

SISTEMAS ISOLADOS

GT RORAIMA – SUBGRUPO IV IDENTIFICAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE ATENDIMENTO - MÉDIO E LONGO PRAZO

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso).



GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Fernando Coelho Filho

Secretário Executivo

Paulo Pedrosa

**Secretário de Planejamento e
Desenvolvimento Energético**

Eduardo Azevedo Rodrigues

Secretário de Energia Elétrica

Fábio Lopes Alves

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e
Combustíveis Renováveis**

Márcio Félix Carvalho Bezerra

**Secretário de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**

Vicente Humberto Lôbo Cruz



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente

Luiz Augusto Nóbrega Barroso

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Ricardo Gorini de Oliveira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Amílcar Gonçalves Guerreiro

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível

José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa

Álvaro Henrique Matias Pereira

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede

Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia -
Sala 744 - 7º andar
70065-900 - Brasília - DF

Escritório Central

Av. Rio Branco, 01 - 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

SISTEMAS ISOLADOS

GT RORAIMA SUBGRUPO IV IDENTIFICAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE ATENDIMENTO - MÉDIO E LONGO PRAZO

Coordenação Geral

Luiz Augusto Nóbrega Barroso
Amílcar Gonçalves Guerreiro

Coordenação Executiva

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira
Jorge Trinkenreich
Jose Marcos Bressane

Equipe Técnica

Aline Couto de Amorim
Bernardo Folly de Aguiar
Cristiano Saboia Ruschel
Felipe Moreira Gonçalves
Glaysson de Mello Muller
Guilherme Mazolli Fialho
Gustavo Pires da Ponte
Jorge Gonçalves Bezerra Junior
José Filho da Costa Castro
Josina Saraiva Ximenes
Marcos Vinicius G. da Silva Farinha
Maria de Fatima de Carvalho Gama
Maria Regina Toledo Capellão
Michele Almeida de Souza
Paula Monteiro Pereira

Nº. EPE-DEE-NT-032/2017-r0

Data: 26 de maio de 2017

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso).

IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO E REVISÕES

 Empresa de Pesquisa Energética		
<i>Área de Estudo</i> SISTEMAS ISOLADOS		
<i>Estudo</i> GT RORAIMA – SUBGRUPO IV		
<i>Macro-atividade</i> IDENTIFICAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE ATENDIMENTO - MÉDIO E LONGO PRAZO		
<i>Ref. Interna (se aplicável)</i>		
<i>Revisões</i>	<i>Data de emissão</i>	<i>Descrição sucinta</i>
r0	26/05/2017	Emissão inicial

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso).

APRESENTAÇÃO

Em fevereiro de 2017 foi criado, pelo CMSE, o Grupo de Trabalho coordenado pelo MME para avaliar as condições de atendimento a Roraima, identificar e analisar alternativas de soluções que possibilitem aumentar a confiabilidade no atendimento às cargas do estado. Participam desse grupo, além do MME, a EPE, ONS, ANEEL e CCEE.

Em videoconferência realizada 16/02/2017, o grupo foi subdividido em quatro subgrupos, listados abaixo:

- Subgrupo I – Alternativas de operacionalização do SEP;
- Subgrupo II – Plano de ação para implantação de geração distribuída e ações de eficiência energética;
- Subgrupo III – Plano de ação para implantação de sistema de armazenamento;
- Subgrupo IV – Plano de ação implantação de soluções de médio e longo prazo, que contemplem o período antes e após a interligação de Roraima ao SIN;

O Subgrupo IV, portanto, ficou responsável pela avaliação do potencial energético de Roraima, considerando soluções com possibilidade de implantação de médio e longo prazo, de forma a contemplar o período antes e após a interligação deste estado ao SIN e também o término do contrato com a Venezuela para fornecimento de energia a Roraima, se dará em 2021.

Conforme deliberado na reunião do Subgrupo IV/GT Roraima, realizada em 16/03/2017, por videoconferência, a EPE (com participação da SPE/MME, SEE/MME, ANEEL, ONS e CCEE) ficou responsável pela identificação das alternativas de atendimento ao mercado no médio prazo – até 2021 (eólica, biomassa, solar fotovoltaica e PCH com projeto básico aprovado ou com DRS – Despacho de Registro da Adequabilidade do Sumário Executivo da ANEEL) e longo prazo - após 2021 (UHE e PCH sem projeto básico).

Este documento destina-se a avaliar possíveis soluções de geração de energia elétrica para Roraima, a médio e longo prazo, no âmbito do Subgrupo IV do Grupo de Trabalho coordenado pelo MME.

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso).

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
1. INTRODUÇÃO	10
2. MERCADO A SER ATENDIDO	11
3. ALTERNATIVAS DE ATENDIMENTO A PARTIR DE FONTES RENOVÁVEIS	12
3.1. EÓLICA.....	12
3.1.1. Identificação de Potencial.....	12
3.1.2. Tempo de Construção.....	18
3.1.3. Dificuldades no Aproveitamento do Potencial.....	19
3.1.4. Ações	19
3.2. SOLAR FOTOVOLTAICA.....	20
3.2.1. Identificação de Potencial.....	20
3.2.2. Tempo de Construção.....	21
3.2.3. Dificuldades no Aproveitamento do Potencial.....	22
3.2.4. Ações	22
3.3. BIOMASSA / BIOCOMBUSTÍVEIS.....	22
3.3.1. Identificação de Potencial.....	22
3.3.2. Tempo de Construção.....	24
3.3.3. Dificuldades no Aproveitamento do Potencial.....	24
3.3.4. Ações	25
3.4. HIDRELÉTRICAS.....	25
3.4.1. Estudos de Inventário	25
3.4.2. Estudos de Viabilidade/Projeto Básico (UHE, PCH, CGH).....	28
3.4.3. Prospecção de novos Projetos Hidrelétricos.....	30
4. RESUMO DAS ALTERNATIVAS	32
5. ESTIMATIVA DA MARGEM DE ESCOAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO DE RORAIMA	33
6. PROJETO ARCO NORTE	37
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
ANEXO 1	39
ANEXO 2	40
ANEXO 3	41

1. INTRODUÇÃO

O suprimento de energia de Roraima é realizado por geração termoelétrica a diesel e pela importação de energia da Venezuela. Estava prevista¹ a entrada em operação da Linha de Transmissão em 500 kV conectando Manaus a Boa Vista que seria responsável por interligar Roraima ao SIN, contudo o atraso no licenciamento fez a Transnorte Energia solicitar a rescisão da concessão, mantendo o estado isolado e dependente de energia da Venezuela, cujo contrato de fornecimento se encerra em 2021.

Com o objetivo de buscar soluções de suprimento para Roraima, o CMSE criou um Grupo de Trabalho, sob coordenação do MME, a fim de estudar diversas alternativas que garantam a segurança energética da região, sendo o Subgrupo IV responsável pela análise de médio e de longo prazo.

Este documento relaciona diferentes opções de geração de energia elétrica em Roraima, avaliando benefícios, dificuldades, cronograma e potenciais de cada fonte. Também é avaliada a capacidade remanescente de escoamento do sistema elétrico do estado até 2021.

Destaca-se que o levantamento apresentado é de caráter preliminar, visando elencar as possibilidades, fontes e tecnologias disponíveis, de forma a identificar aquelas mais promissoras do ponto de vista técnico, ambiental e econômico. Posteriormente, deverão ser elaborados estudos mais aprofundados sobre cada uma das alternativas avaliadas.

Este documento complementa a Nota Técnica nº EPE-DEE-NT-049/2016-rev0, que indicou a necessidade de 80 MW de geração termelétrica para garantir o adequado suprimento de energia elétrica para Roraima no horizonte de 2016 a 2021. Além disto, em consonância com o disposto no art. 4º do Decreto nº 7.246/2010, o presente estudo busca identificar alternativas de suprimento que induzam à sustentabilidade econômica da geração de energia elétrica no Sistema Isolado de Roraima, à mitigação de impactos ao meio ambiente e a utilização de recursos energéticos locais.

¹ Anteriormente considerava-se junho/2016. Atualmente não há previsão, de acordo com o DMSE.

2. MERCADO A SER ATENDIDO

De acordo com a Portaria nº 600/2010, as distribuidoras com Sistemas Isolados devem encaminhar o planejamento do atendimento de seus mercados consumidores à EPE até 1º de dezembro de cada ano.

A fim de garantir que o atendimento aos mercados consumidores seja bem sucedido, anualmente é solicitado pela EPE que as distribuidoras encaminhem o planejamento do mercado contemplando os montantes de consumo, demanda de energia e de potência, além do balanço de energia.

As informações do ciclo 2016 foram consolidadas pela EPE, sendo apresentada a seguir a previsão de demanda para o estado de Roraima. Nota-se que a necessidade de incremento de geração considerada na Nota Técnica supracitada mostra-se coerente com a previsão de crescimento de demanda projetado pela Distribuidora² (Tabela 1).

Tabela 1 – Montante de carga demanda anuais previsto para Roraima

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Demanda Máxima (MW)	255	272	289	308	328	350
Consumo (MWh)	1.051.531	1.134.717	1.221.191	1.313.463	1.413.116	1.517.058

Fonte: CERR, EDRR e EPE

Cabe destacar que a Distribuidora considera a previsão de interligação de Boa Vista ao SIN em 2023.

Além dos valores de demanda máxima anual prevista, é necessário conhecer a curva de carga da região para que se possa realizar o dimensionamento das diferentes alternativas que visam atender o mercado local. As curvas de carga características da região são apresentadas na Figura 1.

² Os valores de demanda aqui apresentados diferem da Nota Técnica nº EPE-DEE-NT-049/2016-rev0 em função dos diferentes ciclos de coleta de dados (2015 e 2016).

