

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

HÍGELA MYLLE SALES THOMÉ

A CRISE ENERGÉTICA DO ESTADO DE RORAIMA - DESAFIOS E SOLUÇÕES

VIÇOSA

2022

HÍGELA MYLLE SALES THOMÉ

A CRISE ENERGÉTICA DO ESTADO DE RORAIMA - DESAFIOS E SOLUÇÕES

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 402 – Projeto de Engenharia II – e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Mauro de Oliveira Prates

VIÇOSA

2022

## HÍGELA MYLLE SALES THOMÉ

### A CRISE ENERGÉTICA DO ESTADO DE RORAIMA - DESAFIOS E SOLUÇÕES

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 402 – Projeto de Engenharia II e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 15 de dezembro de 2022.

#### COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 MAURO DE OLIVEIRA PRATES  
Data: 16/12/2022 08:47:52-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

***Prof. Dr. Mauro de Oliveira Prates - Orientador***

***Universidade Federal de Viçosa***

Documento assinado digitalmente  
 JOSE CARLOS DA COSTA CAMPOS  
Data: 16/12/2022 12:13:11-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

**Prof. Dr. José Carlos da Costa Campos**

***Universidade Federal de Viçosa***

Documento assinado digitalmente  
 JOSE TARCISIO DE RESENDE  
Data: 19/12/2022 10:00:57-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

**Prof. Dr. José Tarcísio de Resende**  
**Federal de Viçosa**

*“O Brazil não conhece o Brasil*

*O Brasil nunca foi ao Brazil”*

Elis Regina

*Este trabalho é uma forma de retribuição a tudo que meu estado, Roraima, é para minha formação pessoal e profissional.*

## ***Agradecimentos***

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Hittler e Elizangela, por cada palavra, renúncia e saudade intensa que suportaram ao longo desses anos. Vocês foram meus pilares nessa caminhada. Agradeço também ao meu Irmão Matheus, por ter me apresentado à UFV e ter sido meu suporte nos primeiros anos. Agradeço à minha irmã Milena por todo suporte e parceria ao longo dessa vida e por dividir essa jornada longe de casa comigo. Agradeço aos meus avós, Emília e Jesus, por serem suporte quando eu pensei em desistir e os maiores incentivadores nos nossos voos. Sem vocês nada teria sido possível. Agradeço a minha tia, Elizandra, que em 2009 me falou "Engenharia Elétrica é o futuro" e em 2014 me trouxe para conhecer viçosa, me mostrando que eu poderia trilhar esse caminho e me incentivando a buscar uma educação de qualidade. Agradeço a toda minha família Sales & Thomé pelo cuidado, mesmo que longe, que tiveram comigo ao longo dos anos, torcendo pelo meu sucesso.

Agradeço ao meu namorado, Álex, por suportar todos os momentos em que não pude estar presente durante o desenvolvimento deste trabalho e por todo apoio para que ele fosse concluído com excelência.

Agradeço a minha família de viçosa, meus amigos de curso, Felipe Lopes, Maria Teresa e Denise Cristina que compartilharam a vida acadêmica comigo. Todos os nossos momentos juntos choros, reclamações, sorrisos e vitórias fizeram minha vida na UFV e em viçosa muito mais feliz.

Ao meu professor e orientador Mauro Prates pela orientação deste trabalho e pela paciência durante o desenvolvimento deste projeto e acima de tudo pelo tempo dedicado.

Agradeço aos professores e funcionários do departamento de Engenharia Elétrica, por todo o tempo dedicado a transmitir conhecimento de qualidade ao longo da minha graduação e, por fim, agradeço a UFV por proporcionar um ensino público, gratuito e de qualidade a pessoas de todos os lugares do Brasil.

## **Resumo**

A Energia Elétrica é uma importante ferramenta para o desenvolvimento humano e das cidades, desta forma ter energia elétrica disponível e de qualidade tornou-se essencial para o crescimento e manutenção dos grandes centros. No Brasil tem-se o Sistema Interligado Nacional, o SIN, sistema hidro-termo-eólico de grande porte. Atualmente o Estado de Roraima é o único estado da federação que não é interligado ao SIN, sendo assim considerado um sistema isolado. O estado recebia energia vinda da Venezuela devido ao acordo binacional dos dois países desde 2001. Porém, devido à crise venezuelana, desde 2018 o fornecimento vinha sendo comprometido e em 2019 o fornecimento foi interrompido, deixando assim o estado dependendo 100% de energia de termelétricas. Dada toda essa conjuntura o estado vem sofrendo com diversas instabilidades, faz-se essencial entender o problema e quais as possibilidades, do ponto de vista técnico, para que o estado atinja sua segurança energética e dessa forma atraia mais investimentos e a energia deixe de ser uma problemática que assusta os roraimenses há mais de três décadas. Licitada em 2011, a obra do linhão de Tucuruí que liga Roraima ao SIN, prometia resolver o problema energético do estado, porém, devido a questões indígenas e ambientais esta obra demorou mais de 10 anos para ser autorizada (durante o desenvolvimento deste trabalho as obras se iniciaram). Neste trabalho serão analisadas todas as problemáticas que levaram o estado a atual crise energética e, principalmente, quais os potenciais energéticos do estado que permitiriam a saída da crise e quais as melhores ações que poderiam ser tomadas. Toda a revisão bibliográfica foi baseada em artigos, pesquisas e publicações de órgãos confiáveis como a Empresa de Pesquisa Energética, Governo do estado de Roraima, Eletrobras Roraima, entre outros. Este trabalho foi dividido em 3 partes, sendo a primeira parte uma contextualização, do ponto de vista energético, histórico e geográfico do Estado de Roraima. Na segunda parte, analisou-se o potencial energético do estado em diversas áreas: O linhão de Tucuruí, o potencial eólico, solar e a Usina Hidrelétrica do Bem Querer. Na terceira parte concluiu-se, do ponto de vista técnico, a revisão desses dados e possíveis soluções para a resolução da crise energética de Roraima.

**Palavras-chave:** Roraima, Crise energética, UHE - Bem querer, Linhão de Tucuruí, Questões Indígenas e Ambientais, SIN, termelétricas.

## ***Abstract***

Electricity is an important tool for human and cities development, so having available electric energy with high quality has become essential for the growth and maintenance of large centers. In Brazil there is the National Interconnected System, the SIN, a large hydro-thermal-wind system. Currently, the State of Roraima is the only state in the federation that is not interconnected with the SIN, because of this being considered an isolated system. The state received energy from Venezuela due to a binational agreement between the two countries in 2001. However, due to the Venezuelan crisis, since 2018 the supply had been compromised and in 2021 the Brazil - Venezuela contract ended, leaving the state dependent on energy from thermoelectric plants. Given all this conjuncture, the state has been suffering from several instabilities, it is essential to understand the problem and what are the possibilities, from a technical point of view, for the state to achieve energy security and thus attract more investments and energy ceases to be a problem that has frightened the people of Roraima for more than three decades. Tendered in 2011, the work on the Tucuruí line that connects Roraima to the SIN promised to solve the state's energy problem, but due to indigenous and environmental issues, this work took more than 10 years to be authorized (during the development of this work the works began) . In this work, all the problems that led the state to the current energy crisis will be analyzed and, mainly, what are the energy potentials of the state that allowed the exit from the crisis and what are the best actions that could be taken. Every bibliographic review was based on articles, research and publications from reliable search engines as Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Government of the State of Roraima, Eletrobras Roraima, among others... This work was divided into 3 parts, the first part being a contextualization, from a technical point of view, historical and geographical point of view of the State of Roraima. In the second part, the energy potential of the state was analyzed in several areas: The Tucuruí line, the wind and solar potential and the Bem Querer Hydroelectric Power Plant. The third part concluded, from a technical point of view, the review of these data.

**Key-Words:** Roraima, energy crisis, UHE - Bem querer, Tucuruí Line, indigenous and environmental issues, SIN, thermoelectric

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO DO TRABALHO .....</b>	<b>13</b>
1.1	SIN E O SISTEMA ISOLADO DE RORAIMA .....	14
1.2	RORAIMA .....	17
1.2.1	<i>Contexto Geográfico:</i> .....	17
1.2.2	<i>Hidrografia</i> .....	18
1.2.3	<i>Relevo</i> .....	20
1.2.4	<i>Uso da terra</i> .....	20
1.3	OBJETIVO GERAL .....	22
<b>2</b>	<b>CONTEXTO ENERGÉTICO.....</b>	<b>23</b>
2.1	INDICADORES DE CONTINUIDADE DE ENERGIA.....	25
2.2	PANORAMA ENERGÉTICO ANTES DO DESLIGAMENTO .....	27
2.3	PANORAMA ENERGÉTICO DEPOIS DO DESLIGAMENTO .....	28
2.4	DEMANDA ESTADUAL: .....	29
<b>3</b>	<b>A PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>POSSÍVEIS SOLUÇÕES .....</b>	<b>32</b>
4.1	INTERLIGAÇÃO AO SIN – LINHÃO DE TUCURUÍ .....	32
4.2	ENERGIA HÍDRICA .....	35
4.2.1	<i>UHE Bem Querer</i> .....	36
4.3	ENERGIA SOLAR.....	40
4.3.1	<i>Usinas Geradoras</i> .....	43
4.3.2	<i>Geração fotovoltaica distribuída residencial</i> .....	44
4.4	ENERGIA EÓLICA .....	46
4.5	COMPARATIVO ENTRE AS SOLUÇÕES APRESENTADAS .....	50
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>57</b>

## ***Lista de Figuras***

FIGURA 1 - LINHAS DE TRANSMISSÃO DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL .....	15
FIGURA 2 - SISTEMAS ISOLADOS DO BRASIL .....	15
FIGURA 3 - MAPA DO ESTADO DE RORAIMA.....	17
FIGURA 4 - MAPA DENSIDADE DEMOGRÁFICA DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS .....	18
FIGURA 5 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRANCO.....	18
FIGURA 6 - PRECIPITAÇÃO TOTAL PREVISTA PRIMEIRO TRIMESTRE DE 2022 .....	19
FIGURA 7 - PRECIPITAÇÃO TOTAL PREVISTA SEGUNDO TRIMESTRE DE 2022 .....	19
FIGURA 8 - RELEVO DE RORAIMA .....	20
FIGURA 9 - MAPA DAS UNIDADES INSTITUCIONAIS .....	21
FIGURA 10 - PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA DE JATAPÚ. ....	23
FIGURA 11 - TRAÇADO LINHÃO DE GURI .....	24
FIGURA 12 - DEC RORAIMA 2012 -2021 .....	26
FIGURA 13 - FEC RORAIMA 2012 - 2021 .....	26
FIGURA 14 - LINHA DO TEMPO DA ENERGIA RORAIMENSE. ....	29
FIGURA 15 - TRAÇADO DO PROJETO DE INTERLIGAÇÃO AO SIN .....	32
FIGURA 16 - MAPA DA TERRA INDÍGENA WAIMIRI ATROARI.....	33
FIGURA 17 - LOCALIZAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS.....	36
FIGURA 18 - RESERVATÓRIO UHE BEM QUERER. ....	37
FIGURA 19 - MAPA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM TERMOS DE RENDIMENTO ENERGÉTICO ANUAL.....	40
FIGURA 20 - MUNICÍPIOS COM MAIOR POTENCIAL DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICO DO ESTADO DE RORAIMA.....	43
FIGURA 21 - MAPA DO POTENCIAL EÓLICO DO BRASIL .....	46
FIGURA 22 -- DENSIDADE MÉDIA DE ENERGIA EÓLICA DO ESTADO DE RORAIMA - 100M.....	46
FIGURA 23 - DENSIDADE MÉDIA DE ENERGIA EÓLICA DO ESTADO DE RORAIMA - 150M .....	47
FIGURA 24 - DENSIDADE MÉDIA DE ENERGIA EÓLICA DO ESTADO DE RORAIMA - 200M .....	47
FIGURA 25 - COMUNIDADES INDÍGENAS ESTUDADAS PELO PROJETO CRUVIANA.....	48
FIGURA 26 - LOCALIDADES ESTUDADAS PELO PELA EPE SEM RESTRIÇÃO DE USO DA TERRA. ....	49

### ***Lista de Tabelas***

TABELA 1 - PORCENTAGEM DE ÁREAS ATRIBUÍDAS EM RORAIMA.....	21
TABELA 2 - DADOS DE CONSTRUÇÃO DA INTERLIGAÇÃO BRASIL - VENEZUELA .....	24
TABELA 3 - COMPOSIÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO ATÉ 2020.....	27
TABELA 4 - EMPREENDIMENTOS ARREMATADOS NO LEILÃO DE 2019.....	28
TABELA 5 - EMPREENDIMENTOS LEILÃO DE 2021 .....	29
TABELA 6 - ESTUDOS DO INVENTÁRIO DA BACIA DO RIO BRANCO – CARACTERÍSTICAS DOS APROVEITAMENTOS SELECIONADOS – ADAPTADO (DESPACHO ANEEL Nº3785/2011).....	36
TABELA 7 - ÍNDICES DE IRRADIAÇÃO DO ESTADO DE RORAIMA .....	40
TABELA 8 - ÍNDICE DE RADIAÇÃO GLOBAL HORIZONTAL MÉDIA MENSAL ESTADO DE RORAIMA EM WH/M <sup>2</sup> .DIA...	42
TABELA 9 - CUSTO DE IMPLANTAÇÃO FOTOVOLTAICA EM 1 UNIDADE CONSUMIDORA POR MUNICÍPIO EM RORAIMA.....	45
TABELA 10 - DENSIDADE DE POTÊNCIA PARA ALTURAS DE 100, 150 E 200 M.....	48
TABELA 11 - QUADRO RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DAS FONTES ESTUDADAS.....	51
TABELA 12 - VANTAGENS E DESVANTAGENS FONTES GERADORAS DE ENERGIA PARA RORAIMA.....	51

### ***Lista de Gráficos***

GRÁFICO 1 - CARACTERÍSTICA DO MERCADO CONSUMIDOR RORAIMENSE.....	30
GRÁFICO 2 - CARGA TOTAL (MWh) DO ESTADO DE RORAIMA.....	30

# **1 Introdução do Trabalho**

A energia elétrica é uma importante e essencial ferramenta de desenvolvimento humano. Atualmente são quase inexistentes o surgimento de novas tecnologias que não usam a eletricidade, é através dela que podemos mensurar o desenvolvimento de cidades.

