



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

ECLAIR MORAES

**USINA HIDRELÉTRICA DO BEM QUERER: ANÁLISE E PROJEÇÃO DA
INFLUÊNCIA DO PROJETO NO USO E COBERTURA DO SOLO NA BACIA DO
MÉDIO RIO BRANCO, RORAIMA**

Boa Vista, RR

2021

ECLAIR MORAES

**USINA HIDRELÉTRICA DO BEM QUERER: ANÁLISE E PROJEÇÃO DA
INFLUÊNCIA DO PROJETO NO USO E COBERTURA DO SOLO NA BACIA DO
MÉDIO RIO BRANCO, RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, na linha de pesquisa: Dinâmica da Paisagem Amazônica.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sander

Coorientador: Prof. Dr. Thiago Morato de Carvalho

Boa Vista, RR

2021

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

M827u Moraes, Eclair.

Usina Hidrelétrica do Bem Querer: análise e projeção da influência do projeto no uso e cobertura do solo na Bacia do Médio Rio Branco, Roraima / Eclair Moraes. – Boa Vista, 2021.

96 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sander.

Coorientador: Prof. Dr. Thiago Morato de Carvalho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Roraima,
Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPG-GEO.

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária/Documentalista: Maria
de Fátima Andrade Costa - CRB-11/453-AM

ECLAIR MORAES

**USINA HIDRELÉTRICA DO BEM QUERER: ANÁLISE E PROJEÇÃO DA
INFLUÊNCIA DO PROJETO NO USO E COBERTURA DO SOLO NA BACIA
DO MÉDIO RIO BRANCO, RORAIMA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPG-GEO), para obtenção do grau de Mestre em Geografia pela Universidade de Federal de Roraima. Área de concentração: Dinâmica da Paisagem Amazônica. Defendida em 09 de setembro de 2021 e avaliada pela seguinte banca:



Prof. Dr. Carlos Sander (Orientador – UFRR)



Profa. Dra. Elisângela Gonçalves Lacerda (UFRR)



Profa. Dra. Márcia Teixeira Falcão (UERR)



Profa. Dra. Mónica Montana Martínez Ribas (UFRR)

AGRADECIMENTOS

Ao final de mais uma etapa importante na minha vida, eu não poderia deixar de agradecer a todos que me apoiaram, que acreditaram em mim e estiveram presentes de alguma forma.

À Universidade Federal de Roraima pela oportunidade de cursar o Programa de Mestrado em Geografia PPG – GEO.

Ao professor Dr. Carlos Sander, pela orientação e apoio, além da paciência, amizade durante a realização deste estudo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa e apoio financeiro durante todas as fases da pesquisa.

Aos meus familiares e amigos, pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

Aos colegas da Pós-Graduação do PPG–GEO/UFRR, pela convivência e pelos valorosos conhecimentos compartilhados.

E, finalmente, dedico e compartilho a alegria de concluir essa etapa importante na minha vida profissional e acadêmica, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização dessa pesquisa.

RESUMO

Os grandes projetos de desenvolvimento, dentre eles obras de infraestrutura, como a construção de hidrelétricas, apresentam traços comuns no que se refere aos impactos locais, regionais/territoriais, sendo estes tipificados como alterações no uso do solo, mudanças na estrutura populacional, no emprego, no quadro político, na cultura e nos ecossistemas. Na Amazônia, o governo projetou e implementou a construção de diversas hidrelétricas. Nesse contexto, no Estado de Roraima pretende-se a implantação da Usina Hidrelétrica do Bem Querer, que encontra-se em fase de estudo de impacto ambiental, suscitando amplo debate dos efeitos socioambientais, e os benefícios em matéria econômica dessa obra para o Estado. O presente estudo tem como objetivo mapear o uso e a cobertura do solo na área de abrangência do projeto da usina Hidrelétrica do Bem Querer, na região central de Roraima; quantificar o uso e cobertura do solo; elaborar um modelo preditivo das alterações da área de abrangência da obra e, por fim, discutir as possibilidades de fontes de energia renováveis para Roraima. Para o desenvolvimento do estudo, foram empregados os métodos de pesquisa experimental e bibliográfica. Na elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo, foram empregadas imagens de satélite CBERS-4, utilizando para processamento os softwares *Arcgis 10.1* e *QGIS 2.18.1*. Para a realização das projeções dos efeitos do alagamento do projeto UHE Bem Querer utilizou-se dados relativos ao uso e cobertura do solo, e o *buffer* de alagamento. Os resultados apontaram que a área de influência da UHE Bem Querer é de 2.433,98 Km², concebendo seis classes de uso e cobertura do solo, sendo corpos hídricos 5,76% (140,29 km²), área urbanizada 2,08% (50,63 km²), banco de areia 0,71% (17,28 km²), atividade pecuária e agropecuária 20,84% (507,25km²), floresta 54,20% (1.319,24 km²), e savana 16,40% (399,18km²). O modelo preditivo das alterações no uso e cobertura do solo afetado pelo reservatório abrangerá uma área de 519,21km², dentre elas corpos hídricos 24,57% (127,56 km²), área urbanizada 0,01% (0,04 km²), banco de areia 2,34% (12,12 km²), atividade pecuária e agropecuária 11,06% (57,43 km²), floresta 59,78% (310,36 km²), savana 2,25% (11,69 km²). Com estes resultados, é possível verificar as prováveis alterações e impactos a serem provocados pela implantação da UHE Bem Querer. Ao final, discutem-se as possibilidades de fontes de energia renováveis, e os novos horizontes para a produção de energia elétrica para Roraima.

Palavras-chave: Hidrelétrica Bem Querer. Uso do solo. Energia Renovável. Roraima. Impactos Ambientais.

ABSTRACT

The great development projects involving infrastructure construction, such as hydroelectric power plants, feature as common traits on local impacts, regional or territorial, typified as changes on population structure, like work, organization and land use, political framework, culture and ecosystems. In the Amazon, the government has designed and implemented the construction of several hydroelectric power plants (HPP). In this context, in the state of Roraima, it is intended to be built Bem Querer HPP, which is under environmental impact studies, causing debates about the socioenvironmental effects and its benefits in an economic perspective to the state. The present research intends to map soil use and cover in the area scope of the Bem Querer hydroelectric plant project, in the central region of Roraima; quantify the soil use and cover, elaborate an area change predictive model; and, at the end, discuss the possibilities of renewable energy sources in Roraima. For the development of this research, experimental and bibliographic research methods were used. To prepare the land use and land cover maps, CBERS-4 satellite images were used, applying *Arcgis 10.1*, *QGIS 2.18.1* for data processing. In order to carry out the flooding effects projections for the Bem Querer HPP, land use, land cover and flood buffer zone data were used. The results point out that the influence area of the Bem Querer HPP is 2,433.98 Km², divided into six classes of land use and land cover, such as water bodies 5.76% (140.29 km²), urbanized area 2,08% (50.63 km²), sandbank 0,71% (17.28 km²), livestock and agricultural activity 20,84% (507.25km²), forest 54,20% (1319.24 km²) and savannah 16.40% (399.18km²). The predictive model of changes in land use and land cover affected by the reservoir will cover an area of 519.21 km², such as water bodies 24.57% (127.56 km²), urbanized area 0.01% (0.04 km²), sandbank 2.34% (12.12 km²), livestock and agricultural activity 11.06% (57.43 km²), forest 59.78% (310.36 km²) and savannah 2.25% (11.69 km²). With these results, it was possible to verify the possible changes and impacts to be caused by the Bem Querer HPP installation. At the end, the possibilities of renewable energy sources and new horizons for electric energy production in Roraima are also discussed.

Keyword: Bem Querer Hydroelectric Power Plant; Soil use; Renewable Energy; Roraima; Environmental Impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Situação das usinas hidrelétricas na Amazônia Legal (2019).	25
Figura 2 - Matriz Energética Mundial (2016) sobre as fontes não renováveis	27
Figura 3 - Matriz Energética Brasileira (2017) sobre as fontes renováveis no Brasil.....	28
Figura 4 - Evolução da oferta interna de energia no Brasil.....	29
Figura 5 - Matriz elétrica 2017 e 2018.	30
Figura 6 - Áreas do sistema elétrico de Roraima: Capital, Bonfim, Sucuba e Sul.....	33
Figura 7 - Comparação do hídrico (vazão) da UHE Bem Querer com usinas do Sudeste.....	37
Figura 8 - Alternativa final selecionada do barramento da UHE Bem Querer.	38
Figura 9 - Histograma de Mão de Obra da UHE Bem Querer.	40
Figura 10 - Placa da localização do sítio Arqueológico corredeiras do Bem Querer.....	42
Figura 11 - Localização da área de estudo.	45
Figura 12 - Imagens com filtro RGB falsa-cor.....	50
Figura 13 - Mosaico das cartas topográficas 02N615 e 03N615 da área de estudo.....	51
Figura 14 - Esquema metodológico com as etapas da pesquisa.....	52
Figura 15 - Esquema da pesquisa experimental com as etapas	53
Figura 16 - Recorte da área de estudo.	54
Figura 17 - Fases da pesquisa experimental do mapeamento do uso do solo	58
Figura 18 - Fases de pesquisa experimental da projeção das alterações do uso do solo.....	58
Figura 19 - Mapa de declividade da área de influência da UHE do Bem Querer, médio rio Branco, estado de Roraima.....	59
Figura 20 - Mapa de altimetria da área de influência da UHE do Bem Querer, médio rio Branco, estado de Roraima.....	60
Figura 21 - Mapa de uso e cobertura do solo na área de influência do projeto da UHE Bem Querer.	61
Figura 22 - Modelo preditivo das alterações na área de influência do projeto da UHE Bem Querer.	65
Figura 23 - Representação gráfica da dinâmica do uso e cobertura do solo com a implantação do reservatório da UHE Bem Querer.	68
Figura 24 - Total diário da irradiação no plano inclinado na latitude - média anual	77
Figura 25 - Potencial eólico e distribuição dos parques eólicos em operação no Brasil.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Projetos Hidrelétricos previsto no Plano Decenal de Expansão de Energia 2030.	26
Tabela 2 - Estudo de inventário hidrelétrico em Roraima.	34
Tabela 3 - Características morfométricas do Rio Branco, RR.	49
Tabela 4 - Características das imagens.	50
Tabela 5 - Quantitativo das classes de uso e cobertura do solo.	62
Tabela 6 - Classes de uso e cobertura do solo do modelo preditivo de áreas afetadas pelo reservatório da UHE Bem Querer	66
Tabela 7 - Possibilidades de aproveitamento hidroelétrico em Roraima.	75
Tabela 8 - Usinas em implantação no Estado de Roraima com diversas fontes.	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação da dinâmica da matriz elétrica brasileira em 6 anos	31
Quadro 2 - Dados da alternativa final do barramento da UHE Bem Querer.	38
Quadro 3 - Comparação de MW/Km ² das principais UHEs com a UHE Bem Querer.	39
Quadro 4 - Número amostras por classe temática de interesse.	56

LISTA DE ABREVIATURAS

ADS80 – Airbone Digital Sensor

ANA – Agência Nacional das Águas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

APP – Área de Preservação Permanente

CBERS – *China-Brazil Earth Resources Satellite*

CGH – Central Geradora Hidrelétrica

EIA – Estudos de Impactos Ambientais

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

GPS – Sistema de Posicionamento Global

KM² – Quilômetros Quadrados

LP – Licença Prévia

MDE – Modelo Digital de Elevação

MDS – Modelo Digital de Superfície

MW – Megawatt

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PDI – Processamento Digital de Imagem

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

QGIS – Quantum Gis

RIMA – Relatório de Impactos Ambientais

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

UHE – Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	13
1.1 - REFERENCIAL TEORICO.....	17
1.1.1 - IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS DE USO E COBERTURA DO SOLO	17
1.1.2. USINAS HIDRELÉTRICAS	20
1.1.3. Tipos de Hidrelétricas e Reservatórios.....	23
1.1.4. Hidrelétricas na Amazônia	24
1.2. SETOR ELÉTRICO	27
2 - OBJETIVO	43
2.1 OBJETIVO GERAL.....	43
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	43
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	44
3.2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	45
3.2.1. Clima.....	45
3.2.2 Geologia	46
3.2.3 Geomorfologia.....	47
3.2.4 Vegetação.....	47
3.2.5 Hidrografia.....	48
3.3 MATERIAL	49
3.3.1 Imagens CBERS-4.....	49
3.3.2 Dados SRTM.....	51
3.3.3 Dados Temáticos e Cadastrais.....	51
3.3.4 Softwares Utilizados	52
3.4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	52
3.4.2 Pré-processamento dos Dados	54
3.4.3 Delimitação da Área de Influência.....	55
3.4.4 Definição e Caracterização das Classes Temáticas	55
3.4.5 Trabalho de Campo.....	55
3.4.6 Amostras de Regiões de Interesse	56
3.4.7 Classificação Supervisionada MAXVER.....	57
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	59

4.1. USO DO SOLO	59
4.2. ANÁLISE DA QUANTIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO.....	62
4.3. MODELO PREDITIVO DAS ALTERAÇÕES NA ÁREA DE INFLUENCIA DO PROJETO UHE BEM QUERER	63
4.4. DIMENSÃO SOCIAL DA CONSTRUÇÃO DE USINAS HIDROELÉTRICAS.....	69
4.5. ENERGIAS ALTERNATIVAS EM RORAIMA	71
4.5.1 Energia Hidráulica	73
4.5.2 Energia Solar	75
4.5.3 Energia Eólica	78
4.5.4 Biomassa	81
4.5.5 Novos Horizontes da Geração de Energia em Roraima.....	83
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS	88

1 - INTRODUÇÃO

De modo geral, os Estados procuram gerenciar o seu território e seus recursos naturais, visando o desenvolvimento econômico. Para atingir esse objetivo, buscam alcançar matrizes energéticas seguras, investem em tecnologias/pesquisas e, principalmente, num eficiente planejamento territorial.

Assim, o planejamento do uso do solo possui ampla relevância para garantir que o espaço seja projetado, e utilizado da melhor forma possível, ou seja, garantir crescimento econômico sem causar impactos adversos, buscando a sustentabilidade ambiental, social e econômica.

O Brasil visa garantir sua matriz energética utilizando sua farta riqueza natural. A busca pela sua diversificação e sua segurança energética para aceder ao crescimento econômico, tornou-se interesse nacional prioritário. Não obstante, o planejamento territorial deu-se de forma não sustentável, e áreas geográficas importantes foram devastadas sob o lema do desenvolvimento a qualquer custo (BECKER, 1998). Nesse contexto histórico, tinha-se a ideia que o homem subjugava a natureza, sendo que não havia o entendimento atual do impacto natural e social.

Roraima é o único Estado que não está ligado ao Sistema Interligado Nacional – SIN, sendo que a atual estrutura energética é altamente dependente de termoelétricas de óleo diesel, complementada pela Pequena Central Hidrelétrica – PCH – de Jatapu, que apresenta deficiência no fornecimento de energia elétrica, e um elevado custo econômico e ambiental. Esta realidade confirma a necessidade da busca por outras opções energéticas, com possibilidade de implantação de fontes de energias renováveis.

No cerne das discussões sobre biodiversidade, disponibilidade hídrica, preservação ambiental, desenvolvimento humano e econômico, segurança hídrica, ambiental e humana a Amazônia está sempre presente. De fato, sua relevância no ciclo hidrológico, bem como para a manutenção ecossistêmica e de culturas indígenas diversas, geram inúmeros impactos socioambientais, e a necessidade de reduzir as incertezas científicas, quando projetos do governo são colocados como prioritários. Nesse âmbito, cabe chamar a atenção para a necessidade de ser discutida a pertinência de manter os planos de ampliação das construções hidrelétricas na Região Amazônica, para garantir a segurança elétrica do país.

Montana Martínez (2018) afirma que o crescimento de complexos hidroelétricos de grande porte, nas últimas quatro décadas, veio acompanhado de um discurso que destacava a

importância desses empreendimentos para o suprimento de eletricidade, fundamental para a industrialização e a urbanização do Brasil. Além dessa autora, Fearnside e Barbosa (2015) e de Sousa e Jacobi (2010) coincidem em afirmar que muitos desses empreendimentos são injustificados, quando se consideraram os impactos socioambientais criados na região, comparados com a quantidade de energia que produzem.

Conforme Montana Martínez (2012), os potenciais hídricos existentes na Região Amazônica passaram a integrar os planos do governo nacional, para atender necessidades de integração do território, fortalecer a matriz energética brasileira e, conseqüentemente, o desenvolvimento, através de investimentos em infraestrutura. A concepção dos PAC - Programas de Aceleração do Crescimento - encaixa-se nessa linha de raciocínio, como destaca a autora. Foram assim projetadas várias obras hidrelétricas na Amazônia, a construção de portos, aeroportos e a interligação elétrica.

No Estado de Roraima, podem ser mencionados alguns projetos hidrelétricos que estão em via de serem aprovados, sendo um no rio Branco e três no rio Mucajaí. No primeiro momento está prevista a construção da hidrelétrica do Bem Querer (objeto de análise deste estudo). Já no rio Mucajaí, essas obras se dariam no Paredão M1; Paredão A e Fé Esperança. Antes dos mencionados projetos, pretendia-se o aproveitamento hidráulico do rio Cotingo, mas segundo Fearnside e Barbosa (1996), a maioria dos componentes de avaliação do projeto e da autorização falhou, incluindo os estudos de impactos ambientais (EIA), o relatório de impactos ambientais (RIMA), a licença prévia (LP), e a audiência pública. Devido aos impactos adversos que causariam nas comunidades indígenas, esse projeto não foi aprovado.

Espera-se que a implantação da Usina Hidrelétrica do Bem Querer traga como conseqüências, dentre outras, o alagamento de áreas de Preservação Permanente – APP – e de áreas produtivas, o deslocamento de moradores locais (ribeirinhos), bem como a provável perda de áreas utilizadas para o lazer, tais como as praias. As transformações da área de abrangência dessa obra trarão efeitos ambientais, ecológicos, sociais e econômicos de diversa magnitude, os quais não costumam ser estimados, e nem projetados de modo preventivo. Sabe-se que a maior parte desses impactos apenas vem à tona quando as obras estão em funcionamento, tornando tais impactos irreversíveis.

A falta de informações prévias sobre qualquer empreendimento que modifique a dinâmica fluvial e espacial, afeta diretamente a vida da população e dos ecossistemas. Por outro lado, a escassez ou a inexistência de informação disponível (problema da esfera local) gera repercussões sensíveis num contexto como o amazônico, dadas as interconexões dos sistemas naturais (água, solo, vegetação, clima), quando se propiciam alterações da paisagem.

Num contexto como o amazônico, dispor desses dados é fundamental, tanto para prevenir desastres humanos, ecológicos e ambientais, como para auxiliar aos gestores na melhor tomada de decisões.

A relevância desta pesquisa consiste em estabelecer uma análise espacial, e oferecer o mapeamento detalhado do uso e cobertura do solo na área de influência da implantação do projeto da Usina Hidrelétrica Bem Querer, assim como realizar uma projeção acerca dos efeitos do alagamento do reservatório.

A produção de informações cartográficas e de outros tipos de dados geográficos auxilia no gerenciamento do território, assim como em entender as dinâmicas fluvial e espacial do contexto amazônico, que interagem de forma muito estreita nos sistemas vegetais, solo, fontes hídricas e clima. Tais interações, de forma local, podem ser alteradas ante à implantação da usina hidrelétrica do Bem Querer, e ao mesmo tempo causar efeitos econômicos e sociais de diferentes níveis.

Leva-se em conta que existem evidências científicas acerca de inúmeros efeitos adversos, e de vários impactos socioambientais e ecológicos negativos provocados pelas construções de hidrelétricas na Amazônia, segundo apontam Fearnside e Barbosa (2015), e Sousa e Jacobi (2010). Dessa forma, elaborar projeções torna-se importante para que se possam auxiliar na tomada de decisões governamentais. Essas projeções indicam as transformações que o solo irá sofrer na área de abrangência da usina, sendo de utilidade seu uso para efeitos analíticos e tomada de decisões acerca da conveniência ou não da obra. Isso é particularmente relevante, em função dos estreitos laços de interdependência hídrica estabelecidos entre a floresta, o solo, os sistemas hídrico e climático, e a população.

Para o adequado gerenciamento do território e das fontes hídricas, faz-se necessária uma visão holística dos bens ambientais. Neste sentido, dá-se destaque ao gerenciamento adequado do solo, mediante o uso de informações atualizadas que auxiliem a evitar efeitos adversos na ambiência e na população local, derivados da construção da obra hidrelétrica do Bem Querer. Por outro lado, chama-se a atenção para a carência atual de instrumentos confiáveis que facilitem a tomada de decisões sobre os benefícios ou desvantagens nos espaços geográficos, quando são propostos projetos energéticos na Amazônia, em especial no Estado de Roraima.

Ainda que o interesse nacional esteja centrado na tentativa de alcançar uma matriz energética segura, as obras hidrelétricas, além de causar efeitos diversos na paisagem e no uso do solo, provocam impactos econômicos, sociais, ecológicos e ambientais que devem ser considerados, com fins preventivos.

O processo de construção de empreendimentos hidrelétricos modifica os usos do espaço. Por exemplo, a construção de hidrelétricas remeterá à formação de um reservatório artificial à montante da barragem e diminuição do fluxo hídrico a jusante. No caso específico desta pesquisa, serão tratadas as influências e alterações a montante do projeto da UHE Bem Querer, com a construção e fechamento da barragem, haverá o acúmulo de água até certo nível de cota d'água, acúmulo esse que dependendo da topografia, irá expandir a lâmina d'água de modo vertical e horizontal até determinada cota altimétrica, atingindo diversas propriedades rurais com a água e com mudança de limites das Áreas de Preservação Permanente (APP).

Além deste projeto de hidrelétrica será apresentado o horizonte na geração de energia elétrica do Estado de Roraima, que conta com a possibilidade de diversificar e explorar outras fontes energia renovável, ampliando a infraestrutura energética mediante projetos que ofereçam aproveitamento de biomassa, eólica e solar, com menor impacto ambiental.

O trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos, iniciando-se com a introdução da pesquisa, no primeiro capítulo. No segundo, discorre-se sobre os objetivo geral e específicos, propostos para o desenvolvimento do construto. No terceiro capítulo é apresentada a fundamentação teórica do estudo, abordando assuntos como a importância dos estudos de uso e cobertura do solo, usinas hidrelétricas, tipos de hidrelétricas e reservatórios, hidrelétricas na Amazônia e Setor Elétrico. O quarto capítulo traz a descrição e caracterização dos materiais e métodos, além da explicação dos processos metodológicos adotados. No quinto capítulo são expostos os resultados e as discussões, de acordo com os objetivos traçados, sendo por fim apresentadas as considerações finais do trabalho.

Nas páginas que se seguem, o conjunto de capítulos, fruto de estudos realizados neste programa de pós-graduação, com apoio de bolsa e muitos saberes compartilhados entre orientação e colegas, visam trazer luzes ao incessante jogo de expectativas e realidades, quando se trata de progresso e prosperidade na Amazônia.

1.1 - REFERENCIAL TEÓRICO

1.1.1 - IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS DE USO E COBERTURA DO SOLO

Os estudos do uso e cobertura do solo consistem em determinar a sua utilização por parte do homem, ou pela caracterização da vegetação natural que encobre o solo. Schindwein et al (2007) explanam que a expressão “uso e cobertura do solo” constitui conceito híbrido, formado por três outros conceitos distintos: uso, cobertura e solo. O uso diz respeito ao que o homem constrói ou insere sobre a superfície, ou como maneja o solo, como agricultura, pastagens, cidades, entre outros. O termo cobertura descreve os atributos físicos da superfície terrestre, como florestas, campos, desertos, etc. Por fim, o solo é a camada superficial da crosta terrestre, oriundo da decomposição da rocha-matriz, sob influência do clima e de processos físicos, químicos e biológicos, no qual os vegetais se desenvolvem.

Weiss et al (2013) afirmam que o uso e cobertura do solo é caracterizado por mudanças, que são dependentes da necessidade humana. Assim, a cobertura do solo acompanha a variação espaço temporal da necessidade de uso e exploração pela população, constituindo em um sistema dinâmico, que se encontra em constante transformação.

O crescimento populacional tem levado a ocupações irregulares de áreas, exigindo ainda mais o uso de recursos naturais, contribuindo com a deterioração dos ambientes naturais. Para Matsushita et al., (2006), a ação humana é a grande responsável pelos impactos na paisagem, quando o mesmo substitui as áreas naturais por atividades de uso do solo, levando à fragmentação das áreas florestais.

Dentro dessa perspectiva da compreensão das interferências causadas pela ação antrópica, percebe-se o quanto os estudos pautados na identificação e classificação do uso do solo são importantes, assim como o desenvolvimento de novas técnicas que permitam a obtenção dessas informações.

Bittencourt et al. (2006) defende que é necessária a obtenção do conhecimento sócio espacial, relacionado às diferentes formas de ocupação do espaço, e que essas informações estejam disponíveis periodicamente, pois o espaço e seus ambientes são extremamente dinâmicos.

Segundo Nascimento e Fernandes (2017), a abordagem de assuntos relacionados aos impactos ambientais como: escassez hídrica, desmatamento, processos erosivos e manejo do solo ajudam na busca por soluções aos problemas ambientais. No espaço amazônico, dada à

interdependência hídrica com outros sistemas naturais, torna-se de ampla relevância e utilidade para a gestão territorial e o planejamento de ocupação do solo.

Para que isso ocorra, Campos (2008) afirma ser primordial o mapeamento das diversas classes de uso da terra, e as atividades desenvolvidas, para que possam gerar subsídios para a análise da dinâmica socioambiental, partindo da quantificação dos impactos gerados.

Os estudos de mapeamento do uso e cobertura do solo exercem também influência significativa sobre os recursos hídricos, uma vez que, dentre outros problemas, apontam o aporte de sedimentos no leito dos mananciais, o que altera a qualidade e, sobretudo, a disponibilidade da água no solo (ASSIS et al., 2014).

A adoção de bacias hidrográficas como categoria de análise, torna-se importante para Oliveira e Albuquerque (2010), pois funcionam como importante ferramenta de planejamento ambiental, permitindo uma avaliação clara dos agentes degradadores dos rios, que interferem na dinâmica hidrológica e social dos mesmos.

Nesse contexto de análise do uso e ocupação do solo, Mendonça et al. (2011) afirmam que as ferramentas geotecnológicas têm desempenhado um papel importante de suporte, para o planejamento e tomada de decisões relacionadas ao ambiente, ajudando no monitoramento da paisagem, permitindo a geração de estratégias de conservação e preservação dos recursos naturais.

Dentre essas ferramentas, a mais aplicada em estudos de uso do solo é o sensoriamento remoto, que de acordo com Florenzano (2007) permite obter imagens e outros tipos de informações sobre um determinado alvo ou fenômeno na superfície terrestre, sem contato direto com o mesmo. Os estudos de sensoriamento remoto têm a necessidade de checagem *in loco*, para avaliar o grau de confiabilidade das informações geradas. Tal tecnologia tornou-se ferramenta importante para os estudos de diferentes naturezas, pois com a disponibilização gratuita das imagens de satélites de qualquer localidade permite o monitoramento de diferentes tipos de áreas, e em diversas escalas.

Este vasto catálogo disponível de imagens fornece dados para o mapeamento da dinâmica da vegetação, cobertura e outras características do terreno, pois possuem características que permitem a extração de dados a partir da caracterização espectral dos alvos (MENDONÇA et al., 2011, p. 5). Silva et al. (2005) consideram essencial que a escolha da imagem e da metodologia de classificação do uso do solo deva ocorrer de acordo com as necessidades do usuário, e com as características da região.

O insumo utilizado na produção de energia hidrelétrica é a água. Este é um insumo que varia no tempo e no espaço, e está sujeito à variabilidade climática, mas também ao efeito do uso do solo. Estes efeitos podem ser cumulativos ou isolados, variando de acordo com o tipo de solo e do manejo empregado. A tendência é de aumento do escoamento médio, quando ocorre desmatamento de floresta, e cultura permanente para cultura anual (TUCCI, 2008).

De acordo com Rosa (2005), a utilização de imagens orbitais reduz os custos no processo de atualização cartográfica, uma vez que as mesmas apresentam uma qualidade cada vez maior na resolução espacial, obtida através de sensores multiespectrais avançadas, que atendem aos requisitos de precisão planimétricas, exigidos na execução de mapeamento sistemático.

Para a correta identificação do uso do solo é necessário ter o auxílio de ferramentas capazes de realizar esse tipo análise de forma eficaz. Dentre essas ferramentas destaca-se a utilização do sensoriamento remoto, que permite avaliar e monitorar importantes fatores relacionados ao meio ambiente, bem como a interação das atividades antrópicas com o mesmo.

A utilização dessas informações em escala temporal é particularmente relevante em bacias hidrográficas, ante a presença de usinas hidrelétricas. Macedo et al. (2012) descrevem que ao propiciar dados históricos do mapeamento de uso do solo do período anterior à construção da barragem, durante a construção e na fase de operação, é possível estabelecer as modificações sofridas pelo ambiente em cada estágio.

