



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - IFCH

ANDRÉ ANDRIW SANTOS DA SILVA

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E SUAS BARREIRAS: O CASO DA GERAÇÃO ELÉTRICA
DO ESTADO DE RORAIMA

Campinas/SP

2022

ANDRÉ ANDRIW SANTOS DA SILVA

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E SUAS BARREIRAS: O CASO DA GERAÇÃO ELÉTRICA
DO ESTADO DE RORAIMA

Dissertação apresentada ao Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), como exigência para obtenção do título de Mestre em Relações Internacionais, na área de concentração Economia Política Internacional.

Orientador: Giuliano Contento de Oliveira.

Co-orientador: Aleix Altimiras Martin.

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO ANDRÉ
ANDRIW SANTOS DA SILVA, E ORIENTADA PELO PROF. DR.
GIULIANO CONTENTO DE OLIVEIRA

Campinas/SP

2022

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas
Neiva Gonçalves de Oliveira - CRB 8/6792

Si38 Silva, André Andriw Santos da, 1997-
Transição energética e suas barreiras : o caso da geração elétrica do Estado de Roraima / André Andriw Santos da Silva. – Campinas, SP : [s.n.], 2022.

Orientador: Giuliano Contento de Oliveira.
Coorientador: Aleix Altimiras Martin.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.

1. Energia - Fontes alternativas. 2. Política energética. 3. Energia elétrica - Produção. 4. Recursos energéticos. I. Oliveira, Giuliano Contento de, 1979-. II. Altimiras-Martin, Aleix, 1981-. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Barriers of energy transition : the case of the power sector in the brazilian State of Roraima

Palavras-chave em inglês:

Alternative energy sources

Energy policy

Electric power production

Energy resources

Área de concentração: Instituições, Processos e Atores

Titulação: Mestre em Relações Internacionais

Banca examinadora:

Giuliano Contento de Oliveira [Orientador]

Drielli Peyerl

Carlos Eduardo Ferreira de Carvalho

Data de defesa: 29-04-2022

Programa de Pós-Graduação: Relações Internacionais

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-9696-6317>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/8866205689237783>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, composta pelos(as) Professores(as) Doutores(as) a seguir descritos, em sessão pública realizada no dia 29 de abril de 2022, considerou o Candidato André Andriw Santos da Silva aprovado.

Prof. Dr. Giuliano Contento de Oliveira

Prof.(a) Dra. Drielli Peyerl

Prof. Dr. Carlos Eduardo Ferreira de Carvalho

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertações/Tese e na Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência Política e Relações Internacionais do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.

Campinas/SP

2022

Dedico este trabalho à minha família e ao povo roraimense, que a compreensão da nossa história seja o caminho da evolução.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Portanto, sou extremamente grato pela oportunidade. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações aqui expressas são de responsabilidade do autor e não necessariamente refletem a visão das instituições que apoiaram esta pesquisa.

Agradeço a Deus por me permitir respirar todos os dias após os impactos da pandemia da Covid-19 que abalaram a minha vida e me tornaram mais forte.

Agradeço o meu orientador, professor Giuliano Oliveira, por ter me dado a liberdade e autonomia para transformar minha curiosidade e vivência como roraimense nesta pesquisa. Seu conhecimento, sua calma e empatia foram fundamentais na conclusão deste projeto. Também agradeço o incentivo do professor Dr. Carlos Eduardo Ferreira de Carvalho, cuja paixão por ensinar economia política da América Latina está escrita em seu rosto.

Agradeço o professor Dr. Aleix Altimiras Martin, que me acolheu durante a disciplina CT – 148 Energias Renováveis, Inovação e Sustentabilidade, tornando-se o meu coorientador. Sem dúvidas, esta cadeira foi primordial para enriquecer a minha mente sobre os fenômenos da energia e da tecnologia.

À minha família, amigos e minha companheira, sou profundamente grato pela paciência, empatia e determinação para entender o quanto este mestrado foi importante para a minha evolução pessoal e profissional.

Gratidão!