O acesso aos serviços energéticos é condicionante importante do progresso econômico mundial, no qual o processo de urbanização e desenvolvimento industrial segue padrões intensivos em energia. A mudança no comportamento do consumidor é uma realidade nos países em desenvolvimento e gera maior demanda por transportes, novos produtos industriais e outros serviços como saneamento, saúde e comércio de bens que dependem de energia (VANDERLEI MARTINS, 2018)

O consumo de energia elétrica é um importante indicador do desenvolvimento de uma nação, podendo além do crescimento econômico indicar a melhoria da qualidade de vida da população. Pode-se verificar que para países desenvolvidos com estrutura de economia sólida há uma tendência de crescimento estável, se observa em alguns governos a busca por investimentos visando a eficiência energética e a diminuição da utilização de fontes não-renováveis em sua matriz de geração energética, visando a utilização de energias alternativas (FINKLER, A. et al 2016).

Portanto, para desenvolvimento de novos setores urbanos é determinante o investimento em fontes seguras de energia. A fim de garantir um crescimento e desenvolvimento para comunidades brasileiras.

O Brasil depende de mais energia para ambicionar maior crescimento econômico. Nesse sentido, o aumento da infraestrutura, em particular, a energética, pode galgar maiores expectativas e desempenhar melhores condições para o crescimento sustentado da economia brasileira (CARMINATTI, 2013)

Para um país de tamanho continental e com regiões distintas e com suas particularidades essa busca pode ser um pouco trabalhosa. Há regiões pouco povoadas no Brasil estas com histórico de colonização tardio em relação a grandes centros demandam atenção diferenciada. Em especial, a região amazônica, que apresenta peculiaridades únicas o cenário nacional e internacional.

A oferta de energia elétrica na Região Amazônica conta com dois sistemas energéticos distintos: geração de energia pelo Sistema Interligado Nacional e por sistemas isolados, ambos, porém, insuficientes para abastecer de forma regular e com boa qualidade os usuários desse serviço. A indisponibilidade de energia elétrica com nível de regularidade adequada limita e, por vezes, impede o desenvolvimento de atividades econômicas sustentáveis, em especial no interior da Região Amazônica (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO, 2017)

A região amazônica, atualmente, representa uma parcela muito grande do território nacional que sofre com problemas relacionados ao fornecimento de energia elétrica. É no norte do país que estão os maiores, em número e tamanho, sistemas isolados brasileiros. O crescimento amazônico está completamente atrelado a sua necessidade de fontes de energia seguras e limpas.

### **1.1 SIN e o sistema isolado de Roraima**

O Sistema Interligado Nacional (SIN) consiste em uma interconexão dos sistemas elétricos, uma enorme malha de transmissão, propicia a transferência de energia entre subsistemas, explorando a diversidade entre os regimes hidrológicos das bacias. A integração dos recursos de geração e transmissão permite o atendimento ao mercado com segurança e economicidade (ONS, 2022)

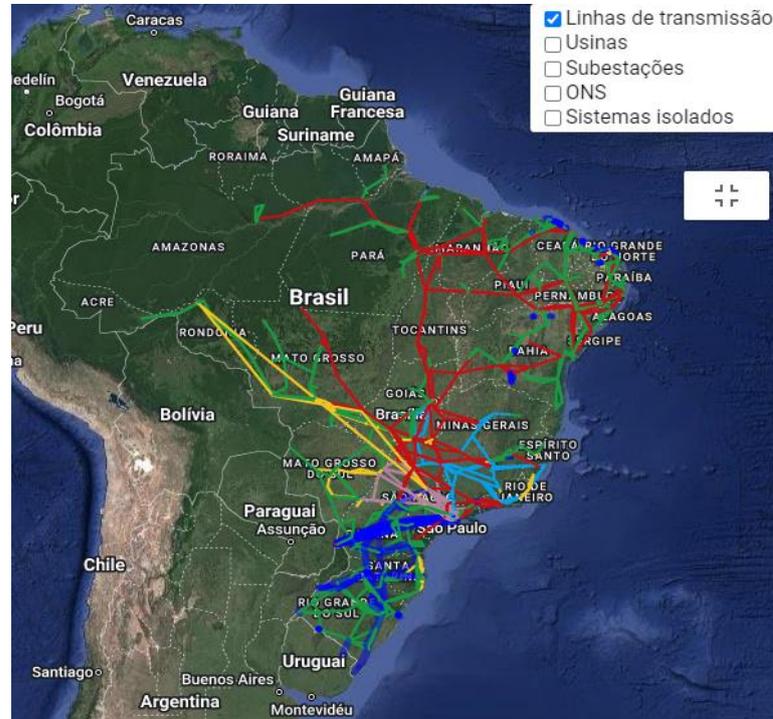
O SIN, entretanto, não atende a todas as localidades nacionais, principalmente a região norte do país. Roraima é o único estado que não tem qualquer tipo de ligação ao SIN. Estados como Amapá e Acre possuem apenas suas capitais interconectados ao SIN.

Chama-se de sistemas isolados os sistemas elétricos de serviço público de distribuição de energia elétrica que, em sua configuração normal, não estão eletricamente conectados ao sistema interligado nacional. Atualmente, existem cerca de 251 localidades isoladas no Brasil, a maior parte na região Norte, sendo que em Roraima estão 77 destes. (EPE DEE, Nº 150/2021. p.8)

Na Figura 1 é possível ver o sistema interligado nacional em sua configuração atual, onde as linhas em vermelho representam a Linha de Transmissão (LT) de 500kV, a verde de 230 kV, azul escuro 600 - 525 kV, azul claro 345 kV, e a amarela

138 kV. É possível observar que o norte do país é a região menos atendida pelo SIN. Já na Figura 2 podemos observar todos os sistemas isolados do país.

FIGURA 1 - LINHAS DE TRANSMISSÃO DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL



Fonte: Mapa Dinâmico SIN

FIGURA 2 - SISTEMAS ISOLADOS DO BRASIL



Fonte: Mapa Dinâmico do SIN

Os sistemas isolados, em geral, são menos eficientes e estão mais sujeitos aos danos provocados por interrupções. Os sistemas isolados não dispõem de intercâmbio de energia elétrica entre as regiões do país e só podem ser atendidos por fontes de geração situadas nas proximidades (MEGAWHAT, 2022).

Fica evidente na Figura 2 que todos os estados brasileiros se encontram conectados ao sistema interligado nacional, com exceção do estado de Roraima, o que faz dele o estado com maior carga em sistema isolado no Brasil. O estado vinha sendo abastecido com energia venezuelana devido a um acordo bilateral entre Brasil-Venezuela, popularmente chamado de Linhão de Guri, que possibilitou o abastecimento do estado por quase 18 anos. Até o ano de 2018, 85% da energia consumida em Roraima era importada da Venezuela. Em função dos constantes desligamentos, o suprimento pela Venezuela foi interrompido em 2019, levando à necessidade de maior acionamento das termelétricas locais (ALMEIDA, DIEGO PINHEIRO et al, 2019).

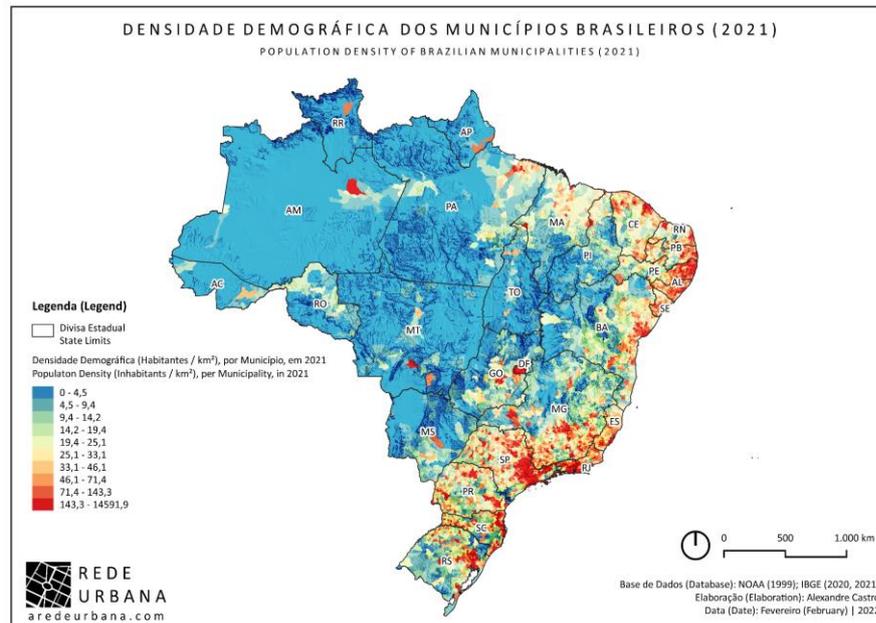
Com o agravamento da crise venezuelana e a interrupção do fornecimento venezuelano o estado sofre com problemas de abastecimento de energia. O estado de Roraima passou a ser abastecido 100% por usinas termelétricas a diesel desde março de 2019, após a suspensão completa do fornecimento de energia pelo Linhão de Transmissão de Guri, da Venezuela (FORUM DE ENERGIA RENOVAVEIS, 2021)

Os sistemas isolados brasileiros, mesmo representando menos de 1% da demanda nacional, custam aos cofres públicos uma quantia significativa, uma vez que são subsidiados pelo Governo Federal, para garantia do serviço igualitário a toda a população. Sendo que Boa Vista, capital de Roraima, representa o maior de todos os sistemas isolados, com uma demanda máxima anual da ordem de 230 MW atualmente (EPE DEE, Nº 150/2021. p.52), representando um custo anual para o governo brasileiro.

De acordo com a Roraima Energia, para o Governo Federal este isolamento custa, em média, R\$ 1,1 bilhão por ano, para abastecer os 177 mil unidades consumidoras distribuídos nos 15 municípios (FORUM DE ENERGIA RENOVAVEIS, 2021) Desta forma, é de extrema importância identificar quais as possibilidades de geração e estratégias que o estado pode investir a fim de busca se tornar mais autônomo e, por ser um estado amazônico, gerar energia através de fontes limpas.



FIGURA 4 - MAPA DENSIDADE DEMOGRÁFICA DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS

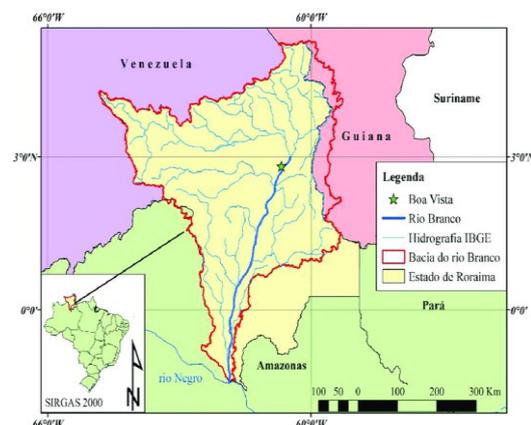


Fonte: Rede Urbana

## 1.2.2 Hidrografia

O Estado de Roraima faz parte da Bacia Hidrográfica do rio Amazonas, composto pelas sub-bacias dos rios Branco, Jauaperi e Jatapu. O Rio Branco é o principal rio de Roraima, cortando a porção central do estado com direção Nordeste – Sudoeste, conforme a Figura 5, até desembocar no Rio Negro. As demais sub-bacias ficam localizadas na porção sul do estado, com destaque para o Rio Jatapu, onde foi construída a pequena central hidrelétrica de Jatapu. (ATLAS AEROGEOFÍSICO DO ESTADO DE RORAIMA)

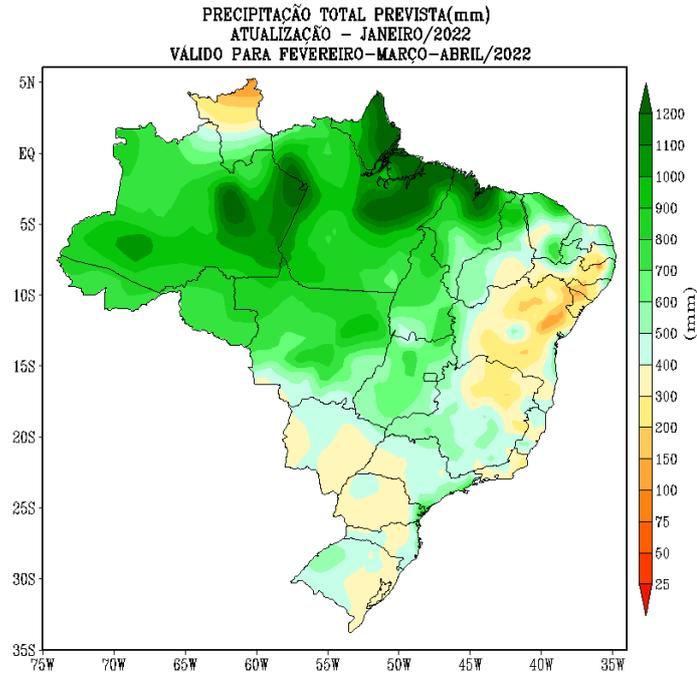
FIGURA 5 - BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BRANCO



Fonte: Estudos ambientais agrônômicos

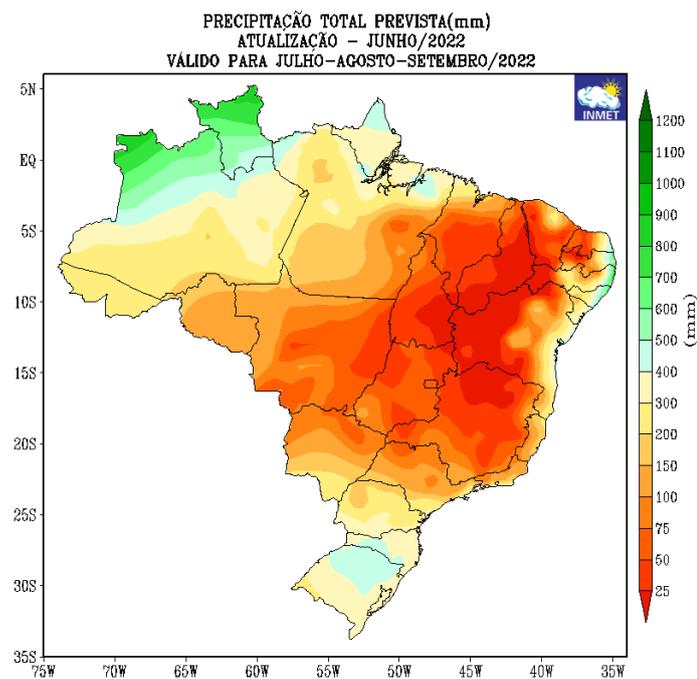
O período de cheia do Rio branco é de junho a agosto e período de seca é de janeiro a março (INMET). Nas Figuras 6 e 7, a seguir, pode-se verificar o média de precipitação prevista nos anos de 2022 para o primeiro e terceiro trimestre.