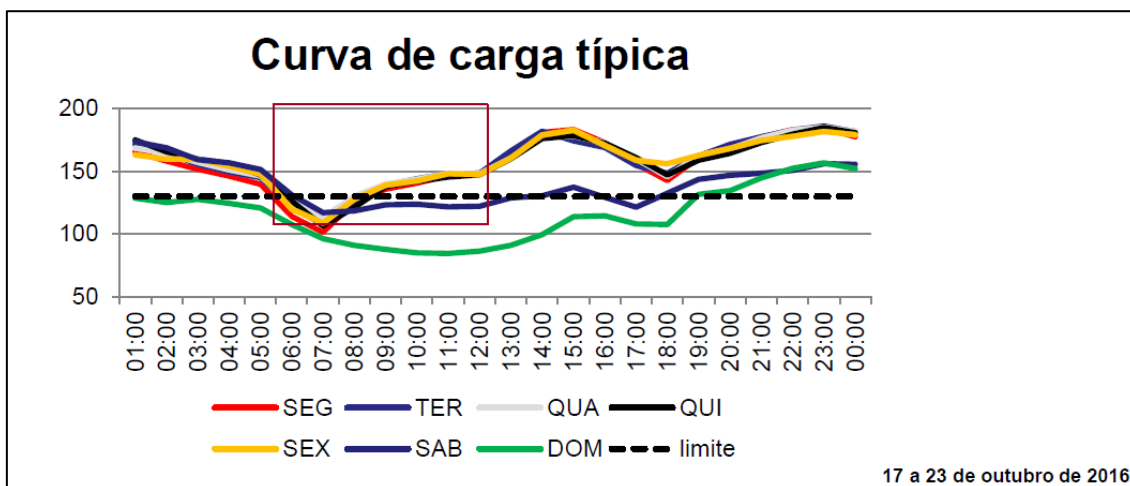


Figura 1 - Curva de carga típica de Roraima (demanda em MW)
Fonte: EDRR - Eletrobras Distribuição Roraima

3. ALTERNATIVAS DE ATENDIMENTO A PARTIR DE FONTES RENOVÁVEIS

3.1. EÓLICA

3.1.1. Identificação de Potencial

O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (Figura 2), publicado pelo CRESESB/CEPEL em 2001, identificou uma região com altas velocidades médias anuais de vento na região da Serra Pacaraima, em Roraima, ao longo da fronteira Brasil-Venezuela.

Destaca-se que os valores apresentados na Figura 2 referem-se à velocidade média anual do vento a 50 m de altura. Projetos eólicos atuais, no entanto, consideram altura de nacelles entre 80 m e 120 m de altura. Portanto, estima-se que o potencial existente seja superior ao indicado no Atlas.

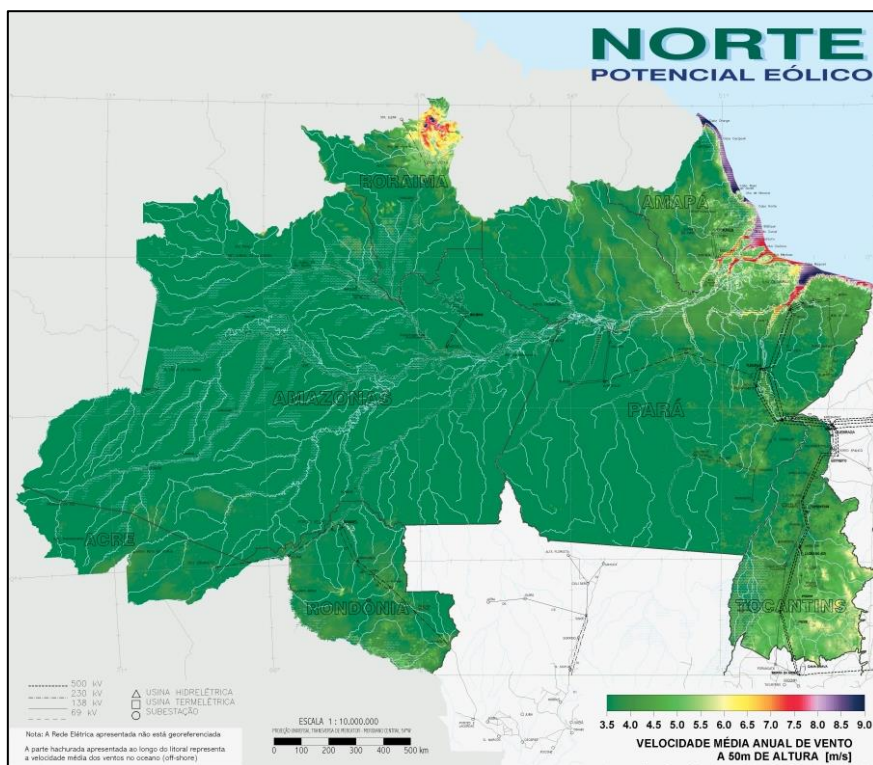


Figura 2 - Potencial eólico na Região Norte
Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, CRESESB/CEPEL

A ferramenta *Windnavigator* da *UL AWS TRUEPOWER* possibilita a obtenção de dados de vento, com resolução de 200 metros, na altura escolhida pelo usuário, entre 10 e 100 m. A Figura 3 apresenta o mapa de velocidades do vento para uma altura de 80 m, gerado no *Windnavigator*, abrangendo o estado de Roraima e regiões vizinhas.

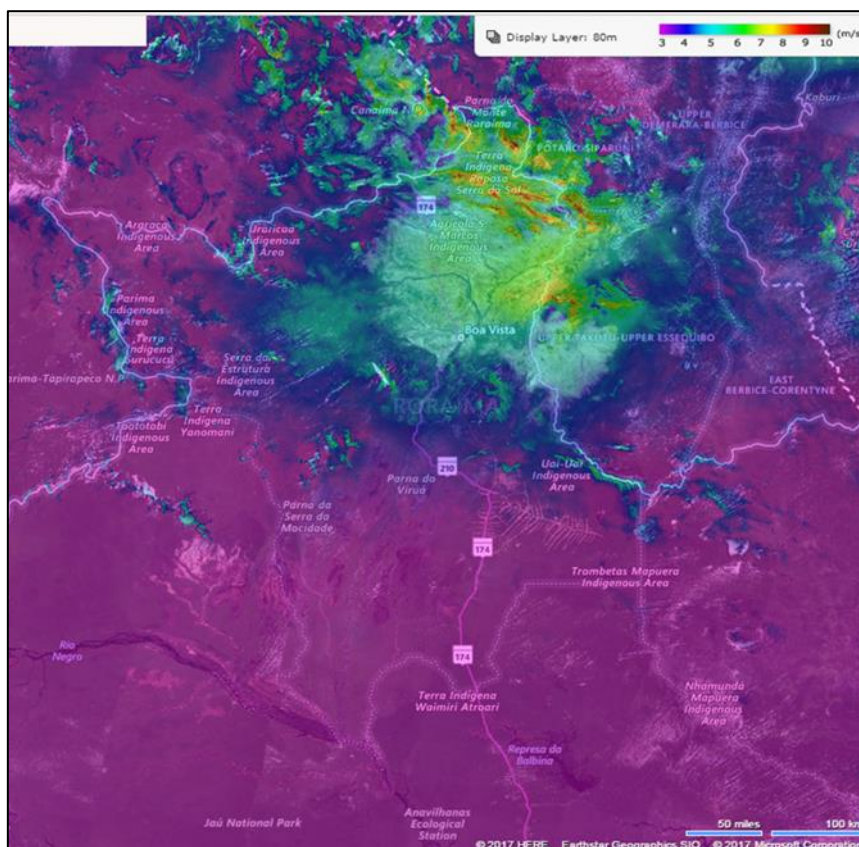


Figura 3 - Velocidade do Vento a 80 metros de altura para Roraima e proximidades.
Fonte: Windnavigator³.

De acordo com o mapa, os maiores recursos eólicos se concentram na região nordeste do estado, dentro da TI Raposa Serra do Sol. Entretanto, também há uma expectativa de recurso eólico considerável, embora de menor porte, fora dessa região protegida, a exemplo do município de Bonfim. Para avaliar possíveis sítios no estado para a implementação de um parque eólico, foram selecionados 4 (quatro) locais de maior potencial, sendo dois dentro de TI e dois fora, utilizando a ferramenta *Windnavigator*. Esses locais são mostrados na Figura 4, e com maior detalhamento no ANEXO .

A Tabela 2 lista as coordenadas dos locais escolhidos, juntamente com um resumo dos dados obtidos. Os resultados indicam a possibilidade de recursos eólicos para a produção de energia dentro do estado.

Tabela 2 - Informações sobre o vento em quatro localidades de Roraima

Latitude	Longitude	Observação	Terra indígena?	Velocidade média	Weibull A	weibull k	Densidade de Potência(W/m²)	Altitude (m)	Densidade do ar (kg/m³)
3,243	-60,14981	Tucano	Não	7,68	8,67	2	492	244,1	1,137
3,36117	-59,83658	Bonfim	Não	7,16	8,08	2,08	388	86,5	1,151
4,45467	-60,10207	Maturuca	Sim	6,41	7,2	2,85	212	464,7	1,107
4,84005	-60,1499	(Raposa Serra do Sol)	Sim	10,67	12,03	2,53	978	1397,2	1,029

Fonte: Windnavigator² e WebMap EPE

³ Informação extraída do Windnavigator, uma plataforma da UL AWS TRUEPOWER

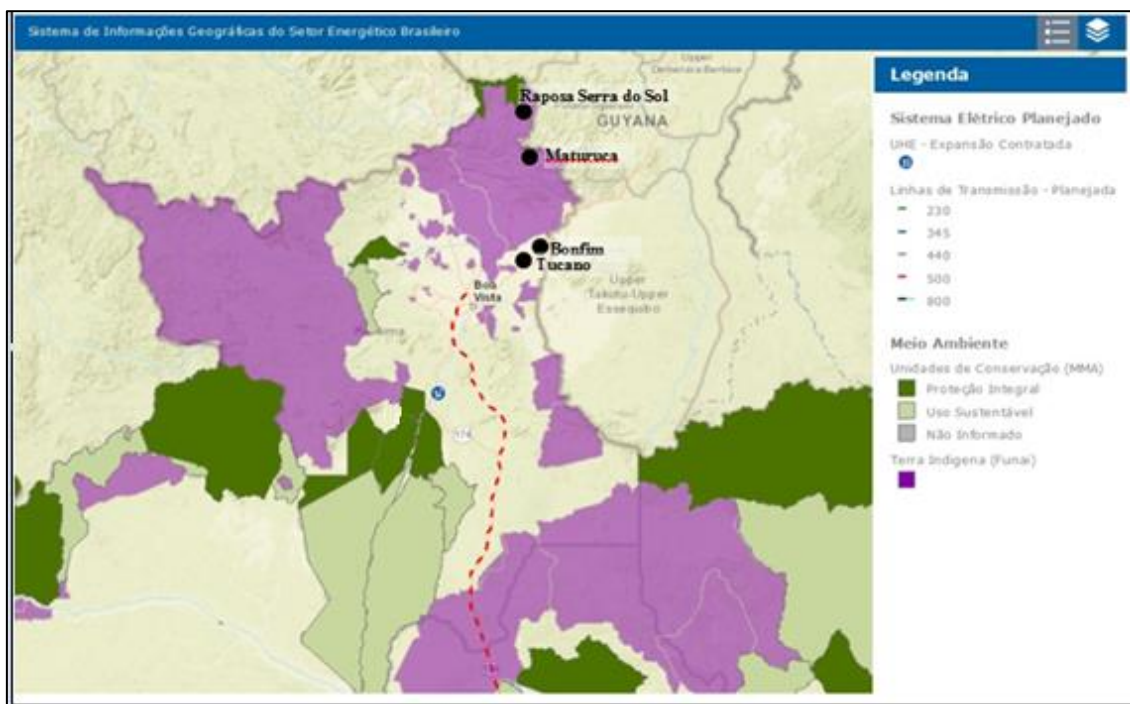


Figura 4 - Unidades de Conservação e Terras Indígenas em RR e locais avaliados no Windnavigator
Fonte: WebMap EPE

Conforme identificado pelo Atlas e pelo *Windnavigator*, as maiores velocidades de vento em Roraima são encontradas no extremo norte do estado, em unidades de conservação ambiental e em terras indígenas (Figura 3 e Figura 4). Entretanto, observa-se também a existência de locais com velocidades de vento aparentemente propícias à geração eólica fora de terras indígenas. Em especial na região próxima ao município de Bonfim são encontrados locais com velocidades médias do vento próximas a 7 m/s a 80 m de altura.

