 2016.

SILVEIRA, Missifany et al. Sustentabilidade socioambiental e a saúde nos territórios (re)construídos por projetos hidrelétricos na Amazônia: o caso de Belo Monte. Confins. **Revista franco-brasileira de geografia**, n. 37, 2018.

- SILVEIRA, Rafaela Nazareth Pinheiro de Oliveira; SILVA, Maria de Nazaré Alves da; SOUSA, Mônica Silva de; FERNANDES, Lindemberg Lima. Indicadores sócio-econômico-ambiental: Cenários de três municípios brasileiros com presença de Usina Hidrelétrica, com ênfase ao município de Altamira-Pará. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 82-89, 2017.
- SINISGALLI, Paulo Antônio de Almeida; JÚNIOR, Wilson Cabral de Sousa; TORRES, André. Análise eMergética e econômico-ambiental aplicada a estudos de viabilidade de usinas hidrelétricas no corredor ecológico Cerrado-Pantanal. **Megadiversidade**, v. 2, n. 1-2, p. 102-121, 2006.
- SION, Alexandre Oheb; FRANÇA, Lucyléa Gonçalves. **ESG: novas tendências do direito ambiental**. Synergia, 2021.
- SOUSA, Bruna Duarte de; NETO, José Queiroz de Miranda. Usina Hidrelétrica de Belo Monte e o Papel dos Agentes na Reestruturação da Cidade de Altamira – PA. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 5, n. 18, p. 01-18, 2019.
- SOUZA, Christopher Freire. **Vazões Ambientais em Hidrelétricas: Belo Monte e Manso**. 2009. Tese de Pós-Graduação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- SOUZA, Irving Rodrigues de. et al. **Análise da Dinâmica do Desmatamento da Amazônia Legal com Ênfase no Estado do Pará**. III Encontro Acadêmico da Engenharia Ambiental da EEL – USP. 2019.
- SUÁREZ, Naila López Cabaleiro; BURGOS, Fernando. **Projeto RECA – Reflorestamento Econômico Consorciado Adensado**. 2009.
- TÁVORA, Zacarias; BERTOLINO, André Mateus; BARICHELLO, Rodrigo; JACOSKI, Claudio Alcides. Indicadores de Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental de UHE: Aplicação de Metodologia para Avaliação das Maiores Hidrelétricas do País. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 342-357, 2017.
- WENDT, Jéssica Froes de Brito. **Efetividade das implementações propostas pelo programa Cultivando Água Boa nas microbacias dos rios Xaxim e Sabiá**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- ZUANON, Jansen et al. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. **Papers do NAEA**, v. 1, n. 2, 2019.

APÊNCIDE I – FICHA TÉCNICA DOS INDICADORES

Nome	Objetivo	Metodologia	Dados Necessários	Fonte dos Dados	Base Conceitual
Área Alagada	Relaciona os impactos negativos derivados da formação do reservatório com os benefícios da geração de energia.	$I = \frac{\text{área do reservatório}}{\text{potência instalada}}$	Área do reservatório (km ²); Potência instalada da usina (MW)	NORTE ENRGIA, 2021; OLIVEIRA, 2017	Nota técnica DEA 21/10 (EPE, 2010)
Modificação no Regime Hidrológico	Mensurar os impactos negativos nos ecossistemas aquáticos devido as alterações na hidrodinâmica do escoamento após o barramento do rio e a formação do reservatório	Trecho de vazão reduzida formado pelo barramento do rio (km)	Mudanças no modo de vida das comunidades tradicionais (pesca e navegação); Mudanças na fauna aquática; Mudanças na morfologia fluvial	PEZZUTI <i>et al</i> , 2018; HARARI, 2016; FRANCESCO e CARNEIRO, 2015	Nota Técnica DEA 17/12 (EPE, 2012); A Tragédia dos Comuns (HARDIN, 1968)
Perda de Vegetação	Indicar os impactos negativos decorrentes da supressão e inundação de vegetação nativa	Soma das áreas de formações vegetais atingidas pelo empreendimento	Área de vegetação nativa suprimida (km ²)	COSTA <i>et al</i> , 2019 (complementado com SIG)	Nota técnica DEA 21/10 (EPE, 2010); Nota Técnica DEA 17/12 (EPE, 2012)
Interferência em UC	Avaliar as interferências das UHE nos recursos naturais em Unidades de Conservação	Localização da UHE em relação à UC e o tipo de UC (proteção integral ou uso sustentável)	Tipo de UC afetada; Distância entre o reservatório e a UC (km)	MMA, 2021 (complementado com SIG)	Nota técnica DEA 21/10 (EPE, 2010); Nota Técnica DEA 17/12 (EPE, 2012)
Interferência em TI	Avaliar as interferências de uma UHE em Terras Indígenas	Localização da UHE em relação à TI e o tipo de interferência	Tipo de interferência: não afeta, direta ou indireta; Distância entre o reservatório e a TI (km)	FUNAI, 2021 (complementado com SIG)	Nota técnica DEA 21/10 (EPE, 2010); Nota Técnica DEA 17/12 (EPE, 2012)
População Afetada pela Barragem	Mensura o contingente populacional diretamente afetado com a implantação da UHE e é realocado em áreas urbanas e rurais	Número de pessoas remanejadas devido a formação do reservatório	Número de habitantes deslocados	FEARNSIDE, 2018b	Nota técnica DEA 21/10 (EPE, 2010); Nota Técnica DEA 17/12 (EPE, 2012)