FIGURA 6 - PRECIPITAÇÃO TOTAL PREVISTA PRIMEIRO TRIMESTRE DE 2022



Fonte: INMET

FIGURA 7 - PRECIPITAÇÃO TOTAL PREVISTA SEGUNDO TRIMESTRE DE 2022

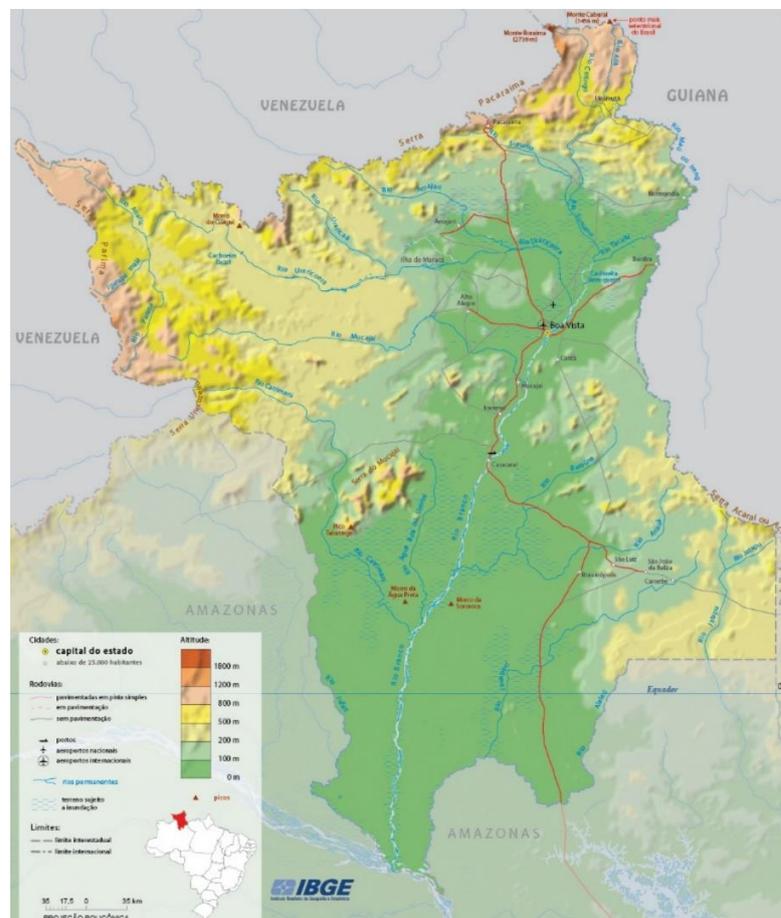


Fonte: INMET

### 1.2.3 Relevo

Roraima apresenta a maior variedade geomorfológica da Amazônia brasileira, apresentando desde terrenos baixos com superfícies planas até relevos montanhosos com alguns picos mais altos do Brasil. (ATLAS AEROGEOFÍSICO DO ESTADO DE RORAIMA). Na Figura 8 é possível observar os diferentes tipos de relevo presentes no estado de Roraima. A região onde apresenta maiores alturas é no extremo norte do estado que faz fronteira com a Guiana. A maior parte do estado é de áreas não elevadas, parte verde na Figura 8.

FIGURA 8 - RELEVO DE RORAIMA



Fonte: Guia Geografico

### 1.2.4 Uso da terra

É de extrema importância para o desenvolvimento deste trabalho entender as características de uso da terra do estado de Roraima que vem sendo problemática

para diversos setores de desenvolvimento ao longo dos últimos anos. As questões ambientais e indigenistas que envolvem o estado serão brevemente explicadas.

Atualmente o estado de Roraima possui uma parcela muito pequena do seu território de uso livre, cerca de 25%. A Tabela 1 apresenta o conjunto de dados sobre as unidades de conservação (UCs), terras indígenas (TIs) e área de reserva legal (Ars).

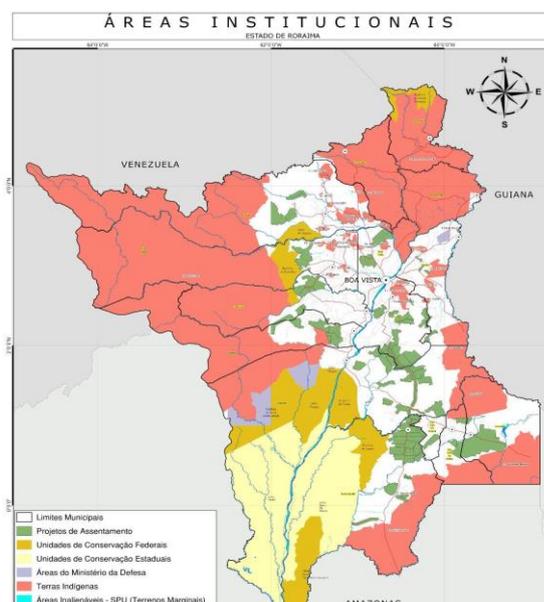
TABELA 1 - PORCENTAGEM DE ÁREAS ATRIBUÍDAS EM RORAIMA.

	<b>% do estado</b>
Unidade de Conservação	21,3%
Terras Indígenas	46,3 %
Assentamentos Rurais	6 %
Área militar	1,22%
Áreas Legalmente Atribuídas	74,82 %

Fonte: MMA, ICMBio, Funai, INCRA

Além das áreas que são legalmente atribuídas é importante lembrar às exigências do Novo Código Florestal que valem para as áreas restantes. No bioma amazônico, exige reserva legal de 50% em ambientes florestais, 35% em áreas de cerrado e 20% em áreas de campos nativos. Na Figura 9 é possível visualizar as áreas, em branco, de uso livre e as demais áreas legalmente atribuídas.

FIGURA 9 - MAPA DAS UNIDADES INSTITUCIONAIS



Fonte: ZEE Roraima

### **1.3 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise sobre a crise energética, enfrentada atualmente, pelo estado de Roraima

Dado o objetivo geral, têm-se como objetivos específicos:

- Criar um material com todo o histórico energético do estado de Roraima
- Avaliar as possíveis soluções estudadas, até o momento, para a independência energética do estado.
- Propor um estado com energia 100% limpa e renovável.

## 2 Contexto Energético

Até meados dos anos 80, a energia elétrica do estado era responsabilidade da Companhia Energética de Roraima (CERR). A energia do estado era produzida através de geradores à diesel, porém com muitas falhas e quedas. Por volta dos anos 90 começaram as tratativas para solucionar o problema energético do estado.

Em 1994 entrou em operação a primeira iniciativa do governo estadual que foi a construção de uma pequena central hidrelétrica de 2,5 MW no sul do estado, a usina de Jatapu, que funciona até os dias atuais com capacidade de produção de 10MW e atende 3 municípios do interior do estado (CERR).

FIGURA 10 - PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA DE JATAPÚ.



Fonte: William Roth/Governo de Roraima/Divulgação

Em 1993 foi assinado o acordo bilateral entre Venezuela e Brasil de interligação energética entre os dois países. A energia de Roraima seria então fornecida pela Venezuela (AGUIAR, 2013)

A Linha de transmissão que interligava os dois países, popularmente chamada de Linhão de Guri, foi inaugurada em agosto de 2001 sendo atrasada por três anos

por conflitos indigenistas no Brasil e ambientalistas na Venezuela. (Aguiar) O contrato com a Venezuela era de fornecimento durante 20 anos (Sadi, 2011)

FIGURA 11 - TRAÇADO LINHÃO DE GURI



Fonte: MME

A Linha de transmissão teria contrato de 200 MW limitado a 130 MW e 705 km de extensão, dividido da forma apresentada na Tabela 2 (MME).

TABELA 2 - DADOS DE CONSTRUÇÃO DA INTERLIGAÇÃO BRASIL - VENEZUELA

LT (KV)	Trechos interligados	Tipo de circuito	Extensão
400	Macagua – Las Claritas	Circuito Simples	295 km
230	Las Claritas – Santa Helena	Circuito Simples	215 km
230	Santa Helena – Boa Vista	Circuito Simples	195 km

Fonte: MME

Em 2009 a Venezuela começou a passar por problemas críticos de racionamento, repercutindo na energia que chegava em Roraima. Uma vez que

o estado dependia 100% da energia venezuelana e já não utilizava energia térmica devido a idade das suas máquinas.

Em 2010 a Eletrobras emitiu o parecer jurídico PCJ/ EDE N°045/2010 que autorizava a contratação de empresas terceirizadas para a geração de energia. Contratando assim 2 empresas para fornecer a potência de 60MW de geração. O estado passou a ser abastecido pela energia vinda de Guri e termelétricas.

Além disso, a instabilidade política venezuelana tornou-se um risco para o Estado de Roraima uma vez que este se tornou dependente de sua energia elétrica. Essa dependência comprometeu a segurança energética do Estado durante anos. (AGUIAR, 2013).

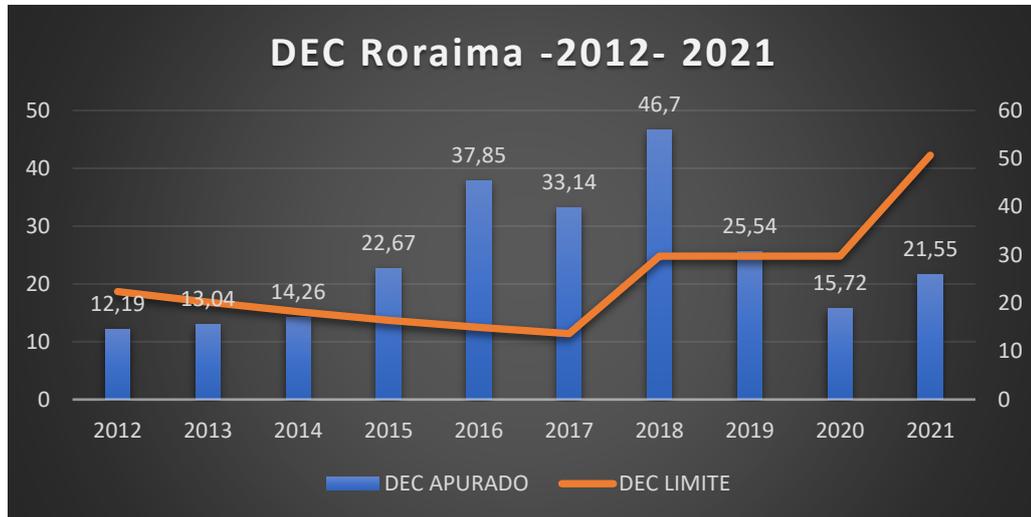
Com o tempo, a demanda do estado de Roraima passou a crescer e a qualidade da energia fornecida pela Venezuela começou a cair, desta forma foram construídas usinas termelétricas para suprir a falta venezuelana.

## **2.1 Indicadores de Continuidade de Energia**

Os dados de DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) são importantes parâmetros utilizados pela ANEEL para qualificar a continuidade de energia nas distribuidoras. O DEC mostra a média de intervalo de tempo que o consumidor ficou sem energia elétrica e o FEC apresenta o número de interrupções que cada consumidor sofreu. Ambos consideram interrupções iguais ou superiores a três minutos. Os valores limites são estipulados pela ANEEL. As Figuras 1 e 2 mostram os índices de DEC e FEC na última década, pode-se observar que entre 2015 e 2019, anteriores ao rompimento pela Venezuela, tais índices foram altos, superando o limite estabelecido pela ANEEL. Este limite é diferente para as distribuidoras conectadas ao SIN. Para a CEMIG, por exemplo, o DEC limite foi em torno de 10 e FEC limite em torno de 7 nos últimos 5 anos. Já para Roraima em torno de 28,53 e 50 respectivamente. Mesmo com um alto limite as interrupções no sistema roraimense são altas. A partir de 2019 quando a presença de termoelétricas foi mais efetivo os índices diminuíram, porém ainda assim acima, quando comparado com

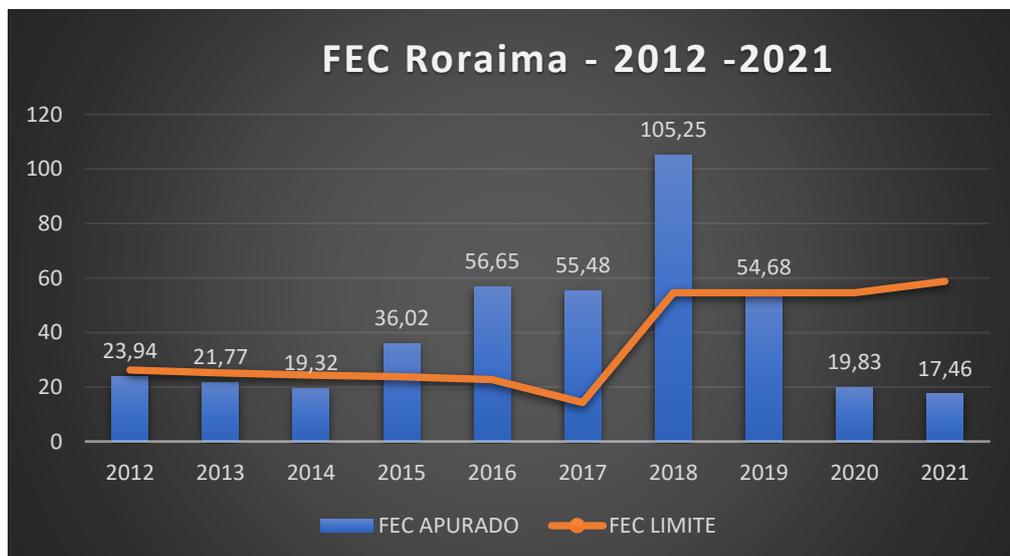
estados atendidos pelo SIN. Desta forma fica evidente que Roraima necessita com urgência novas fontes de energia mais seguras.

FIGURA 12 - DEC RORAIMA 2012 -2021



Fonte: ANEEL

FIGURA 13 - FEC RORAIMA 2012 - 2021



Fonte: ANEEL

No ano de 2014 foram 07 blecautes, em 2015 foram 24, em 2016, 38 e, até setembro do ano 2017, registrou-se 25 casos, perfazendo um total de 94 interrupções de mais de uma hora, e em alguns casos por mais de 10 horas consecutivas, ou seja, um crescente de 92% na falta de fornecimento de eletricidade em 04 anos (JOÃO ROBERTO BANDEIRA MENEZES).

Em 7 de março de 2019, devido à crise venezuelana e atrelado a postura do novo governo brasileiro que não reconheceu o governo venezuelano como legítimo, o fornecimento de energia foi completamente interrompido deixando o estado totalmente dependente de geração de termelétricas. Porém, era de conhecimento que o sistema de termelétricas disponível não suportaria a demanda do estado. Em 2018, antes do corte, o estado já era 85% atendido por termoelétricas, os dados de DEC e FEC, mostrados nos gráficos 1 e 2, nos mostram que o sistema nesse ano foi altamente instável com uma série de interrupções, superando mais de 100% os limites estabelecidos pela ANEEL naquele ano.