“A excelência é a arte que se alcança por meio do treinamento e do hábito; nós somos o que fazemos repetidamente; então, a excelência não é um ato isolado, senão um hábito”

Aristóteles

RESUMO

A transição energética é reconhecida como um dos caminhos de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), em larga escala, através da adoção das fontes renováveis na matriz energética dos países, estados e municípios. No Brasil, impera a ideia de que o país já transitou, uma vez que 45% da sua matriz é composta por fontes renováveis, sendo que 65% da oferta de energia elétrica advém das hidrelétricas. Contudo, há poucas análises sobre como as entidades subnacionais amazônicas estão atuando para implementar políticas de transição. O estado de Roraima é um exemplo de unidade federativa amazônica que possui problemas com a transição da sua matriz elétrica. Trata-se do único ente federativo não conectado ao Sistema Interligado Nacional (SIN) e profundamente dependente das termelétricas a óleo diesel, mesmo apresentando potencial para desenvolvimento das fontes renováveis. Neste sentido, este estudo analisa o processo de transição da geração de energia elétrica do Estado de Roraima, identificando as principais barreiras e explicando como elas dificultam uma maior difusão das fontes renováveis na geração elétrica roraimense. Argumenta-se que as principais barreiras são: a) política-institucional – os agentes públicos e privados estão presos em uma trajetória tecnológica pré-estabelecida na Amazônia e, portanto, agem em defesa de interesse pré-estabelecidos; b) tecnológica, já que o déficit no sistema local de inovação tecnológica renovável dificulta a incorporação e difusão de tecnologias renováveis de geração; c) regulatória e técnica-ambiental, já que o marco regulatório dos sistemas isolados dá pouca margem à incorporação de tecnologias mais sustentáveis na Amazônia e, propriamente, em Roraima; e d) econômico-financeira, já que a escassez de instrumentos de incentivos tornam a geração renovável menos competitiva que a geração fóssil em Roraima. Estas barreiras afetam a transição da geração ao tornar o sistema de inovação tecnológica local incompleto, portanto, incapaz de romper com a trajetória dependente dos sistemas termelétricos à diesel. Metodologicamente, o trabalho utiliza três abordagens: teórica, histórico-institucional e empírico-qualitativa.

Palavras-chave: Fontes alternativas. Política energética. Energia elétrica – Produção. Recursos energéticos.

ABSTRACT

The energy transition is recognized as one of the ways to reduce greenhouse gas (GHG) emissions, on a large scale, through the adoption of renewable sources in the energy matrix of countries, states, and municipalities. In Brazil, the idea prevails that the country has already transited, since 45% of its matrix is composed of renewable sources, while 65% of the electricity supply comes from hydroelectric plants. However, there are few analyzes on the territorialization of this transition in the amazon region. The state of Roraima is an example of an Amazon federative unit that has problems with the transition of its electricity matrix. It is the only federative entity not connected to the National Interconnected System (SIN) and deeply dependent on diesel-fired thermoelectric plants, even with potential for the development of renewable sources. In this sense, this study analyzes the transition process of electric energy generation in the State of Roraima, identifying the main barriers and explaining how they hinder a greater diffusion of renewable sources in Roraima's electric generation. It is argued that the main barriers are: : a) political-institutional – public and private agents are trapped in a pre-established technological trajectory in the Amazon, therefore, they act in defense of status quo; b) technological, since the deficit in the local system of renewable technological innovation makes it difficult to incorporate and disseminate renewable generation technologies; c) regulatory and technical-environmental, since the regulatory framework for isolated systems leaves little room for the incorporation of more sustainable technologies in the Amazon and, properly speaking, in Roraima; and d) economic-financial, since the scarcity of incentive instruments makes renewable generation less competitive than fossil generation in Roraima. These barriers affect the generation transition by making the local technological innovation system incomplete, therefore, unable to break with the trajectory dependent on fossil fuel thermoelectric systems. Methodologically, the work uses three approaches: theoretical, historical-institutional, and empirical-qualitative.

Keywords: Alternative energy sources. Energy policy. Electric power production. Energy resources.