Nome	Objetivo	Metodologia	Dados Necessários	Fonte dos Dados	Base Conceitual
Pressão na Infraestrutura	Avaliar a pressão sobre os equipamentos e serviços provocada pela afluência de contingentes populacionais que uma UHE provoca na região de implantação.	$I = \frac{k \times \text{empregos gerados}}{\text{população dos municípios}}$	Número de empregos gerados; População residente nos municípios de apoio	NETO e HERRERA, 2016; IBGE, 2021	Nota técnica DEA 21/10 (EPE, 2010); Nota Técnica DEA 17/12 (EPE, 2012)
Empregos Gerados	Avaliar os impactos positivos trazidos pelos empregos gerados na implementação da UHE, considerando a população local que poderia ser empregada em atividades associadas ao empreendimento	Número de empregos diretos gerados (quanto maior o número de empregos, maior o benefício que o projeto traz)	Número de empregos diretos gerados	NETO e HERRERA, 2016	Nota Técnica DEA 17/12 (EPE, 2012); Teoria Austríaca do ciclo econômico (HAYEK, 1967)
Incremento temporário	Avaliar o incremento na receita dos municípios atingidos pelo empreendimento durante sua implantação	$I = \frac{\text{arrecadação de ISS}}{\Sigma \text{receita dos municípios}}$	ISS previsto para os municípios afetados (R\$); Receitas orçamentárias dos municípios que vão receber o ISS (R\$)	PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, 2021	Nota técnica DEA 21/10 (EPE, 2010); Nota Técnica DEA 17/12 (EPE, 2012)
Incremento permanente	Avaliar o incremento permanente na receita dos municípios atingidos pelo reservatório da UHE, em função do recebimento da compensação financeira	$I = \frac{\Sigma \text{compensação financeira}}{\Sigma \text{receita dos municípios}}$	Compensação financeira dos municípios atingidos (R\$); Receitas orçamentárias dos municípios que recebem a compensação financeira (R\$)	ANEEL, 2021c; PORTAL DA TRANSPARÊNCIA, 2021	Nota técnica DEA 21/10 (EPE, 2010); Nota Técnica DEA 17/12 (EPE, 2012); The Economics of Welfare (PIGOU, 1932)

APÊNDICE II – BANCO DE DADOS PARA CARTOGRAMAS

ID	Nome	Data do Dado	Tipo	Fonte	Link
1	Limites estaduais	2019	.shp	IBGE	https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa222184
2	Limites internacionais	2021	.shp	FORESTGIS	https://forest-gis.com/download-gis-base-de-dados/
3	Usinas hidrelétricas	2021	.shp	ANEEL	https://sigel.aneel.gov.br/Down/
4	Hidrografia	2017	.shp	IBGE	http://forest-gis.com/download-de-shapefiles/
5	Municípios do Pará	2018	.shp	IBGE	https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa221173
6	Bacias hidrográficas	2016	.shp	ANA	http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home
7	Unidades de Conservação Federal	2021	.shp	MMA	http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm#
9	Unidades de Conservação Estadual	2021	.shp	MMA	http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm#
10	Terras Indígenas	2021	.shp	FUNAI	http://www.funai.gov.br/index.php/shape