Destaca-se que o Atlas do Potencial Eólico e o *Windnavigator* servem como ferramentas para identificação de locais com potencial para a instalação de parques eólicos, porém o projeto e a definição de sítios necessitam de medições in-situ.

Nesse sentido, buscou-se identificar torres anemométricas, com dados medidos, que tenham sido instaladas na região. Foram encontradas informações a respeito do projeto "Cruviana", desenvolvido em parceria firmada em 2012 pelo Conselho Indígena de Roraima (CIR), o Instituto Socioambiental (ISA) e o Núcleo de Energias Alternativas da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

O projeto Cruviana contemplou a instalação de três torres anemométricas situadas na Terra Indígena Raposa-Serra do Sol: Maturuca, Pedra Branca e Tamanduá (Figura 5). Contudo não são informadas as alturas dessas medições. Os resultados resumidos são apresentados na Figura 6.



Figura 5 - Localização das torres anemométricas

Fonte: Boletim de Notícias do Projeto Cruviana nº2 - CIR, ISA e UFMA

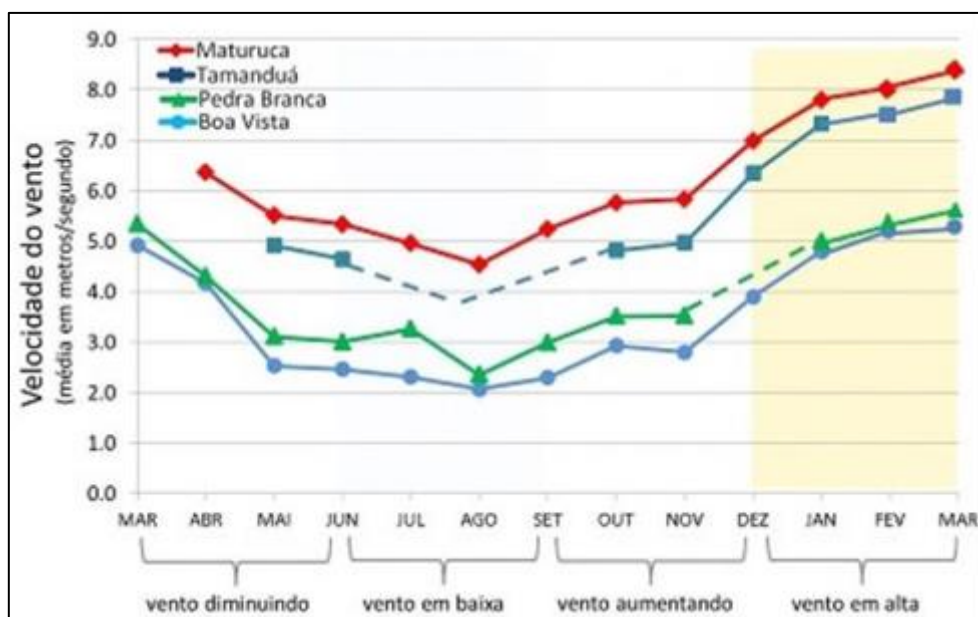


Figura 6 – Velocidade de vento em RR

Fonte: Boletim de Notícias do Projeto Cruviana nº2 - CIR, ISA e UFMA

A Figura 6 apresenta dados das três localidades estudadas no projeto Cruviana e também de Boa Vista, embora não se tenha informações a respeito de medições na capital do estado e da origem desse dado. Verificam-se na região de Maturuca ventos com velocidades entre 4,5 m/s e 8,5 m/s, aproximadamente, ao longo do ano. Não se sabe, porém, a altura dessas medições. Tampouco se tem informações a respeito da

duração dessa campanha e da qualidade das medições (sensores utilizados, calibração, taxa de falhas, etc.).

Na busca de outras fontes de dados anemométricos em Roraima, foram encontradas informações sobre uma licitação conduzida pelo IACTI⁴, publicada em 17/10/2016 (Pregão Presencial nº 006/2016 CPL/IACTI-RR) para contratação de empresa para prestação de serviço especializado no fornecimento e instalação de um sistema completo de medição anemométrica no estado de Roraima, de acordo com as quantidades e especificações técnicas constantes no Projeto Básico, Anexos VIII e IX do Edital. Este último foi disponibilizado para retirada junto à Comissão Permanente de Licitação de Boa Vista.

O resultado do Pregão foi publicado no DOE de Roraima em 16/11/2016, e a empresa Tecnowind Sistemas de Medição Ltda-ME sagrou-se vencedora da licitação, com valor total de R\$498.533,96.

As notícias veiculadas na web⁵ citam que duas torres de medição anemométricas serão instaladas, uma no município de Bonfim e outra em Normandia, ambos a nordeste do estado de Roraima.

Ressalta-se que somente de posse dos dados medidos (de velocidade e direção do vento, a diferentes alturas) será possível analisar e tratar tais dados para então realizar estudo de motorização e seleção de aerogeradores adequados para a região, bem como, estimar a sua capacidade de geração.

Tendo em vista o potencial eólico na região de Bonfim, a Companhia Energética de Roraima - CERR apresentou à EPE, em dezembro de 2016, o Projeto de Referência para atendimento a essa localidade, na região nordeste do estado, fronteira com a Guiana.

Tal Projeto, embora ainda em fase de análise e pendente de revisão por parte da distribuidora, contempla usinas eólica, fotovoltaica e termelétrica a biomassa, cada uma com potência de cerca de 5 MW. Para estimativa do recurso eólico, por não dispor de medições anemométricas, o projeto considerou os dados da ferramenta *Windfinder*⁶, cujos dados são reproduzidos abaixo. Destaca-se que os valores de velocidade na Figura 7 são apresentados em nós, que correspondem a uma faixa de 3,6 m/s a 6,17 m/s. Novamente, não é informada a altura desses dados. Entende-se

⁴ IACTI - Instituto de Amparo à Ciência, Tecnologia e Inovação de Roraima

⁵ Fonte: Folha Web, disponível em <http://www.folhabv.com.br/noticia/Estudos-para-instalar-parque-eolico-vao-iniciar-em-90-dias-/21763>

⁶ <https://www.windfinder.com>

que o projeto carece de informações mais detalhadas, que já foram solicitadas à distribuidora.

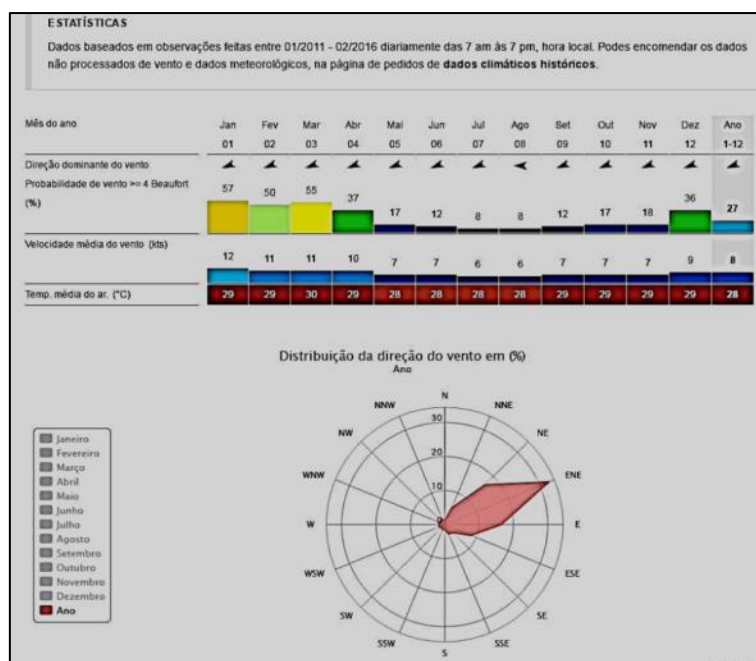


Figura 7 - Dados anemométricos em Bonfim – RR
Fonte: CERR - Companhia Energética de Roraima

3.1.2. Tempo de Construção

De acordo com os cronogramas dos projetos cadastrados para os leilões de energia do SIN, o tempo de construção de usinas eólicas geralmente varia de 6 e 30 meses, sendo que a maioria dos projetos informa um prazo médio de 15 meses para implantação. Esse prazo não considera o período de medições anemométricas, feitas previamente.

Entende-se, porém, que o local da implantação e a infraestrutura disponível (estradas de acesso, por exemplo) são determinantes para a estimativa do prazo de implantação de usinas eólicas. Sendo Bonfim uma região candidata à avaliação de seu potencial eólico e sendo esta um local próximo à Boa Vista, tendo inclusive infraestrutura de rodovias é provável que o prazo de construção ocorra em até 18 meses.

Conforme citado anteriormente, a implantação de parques eólicos prescinde de medição local de dados anemométricos, por no mínimo um ano, tempo que deve ser adicionado ao prazo total estimado.

A título de exemplo, a depender de como se comportam os ventos na região – informações obtidas de estudos baseados em medições anemométricas locais – e da

logística de acesso para construção de parques eólicos, pode-se definir o porte dos empreendimentos, e com isso o tamanho das máquinas de forma a viabilizar a geração eólica na região.

3.1.3. Dificuldades no Aproveitamento do Potencial

Embora o projeto “Cruviana” tenha tido participação do Conselho Indígena de Roraima, a construção de um parque eólico na região demandaria discussões com a comunidade indígena e possivelmente a elaboração de estudos específicos, o que pode representar dificuldade na implantação desse tipo de solução e demandar prazos ainda maiores para implantação da fonte.