RESUMEN

La transición energética es reconocida como una de las vías para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), a gran escala, a través de la adopción de fuentes renovables en la matriz energética de países, estados y municipios. En Brasil prevalece la idea de que el país ya transitó, pues el 45% de su matriz está compuesta por fuentes renovables, mientras que el 65% del suministro eléctrico proviene de centrales hidroeléctricas. Sin embargo, existen pocos análisis sobre la territorialización de esta transición en la Amazonia. El estado de Roraima es un ejemplo de unidad federativa amazónica que tiene problemas con la transición de su matriz eléctrica. Es la única entidad federativa no conectada al Sistema Interconectado Nacional (SIN) y fuertemente dependiente de centrales termoeléctricas a diesel, incluso con potencial para el desarrollo de fuentes renovables. En ese sentido, este estudio analiza el proceso de transición de la generación de energía eléctrica en el Estado de Roraima, identificando las principales barreras y explicando cómo dificultan una mayor difusión de fuentes renovables en la generación eléctrica de Roraima. Se argumenta que las principales barreras son: a) institucional-política – los agentes públicos y privados están atrapados en una trayectoria tecnológica preestablecida en la Amazonía, por lo tanto, actúan en defensa de la inercia; b) tecnológica, ya que el déficit del sistema local de innovación tecnológica renovable dificulta la incorporación y difusión de tecnologías de generación renovable; c) regulatorio y técnico-ambiental, ya que el marco regulatorio de los sistemas aislados deja poco espacio para la incorporación de tecnologías más sostenibles en la Amazonía y, propiamente hablando, en Roraima; y d) económico-financiero, ya que la escasez de instrumentos de incentivo hace que la generación renovable sea menos competitiva que la generación fósil en Roraima. Estas barreras afectan la transición generacional al tornar disfuncional el sistema de innovación tecnológica local, por lo tanto, incapaz de romper con la trayectoria dependiente de los sistemas termoeléctricos carbonizados. Metodológicamente, el trabajo utiliza tres enfoques: teórico, histórico-institucional y empírico-cualitativo.

Palabras clave: Fuentes alternativas. Política energética. Energía eléctrica – producción. Recursos energéticos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Delimitação do estudo de caso no âmbito do setor elétrico de Roraima	27
Figura 2 –	Limites planetários	38
Figura 3 –	Níveis de concentração de CO2 no Mundo (1959 – 2019).....	41
Figura 4 –	Principais fontes renováveis.....	49
Figura 5 –	Hierarquia da Perspectiva Multinível	57
Figura 6 –	Perspectiva Multinível Dinâmica	59
Figura 7 –	Dinâmica hierárquica das barreiras	75
Figura 8 –	Composição da matriz elétrica brasileira (2020).....	81
Figura 9 –	Divisões do Estado de Roraima	85
Figura 10 –	Densidade demográfica de Roraima até 2010.....	86
Figura 11 –	localização das principais Terras Indígenas em Roraima.....	87
Figura 12 –	Composição do PIB de Roraima por setores (2019).....	88
Figura 13 –	Reservatório da UHE Cotingo	94
Figura 14 –	Local da construção da UHE Bem-Querer.....	96
Figura 15 –	Traçado planejado da Linha de Transmissão Manaus-Boa Vista ..	97
Figura 16 –	Matriz elétrica do Estado de Roraima.....	98
Figura 17 –	Consumo de eletricidade por classe em Roraima.....	99
Figura 18 –	Esquema de geração de eletricidade da UTE Jaguatirica II.....	104
Figura 19 –	Preço do Barril de petróleo (1946-2018).....	107
Figura 20 –	Renda per capita da Venezuela (1980 – 2020).....	108
Figura 21 –	Índices de continuidade do serviço de eletricidade em Boa Vista (2010 – 2019).....	110
Figura 22 –	Composição do mercado roraimense de geração de eletricidade	119
Figura 23 –	Percentual de dispêndios totais em C&T.....	130
Figura 24 –	Impactos das barreiras na transição da geração de Roraima.....	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Tabela 1 – Evolução da Indústria da Eletricidade na Amazônia entre 1920 e 1940.....	91
Tabela 2 –	Tabela 2 – Mercado por classe de consumo em MWh.....	99
Tabela 3 –	Tabela 3 – Principais empresas geradoras de eletricidade em Roraima.....	101
Tabela 4 –	Tabela 4 – Empresas do segmento de geração roraimense pós-2019.....	117
Tabela 5 –	Tabela 5 - Empresas do setor solar fotovoltaico roraimense.....	120
Tabela 6 –	Tabela 6 – Total de vínculos técnico-científicos nos municípios de Roraima.....	131

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	- Definições dos pilares institucionais.....	46
Quadro 2 –	- Funções do Sistema Específico de Inovação Tecnológica (SEIT).....	55
Quadro 3 –	- Tipo de barreiras com base nos estudos selecionados.....	64
Quadro 4 –	- Diferenças entre modelos de gestão do setor elétrico brasileiro.....	79
Quadro 5 –	- Estrutura do Marco Regulatório do Setor Elétrico Brasileiro.....	83
Quadro 6 –	- Políticas de transição da geração elétrica de Roraima.....	113
Quadro 7 –	- Sistema de Inovação Tecnológica Renovável de Roraima (SIT-RR).....	121
Quadro 8 –	- Componentes e condicionantes da barreira política-institucional.....	125
Quadro 9 –	- Componentes e condicionantes da barreira tecnológica.....	129
Quadro 10 –	- Componentes e condicionantes da barreira regulatória e técnica-ambiental.....	133
Quadro 11 –	- Componentes e condicionantes da barreira econômico-financeira.....	136