## 2.2 Panorama Energético Antes do Desligamento

Com a possibilidade de ter o fornecimento interrompido pelo lado venezuelano o governo estadual e o federal prepararam-se para suprir a demanda local em caso de falta. A Tabela 3 lista a matriz energética existente no estado até o momento da interrupção.

TABELA 3 - COMPOSIÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO ATÉ 2020

<b>Usina</b>	<b>Capacidade (Mw)</b>
UTE Monte cristo	125,1
UTE Monte cristo II	28,5
UTE Floresta	40
UTE Distrito	40
UTE Novo paraíso	12
PCH Jatapú	8
<b>Total</b>	<b>253,6</b>

Fonte: EPE e Roraima energia

Buscando criar um sistema mais seguro, antes do desligamento total, foi realizado em 2019 o leilão para sistemas isolados – Roraima, com objetivo de atender rapidamente. O leilão resultou na contratação 308MW em 9 empreendimentos de várias fontes. Destes, 8 são de fontes renováveis (EPE, INFORME LEILÃO 2019) com contratos com duração de 15 anos e, para contratos de fontes não renováveis, 7 anos.

A Tabela 4 apresenta um resumo dos empreendimentos ganhadores deste leilão e suas características.

TABELA 4 - EMPREENDIMENTOS ARREMATADOS NO LEILÃO DE 2019

<b>Projeto - UTE</b>	<b>Empresa</b>	<b>Capacidade de geração (MW)</b>	<b>Tipo</b>	<b>Início das operações</b>
Jaguatirica II	Eneva	141	Gás natural	setembro de 2021
São João do Baliza	Brasil BioFuels	16	Biomassa e óleo vegetal	setembro de 2022
Forte São Joaquim	Brasil BioFuels	57	óleo vegetal e fotovoltaica	Previsto 2023
Bonfim	Oxe energia	10	Biomassa	Março de 2022
Cantá	Oxe energia	10	Biomassa	Março de 2022
Pau rainha	Oxe energia	10	Biomassa	Março de 2022
Santa luz	Oxe energia	10	Biomassa	Março de 2022
Monte cristo Sucuba	Oliveira energia	42	Diesel	Prevista 2023
Palmaplan Energia 2	Oliveira energia	12	Biodiesel de óleo de dendê	Previsto 2023
<b>Total</b>		<b>308MW</b>		

Fonte: Eneva, BioFuels, Oxe energia e Oliveira energia.

### **2.3 Panorama Energético Depois do Desligamento**

Em 2021 foi realizado o Leilão nº 003/2021 para atendimento de sistemas isolados visando beneficiar localidades do interior do estado, onde foram contempladas as unidades listadas na Tabela 5. Até a data de publicação deste trabalho, o estado de Roraima conta com 450.6 MW de capacidade de geração instalada e em 2023 a estimativa é chegar a 528,215 MW, dos quais 266 MW são de

origem renovável. Vale ressaltar que a UTE Floresta foi retirada deste cálculo, pois deve ser desativada em 2023 por estar em área urbana.

TABELA 5 - EMPREENDIMENTOS LEILÃO DE 2021

Projeto - UTE	Empresa	Capacidade de geração (MW)	Tipo	Início das operações
<b>Uiramutã</b>	Usina Xavantes	0,945	Diesel	01/04/2023
<b>Pacaraima</b>	Usina Xavantes	3,15	Diesel	01/04/2023
<b>Amajari</b>	Usina Xavantes	2,52	Diesel	01/04/2023

Fonte: ONS

Uma linha do tempo com os acontecimentos relevantes na história energética de Roraima é apresentada na Figura 12.

FIGURA 14 - LINHA DO TEMPO DA ENERGIA RORAIMESE.



Fonte: Elaboração Própria

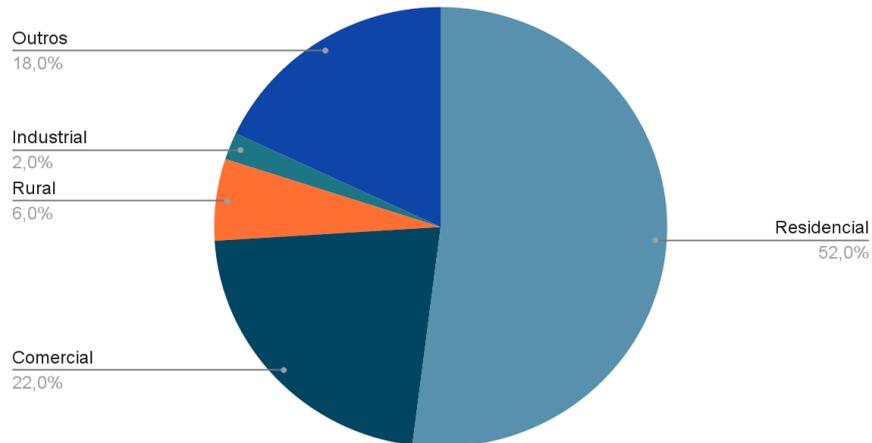
## 2.4 Demanda Estadual:

Atualmente são atendidas 175.609 unidades consumidoras no estado de Roraima, sendo atendidas 576.568 pessoas (ANEEL) Se confrontado com o dado do IBGE para população do estado uma diferença de 76145 pessoas deixam de ser

atendidas. O gráfico 3 mostra como se comporta o mercado consumidor roraimense em 2021. (EPE DEE, Nº 150/2021. p.50),

GRÁFICO 1 - CARACTERÍSTICA DO MERCADO CONSUMIDOR RORAIMENSE

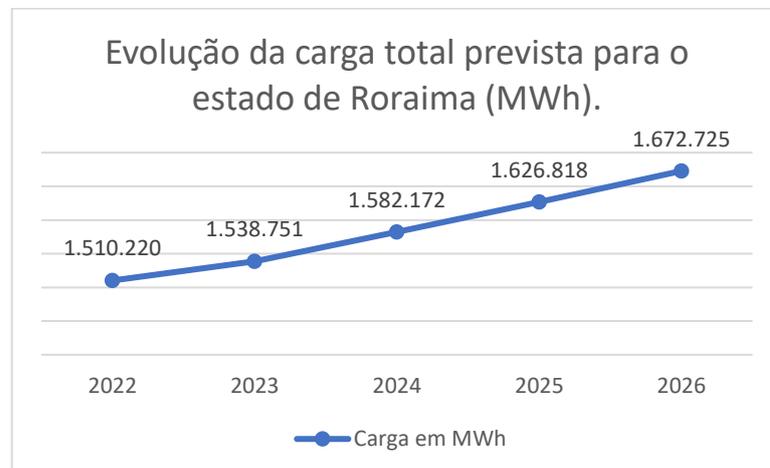
Mercado consumidor - Roraima



Fonte: ANEEL

Atualmente, de acordo com a Roraima Energia, os horários de maior carga da rede são durante a noite, devido ao uso de aparelhos de ar-condicionado das residências e a demanda total estadual é de 243 MW, sendo que a EPE prevê que chegue a 300MW em 2026. Vale ressaltar que esta demanda prevista pode ser ainda maior devido ao fluxo migratório constante que vem alterando as características populacionais do estado. A carga total em atual do estado é de 1.510.220 MWh e as projeções indicam que chegará a 1.672.725 MWh em 2026 (EPE DEE).

GRÁFICO 2 - CARGA TOTAL (MWh) DO ESTADO DE RORAIMA.



Fonte: EPE

### **3 A problemática**

A demanda energética do estado vem crescendo ao longo do tempo como mostra o gráfico 4 consequentemente os gastos com subsídios para com que seja cada vez necessário investimento em geração de energia para o estado. O custo da geração de energia para suprir Roraima é alto o valor do Megawatt/hora do leilão de 2019 varia em torno de R\$670 a R\$1059,17. (EPE, LEILÃO 2019) O que é inviável para a população roraimense arcar com os custos de geração da energia que consome, por isso o Governo Federal subsidia essa geração através da Conta de Desenvolvimento Energético – CDE.

A CDE é um fundo setorial que financia diversas políticas relacionadas ao desenvolvimento energético incluído nesta a Conta de Consumo de Combustíveis – CCC. A CDE é financiada, em sua maior parte, pelos consumidores de energia elétrica. Portanto, as políticas que ela atende são financiadas pela população brasileira através da conta de energia. Dentro da CDE a maior parte é destinada para a Conta de Consumo de Combustíveis Fósseis destinado, principalmente, à Sistemas Isolados. Para o ano de 2022 foi aprovado para a CDE um orçamento de R\$ 32,1 bilhões. Dos quais, aproximadamente R\$ 12 bilhões serão destinados à CCC (ANEEL).

Manter o abastecimento de Roraima é caro para o Governo Federal. Além disso, as termelétricas são geradoras de energia altamente poluentes e, é de consenso geral, devem ser reduzidas suas emissões. A geração termelétrica fóssil teve um aumento de 177%, crescendo de 30,6 TWh em 2000 para 84,8 TWh em 2020. Consequentemente, o total de emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor elétrico brasileiro aumentou 90% entre 2000 e 2020. (IEMA, 2022)

Em resumo, o problema consiste em tornar o sistema roraimense capaz de gerar e arcar com sua própria geração de energia, para que o Governo Federal não tenha que arcar anualmente atrelado a isso, essas fontes de energia precisam ser limpas e sustentáveis.

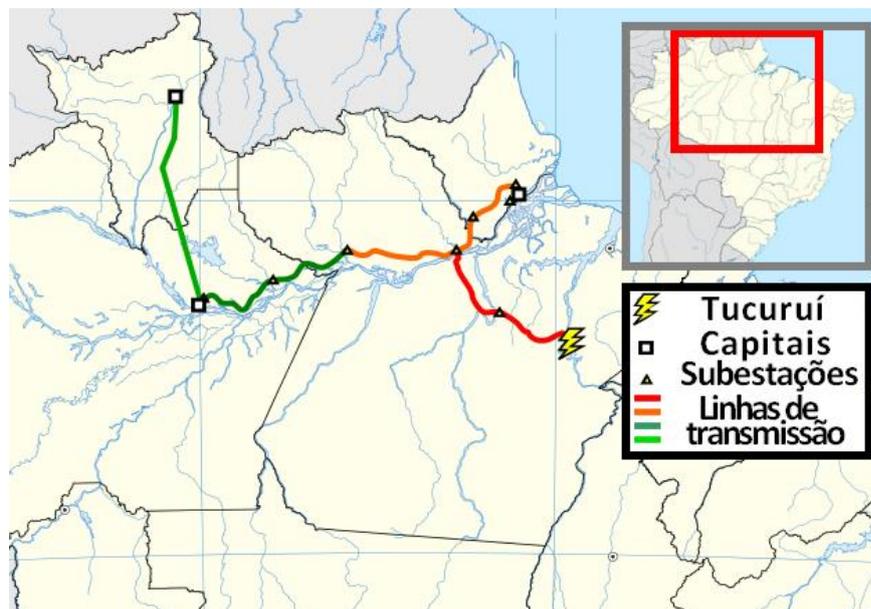
## 4 Possíveis soluções

É notório a necessidade de analisar possíveis meios de fornecimento e geração de energia que possam atender o estado de Roraima. A seguir realizou-se uma revisão de todos os dados encontrados na literatura sobre potenciais meios de geração para o estado de Roraima.

### 4.1 Interligação ao SIN – Linhão de Tucuruí

Interligar Roraima ao Sistema Interligado Nacional parece ser a solução mais prática, uma vez que o projeto consiste em uma linha de transmissão que leva energia produzida na Hidrelétrica de Tucuruí no Para até Roraima. Na Figura 13 podemos observar o traçado do linhão, o trecho que falta ser concluído é o que liga Manaus – Boa vista, foi licitado em 2011 tendo como vencedora o consorcio Transnorte com previsão de conclusão em 2015.

FIGURA 15 - TRAÇADO DO PROJETO DE INTERLIGAÇÃO AO SIN



Fonte: Wikipedia

Dos 715 km da Linha de transmissão, 122 km passam pela terra indígena Waimiri Atroari, situada mais ao sul do estado de Roraima. Vivem, em 2020, um total de 2182 indígenas em uma área de 2.585.916 há (PROGRAMA WAIMIRI ATROARI). Na Figura 14 pode-se ver o mapa da reserva indígena, onde o traçado amarelo representa a BR-174, única via que interliga Manaus à Boa vista. Sua construção foi

um grande conflito da época da ditadura Militar, provocando quase a extinção do povo Waimiri Atoari. O projeto do Linhão é seguir o traçado da BR-174, sendo construído nas suas margens.

FIGURA 16 - MAPA DA TERRA INDÍGENA WAIMIRI ATOARI



Fonte: BBC

O projeto prevê a construção de cerca de 1450 torres metálicas, com altura para que os cabos fiquem acima da copa das árvores, evitando o desmatamento.

Por se tratar de uma terra indígena, a lei brasileira estipula uma série de requisitos diferente de uma obra em área não indígena. É resguardado pela constituição federal, artigo 231, que provém dos indígenas o direito de determinar como serão usados os potenciais energéticos que estiverem em suas terras indígenas e os mesmos devem ser consultados e que seu uso só pode ser efetivado com autorização do congresso nacional (BRASIL, CONSTITUIÇÃO FEDERAL 1988)

Os Waimiri Atroari afirmaram que a etnia não foi consultada previamente sobre os impactos socioambientais da obra na terra indígena. Além disso, os Indígenas concluíram que, para construir a linha de transmissão, a instalação de 250 torres causaria desmatamento e levaria centenas de operários para dentro da reserva (PBA-CI). Outros impactos foram levantados como: afugentamento da fauna, aumento de riscos de acidentes, interferência nas atividades de caça indígena, interferência nas trilhas e rotas tradicionais, contaminação do solo e perda de cobertura vegetal.

Os estudos iniciais para o linhão pelo Governo Federal demonstraram que existiam 4 possibilidades de traçado para o linhão, entretanto, os custos da obra aumentavam consideravelmente uma vez que todos os outros passavam por áreas ainda pouco exploradas e implicaria em abrir novos caminhos em regiões de floresta amazônica ainda intactas. Desta forma, concluiu-se que seguir o traçado da BR – 174, única via que liga RR ao resto do país, traria o menor custo financeiro e ambiental, mesmo passando na terra indígena.