Além disso, a localidade de Maturaca dista cerca de 200 km da capital Boa Vista e, portanto, o aproveitamento desse potencial demandaria uma linha de transmissão atravessando a Terra Indígena Raposa Serra do Sol.

Quanto ao aproveitamento do potencial eólico, entende-se que a ausência de dados anemométricos compromete a elaboração de projetos, sendo necessário considerar o período de 12 meses de medição no prazo para a entrada em operação. Ressalta-se a importância de realizar medições com critérios adequados para projetos eólicos de grande porte, devendo ser observadas, sobretudo, a qualidade e as alturas de medição.

Deve-se observar que os prazos estimados na presente Nota Técnica não contemplam eventuais reforços que venham a ser necessários no sistema de transmissão/distribuição.

3.1.4. Ações

Para minimizar a incerteza quanto ao real potencial de geração eólica da região Raposa Serra do Sol seria necessário obter dados anemométricos medidos, o que, por sua vez, pode implicar na necessidade de dialogar com a comunidade indígena, tanto para a construção de parque eólico, quanto para a construção de linhas de transmissão através de Terra Indígena. Como exemplo das dificuldades que podem vir a ser enfrentadas, cita-se o exemplo da LT 500 kV que deveria conectar Manaus a Boa Vista.

Como alternativa, deve-se buscar outras medições realizadas em Roraima, em regiões fora de terras indígenas.

Destaca-se que, dado o caráter intermitente e sazonal da fonte eólica, o seu aproveitamento deve ser tratado como potencial de redução de consumo de óleo diesel, uma vez que as termelétricas ainda se farão necessárias para atendimento à demanda prevista.

3.2. SOLAR FOTOVOLTAICA

3.2.1. Identificação de Potencial

Assim como no caso do potencial eólico, o projeto “Cruviana” também contemplou medições solarimétricas, cujos dados não estão disponíveis para consulta. Porém, para empreendimentos fotovoltaicos é possível estimar valores anuais e mensais de irradiação com razoável precisão por meio de modelos de irradiância baseados em imagens de satélite. Como exemplo, a Figura 8 apresenta estimativas de irradiação global horizontal (GHI) para Roraima, obtidas a partir do modelo de transferência radiativa Brasil-SR, utilizado na elaboração do Atlas Brasileiro de Energia Solar.

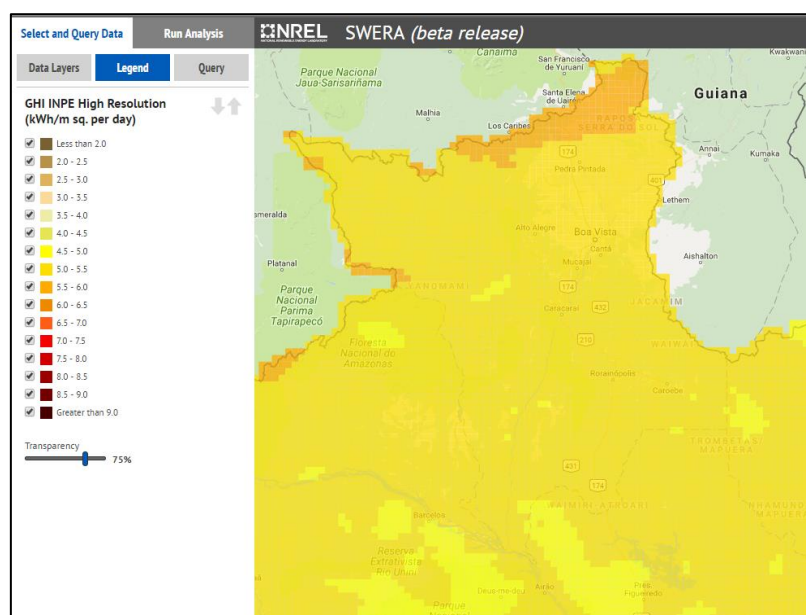


Figura 8 - Irradiação Global Horizontal anual em Roraima
Fonte: SWERA

Na maior parte do estado o valor de GHI média anual é da ordem de 5,1 kWh/m².dia. Como exemplo, os projetos fotovoltaicos vendedores nos leilões de energia do SIN geralmente localizam-se em regiões com irradiação da ordem de 6 kWh/m².dia. Ressalta-se que, por se tratar de uma região próxima à linha do equador, o ganho na transposição da irradiação para o plano inclinado (supondo inclinação igual à latitude) é mínimo, ao contrário de outras regiões. Contudo, o ganho na produção fotovoltaica

ao se utilizar estruturas com rastreamento de 1 eixo, segundo estimativas preliminares, é semelhante ao de outras regiões, da ordem de 20-25%.

A EPE realizou simulações para a produtividade fotovoltaica na região de Boa Vista utilizando as bases de dados do SWERA, Meteornorm e NASA, sendo o primeiro simulado no software *System Advisor Model - SAM* e os demais no *PVSYST*, para estruturas fixas e com rastreamento em 1 eixo. Na Tabela 3 é apresentado um resumo da faixa de produtividade esperada para Boa Vista. A título de exemplo, os valores encontrados representam de 75% a 90% da produtividade de usinas fotovoltaicas na Bahia, região com os melhores índices de irradiação global horizontal (GHI) no país.

Tabela 3 – Produtividade fotovoltaica em Boa Vista

Variável	Fixo	Rastreamento 1 eixo
Produtividade Boa Vista	1.425-1.600 kWh/kWp	1.760-2.000 kWh/kWp

Fonte: Simulações EPE partir de dados do SWERA, Meteornorm e NASA

Para estimar o potencial fotovoltaico da região, é necessário conhecer a área requerida, que é da ordem de 400 a 600 kWp/ha. Tal relação varia com o tipo de estrutura (fixa ou com rastreamento) adotada no projeto, porém havendo disponibilidade tanto de área como do sistema de transmissão/distribuição, a expansão pode ocorrer sem maiores problemas, dado o caráter modular dessa tecnologia.

Uma desvantagem do aproveitamento fotovoltaico reside justamente no fato da geração ser diurna, enquanto a curva de carga da região (vide Figura 1) ter o seu pico no período noturno. Apesar disso, a geração fotovoltaica pode ser útil para a redução do consumo de diesel em Roraima.

3.2.2. Tempo de Construção

Uma das vantagens frequentemente citada de empreendimentos fotovoltaicos é a rapidez de implantação, o que pode ser um fator relevante no caso de Roraima. De acordo com os cronogramas dos projetos cadastrados para os leilões de energia do SIN, o tempo de construção dessas usinas geralmente varia entre 6 e 24 meses, sendo que a maioria dos projetos informa um prazo de até um ano para implantação. Destaca-se que o tempo de construção guarda relação com a potência de cada projeto.

Ao contrário do indicado para empreendimentos eólicos, para projetos fotovoltaicos é possível calcular a produção de energia a partir de dados secundários, embora essa

consideração aumente a incerteza da estimativa. Para os projetos fotovoltaicos do SIN, por exemplo, essa possibilidade foi considerada para os primeiros leilões com participação dessa fonte. Somente a partir de 2016 foi exigida a medição do recurso solar no local do empreendimento. Entende-se que tratamento similar possa ser considerado no caso de Roraima.

3.2.3. Dificuldades no Aproveitamento do Potencial

Assim como para as eólicas, as áreas de conservação e terras indígenas podem representar dificuldades no licenciamento ambiental dessas usinas. Porém, dada a homogeneidade do recurso solar na região, há áreas sem restrições ambientais legais que podem ser avaliadas.

Destaca-se que, assim como para eólica, dado o caráter intermitente e sazonal do recurso solar, o seu aproveitamento deve ser tratado como potencial de redução de consumo de óleo diesel, uma vez que ainda as termelétricas ainda se farão necessárias para atendimento à demanda prevista.

3.2.4. Ações

De forma a estimar o potencial fotovoltaico em Roraima, é necessário avaliar a disponibilidade de áreas sem restrições de uso de solo, excluindo por exemplo, terras indígenas e unidades de conservação, e a capacidade de escoamento de energia (vide item 5, adiante) e eventuais reforços que venham a ser necessários no sistema de transmissão/distribuição.

3.3. BIOMASSA / BIOCOMBUSTÍVEIS

3.3.1. Identificação de Potencial

a) Biomassa e biodiesel de palma

Em 2010 ocorreu um leilão para atendimento ao Sistema Isolado de Rorainópolis – RR, no qual sagrou-se vencedor um projeto de usina termelétrica a biomassa (cavaco de madeira) em São João da Baliza – RR, com capacidade de 9,8 MW. Após solicitações

por parte do empreendedor de postergação do início do suprimento de energia elétrica, a distribuidora (CERR) solicitou a extinção do contrato.

Apesar de a usina termelétrica não ter se concretizado, a empresa vencedora daquele leilão (Brasil Bio Fuels) adquiriu uma planta de 40 mil hectares de produção de óleo de palma, o suficiente para gerar 50 MW a partir da biomassa da palma. O óleo extraído é refinado em Ji-Paraná-RO e, futuramente em Manaus-AM, visando ao suprimento a outras localidades.

O Zoneamento Agroecológico do Dendzeiro para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal (ZAE-Dendê) aprovado pelo Decreto nº 7.172, de 7 de maio de 2010, estimou em 187.409 hectares de área degradada considerada para palma de óleo em Roraima. Assim, havendo disponibilidade de área para cultivo de espécies para fins energéticos, a geração a partir de biomassa ou biocombustível deve ser uma alternativa considerada para Roraima. Dada a área potencial considerável, a Brasil Bio Fuels sugeriu em reunião ser possível atingir uma capacidade de até 200 MW, a depender da atratividade do modelo de negócio estudado.

Ressalta-se que, a depender da potência do empreendimento, deverão ser necessários reforços no ponto de conexão da usina.

A palma necessita de um período de 5 (cinco) anos de crescimento, até estar apta para a extração do óleo, contudo a Brasil Bio Fuels informou em reunião ser possível iniciar a geração a partir de biomassa de madeira (acácia), com possibilidade imediata de corte, porém com capacidade reduzida (não informada). Nesse caso, seriam necessários cerca de 6 meses para implantação do empreendimento.

b) Biomassa de Acácia (*Acacia mangium*)

De acordo com o projeto Ouro Verde⁷, já há uma área plantada de aproximadamente 26.500 ha, distribuída em quatro núcleos nas proximidades de Boa Vista-RR.

Por já estar plantada, essa biomassa apresenta a vantagem de uso imediato, dispensando as fases de plantio, crescimento e colheita, que leva de 3 a 5 anos para o primeiro desbaste, no caso dessa espécie.