A produção cartográfica por meios informatizados diminui os problemas de espaço-tempo e os da escala de mapeamento. O geoprocessamento possibilita a criação de mapas a partir de um banco de dados digital, que facilita a atualização e comparação de mudanças ocorridas em um determinado tempo, com facilidade e rapidez.

A simulação de cenários futuros para o uso e cobertura solo tornou-se uma técnica importante, e bastante utilizada para contribuir no planejamento de gestão, auxiliando no conhecimento dos processos das alterações e mudanças no local. Ressaltando-se que a mudança do uso e cobertura do solo é dinâmica, não linear e complexa; pode contar com intervenções políticas, econômicas e/ou culturais, não é simples de ser prognosticada e descrita, principalmente em bacias hidrográficas (SALMONA, 2013; RICOBOM; CANEPARO, 2014).

As mudanças nos padrões de uso e cobertura do solo têm despertado interesse dentro e fora do meio científico, devido ao acelerado processo de mudança das últimas décadas, e

aos possíveis impactos ambientais e socioeconômicos, que causam preocupações desde o nível local até o global (AGUIAR, 2012, p. 1).

No mapeamento do uso e cobertura do solo, a interpretação de imagens digitais tomadas por sensores remotos tem a finalidade de identificar padrões de imagem que possuam homogeneidade, e que possam ser representados na escala pretendida, segundo as classes pretendidas (IBGE, 2013).

A importância de conhecer as reais potencialidades e limitações de uso e cobertura de uma determinada área, por meio de registros e monitoramentos, está em permitir a avaliação das potencialidades e impactos futuros. O monitoramento de espaços geográficos tem sido usado, na tentativa de reduzir a degradação ambiental, utilizando técnicas do geoprocessamento que operam com os produtos do sensoriamento remoto e do sistema de informação geográfica, responsáveis pela comparação de dados e pela elaboração de produtos cartográficos.

Atualmente, devido aos avanços tecnológicos, existe uma ampla variedade de dados disponíveis, propiciando que a maioria dos mapas sejam produzidos utilizando os recursos da informática nas mais diversas áreas do conhecimento. A produção cartográfica por meios informatizados diminuiu os problemas de espaço, tempo, e os da escala de mapeamento.

A delimitação de áreas de influência em estudos ambientais é denominada como uma etapa complexa, existindo dificuldades para elaborar limites para os possíveis impactos ambientais, e assim compreender a devida dinâmica natural dos fenômenos ambientais.

As modificações no uso e cobertura do solo possuem um espaço importante no estudo de mudanças globais, como a perda de biodiversidade, o aquecimento global e os desastres naturais. Investigar a estrutura da paisagem, as mudanças que nela ocorrem e, a partir disso, as possíveis projeções que podem ser feitas, é essencial para o estudo das funções e processos dos ecossistemas, para a gestão sustentável dos recursos, e para o planejamento efetivo do território (MATSUSHITA et al., 2006).

1.1.2. USINAS HIDRELÉTRICAS

A água é vista e compreendida como uma fonte de produção de energia limpa, natural e renovável. Historicamente, a água passou a ser usada com fonte de geração de energia no século I a.C., quando era utilizada por meio de rodas d'água em quedas d'águas, para a produção de energia mecânica. Com o tempo, já no século XVIII, surgem novos tipos de tecnologias, com a emergência da industrialização. A energia que até então era

predominantemente mecânica, foi sendo substituída por eletricidade. Neste cenário, ocorreu o desenvolvimento de motores e turbinas hidráulicas, que deram passagem à concepção e criação de usinas hidrelétricas, em países que apresentavam potencial hídrico (GOMES et al., 2002; TESSMER, 2002).

O desenvolvimento econômico do Brasil exigia que o Estado investisse no planejamento de sua matriz energética. Conforme destacam os referidos autores, o sistema energético foi planejado e concretizado no período compreendido entre 1951 a 1956, quando o país começou a se industrializar, uma vez que para crescer precisava da diversificação de tal matriz energética. Assim, as fontes hídricas passam a ter relevância estratégica para o desenvolvimento estatal, mediante o uso hidráulico, e a construção de usinas hidrelétricas (GOMES et al., 2002; TESSMER, 2002).

O Brasil passou a usar seus rios com fins de produção e geração de energia elétrica somente no início do século XX. A industrialização acabou por requisitar uma matriz energética segura, para manter e ampliar suas produções em maior escala. Mediante esse processo econômico, que tinha sua prevalência no setor agrícola, a economia industrial acabou pressionando os governantes, visando atrair o setor privado, em especial as multinacionais (estrangeiras), que até então eram as que utilizavam a tecnologia de geração elétrica para explorar e realizar as primeiras construções hidrelétricas no Brasil (FERNANDEZ; GARRIDO, 2002).

Mingacho (2003) afirma que ao longo da história a humanidade utiliza os sistemas energéticos, considerando dois parâmetros fundamentais: o primeiro é a disponibilidade técnica, e o segundo a viabilidade econômica. Diante disso, nas últimas décadas surgem duas situações que intrinsecamente estão relacionadas com a implantação dos sistemas energéticos, e que levam a questionamentos reflexivos sobre aceitar ou rejeitar a utilização de hidrelétricas, devido aos impactos ambientais que a implantação das usinas acarreta.

A questão ambiental veio à tona no setor elétrico muito em função dos impactos que os grandes projetos hidrelétricos causaram no país, durante as décadas de 1970 e 1980, havendo assim grande pressão, tanto interna quanto externa, para a minimização dos efeitos adversos. A maior parte do capital financeiro utilizado para as obras provinha do exterior. Assim, atento às exigências externas e também às pressões de alguns setores da sociedade civil, o setor começou a considerar a variável ambiental desde as etapas iniciais do planejamento.

No final dos anos de 1970, ocorrem as primeiras reivindicações dos atingidos pelas grandes obras hidrelétricas, em busca de reparações. Com isso, o Estado passa a dar respostas

materializadas em ações indenizatórias, sem atuar na construção de direitos e de justiça ambiental (SANTOS, 2015, p. 116).

De um modo geral, as principais tendências que emergiram da análise internacional estavam relacionadas à incorporação da variável ambiental, desde as fases iniciais do processo de tomada de decisão, e seu acompanhamento durante o ciclo de vida dos empreendimentos; e da participação das partes afetadas e interessadas, desde as fases iniciais do processo de tomada de decisão (passando de “público” para “atores” do processo), com iniciativas de gestão compartilhada envolvendo diferentes níveis de governo, ONGs, agências multilaterais, cientistas, comunidades, etc.

Na década de 1980 foram tomadas algumas medidas para estabelecer procedimentos de controle, visando minimizar os impactos ambientais, como: a publicação do Manual de Estudos e Efeitos Ambientais dos Sistemas Elétricos (1986); a criação, no âmbito da Eletrobrás, do Conselho Consultivo do Meio Ambiente – CCMA (1986) e Departamento de Meio Ambiente (1987); a inauguração do Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico - COMASE (1987); e dos planos diretores de meio ambiente do Setor Elétrico – PDMA (1987 a 1993) (ELETROBRAS, 2016).

Viana (2003) enfatiza que do final da década de 1960, até então no Regime Militar, as implantações de barragens se intensificaram com a premissa do tão propagado sonho desenvolvimentista da Modernidade. Este era justificado pela carência de acesso à energia em extensas regiões do território nacional. A ampliação dessa energia elétrica foi potencializada pela progressiva industrialização e urbanização, surgindo os maiores projetos hidrelétricos brasileiros, como as usinas de Itaipu Binacional, terminada em 1982, e de Tucuruí, em 1984.

A construção de usinas no Brasil possibilitou oportunidades para diversas áreas, uma delas foi para o desenvolvimento da engenharia. Esta conjuntura propôs solução frente ao suprimento energético, e fez com que empreendimentos hidrelétricos encontrassem espaço para se ampliar no Brasil (BERMANN, 2007). Silva (2007) destaca que esses empreendimentos no Brasil têm prioridade nacional, em relação aos empreendimentos estruturantes, citando o caso das usinas hidrelétricas do rio Madeira em Rondônia, e a hidrelétrica de Belo Monte, no Pará.

1.1.3. Tipos de Hidrelétricas e Reservatórios

As centrais hidrelétricas são de diferentes tipos, e podem ser classificadas dependendo de vários fatores. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) adota a forma de classificação baseada na quantidade de energia gerada, como:

- a) Central Geradora Hidrelétrica (CGH) – até 1 MW;
- b) Pequena Central Hidrelétrica (PCH) – entre 1,1 MW e 30 MW
- c) Usina Hidrelétrica de Energia (UHE) – com mais de 30 MW.

O reservatório tem a função de armazenar a água que escoar em um curso d'água; porém a finalidade deste armazenamento pode ter diversos objetivos. Os reservatórios de usinas hidrelétricas podem ser de dois tipos: de acumulação e a fio d'água.

O reservatório de acumulação normalmente está localizado na cabeceira de rios, próximo de altas quedas d'água. O mesmo permite o acúmulo de grande quantidade de água nos períodos úmidos, e funcionam como estoques para utilização em períodos de estiagem. Assim, localizados na montante de hidrelétricas, permitem a regulação da vazão do rio para regiões a jusante (ANEEL, 2008).

Já os reservatórios a fio d'água ficam localizados próximos à superfície d'água, e geram energia sempre com a vazão disponível no rio naquele momento, aproveitando a velocidade de escoamento para gerar energia, ou seja, com o mínimo ou nenhum acúmulo do recurso hídrico, reduzindo as áreas de alagamento (ANEEL, 2008). De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2011), o reservatório da UHE Bem Querir irá operar a fio d'água, ou seja, sem alteração de nível da água, gerando energia sempre com a vazão disponível no rio naquele momento.

Segundo Agostinho et. al. (1992), quando são executados serviços de construção até sua efetivação final de uma barragem/barramento, há vários tipos de implicações. Uma das implicações é o fato da barragem interromper o fluxo natural do rio. Outra é o fato de alagar áreas antes secas, ocasionando elevação do lençol freático, e a modificação da carga sedimentar do rio. Destacam-se as mudanças no meio biótico, e nas relações socioeconômicas. Já em relação ao sistema lótico, os fatores que mais são alterados são o comportamento térmico da coluna de água; os padrões de sedimentação, a circulação das massas de água, a dinâmica dos gases, a ciclagem de nutrientes e a estrutura das comunidades aquáticas.

1.1.4. Hidrelétricas na Amazônia

O Brasil, em especial a Região Norte, é detentor de significativo potencial hídrico. Este fato oportuniza a discussão do aproveitamento hidroenergético de seus rios. Porém, sendo um espaço de interdependência hidrológica sensível, vinculado à existência de floresta tropical, a discussão da conveniência de que suas águas venham a ser aproveitadas para a construção de usinas é bastante polêmico, dados os efeitos negativos que podem vir a se desenvolver, de forma danosa para os ecossistemas naturais. Apesar disso, sabe-se que o Estado nacional tem dentro de seu planejamento o aproveitamento desse potencial hídrico, ainda não explorado na Amazônia. Defende-se que do ponto de vista financeiro, a maioria dos recursos hídricos mais vantajosos do país já foram aproveitados (EPE, 2007), restando os espaços amazônicos.

Fearnside (2013) destaca que diante da expectativa da criação de novas usinas, cresce a preocupação sobre os diversos impactos ambientais negativos passíveis de ocorrerem, como o desmatamento de grandes áreas, afugentamento de fauna, eliminação de ecossistemas naturais, bloqueio da migração de peixes que afeta a biodiversidade, a produção comercial e a subsistência da população, mudança nos regimes de inundação a jusante, aumento da erosão fluvial, alteração no fluxo de sedimentos, aumento da emissão de metano, em decorrência da presença de água anóxica no fundo dos reservatórios, migrações em massa, e atração de atividades econômicas que, por sua vez, acarretam novos desmatamentos e mudanças no uso da terra.

Em geral, apesar do grande potencial hidroelétrico, a energia gerada por represas amazônicas não traz os devidos benefícios para a melhoria da qualidade de vida das pessoas que vivem perto dos projetos (comunidades ribeirinhas e indígenas). Um exemplo é a UHE de Tucuruí, que fornece energia subsidiada para usinas multinacionais de alumínio, nos estados do Pará e Maranhão, enquanto que as populações que vivem próximo do local do projeto têm iluminação por lamparinas a querosene (FEARNSIDE E RANKIN, 1985).

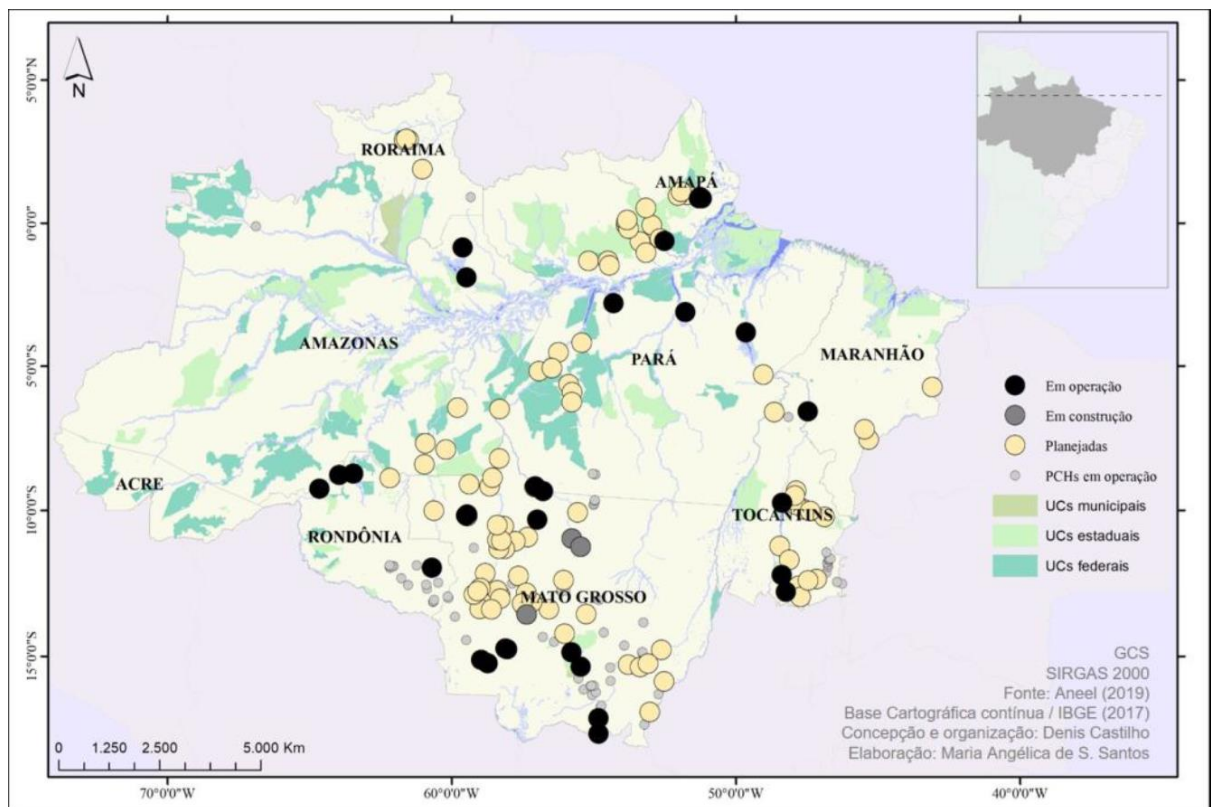
A UHE Balbina é vista como uma tragédia social e ambiental, que prejudicou os habitantes da região. Conforme Tomé (1999), a UHE Balbina foi erguida com políticas fora da realidade social, ambiental, econômica e não atendendo a demanda. A ideia difundida de que ela seria um complemento à Zona Franca de Manaus, não passou de um argumento usado pelo poder político para tirar a atenção sobre as questões ambientais e sociais.

A região amazônica é dotada de uma variada diversidade em termos de fauna, flora e recursos minerais, mas tem ganhado destaque especial pela disponibilidade hídrica que

representa, a partir das bacias. Nesse sentido, Machado e Souza (2003, p.247 e 248) afirmam que “no passado a Amazônia foi esquecida, e para o futuro, nos planos do setor elétrico, ela será somente mais uma fronteira de recursos. Sua integração a outras regiões se deu em virtude do aproveitamento de seus recursos naturais”.

Devido ao esgotamento dos melhores potenciais hidrelétricos no país, tem se requerido um maior aproveitamento nas regiões mais remotas e menos desenvolvidas, como na Amazônia. Muitos desses empreendimentos hidrelétricos estão planejados ou inventariados como parte das estratégias governamentais, voltadas para aumentar a segurança energética e o crescimento econômico brasileiro.

Figura 1 - Situação das usinas hidrelétricas na Amazônia Legal (2019).



FONTE: Castilho, D. (2019)

Segundo a ANEEL (2019), encontram-se em operação na Amazônia 107 empreendimentos hidrelétricos, sendo 24 UHEs, 46 PCHs e 37CGHs.

Para suprir a crescente demanda, e evitar o risco de apagões de energia, o governo brasileiro pretende ampliar a oferta energética no Sistema Interligado Nacional (SIN) até 2030, com a implantação de oito novas usinas hidrelétricas, conforme o Plano Decenal de

Expansão de Energia (EPE, 2021.). Desses oito empreendimentos, dois estão previstos para serem implantados na Amazônia, segundo a Tabela 1.

Tabela 1 - Projetos Hidrelétricos previsto no Plano Decenal de Expansão de Energia 2030.

UHEs	POTÊNCIA (MW)	REGIÃO DO BRASIL	ANO PREVISTO PARA OPERAÇÃO
Davinópolis	74	Centro-Oeste /Sudeste	2027
Apertados	139	Sul	2028
Castanheira	140	Centro-Oeste	2028
Ercilândia	87	Sul	2028
Tabajara	400	Norte	2029
Telêmeço Borda	118	Sul	2029
Comissário	140	Sul	2029
Bem Querer	650	Norte	2030

FONTE: EPE, 2021.

Segundo Facuri (2004), observa-se um baixo índice de aproveitamento dos rios da Região Norte, quando comparado com as demais regiões. Isso se deve ao predominante relevo de planícies, à grande diversidade biológica, e à distância dos principais centros consumidores. Já nas regiões Nordeste e Centro e Sul do país, o desenvolvimento econômico muito mais acelerado, e o relevo predominante de planaltos levaram a um maior aproveitamento dos seus potenciais hidráulicos, tornando escassas implantações de empreendimentos viáveis.

Estudos destacam que a expansão da hidroeletricidade na Amazônia brasileira esbarrará em vários problemas. O relevo pouco acidentado da região tende a aumentar o impacto com grandes áreas inundadas (JUNK; MELLO, 1990); e afetará diversas terras e comunidades indígenas (BERMANN, 2007), além de diversos tipos de unidades de conservação, localizadas próximas ou dentro das áreas de aproveitamento hidrelétrico (BRASIL, 2007).

Existem antecedentes legais que evitaram a construção de usinas hidrelétricas no estado de Roraima, devido aos efeitos adversos, tanto econômicos como ambientais e sociais de alguns empreendimentos, como o caso da hidrelétrica do rio Cotingo, como trata Silva (2009). Assim sendo, sabe-se que não é a primeira vez que o Governo Federal e Estadual tentam aproveitar o potencial energético da região. No entanto, as iniciativas esbarraram na inobservância de preceitos legais, normas ambientais e ecológicas, alternativas econômicas e, sobretudo, na resistência por parte dos povos indígenas, que habitam a região.

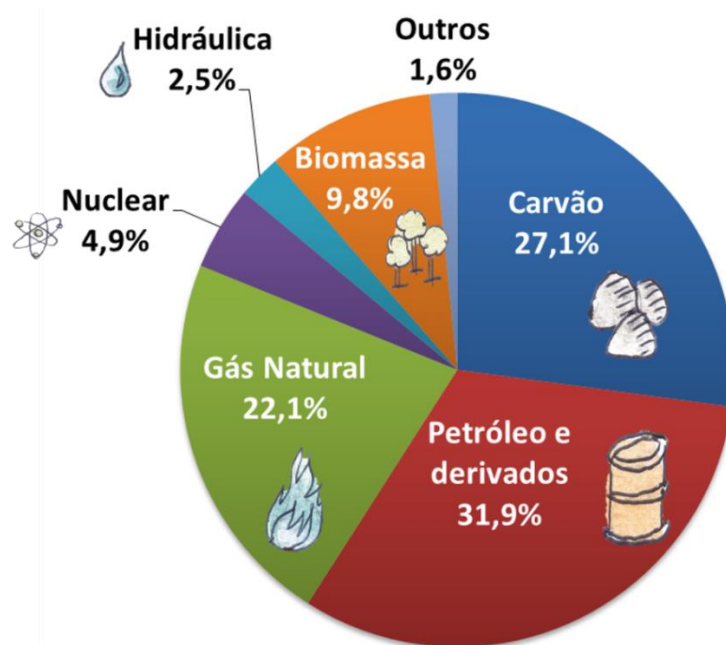
Neste último aspecto, é importante destacar a falta de consenso entre os entes do Estado, as empresas construtoras e a população indígena sobre as possíveis alternativas de desenvolvimento sustentável, que favoreceriam as comunidades indígenas atingidas pela execução do projeto desenhado para o Rio Cotingo.

1.2. SETOR ELÉTRICO

Perspectivas foram criadas para um horizonte de curto prazo (até 2020), médio prazo (até 2030), e longo prazo (após 2030), dentro do cenário do sistema energético brasileiro, por Altino Ventura Filho, que as registrou em seu livro, lançado em 2009, intitulado “O Brasil no Contexto Energético Mundial” (VENTURA, 2009).

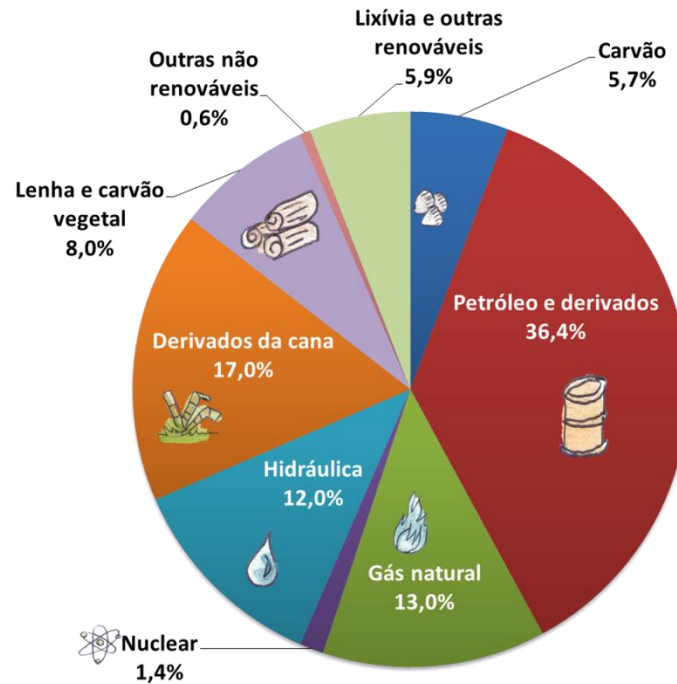
Dados apresentados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2019c) evidenciaram as matrizes energéticas mundial e brasileira, por meio de gráficos e suas fontes de pesquisas, conforme consta abaixo.

Figura 2 - Matriz Energética Mundial (2016) sobre as fontes não renováveis



FONTE: EPE, 2019c.

Figura 3 - Matriz Energética Brasileira (2017) sobre as fontes renováveis no Brasil



FONTE: EPE, 2019c.

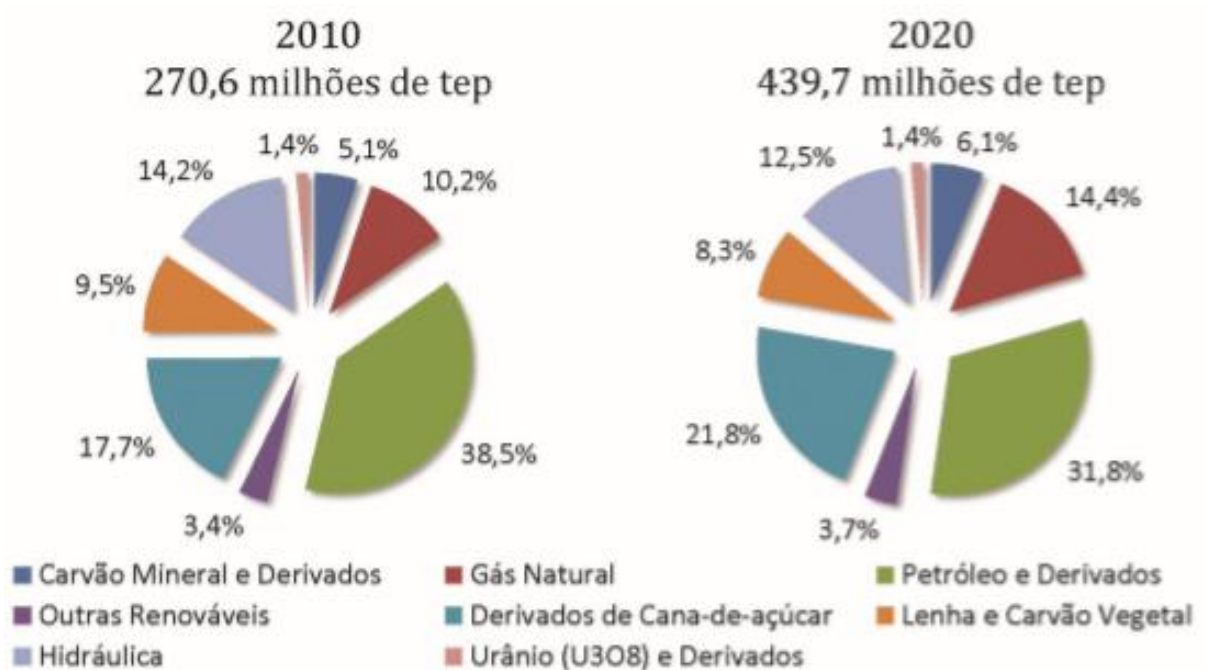
Diante do exposto, percebe-se que o Brasil utiliza mais fontes renováveis do que a matriz energética mundial, destacando-se em relação às fontes não renováveis, que são as mais responsáveis pela emissão de gases do efeito estufa.

Mediante isto, Ventura (2009) enfatiza a energia elétrica, e em particular prioriza as fontes energéticas primárias renováveis nacionais, em específico a hidroeletricidade, por seu suprimento da energia ao nosso país. Aquele autor evidencia que as fontes não renováveis, no intervalo de tempo compreendido entre 1980 a 2007, se destacaram no cenário mundial da matriz elétrica, e que as hidrelétricas ficaram como menor fonte de consumo neste cenário.

O que se evidencia entre as informações apresentadas por Ventura (2009) e pela EPE (2019c), é que os dados apresentados para o cenário mundial da matriz energética continuam os mesmos, como sendo destaques de consumo. Entretanto, no cenário da matriz energética brasileira, as fontes renováveis têm sido mantidas como prioridades.

Tolmasquim (2012) apresentou um estudo sobre o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2020), que foi realizado pela (EPE), apontando dados referentes às fontes renováveis (46%) para 2020, em relação aos dados apresentados em 2010 (44,8%), conforme pode ser analisado na Figura 4.

Figura 4 - Evolução da oferta interna de energia no Brasil.



FONTE: TOLMASQUIM, 2012.

A perspectiva é de que o Brasil consiga expandir cada vez mais o uso das fontes renováveis, mantendo-se como a nação de matriz energética mais limpa do mundo. Embora a hidroeletricidade sofra uma leve queda em relação à perspectiva de 2020, outras fontes passam a ter destaque como fontes renováveis, ganhando espaço na matriz. O setor elétrico tem se preocupado tanto que até traçou algumas estimativas de consumo mensal e anual, separando os setores de consumo, tipo: residencial, comercial, industrial e outros com base em alguns dados coletados até a publicação, em abril de 2019.

O enquadramento da Amazônia na segurança energética brasileira advém de um processo histórico iniciado no período da Ditadura Militar (1964-1984), e ampliado no novo século a partir dos atuais programas de desenvolvimento nacional. Entender essa dinâmica exige a compreensão da própria evolução do setor energético do Brasil, mas também da história política e econômica do país.