Os impasses envolvendo Governo Federal e os Waimiri Atroari levaram cerca de 10 anos para serem resolvidas. O Governo Federal, em 2019, tomou uma postura mais incisiva quanto a passagem do linhão, anunciando que as obras se iniciariam no segundo semestre de 2019, considerando o projeto como interesse da soberania e da integridade nacional e acelerando o processo de construção.

Foi firmado então um acordo entre o Governo Federal e o povo Waimiri Atroari para uma compensação de cerca de R\$90 milhões para compensar os prejuízos que a obra vai causar. Esse valor será convertido em inúmeros benefícios para o povo waimiri atroari, como posto de saúde, consultório odontológico, 41 casas de apoio, compra de material escolar e instalação de energia solar em 59 aldeias, entre tantos outros investimentos que, a longo prazo jamais seriam feitos na terra indígena (JUSTIÇA FEDERAL).

O senado aprovou em maio de 2022 um projeto de lei que declara a passagem de linhas de transmissão de energia elétrica por terras indígenas de relevante interesse público da União, na forma do § 6º do art. 231 da Constituição Federal. Este ainda segue em tramitação na câmara dos deputados.

Em setembro de 2022, as obras do linhão foram iniciadas com previsão de término em 2025, porém o consorcio Transnorte não acredita que esse prazo será

cumprido, uma vez que o trecho dentro da reserva indígena deve demorar cerca de 30 meses para ser concluído, devido as inúmeras condições impostas pelos indígenas. Há regras de limitação as frentes de trabalho no trecho dentro da TI (Tribo Indígena), como no máximo, dez grupos de funcionários com frentes de no máximo 300 pessoas trabalhando na área. Restrições sobre o horário de trabalho e o acesso só pode se dar após o nascer do sol e todos os funcionários devem deixar a região até o pôr do sol. Equipamentos e materiais também estão proibidos de ficarem na terra indígena durante a execução da obra.

Apesar de todos os problemas a serem enfrentados para a ligação ao SIN, a vantagem de interligação é que o estado de Roraima será abastecido 24h por um sistema seguro e de qualidade, permitindo também que potenciais ainda não explorados possam vir a ser, tendo como beneficiário não só o estado, mas como todo o SIN. O custo de interligação ao SIN será de aproximadamente R\$2,6 bilhões de reais, de acordo com o consorcio TRANSNORTE, sem considerar os R\$90 milhões do acordo com o povo Waimiri Atroari. Este valor representa em torno de 22% do valor destinado para a CCC no ano de 2022.

## **4.2 Energia Hídrica**

Atualmente existem dois estudos de inventario de bacias hidrográficas no estado de Roraima: Bacia do Rio branco e Bacia do rio Jatapu (EPE e ELETROBRAS). Um outro estudo foi iniciado na década de 70 pela Eletrobras na bacia do Rio Cotingo, mas não foi concluído devido problemas com indígenas na região. A pequena central hidrelétrica (PCH) Jatapu, em operação desde os anos 90, é resultado desses estudos.

Os estudos iniciais da bacia do Rio branco sinalizaram um potencial total de 1.049 MW, distribuídos em quatro aproveitamentos, sendo um no rio Branco - UHE Bem Querere e três no rio Mucajá. A tabela 6 mostra o potencial de cada um desses aproveitamentos e a Figura 23 suas localizações. As unidades do rio Mucajai que afetam a floresta nacional de Roraima (Flona), tornando o seu processo mais complexo.

TABELA 6 - ESTUDOS DO INVENTÁRIO DA BACIA DO RIO BRANCO – CARACTERÍSTICAS DOS APROVEITAMENTOS SELECIONADOS – ADAPTADO (DESPACHO ANEEL Nº3785/2011)

Aproveitamento	Potência instalada (MW)
Bem querer	650*
Paredão M1	70
Paredão	199
Fé e Esperança	72
*Valor recente. atualizado por estudos da EPE.	

Fonte: EPE e Eletrobras

FIGURA 17 - LOCALIZAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS



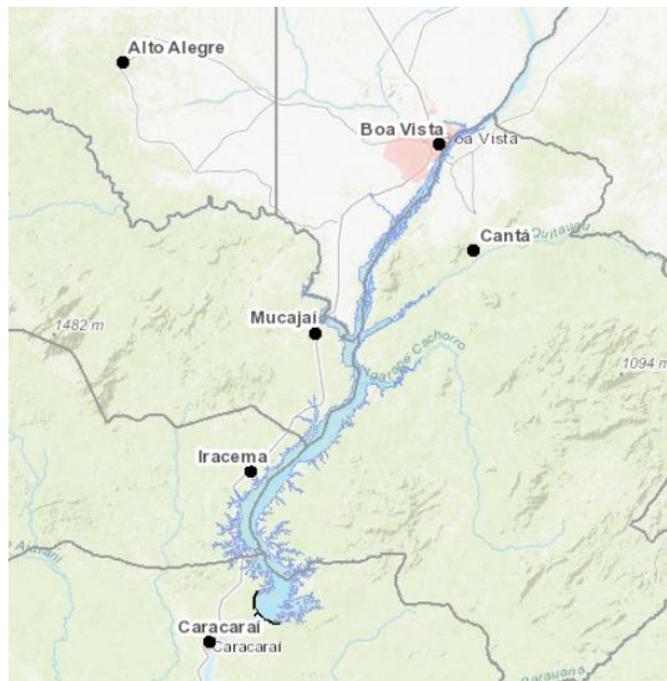
Fonte: EPE

#### 4.2.1 UHE Bem Querer

A UHE Bem Querer, com capacidade de 650MW de geração, tiraria o estado da necessidade de importação de energia e o colocaria como exportador. Porém, para que isso ocorra de fato, a LT Manaus – Boa vista teria que estar em operação.

O projeto entrou no plano decenal de 2027 como UHE indicativa e segue, atualmente, todos os passos para possível leilão nos anos seguintes. O projeto, de acordo com a Figura 24, deve afetar áreas de 6 municípios roraimenses: Bonfim, Mucajai, Boa vista, Iracema, Canta e Caracarái. Atualmente estão sendo realizados os estudos de viabilidade econômica e socioambiental e os de impacto ambiental. Um ponto importante a ser considerado no projeto da UHE Bem Querer, é o fato de que seus reservatórios não alagarão terras indígenas nem unidades de conservação, tornando-o muito mais atrativo em relação a outros projetos na região já que o uso da terra é um importante conflito na região.

FIGURA 18 - RESERVATÓRIO UHE BEM QUERER.



Fonte: SITE UHE BEM QUERER

Os estudos de inventário mostraram que a área de reservatório para a UHE Bem Querer, em seu nível máximo, é de 559 km<sup>2</sup>, dos aproveitamentos estudados esta é a de maior área. Para os aproveitamentos Fé e Boa Esperança, Paredão e Paredão M1, os reservatórios ocuparão, em seu nível máximo, uma área de 25.2 km<sup>2</sup>, 16.7 km<sup>2</sup> e 26.3 km<sup>2</sup> respectivamente.

A usina terá operação do tipo fio d'água. Este tipo de operação requer reservatórios menores e o Brasil tem optado por este tipo de operação por questões ambientais. Nesse tipo de operação o ciclo hidrológico natural dos rios é mantido. Desta forma, o curso do rio se mantém de maneira natural e seus períodos de cheias

e secas também. A desvantagem desse tipo de operação é uma menor geração de energia, principalmente no período de seca. O projeto prevê um sistema que tornará o Rio Branco Navegável até Boa Vista. O que é interessante para a região uma vez que seu único meio de ligação com o Brasil é o rodoviário através da BR-174.

Como o período de seca no estado de Roraima é diferente de boa parte do país, por estar no hemisfério norte, nas Figuras 6 e 7 observamos que em período de cheia no estado de Roraima o restante do país está em período de seca desta forma UHE bem querer apresenta uma característica de complementariedade ao SIN.

Para aprovação da UHE é necessário emitir o licenciamento ambiental e o estudo do componente indígena (ECI), no caso da UHE bem querer precisam ser emitidos pelo IBAMA e pela Funai respectivamente. Até a finalização do projeto é necessário seguir os seguintes passos:

1. O IBAMA emite um Termo de Referência (TR): Guia para elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e dos estudos específicos.
2. A FUNAI emite um termo orientando como o ECI deve ser feito.
3. As equipes de estudos da emitem os ECI, EIA/RIMA.
4. O IBAMA analisa o EIA/RIMA e a Funai o ECI.
5. Realiza-se etapas de consulta aos órgãos envolvidos e audiências públicas com a comunidade.
6. Funai encaminha o seu parecer técnico para o IBAMA
7. Em seguida o IBAMA dá o aval ou não da viabilidade socioambiental da usina.
8. Se viável, emite-se a Licença Prévia e a usina poderá ser ofertada em leilão de energia.
9. Após o leilão, o vencedor é responsável pela elaboração do Projeto Básico Ambiental (PBA), definindo como serão implantados os programas socioambientais, que servem para evitar, diminuir, controlar ou compensar os impactos.
10. O IBAMA analisa o PBA e emite a Licença de Instalação (LI).
11. Com a LI é que o empreendedor inicia as obras e a negociação com os proprietários para a aquisição de terrenos necessários à implantação da usina.
12. Obras finalizadas e executados os programas, o IBAMA emite a Licença de Operação.

Para o caso da UHE Bem querer o processo de licenciamento iniciou-se em 2015, no ano seguinte o TR foi emitido e em 2018 deu-se início ao EAI/rima, ECI e demais estudos associados. A etapa 3 é uma das mais importantes e mais demoradas nesse processo. Esta fase teve um atraso de 2 anos em alguns estudos, devido a pandemia de corona vírus e está prevista para ser concluída em 2023. Atualmente, o cadastro socioeconômico já foi finalizado uma importante ferramenta pois identifica, qualifica e faz o registro público do perfil socioeconômico da população que pode ser atingida pela UHE. A previsão é que as próximas etapas durem cerca de 8 anos, se não houver atrasos, a usina entraria em operação até 2030.

Ambientalistas defendem que a UHE bem querer não é uma alternativa ideal para a região e apresenta alguns problemas. Pois requer um reservatório maior que o da usina de Belo Monte, e gerará 10 vezes menos. Sendo assim, uma obra muito grande e de baixa eficiência.

O Movimento Puraké, uma organização formada por pessoas da sociedade civil e especialistas, se mostra totalmente contrário a construção da UHE bem querer. De acordo com o movimento a usina é “o pior projeto em relação a eficiência energética do século 21”. O movimento também ressalta que como o reservatório vai passar pela cidade de Boa Vista, as praias da região irão sumir e grande lago de água parada ou quase parada.

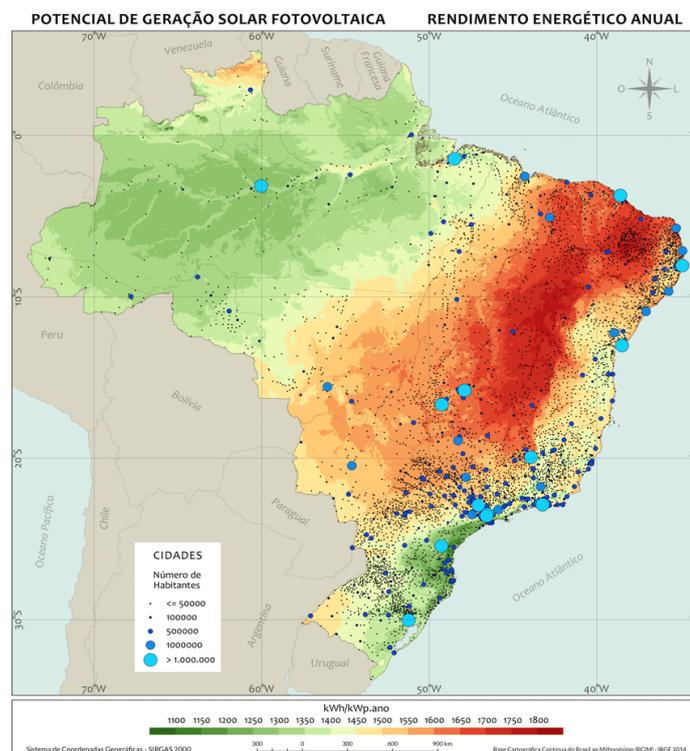
Para a EPE, a UHE bem querer é uma importante usina para abastecimento do SIN e não para atendimento da demanda Roraima, uma vez que essa é muito baixa e será suprida pela interligação no SIN. Por ser final de rede, contribui para a estabilidade do sistema. Os gastos estimados, de acordo com o programa de parcerias e investimentos do Governo Federal, que envolvem a UHE são de 5 Bilhões (ref. novembro 2017) e a produção média seria de 389MW.

Os demais aproveitamentos reconhecidos pelos estudos e inventario não estão sob os estudos da UHE bem querer e não foram mais explorados devido a sua proximidade com a floresta nacional roraimense. É importante atualizar os estudos de inventario da bacia do rio branco uma vez que foram feitos há mais de 10 anos e essa bacia vem sofrendo constantes mudanças devido ao garimpo ilegal nas últimas décadas.

### 4.3 Energia Solar

A energia solar é uma das alternativas energética que mais cresce no Brasil e no mundo. Esta fonte não é renovável, porém é inesgotável (atlas Brasileiro de energia solar). A Figura 15 mostra o potencial de geração fotovoltaico brasileiro, onde podemos observar que há uma região mais propícia à geração fotovoltaica no norte do estado de Roraima.

FIGURA 19 - MAPA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM TERMOS DE RENDIMENTO ENERGÉTICO ANUAL



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar

Montou-se a Tabela 7 compilando os dados gerais, a partir dos dados disponibilizados pelo laboratório de modelagem e estudo de recursos renováveis de energia – LABREN, calculou-se uma média anual para cada sede administrativa dos municípios do estado de Roraima. Ao final, calculou-se a média do estado.