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AMFORP	American Foreign Power Company
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CAEEB	Companhia Auxiliar de Empresas Elétricas Brasileiras
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CCC	Conta de Consumo de Combustível
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CFCs	Clorofluorcarbonos
CMSE	Comitê de Monitoramento do Sistema Elétrico
CCPE	Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos
ELETROBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte do Brasil
ELETROSUL	Centrais Elétricas do Sul do Brasil
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EMNs	Empresas Multinacionais
ENERAM	Comitê Coordenador dos Estudos Energéticos da Amazônia
FERR	Fórum de Energias Renováveis de Roraima
GD	Geração Distribuída
IPPC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IRENA	Agência Internacional de Energias Renováveis
IEA	Agência Internacional de Energia
IEMA	Instituto de Energia e Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PMBV	Prefeitura Municipal de Boa Vista

SIT	Sistema de Inovação Tecnológica
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
SIN	Sistema Integrado Nacional
SIT-RR	Sistema de Inovação Tecnológica Renovável de Roraima
SILSOLs	Sistemas Isolados
UNFCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica
UE	União Europeia

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Pergunta de pesquisa e hipótese	19
1.2 Objetivos do estudo	22
1.2.1 Objetivo geral.....	22
1.2.2 Objetivos específicos	22
1.3 Justificativa	22
1.4 Metodologia.....	25
1.4.1 Estrutura da dissertação.....	28
2 FUNDAMENTOS DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E SUAS BARREIRAS.....	29
2.1 Origens da sociedade moderna e os impactos no meio ambiente.....	30
2.2 Virada ambiental e o caminho para o desenvolvimento sustentável	32
2.2.1 Motivações para pensar economia pela ótica ambiental sistêmica.....	32
2.2.2 Era dos relatórios científicos e das grandes conferências ambientais (1968 – 1997)....	34
2.2.3 Virada do Milênio e a busca por soluções concretas (2000 – 2015)	37
2.2.4 Crise ambiental, prevalência dos combustíveis fósseis e o Acordo de Paris	38
2.3 Transição energética enquanto mudança estrutural.....	43
2.3.1 Instituições, organizações e trajetória dependente	45
2.3.2 O papel das fontes renováveis	49
2.3.3 Sistema de Inovação Tecnológico como motor da transição	52
2.3.4 Aplicação da Perspectiva Multinível para entender a dinâmica da transição.....	56
2.3.5 Importância da atuação dos atores subnacionais na governança da transição energética	60
2.4 Visão subnacional das principais barreiras da transição energética.....	64
2.4.1 Barreira político-institucional.....	66
2.4.2 Barreira tecnológica.....	68
2.4.3 Barreira regulatória e técnica-ambiental.....	70

2.4.4 Barreira econômico-financeira	72
2.4.5 Hierarquia entre as barreiras	74
3 A GOVERNANÇA DO SISTEMA ELÉTRICO RORAIMENSE	77
3.1 Trajetória regulatória do setor elétrico brasileiro.....	77
3.1.1 Contexto histórico do setor elétrico brasileiro.....	77
3.1.2 Atual modelo institucional do Sistema Elétrico Brasileiro	83
3.2 Formação dos interesses governamentais no potencial hidrelétrico roraimense	87
3.2.1 Contexto socioeconômico e ambiental de Roraima	87
3.2.2 Relação das origens do sistema elétrico amazônico com o estado de Roraima	92
3.2.3 Projeto UHE de Cotingo.....	96
3.2.4 Projeto UHE Bem-Querer	98
3.2.5 Projeto Linhão de Tucuruí.....	100
3.3 Caracterização do Sistema Elétrico de Roraima	101
3.3.1 Empresas operantes no Sistema Isolado de Roraima	103
3.3.2 Linhão de Guri e a parceria Brasil-Venezuela no âmbito energético.....	104
3.3.3 Construção da UHE Alto Jatapu.....	106
3.3.4 Construção da UTE de Jaguatirica II.....	107
3.4 Crise na Venezuela e a falência do sistema elétrico roraimense	108
3.4.1 Panorama da crise econômica e sociopolítica venezuelana.....	109
3.4.2 Instabilidades no sistema elétrico roraimense	112
3.4.3 Impacto geopolítico da Venezuela como indutor da transição do sistema elétrico roraimense	114
4 BARREIRAS NA TRANSIÇÃO DA GERAÇÃO ELÉTRICA DO ESTADO DE RORAIMA	116
4.1 Políticas de transição do setor de geração elétrica	116
4.2 Mercado de geração após o Leilão de Suprimento para Boa Vista e Localidades Conectadas	119
4.3 Funções dos atores no Sistema Roraimense de Inovação Tecnológica Renovável	123