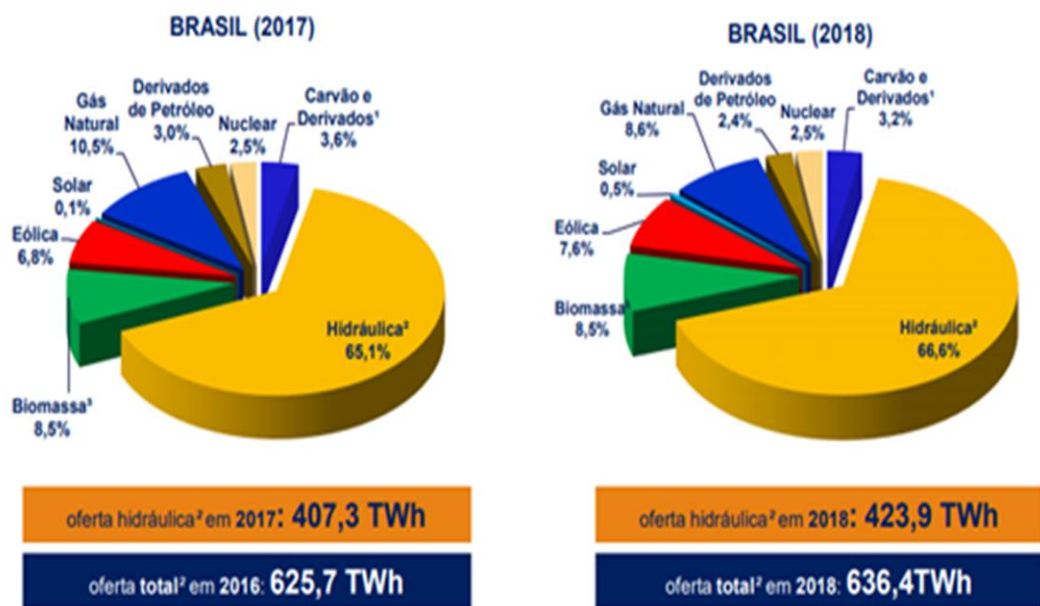
Historicamente, o setor energético brasileiro estava alicerçado nas fontes comuns (carvão, madeira, petróleo), havendo pouca dinamização da matriz, em virtude do baixo grau de técnicas de exploração e tecnologia. Assim, em boa parte do século XX, o Brasil tornou-se um grande importador de petróleo e, portanto, sujeito as externalidades do sistema internacional (EPE, 2007).

Segundo Montana Martínez (2018), no novo século parecem concretizar-se os ideais desenvolvimentistas e expansionistas do Brasil, mediante planos de integração de infraestruturas. O aproveitamento hidráulico dos seus potenciais é, notadamente, um interesse nacional de destaque. A integração elétrica e a construção de complexos hidrelétricos na Amazônia integram parte de uma série de interesses econômicos e comerciais de ampla relevância para o país e para a região, que vem sendo gestados desde meados de 1960.

A matriz elétrica vem passando por diversas mudanças nas fontes geradoras de energia elétrica, como pode ser observado na figura 4.

Figura 5 - Matriz elétrica 2017 e 2018.

BEN 2019 | Matriz Elétrica Brasileira



FONTE: EPE, 2019a.

Pode-se observar na figura acima, a diversificação da matriz elétrica brasileira e o surgimento do aproveitamento eólico e solar, que nos anos anteriores não tinham representatividade. Por outro lado, o aproveitamento hidráulico com redução, quando comparados nos anos indicados na figura.

Devido ao potencial hídrico do país, uma das fontes principais de energia são os rios, cujo aproveitamento hidráulico representa o maior percentual na matriz elétrica brasileira, tal como se ilustra na tabela a seguir. Esse percentual é de (66%). Em segundo lugar de

representatividade, com valores equiparados, figuram o gás natural (8,6%) e a biomassa (8,5%); o terceiro lugar é para o aproveitamento eólico (7,6%), que vem crescendo.

Quadro 1 - Comparação da dinâmica da matriz elétrica brasileira em 6 anos

Tipo de Matriz elétrica	Ano 2018 (%)	Ano 2012 (%)	Variação (%)
Hidráulica	66,6	76,9	-10,3
Gás natural	8,6	7,9	0,7
Biomassa	8,5	6,8	1,7
Eólica	7,6	0,9	6,7
Carvão e derivados	3,2	1,6	1,6
Nuclear	2,5	2,7	-0,2
Derivados de petróleo	2,4	3,3	-0,9
Solar	0,5	0,0	0,5

FONTE: Elaboração própria a partir de dados da EPE 2014 e 2019.

Com menor representatividade, em quarto lugar figuram os derivados de carvão (3,2%); os derivados de petróleo (2,4%) e a energia nuclear (2,5%). A novidade constitui a fonte de eletricidade solar (0,5%), que nos seis anos anteriores não tinha representatividade (EPE, 2019a). Pode se deduzir, nessa dinâmica, que as fontes de energias renováveis estão ganhando crescente espaço, enquanto que o uso hidráulico, mesmo liderando essa matriz, está reduzindo.

Uma hipótese sobre esse comportamento pode estar associada, em partes, aos investimentos que vêm sendo feitos em fontes eólica e solar, que resultam em custos menores¹ e com menores efeitos negativos em termos ambientais². Nessa dimensão, destaca-se o amplo potencial que o Brasil tem, graças às suas condições territoriais favoráveis, e ao clima. O aproveitamento eólico está sendo feito, majoritariamente, na Região Nordeste, com possibilidades de expansão para outras regiões do território (ANEEL, 2003).

Preocupado em fornecer uma energia de qualidade no Estado de Roraima, o comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) deliberou a criação de um grupo de Trabalho, o qual foi coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), com a participação da EPE, do Operador Nacional do Sistema Elétrico (NOS), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), objetivando avaliar a questão energética e o atendimento ao Estado de Roraima, buscando estudar alternativas

¹ Ver a esse respeito [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf).

² Ver a esse respeito Fearnside e Barbosa (2015).

para solucionar e garantir segurança frente à oferta de fornecimento para o estado, trazendo estabilidade (EPE, 2017).

A energia do estado de Roraima é suprida através de termoeletricas a diesel. Além disso, existe um contrato com o país vizinho, a Venezuela, de importação energética. Esse contrato encerra-se em 2021. Essa dependência do país vizinho tem provocado inúmeras análises que coincidem em afirmar a imperiosa necessidade de superar tal dependência, através da exploração de novas fontes energéticas. Dentre elas se discute o aproveitamento de usinas hidrelétricas, dado que o estado é o único do país a não fazer parte do Sistema Interligado Nacional.

Em nota técnica da EPE do ano de 2010, há um registro de solicitação recomendando a interligação de Boa Vista ao Sistema Interligado Nacional (SIN), através da implantação da LT 500 kV Lechuga – Equador – Boa Vista, licitada em setembro de 2011, tendo a Transnorte como proponente vencedor (EPE, 2017).

De acordo como Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 (EPE, 2017), a interligação de Roraima estava prevista para o ano de 2013, mas até o presente momento não se desenrolou o início da construção da mesma, com previsão do início das obras da linha de transmissão da hidrelétrica de Tucuruí para o segundo semestre de 2021, de Manaus até Boa Vista. Atualmente, faltam 715 Km para a ligação no trecho Manaus – Boa Vista. Além de suprir o Estado roraimense, a linha poderá servir para o escoamento da energia das termoeletricas que estão em fase de construção no estado, com previsão de funcionamento em final de 2021, ou início de 2022. Também servirá para o transporte da produção de energia da Usina do Bem Querer, no Rio Branco.

Conforme consta no relatório, as dificuldades para esta implantação estão atreladas a entraves na travessia da terra indígena Waimiri Atroari, que foram penalizados com a construção da BR-174, e à implantação da UHE Balbina, cujo processo de compensação ambiental criou a reserva Waimiri Atroari. Por conta destas interferências, e uma difícil relação do governo com os povos indígenas, até então, nada consta sobre a entrada em operação desta interligação entre o Estado do Amazonas e Roraima.

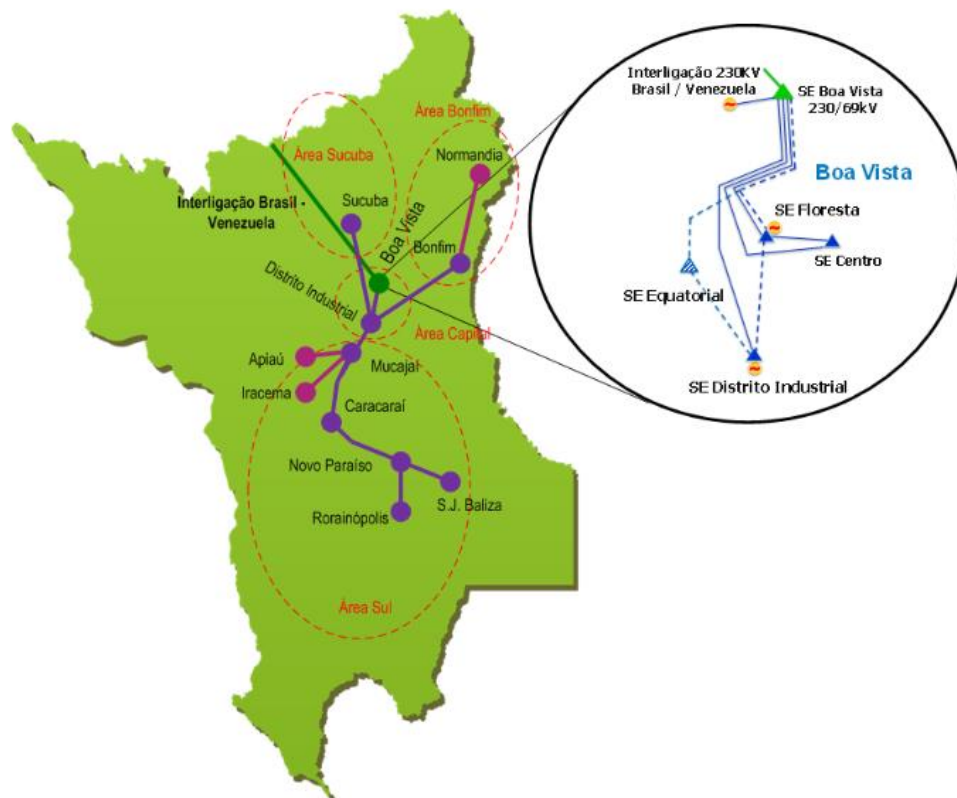
O setor de pesquisa da EPE, quando realizou o documento para a implantação da ligação energética para o Estado de Roraima, pautou sua justificativa nos seguintes pontos:

- (I) As premissas adotadas pela EPE para a elaboração do estudo, (II) os cenários considerados para a análise e (III) os resultados alcançados. Destaca-se, que além dos recursos energéticos, também foram considerados a expectativa de crescimento do mercado, o custo de implantação de cada solução e o prazo contratual. Não estão sendo consideradas, neste

momento, as restrições elétricas do sistema de distribuição local, o que será abordado em outro documento (EPE, 2017, p.09).

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética EPE (2019), embora haja restrições quanto ao escoamento da geração para novos empreendimentos energéticos de geração para subsidiar, fez-se necessário a alocação de pontos estratégicos de conexão; uma análise que levou em consideração aspectos técnicos e socioambientais. Mediante isto, para o cenário no Estado de Roraima foi configurado o seguinte subsistema elétrico, dividido nas seguintes áreas: Área Sucuba, Área Bonfim, Área Capital e Área Sul (Figura 6).

Figura 6 - Áreas do sistema elétrico de Roraima: Capital, Bonfim, Sucuba e Sul



FONTE: EPE, 2019b.

Diante do exposto, o mapa produzido visou analisar áreas para a realização da alocação de subsistemas para sanar problemas rotineiros, tendo em vista que caminha-se para a construção, dentro do Estado de Roraima, de usinas que gerarão energia elétrica para todo o Estado.

Segundo a EPE (2021), o recente leilão realizado no dia 31/05/19, para o suprimento de energia em Roraima, objeto da Portaria MME nº 512/2018, resultou na contratação de

nove empreendimentos de variadas fontes, totalizando 295 MW de potência, das quais sete são de empreendimentos de geração renováveis.

Dentre esses nove empreendimentos de variadas fontes existem projetos relacionados ao gás natural, óleo diesel e biomassa, além de soluções híbridas, combinando biocombustíveis, solar, fotovoltaica e baterias. Assim, o resultado desse leilão proporcionou a transição para matriz mais limpa e sustentável em Roraima, além de contribuir para a redução do custo de geração, e o aumento da qualidade e confiabilidade no suprimento de energia elétrica aos consumidores locais (EPE, 2021).

Segundo a EPE (2011), o inventário hidrelétrico indicou estudo de viabilidade que contempla 1 (um) aproveitamento no rio Branco, e 3 (três) no rio Mucajaí. Os quatro totalizariam a geração de aproximadamente 990 megawatts, o que daria para abastecer Roraima com energia confiável, e vender o excedente, conforme a tabela abaixo:

Tabela 2 - Estudo de inventário hidrelétrico em Roraima.

Aproveitamento	Nível d'água (m)	Local	Reservatório (Km²)	Potência instalada (MW)
Bem Querer J1 A	62,5	Rio Branco	519,21	650
Paredão M1	146	Rio Mucajaí	23,6	69,93
Paredão A	132	Rio Mucajaí	16,7	199,33
Fé Esperança	95	Rio Mucajaí	25,2	71,72

FONTE: EPE, 2018.

Após a conclusão dos estudos do inventário hidrelétrico sobre as 4 alternativas de aproveitamentos em Roraima, a empresa de pesquisa energética fez a seleção do aproveitamento capaz de proporcionar o máximo de energia ao menor custo, aliado a um mínimo de efeitos negativos sobre o meio ambiente, apontando o aproveitamento no rio Branco, nas corredeiras do Bem Querer.

A Usina Hidrelétrica do Bem Querer é o maior dos quatro aproveitamentos identificados nos estudos de inventário hidrelétrico da Bacia do rio Branco. Localizada na margem esquerda do rio Amazonas, a bacia do rio Branco possui regime de vazões diferenciado, em relação aos afluentes da margem direita do rio Amazonas, e outros rios do Brasil. Essa característica apresenta benefícios complementares à oferta de energia elétrica, pelas usinas hidrelétricas em operação no Brasil.

O Estudo de Impacto Ambiental – EIA, e os trabalhos de campo sobre a flora e fauna na área de estudo da UHE Bem Querer, se iniciaram em setembro de 2019 após a emissão das autorizações pelo IBAMA, órgão ambiental responsável pelo licenciamento ambiental. Esses levantamentos são importantes para acompanhar as mudanças que acontecem nos ecossistemas terrestres e aquáticos durante os períodos de enchente, cheia, vazante e seca do rio Branco, bem como para obter informações sobre as interações das plantas e animais da região com o meio físico, e as espécies que possuem importância socioeconômica para a população local. A pandemia causada pelo novo Coronavírus comprometeu a realização dos levantamentos de campo dos estudos socioambientais da UHE Bem Querer, conforme previsto no cronograma inicial. Diante deste novo cenário, a previsão de término dos estudos socioambientais é 2023.

A UHE Bem Querer se localizará na região das corredeiras do rio Bem Querer, na cidade de Caracará/RR, com potência instalada prevista de 650 MW por mês, e será interligada ao Sistema Interligado Nacional. A demanda por segurança elétrica é de extrema relevância para o Estado de Roraima, sendo que seu suprimento de eletricidade, atualmente, é realizado por termelétricas a diesel, com elevado custo de geração de energia. Dessa forma, a UHE Bem Querer, além de contribuir para o fornecimento de energia elétrica ao Estado de Roraima, atenuará as incertezas associadas à matriz energética local, e proporcionará a redução de emissões de gases de efeito estufa, e do custo de geração local.

Roraima é o único estado da Federação que não está integrado ao Sistema Interligado Nacional – SIN. De acordo com Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 da (EPE, 2017), a interligação de Roraima estava prevista para o ano de 2013, mas até o presente momento não se desenrolou o início da construção da mesma, com previsão de iniciar as obras da linha de transmissão da hidrelétrica de Tucuruí no segundo semestre de 2021. Atualmente, faltam 715 km para a ligação no trecho Manaus – Boa Vista. Neste caso, o linhão é uma dependência mútua, pois sem ele não haverá construção da Usina hidrelétrica do Bem Querer, e também, quase como sendo uma moeda de troca, se não sair a UHE Bem Querer não sai o linhão, para o escoamento da energia excedente produzida no Estado de Roraima.

Segundo Tolmasquim (2003), o crescimento demográfico foi maior que o crescimento do setor elétrico no país, e isso se deve a fatores como falta de planejamento e equívocos na gestão do setor elétrico, o que ocasiona crises energéticas. Essas consequências são constatadas no Estado de Roraima, que sofre com frequentes quedas de energia, em consequência de não estar integrado no Sistema Interligado Nacional.

O Estado de Roraima enfrenta grandes problemas referentes à falta de energia elétrica constante, que influenciam diretamente no desenvolvimento econômico das empresas, trabalhadores e moradores do Estado (BOHN, 2011).

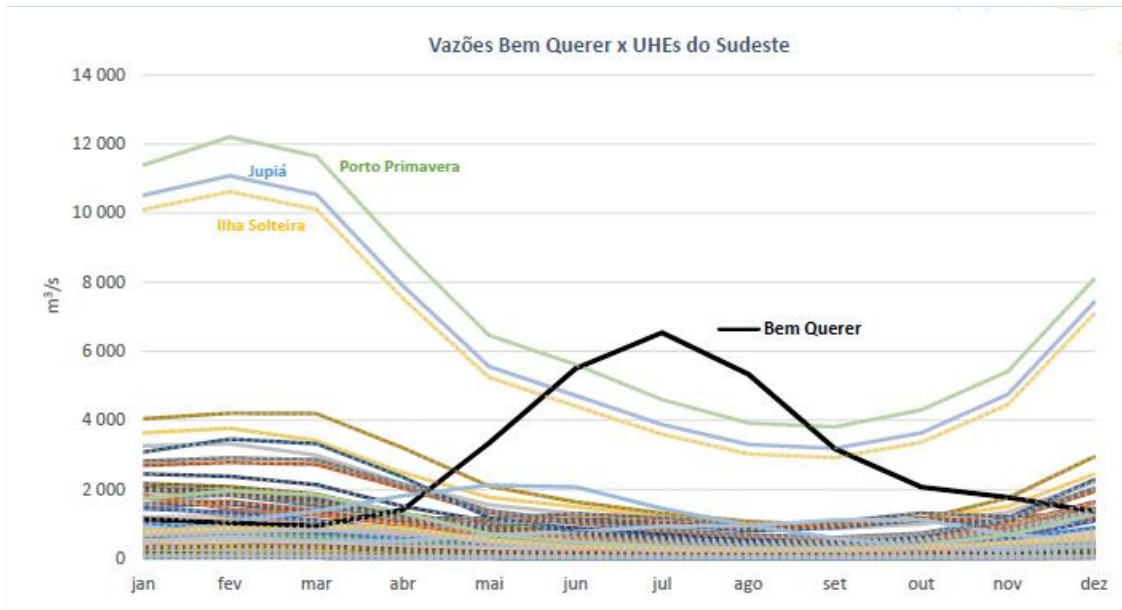
Para a EPE, uma importante característica da UHE Bem Querer reside no fato de que entre junho e agosto (época de cheia na bacia do rio Branco) a usina irá produzir a maior quantidade de energia. Nesses meses, a maioria das usinas hidrelétricas existentes no país está com menor capacidade de geração, devido ao período de seca em grande parte dos rios brasileiros.

De acordo com Ciro Campos, membro do Fórum de Energias Renováveis de Roraima (2020), a usina promete fornecer energia para o Estado de Roraima, mas principalmente atender ao Sistema Interligado Nacional. “Isso significa que é uma obra para atender ao Brasil como um todo, mas quem paga o preço são as pessoas que vivem em Roraima”.

A UHE Bem Querer manterá um regime de vazões diferenciado, em relação aos afluentes da margem direita do rio Amazonas e outros rios do Brasil, principalmente da região Sudeste. O regime fluviométrico da bacia hidrográfica do rio Branco é baseado no verão do Hemisfério Norte, com cheias de maio a outubro, e vazante de novembro a abril. O pico da cheia, em média, verifica-se no mês de julho, e os valores mínimos são observados, em média, em março (IBGE, 2009).

Nesta perspectiva, a análise do hidrograma, realizado pela EPE, (2018c) permitiu caracterizar dois períodos bem distintos no regime hidrológico do rio Branco. O período de cheias, com início na passagem do mês de março para abril, se estende até meados de setembro. As vazões máximas mensais são observadas em julho, com uma média histórica de quase 7.000m³ /s.

Figura 7 - Comparação hídrica (vazão) da UHE Bem Querer com usinas do Sudeste.



FONTE: EPE, 2018c.

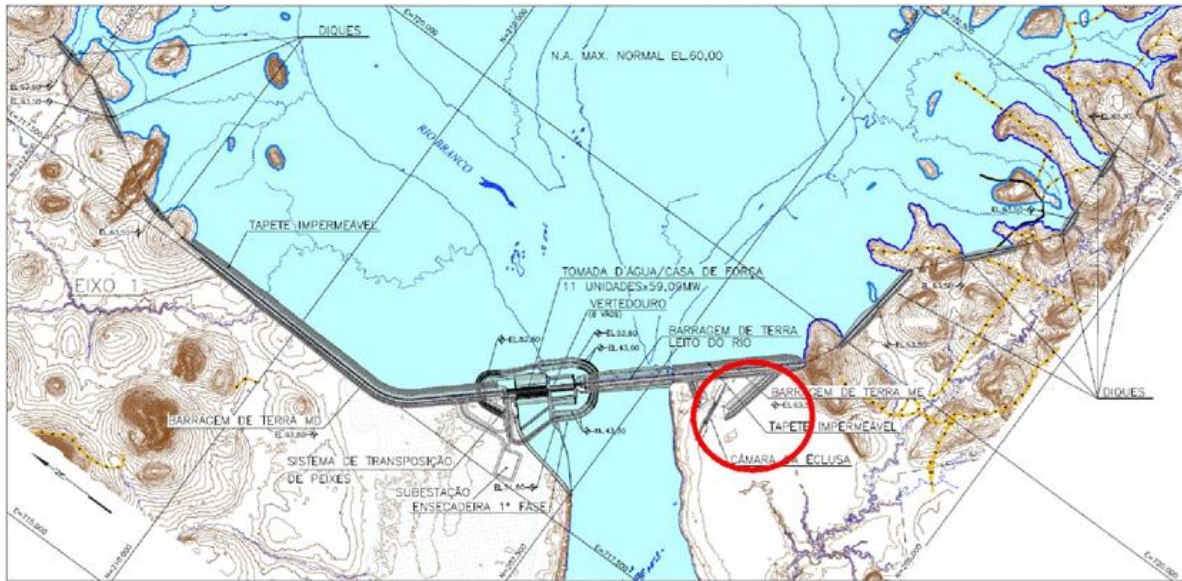
Uma característica importante da UHE Bem Querer é que, entre junho e agosto (época de cheia na bacia do rio Branco), a usina irá produzir a maior quantidade de energia prevista (650MW). Nesses meses, a maioria das usinas hidrelétricas existentes no país está com menor capacidade de geração, devido ao período de seca em grande parte dos rios brasileiros. Porém, no período de seca, que começa em outubro, com vazante que se estende até meados do mês de março, período mais crítico, possivelmente a UHE Bem Querer deve gerar menos de um terço de energia prevista, mediante a baixa vazão.

A usina terá operação do tipo fio d'água. Esse tipo de operação permite que o ciclo hidrológico natural dos rios seja mantido, ou seja, com águas altas nos períodos de chuva e águas baixas nos períodos de estiagem. Assim, mesmo após a construção da usina o rio continuará subindo e descendo conforme a quantidade de chuvas, pois toda a água que chegar ao reservatório passará pela usina, e seguirá o seu curso natural na região abaixo da barragem.

Para que uma usina hidrelétrica seja implantada devem ser considerados alguns fatores importantes, especificamente a altura da queda d'água, vazão, capacidade ou potência instalada, tipo de turbina empregada, localização, tipo de barragem e reservatório, não sendo esses fatores dependentes.

Considerando os resultados dos estudos preliminares, tem-se abaixo o detalhamento da alternativa de eixo, e arranjo do barramento da UHE Bem Querer.

Figura 8 - Alternativa final selecionada do barramento da UHE Bem Querer.



FONTE: EPE, 2019d.

A EPE (2019 d) relata que o barramento será composto por um eixo de concreto e terra, com aproximadamente 8 km de extensão, ligando as duas margens do rio Branco, e provocando um desnível do rio, de aproximadamente 15 metros. Isto é,

Na estrutura de concreto serão construídas a casa de força com onze turbinas bulbo capazes de gerar até 650 MW de energia elétrica; o vertedouro com capacidade para suportar vazões de até 27.500m³/s, evitando assim que grandes cheias possam comprometer a estrutura da barragem ou colocar em risco a população local; o sistema de espera da eclusa, possibilitando, no futuro, a construção da eclusa que permitirá a navegação entre Caracará e Boa Vista; e o sistema de transposição de peixes que permitirá a passagem de peixes migradores para a região acima da barragem (EPE, 2019 d).

Na tabela 4, a seguir, descreve-se, de modo sintético, os dados relativos ao barramento da UHE Bem Querer.

Quadro 2 - Dados da alternativa final do barramento da UHE Bem Querer.

Eixo	Potência (MW)	Extensão Barramento (km)	Altura Média da Barragem (m)	Queda Líquida (m)	Energia Firme (MWmed)	Custo Benefício (R\$/MWh)	Área do Reservatório (km ²)
1	650	10,9	16	12,6	389	147,6	519

FONTE: EPE, 2019d.

Esta alternativa apresenta o melhor custo-benefício, possui mais energia, e proporciona as melhores condições para a implantação da futura eclusa e canais de navegação. Também apresenta o maior reservatório, porém possui o menor índice de área alagada por potência (km^2/MW), além de não exigir dispositivo para vazão ecológica.

Quadro 3 - Comparação de MW/Km^2 das principais UHEs com a UHE Bem Querer.

UHE	Altura média da barragem (m)	Área alagada (Km^2)	Geração MW max.	MW/Km^2
Bem Querer	16	519	650	1,3
Jirau	62	361	3.750	10,4
Belo Monte	88	516	11.233	21,8
Santo Antônio	45	421	3.568	8,5
Balbina	51	2.360	250	0,1
Itaipu	196	1.350	14.000	10,4
Porto Primavera	257	2.250	1.540	0,7

FONTE: Organizado pelo Autor a partir de dados das UHE's

Essa correlação bastante desfavorável da área alagada, em relação à geração e à energia de $1,3 \text{ MW}/\text{Km}^2$ da UHE Bem Querer, deve-se, em especial, pela característica do Rio Branco, onde predominam condições de planície, com rios de baixa inclinação e pouco desnível topográfico. Dessa forma, o rio não tem uma grande queda que possa ser aproveitada para que a energia seja gerada, obrigando a inundação de grandes áreas para produzir a queda necessária, e gerar energia de modo economicamente lucrativo.

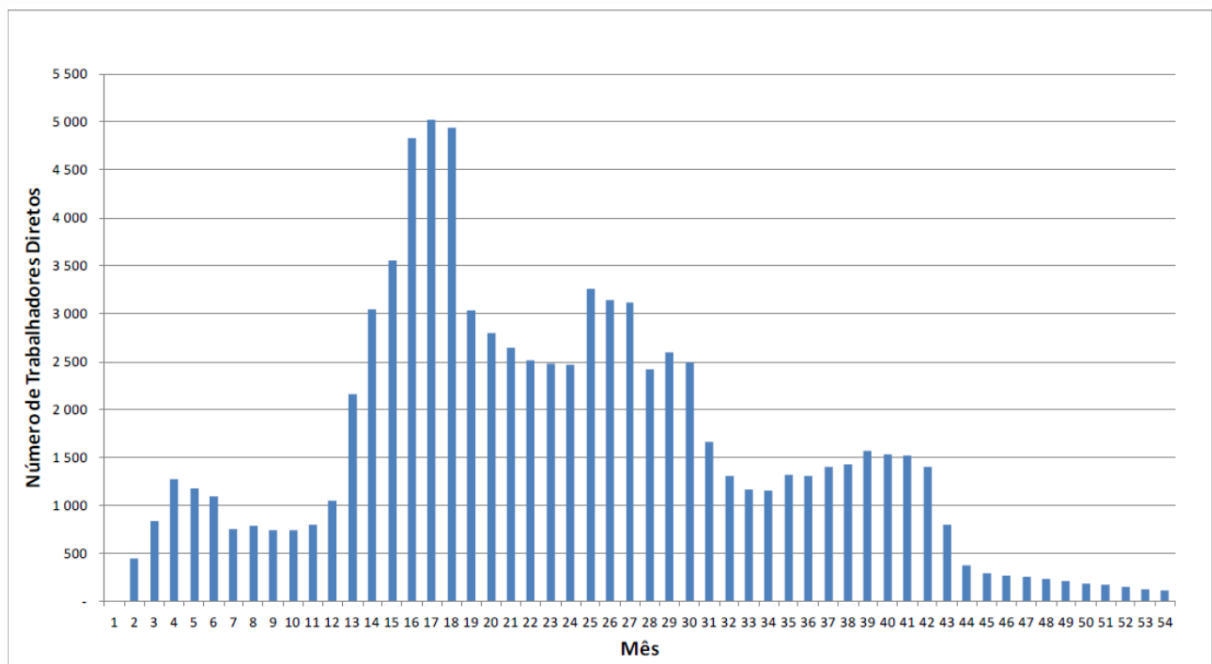
O lago que será formado pelo reservatório, previsto com 519 Km^2 , causará muitos impactos, isso é maior do que o reservatório da usina hidrelétrica de Belo Monte, com 516 Km^2 . Entretanto, numa rápida comparação de capacidade energética, percebemos que Belo Monte deverá ter uma capacidade instalada de aproximadamente 11.200 megawatts, ou $21,8 \text{ MW}/\text{Km}^2$, contra apenas 650 megawatts ou $1,3 \text{ MW}/\text{Km}^2$ da usina do Bem Querer. Podemos verificar que a UHE Belo Monte é vinte vezes mais eficiente que a UHE Bem Querer.