As árvores adultas podem atingir até 45 m de altura e 1,10 m de diâmetro, com crescimento da ordem de 5 m/ano, o que corresponde a 45 m³/ha/ano em termos de incremento médio anual. A madeira da *Acacia mangium* apresenta densidade entre

⁷ Resumo Público do Plano de Manejo Florestal do Projeto Ouro Verde; 2007.

420 a 500 kg/m³ e seu poder calorífico superior está numa faixa de 4.600 a 4.900 kcal/kg.

A partir dessas informações, e considerando uma usina termelétrica em ciclo *Rankine*, cujo combustível seria o cavaco dessa madeira, com umidade relativa estimada em 35%, estima-se um potencial entre 35 e 55 MW da capacidade instalada. Destaca-se que esta é uma estimativa preliminar, dado que não se conhece ainda um projeto de usina para esse aproveitamento na região. Essa potência dependerá, dentre outras variáveis, das características técnicas da usina e da efetiva produtividade de madeira, considerando o manejo da área plantada e as condições ambientais específicas.

c) Biomassa de Arroz

O estado de Roraima se destaca por sua produção de arroz, onde, segundo o Ministério da Agricultura, os 15 municípios são aptos para o cultivo. De acordo com levantamento da CONAB, na safra 2014/2015 foram plantados 12 mil hectares de arroz, atingindo uma produção de 78 mil toneladas. A casca de arroz representa cerca de 20% da massa total do grão, assim, para a safra 2014/2015 foi obtido o equivalente a 15,6 mil toneladas de casca, o que, com base em projetos cadastrados para os leilões de energia do SIN, seria o suficiente para gerar 1,6 MW.

Todavia, o cultivo de arroz ocorre em diversas fazendas distribuídas pelos 15 municípios de Roraima, o que exigiria uma logística complexa para a coleta e transporte dessa biomassa. Dada a condição do modal rodoviário da região a perda pode ser significativa, reduzindo ainda mais o potencial de geração dessa fonte.

3.3.2. Tempo de Construção

De acordo com os cronogramas dos projetos cadastrados para os leilões de energia do SIN, termelétricas a biomassa necessitam, em média, de 26 meses para a implantação. No entanto, as particularidades do projeto de biomassa/biodiesel de palma e de acácia, em desenvolvimento na região, sugerem que o tempo necessário pode ser inferior.

3.3.3. Dificuldades no Aproveitamento do Potencial

O aproveitamento de biomassa para geração de energia, seja por queima direta ou por biocombustível, esbarra no tempo necessário para plantio, cultivo e colheita das espécies, que pode levar até cinco anos no caso da palma. Por isso, é importante

conhecer o potencial para aproveitamento em curto prazo (áreas prontas para colheita) e médio prazo, como é o caso da biomassa de acácia.

3.3.4. Ações

Para uma real avaliação da possibilidade de geração através do aproveitamento da biomassa em Roraima é necessário contatar os produtores locais e estudar a potência das usinas termelétricas que poderiam vir a ser instaladas, vis-à-vis a disponibilidade de biomassa, e o local de sua conexão com o sistema elétrico. De toda forma, as informações preliminares disponíveis indicam que a geração a partir da biomassa de palma (biocombustível ou biomassa) e de acácia (cavaco de madeira) apresenta elevado potencial, com tempo de implantação reduzido para o aproveitamento de áreas já plantadas.

3.4. HIDRELÉTRICAS

3.4.1. Estudos de Inventário

Existem registros da realização de dois estudos de inventário de bacias hidrográficas no estado de Roraima. O Inventário da bacia do rio Branco, elaborado pela EPE e o inventário do rio Jatapu, desenvolvido pela Eletrobras.

a) Bacia do Rio Branco

Os Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Branco, aprovados pela ANEEL em 2011, identificaram que a melhor alternativa de divisão de queda considerando os aspectos técnicos, econômicos e ambientais, apresenta um potencial total de 1.049 MW, distribuídos em quatro aproveitamentos, sendo um no rio Branco (UHE Bem Querer) e três no rio Mucajaí. A Figura 9 a seguir apresenta a localização desses aproveitamentos e a Tabela 4 suas características.



Figura 9 - Estudos de Inventário da Bacia do Rio Branco - Localização dos aproveitamentos selecionados (Fonte: EPE, 2011)

Tabela 4 - Estudos de Inventário da Bacia do Rio Branco – Características dos aproveitamentos selecionados (EPE, 2011)

Aproveitamento	Potência Instalada (MW)	Área do Reservatório (km ²)	Interferência Ambiental
Bem Querer	708	559	-
Paredão M1	70	24	Afeta FLONA
Paredão A	199	17	Afeta FLONA
Fé e Esperança	72	25	Afeta FLONA

Legenda: FLONA - Floresta Nacional de Roraima

Cabe observar que, ao longo dos estudos, as bacias do rio Cotingo e do rio Urariquera foram excluídas da área de abrangência do inventário, em decorrência dos conflitos entre as populações indígenas e proprietários rurais, à época dos serviços de campo. Destaca-se que na fase inicial dos estudos, foi identificado que a bacia do rio Cotingo, localizado na porção norte do estado e dentro da TI Raposa Serra do Sol, tem vocação para aproveitamentos hidrelétricos, mas em virtude dos conflitos na região não foi possível aprofundar os estudos nesses locais.

É importante esclarecer ainda que o estudo elaborado pela EPE na bacia do rio Branco, conforme preconizado no Manual de Inventário, não contemplou aproveitamentos com potência inferior a 30 MW (PCH e CGH). Nesse sentido, podem existir trechos de rios na bacia com potencial para essa categoria de usinas.

Destaca-se que o EVTE e o EIA-RIMA da UHE Bem Querer estão sendo elaborados pela EPE. Os demais aproveitamentos identificados não estão sendo objeto de estudo por nenhum empreendedor. Os reservatórios dessas usinas afetam diretamente a Floresta

Nacional de Roraima, o que pode trazer dificuldades para o andamento do processo de licenciamento ambiental.

Salienta-se que a instalação de geração no estado de Roraima além de atender à carga local, tem o potencial de auxiliar no atendimento a Manaus, sobretudo no caso da opção hidrelétrica, com destaque para UHE Bem Querido, pois, apresenta regime hidrológico com sazonalidade diferenciada em relação ao sistema interligado. Demonstrando, assim, a importância não só de acrescentar geração em Roraima, como também continuar com as tratativas para a linha de transmissão Manaus-Boa Vista seja viabilizada, dada sua importância elétrica, energética e estratégica.

b) Bacia do Rio Jatapu

Os estudos de inventário da bacia do rio Jatapu foram realizados pela Eletrobras na década de 1970 com o objetivo de encontrar alternativas para o suprimento dos estados de Roraima e Amazonas. Esses estudos identificaram as UHE Katuema (350 MW) e Onça (150 MW), localizadas no estado do Amazonas, cujos reservatórios atingem a TI Mapuera. Cabe ressaltar que a PCH Jatapu (5 MW) (Figura 10), construída em 1994 no rio Jatapu, Estado de RR, e que atualmente fornece energia para o Estado de Roraima, fica localizada entre as TI Trombetas/Mapuera e TI Wai Wai.

De acordo com registros da ANEEL, as empresas Engehidro e Eletronorte iniciaram em 2004 e 2005, respectivamente, os estudos para a revisão do inventário da bacia do rio Jatapu, contudo os estudos não foram concluídos e a ANEEL revogou ambos os registros em 2008.

Destaca-se que a bacia do rio Jatapu abrange Terras Indígenas com grandes extensões, sendo improvável a identificação de novos aproveitamentos livres de interferência com essas áreas.

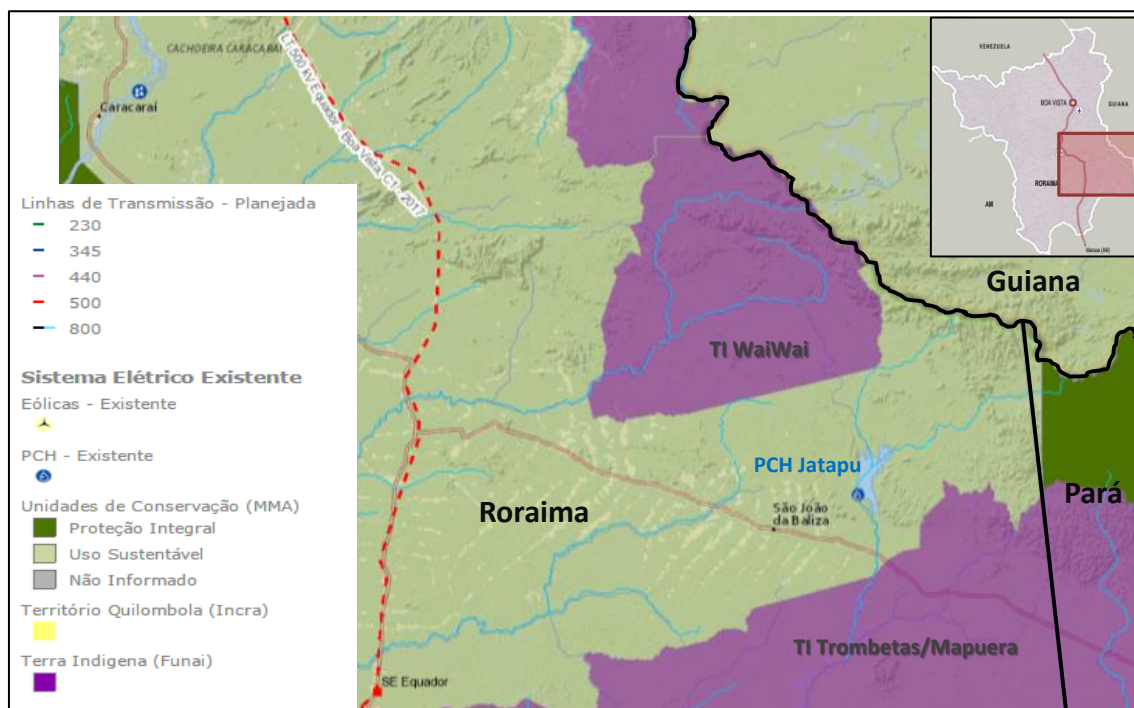


Figura 10 - Localização da PCH Jatapu
Fonte: Webmap EPE

3.4.2. Estudos de Viabilidade/Projeto Básico (UHE, PCH, CGH)

Em consulta realizada ao sistema da ANEEL verificou-se que não existem estudos de viabilidade ou projetos básicos de empreendimentos hidrelétricos (UHE, PCH e CGH) em desenvolvimento no estado de Roraima, exceto o EVTE da UHE Bem Querer em elaboração pela EPE.