TABELA 7 - ÍNDICES DE IRRADIAÇÃO DO ESTADO DE RORAIMA

Região	Irradiação Global Horizontal	Irradiação Direta Normal	Irradiação no Plano Inclinado	Irradiação Difusa (Wh/m <sup>2</sup> .dia)	Irradiação Fotossintético
--------	------------------------------	--------------------------	-------------------------------	--	---------------------------

	(Wh/m <sup>2</sup> .dia)	(Wh/m <sup>2</sup> .dia)	(Wh/m <sup>2</sup> .dia)		amente Ativa (Wh/m <sup>2</sup> .dia)
Alto Alegre	4.850	3.669	4.862	2.223	2.301
Amajari	5.129	4.301	5.146	2.112	2.387
Boa vista	4.886	3.737	4.898	2.183	2.326
Bonfim	5.085	4.144	5.100	2.102	2.391
Canta	4.867	3.702	4.878	2.188	2.325
Caracaraí	4.822	3.609	4.829	2.162	2.342
Caroebe	4.676	3.242	4.679	2.210	2.313
Iracema	4.862	3.685	4.872	2.167	2.343
Mucajá	4.858	3.696	4.868	2.170	2.334
Normandia	5.096	4.166	5.111	2.140	2.374
Pacaraima	5.085	4.119	5.106	2.241	2.282
Rorainópolis	4.710	3.323	4.713	2.195	2.327
São João do Baliza	4.698	3.303	4.701	2.198	2.319
São luiz	4.713	3.326	4.716	2.196	2.323
Uiramutã	5.142	4.214	5.164	2.195	2.327
<b>Roraima</b>	<b>4.862</b>	<b>3.696</b>	<b>4.872</b>	<b>2.188</b>	<b>2.327</b>

Fonte: LABREN

Para o aproveitamento fotovoltaico o índice mais interessante é a Irradiação Global Horizontal (HHOR), que mede a radiação recebida por uma superfície plana horizontal. É composta pela Irradiação Difusa Horizontal (HDIF) e pela Irradiação Direta Normal (HDIRN). A primeira parcela refere-se a radiação que é dispersa e é atenuada por reflexões em elementos em suspensão na atmosfera. A segunda parcela é a radiação que atinge o solo diretamente, sem reflexões. (EPE, NT/PR 04/18) Usaremos o HHOR para futura análise nesse estudo.

O banco de dados do Atlas brasileiro de energia solar disponibiliza dados referente a irradiação durante os meses do ano em cada município. Com esses dados,

calculou-se a média e montou-se a Tabela 8 para, de forma mais visível identificar os melhores meses do ano e quais regiões são mais propícias de acordo com o índice de radiação global horizontal para geração de energia.

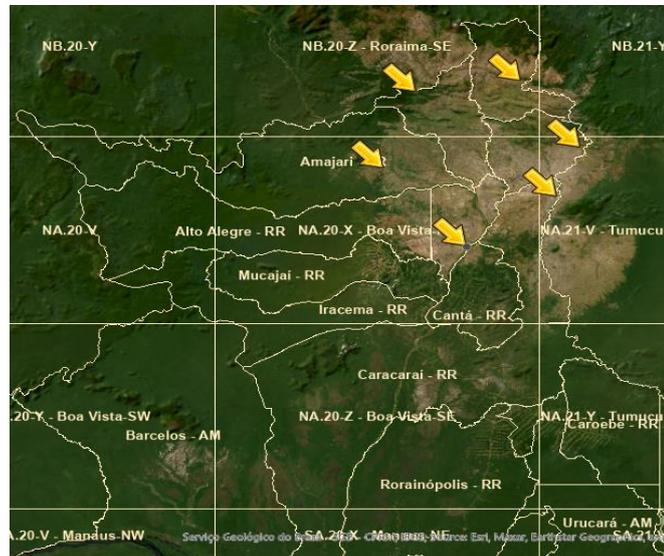
TABELA 8 - ÍNDICE DE RADIAÇÃO GLOBAL HORIZONTAL MÉDIA MENSAL ESTADO DE RORAIMA EM WH/M<sup>2</sup>.DIA

<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>	<b>Março</b>	<b>Abril</b>	<b>Maió</b>	<b>Junho</b>
4.610	4.727	4.945	4.680	4.327	4.558
<b>Julho</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>
4.587	5.095	5.527	5.406	5.138	4.707

Fonte: Atlas brasileiro de energia solar

Os maiores índices são de agosto a novembro, durante o verão roraimense, e os menores de maio a julho, que é o período chuvoso do estado. Os municípios de Uiramutã, Pacaraima, Normandia, Bonfim e Amajari são os de maior índice anual. Estes municípios são vizinhos e pertencem a savana roraimense, Figura 16, onde não há predominância de floresta, sendo áreas de campo aberto. Já, os municípios com menor média de índice de radiação global anual são os municípios mais ao sul do estado, onde há a presença da floresta amazônica. Ainda assim a média estadual é em torno de 4.862 Wh/m<sup>2</sup>.dia. Para viçosa, por exemplo, o índice médio de radiação global da cidade de Viçosa que é de 4,6 Wh/m<sup>2</sup>.

FIGURA 20 - MUNICÍPIOS COM MAIOR POTENCIAL DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICO DO ESTADO DE RORAIMA



Fonte: Elaboração própria

As localidades de Amajari, Pacaraima, Uiramutã são atendidas atualmente por contrato de locação de máquinas com prazo de finalização de contrato para 2022 (Roraima energia). Desta forma, o uso de energia fotovoltaica por essas localidades se mostra muito interessante, porém deve-se levar em consideração o fato de que a maioria desses municípios se encontram em área indígena, o que torna o processo mais demorado, devido aos licenciamentos e estudos socioambientais para essa população em específico.

#### 4.3.1 Usinas Geradoras

O tempo médio para construção de usinas é de 6 a 24 meses. Um ponto que deve ser avaliado para a instalação dessas usinas é o local onde devem ser instaladas, uma vez que áreas com restrições ambientais como é o caso do município do Uiramutã e Normandia, se mostram mais complicadas para adquirir licenciamento ambiental. Já em áreas sem restrições ambientais legais que podem ser avaliadas.

O custo de geração para energia fotovoltaica é de R\$ 409,00 e o custo para o Linhão Manaus – Boa vista é de R\$238,87 MWh, e o custo de geração térmica fica em R\$1000 MWh. (EPE, INFORME LEILÃO 2019) Vale ressaltar que no cálculo desses valores, os pesquisadores não incluíram os custos do acordo com os indígenas no valor da obra. sendo assim, esse valor para a LT pode ser um pouco

maior. Não há registros de leilões recentes que beneficiem os estados do norte com apenas usinas fotovoltaicas, o mais recente é de 2014 para o estado de Tocantins com valor, corrigido, R\$412,18 MWh (ANEEL)

Algumas usinas solares já foram instaladas no estado e podem servir como referência, por exemplo, a usina da VIVO no estado ocupa uma área de 2,5 hectares e capacidade de produzir 2.278 MWh/ano. A Universidade federal de Roraima também investiu em uma usina de 2.300m<sup>2</sup> com produção de 656 MWh/ano, este projeto custou 2,4 Milhões de reais, ambas instaladas no município de Boa vista. Para atender Roraima seriam necessários 2313 usinas iguais a da UFRR (UFRR)

#### **4.3.2 Geração fotovoltaica distribuída residencial**

O estado de Roraima apresenta um potencial Fotovoltaico Residencial de 65 MW médio e Potencial Fotovoltaico Residencial 569 GWh/ano, sendo estes os menores valores Brasileiros. Como esse cálculo usa o fato coeficiente populacional e número de residencial dos estados federativos e o estado de Roraima é o menos povoado do território brasileiro. Desta forma os maiores potenciais de geração, em termos absolutos, estão nas regiões mais povoadas do país, mesmo que sua irradiação seja menor que de regiões menos povoadas, portanto áreas com maior área de telhados têm índices maiores.

Um ponto importante para a instalação de sistemas fotovoltaicos residenciais em Roraima é que necessita um investimento maior em armazenamento de energia, uma vez que o consumo maior das residências roraimenses é no período noturno. O que encarece os projetos fotovoltaicos Sem as baterias a UC depende do sistema durante a noite e fornece para o sistema durante o dia.

Usando os dados do LABREN e o aplicativo EStimate, desenvolvido pela gerencia de especialistas em sistemas elétricos de potência da UFV. Calculou-se o tamanho o valor para atender uma residência em cada município com consumo médio residencial 300kw/h mensal, o índice usado foi o de irradiação global horizontal da Tabela 7, o fator de perda de 20%, rede monofásica a 127V. O valor total inclui o valor

dos Modulo Resun 410w e o inversores MI-700LV, não levando em consideração os custos de instalação e frete. Os dados estão expostos na Tabela 9.

**TABELA 9 - CUSTO DE IMPLANTAÇÃO FOTOVOLTAICA EM 1 UNIDADE CONSUMIDORA POR MUNICÍPIO EM RORAIMA.**

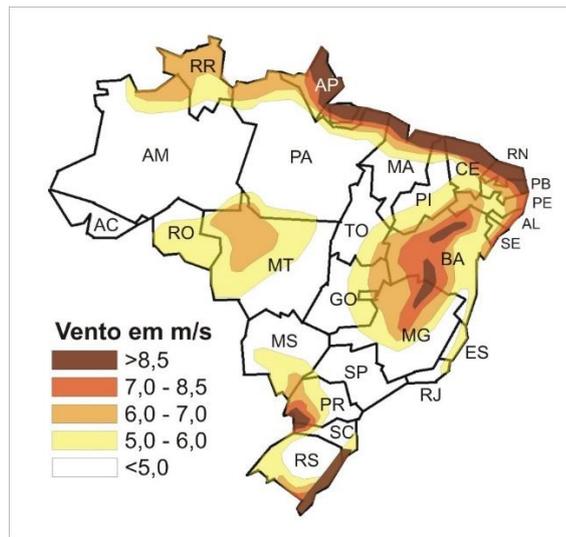
<b>Município</b>	<b>Área requerida (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Alto Alegre	14.08	15649,00
Amajari	12,07	12561,00
Boa vista	14.08	15649,00
Bonfim	14.08	15649,00
Canta	14.08	15649,00
Caracaraí	14.08	15649,00
Caroebe	14.08	15649,00
Iracema	14.08	15649,00
Mucajaí	14.08	15649,00
Normandia	12,07	12561,00
Pacaraima	12,07	12561,00
Rorainópolis	14.08	15649,00
São João do Baliza	14.08	15649,00
São luiz	14.08	15649,00
Uiramutã	12,07	12561,00

Fonte: Elaboração Própria.

#### 4.4 Energia Eólica

O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro identifica Roraima como o estado com maior potencial eólico na região norte do país. As áreas mais propícias são as mais ao extremo norte do estado conforme Figura 17.

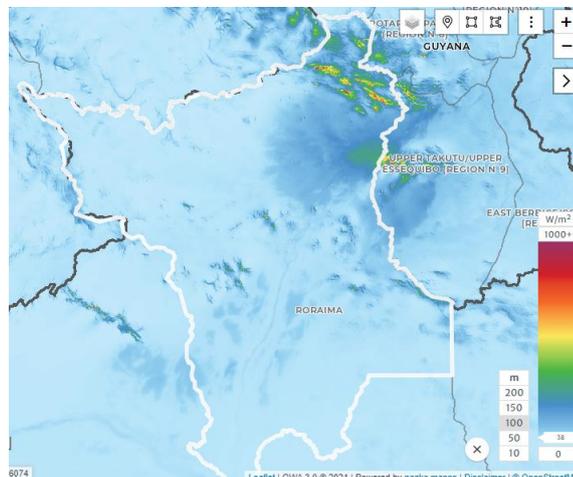
FIGURA 21 - MAPA DO POTENCIAL EÓLICO DO BRASIL



Fonte: SIEolica

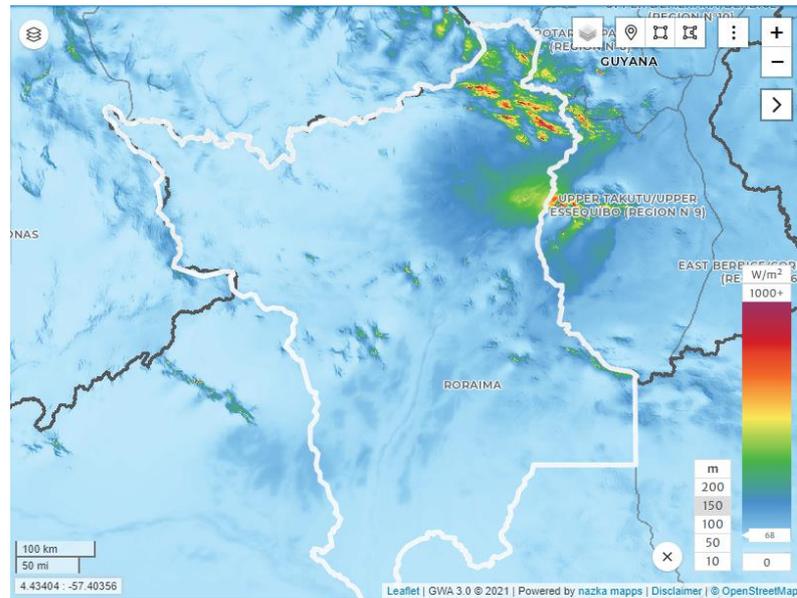
Para alturas de 50m o potencial da região norte é de 12,8GW (atlas) e para altura de 100m é de 55.3 GW. O Atlas Mundial fornece dados comprobatórios, As Figuras 17, 18 e 19 mostram a densidade média de potência para alturas de 100m, 150m e 200m, mostrando que esse potencial é melhor para alturas entre 150m e 200m de altura.

FIGURA 22 -- DENSIDADE MÉDIA DE ENERGIA EÓLICA DO ESTADO DE RORAIMA - 100M



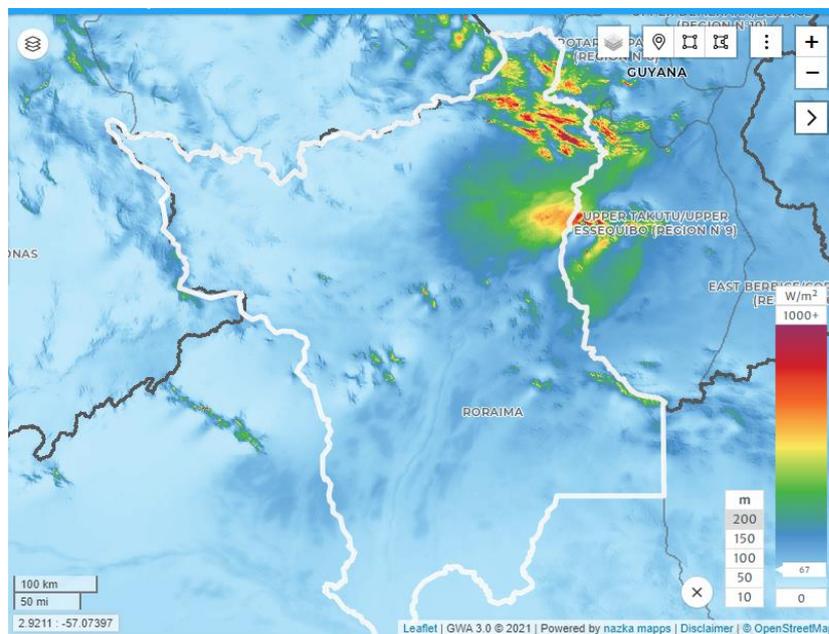
Fonte: Atlas Global de energia eólica

FIGURA 23 - DENSIDADE MÉDIA DE ENERGIA EÓLICA DO ESTADO DE RORAIMA - 150M



Fonte: Atlas Global de energia eólica

FIGURA 24 - DENSIDADE MÉDIA DE ENERGIA EÓLICA DO ESTADO DE RORAIMA - 200M



Fonte: Atlas Global de energia eólica

Observa-se que para alturas entre 150m e 200m, a densidade de potência é ainda maior. A Tabela 10 foi compilada a partir dos dados do *Global Wind Atlas* (Atlas de Ventos Global) para 10% das áreas que mais ventam por estado.