Se, por um lado, teoricamente a UHE Belo Monte tem uma maior eficiência, por outro, segundo o EXAME INVEST (2021), a produção da UHE Belo Monte na verdade é bem menor. A hidrelétrica Belo Monte produziu uma média mensal de apenas 568 MW em agosto, 361 MW em setembro, 276 MW em outubro, e 583 MW em novembro. Mesmo no auge da estação das cheias, a produção máxima foi de 6.882 MW por mês, bem abaixo dos 11.233 MW prometidos aos investidores e ao país.

Depois dessa infeliz constatação da UHE Belo Monte, o empreendimento da UHE do Bem Querer pode ser mais um elefante branco, como tantos outros no país, pois o local não tem queda suficiente para esse tipo de construção. Possivelmente os prejuízos serão maiores do que os benefícios, e o empreendimento pode sofrer dos mesmos problemas enfrentados por Belo Monte, em relação a produzir menos energia do que estava previsto, porque no período de seca, que começa em outubro, com vazante estendida até meados de março, possivelmente a UHE Bem Querer deve gerar menos de um terço de energia prevista, mediante a baixa vazão.

No momento da implantação, inúmeros trabalhadores são levados para a construção das usinas hidrelétricas, o que eleva a densidade populacional, gera empregos e fomenta o comércio local. No entanto, o represamento de um rio provoca impactos ambientais irreversíveis, tanto para o meio ambiente, quanto para as comunidades ribeirinhas.

Figura 9 - Histograma de Mão de Obra da UHE Bem Querer.



FONTE: EPE, 2019d.

Como observado no gráfico anterior, no pico as obras deverão empregar cinco mil empregados. O problema é que há exemplos de outras usinas hidrelétricas na Amazônia, onde número de pessoas que fluíram para o local da obra foi bem maior do que o número de vagas de emprego ofertadas.

De acordo com o Fórum de Energias Renováveis de Roraima (2020), este tipo de impacto não é reconhecido e nem esclarecido pelo Governo Federal. O caso da hidrelétrica de Belo Monte é um exemplo disso. Havia uma oferta de emprego de pouco mais de 20 mil trabalhadores, mas a obra atraiu quase 100 mil. Isso gerou um impacto de elevadas proporções, pois a estrutura urbana de Altamira não estava e nem foi preparada para receber um volume tão grande de pessoas. Houve uma sobrecarga, e os serviços essenciais como os de saúde, educação e segurança não tiveram condições de atender a demanda, o que causou um grande impacto social, gerou violência, doenças, e altos índices de pessoas sem acesso à educação.

Embora muitos vejam como positiva a implantação de usinas hidrelétricas, por serem promotoras de empregos, há que se ressaltar que esse contingente de mão de obra, em sua maioria vindo de outros estados, acaba por intensificar a saturação de serviços públicos, como escolas e postos de saúde.

A construção de usina hidrelétrica promove um processo de deslocamento social que influencia nas diversas dimensões e escalas temporais e espaciais. Remete-se a esse processo, além das modificações patrimoniais (novos proprietários), as alterações morfológicas (nova geomorfologia, novo regime hídrico, etc.) e, por conta disso, novas dinâmicas socioeconômicas. Novos grupos sociais surgem na região de implantação da usina, novos interesses e problemas se manifestam (VAINER, 2005, p. 8).

Henriques (2015, p. 40) explica que as hidrelétricas geram também impactos ambientais e sociais, motivados pela construção do reservatório, algo irreversível que não pode ser menosprezado ou subestimado.

Nesse contexto, as usinas hidrelétricas produzem impactos negativos sobre o patrimônio cultural das comunidades atingidas, seja pela perda de santuários, templos, elementos sagrados da paisagem, unidades de conservação, terras agricultáveis, artefatos e construções, pela submersão e deterioração dos recursos arqueológicos, cemitérios, entre outros (VIANA, 2003, p. 55-56).

O sítio arqueológico Corredeiras do Bem Querer atualmente está sofrendo grande risco de desaparecimento, devido à possível construção da UHE Bem Querer na região, considerando que neste local se localizará o eixo da barragem e canteiros e obras. Segundo o Mapa de Conflitos (2019), o local abriga centenas de vestígios arqueológicos, impressos nas rochas banhadas pelo rio, que são as chamadas bacias de polimento, onde grupos humanos ancestrais confeccionaram instrumentos de pedra polida, para atender às suas necessidades cotidianas de sobrevivência. Ademais, há sítios onde foram encontrados vestígios cerâmicos e

signos gravados com pigmento de cor avermelhada, e vários outros tipos de vestígios nas margens.

Figura 10 - Placa da localização do sítio Arqueológico corredeiras do Bem Querer.



FONTE: Eclair Moraes, 2020.

Destaca-se, também, a perda de elementos do patrimônio natural, localizados abaixo da cota de inundação, com conseqüente perda de espaço de lazer, e mudança na estrutura paisagística, com destaque para as corredeiras do Bem Querer, além de praias e ilhas do rio Branco.

2 - OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Análise e projeção da influência do projeto da Usina Hidrelétrica Bem Querer no uso e cobertura do solo do Médio Rio Branco.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Mapear o uso e a cobertura do solo na área de abrangência do projeto UHE Bem Querer;
- 2) Quantificar o uso e cobertura do solo na área de abrangência do projeto UHE;
- 3) Elaborar um modelo preditivo da alteração da área de estudo com a implantação UHE;
- 4) Verificação das possibilidades de fontes de energia renováveis para Roraima.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos do presente projeto, será desenvolvida pesquisa bibliográfica e experimental. Em campo, foram realizadas visitas, buscando ilustrar os aspectos físicos da área de abrangência da implantação da UHE e, também com a mesma finalidade, foram realizados registros fotográficos. Para efetuar o tratamento das imagens de sensores orbitais, foram utilizados (02) softwares e, posteriormente, procedeu-se a elaboração cartográfica. Para a classificação e quantificação do uso do solo na área de estudo, será aplicado o método de máxima-verossimilhança (*MAXRVER*). Também foram utilizados softwares para realizar projeções dos efeitos do alagamento do reservatório do projeto UHE Bem Querer.

3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na região central do Estado de Roraima, abrangendo territórios de Caracaráí, Iracema, Mucajaí, Boa Vista a norte, além dos municípios de Cantá e Bonfim a leste, correspondente às coordenadas geográficas 01°55'48,3" N e 60°00'09,4" W, conforme a Figura 11.

A bacia do rio Branco está quase totalmente inserida em Roraima, abrangendo uma pequena área da Guiana, ao longo dos rios Tacutú e Maú ou Ireng, que servem de fronteira internacional entre o Brasil e a República da Guiana (SANDER, 2015).

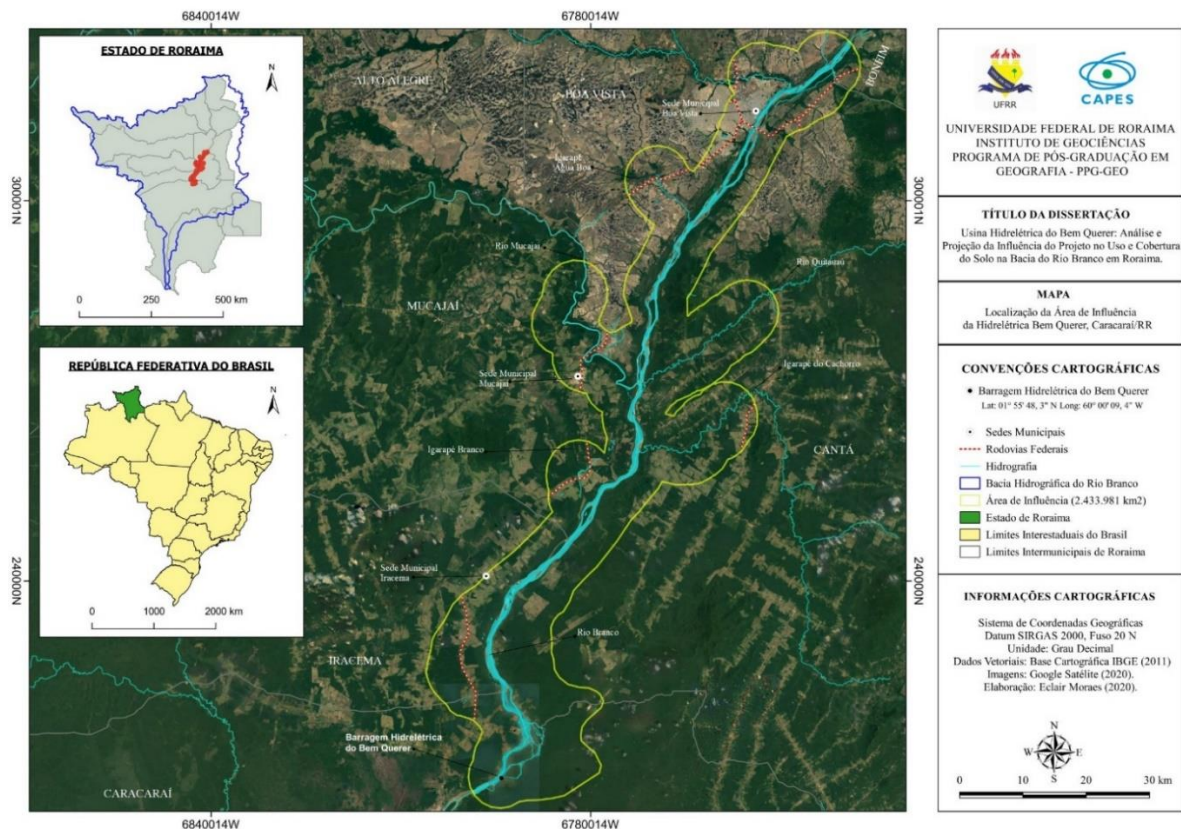
Com respeito aos usos das águas da bacia do rio Branco, pode se dizer que eles estão concentrados no eixo noroeste-sudeste, em faixa que não há terras indígenas ou unidades de conservação. Dessa forma, os usos prioritários se dão pelo abastecimento público, irrigação, dessedentação de animais, piscicultura, transporte, turismo e lazer (EPE, 2011).

A construção da UHE do Bem Querer afetará diretamente as áreas com o barramento do rio Branco, formando um reservatório que alagará o território dos seguintes municípios: Boa Vista, Bonfim, Cantá, Caracaráí, Iracema e Mucajaí. Devido às interferências desse tipo de empreendimento, a área deste estudo compreende um espaço que vai além do reservatório, levando em consideração as influências em seu entorno.

Para a elaboração do parecer de impacto ambiental, a área de influência de um empreendimento corresponde à área geográfica na qual são detectáveis os impactos diretos e indiretos de um projeto (SÁNCHEZ, 2006).

A delimitação de áreas de influência em estudos ambientais é caracterizada por complexidade, existindo dificuldades para elaborar limites para os possíveis impactos ambientais, e assim compreender a devida dinâmica natural dos fenômenos ambientais.

Figura 11 - Localização da área de estudo.



FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

3.2. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

3.2.1. Clima

De acordo com os dados da ANA (2015), o Estado de Roraima apresenta índices pluviométricos distintos, que o diferem do restante da Amazônia Ocidental. Essas diferenciações estão relacionadas à áreas de alta umidade, e áreas de alto déficit hídrico.

Segundo a classificação climática de Köppen, a área da bacia do rio Branco apresenta três variações climáticas, sendo: Aw (Clima Tropical de Savanas) com chuvas de verão e precipitação inferior a 60mm para o mês mais seco, e estação seca bem definida; Am (Clima Tropical de Monções), que apresenta regime de chuvas mais intenso durante alguns

meses, com ocorrência de precipitação inferior a 60mm entre um e dois meses; e Af (Clima Tropical Equatorial), que não apresenta estação seca, e tem índice de precipitação maior ou igual a 60mm (EVANGELISTA, SANDER e WANKLER, 2008).

As variações de temperatura para essa região ficam em torno de 26°C - 27°C, com precipitação anual variando entre 1.700 - 2.000 mm/ano, para as áreas de transição de vegetação (savana-floresta); e de 2.000 - 2.300 mm/ano para as áreas de florestas úmidas de baixo relevo, situadas na porção sul do estado (BARBOSA, 1997; EVANGELISTA, SANDER e WANKLER, 2008).

3.2.2 Geologia

O quadro litológico-geológico local, de acordo com CPRM (2014), é composto por cinco unidades geológicas: Suíte Metamórfica Rio Urubu, Suíte Intrusiva Serra da Prata, Suíte Intrusiva Mucajaí, Formação Boa Vista e Depósitos Aluvionares.

A unidade de maior representatividade dentro da área de estudos corresponde à Suíte Metamórfica Rio Urubu, que ocorre na porção centro-norte de Roraima, e compreende biotita gnaisses, biotita-hornblenda gnaisses, metagranitóides graníticos, granodioritos e tonalitos (SANTOS, 2005).

A Formação Boa Vista é a segunda unidade geológica de representatividade significativa dentro da área. De acordo com CPRM (2014), essa formação é constituída por arenitos conglomeráticos, arenitos arcoseanos e subordinados siltitos e argilitos. Para Santos (2005), o processo de sedimentação da unidade Formação Boa Vista ocorreu no período Terciário Inferior, com incidência de longos períodos de erosão.

Em menor proporção, mas não menos importante, a Suíte Intrusiva Mucajaí ocupa porções a oeste da área de estudos, estando estruturada sobre rochas dos tipos sienogranitos, monzogranitos, quartzo monzonitos e quartzo sienitos. Em seus estudos Fraga (2002), compartimentou essa unidade em duas unidades distintas, sendo desguiadas por: Gnaisse Igarapé Branco e Gnaisse Igarapé Miracelha. Algumas características mineralógicas das rochas dessa unidade, segundo Santos (2005), levam a uma correlação da mesma com a Suíte Intrusiva Surucucus e ao Granito El Parguaza, da Venezuela.

3.2.3 Geomorfologia

A Geomorfologia da área de drenagem da bacia do rio Branco até o reservatório é bem diversificada, e apresenta diferentes tipos de compartimentos geomorfológicos. Essas unidades geomorfológicas, de acordo com IBGE (2005a), tem relação direta com a variedade vegetacional existente no Estado de Roraima, sendo esta afetada pelo reservatório.

As unidades geomorfológicas existentes na área, segundo IBGE (2005a), são: Planalto do Interflúvio Amazonas-Orenoco, Planalto Sedimentar Roraima, Planalto Dissecado de Roraima, Patamar do Médio Uraricoera e Pediplano Rio-Branco Rio Negro.

O Planalto do Interflúvio Amazonas-Orenoco é uma extensa área montanhosa, com direção geral SW-NE, sustentada pelas rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas do escudo das Guianas. Boa parte dele constitui o divisor de águas das bacias dos rios Amazonas e Orenoco (CPRM, 2014). O relevo dessa unidade é caracterizado por patamares dissecados, e rede de drenagem encaixada, típica de falhas geológicas que resultam em vertentes de alta declividade.

A unidade Planalto Sedimentar Roraima é representada por feições tabulares, que têm como base rochas sedimentares e metassedimentares. De acordo com CPRM (2014), nessa unidade podem ser observados alguns tipos de relevo específicos, como: chapadas, platôs, degraus estruturais, rebordos erosivos, escarpas serranas, *cuestas* e *hogbacks*.

Dispondo de extensas superfícies de aplainamento (FALCÃO; COSTA, 2012), a unidade denominada Pediplano Rio Branco-Rio Negro recorta litologias pré-cambrianas e fanerozóicas (CPRM, 2014). Segundo Sander (2015), as superfícies de aplainamento dessa unidade são resultantes de processos erosivos, rochas cristalinas pré-cambrianas e sedimentos.

3.2.4 Vegetação

Considerações de Silva (1997) sobre a vegetação do estado de Roraima expressam que cerca de 85% é composta por florestas tipicamente amazônicas, incluindo suas distintas variações, que nos remete a um mosaico de vegetação, mudando de um tipo a outro rapidamente.

Segundo a classificação definida por Veloso et al. (1975), a vegetação da área é caracterizada por uma cobertura vegetal característica de Floresta Equatorial. Essa vegetação se traduz em diferentes tipos fisionômicos, principalmente aqueles ligados à Floresta Ombrófila Densa, mas também à Floresta Ombrófila Aberta e à Floresta Estacional

Semidecidual (ANA, 2015). A cobertura vegetal ombrófila tem como característica dossel uniforme, com uma altura média de 30 m a 35 m, com emergentes ocasionais de até 55 m.

Outra formação vegetacional existente na área são as savanas, que ajudam a compor o mosaico de paisagem de Roraima. As savanas roraimenses são consideradas as maiores áreas de savana da Amazônia Brasileira, e foram classificadas por Prance (1996) na categoria de "*non-flooded grassland savannas*".

Segundo Meneses e Costa (2012), dentre as áreas de vegetação presentes na Amazônia, a savana existente na região compõe um dos maiores blocos de savanas da América do Sul, ocorrendo nas direções norte e nordeste do Estado de Roraima, com uma área aproximada de 41.000 km², ocupando 17% da área do Estado.

Sua composição fisionômica foi descrita por Eiten (1983) como uma vegetação pobre em espécies e indivíduos arbóreos. O autor, porém, destacou a alta similaridade fisionômica existente nas savanas da Amazônia e os cerrados encontrados na Porção Central do Brasil. Segundo Veloso et al, (1975), ocorrem dois tipos de savanas no estado de Roraima, que incluem sete categorias diferentes, dentre as quais tem-se: savanas (graminosa, arbórea aberta e parque) e savanas-estépica.

A vegetação de Campinaranas também pode ser encontrada na área, sendo associadas a solos arenosos e pobres em nutrientes, com variação entre florestas e campos (MORAIS; CARVALHO, 2013).

3.2.5 Hidrografia

O rio Branco tem uma extensão aproximada de 1.215 km, compreendendo os trechos dos rios Parima, Uraricoera e Branco (SANDER, 2015). Seu regime fluviométrico é baseado no verão do hemisfério norte, com cheias de abril a setembro, e vazante de outubro a março. Em média, o pico da cheia ocorre entre junho e julho, e os valores mínimos verificam-se, principalmente, no mês de março (EVANGELISTA; SANDER; WANKLER, 2008).

Na margem direita do Rio Branco são tributários os rios Cauamé, Mucajaí, Catrimani e Xereuni. Já na margem esquerda são afluentes os rios Quitauau e Anauá. Desse modo, o Rio Branco divide-se em três segmentos (superior, médio e inferior Rio Branco). Neste caso, o rio Branco deve ser considerado desde sua nascente, sendo o trecho superior da nascente do rio Parima e Uraricoera até a Ilha de Maracá; o trecho médio da Ilha de Maracá até as corredeiras do Bem Querer; inferior da jusante do Bem Querer até o Rio Negro (SANDER, 2015). Este, por sua vez, após passar por Manaus une-se ao rio Solimões, e a partir dessa

união este último passa a chamar-se rio Amazonas, o mais volumoso do mundo, responsável pelo aporte de 20% da água doce do planeta.

Sua bacia está espacialmente localizada na região amazônica, no Extremo Norte do Brasil, drenando uma área de 204.640 km², que representa a maior parte do estado de Roraima. Segundo Sander (2012), a bacia do rio Branco situa-se na região setentrional da bacia rio Branco, seu afluente principal.

A tabela a seguir, fundamentada nas pesquisas de Lisboa (2015), contém informações acerca das características morfométricas do rio Branco.

Tabela 3 - Características morfométricas do Rio Branco, RR.

Características morfométricas	Valor
Área de drenagem (Km ²)	1.215
Perímetro (Km)	4.403,06
Comprimento total dos cursos d'água (Km ²)	43.289,06
Comprimento do rio principal (Km)	1.257,56
Coefficiente de compactação - Kc (adimensional)	2,81
Fator de forma – Kf	0,34
Índice de circularidade (adimensional)	0,12
Densidade de drenagem - Dd (adimensional)	0,23

FONTE: Lisboa et al. (2015).

Em termos gerais, pode-se afirmar que essas são as principais informações, no tocante à caracterização do rio Branco e de sua bacia.

3.3 MATERIAL

3.3.1 Imagens CBERS-4

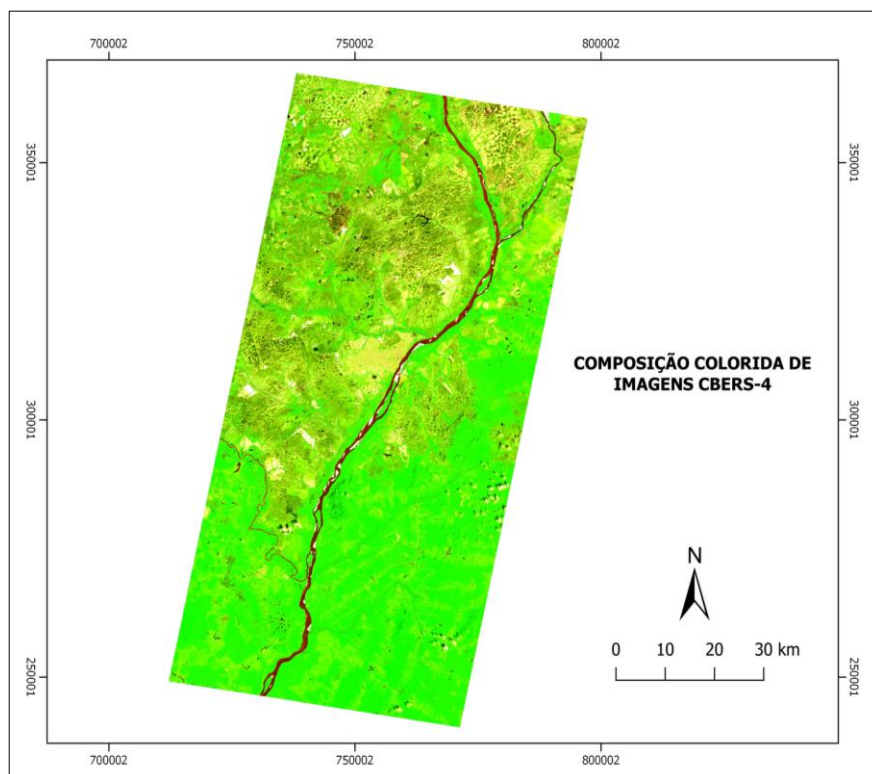
As cenas utilizadas nesta pesquisa foram da câmera pancromática (PAN) e multiespectral, da plataforma China-Brazil Earth Resources (CBERS-4). As imagens selecionadas para este estudo correspondem as faixas espectrais (Red, Green e Nir), com resolução espacial de 10 metros, da órbita 175, pontos 097-098. Essas cenas foram imageadas e adquiridas em 23 de janeiro de 2020 (tabela 7).

Tabela 4 - Características das imagens.

Parâmetros	Especificações	Características das bandas
Data de coleta	23/01/2020	0,51-0,85 μ m (Pan)
Tipo de dado	Unsignid 16 bits	0,52-0,59 μ m (G)
Resolução espacial	10 metros	0,63-0,69 μ m (R)
Datum (Sistema Geodésico)	WGS 84	

FONTE: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/cbers>, 2020. Organizado pelo autor.

As imagens foram adquiridas no catálogo de imagens do site do Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE (<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>), seguindo o critério de cobertura de nuvens (Figura 8).

Figura 12 - Imagens com filtro RGB falsa-cor.

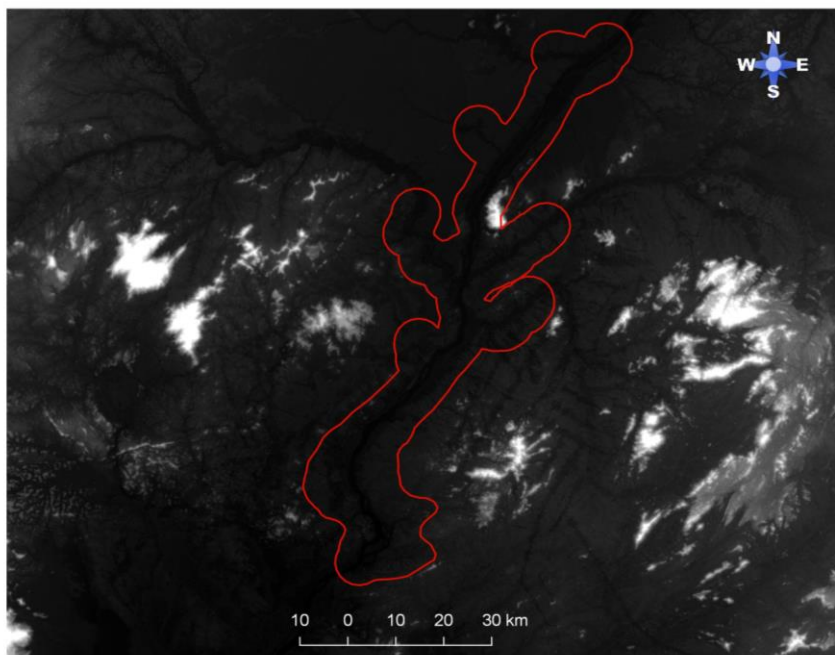
FONTE: INPE (2020). Organizado pelo autor, 2020.

As composições coloridas foram empregadas na análise visual da área de estudo, subsidiando a identificação e o mapeamento dos alvos de interesse.

3.3.2 Dados SRTM

Os dados SRTM (*Shuttler Radar Topography Mission*) da região de estudo foram obtidos junto ao Serviço Geológico Americano (USGS), possuindo informações disponíveis para toda a América do Sul, referentes à banda C do equipamento InSAR, com resolução espacial de 30 metros. As cartas topográficas selecionadas são referentes às folhas 02N615 e 03N615 (Figura 13).

Figura 13 - Mosaico das cartas topográficas 02N615 e 03N615 da área de estudo.



FONTE: Serviço Geológico Americano – USGS (2020). Elaborado pelo autor.

A priori os dados SRTM foram reprojatados para o elipsoide de referência SIRGAS 2000, zona 20 N utilizando o programa *QGIS 2.18*, preparando-os assim para a obtenção dos dados altimétricos e declividade da área de estudo.

3.3.3 Dados Temáticos e Cadastrais

Os dados vetoriais e temáticos utilizados nessa pesquisa são oriundos da base cartográfica contínua do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2011), Empresa de Pesquisas Energéticas – EPE (2019), Agência Nacional de Águas – ANA (2020) e Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2014). Serviram de subsídio para a criação de novos

dados geográficos da área de pesquisa, como: delimitação e criação do *buffer* da área de influência da hidrelétrica, e classes de uso e cobertura do solo.

3.3.4 Softwares Utilizados

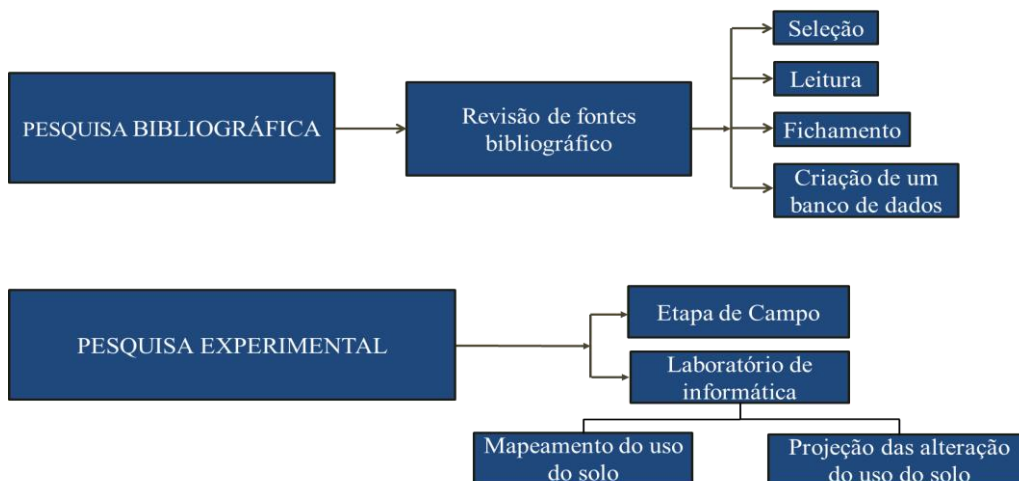
Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes softwares, no processamento digital das imagens, análise e geração dos produtos cartográficos: *QGIS 2.18.1* e *Arcgis 10.1*. O aplicativo *QGIS 2.18.1* foi utilizado para a realização dos procedimentos efetuados durante o processamento digital das imagens, sendo estes: aplicação de filtro RGB, mosaico das cenas, recorte da área de interesse, e geração de dados vetoriais.