Em 2011 a EPE iniciou os estudos cartográficos da área de interesse dos Estudos de Viabilidade da UHE Bem Querer, concluindo os serviços em 2012.

Entre 2013 e 2015 foram desenvolvidos os Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) do empreendimento e, em junho/2015, o EVTE foi paralisado para aguardar os resultados dos estudos socioambientais para incorporação e ajustes do relatório final para entrega à ANEEL.

O reservatório de Bem Querer e o traçado da linha de transmissão de uso exclusivo da usina até a Subestação de Boa Vista, ponto de conexão com o SIN, conforme concebido no EVTE são apresentados na Figura 11.

O arranjo das obras da UHE Bem Querer e as principais características do aproveitamento conforme previsto no EVTE são apresentados na Figura 12 e na Tabela 5, respectivamente.

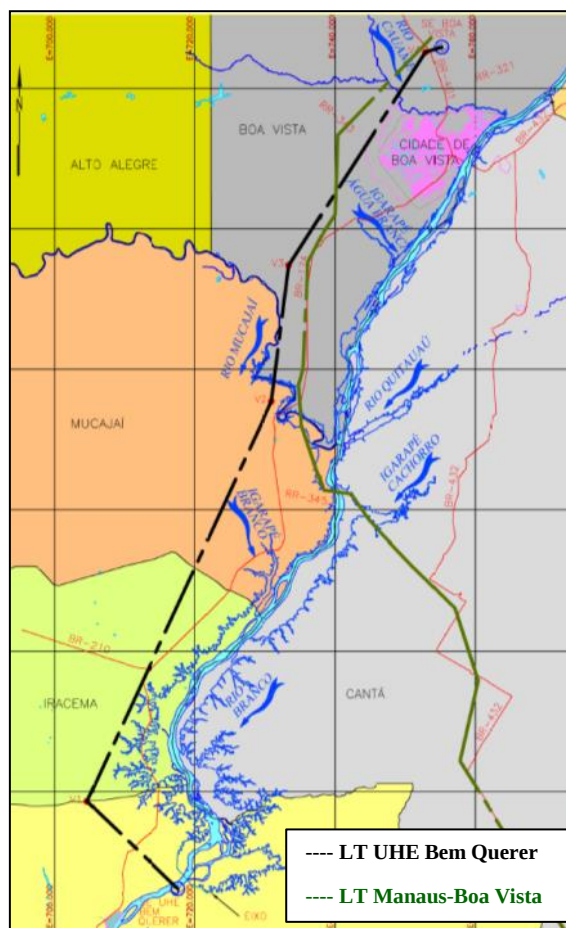


Figura 11 - Reservatório da UHE Bem Querer
 Fonte: EVTE UHE Bem Querer (EPE, 2015)

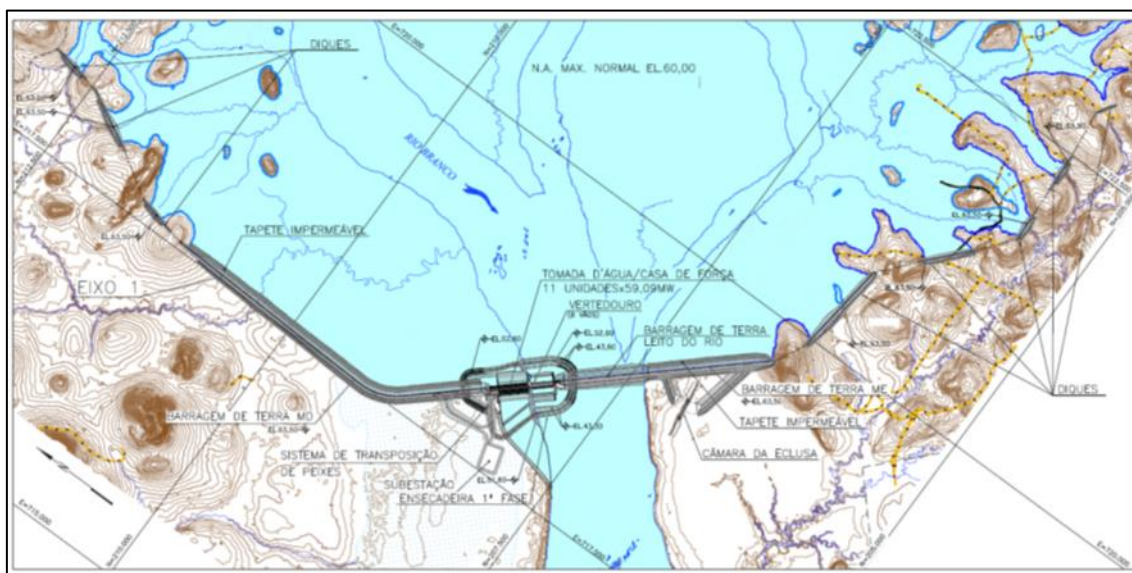


Figura 12 - Arranjo da UHE Bem Querer
 Fonte: EVTE UHE Bem Querer (EPE, 2015)

Tabela 5 - Características da UHE Bem Querer
(EPE, 2017)

Características - EVTE da UHE Bem Querer	
Localização	Caracaraí-RR
Área do Reservatório	553 km ²
Potência	650 MW
Energia Firme	389 MWmed
Custo c/ JDC (dez/14)	R\$ 4,86 bilhões
ICB (dez/14)	R\$ 146/MWh

(Fonte: EVTE UHE Bem Querer - EPE, 2015)

Com a regulamentação da Lei Complementar 140/2011 em abril/2015, o processo de licenciamento da UHE Bem Querer na Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Roraima – FEMARH-RR foi encerrado e, em maio/2015, foi aberto o processo de licenciamento no IBAMA. Em março/2016 o IBAMA emitiu o TR para a elaboração do EIA-Rima, incluindo o ECI. Atualmente, os estudos socioambientais (EIA/ECI) estão em processo de contratação com início dos serviços previstos para junho de 2017.

A partir da conclusão dos estudos socioambientais, será possível revisar e consolidar o EVTE para entrega do Relatório Final na ANEEL, estimada em 2020. O cronograma previsto para a implantação da UHE Bem Querer são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Cronograma da implantação UHE Bem Querer
(EPE, 2017)

Cronograma de Implantação Previsto	
Conclusão dos Estudos	2020
Leilão	2021
Início da Geração	2026
Conclusão da Obra	2027

3.4.3. Prospecção de novos Projetos Hidrelétricos

a) CGH Andorinha e CGH Surumu:

A CERR disponibilizou para a EPE avaliações técnicas preliminares para implantação de duas CGHs no norte do estado: a CGH Andorinha e CGH Surumu. Esses aproveitamentos ficam localizados dentro das Terras Indígenas Raposa Serra do Sol e São Marcos, respectivamente, e de acordo com os dados da CERR, a potência instalada de cada empreendimento seria de aproximadamente 1 MW. A implantação dos empreendimentos teria o objetivo de atender às comunidades indígenas localizadas na região.

b) Outros aproveitamentos hidrelétricos

A partir de informações disponíveis do estado de Roraima: cartografia (SRTM); da hidrografia (ANA); localização das TI (FUNAI) e das Unidades de Conservação (IBAMA) e dos aproveitamentos selecionados nos Estudos de Inventário do rio Branco, a EPE elaborou um estudo preliminar de identificação de novos aproveitamentos hidrelétricos que não interfiram diretamente em unidades de conservação ou terras indígenas, e nem nas características dos aproveitamentos selecionados pelos estudos de Inventário da Bacia do Rio Branco.

Nesses estudos, foram identificados três locais que aparentam ter vocação para geração hidrelétrica, sendo 02 (dois) na bacia do rio Mucajaí, afluente da margem direita do rio Branco, na região entre a UHE Fé e Esperança e o braço do reservatório da UHE Bem Querer, e 01 (um) na bacia do Igarapé Cachorro (Margem Esquerda do rio Branco). O Anexo 2 apresenta a localização dos aproveitamentos identificados e os aproveitamentos selecionados nos Estudos de Inventário da Bacia do rio Branco, no estado de Roraima, e o Anexo 3 apresenta com maior detalhe, os aproveitamentos e seus reservatórios no mapa hipsométrico da região.

Na Bacia do rio Mucajaí foi identificado um local barrável no rio Apiaú, denominado AHE Apiaú (NAm_{ax} reserv na elevação 90m), localizado próximo à sua foz no rio Mucajaí, e outro no rio Mucajaí, denominado AHE Mucajaí (NAm_{ax} reserv na elevação 80m), localizado a jusante do rio Apiaú e a cerca de 45km a montante do reservatório de Bem Querer. Este aproveitamento no rio Mucajaí, tem possibilidades de ser viabilizado caso se confirmem, em estudos cartográficos detalhados (com perfilamento a Laser), os desníveis identificados, a cota do vale na margem esquerda e na região do barramento, dada a baixa queda identificada com a base cartográfica utilizada (SRTM).

No Igarapé Cachorro, foi identificado um local barrável (NAm_{ax} reserv= 85m) a cerca de 15km a montante do braço da margem esquerda do reservatório da UHE Bem Querer, denominado AHE Cachorro.

Segundo uma estimativa preliminar, os potenciais desses aproveitamentos são da ordem de 12 MW (AHE Cachorro), 25 a 35MW (AHE Apiaú) e 100 MW (AHE Mucajaí), entretanto, observamos que são necessários estudos mais aprofundados para confirmar a viabilidade técnica e econômica dos aproveitamentos. Além disso, a implantação dessas usinas ocorreria apenas em longo prazo, uma vez que é obrigatória a realização de todas as etapas de estudos (Inventário, Viabilidade e EIA/Rima) antes de participar de leilão e iniciar a construção.

Considerando que a elaboração dos estudos dos três aproveitamentos identificados envolverá ECI, dada a sua proximidade das Terras Indígenas (<40km), é estimado um prazo de 3 anos para execução do EVTE/Projeto Básico + EIA + ECI que, somado ao prazo para a elaboração da cartografia a laser e estudo de inventário (2 anos), totaliza um prazo da ordem de 5 anos para os estudos. Admitindo que a cartografia fosse iniciada em jan/2018 (menor prazo), estimamos que o leilão dessas usinas seria possível em 2023 e o início de operação de 2026 a 2028.