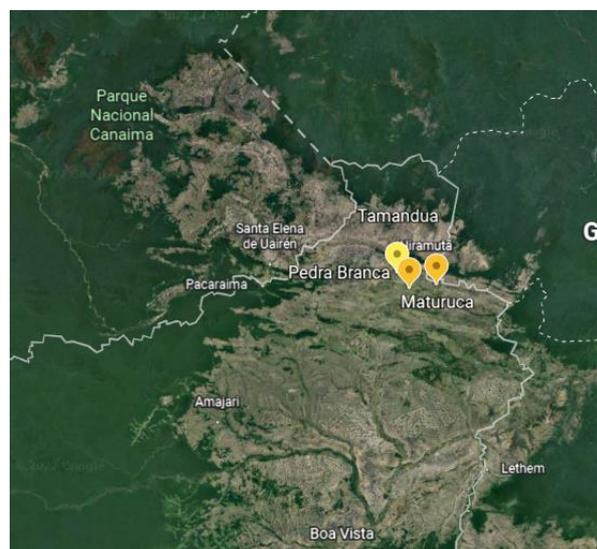
TABELA 10 - DENSIDADE DE POTÊNCIA PARA ALTURAS DE 100, 150 E 200 M.

Estado	Roraima			Ceará			Minas Gerais			Brasil		
Altura	100	150	200	100	150	200	100	150	200	100	150	200
Velocidade dos ventos (m/s)	6	6.82	7.45	7.63	8.54	9.24	6.93	7.84	8.51	7.02	8.05	8.83
Densidade de potencial (W/m <sup>2</sup> )	209	301	401	404	538	676	346	469	590	326	474	632

Fonte: Atlas Global de energia eólica

No ano de 2013, o Projeto Cruviana instalou torres anemométricas para estudos na região da raposa serra do sol, em parceria com a Universidade Federal do Maranhão - UFMA, para estudos de potencial. Foram instaladas 3 torres em comunidades indígenas distintas, Figura 21 mostra a localização destas. Por se tratar de terra indígena esse estudo teve como público alvo apenas os moradores das localidades estudadas e o objetivo era levantar dados para o potencial parque eólico que iria gerar energia para as comunidades indígenas locais. Os resultados do Projeto Cruviana mostraram que para uma altura de 10m, em janeiro, a velocidade média do vento é de 28 km/h na comunidade do Maturuca, 26 km/h no Tamanduá e 18 km/h na Pedra Branca. O Projeto Cruviana, no entanto, não apresenta dados finais desde 2014.

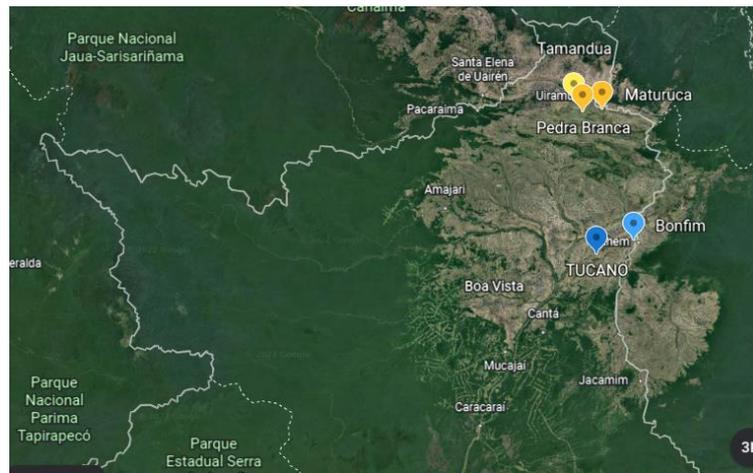
FIGURA 25 - COMUNIDADES INDÍGENAS ESTUDADAS PELO PROJETO CRUVIANA



Fonte: Elaboração própria

Dois outros pontos que não são terras indígenas que apresentam potencial eólico relevante: Tucano e Bonfim, Figura 22. Os estudos foram feitos a uma altura de 80m. Tucano com velocidade média de 7,68 m/s e densidade de potência média 492 W/m<sup>2</sup>, e Bonfim uma velocidade média de 7,16 m/s e uma densidade de potência média de 388W/m<sup>2</sup>.

FIGURA 26 - LOCALIDADES ESTUDADAS PELO PELA EPE SEM RESTRIÇÃO DE USO DA TERRA.



Fonte: Elaboração própria

Para melhor validação desses dados é necessário a instalação de torres anemométricas nas regiões de potencial. Além das torres colocadas pelo Projeto Cruviana em 2013, o estado de Roraima contratou uma empresa para instalação de torres em 2016. Estas torres foram colocadas nos municípios de Bonfim e Normandia e os estudos foram feitos, porém os resultados não foram divulgados e nem repassados ao estado de Roraima devido ao não pagamento do serviço pelo governo roraimense. Atualmente há um processo judicial para requerer o pagamento quanto a prestação deste serviço e posteriormente esses resultados poderão ser repassados ao estado de Roraima.

Um dos pontos negativos e que dificultam empreendimentos que possam usar todo o potencial eólico do estado é o fato de, mais uma vez, se localizarem em terras indígenas, o que torna o licenciamento ambiental mais trabalhoso e demorado. Porém, há a possibilidade de parques eólicos em regiões com menos restrições.

O acesso a essas regiões também é difícil, uma vez que o estado de Roraima possui apenas uma via de interligação com o resto do país e esta não passa nas áreas

identificadas como potenciais parques eólicos. O acesso, no caso das comunidades indígenas, é por estradas não asfaltadas e de difícil acesso, o que tornaria difícil o transporte das imensas torres. Já no caso de Tucano e Bonfim, há vias asfaltadas, porém, necessitariam de uma infraestrutura melhor.

Outro ponto a se considerar é a altura das torres pois para projetos atuais é mais comum utilizar naceles de 80m a 120m. Torres maiores implicariam em gastos maiores. Além de que, seria necessário a construção de linhas de transmissão dentro da reserva indígena uma vez que essas constituem vários sistemas isolados dentro de Roraima.

De acordo com o weatherspark, a temporada de mais ventos é de janeiro a abril, época de verão no estado e seriam estes os meses de maior geração do estado.

Os leilões de energia da ANEEL estipulam um tempo máximo de 30 meses para a construção de Usinas Eólicas em áreas não restritas e com infraestrutura. O que não é o caso da maioria das localidades com potencial eólico. Vale ressaltar que o município do Bonfim é o que apresenta melhor estrutura rodoviária das localidades estudadas, pois há a BR401 que liga o Brasil a Guiana Inglesa. A energia excedente gerada por estes parques eólicos poderia, devido à sua proximidade, serem vendidas para o país vizinho.

#### **4.5 Comparativo entre as Soluções Apresentadas**

Roraima apresenta uma diversidade enorme de fontes de geração de energia, porém apresenta impasses muito específicos que afetam cada uma dessas soluções de maneira única. A Tabela 11 apresenta um pequeno resumo das fontes aqui

estudadas e suas características. A Tabela 12 apresenta um quadro com resumo das principais vantagens e desvantagens de cada uma das fontes aqui estudadas

**TABELA 11 - QUADRO RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DAS FONTES ESTUDADAS**

<b>Fonte</b>	<b>Valor R\$/MWh médio</b>	<b>Tempo</b>	<b>Melhor época de geração</b>
Interligação SIN	*	Previsto para 2025	Ano todo
Solar	400	Sem previsão	Agosto a novembro
Eólica	403,92**	Sem previsão	Janeiro a Abril
UHE bem querer	280	Previsto para 2030	Junho a Agosto
* <b>Depende do valor de todas suas fontes interligadas</b>			
** <b>média anual de 2019 corrigida pelo IPCA (ANDRESSA et al.)</b>			

Fonte: Elaboração Própria

**TABELA 12 - VANTAGENS E DESVANTAGENS FONTES GERADORAS DE ENERGIA PARA RORAIMA**

<b>Fonte</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Interligação SIN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantia de energia de qualidade e de fornecimento contínuo.</li> <li>• Abre oportunidade de explorar outras fontes e exportá-las para o SIN.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trecho passa por terra indígena.</li> <li>• Previsão de 4 anos, ou mais, para conclusão.</li> </ul>
<b>Solar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia 100% limpa.</li> <li>• Potencial médio anual em torno de 5 WH/m<sup>2</sup>.dia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem o SIN, necessita de baterias para atendimento noturno.</li> <li>• Maior potencial em área indígena.</li> </ul>
<b>Eólica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia 100% limpa.</li> <li>• Maior Potencial médio anual da região norte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior potencial em área indígena.</li> <li>• Falta de estrutura para receber um parque eólico.</li> <li>• Falta de dados anemométricos.</li> </ul>

<b>Fonte</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>UHE bem querer</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Energia 100% limpa</li><li>• Garante maior estabilidade ao SIN.</li><li>• Torna o Rio Branco navegável.</li><li>• Baixo custo de R\$/MWh.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Afeta a maior bacia do estado.</li><li>• Reservatório muito grande.</li><li>• Praias e balneários da cidade irão ser alagados.</li><li>• Em época de seca não é capaz de gerar a energia necessária para o estado.</li></ul>

Fonte: Elaboração Própria

## **5 Conclusões**

Se observamos o período de melhor geração para a fotovoltaica é de agosto a novembro enquanto para a eólica é de janeiro a abril, desta forma a utilização de usinas híbridas se mostram como uma alternativa, atuando como complemento uma da outra e gerando energia, principalmente para as unidades residenciais durante o dia e fornecendo o excedente para o resto do país através da ligação com o SIN. A

O estado apresenta um grande potencial para ser um estado 100% proveniente de energia limpa e renovável durante todo o ano dado o seu potencial eólico e fotovoltaico, entretanto esses potenciais se encontram, em sua maioria, em áreas indígenas. O que, nas formas atuais da legislação brasileira, representam um grande empecilho.

Estes potenciais apresentam, em média, o mesmo custo de geração e seus potenciais identificados são na porção nordeste do estado em municípios muito próximos. O Município do Bonfim mostra um bom potencial de geração para fontes eólicas e solar, além do mais possui áreas não indígenas que já tiveram esses potenciais estudados. Para instalação de parques eólicos necessita-se de instalação de torres anemométricas e estudos durante um ano, isso já foi feito na região, por isso resolver o impasse judicial entre a empresa que realizou os estudos e o governo estadual é imprescindível e deve ser feito rapidamente. Quando comparado com os demais municípios de alto potencial, o município do Bonfim também tem uma melhor infraestrutura, por ser interligado através da BR 401, estando distante da capital apenas 180km e ser um polo de comércio devido a fronteira com a Guiana inglesa. A capital Boa Vista também apresenta um bom potencial fotovoltaico e apresenta, entre todos os municípios melhor infraestrutura para a implantação de usinas.

A solução da hidrelétrica do Bem-querer parece ser uma boa alternativa olhando do ponto de vista do Sistema Nacional, porém se deve levar em consideração o tamanho do reservatório e a dependência do estado a bacia do Rio Branco, sua única e maior fonte de água. As consequências que uma alteração em sua estrutura provocaria tem que ser rigorosamente estudadas e amplamente divulgadas a

comunidade, uma vez que outras alternativas se mostram bastante viáveis e com menos impactos ambientais.

No estudo de inventário da UHE bem querer um segundo aproveitamento foi identificado, denominado aproveitamento Paredão, com potencial de 199MW e com reservatório de 16,7Km<sup>2</sup> que afetaria uma parte da floresta nacional de Roraima. Este representa 31% do potencial da UHE bem querer com reservatório 96.78% menor. Cabe ressaltar que este precisa de um novo estudo uma vez que a os estudos são de 2011 e desde então o rio Mucajai, onde o aproveitamento foi identificado, vem sofrendo com o garimpo ilegal na sua região. O que pode ter mudado consideravelmente o potencial identificado em 2011.

A interligação ao SIN não é só uma necessidade atual do sistema de Roraima como uma porta para empreendimentos futuros relacionados a geração de energia. Parques eólicos, fotovoltaicos, Usinas hidrelétricas precisam escoar sua produção e o SIN poderia ser atendido por esses potenciais. Portanto, a sua interligação é indispensável. Levando em consideração o histórico de obras em terras indígenas e a frequente paralização devido a impasses com indígenas que acontecem durante o processo de construção, podemos esperar que a obra do linhão de fato dure mais que o previsto. Como exemplo, o linhão de Guri, Venezuela – Brasil, atrasou cerca de 3 anos por impasses envolvendo Terras indígena.

O projeto de lei, que agora tramita na câmara dos deputados, para declarar a passagem de linhas de transmissão por terras indígenas como de relevante interesse público da união necessita ser aprovado para que áreas isoladas no país, principalmente na região amazônica, possam ser atendidas com energia de qualidade. E além do mais, permitir que essas localidades sejam atendidas por energia limpa e não por geradores a diesel que são poluidores.

Aproveitar os potenciais energéticos do estado de Roraima também possibilita um crescimento regional, uma vez que é necessário pessoal qualificado para a construção. Criando assim empregos que poderão ser supridos pelos moradores locais. Nas reservas indígenas, por exemplo, a criação de empreendimentos eólicos e fotovoltaicos permitiria a capacitação de mão de obra indígena qualificada e estes

poderiam trabalhar dentro de suas próprias comunidades, trazendo crescimento alinhado com sustentabilidade.

Muito se fala que é possível desenvolver a Amazônia de maneira a preservá-la, porém do ponto de vista de um povo amazônico pouco se mostra como devemos fazer. Permitir que as terras indígenas possam ser utilizadas para geração de energia limpa é um ponto interessante para essa discussão. Facilitar os processos burocráticos que envolvem o uso dessas terras para a construção de usinas renováveis e limpas de energia é de fato ajudar a Amazônia a crescer de forma sustentável. A exemplo do linhão, pode-se criar mecanismos de compensação com o povo indígena para que as obras sejam realizadas em suas terras.