O processo de classificação de imagens foi executado no programa *Arcgis 10.1*. O classificador utilizado foi MAXVER. Todos os processamentos foram realizados em um microcomputador com processador Intel Celeron N4205U, com velocidade de processamento de *2.3 GHz*, memória RAM de *4GBytes*, com capacidade de armazenamento de *500GBytes* e sistema operacional *Windows XP*.

3.4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa estão ilustrados no fluxograma da figura 10. Os detalhamentos referentes aos métodos adotados estão discriminados nas seções a seguir, e organizados conforme os objetivos específicos propostos.

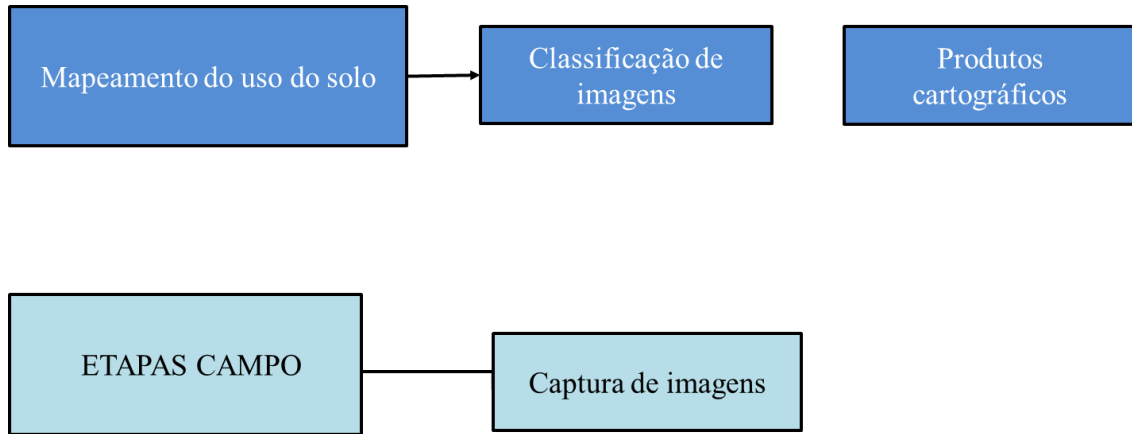
Figura 14 - Esquema metodológico com as etapas da pesquisa



FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

A pesquisa experimental se apresenta a partir do esquema abaixo (Figura 15).

Figura 15 - Esquema da pesquisa experimental com as etapas



FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

Em nível operacional, o presente trabalho realizou levantamento de dados que pudessem auxiliar na construção de algumas das suas etapas específicas, no sentido de atingir o objetivo maior.

3.4.1 Pesquisa Bibliográfica

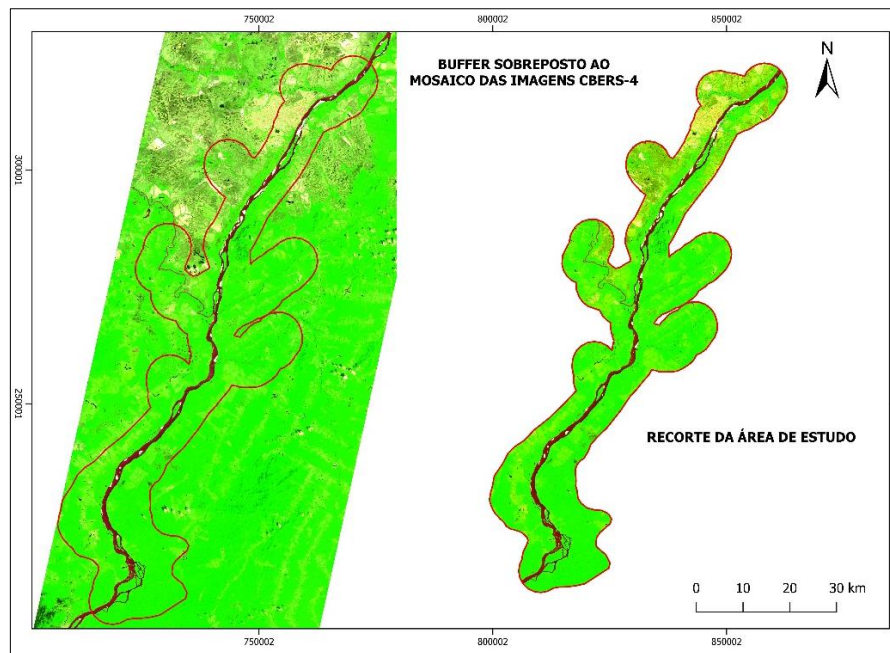
O embasamento teórico deste trabalho toma por base alguns autores que conceituam os estudos de uso do solo, usinas hidrelétricas, setor elétrico no país e energias alternativas. De um lado, Bittencourt et al., (2006), cujo interesse focou em compreender os processos socioespaciais decorrentes do uso e cobertura do solo, e sua influência direta na ambiência, a partir do modelo preditivo das alterações, e a intervenção humana enquanto agente transformador da paisagem. Por outro lado, Fearnside e Barbosa, Fernandez e Garrido (2002) e Montana Martínez (2018) executam um enfoque sobre a busca pelo desenvolvimento econômico, como fator determinante na adoção das hidrelétricas como principais modelos energéticos para o Brasil, consolidando interesses políticos e econômicos idealizados desde a década de 60. Por fim, EPE e ANEEL abordam os dados e planejamentos da produção de energia elétrica no Brasil e Roraima.

3.4.2 Pré-processamento dos Dados

O processo de sondagem e caracterização do uso do solo pode ser facilitado pela utilização de imagens de satélites e outros recursos de sensoriamento remoto, que podem gerar dados passíveis de serem geocodificados. Levantamentos de uso e cobertura do solo, obtidos a partir da interpretação de imagens aéreas ou orbitais da região, e a correlação de seus resultados, são fundamentais para avaliar as diversas variáveis relacionadas ao uso do solo.

A primeira etapa da metodologia consistiu no pré-processamento digital das cenas CBERS-4, coletadas em 23 de janeiro de 2020. Dentre os procedimentos realizados estão: aplicação de filtro RGB, mosaico e recorte da área de estudo, utilizando o software *QGIS 2.18* (Figura 16).

Figura 16 - Recorte da área de estudo.



FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

De posse das imagens coloridas geradas a partir da aplicação do filtro RGB, foi realizado o recorte da área de estudo, a partir da camada máscara *buffer* da área de influência da usina hidrelétrica Bem Querer. A partir do recorte foi possível estipular as classes de uso e cobertura do solo existentes na área.

3.4.3 Delimitação da Área de Influência

Os dados vetoriais da área de alagamento disponibilizado pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), e cotas altimétricas obtidos das imagens SRTM, foram empregados na delimitação da área de influência da Hidrelétrica Bem Querer. O arquivo vetorial gerado foi empregado na elaboração dos cartogramas de localização, uso e cobertura do solo, altimetria e declividade da região de interesse.

Todos os dados foram processados dentro do ambiente SIG do *QGIS 2.18*, incluindo o *buffer* da área de estudo, utilizando o comando Vetor>Geoprocessamento>*Buffer* de distância fixa. Com o estabelecimento da área, foi possível estabelecer as classes de uso e cobertura do solo ali existentes, e assim mapear os alvos de interesse, para determinar os possíveis passivos ambientais.

Os dados vetoriais (*buffer*) disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) da área de alagamento foram aplicados na elaboração dos cartogramas de localização, altimetria, declividade, no uso e cobertura do solo, e no modelo preditivo das alterações na área de influência do projeto da UHE Bem Querer.

Os parâmetros utilizados para a limitação da área de influência do projeto da UHE do Bem Querer foram usados a partir da elaboração de mapas de declividade, conforme a figura 19, e altimetria, conforme a figura 20, utilizando um *buffer* da área de alagamento do reservatório, para verificação dos limites de cotas e declividade a serem alagadas pelo reservatório. A partir disso delimitou-se uma distância de 5 km, após a margem alagada.

3.4.4 Definição e Caracterização das Classes Temáticas

De acordo com IBGE (2006), a definição da nomenclatura das classes de cobertura da terra precisa estar adequada à realidade da área de interesse, de modo a abranger toda diversidade ali existente, e dentro de uma escala de análise com compatível, tamanho das áreas, e com a fonte de dados disponíveis. O estabelecimento das classes temáticas deve ser pautado nas necessidades daqueles que, porventura, farão uso desse tipo de informação.

3.4.5 Trabalho de Campo

Foram realizadas duas pesquisas de campo, sendo a primeira em 23/04/2020, no período de seca do rio Branco, e a segunda no dia 16/09/2020, no período de cheias do mesmo

rio, para levantamento de informações e coleta de dados referentes à área de estudo. O levantamento de campo teve como objetivo identificar as principais classes de uso e cobertura da terra na área de estudo, e apoiar o processo de seleção das amostras de treinamento e de teste, para a validação temática e geométrica do cartograma de uso e cobertura do solo. As amostras selecionadas em campo foram definidas por meio de padrões de homogeneidade na paisagem, *in loco*. Esse procedimento tem a finalidade de levantar informações que compõem as classes temáticas a serem mapeadas, e por conseguinte as áreas que serão impactadas pelo processo de alagamento na implantação do reservatório da UHE do Bem Querer.

A área de pesquisa abrange regiões de desmatamento ocorridos ao longo dos anos, que propiciaram atividades de pecuária e agropecuária, além de apresentar significativa formação de áreas de florestas primárias (Floresta Ombrófila Densa), com pastagem e vegetação em diversos estágios de regeneração. Todos os pontos observados em campo e nas imagens orbitais permitiram a identificação de seis classes temáticas a serem mapeadas: área urbanizada, atividades pecuária e agropecuária, corpos hídricos, banco de areia, floresta e savana.

3.4.6 Amostras de Regiões de Interesse

Após a etapa de identificação e definição das classes temáticas de interesse, iniciou-se a coleta das amostras de treinamento e teste, baseadas em áreas visitadas em campo. Neste procedimento o critério utilizado foi a interpretação visual, baseados nos elementos de cor, tonalidade, textura, forma e contexto das feições, buscando fidedignidade na representação das classes temáticas. Foram coletadas amostras (polígonos das regiões de interesse) aleatoriamente, de forma a garantir a não correlação espacial (não contaminação) entre os pixels.

Quadro 6 - Número amostras por classe temática de interesse.

Classes temáticas de interesse	Total de amostras
Corpos Hídricos	277
Área Urbanizada	408
Banco de Areia (Depósito Aluvionar)	30
Atividade Pecuária e Agropecuária	264
Floresta	410
Savana	86
TOTAL	1475

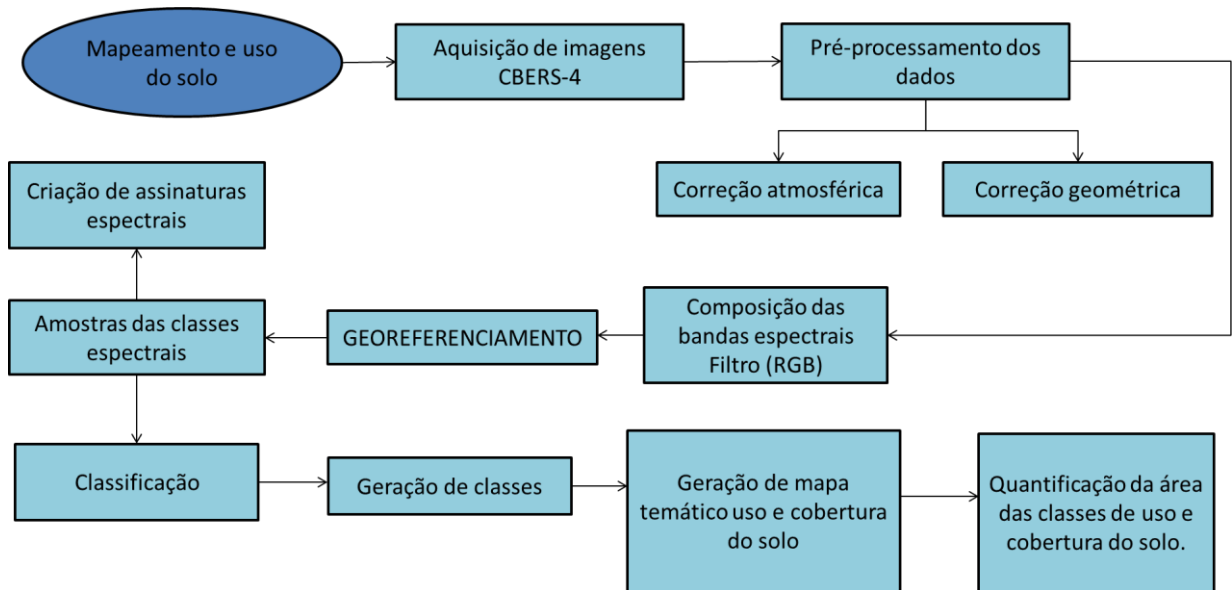
Nas considerações de Jensen (2005), as amostras de treinamento são as referências utilizadas pelo classificador, enquanto as amostras de teste são consideradas como exemplos de referência terrestre (verdade de campo). Essas amostras contêm as assinaturas espectrais de cada classe (alvo) de interesse a ser mapeado, sendo empregadas durante o processo de validação e teste de acurácia dos resultados das classificações. Portanto, a coleta e o uso dessas informações devem ser feitas de forma cuidadosa, a fim de não utilizar as amostras de treinamento no processo de validação das classificações.

3.4.7 Classificação Supervisionada *MAXVER*

O método de classificação adotado foi da Máxima Verossimilhança – *MAXVER*, que foi realizada em ambiente SIG *ArcGis 10.1*, onde foram definidas as amostras de treinamento, por meio de polígonos que representam cada uma das classes de uso e cobertura do solo existentes dentro da área, seguindo parâmetros de tonalidade e textura dos alvos identificados, que foram divididos em seis classes. Tal algoritmo, de acordo com INPE (2020), considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais (*pixels*) das classes, por meio de parâmetros estatísticos.

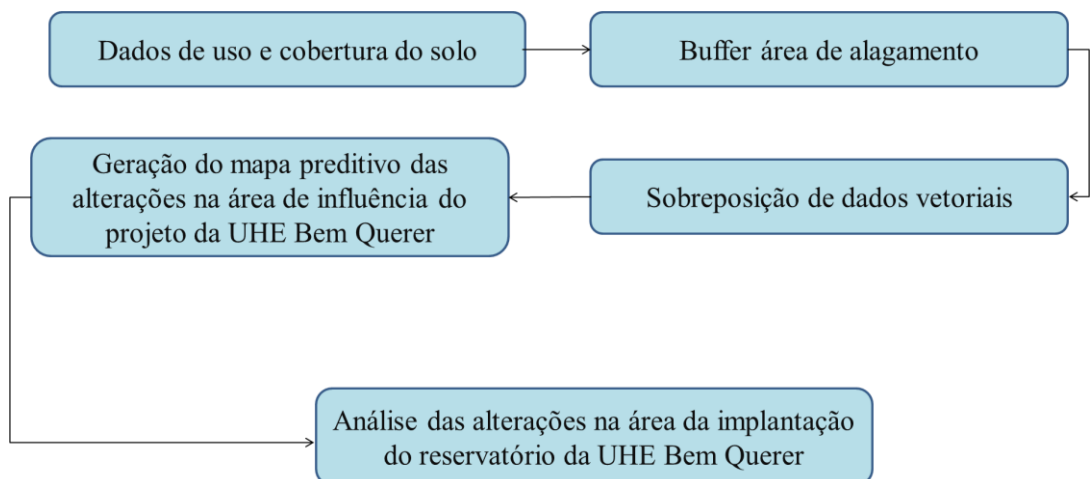
Os dados gerados com o classificador *MAXVER* passaram por um processo pós-classificatório no Filtro Majoritário (Majority Filter), que está presente no SIG *ArcGIS 10.1*. Esse procedimento, de acordo com Rodrigues e Tagliarini (2014), busca limpar e minimizar os ruídos dos pixels, que por ventura tenham sido classificados de modo equivocado pelo algoritmo do SIG.

Figura 17 - Fases da pesquisa experimental do mapeamento do uso do solo



FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

Figura 18 - Fases de pesquisa experimental da projeção das alterações do uso do solo



FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

O último objetivo da pesquisa foi o de verificar o horizonte na geração de energia elétrica do Estado de Roraima, levando em consideração as possibilidades de diversificar e explorar outras fontes energia renovável, através de pesquisa bibliográfica.

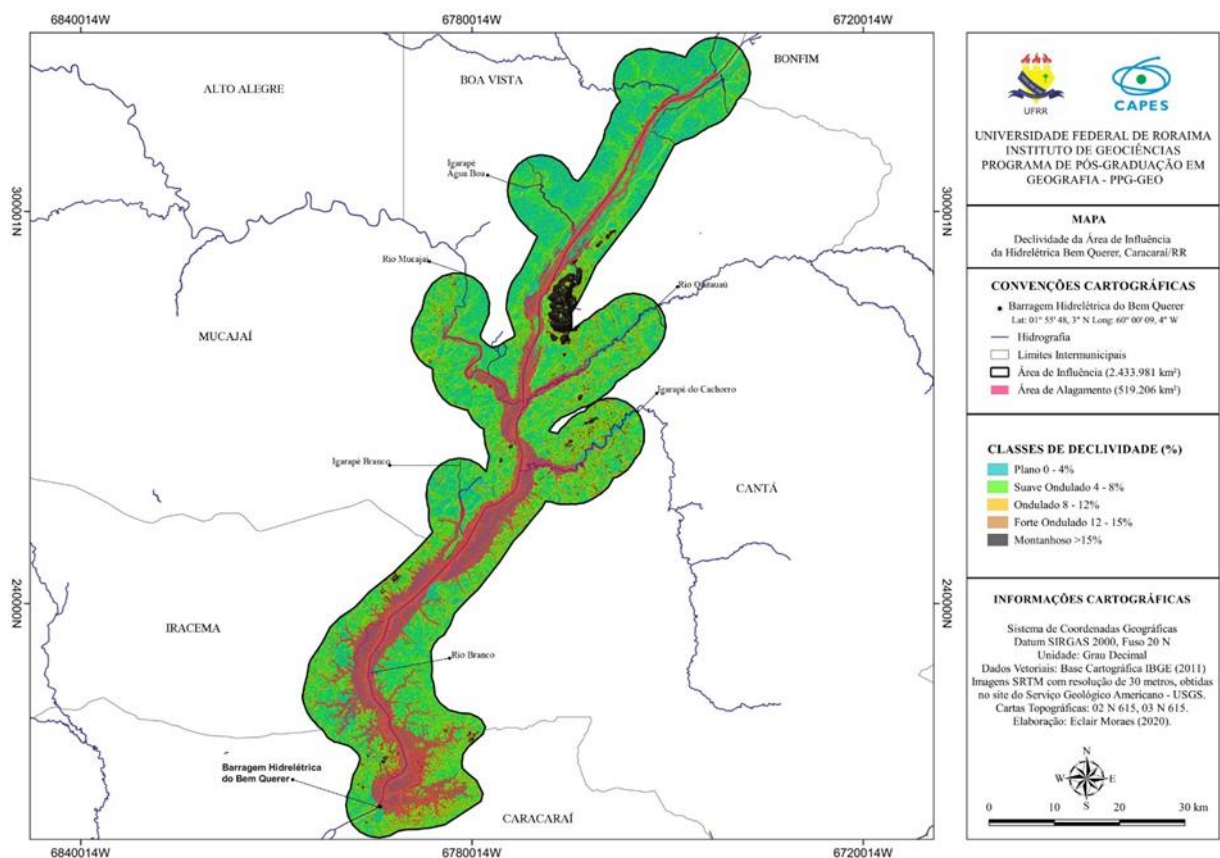
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. USO DO SOLO

Os estudos das declividades são fundamentais no planejamento territorial, pois auxiliam na delimitação de faixas que podem ser utilizadas com segurança, para cada tipo de ocupação, oferecendo diferentes graus de proteção ao solo.

Os parâmetros utilizados para a limitação da área de influência do projeto da UHE Bem Querer surgem a partir da elaboração de mapas de declividade e altimetria, utilizando um buffer da área de alagamento do reservatório para verificação dos limites de cotas e declividade a serem alagadas. A partir disso, delimitou-se uma distância de 5 km após a margem alagada, conforme o mapa de declividade, na figura 19.

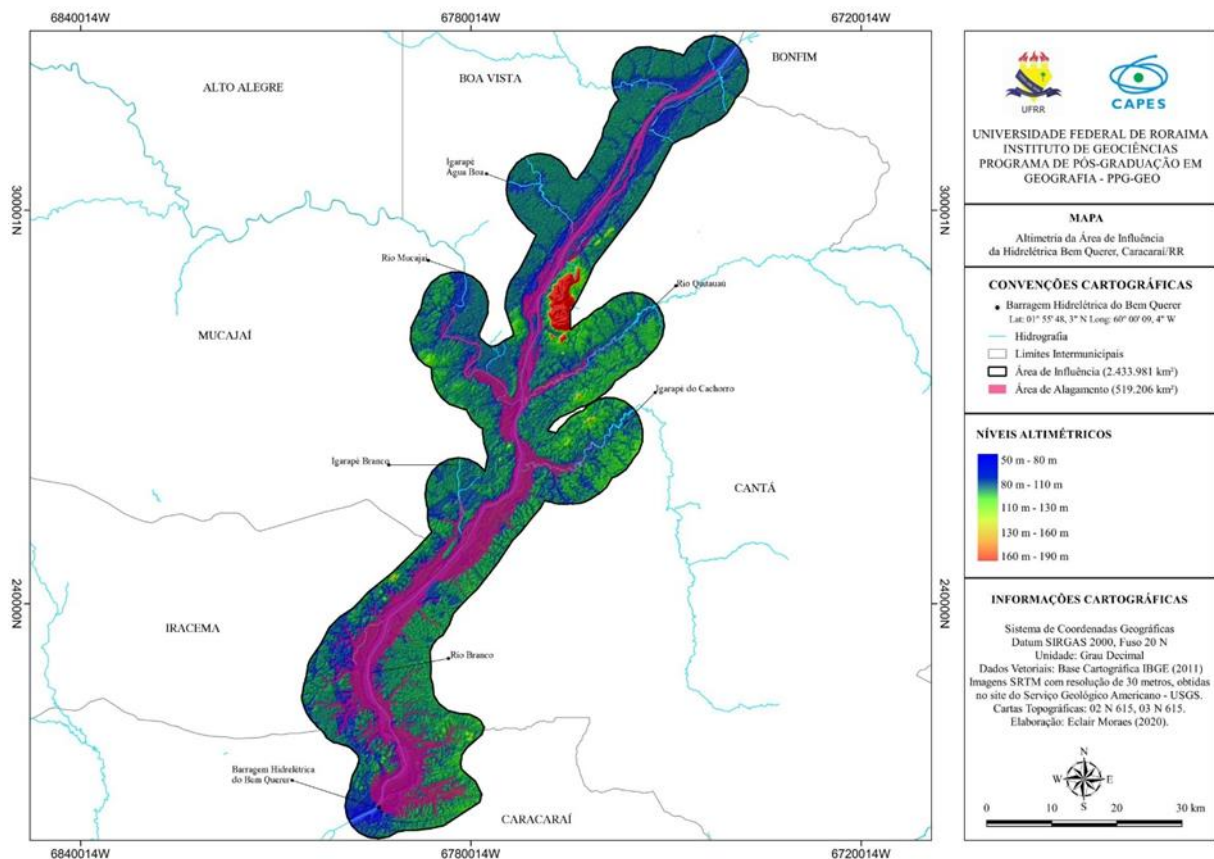
Figura 19 - Mapa de declividade da área de influência da UHE do Bem Querer, médio rio Branco, Estado de Roraima



FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

A área de estudo apresenta, predominantemente, um relevo suave ondulado, com declividades entre 4 – 8%, com pouca variação, destacando-se apenas a Serra Grande como relevo montanhoso, com declividade acima de 15%, segundo se observa no mapa de declividade na figura 20.

Figura 20 - Mapa de altimetria da área de influência da UHE do Bem Querer, médio rio Branco, Estado de Roraima.

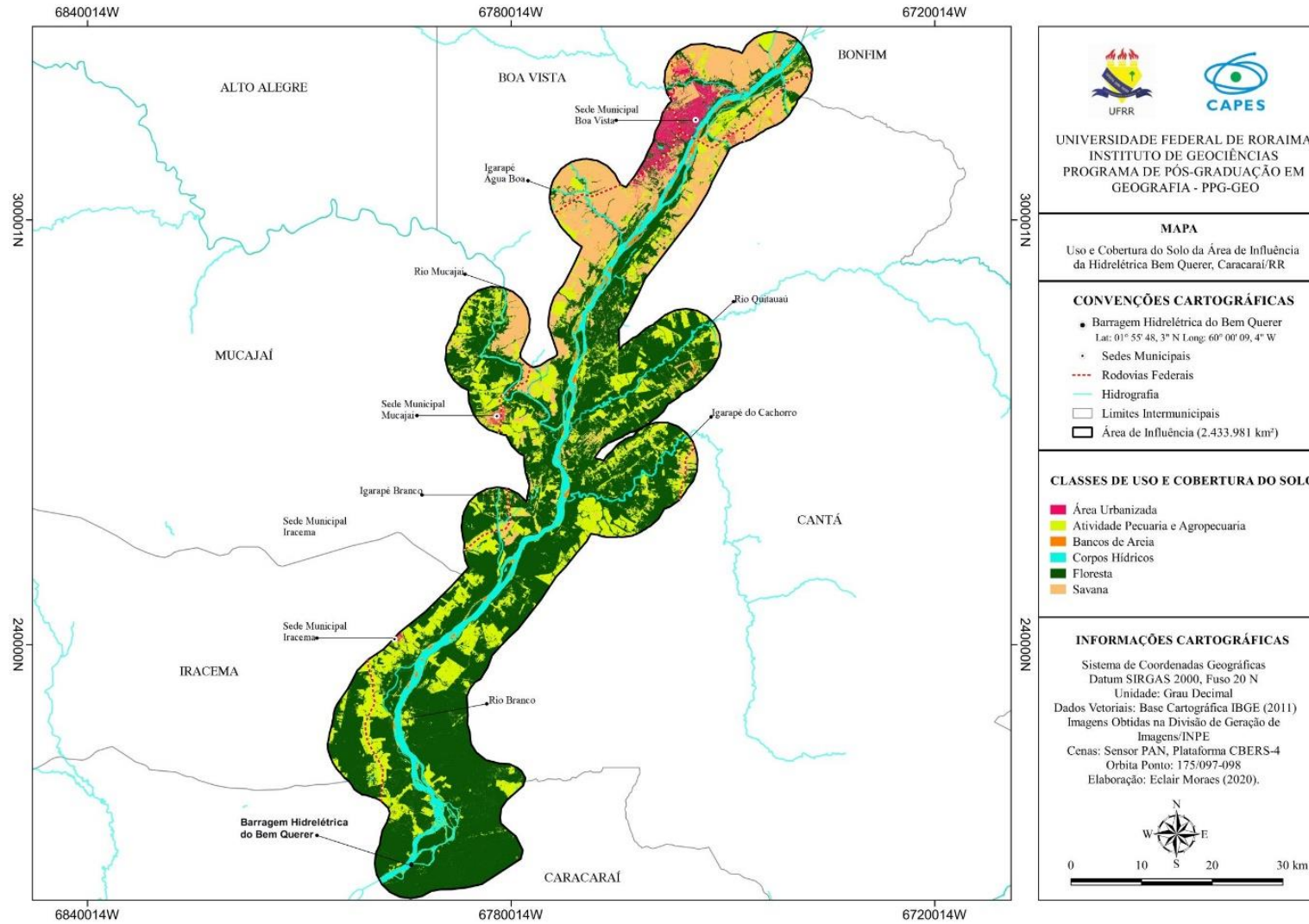


FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

A área e alagamento previstos, segundo EPE, será de 62 metros. No mapa pode-se verificar que deve atingir as cotas máximas entre 50 a 80 metros, conforme observado na figura (20), sendo este um dos dados de referência na delimitação da área de influência do projeto da UHE Bem Querer.

O mapa de uso e cobertura do solo da área de influência do projeto da UHE Bem Querer foi feito a partir das imagens de satélite CBERS-4, do ano de 2020, apresentado na Figura 21. Ele permite analisar a estrutura e distribuição das classes de uso e cobertura do solo na área de estudo, e também proporciona quantificar as classes da área de estudo.

Figura 21 - Mapa de uso e cobertura do solo na área de influência do projeto da UHE Bem Querer.



FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

A elaboração do mapa de uso e cobertura do solo tem como finalidade expor o estado atual da área de influência do projeto da UHE Bem Querer, auxiliando com dados existentes na área a ser impactada o planejamento do território. No entanto, não é objetivo deste trabalho realizar uma análise multitemporal.