Tabela 7 – Aproveitamentos Hidrelétricos Identificados Preliminarmente

Aproveitamentos Hidrelétricos	Potência (MW)	Queda Bruta (m)	Área do Reservatório (km²)	Previsão Entrada Operação
Mucajaí	100	10	93	2026-2028
Apiaú	25-35	10-15	43	2026-2028
Igarapé Cachorro	12	10	26	2026-2028

Desta forma, essas usinas somente constituiriam uma alternativa de solução para suprimento de Roraima em longo prazo, caso UHE Bem Querer (leilão previsto para 2021 e início operação em 2026) e a LT Manaus Boa Vista não se concretizem.

4. RESUMO DAS ALTERNATIVAS

De forma a comparar as diversas alternativas elencadas neste documento, a Tabela 8 apresenta um resumo das características de cada fonte avaliada.

Tabela 8 – Quadro Resumo

	Eólica	Solar	Biomassa biodiesel de palma	Biomassa de Acácia	Biomassa arroz	Hidrelétricas
Potencial	Bonfim - velocidade média do vento - de 6 a 7m/s	RR - GHI média anual - 5,1 kWh/m ² .dia	50 MW ou mais	40 MW	1,5 MW	Bem Querer (650 MW) Outras (137 MW)
Prazo estimado para implantação	18 meses	12 meses	6 meses / 26 meses	6 meses / 26 meses	26 meses	9 anos / 11 anos
Observação	Necessidade de 12 meses de medição	Medição pode ser dispensada	Pode ser usado também o biodiesel	Biomassa já disponível	Logística de transporte complexa	Necessários Estudos de Inventário, EVTE, EIA e ECI

Destaca-se que as fontes avaliadas exigem de custos de investimento consideráveis e, consequentemente, de prazos de contrato suficientemente longos para permitir a remuneração desses ativos. Por outro lado, há a expectativa de interligação de Roraima ao SIN. Dessa forma, para a viabilização dessas fontes, poderá ser necessário mantê-las mesmo após a interligação.

5. ESTIMATIVA DA MARGEM DE ESCOAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO DE RORAIMA

De forma a avaliar a capacidade disponível para escoamento de novas usinas no estado de Roraima, apresenta-se a seguir uma estimativa da margem de escoamento do sistema elétrico do estado.

Ressalta-se que nesse cálculo já está considerado o uso da rede para escoamento da geração das termelétricas emergenciais indicadas na Nota Técnica nº EPE-DEE-NT-046/2016.

A margem de escoamento reflete a capacidade de transmissão disponível para transportar a geração conectada em uma dada subestação. Na Tabela 9 é apresentada estimativa da capacidade de escoamento de cada subestação que compõe o sistema de distribuição do sistema elétrico do estado de Roraima.

Tabela 9 - Estimativa de Margem de Escoamento

Subestação	Proprietário	Barramento de Conexão [kV]	Geração Térmica (2021)	Margem de Escoamento [MW]
Bonfim	CERR	69		9,0
		34,5		9,0
		13,8		22,0
Normandia	CERR	34,5		2,0
		13,8		2,0
Cantá	CERR	69		47,0
		13,8		25,0
Sucuba	CERR	69		13,0
		34,5		11,0
		13,8		11,0
Mucajaí	CERR	69		11,0
		34,5		10,0
		13,8		10,0
Apiaú	CERR	34,5		2,6
		13,8		2,5
Iracema	CERR	34,5		3,4
		13,8		2,5
Caracaraí	CERR	69	10	4,4
		13,8		4,0
Novo Paraíso	CERR	69	12	2,1
		13,8		1,7
São João da Baliza	CERR	69		1,7
		13,8		1,6
Rorainópolis	CERR	69		2,1
		34,5		2,0
		13,8		1,8
Equador	CERR	34,5		1,5
		13,8		1,6
Nova Colina	CERR	34,5		1,6
		13,8		1,5
Boa Vista	EDRR	230 ⁽¹⁾		0
		69	177,4	-
		13,8		-
Centro	EDRR	69		143
		13,8		137
Floresta	EDRR	69		174
		13,8	40	91
Distrito Industrial ⁽²⁾	EDRR	69		-
		13,8	40	-
Equatorial ⁽³⁾	EDRR	69		145,0
		13,8		138,0

(1) Restrição de energização

(2) Limitada por níveis de curto-circuito

(3) SE Planejada

Para obtenção desses montantes foram adotadas as seguintes premissas:

- Entrada em operação dos empreendimentos em 2021;
- Cenário de despacho de geração térmica, modelo de carga, previsão demanda e cronograma de obras da CERR e EDRR conforme Nota Técnica DEE-EPE-046-2016;
- Demanda no Patamar de carga pesada (em função da disponibilidade de dados);
- Indisponibilidade da LT 230 kV Boa Vista – Santa Elena;
- Transformadores das subestações de conexão com tap fixado e de valor unitário.

É importante ressaltar que os valores dados na Tabela 9 são estimativas, uma vez que para determinar o valor real da capacidade remanescente de escoamento deveria ser feita também análises de curto-circuito, disponibilidade de bay para conexão, cenários de demanda mais conservadores para cada barramento, entre outras análises. Caso seja viabilizada a total substituição das usinas térmicas, a margem é incrementada em um montante equivalente à potência da UTE (por exemplo, na barra de 69 kV da SE Caracaraí a margem total é de $10 \text{ MW} + 4,4 \text{ MW} = 14,4 \text{ MW}$).

Na Figura 13 é possível observar a localização indicativa das principais subestações do sistema elétrico de Roraima.

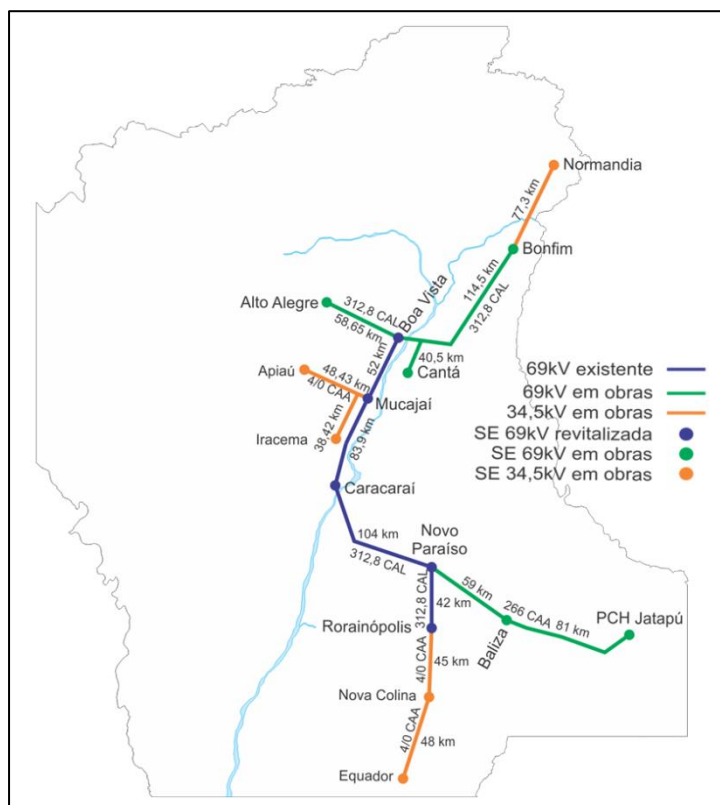


Figura 13 - Localização das subestações
Fonte: CERR

Na Figura 14 é possível observar a localização das subestações em Boa Vista.

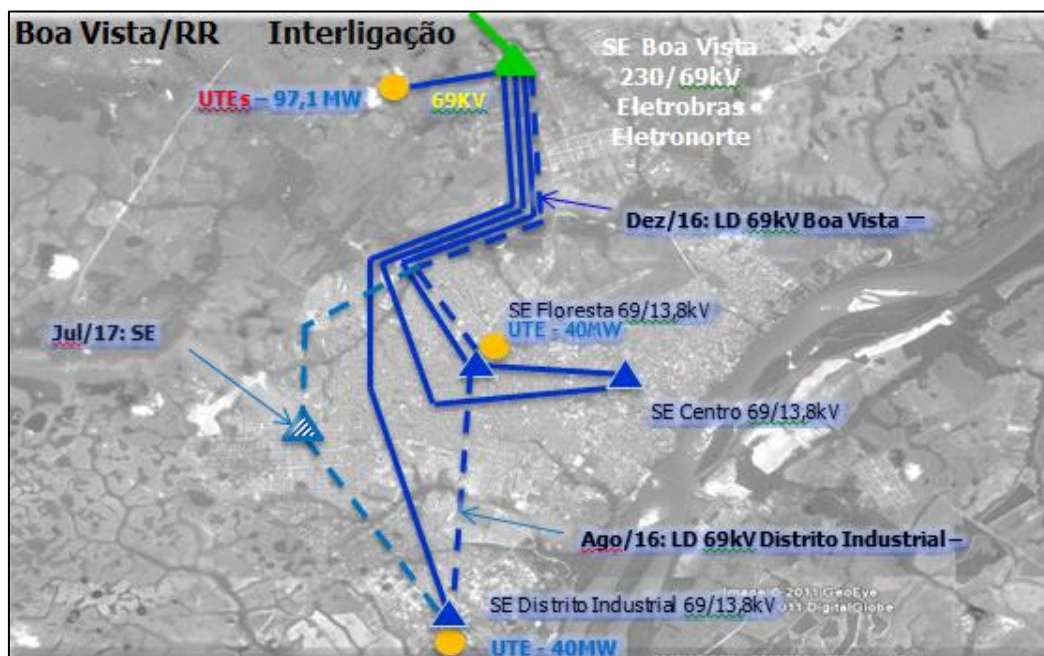


Figura 14: Subestações em Boa Vista
Fonte: EDRR

6. PROJETO ARCO NORTE

Outra opção, que vai além do escopo estabelecido para o subgrupo IV, seria a retomada do projeto Arco Norte, proposto pela Eletrobras em 2013, o qual prevê a interconexão elétrica entre Suriname, Guiana, Guiana Francesa e Brasil (Macapá e Boa Vista), com vistas a aumentar a segurança energética, otimização da operação energética e a confiabilidade do fornecimento de energia e redução da dependência térmica a partir dos derivados de petróleo.