Desta forma, pode-se afirmar que é necessário discutir o uso de terras indígenas no Brasil de uma forma diferente da legislação atual, devido à necessidade de crescimento e desenvolvimento do país. No caso do linhão, os impasses inviabilizavam por mais de 10 anos a garantia energética de cerca de mais de 400 mil pessoas. Isso aflora o sentimento já existente, devido à outros inúmeros impasses, de que terra indígena é empecilho de crescimento. Para reverter essa visão necessitamos rever nossa política e debater qual o limite entre o interesse coletivo e o interesse dos povos originários, buscando criar caminhos para atender à todos os interesses de maneira igualitária

Não só no campo energético fica claro que esses debates precisam ser solucionados rapidamente, uma vez que as projeções que não esbarrem em impasses indígenas no estado de Roraima são limitadas, tornando os empreendimentos cada vez mais difíceis, caros e pouco atrativos.

Portanto, a UHE bem querer não se mostra a melhor alternativa para o estado. O potencial fotovoltaico pode ser amplamente explorado, em curto prazo, tanto na criação de usinas, como na microgeração residencial. Estas usinas, podem ser construídas em curto prazo e com mais facilidade, nos municípios de Boa vista e Bonfim. Porém, seriam mais eficientes se instaladas nas regiões de extremo norte do estado, necessitando revisão e facilitação dos processos que regem essa instalação em terras indígenas. O potencial eólico, a longo prazo, dever ser explorado, com mais facilidade nos municípios de Boa vista e Bonfim. O Município de Bonfim, se mostra um grande potencial polo para a instalação de usinas híbridas, fotovoltaicas e eólica,

devido sua infraestrutura e por permitir instalação em áreas que não são legalmente atribuídas. A Interligação com o Sistema Interligado Nacional é indispensável e necessita ser concluída até 2025, sem atrasos.

Portanto, Roraima tem potencial para ser um estado com fonte de energia limpa na Amazônia, e, para isso, é necessário investimento do Governo Federal com mais leilões de energia renováveis, para atrair mais investidores. Uma revisão quanto a lei de uso das terras indígenas, principalmente para uso de maneira sustentável, precisa ser feita para que novas oportunidades de crescimento sustentável e limpo surjam.

## 6 Referências Bibliográficas

AGUIAR, GIANE MARIA. 4º Encontro Nacional da Associação Brasileira de Relações Internacionais. **COOPERAÇÃO BRASIL-VENEZUELA NO CAMPO ENERGÉTICO**, [s. l.], 2013. Disponível em:

[http://www.seminario2016.abri.org.br/resources/download/1380042925\\_ARQUIVO\\_AC\\_OOPERACAOBRASIL-VENEZUELANOCAMPOENERGETICO-GianeMaria.pdf](http://www.seminario2016.abri.org.br/resources/download/1380042925_ARQUIVO_AC_OOPERACAOBRASIL-VENEZUELANOCAMPOENERGETICO-GianeMaria.pdf).

Acesso em: 16 nov. 2022.

ALMEIDA, DIEGO PINHEIRO et al. *et al.* Ações de eficiência energética: estudo de caso com base no sistema isolado de Roraima. **SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-458/GCR10 - 3789.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

ANEEL: Base de dados de leilões de energia. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiYmMzN2Y0NGMtYjEyNy00OTNILWI1YzctZjI0ZTUwMDg5ODE3liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYjYtNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 7 nov. 2022.

ANEEL: Conta de Desenvolvimento Energetico. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/aprovado-orcamento-da-cde-para-2022#:~:text=O%20or%C3%A7amento%20da%20Conta%20de,2%25%20em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20a%202021>. Acesso em: 7 dez. 2022.

ANEEL: indicadores de continuidade. [S. l.], 10 dez. 2022. Disponível em: <https://antigo.aneel.gov.br/indicadores-coletivos-de-continuidade>. Acesso em: 5 dez. 2022.

ATLAS Brasileiro De Energia Solar. [S. l.], 2022. Disponível em: [http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html). Acesso em: 7 dez. 2022.

ATLAS Global de Energia Eolica. [S. l.], 2022. Disponível em:  
<https://globalwindatlas.info/en/area/Brazil/Roraima>. Acesso em: 6 dez. 2022.

ATLAS aerogeofísico do estado de Roraima. [S. l.: s. n.], 2022. Atlas. Disponível em:  
<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/22788>. Acesso em: 16 nov. 2022.

BANDEIRA MENEZES, JOÃO ROBERTO. **BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO ELÉTRICA DE RORAIMA PARA A SEGURANÇA, DEFESA E DESENVOLVIMENTO NACIONAL**. 2018. Conclusão de curso (Bacharelado em Altos Estudos de Política e Estratégia) - Escola Superior de Guerra, [S. l.], 2018. Disponível em:  
<https://repositorio.esg.br/bitstream/123456789/893/1/JO%C3%83O%20ROBERTO%20BANDEIRA%20MENEZES%20-%20VF.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2022.

BBC: Mapa de Terras Indigenas. [S. l.], 2021. Disponível em:  
<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-48602387>. Acesso em: 7 dez. 2022.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição Federal**. [S. l.: s. n.], 1988. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/topicos/10643688/artigo-231-da-constituicao-federal-de-1988>. Acesso em: 6 dez. 2022.

CANAL Energia. [S. l.], 2020. Disponível em:  
<https://www.canalenergia.com.br/noticias/53208806/vivo-inaugura-usina-solar-em-roraima#:~:text=Constru%C3%ADda%20em%20parceria%20com%20a,antenas%20e%20equipamentos%20de%20transmiss%C3%A3o>. Acesso em: 5 dez. 2022.

CARMINATTI, JOÃO GUILHERME *et al.*; **Relações de causalidade entre energia e crescimento econômico no Brasil**. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em:  
[https://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/17600/5/Artigo - Jo%C3%A3o Guilherme de Oliveira Carminati - 2013.pdf](https://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/17600/5/Artigo%20-%20Jo%C3%A3o%20Guilherme%20de%20Oliveira%20Carminati%20-%202013.pdf). Acesso em: 16 nov. 2022.

CERR. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.cerr.rr.gov.br/news.php?id=n2013122001.html>. Acesso em: 4 dez. 2022.

CONSELHO DE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS (Brasil). MME. Conta de Desenvolvimento Energético - CDE. **Relatório de Avaliação**, [S. l.], p. 1 - 88, 9 jul. 2019. Disponível em: [https://www.gov.br/economia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/cmap/politicas/2019/subsidios/relatorio\\_avaliao-cmas-2019-cde.pdf](https://www.gov.br/economia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/cmap/politicas/2019/subsidios/relatorio_avaliao-cmas-2019-cde.pdf). Acesso em: 19 out. 2022.

DA SILVA LIMA, JOSÉ AIRTON *et al.* **Estudo dos Estados Brasileiro - Roraima**. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: <https://fpabramo.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/sites/5/2017/05/Roraima-web.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2022.

ELETROBRAS (Brasil). EPE. **Estudo de inventario da bacia do Rio Branco**. [S. l.: s. n.], 2011. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-248/topico-285/1 - AAI Branco - Relat%C3%B3rio Completo%5b1%5d.pdf>. Acesso em: 3 out. 2022.

EPE (Brasil). Empresa Brasileira de Pesquisa Energetica. Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050. **NOTA TÉCNICA PR 04/18**, [S. l.], p. 1 -56, 4 set. 2018. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-416/03.%20Potencial%20de%20Recursos%20Energ%C3%A9ticos%20no%20Horizonte%202050%20\(NT%20PR%2004-18\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-416/03.%20Potencial%20de%20Recursos%20Energ%C3%A9ticos%20no%20Horizonte%202050%20(NT%20PR%2004-18).pdf). Acesso em: 16 nov. 2022.

EPE (Brasil). Empresa de pesquisa energética. INFORME LEILÃO 2019. **Informe**, [S. l.], p. 1-2, 31 maio 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-344/ResultadoLeil%C3%A3o Roraima.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

EPE (Brasil). Ministerio de Minas energia. DEE, nº150/2021. **Nota técnica**, [s. l.], 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-652/EPE-NT-Planejamento SI-Ciclo\\_2021\\_r2.pdf#search=ciclo%202021](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-652/EPE-NT-Planejamento SI-Ciclo_2021_r2.pdf#search=ciclo%202021). Acesso em: 7 nov. 2022.

ESTIMATE. [S. l.], 2021. Disponível em: [https://www.gesep.ufv.br/?page\\_id=1083](https://www.gesep.ufv.br/?page_id=1083). Acesso em: 6 dez. 2022.

ET AL. , FINKLER,A. **Relação do crescimento econômico e consumo de energia elétrica.** [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em:

<https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/7237>. Acesso em: 15 nov. 2022.

FÓRUM de Energias Renováveis. [S. l.], 2021. Disponível em:

[https://energiasroraima.com.br/sistema-de-energia-de-roraima-custa-mais-de-r-11-bi-por-ano-a-consumidores-do-pais/#:~:text=O%20estado%20de%20Roraima%20passou%20a%20ser%20abastecido,100%25%20do%20fornecimento%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20em%20Roraima](https://energiasroraima.com.br/sistema-de-energia-de-roraima-custa-mais-de-r-11-bi-por-ano-a-consumidores-do-pais/#:~:text=O%20estado%20de%20Roraima%20passou%20a%20ser%20abastecido,100%25%20do%20fornecimento%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20em%20Roraima.). Acesso em: 19 out. 2022.

GUIA Geografico. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.guiageo.com/roraima.htm>. Acesso em: 19 out. 2022.

IBGE. [S. l.], 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rr/panorama>. Acesso em: 6 out. 2022.

IEMA. Instituto de Energia e Meio Ambiente. **INVENTÁRIO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS EM USINAS TERMELÉTRICAS.** [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: [http://energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2022/07/IEMA\\_inventariotermeletricas\\_2022.pdf](http://energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2022/07/IEMA_inventariotermeletricas_2022.pdf). Acesso em: 8 nov. 2022.

INMET: Instituto nacional de meteorologia. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/progp/0>. Acesso em: 1 nov. 2022.

JUSTIÇA FEDERAL [S.L] 2022. Disponível em: < <https://static.poder360.com.br/2022/09/Acordo-linhao-de-tucurui.pdf> >. acesso em: 5 dez. 2022

LABREN: , Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia. [S. l.], 2021. Disponível em: [http://labren.ccst.inpe.br/atlas2\\_tables/RR\\_glo.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas2_tables/RR_glo.html). Acesso em: 19 out. 2022.

MAPA dinâmico do SIN. [S. l.], 2022. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acesso em: 19 out. 2022.

MARTINS, VANDERLEI. **Energia e Desenvolvimento: porque o Brasil precisa de mais eficiência energética**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: [https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/coluna\\_opiniao\\_novembro\\_-\\_energia\\_e\\_desenvolvimento\\_-\\_vanderlei.pdf](https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/coluna_opiniao_novembro_-_energia_e_desenvolvimento_-_vanderlei.pdf). Acesso em: 15 nov. 2022.

MEGAWHAT. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://megawhat.energy/verbetes/26594/sistema-isolado>. Acesso em: 26 out. 2022.

MME (Brasil). Ministerio de Minas Energia. Ministério de Minas e Energia. Suprimento Eletroenergético ao sistema de Roraima. **Camara leg** , [S. l.], p. 1 -21, 13 abr. 2021. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/apresentacoes-em-eventos/apresentacoes-em-eventos-2021/13-04-2021-audiencia-publica-sobre-a-decisao-judicial-sobre-o-linhao-de-tucurui/1.%20MME%20-%20Domingos%20Romeu%20Andreatta.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

ONS. [S. l.], 2022. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/sistemas-isolados>. Acesso em: 12 dez. 2022.

PINHEIRO NOBRE, CAMILA *et al.* **ESTUDOS AMBIENTAIS AGRONOMICOS - VOL1**. [S. l.: s. n.], 2021.

PROGRAMA DE PARCERIA E INVESTIMENTOS: PORTAL DO GOVERNO FEDERAL. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://portal.ppi.gov.br/uhe-bem-querer-rr#:~:text=A%20UHE%20com%20custo%20estimado,de%20Energia%20EI%C3%A9trica%20%2D%20PDE%202027>. Acesso em: 8 dez. 2022.

PROGRAMA WAIMIRI ATROARI. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.waimiriatroari.org.br/impactos-provocado-pela-uhe-balbin>. Acesso em: 7 dez. 2022.

PROJETO Cruviana. [S. l.], 2013. Disponível em: <https://www.novosparadigmas.org.br/pratica/projeto-cruviana-geracao-de-energia-eolica-e-solar-distribuida-em-terra-indigena/>. Acesso em: 7 nov. 2022.

REDE Urbana. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://aredeurbana.com/2022/02/11/mapa-da-populacao-e-densidade-demografica-dos-municipios-do-brasil-2021/>. Acesso em: 21 dez. 2022.

SANTOS, Andressa Santos *et al.* O CUSTO DA GERAÇÃO DE ENERGIA. **Engenho**, [s. l.], 16 fev. 2021. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2021/06/custo-geracao-energia-ABRAPCH-fev2021.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2022.

SIEOLICA. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/sieolica/index1.html>. Acesso em: 7 dez. 2022.

SISTEMAS Isolados. *In: ONS*. [S. l.], 2022. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/sistemas-isolados>. Acesso em: 12 dez. 2022.

TCU (Brasil). TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Visão geral, desafios, governança da atuação estatal em prol do desenvolvimento sustentável da região, recursos disponíveis, ação estatal e do controle externo para suplantar os desafios existentes. **Relatório desenvolvimento sustentável**, [s. l.], 2017. Disponível em: [https://portal.tcu.gov.br/data/files/64/E7/97/8E/1933071076A7C107E18818A8/Fisc\\_Norte\\_relatorio\\_desenvolvimento\\_sustentavel\\_2030.pdf](https://portal.tcu.gov.br/data/files/64/E7/97/8E/1933071076A7C107E18818A8/Fisc_Norte_relatorio_desenvolvimento_sustentavel_2030.pdf). Acesso em: 15 nov. 2022.

UHE Bem Querer. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.uhebemquerer.com.br/>. Acesso em: 6 dez. 2022.

WAIMIRI ATROARI (Brasil). Associação da comunidade indígena. PBA ? CI, PLANO BASICO AMBIENTAL DO COMPONENTE INDIGENA. **Ata da Reunião**, [S. l.], p. 1 -3, 11 ago. 2021. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2021/09/ata-reuniao-final-waimiri-atroari-assinada.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2022.

WHATHERSPARK. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://weatherspark.com/>. Acesso em: 6 dez. 2022.

WILLIAM Roth: Foto divulgação Governo de Roraima. [S. l.], 2022. 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: 6 dez. 2022.

ZEE: Zoneamento Economico e Ecologico. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://zee-rr.institutopiatam.org.br/wp-content/uploads/2021/interativos/2/>. Acesso em: 15 nov. 2022.