4.2. ANÁLISE DA QUANTIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO

A partir dos arquivos *shapefile* gerados na etapa de classificação, foi possível obter os valores das áreas (em quilômetros quadrados) que cada uso e cobertura do solo abrangeu no ano de 2020, juntamente com o cálculo percentual do uso e cobertura do solo, em relação a cada classe.

Seguindo a classificação do IBGE, mas considerando aquelas categorias de uso e cobertura do solo mais significativas de sofrer alterações e impactos na área da implantação da usina, escolhemos seis classes de uso e cobertura do solo organizadas na tabela a seguir:

Tabela 5 - Quantitativo das classes de uso e cobertura do solo.

CLASSES DE USO	ÁREA (KM ²)	ÁREA (%)
Corpos Hídricos	140,29	5,76%
Área Urbanizada	50,63	2,08%
Banco de Areia (Depósito Aluvionar)	17,28	0,71%
Atividade Pecuária e Agropecuária	507,25	20,84%
Floresta	1.319,24	54,20%
Savana	399,18	16,40%
TOTAL DA ÁREA	2.433,98	100%

FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

Como pode ser observado na tabela 9, a classe floresta se encontrava predominante na área, representando 54,2% (1.319,24 km²) do uso e cobertura total, concentrando-se em grande parte nas proximidades do rio Branco e outros igarapés, nos municípios de Cantá, Mucajaí, Iracema e Caracarái, sendo estas áreas de preservação permanente (APP), com boa cobertura vegetal de porte arbóreo, bem consolidada.

Em seguida, a classe atividade pecuária e agropecuária, com 20,84% (507,25 km²), com produção agrícola e atividade de pecuária. A classe savana, comumente chamada de lavrado, ocupa 16,4% (399,18 km²), concentrando-se em maior proporção ao norte da área de

influência do projeto da UHE Bem Querere, no município de Boa Vista. Estas classes mencionadas anteriormente, juntas, correspondem a mais de 90% da área total da classificação do uso solo.

A classe de corpos hídricos é representada por rios, igarapés lagoas, açudes e áreas sujeitas a inundações. Correspondem, respectivamente, a 5,76% (140,29 km²).

A área urbanizada representa 2,08 % (50,63 Km²), correspondente às sedes municipais de Boa Vista, Iracema e Mucajaí.

A classe banco e areia (depósito aluvionar) ocupa 0,71% (17,28 Km²), sendo esta classe a de menor representatividade na área de estudo. Depósitos aluvionares é definida por ser uma forma de acumulação composta de sedimentos areno-argilosos, inconsolidados (neossolos flúvicos), e periodicamente encobertos pelas cheias dos rios.

A savana denomina uma área de 16,40% (399,18 Km²), localizando-se nas regiões dos municípios de Boa Vista, Cantá e Bonfim. Segundo Meneses e Costa (2012), destaca-se que, dentre as áreas de vegetação presentes na Amazônia, a savana existente na região compõe um dos maiores blocos de savanas da América do Sul, ocorrendo nas direções norte e nordeste do Estado de Roraima, com uma área aproximada de 41.000 km². Atualmente, a área de savana vem sendo explorada largamente, com a expansão agrícola no Estado.

4.3. MODELO PREDITIVO DAS ALTERAÇÕES NA ÁREA DE INFLUENCIA DO PROJETO UHE BEM QUERER

Os mapas preditivos possuem o objetivo de apresentar esboço futuro do arranjo da distribuição espacial, a partir da atual e antiga dinâmica espacial, e mostram-se importantes ferramentas de gestão e tomada de decisão. Através deles, é possível analisar o resultado das previsões, e planejar caminhos alternativos ou maneiras que os distancie de efeitos que se queiram evitados.

No entanto, os cenários futuros não devem ser considerados o produto final de um processo, mas sim uma ferramenta para guiar e incentivar tomadas de decisões mais assertivas, uma vez que tais mapas funcionam como prognósticos de possíveis cenários, e não cumprem a função de fornecer certezas absolutas, mas evitar efeitos indesejáveis quando áreas determinadas poderiam ser submetidas a transformações, tais como aquelas sofridas pelas usinas hidrelétricas (DALMAS, 2013).

O recorte do modelo preditivo supracitado compõe-se da parte diretamente atingida pela construção da barragem, com a formação do reservatório. Neste caso, a delimitação

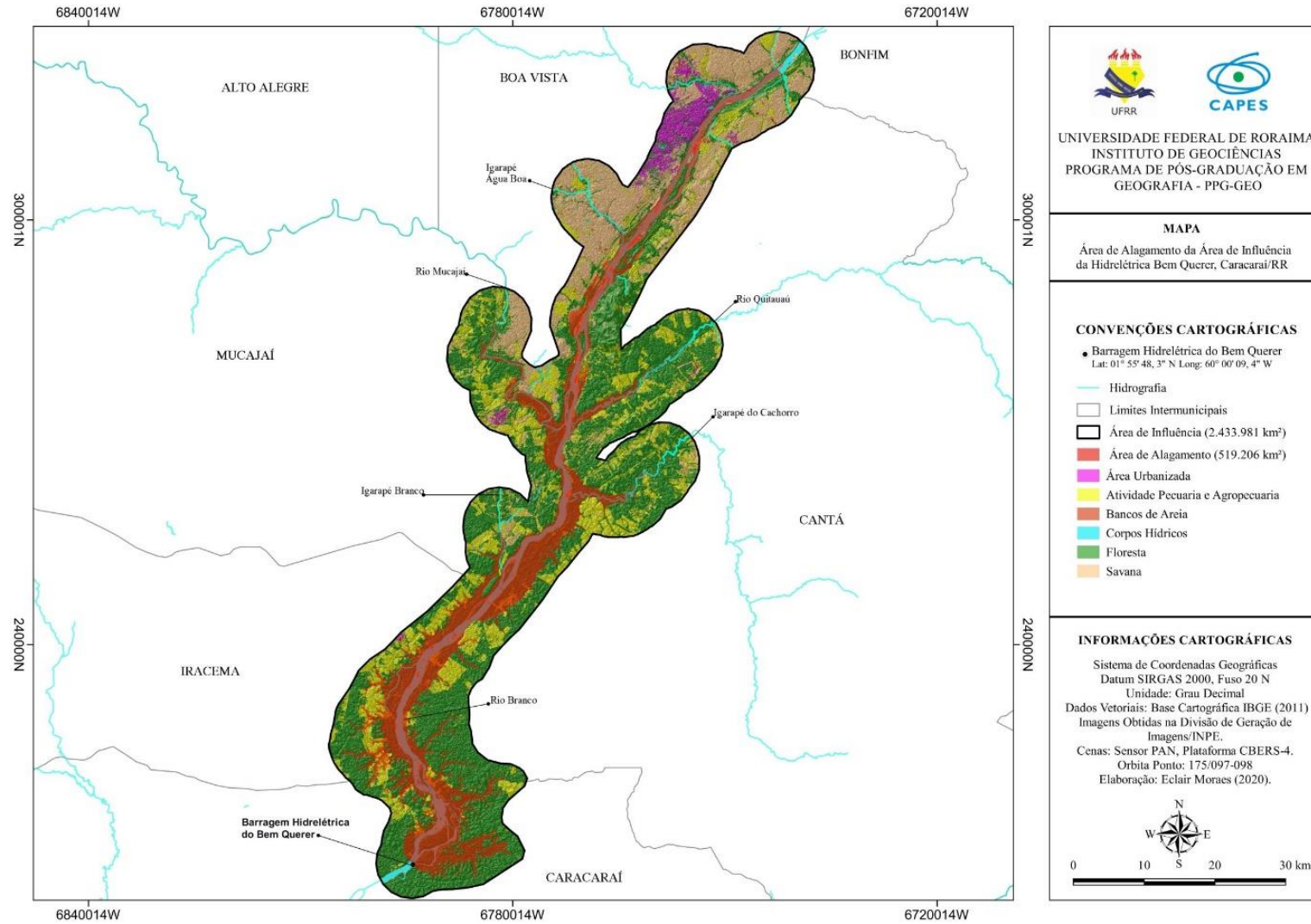
levou em consideração o barramento físico da usina, e a área de alagamento do reservatório. A região de influência da usina hidrelétrica compreende uma área de 2.433,98 Km², e a extensão prevista a ser alagada pelo reservatório será de 519,21 Km², significando assim 21,33% do total da área de influência da UHE Bem Querer.

Considerando a influência do reservatório nos espaços físicos, bióticos e socioeconômicos deste cenário, faz-se plausível a descrição das alterações, bem como as consequências das atividades da construção e operação do empreendimento.

Com a construção do mapa preditivo, poderemos verificar as classes mais suscetíveis de sofrer alterações provocadas pelo barramento do rio Branco, devido à formação do reservatório. Nesse sentido, há que considerar que o projeto da usina hidrelétrica do Bem Querer prevê que o “reservatório terá 519,21 km² de área de espelho d’água, e 2.530x10⁶ m³ de volume” (EPE, 2018). Destaca-se que o eixo do barramento localiza-se a montante da área urbana da cidade de Caracaraí, próximo das corredeiras do Bem Querer.

Dessa forma, o reservatório alcançará o limite da área urbana de Boa Vista, sem inundá-la, e avançará pelo rio, aproximadamente 15 km. Na sua margem direita, incluirá um trecho do rio Mucajaí, que vai desde a sua confluência do rio Branco, até cerca de 60 km a montante, e um trecho do rio Cauamé, na confluência com o rio Branco, até cerca de 10 km a montante. Na margem esquerda, o reservatório incluirá, a partir de sua confluência com o rio Branco, até cerca de 40 km a montante, um trecho do rio Quitauaú.

Figura 22 - Modelo preditivo das alterações na área de influência do projeto da UHE Bem Querer.



FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

Conforme a figura 22, observa-se que a área prevista do reservatório será de 519,21 Km², ou 51.921 hectares, alagando territórios de seis municípios, que são: Boa Vista, Bonfim, Cantá, Caracaraí, Iracema e Mucajaí.

As áreas afetadas pelo alagamento abrangem as seis classes do uso e cobertura do solo da área de influência, podendo implicar em desequilíbrios ecossistêmicos em áreas próximas, como podemos verificar na tabela a seguir:

Tabela 6 - Classes de uso e cobertura do solo do modelo preditivo de áreas afetadas pelo reservatório da UHE Bem Querer

CLASSES DE USO	ÁREA (KM ²)	ÁREA (%)
Corpos Hídricos	127,56	24,57%
Área Urbanizada	0,04	0,01%
Banco de Areia (Depósito Aluvionar)	12,12	2,34%
Atividade Pecuária e Agropecuária	57,43	11,06%
Floresta	310,36	59,78%
Savana	11,69	2,25%
TOTAL	519,21	100%

FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

Observe-se que o alagamento se estenderia por uma grande extensão de terra, modificando a paisagem local, uma vez que inundaria praias, propriedades rurais, e toda a mata ciliar preservada que ainda existe ao longo desse trecho do rio. Esses efeitos adversos seriam sentidos em 6 dos 15 municípios do estado de Roraima. Em tal direção, cabe lembrar que impactos similares foram detectados, por exemplo, no estado de Rio Grande do Sul, por Stefanello et al. (2015). Esses autores mostraram que com alagamento do espaço estudado foram suprimidas áreas de floresta nativa, campo nativo, agricultura, pastagens, moradias e estradas, causando a morte de diversos animais. Além disso, as comunidades localizadas próximas tiveram de se adaptar às novas condições locais.

Dando continuidade à nossa análise, a área inundada com a UHE Bem Querer, a classe floresta será a mais afetada pelos efeitos do alagamento do reservatório, com um percentual de 59,78% - equivalente a 310,36 Km². Essas áreas de florestas incluem diferentes formações vegetais, vitais para a manutenção dos ecossistemas da região. Na área se perderia vegetação ombrófila aberta, de terras baixas e aluvial, situadas em relevos suaves ondulados até ondulados. Segundo o estudo, das modificações na paisagem decorrentes da construção da

usina hidrelétrica São José, na Região Noroeste do RS, retrata-se que muitos dos fragmentos florestais passaram a ser considerados áreas de preservação permanente (APP), após o alagamento completo do reservatório (STEFANELLO et al., 2015). Devido a isso, muitas espécies não conseguiram adaptar-se, extinguindo-se espécies vegetais do local. Considerando que no contexto amazônico existe visível inter-relação dos sistemas vegetais e sistemas hídricos, os efeitos para o equilíbrio ambiental e ecológico seriam considerados nefastos.

A perda de vegetação pode ocorrer não só por causa da inundação direta, mas também pelo desmatamento, por residentes deslocados pelo reservatório, por imigrantes e investidores atraídos para a área, inclusive pela construção de estradas até o local da barragem.

A segunda classe mais alterada será a dos corpos hídricos, com 24,57%, equivalente a 127,56 Km² da área. Ao observar o mapa é possível perceber que a classe irá sofrer um significativo aumento, devido ao represamento do rio Branco para a construção da UHE do Bem Querer. Os elementos morfológicos dos principais rios e seus tributários, situados abaixo da cota de inundação, serão submergidos, pois o volume desses afluentes é muito menor que o do rio principal. Em condições naturais, estará fortemente influenciado pelos níveis que se apresentam no rio Branco.

A classe atividade pecuária e agropecuária, com 11,06%, é equivalente a 57,43 Km², sendo que a pecuária ocupa grande parte das áreas desta classe, e a outra parte com produção agrícola, com forte crescimento nos últimos anos. As alterações nessas áreas, com o alagamento do reservatório, causarão danos ambientais e danos econômicos.

A classe banco de areia (Depósito Aluvionar), corresponde a 2,34%, é equivalente a 12,12 Km². O alagamento com a construção da barragem UHE do Bem Querer deve ocasionar uma intensa intervenção ambiental, iniciando na região das corredeiras do Bem Querer, e chegando a ultrapassar a cidade de Boa Vista; destacando-se que os afluentes nesta região do rio Branco também serão afetados, tornando as áreas permanentemente inundadas pelo reservatório, causando o desaparecimento de ilhas e praias.

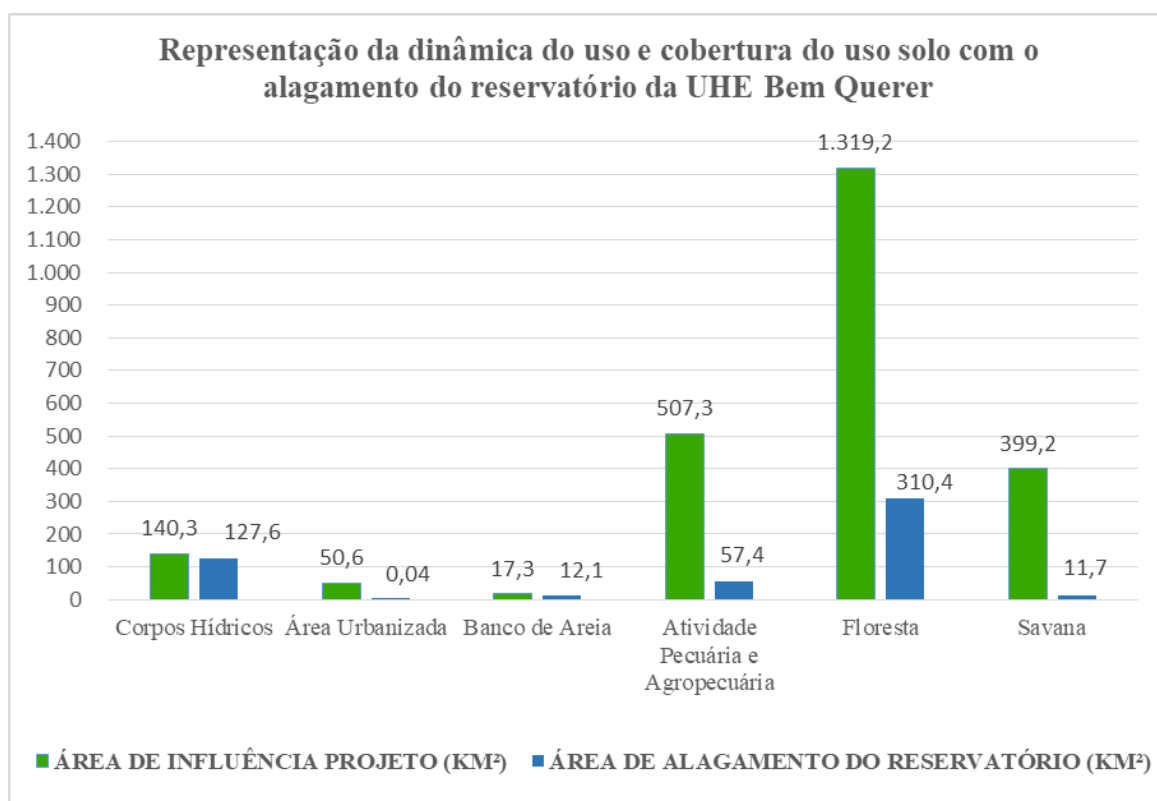
A região da classe savana será pouco afetada, se comparada com as classes anteriores, compreendendo 2,25%, equivalente a 11,69 Km². Essa vegetação se destaca por ser formada por gramíneas e arbustos de pequenos portes, prevalecendo na Região Noroeste do Estado, com grande importância ambiental.

Uma característica da construção de usinas hidrelétricas é que estas geralmente são construídas em áreas rurais, sendo regiões com menor densidade demográfica. Essa dinâmica confere com os dados da tabela 10, onde a área urbanizada corresponde à classe com a menor

interferência, sendo 0,01 % - equivalente a 0,04 Km². Essas pequenas modificações irão ocorrer apenas na área urbana da cidade de Boa Vista, localizado em pontos de baixa altimetria.

A seguir, apresentam-se graficamente as dinâmicas do uso e cobertura do solo por classes, na área de implantação da UHE Bem Querer, tal como assinalado anteriormente, baseados no IBGE.

Figura 23 - Representação gráfica da dinâmica do uso e cobertura do solo com a implantação do reservatório da UHE Bem Querer.



FONTE: Elaborado pelo autor, 2020.

Em conformidade com o gráfico acima, verifica-se que as alterações no uso do solo implicariam, de forma mais acentuada, nas classes floresta, corpos hídricos e atividades pecuária e agropecuária, afetando áreas de uso agropecuário no atual momento, e resultando na perda de espécies vegetais e animais, cujos impactos repercutem negativamente na população e nos sistemas ambientais, como já citado.

O deslocamento físico não se limita somente à área de inundação. Entretanto, inclui aquele resultante da perda de acesso aos recursos ou produtos. Os pescadores que perdem ou percebem a redução de pescados, os agricultores que deixam de ter acesso à terra para agricultura de vazante, caracterizam como deslocados econômicos. Na situação dos pequenos

proprietários, pode ser que suas terras não sejam inundadas, mas sim as florestas e outras matérias, de onde provém a lenha ou açudes. Na cidade de Boa Vista, os oleiros podem sofrer com as alterações nas áreas de exploração de argila. No entanto, para os projetos hidrelétricos, só consideram como atingidos aqueles que realmente possuem suas propriedades afetadas pelo espaço que o empreendimento se beneficiou.

É preciso cautela ao se pensar em empreendimentos de tamanha magnitude, e com potencial de geração de tantos impactos. É importante lembrar que a região amazônica apresenta características muito peculiares, não sendo possível a extrapolação de experiências com empreendimentos realizados em outras regiões do país.

4.4. DIMENSÃO SOCIAL DA CONSTRUÇÃO DE USINAS HIDROELÉTRICAS

A construção de empreendimentos hidroelétricos é resultado de diversos interesses, dentre eles, econômicos e políticos, cuja incidência se percebe nas dimensões sociais, culturais, técnicas, ambientais e ecológicas, em curto, médio e longo prazo. Assim sendo, seu debate social deve ser estimulado, especialmente em se tratando de empreendimentos projetados nas áreas amazônicas onde, comprovadamente, diversos estudiosos têm demonstrado que são maiores os impactos adversos nos ecossistemas e nas populações, do que os benefícios para a sociedade local.

Nessa linha de raciocínio, sabe-se que o processo de apropriação econômica das fontes hídricas, relacionadas com a instalação de “megarepresas, implica siempre un proceso previo de expropiación y de reconversión de la base material y social de la región circundante”, tal como afirma Radovich (2011, p.22).

Esse mesmo autor destaca que, além do espaço físico destinado à localização da usina e do reservatório artificial, obtido mediante a inundação de amplas áreas, também outros setores são apropriados, no intuito de construir moradias provisórias ou instalações para operários e técnicos. Adicionalmente, outras áreas também são tomadas para a construção de vias de comunicação específicas, e para a concretização de outros tipos de obras complementárias, fomentando dessa forma, tal como apontado por Lins Ribeiro (1985), e Reis (2001 apud Radovich 2011), atividades econômicas intensivas em capital, mas escassas em força de trabalho.

Considerando o anterior, um dos impactos mais adversos enfrentados pela população local no estado de Boa Vista, estaria relacionado com o reassentamento e o deslocamento compulsivo de pessoas. Os impactos ambientais e nos ecossistemas começariam a acelerar-se

durante a construção das obras e também posteriormente, dada a falta de infraestrutura de moradias para as populações. Paralelamente, outro problema social estaria relacionado ao aumento do fluxo de pessoas; já que dificilmente a população que migra do Brasil e fora dele para ser contratada nas obras, retorna para seus locais de origem.

O reassentamento se converte num verdadeiro drama social, e o aumento de pessoas numa área pode provocar um acelerado processo de câmbios socioculturais, com efeitos que superam a temporalidade que a construção das obras demanda (RADOVICH, 2011), muito mais ainda nas situações atuais que o estado de Roraima enfrenta, devido ao aumento populacional elevado de migrantes procedentes da República da Venezuela. A falta de infraestrutura debilita as condições sociais, aumenta os riscos de danos ambientais em áreas hídricas, e o saneamento básico não tem possibilidades de ser oferecido em áreas de vulnerabilidade social; nesses casos, o drama social tende a ser caótico.

Tais efeitos submetem a duras provas às populações, colocando em evidência que as usinas hidroelétricas possuem um custo social, ambiental e ecológico demasiado elevado perante o discurso das necessidades energéticas, para atrair o desenvolvimento (MONTANA, 2019; FEARSIDE, 2018).

Especialmente no caso de populações indígenas, ribeirinhos e pequenos agricultores - cotidianamente em estreita relação com sua ambiência, e dependentes das águas para sua subsistência – são esses os segmentos sociais mais atropelados diante do discurso do progresso a qualquer custo.

Nesse sentido, há que ser considerado que a área de influência corresponde a um setor importante para a pesca comercial do estado, fatos que nos remete a uma das declarações de maior relevância ambiental e social: a Declaração de Estocolmo de 1972, da Organização das Nações Unidas ONU, que define meio ambiente como o “conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos e sociais capazes de causar efeitos diretos ou indiretos, em um prazo curto ou longo, sobre os seres vivos e as atividades humanas”.

Além disso, deve ser lembrado que o conceito de impacto ambiental está intrinsecamente vinculado ao seu efeito na população, tal como apontado por Montana (2012), autora que também destaca a Resolução n.º 001 de 1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – Conama – que dispõe sobre as diretrizes gerais do estudo e sobre o Relatório de Impacto Ambiental, no âmbito do licenciamento ambiental, legislação que incorpora os aspectos sociais ao conceito de impacto ambiental, conforme se depreende de seu artigo 1º:

Artigo 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais.

Pelo anteriormente colocado, fica em clara evidencia que o fator social, e as dimensões e problemas que podem acarretar nas áreas de construção de usinas hidroelétricas são minimizados diante de projetos políticos de obras de infraestrutura. Diante disso, a discussão social torna-se necessária e, além disso, um requisito legal a ser discutido no campo acadêmico.

4.5. ENERGIAS ALTERNATIVAS EM RORAIMA

Neste capítulo são averiguadas a atual situação e novas possibilidades da produção de energia elétrica no Estado de Roraima, com base em fontes renováveis, com destaque para a hidráulica, solar, eólica e biomassa. Por fim, são apontadas as alternativas de geração de energia elétrica, para um futuro próximo no Estado.

De acordo com Reis (2011), a energia é fator essencial para a evolução e sobrevivência dos seres humanos, possibilitando ao Estado que é independente energeticamente, credibilidade, melhores preços do produto, e variedade de alternativas para a comunidade local, por sua estabilidade energética, resultando em aumento de qualidade de vida, melhor educação, saneamento básico e condições de saúde. Diante de um olhar para o futuro, com foco no desenvolvimento econômico e regional, deve haver preocupação nas questões ambientais, sendo indispensável a preocupação na escolha do modo como a energia elétrica será gerada.

A demanda energética no mundo, nos últimos anos, adquiriu maior dimensão devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento tecnológico, gerando problemas como a possibilidade do esgotamento de recursos, e impacto ao meio ambiente (ANEEL, 2008).

Nos últimos anos, o Brasil tem vivido dificuldades no setor elétrico, devido às chuvas irregulares que têm provocado diminuição na vazão de rios e hidrelétricas, diminuindo assim o fluxo de água nas turbinas, e a geração de energia (CAMILO, 2018). A crise elétrica não é consequência de fenômenos naturais periódicos, como La Niña, mas de um grave erro na operação do sistema, que negligenciou efeitos das mudanças climáticas antrópicas (associadas ao aquecimento global). Desse modo, surge a necessidade de incentivar e investir no

desenvolvimento da diversificação de fontes alternativas e renováveis, para suprir essa demanda por energia.

Em abril de 2002, o governo brasileiro instituiu o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), cujo objetivo é justamente a diversificação da matriz energética brasileira. Porém, o programa não ganhou espaço, e ainda é tímida a participação no setor, sendo considerado apenas um complemento no planejamento do setor elétrico. É preciso aumentar o investimento neste setor, tendo em vista que os estudos tem apontado o potencial para a exploração de outras fontes de energia. Além disso, o governo precisa se libertar da pressão imposta pelas grandes estatais que, na maioria das vezes, acabam dando as cartas na tomada de decisão, e desenvolver efetivamente políticas que de fato busquem a diversificação da matriz energética, e que atendam a necessidade energética brasileira.

Nesse contexto, procura-se descrever e analisar o fornecimento de energia elétrica do Estado de Roraima, a fim de estruturar a perspectiva de produção de diferentes fontes de energia renováveis, considerando que a atual matriz elétrica de Roraima apresenta deficiência no fornecimento, e não se constitui confiável para um processo de desenvolvimento sustentável.

Para produzir a eletricidade, utilizam-se diversas fontes de energia; algumas renováveis e outras não renováveis. Ao utilizar fontes renováveis, como a eólica, biomassa e solar, possibilita-se que impactos ao meio ambiente sejam significativamente menores do que a utilização de fontes não renováveis. Além disso, o planejamento elétrico de uma região deve priorizar a utilização de recursos sustentáveis.

O sistema elétrico atual do Estado de Roraima se apresenta com frágeis condições de atendimento de energia elétrica. O planejamento elétrico para o Estado constitui um instrumento capaz de promover o desenvolvimento sustentável do setor, a fim de que os agentes possam elaborar, com menos incertezas, o seu planejamento estratégico.

Um planejamento de ações com capacidade de prover condições para uma expansão setorial, desenvolvendo as potencialidades elétricas e as alternativas de suprimento no curto, médio e longo prazos, a partir da diversificação e uso de energias renováveis, deve ser parte dessa orientação.

Há ações de incentivo, como a Lei Nº 1109 de 04/10/2016, que institui a Política Estadual de Incentivo à Geração e Aproveitamento da Energia Solar, Eólica e Biomassa, que prevê a isenção de ICMS (Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços) para compra de

equipamentos para produção de energia sustentável, para aqueles que produzem energia até 5 megawatts. Atos como esses contribuem para o desenvolvimento sustentável do Estado.

Estas práticas devem ser desenvolvidas como um componente norteador para expansão da oferta de energia elétrica no Estado. Porém, deve contar com a cooperação da sociedade local, do setor produtivo, setor público, e dos demais atores sociais envolvidos no projeto de infraestrutura de energia elétrica.

Estudos comprovam que o Estado tem potencial para gerar sua própria energia, e além da energia, gerar crescimento e desenvolvimento econômico. Devemos considerar possibilidades alternativas para a produção de energia elétrica no Estado de Roraima, com base em fontes renováveis, destacando a hidráulica, solar, eólica e biomassa. As alternativas sugeridas buscam contribuir, também, para a matriz elétrica de Roraima ser mais confiável.

4.5.1 Energia Hidráulica

Segundo informações do G1 (2018), o Estado de Roraima conta com uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH) de Jatapu, localizada no município de Caroebe com sua atual potência de 10 MW. A PCH foi construída entre os anos de 1991 e 1994, inaugurada oficialmente em 1994, a sua geração de energia após a inauguração era de apenas 5 MW. O empreendimento passou por uma obra de restauração após 24 anos de sua implantação, modificando a potência das turbinas, operando atualmente com duas turbinas de 5 MW. Com as melhorias, a PCH de Jatapu passa a atender com maior eficiência os municípios de Caroebe, São João da Baliza e São Luiz do Anauá, na Região Sul do Estado.