O projeto tornaria possível, a longo prazo (ainda sem prazos estimados), o intercâmbio energético entre esses países, permitindo ganhos cumulativos no uso dos recursos energéticos da Guiana, cujo potencial hidrelétrico estimado é de 7.600 MW (Olade 2009); do Suriname, que conta com capacidade instalada de 410 MW, em 2010, correspondendo a 54% térmica e 46% hidrelétrica, porém com demanda máxima de 250 MW (Dados EBS, 2010), e permitiria a exploração de parte do potencial solar, eólico e de biomassa estimado em 129 MW e do potencial hidroelétrico estimado de 2.420 MW (Olade,2009); e da Guiana Francesa, no entanto, para esse país se exigiria a construção de central conversora de frequência já que o sistema elétrico do país opera em 50 Hz.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo exposto ao longo desta Nota Técnica, o suprimento de energia elétrica ao estado de Roraima pode se dar por meio de diferentes fontes e tecnologias, cada uma com suas particularidades, prazos, benefícios e desvantagens. Destaca-se que o presente documento buscou elencar diferentes alternativas de geração, sem contudo definir a solução mais adequada ou estabelecer valores de potência e custos. Entende-se que tais definições devem se dar em etapas posteriores de estudo, a serem definidas no âmbito do Grupo de Trabalho para atendimento a Roraima.

Dentre as alternativas avaliadas, percebe-se que as fontes solar fotovoltaica e biomassa mostram maior aptidão para implantação em até um ano, contado a partir assinatura do contrato de suprimento de energia elétrica. A maior dificuldade para o aproveitamento imediato dessas fontes reside na capacidade de escoamento no atual sistema de transmissão de Roraima, que restringe a localização e potência injetável na rede.

Importante destacar que o aproveitamento dos potenciais avaliados, de quaisquer fontes, pode ser restringido pela capacidade de escoamento da rede. Em princípio, dado o caráter modular da fotovoltaica, com possibilidade de aproveitamento descentralizado, esta fonte pode apresentar as menores restrições de escoamento. Reforça-se, no entanto, a predominância de carga em Roraima no período noturno, o que não poderia ser atendido por essa fonte.

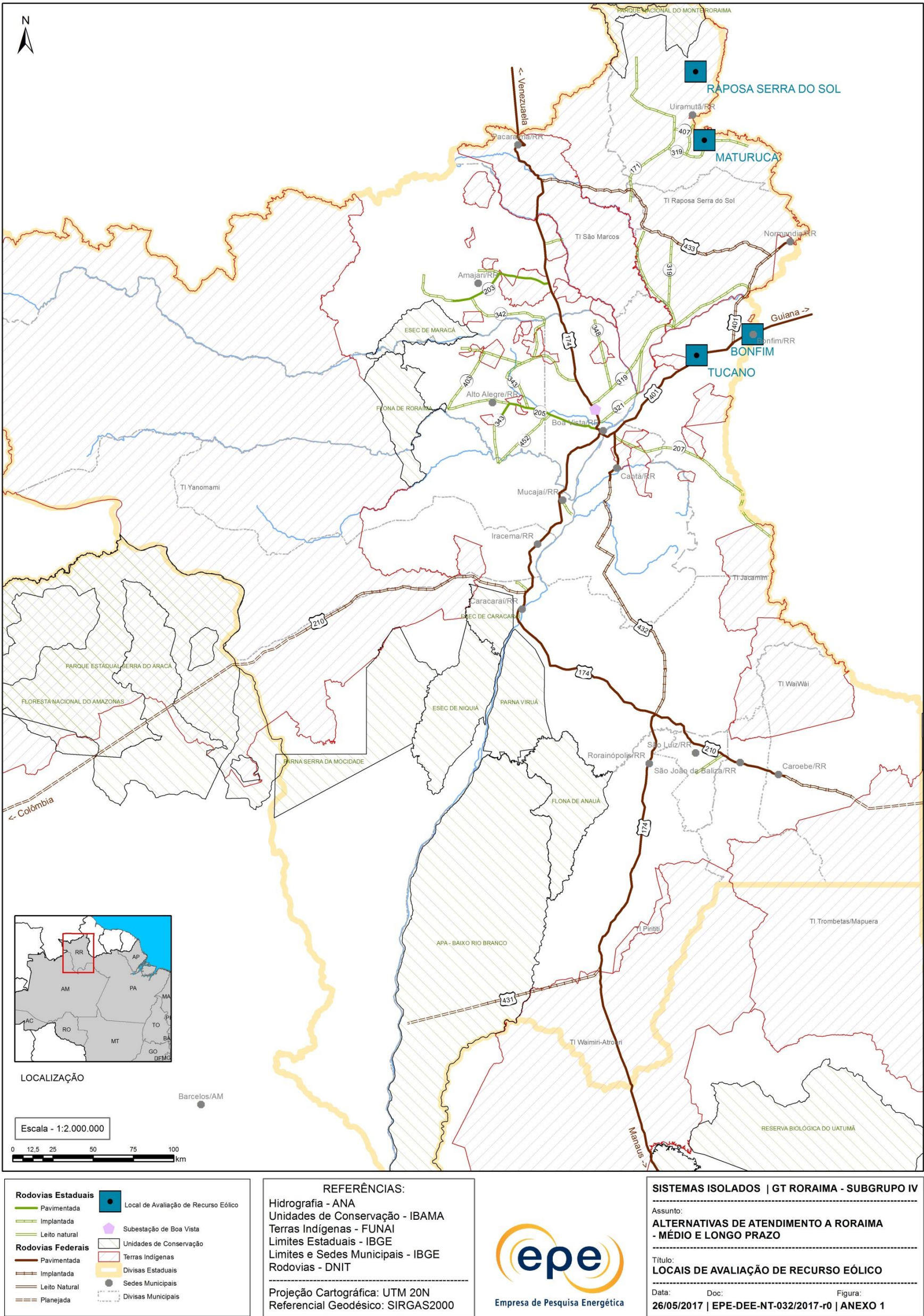
Embora algumas regiões de Roraima apresentem elevado potencial eólico, o efetivo aproveitamento dessa fonte depende de medições anemométricas, ainda não disponíveis, o que demandaria um tempo adicional ao prazo de implantação. Além disso, os locais com maior potencial estimado encontram-se em terras indígenas.

Foram avaliados também aproveitamentos hidrelétricos. Porém não foram encontrados projetos que pudessem ser implantados no horizonte de médio prazo considerado (até 2021). De toda forma, em uma avaliação preliminar, foram identificados aproveitamentos que, se somados, resultam em até 137 MW estimados. O efetivo aproveitamento desse potencial demanda estudos mais avançados, e consequentemente, prazo.

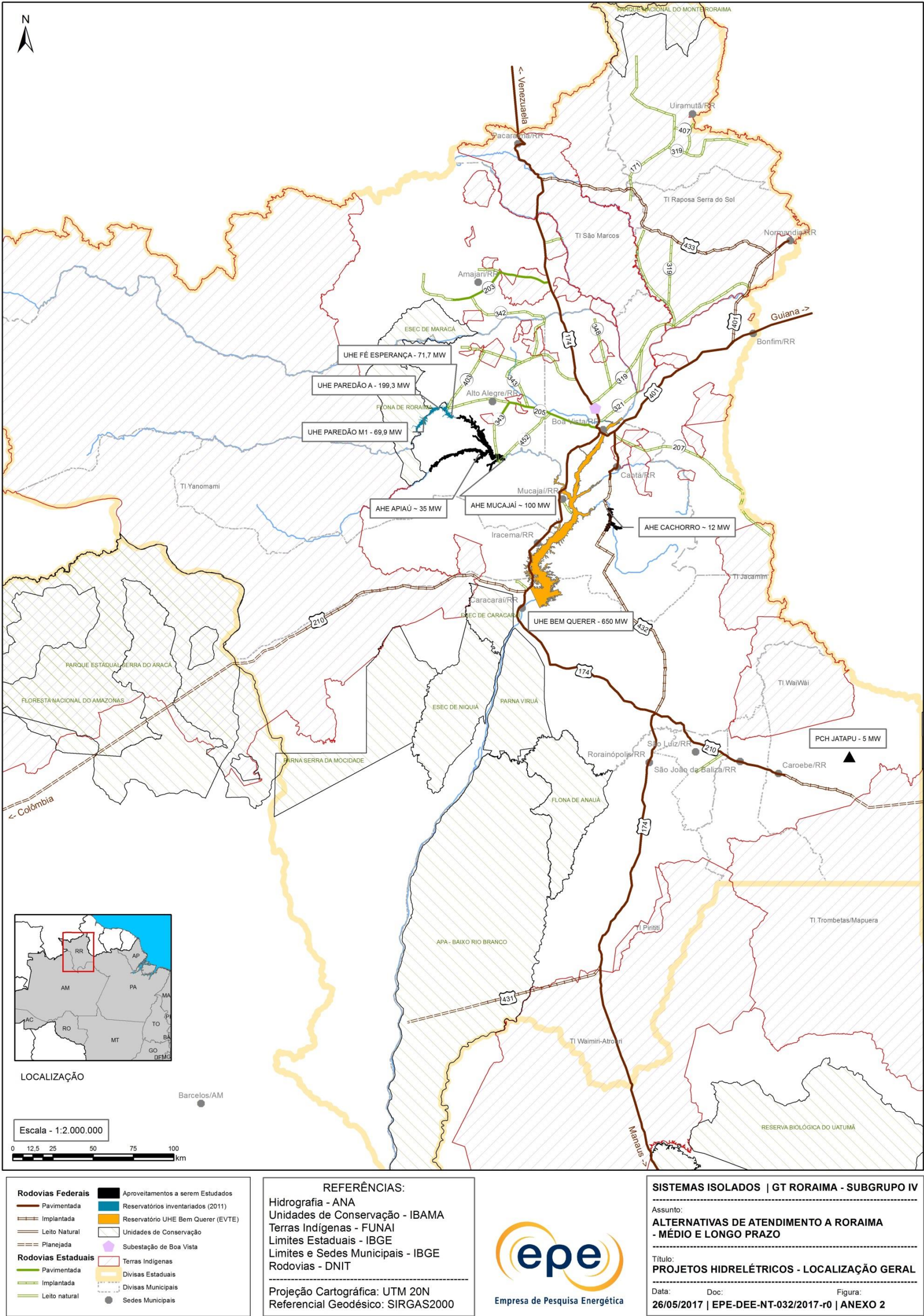
Como solução estrutural e de larga escala, há o aproveitamento da UHE Bem Querer, cuja potência prevista seria até mesmo maior que a demanda prevista para todo o estado de Roraima. Embora possivelmente de menor custo, estima-se que essa usina estaria apta para operação comercial somente a partir de 2026.

Além das alternativas de geração em Roraima, dentre as soluções de longo prazo deve ser considerado também o projeto Arco Norte, que prevê a interconexão elétrica do Brasil (em Boa Vista - RR e Macapá - AP) com Suriname, Guiana e Guiana Francesa, com potencial de geração hidrelétrica nesses países.

ANEXO 1



ANEXO 2



ANEXO 3