Neste caso, tal empreendimento gerou impacto negativo, pois a PCH não levou em consideração as questões socioambientais. Segundo Souza (1998), é considerada como um desastre ecológico, pois além de não ter obedecido à legislação ambiental para sua construção, ignorou a existência dos povos indígenas, principalmente os Wai Wai, que vivem na área atingida. A sua produção de energia é ínfima, pelo tamanho da repercussão social e ambiental que causou. Agrava-se o fato de ter ficado por um longo período com suas obras paralisadas, e somente no final de 2013 passou por reforma, mas sem aumento na sua capacidade de geração.

Em outro plano, desde o início da década de 70 que se discute a exploração dos recursos hídricos da bacia do rio Cotingo, atualmente localizado no interior da Terra Indígena Raposa Serra do Sol, no Estado de Roraima. A intenção de exploração do rio Cotingo foi marcada por muitos entraves, idas e vindas, produziu projetos, gerou discussões, e nos períodos eleitorais

virou prioridade na agenda política do Estado. Infelizmente, nem sempre respeitando os instrumentos normatizadores, o meio ambiente e as comunidades diretamente afetadas.

Segundo Agostinho (1995), o projeto em sua fase inicial teria uma área inundada de 2.781 há, e na segunda fase 3.681 ha. A potência gerada na primeira etapa seria de 136 MW, e na segunda etapa corresponderia a 186 MW. O custo de construção da hidrelétrica e da linha de transmissão corresponderia à US\$ 158 milhões. O Sistema Cotingo atenderia os municípios de Alto Alegre, Boa Vista, Caracaraí, Mucajaí e toda a extensão da linha de transmissão.

Agostinho (1995) enfatiza como algumas das vantagens da construção da Usina Hidrelétrica do Rio Cotingo a disponibilização de energia elétrica para uma parcela significativa da população de Roraima, o baixo custo da usina e da linha de transmissão, aliados ao elevado potencial hidroenergético disponível em toda a bacia do Rio Cotingo, bem como royalties que seriam gerados para os municípios de Boa Vista e Normandia, para o Estado de Roraima, e para as comunidades indígenas da região. Acrescenta, ainda, que a Hidrelétrica do Cotingo seria melhor alternativa ambiental do que a expansão, na época, do parque termoelétrico de Boa Vista, altamente poluente.

Além das vantagens já citadas, segundo os dados disponíveis à época, a UHE Cotingo seria a usina de maior eficiência ambiental na Amazônia. Já no campo estratégico, contribuiria para a ocupação e defesa dos espaços fronteiriços do Estado, possibilitando melhorar a qualidade de vida da população, e integrando os indígenas ao processo produtivo.

Os estudos indicavam que a exploração dos recursos hídricos do rio Cotingo forneceria energia para os municípios roraimenses de Boa Vista, Alto Alegre, Mucajaí, Caracaraí, Bonfim e Normandia.

Pelos estudos de Fearnside e Barbosa (1996), a área inundada pela Hidrelétrica do Cotingo é modesta, comparada aos muitos projetos existentes ou propostos. É também um dos únicos locais propostos na Amazônia brasileira que possui vegetação do tipo savana, em vez de floresta tropical. A perda de floresta e os problemas de decomposição são, portanto, muito menos severos do que em outros lugares.

Apesar das vantagens, a construção do Sistema Hidrelétrico do Rio Cotingo também traria alguns problemas, como o impacto sociocultural provocado pelo canteiro de obras e, posteriormente, pela equipe de operação e manutenção da usina, além da realocação dos habitantes da área a ser inundada.

O aproveitamento do potencial energético da Bacia do Rio Cotingo, devido a diversos impasses ambientais e legais, ainda não se consolidou como uma obra para geração de eletricidade em Roraima. Segundo Fearnside e Barbosa (1996), a maioria dos componentes de

avaliação do projeto e da autorização falhou, incluindo os estudos de impactos ambientais (EIA), o relatório de impactos ambientais (RIMA), a licença prévia (LP) e a audiência pública.

Os estudos do Cotingo foram interrompidos em 1995, com a decisão de priorizar a importação de energia da Hidrelétrica de Guri, na Venezuela, para suprir Boa Vista. O contrato com a Venezuela foi assinado em 1997, e a transmissão começou (com dois anos de atraso) em 13 de agosto de 2001. Este contrato se encerraria em 2021, mas em março de 2019 a Venezuela suspendeu o fornecimento de energia pelo linhão de transmissão de Guri, deixando o Estado dependente das térmicas a óleo diesel.

Após tentativas fracassadas de implantar hidrelétrica no rio Cotingo, deu-se prosseguimento a outras alternativas de hidrelétricas. Segundo a EPE (2011), o inventário hidrelétrico indicou estudos de viabilidade que contempla 1 (um) aproveitamento no rio Branco, e 3 (três) no rio Mucajaí. As quatro totalizariam a geração de aproximadamente 990 megawatts, o que daria para abastecer Roraima com energia confiável, e vender o excedente.

Tabela 7 - Possibilidades de aproveitamento hidroelétrico em Roraima.

Aproveitamento	Nível d'água (m)	Local	Reservatório (Km²)	Potência instalada (MW)
Bem Querer J1 A	62,5	Rio Branco	519,21	650
Paredão M1	146	Rio Mucajaí	23,6	69,93
Paredão A	132	Rio Mucajaí	16,7	199,33
Fé Esperança	95	Rio Mucajaí	25,2	71,72

FONTE: EPE, 2018.

Após a conclusão dos estudos do inventário hidrelétrico, a empresa de pesquisa energética fez a seleção do aproveitamento no rio Branco, nas corredeiras do Bem Querer, que proporcionou o máximo de energia ao menor custo, aliado a um mínimo de efeitos negativos sobre o meio ambiente.

4.5.2 Energia Solar

Para Roraima, utilizar o sol como energia renovável é um passo para o desenvolvimento do estado, a partir de um novo modelo de investimento energético. Além de

contribuir para o meio ambiente, tem a possibilidade de afastar a dependência energética de usinas termelétricas a diesel, além de benefícios econômicos e ambientais para o Estado.

Roraima se destaca em potencial de energia solar, por estar localizado em uma área privilegiada do planeta, próximo à linha do Equador, o que determina um tempo maior de irradiação solar, conhecida como horas de sol.

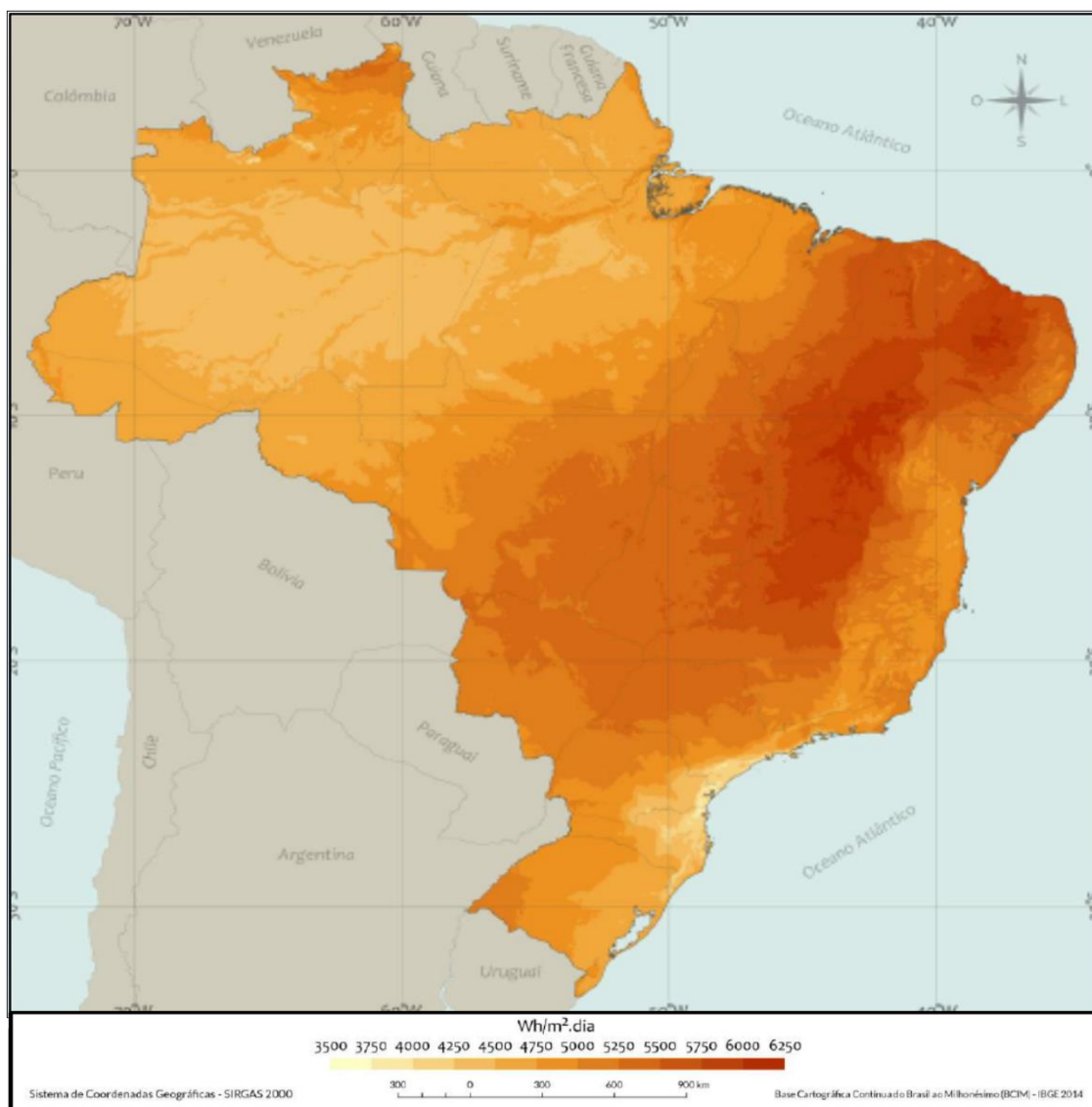
Os benefícios ambientais da energia solar são nítidos, em comparação à obtenção de outros tipos de energias, pois se trata de uma energia limpa, renovável e sustentável. Tem baixo impacto ambiental; é energia inesgotável; a manutenção é mínima; pode ser utilizado em áreas remotas; não produz resíduos e nem ruídos. Nesse sentido, ela pode ser considerada uma fonte de energia limpa, ecologicamente.

Com base nos aspectos físicos, as condições climáticas e atmosféricas são fatores importantes, e estão relacionados à radiação solar para o uso de energia alternativa sustentável, através de sua captação pelos painéis solares. Para isso, analisar o que o território de Roraima gera em radiação solar é fundamental, para saber se é viável o uso de painel solar.

Segundo o Atlas Solarimétrico de Irradiação Solar do Brasil (2000), a duração solar (dia) – período de visibilidade do Sol ou de claridade – varia em algumas regiões e períodos do ano, de zero hora (sol abaixo da linha do horizonte durante o dia todo) a 24 horas (sol sempre acima da linha do horizonte). As variações são mais intensas nas regiões polares, e nos períodos de solstício. O inverso ocorre próximo à linha do Equador, e durante os equinócios.

O mapa da Figura 24 apresenta a média anual de insolação diária no Brasil, destacando o Estado de Roraima, que varia entre 5700 – 5900 Wh/m² dia e 5900 – 6100 Wh/m² dia de radiação solar diária (média global anual típica).

Figura 7 - Total diário da irradiação no plano inclinado na latitude - média anual.



FONTE: O ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2017.

Isso mostra que o estado possui insolação e variação de radiação solar considerável, permitindo novos olhares quanto ao potencial energético, utilizando o sol como fonte de energia, através de painel solar fotovoltaico.

Levando em conta essas informações, Santos et al. (2012, p. 150) afirma que a utilização de energia solar, principalmente no Brasil e especialmente em Roraima, é viável em praticamente todo o Estado. Essa preocupação com a produção energética e ambiental é mundial, bem como a responsabilidade que todos os países devem ter para buscar novas soluções economicamente sustentáveis, que amenizem um desenvolvimento frenético e destruidor ao planeta. Assim sendo, Roraima necessita buscar alternativas viáveis, que atendam nossas expectativas, aliadas com a preocupação, também, do futuro do planeta.

O estado de Roraima possui grandes potencialidades, que devem ser analisadas, discutidas para que se coloque em prática a alternativa sustentável de gerar energia solar. O planejamento energético busca soluções diversificadas para a geração de energia elétrica, pretendendo, assim, atender a demanda socioeconômica, possibilitando causar os menores danos ao meio ambiente, e diretamente implantar sistemas que possam atender a essa demanda social com maior rendimento, e a menor perda de carga, causando o mínimo de impacto ambiental, sendo esta a obrigação da sociedade tecnológica do século XXI, uma vez que o consumo de energia elétrica e o bem-estar social estão intrinsecamente ligados (NUNES et al., 2012, p. 158).

Muitos municípios do país entenderam a necessidade de diversificação da matriz energética, e adoção de políticas públicas de desenvolvimento sustentável, além da pressão populacional por conta das altas tarifas de energia, percebendo a viabilidade econômica. Dessa forma, criaram programas locais de incentivo à geração distribuída, utilizando a energia solar fotovoltaica.

Em 2017, a Prefeitura de Boa Vista aderiu ao Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e Energia, para promover o engajamento de lideranças locais em ações de enfrentamento à mudança do clima. No mesmo ano, a prefeitura de Boa Vista deu início à política de geração e consumo de energia limpa e renovável.

O município de Boa Vista conta, atualmente, com uma usina solar implantada no KM 516 da BR-174, área rural de Boa Vista, com uma capacidade de geração de quase 7 milhões KW/h por ano. Além dessa usina, a prefeitura do município criou várias outras mini-usinas, instaladas em prédios públicos, como o Terminal Urbano Luiz Canuto Chaves, Mercado São Francisco, Palácio 9 de Julho, e Secretaria de Serviços Públicos e Meio Ambiente. Tais iniciativas contribuem com a geração de energia limpa e renovável, além da economia na conta de energia.

4.5.3 Energia Eólica

A geração eólica ocorre pelo contato do vento com as pás do catavento. Ao girar, essas pás dão origem à energia mecânica que aciona o aerogerador, e produz a energia elétrica (ANEEL, 2008). Para que se torne rentável a produção de energia eólica, é necessária a concentração de aerogeradores, podendo-se utilizar uma única turbina, ou uma de baixa tensão, para ser usada isoladamente, a fim de alimentar localidades distantes da rede de energia elétrica.

Apesar de não queimarem combustíveis fósseis, e não emitirem poluentes, as usinas eólicas alteram as paisagens com suas torres e hélices; podem ameaçar pássaros, se forem instaladas em rotas de migração, e emitem um ruído que pode causar incômodo. Além disso, podem causar interferência na transmissão de redes televisão.

O Brasil está numa posição favorável, em termos de ventos. Estes se caracterizam por uma presença duas vezes superior à média mundial, com uma volatilidade de 5%, o que permite maior previsibilidade. Além disso, como a velocidade costuma ser maior em períodos de estiagem, é possível utilizar as usinas eólicas de forma complementar com as usinas hidrelétricas, para preservar a água dos reservatórios, em períodos de poucas chuvas (ANEEL, 2008).

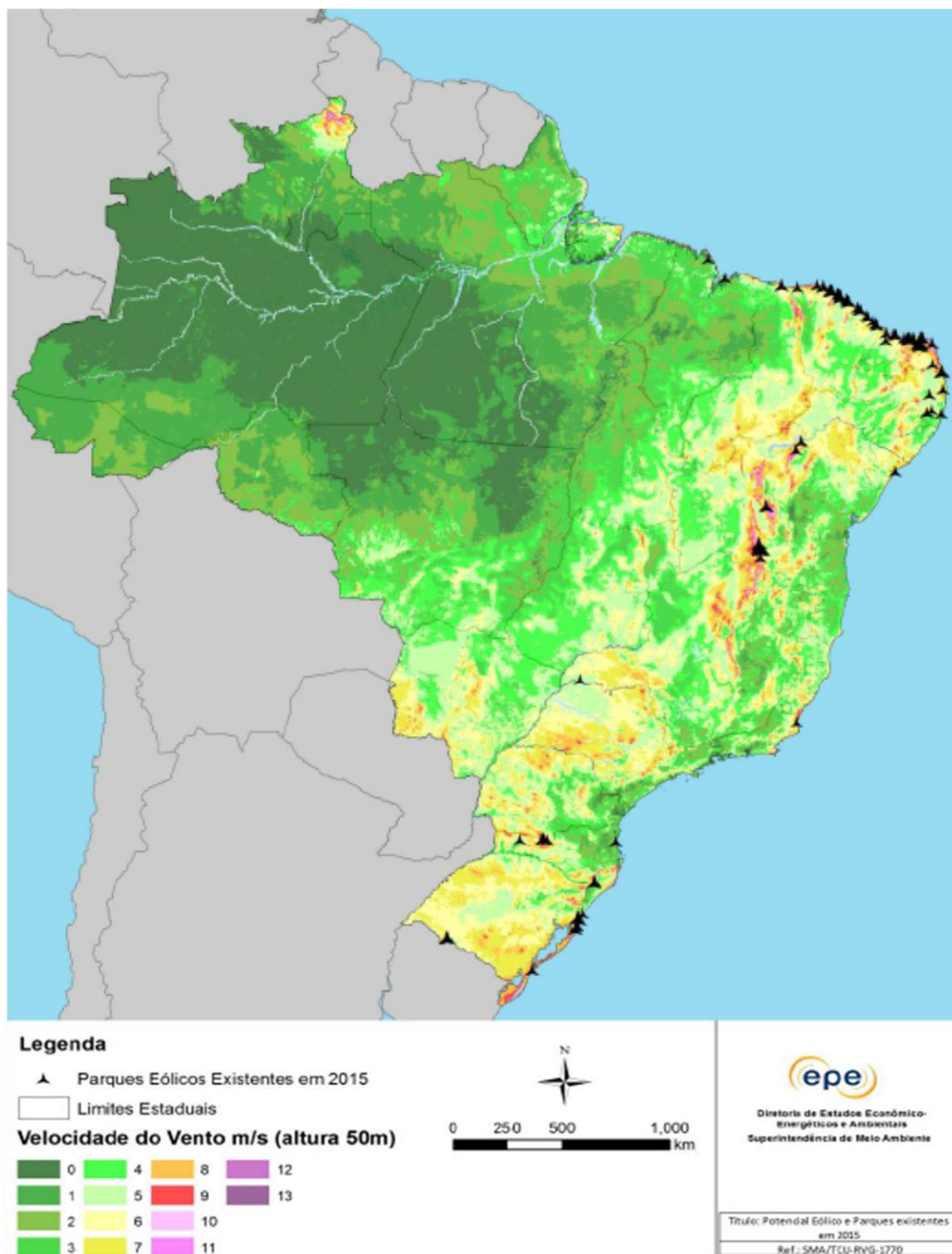
A força dos ventos também varia muito de acordo com a época do ano. Em Roraima, os ventos ficam em alta nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, e começam a perder força em março, abril e maio; ficam em baixa nos meses junho, julho e agosto, e voltam a ganhar força em setembro, outubro e novembro.

Os valores de velocidade média anual estão entre os indicadores mais importantes, na análise de aproveitamento eólico de uma provável região, visando assegurar sua viabilidade técnica e econômica. Um aumento da velocidade média anual de uma localidade provoca o aumento do número de horas que a velocidade do vento supere, ou se aproxime da velocidade nominal de um aerogerador instalado, fazendo com que o equipamento possa trabalhar com sua potência nominal, por um maior número de horas no período, melhorando, assim, o seu fator de capacidade (LOPEZ et al., 2003).

A Região Sul é a segunda maior geradora de energia elétrica eólica do país, atrás apenas do Nordeste, atualmente maior gerador isolado. Essa análise nos permite ver que há ainda muito que ser explorado no setor eólico brasileiro. O Sudeste, principalmente, e o norte de Roraima, têm grande potencial a ser explorado (AMARANTE, 2001).

A Região Norte tem o efeito bem reduzido, devido ao atrito de superfície com as densas florestas, e a aproximação das zonas de baixa pressão. Apesar disso, há uma faixa entre 1000m e 2000m acima da superfície, que atingem as áreas mais elevadas da Região Norte, com ventos médios anuais de 8m/s a 10m/s. Podemos perceber sua atuação na região da Serra Pacaraima, em Roraima (AMARANTE, 2001).

Figura 8 - Potencial eólico e distribuição dos parques eólicos em operação no Brasil



FONTE: TOLMASQUIM, 2016.

O mapa ilustrado na Figura 25 apresenta uma estimativa do potencial eólico, e a distribuição dos parques eólicos em operação no Brasil. A localização que apresenta o melhor

potencial, e a maior concentração de parques eólicos no Brasil, é a Região Nordeste, mas o extremo norte de Roraima apresenta características semelhantes a essa região.

Segundo Domingues (1997), as potencialidades relacionadas à energia eólica também podem ser analisadas através de mapeamento de dados sobre intensidade e regime dos ventos que, no caso da Região Norte, são mais intensos nas áreas litorâneas e nas regiões montanhosas, em Roraima, próximo à fronteira com a Guiana.

Segundo o Fórum de Energias Renováveis de Roraima, o projeto Cruviana é uma parceria entre o Instituto Socioambiental (ISA), o Conselho Indígena de Roraima (CIR), e a Universidade Federal do Maranhão (UFMA). A iniciativa visa gerar energia a partir dos ventos em comunidades indígenas remotas, como a terra indígena Raposa Serra do Sol, onde se implantou o primeiro sistema de geração de energia eólica da Amazônia, em 2017. O projeto abastecerá aproximadamente mil pessoas em duas comunidades, Maturuca e Pedra Branca, contempladas pelo Programa Luz Para Todos, coordenado pelo Ministério de Minas de Energia (MME). A região poderá, no futuro, gerar até 400 Megawatts (MW) de energia, cerca de 5% da geração eólica nacional atualmente. O projeto continua fazendo estudos na região para mapear outras 90 comunidades, que poderão ser beneficiadas nos próximos anos. De acordo com o levantamento, há capacidade de gerar energia elétrica para até 10 mil pessoas em aproximadamente 100 comunidades. A ideia de gerar energia a partir dos ventos, nas comunidades indígenas, surgiu como uma alternativa aos projetos hidrelétricos previstos para a região, que trariam impactos socioambientais negativos, e destruiriam locais sagrados para os indígenas.

4.5.4 Biomassa

Segundo Foelkel (2016), a biomassa florestal tem-se constituído em importante insumo energético para a humanidade, desde os primórdios de sua existência no planeta. Atualmente, ela tem sido, inclusive, estimulada e priorizada como fonte energética alternativa aos combustíveis fósseis, em função de suas excepcionais qualidades ambientais, principalmente pelo fato de ser renovável, além de também fazer o sequestro do gás carbônico na atmosfera.

De acordo com a ANEEL (2008), a biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. Ela é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética.

A biomassa pode ser usada para combustíveis, produção de energias e produtos, substituindo as fontes não renováveis nesse processo, como no caso de Roraima, que é abastecida por termoelétricas a diesel. Essa energia não está livre das emissões, mas seu uso possibilita redução das emissões dos gases, que contribuem para o efeito de estufa, pois o dióxido de carbono liberado é compensado pelo dióxido de carbono capturado, no processo de produção deste tipo de energia (ANEEL, 2008).

Analisando a perspectiva ambiental, a biomassa é mais favorável do que outras fontes convencionais de energia, pois o aproveitamento energético é racional, tende a promover o desenvolvimento econômico, social e ambiental de regiões menos favorecidas, através da criação de empregos e da geração de renda (ANEEL, 2005).

Existem três formas mais conhecidas de apresentação física da biomassa: a sólida, a gasosa e a líquida. A biomassa sólida é produzida a partir dos produtos e resíduos da agricultura, e dos resíduos florestais, resultando em insumos para queima direta, como fonte de calor e geração de energia elétrica. A gasosa resulta no biogás, que pode ser canalizado, também, para geração de eletricidade. Por último, a biomassa líquida ou biocombustível, que normalmente se materializa através do biodiesel e do etanol.

O biodiesel pode ser produzido através de alguma planta oleaginosa, substituindo o óleo mineral. Existem alguns estudos no Brasil que analisam a potencialidade de algumas especiais oleaginosas para produção do biodiesel, tanto para ser utilizado em automóveis, como na produção de eletricidade, através de termoelétricas.

Segundo Moraes et al. (2012), a crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável está fomentando o desenvolvimento de alternativas energéticas renováveis. Uma dessas alternativas, economicamente interessante, é o uso de biocombustíveis, que vem ao longo dos anos se desenvolvendo, e sendo incluída na geopolítica energética do Brasil, o que justifica sua incorporação no processo de produção agrícola em diversos estados brasileiros, dentre eles o estado de Roraima, que está produzindo a matéria-prima (óleo combustível) para biodiesel, por meio de cultivo de plantas oleaginosas, adaptadas à região Sul do Estado.

O cultivo de dendê apresenta potencial para ser explorado em Roraima, principalmente na região sul do Estado (São João da Baliza, São Luiz, Caroebe), que possui condições climáticas mais adequadas à sua adaptação (precipitação próxima a 2.000 mm anuais). Importante registrar que já existe cultivo de dendê desde o ano de 2008, visando à produção de biodiesel em Roraima.

O interesse para implantação de florestas energéticas tem crescido bastante no Brasil e em Roraima. Essas florestas têm ganhado importância para o abastecimento de usinas

termoelétricas movidas a biomassa, ocorrendo implantação de áreas de florestas do gênero *Eucalyptus*, devido às características de rápido crescimento, fácil adaptabilidade às diferentes condições climáticas, e ao alto poder calorífico. A matéria prima inicial para produção de energia elétrica em térmicas de biomassa será a partir da utilização do maciço florestal de *Acacia mangium*, já instalado nos municípios da região norte de Roraima.

4.5.5 Novos Horizontes da Geração de Energia em Roraima

O Estado de Roraima dependia da Venezuela para o fornecimento de energia elétrica, até março de 2019. Após a suspensão do fornecimento de energia pelo linha de transmissão de Guri, o Estado passou a ser abastecido por usinas termelétricas a diesel. As usinas térmicas são responsáveis por quase 100% do fornecimento de energia elétrica em Roraima. A Usina Hidrelétrica de Jatapu, situada no município de Caroebe, contribui no suprimento de energia para o sul do Estado.

Segundo o Fórum de Energias Renováveis de Roraima (2021), o custo de geração de energia pelas termelétricas de Roraima ultrapassa R\$ 1 bilhão ao ano, devido ao uso do diesel. Considerando um ano de operação, por exemplo, de 01 de novembro de 2019 a 30 de outubro de 2020, período em que a geração de energia elétrica do Estado (Boa Vista e municípios interligados) foi da ordem de 1,25 GWh, foram consumidos cerca de 345 milhões de litros de óleo diesel, que custaram um pouco mais de 1,1 bilhão de reais.

Os fatos e dados demonstrados informam que se torna fundamental diversificar a geração de energia em Roraima, através de fontes alternativas com menor impacto ao meio ambiente.

Com o objetivo de eliminar o risco eminente de racionamento elétrico no Estado de Roraima, e solucionar os frequentes blecautes, a ANEEL lançou um leilão para produção de energia no Estado, em maio de 2019, onde obteve o resultado de nove projetos com capacidade instalada de 295 MW. O consumo de Roraima, no pico, é de 240 megawatts.

As empresas vencedoras do leilão realizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) para a geração de energia alternativa em Roraima devem investir cerca de R\$ 1,6 bilhão, envolvendo fontes de biomassa, gás natural, biocombustível e de energia solar. Conforme notícia da FOLHA DE BOA VISTA (2019), na construção dessas usinas serão criados ao menos 3 mil empregos diretos, segundo expectativa do governo de Roraima. Além desses benefícios, as novas fontes de energia são menos poluentes, e deve haver diminuição da conta de energia.

Atualmente, a concessionária Roraima Energia produz e fornece 240 megawatts de energia, queimando óleo diesel. A partir do momento em que as outras empresas começarem a produzir energia de fontes renováveis, a Roraima Energia vai aos poucos deixando de produzir energia movida a óleo diesel, comprando a produção das empresas, e distribuindo para os consumidores.

Segundo a EPE (2019 e), nove soluções de suprimento de energia foram vencedoras no leilão de 2019, em Roraima, totalizando 295 MW de capacidade instalada. O consumo no estado, no pico, é de 240 megawatts.

Tabela 8 - Usinas em implantação no Estado de Roraima com diversas fontes.

EMPRESA	FONTE ENERGÉTICA	GERAÇÃO DE ENERGIA (MW)
BFF	Biocombustível com biomassa	73,8
ENEVA	Gás natural	126,2
ENERPLAN	Biocombustível com fotovoltaica	11,4
OXE	Biomassa	40
PALMAPLAN	Biocombustível	11,5
OLIVEIRA	Óleo diesel	32,2
TOTAL		295,1

FONTE: EPE, 2019e.

A maior potência a ser instalada será de 126,2 MW, referente à usina termelétrica de gás natural, cujo combustível será produzido no Amazonas, e a ser implantada em Boa Vista.

A empresa Eneva irá fornecer energia com termelétrica movida a gás natural, e aportará o maior investimento no Estado, com R\$ 425 milhões, gerando uma potência de 126,2 megawatts.

Outras três usinas se localizarão no sul de Roraima, concebendo a produção de biocombustíveis líquidos, sendo ambos híbridos, conjugados de uso de biomassa, e outro com fotovoltaica. Tais projetos poderão contribuir com o controle de tensão necessário na região, dando maior confiabilidade ao sistema.

Na região sul do estado, as usinas estão em fase de construção, e a geração de energia será por meio da palma de dendê. Encontrando-se na zona rural do município de Rorainópolis, a empresa Palmaplan vai gerar 11,5 Megawatts.

A empresa Enerplan também está se instalando na região de Rorainópolis, e irá fornecer energia à base de biocombustível e energia solar, gerando a potência de 11,4 megawatts.

A BFF vai fornecer uma mescla de biocombustível com biomassa, através de plantio de dendê, localizando-se no município de São João da Baliza, implantada em conjunto com a usina de beneficiamento de palma de óleo. Ao todo, serão investidos R\$ 635 milhões com geração de 73,8 megawatts.

Há também 4 projetos a base de biomassa florestal, localizados em Boa Vista e Bonfim, no norte do Estado, totalizando 40 MW, pertencente a Oxe, empresa que venceu o leilão para o fornecimento de eletricidade a partir de biomassa de floresta reflorestada, de início com a espécie *Acacia mangium*, já disponível para colheita. A empresa também está realizando a implantação de reflorestamento de eucaliptos, próximo das usinas térmicas, com investimento s de R\$ 365 milhões, e potência de 40 megawatts, com atuação nos municípios de Bonfim, Cantá e na região de Pau Rainha e Santa Luz, totalizando 7 projetos a partir de fontes renováveis.

Por fim, o Grupo Oliveira Energia ficará responsável pela geração de energia a partir de óleo diesel em Monte Cristo, com oferecimento de 32,2 megawatts de potência. A única empresa com contrato de sete anos terá este período para mudar de combustível fóssil para energia renovável. A empresa pode usar qualquer matriz, que pode ser biomassa, gás, biodiesel, eólica ou solar.

Conforme EPE (2019e), os projetos de gás natural e fontes renováveis terão contratos de 15 anos, e a usina a diesel de 7 anos, com início de suprimento previsto para junho de 2021, mas devido às restrições associadas à pandemia do novo Coronavírus, as obras encontram-se em atraso, com previsão para início no segundo semestre de 2021.

A partir do momento que essas usinas estiverem em pleno funcionamento, permitirão a transição para uma matriz elétrica mais limpa e sustentável, além de propiciar a autossuficiência de energia ao Estado de Roraima.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se neste trabalho contribuir com dados, a partir da classificação temática de imagens de satélite do uso e cobertura do solo da área de influência do projeto da UHE Bem Querer, fornecendo elementos para uma análise que permita verificar, a partir de um modelo preditivo, as alterações possíveis com a implantação do reservatório da usina.

Com a implantação UHE do Bem Querer, haverá mudanças significativas no uso e cobertura do solo na área de estudo. Vale ressaltar que toda essa modificação se dará através da implantação da barragem com o reservatório de 519,21 Km², afetando, principalmente, áreas de florestas e áreas produtivas de atividades de pecuária e agropecuária, além das alterações e represamento de rios e córregos nas proximidades.

Especificamente, no mapeamento preditivo das alterações do uso e cobertura do solo, constata-se que três principais classes sofrerão mais impactos, representando 95,4% da área do reservatório, equivalente a 495 Km². A classe Floresta será a mais afetada pelos efeitos do alagamento, com um percentual de 59,78%, correspondente a 310,36 Km². Em sequência, a classe Corpos Hídricos sofrerá alterações em 24,57% da área, com 127,56 Km², e a terceira classe mais alterada pela implantação da UHE será a das Atividades de Pecuária e Agropecuária, com 11,06%, proporcional a 57,43 Km². As demais classes somam um percentual total de 4,6%, com uma área de 23,85 Km².

No caso de Boa Vista, Mucajaí e Iracema, há benefícios em diversas áreas. No entanto, com o mapeamento exposto neste trabalho, é possível retratar que a implantação do lago artificial da UHE irá modificar o ecossistema da região, com desaparecimento das corredeiras do Bem Querer, impactos no patrimônio histórico material e imaterial; na questão da área de floresta a ter vegetação suprimida; redução/extinção de algumas espécies de peixes da região, desaparecimento de boa parte das praias do rio Branco, além do represamento de rios e igarapés, aspectos não visibilizados pelos entusiastas do desenvolvimento a qualquer custo.

Roraima se encontra no sistema isolado, no qual sofre com a dependência do suprimento de energia de termoelétricas abastecidas a diesel. Apresenta deficiência no fornecimento, e um elevado custo econômico e ambiental. Após o último leilão de energia em 2019, com satisfatórios empreendimentos que estão em fase de término, e que devem entrar em funcionamento até final de 2021, estes proporcionarão autonomia em produção de energia elétrica no Estado. Com estes resultados de autossuficiência elétrica, vêm à tona dúvidas sobre a real necessidade da implantação da Usina Hidrelétrica do Bem Querer. Afinal, a totalidade ou

maior parte da energia que será gerada não é projetada para abastecer Roraima, mas sim para outras regiões do Brasil.

A implantação de novas fontes de energia irá proporcionar a diversificação na matriz elétrica do Estado, com resultados positivos na eliminação das térmicas a diesel, possibilitando a utilização de fontes de energia limpa e renovável, a um menor custo de geração.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Manual de Operação da sala de Situação do Estado de Roraima Boa Vista – RR. 2015. Disponível em: <http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/progestao-1/acompanhamento-programa/aplicacao-dos-recursos/acompanhamento-das-metas-de-cooperacao-federativa/manuais-de-salas-de-situacao/manual-de-operacao-da-sala-de-situacao_rr-1.pdf> Acesso em: 27 set. 2019.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico (SIGEL)**. 2020. Disponível em: <<https://sigel.aneel.gov.br/Down/>>. Acesso em: 19 mar. 2021.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília. 2008. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb> Acesso em: 24 mai. 2021.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília. 2005. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2005_AtlasEnergiaEletricaBrasil2ed/06b7ec52-e2de-48e7-f8be-1a39c785fc8b> Acesso em: 05 mai. 2021.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia Eólica**. Brasília. 2003. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acesso em: 07 out. 2019.

AGUIAR, A.P.D. Modelagem de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: Questões Gerais. CAPÍTULO 4. 2012. In.: CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. (org.) **Introdução à Modelagem Dinâmica Espacial**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/>>. Acesso em: 27 nov. 2020.

AGOSTINHO, J. Zoneamento Ecológico-Econômico do Vale do Rio Cottingo. Disponível em: <https://site-antigo.ecoamazonia.org.br/Docs/Bacia_Rio_Cottingo/index.php>. Acesso em: 05 mai. 2021.

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

ALBUQUERQUE FILHO, J.L.; SAAD, A.R.; ALVARENGA, M.C. Considerações acerca dos impactos ambientais decorrentes da implantação de reservatórios hidrelétricos com ênfase nos efeitos ocorrentes em aquíferos livres e suas consequências. **Geociências**, v. 29, n. 3, p. 355-367, 2010.

AMARANTE, L. B. M. S. A. L., ZACK, O.A.C. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**, 2001.

ASSIS, J. M. O. et al. Mapeamento do uso e ocupação do solo no município de Belém de São Francisco – PE nos anos de 1985 e 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.7, n.5, p. 859-870, 2014.

ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR –2ª edição –São José dos Campos: INPE, 2017. Acesso em: <http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html> 29 de mai. de 2021.

ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL, 2000. In: ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2005. 2ª Edição. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2020.

BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E.J.G.; CASTELON, E.G. A Distribuição das chuvas em Roraima. In: **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. ed. INPA. Boa Vista. 1997. p.325-335.

BECKER, B., **Amazônia**. 6. Ed. São Paulo. Ática, 1998.

BERMANN, C. “Impasses e controvérsias da hidroeletricidade”. **Estudos Avançados**. 59 (21): 119-137, 2007.

BITTENCOURT, L. F.F; BATISTA G. T; CATELANI, C. S. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo de ocupação de solo de mata ciliar do rio Paraíba do Sul no município de Caçapava. In: **Anais do I Seminário de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento do Vale do Paraíba** – GEOVAP; 2006; Taubaté, Brasil. UNITAU; 2006. p. 89-99.

BRASIL. Plano Nacional de Energia 2030. Brasília: MME/EPE, 2007. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.seplan.planejamento.gov.br/handle/iditem/155>> Acesso em: 22 set. 2020.

BOHN, J. E. Nogueira. A sustentabilidade energética e desenvolvimento econômico. A energia elétrica como fator de desenvolvimento para o Estado de Roraima. 119 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/61929/000866980.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 03 abr. 2021.

CAMPOS, D. C. **Dinâmica de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Arroio dos Pereiras em Irati – PR e sua influência na qualidade das águas superficiais**. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Universidade Estadual de Ponta Grossa-PR, 2008.

CAMILO, A. R. M. **Energia Solar No Brasil: Uma Breve Revisão de Literatura**. 2018. Monografia. Pós Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídrico, Ambientais e Energéticos. Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afrobrasileira. Redenção-CE, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.unilab.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1600/1/ANTONIO%20RAFAEL%20MOREIRA%20CAMILO%20TCC.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2021.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Geodiversidade do Estado de Roraima**. Programa Geologia do Brasil levantamento da geodiversidade. Superintendência Regional de Manaus. Manaus 2014. 256 p.

DOMINGUES, P. C., SADI, J. C., FREIRE, Á. P., ALMEIDA, S. C., NASCIMENTO, J. A., PEDRO, C. W., & MORITA, M. M. Grupo de Estudo de Produção Térmica e Fontes Não Convencionais (GPT) Implantação de Sistemas de Geração Alternativa na Região Norte. XIV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Belém, 1997. Disponível em: <https://anaisnptee.cigre.com.br/arquivos/arquivos/XIV_SNPTEE_02gpt02.pdf> Acesso em: 19 jun. 2021.

EITEN, G. **Classificação da vegetação do Brasil**. Brasília, DF: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, 1983. 305 p.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Bacia Hidrográfica do rio Branco**: Estudos de Inventário Hidrelétrico Relatório Final: AAI – Avaliação Ambiental Integrada. Brasília, DF: EPE, 2011. Vol. 1/2, 289p.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2014**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-128/topico-98/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%202014.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2019.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/PDE2026.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2019.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Sistemas isolados: gt roraima – subgrupo iv identificação de alternativas de atendimento - médio e longo prazo**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <[http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/EPE-DEE-NT-064-2017-r0%20-%20Contrata%C3%A7%C3%A3o%20energia%20Boa%20Vista%20\(sem%20marca\).pdf](http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/EPE-DEE-NT-064-2017-r0%20-%20Contrata%C3%A7%C3%A3o%20energia%20Boa%20Vista%20(sem%20marca).pdf)> Acesso em: 17 out. 2019.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudos de Viabilidade Técnico-Econômica e Ambiental -EVTE de UHE**. Rio de Janeiro, 2018a. Disponível em: <<http://www.uhebemquerer.com.br/links/estudos-de-viabilidade-e-EVTE-Bem-Querer.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2020.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2027**. Rio de Janeiro, 2018b. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202027_aprovado_OFICIAL.pdf> Acesso em: 03 out. 2019.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2027: Expansão da Oferta de Energia Elétrica Roraima**. Rio de Janeiro, 2018c. Disponível em: <https://www.uhebemquerer.com.br/links/marco2019/UHE-BQE-mar_19_ABEE_RR-PDE%202027.pdf> Acesso em: 16 out. 2020.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2019**. Rio de Janeiro, 2019a. Disponível em:

<<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico470/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%20BEN%202019%20Ano%20Base%202018.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2019.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Definição das características elétricas para o leilão de suprimento a Roraima**. Rio de Janeiro, 2019b. Disponível em:

<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-340/Minuta%20NT%20Margens%20para%20RORAIMA-rev2_Sem%20Assinatura.pdf> Acesso em: 25 set. 2019.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica**. Rio de Janeiro, 2019c. Disponível em: <<http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso em: 07 out 2019.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica Usina Hidrelétrica Bem Querer**. Rio de Janeiro, 2019d. Disponível em:

<https://www.uhebemquerer.com.br/links/marco2019/UHE-BQE-mar_19_ABEE_RR-EVTE.pdf> Acesso em: 22 fev. 2021.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Resultado do Leilão para suprimento a Boa Vista e localidades conectadas 2019**. Rio de Janeiro, 2019e. Disponível em:

<<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-344/Resultado%20Leil%C3%A3o%20Roraima.pdf>> Acesso em: 22 jun. 2021.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**. Brasília. 2021. Disponível em: < https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030_RevisaoPosCP_rv2.pdf> Acesso em: 27 mai. 2021.

EVANGELISTA, R. A. O.; SANDER, C.; WANKLER, F. L. **Estudo Preliminar da distribuição pluviométrica e do regime fluvial da bacia do rio Branco, estado de Roraima**. In: SILVA, P. R. F.; OLIVEIRA, R. S. (Org.). **Roraima 20 anos: as geografias de um novo Estado**. Boa Vista: Editora da Universidade Federal de Roraima (EdUFRR), 2008. p. 142-167.

EXAME INVEST. **O que Aprender com o Desastre de Belo Monte**. 2021. Disponível em:

<<https://exame.com/blog/ideias-renovaveis/o-que-aprender-com-o-desastre-de-belo-monte/>> Acesso em: 22 jun. 2021.

FACURI, M. **A implantação de usinas hidrelétricas e o processo de licenciamento ambiental: A importância entre a articulação entre os setores elétricos e de meio ambiente no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2004.

FALCÃO, M. T.; COSTA, J. A. V. Geomorfologia da região centro-norte de Roraima utilizando técnica de tratamento e interpretação de imagens raster da missão shuttle radar topography mission (SRTM) **Revista Geonorte**. V. 2. n. 4, p. 1484-1496, 2012.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. **Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras**. Vol. 2. Manaus, Editora do INPA. Manaus, 2015.

FEARNSIDE, P. M., 2013. Credit for climate mitigation by Amazonian dams: loopholes and impacts illustrated by Brazil's Jirau Hydroelectric Project. **Carbon Manag.** 4, 681–696. doi:10.4155/cmt.13.57

FEARNSIDE, P. M., BARBOSA, R. I. A Hidrelétrica de Cotingo como um teste do Sistema Brasileiro para Avaliação de Propostas de Desenvolvimento na Amazônia. Versão traduzida em 02 ago. 2002. In: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação de Pesquisas em Ecologia. v. 20, n. 5, p. 631-648, 1996. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283136357_A_Hidreletrica_de_Cotingo_como_um_teste_do_sistema_brasileiro_para_avaliacao_de_propostas_de_desenvolvimento_na_Amazonia>. Acesso em: 02 mai. 2021.

FEARNSIDE, P. M; RANKIN, J.M. **Jari revisited: changes and the outlook for sustainability in Amazonia's largest silvicultural estate**. *Interciencia* 10: 121-129.1985.

FERNANDEZ, J.C. e GARRIDO, R.J. **Economia dos Recursos Hídricos**. EDUFBA. Salvador – BA, 2002.

FERREIRA, E. et al. **Rio Branco: peixes, ecologia e conservação de Roraima**. Manaus: INPA, 2007. 168 p.

FOELKEL, C. Utilização da Biomassa do Eucalipto para Produção de Calor, Vapor e Eletricidade Parte 1: Biomassa Florestal & Florestas Energéticas. In: *Eucalyptus Online Book & Newsletter*, 2016. Disponível em: <https://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT43_Florestas_Energeticas_Eucaliptos.pdf> Acesso em 18 jun. 2021.

FOLHA DE BOA VISTA. **Empresas vão investir mais de 1,6 bi e devem gerar mais de 3 mil empregos**. Boa Vista. 2019. Disponível em: <<https://folhabv.com.br/noticia/CIDADES/Capital/Empresas-vao-investir-mais-de-1-6-bi-e-devem-gerar-mais-de-3-mil-empregos/57274>> Acesso em: 19 set. 2019.

FÓRUM DE ENERGIAS RENOVÁVEIS DE RORAIMA. **Diocese de Roraima promove Ciranda Virtual a respeito da construção da UHE do Bem Querido**. Boa Vista, 2020. Disponível em: <<https://energiasroraima.com.br/diocese-de-roraima-promove-ciranda-virtual-a-respeito-da-construcao-da-uhe-do-bem-querido/>> Acesso em: 04 jun. 2021.

FÓRUM DE ENERGIAS RENOVÁVEIS DE RORAIMA. **Povos Indígenas da Raposa Serra do Sol Estudam a Força dos Ventos para Geração de Energia**. Boa Vista 2013. Disponível em: <https://energiasroraima.com.br/wp-content/uploads/2020/01/ENERGIA-RENOVAVEL_boletim_cruviana_edicao1_final_web_corrigido.pdf> Acesso em: 02 jul 2021.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto** – São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FRANCO, A. L. A.; ETCHEBEHERE, M. L. de C.; STEVAUX, J. C. **Hipótese sobre os condicionantes neotectônicos do barramento natural da foz do rio Ivaí (PR/MS)** com base em levantamento ecobatimétrico. *Revista UnG – Geociências*, v.7, n.1, p. 78-86, 2008.

FREITAS, A. *Geografia e História de Roraima*. Boa Vista: DLM, 2012.

G1. **Hidrelétrica de Jatapu, no Sul de RR, é reinaugurada e passa a operar com capacidade total após 24 anos de criação**. Boa Vista. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rr/roraima/noticia/hidreletrica-de-jatapu-no-sul-de-rr-e-reinaugurada-e-passa-a-operar-com-capacidade-total-apos-24-anos-de-criacao.ghtml>> Acesso em: 19 jun. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Geomorfologia do Estado de Roraima**. Rio de Janeiro, 1ª Ed, 2005a. 1 mapa, color. 89 X 79 cm, escala 1:1.000.000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Vegetação do Estado de Roraima**. Rio de Janeiro, 1ª Ed, 2005b. 1 mapa. 89 X 79 cm, escala 1:1.000.000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de uso da terra. Manual Técnico em Geociências**. Número 7. 2. ed. Divisão de Geociências. Rio de Janeiro, 2006. 91 p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Uso da terra e a gestão do território no Estado de Roraima**. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 2009. 46p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 3. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2005. 526 p.

JUNK, W. J.; MELLO, J. A. S. N. De. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. *Estudos Avançados*, [s. l.], v. 4, n. 8, p. 126–143, 1990.

LISBOA, L.; SANTOS, A. L. M. R.; ULIANA, E. M.; OLIVEIRA, B. L. F.; ANDRADE, N. M.; ALVES, L. G. S.; GARCIA, D. O.; SILVA, M. R. Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC) e Caracterização Morfométrica da Bacia do rio Branco - RR. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2015. Brasília. **Anais...ABRH**, 2015.

MACEDO, F.L.; JÚNIOR, A.V.M.; PEDROTTI, A. Modelagem da produção de sedimentos na subbacia hidrográfica do Riacho Jacaré - SE. **RA´E GA**, v. 24, p. 272-289, 2012.

MACHADO, J. A. C.; SOUZA, R. C. R. **Fatores Determinantes da Construção de Hidrelétricas na Amazônia: Bases para a Experiência de Indenização**. In: ARAGON, Luis

E.; CLÜSENER GODT, M (orgs). Problemática do uso local e global da água na Amazônia. Belém: NAEA, 2003.

MAPA DE CONFLITOS. **RR – População, Pescadores e Povos Indígenas são Contra Instalação de Hidrelétrica**, 2019. Disponível em: <<http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/rr-populacao-pescadores-e-povos-indigenas-sao-contra-instalacao-de-hidreletrica/>> Acesso em: 09 junho 2021.

MATSUSHITA, B.; Xu, M.; FUKUSHIMA, T. Characterizing the changes in landscapestructure in the Lake Kasumigaura, Japan using a high-quality GIS dataset. **Landscape and Urban Planning**, v.78, p.241-250, 2006.

MENDONÇA, R. Ab. M de; BERNASCONI, P; SANTOS, R. dos; SCARNELLO, M. **Uso das Geotecnologias para Gestão Ambiental: experiência na Amazônia Meridional**. Cuiabá, MT: Instituto Centro de Vida, 2011.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T.. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UNB/CNPQ, 2012.

MENESES, M. E. N. S.; COSTA, M. L.. **Caracterização mineralógica e química dos regolitos de uma área de transição savana-floresta em Roraima: uma análise da evolução da paisagem**. Revista Brasileira de Geociências, v. 42, p. 42-56, 2012.

MINGACHO, P. C. Tipologia dos Impactos Ambientais Associados às Fontes de Energias Renováveis. **Relatório de Trabalho Final de Curso** – Instituto Superior Técnico. Lisboa – Portugal, 2003.

MONTANA MARTÍNEZ, M. **Amazônia no Quadro da Segurança Energética Brasileira**. Anais V Encuentro Internacional de Ciencias Sociales y Represas Medio Ambiente y Cultura. Santiago de Chile. 2018.

MONTANA MARTÍNEZ, M. Bacia Amazônica e hidropolítica: interdependência hidrológica, incipiente regime regional e baixo conflito. (2012). 327 f., Tese (Doutorado em Relações Internacionais) Brasília, 2012. <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/11422?mode=full>> Acesso em: 28 out. 2019.

MORAIS, ROSEANE. P, e CARVALHO. T. Cobertura da terra e parâmetros da paisagem no município de Caracará-Roraima. **Revista Geográfica Acadêmica**. V.7 N.1. 2013. 46-59p. Boa Vista. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/228491661.pdf>> Acesso em: 04 mar. 2020.

MORAIS, P. R., MORAIS R., V. K., VERAS, R. A. T. D. NETA, L. B. C. Aspectos Fisiográficos da Paisagem em São João da Baliza – RR e sua Favorabilidade na Plantação da Palma de Óleo para a Produção de Biodiesel. **Revista Geonorte**, 3(6), 42 - 50. Manaus. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revistageonorte/article/view/1923>> Acessado em: 09 jun. 2021.

NASCIMENTO, T. V.; FERNANDES, L. L. Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natureza**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 170 – 178, 2017.

NUNES, G. B.; SILVA, M. A.; NETO, A. B. M. Uso de Painéis Solares e sua Contribuição para Preservação do Meio Ambiente. **Bolsista de Valor**. Instituto Federal Fluminense, v.1, p.157-162, 2012. Disponível em: <<https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/issue/view/91>> Acesso em: 25 jun. 2021.

OLIVEIRA, E. G.; ALBUQUERQUE, A. R. C. Sociedade e Natureza: Uma visão integrada do planejamento ambiental em bacias hidrográficas urbanas na cidade de Manaus – AM (BR). In: Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia, 1., 2010, Manaus, **Anais...**, Manaus: SICASA, 2010. crn 59.

PRANCE, G.T. Islands in Amazonia. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**. 1996. Series B, 351: 823-833.

REIS, L. B. **Geração de energia elétrica**. 2º edição revisada e atualizada, Editora Manole Barueri – SP, 2011.

RICOBOM, A. E.; CANEPARO, S. C. **A cartografia prospectiva e a geração de mapas preditivos do uso e cobertura da terra – estudo de caso perímetro urbano de Paranaguá**. Ra'e Ga: O espaço geográfico em análise, v. 31, p. 227-259, 2014.

RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; TAGLIARINI, F. S. N. Comparação do desempenho de Sistemas de Informação Geográfica (IDRISI Selva e ArcGIS) por meio de processamento digital de imagem. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 10, n. 2, p. 265-280, 2014.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, Uberlândia, n. 16, p. 81-90, 2005.

SALMONA, Y. B. **Cerrado com C ou com S? Modelagem de cenários futuros para o bioma**. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006, 495p.

SANDER, C., WANKLER, F. L., DE OLIVEIRA EVANGELISTA, R. A., MORAGA, C. H., & DOS SANTOS TEIXEIRA, J. F. **Cheias do rio Branco e eventos de inundação na cidade de Boa Vista, Roraima**. Acta geográfica, 6(12). 2012. 41-57p.

SANDER, C. **Geomorfologia da Planície Aluvial do Alto Rio Branco em Roraima: Dinâmica e Processos Evolutivos**, 2015. 231f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2015.

SANTOS, S. C. **Delimitação do arcabouço tectônico do Cinturão Guiana Central, Estado de Roraima, com base na análise integrada dos dados geofísicos, geológicos, isotópicos e imagens de satélite**. 163 f. Tese (doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo 2005.

SANTOS, A. C. S.; FRANCISCO, J. C. Uso de painéis solares e sua contribuição para a preservação do meio ambiente. Bolsista de Valor. Instituto Federal Fluminense, v.1, p.411-416, 2012. Disponível em: <<https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/issue/view/91>> Acesso em: 25 jun. 2021.

SANTOS, M. C. **O conceito de “atingido” por barragens - direitos humanos e cidadania**. Revista Direito e Práxis. V. 6, n. 1. Rio de Janeiro: Direito e Práxis, 2015, p. 113-140.

SCHLINDWEIN; J. R. DURANTI; R. R. CEMIN; G. FALCADE; I. AHLERT; S.; **Mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Caxias do Sul (RS) através de imagens do satélite CBERS**; Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007.

SILVA, E. L. S. 1997, A vegetação de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. (Ed.) **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**. Manaus: INPA.

SILVA, C. J. **Análise dos Potenciais de Desenvolvimento Sustentável Gerados pela Instalação de Hidrelétrica no Rio Cotingo as Comunidades Indígenas da Área Raposa Serra do Sol em Roraima**, 2009. 67 F. Dissertação (Mestrado profissional Interinstitucional em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SILVA, A.P.S.; DIAS, H.C.D; BASTOS, R.K.X.; SILVA, E. Qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. **Revista Arvore**, v.33, n.6, p. 1063-1069, 2009.

SILVA, M. K. A; BRITO, J. L. S; ROSA, R. Mapeamento do uso do solo no município de Pedrinópolis – MG. In: **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**; 2005; Goiânia, Brasil. INPE; 2005. p. 285-291.

SOUSA, A.; JACOBI, P. Expansão da Matriz Hidrelétrica no Brasil: as Hidrelétricas da Amazônia e a perspectiva de mais Conflitos Socioambientais. 2010. Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT17-601-577-20100903225428.pdf>>: Acesso em 21 out. 2019.

STEFANELLO MM, WEBER LS, FELKER RM, PIAZZA EM, JUNG PH. Modificações na paisagem decorrentes da construção da usina hidrelétrica São José, região noroeste do Rio Grande do Sul. Enciclopédia Biosfera. 2015. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/modificacoes%20na%20paisagem.pdf>>: Acesso em 16 jun. 2021.

TESSMER, H. Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem. Novo Hamburgo, 2002. Disponível em:

- <http://www.liberato.com.br/sites/default/files/arquivos/Revista_SIER/v.%207%2C%20n.%207%20%282006%29/6.%20DESENVOLVIMENTO%20PREDAT%D3RIO%20VERSUS%20DESENVOLVIMENTO.pdf>: Acesso em 16 out. 2019.
- TOLMASQUIM, M. T. Fontes renováveis de Energia no Brasil. Editora Interciência Ltda. Rio de Janeiro/RJ. 2003.
- TOLMASQUIM, M. T. **Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil.** São Paulo, v. 26, n. 74, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 set. 2019.
- TOLMASQUIM, M. T. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica.** EPE. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-172/Energia%20Renov%C3%A1vel%20-%20Online%2016maio2016.pdf>> Acesso em: 12 ago. 2020.
- TUCCI, C. E. M. **Efeito Da Variabilidade Climático E Uso Do Solo: Energia.** Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/index.php/sem-categoria/efeito-da-variabilidade-climatica-e-uso-do-solo-energia/>>. Acesso em: 09 set. 2019.
- VELOSO, H.P., GOES-F. L., LEITE, P. F., BARROS, S. S., FERREIRA H.C., LOUREIRO, R.L., TEREZO, E.F.M. 1975. **Folha NA. 20 Boa Vista e Parte das Folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21.** Rio de Janeiro, Projeto RADAMBRASIL: Vegetação, DNPM. p. 307-406.
- VENTURA, A. F. **O Brasil no Contexto Energético Mundial.** 1. ed. Brasília: NAIPPE/USP, 2009. v. 6.
- VIANA, R. de M. **Grandes Barragens, Impactos e Reparações: Um Estudo de Caso sobre a Barragem de Itá.** 2003. 191p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2003. Disponível em: <<http://www.ippur.ufrj.br/download/pub/RaquelDeMattosViana.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2020.
- WEISS, C. V. da C., et al. **Mapeamento do uso e ocupação do solo utilizando imagens de satélite do sensor TM/Landsat 5 no litoral sul do Rio Grande do Sul, Brasil.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). 16, 2013, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu: INPE, 2013.