4.4 Barreiras no Sistema de Inovação Tecnológica Renovável de Roraima (SIT-RR)	127
4.4.1 Barreira política-institucional	128
4.4.2 Barreira tecnológica.....	131
4.4.3 Barreira regulatória e técnica-ambiental.....	135
4.4.4 Barreira econômico-financeira	139
4.5 Como as barreiras afetam o andamento da transição energética?	140
5 CONCLUSÃO.....	144
6 REFERÊNCIAS	147

1 INTRODUÇÃO

A energia é recurso um vital para a sobrevivência humana. Ao longo da história, percebe-se que as necessidades da evolução humana foram primordiais para que os seres humanos aprendessem diversas formas de conversão da energia disponível na natureza como forma de aplicá-las nas mais diversas atividades da sociedade, induzindo a transição do suprimento energético por aquele(s) que melhor atendesse as demandas da humanidade.

Atualmente, vivemos uma onda de transição energética fundamentada na necessidade de substituir ou aperfeiçoar tecnologias energéticas densamente carbonizadas por soluções de geração de energia renovável. Tal processo busca reduzir as emissões de gases de efeito estufa e outros impactos ambientais como forma de manter o aquecimento global entre 1.5°C e 2°C e, assim, garantir uma faixa segura de manutenção da vida terrestre face aos impactos das mudanças climáticas.

Embora transitar seja o objetivo principal, ainda não há um plano comum para países, regiões ou entidades subnacionais (ELLIOT, 2000; ARNDT et al., 2017). Teoricamente, cabe a estes atores desenvolverem o próprio caminho, buscando cumprir os requisitos favoráveis à transição energética e ao desenvolvimento sustentável. Por isso, a transição energética vai além da substituição de tecnologias carbonizadas por renováveis, já que envolve, também, mudanças políticas, institucionais e culturais na sociedade (ARNDT et al., 2017; ROGGE; REICHARDT, 2016).

Além disso, mas não menos importante, existe uma desigualdade gigantesca em termos de distribuição geográfica de recursos energéticos e capacidades tecnológicas que favoreçam esse processo, o que torna a largada da transição profundamente assimétrica, diante da distribuição desigual de poder entre países desenvolvidos e periféricos (HAFNER; TAGLIAPIETRA, 2020).

As nações “em desenvolvimento” são caracterizadas, ainda que sob diferentes intensidades, pela elevada desigualdade regional e socioeconômica, por especificidades institucionais e pelas dificuldades de formar uma matriz produtiva eficiente por falta de investimentos em infraestrutura, impondo barreiras para que realizem a transição energética. O desconhecimento dos entraves regionais e locais inviabilizam a transição energética, seria ocioso afirmar. Aliás, é comum na literatura identificar a implementação deste processo como

territorialmente harmonizado (KEMP; SOETE, 1992; GEELS, 2002; SUURS; HEKKERT, 2012), o que acaba por excluir as variáveis que dificultam a difusão das inovações tecnológicas do nível nacional ao subnacional (BRIDGE *et al.*, 2013; COWELL *et al.*, 2016; JAKOB *et al.*, 2020).

Embora com potencial de desenvolvimento energético gigantesco, o Brasil faz parte dessa realidade. Isto porque a despeito da ideia difundida de que o país já efetivou a transição energética, uma vez que 45% da sua matriz energética é composta por fontes renováveis e 65% da oferta nacional de energia elétrica advêm das hidrelétricas - que ainda é considerada pelas autoridades uma tecnologia renovável a ser expandida (EPE, 2020) - regionalmente há problemas diversos a serem superados, como déficit de fornecimento de eletricidade no âmbito urbano e rural e ausência de políticas subnacionais que complementem a política energética nacional.

Este é o caso do estado de Roraima, única unidade federativa que não está interligada ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Para ter acesso a eletricidade, o estado importava o suprimento da Venezuela, situação revertida quando o Brasil encerrou o contrato com o país vizinho, em 2019, acionando integralmente as termelétricas a óleo diesel do estado de Roraima. Nesse cenário, as termelétricas em Roraima se caracterizam por serem duplamente isoladas: 1) há um isolamento do Sistema Interligado Nacional; 2) as termelétricas são distantes dos perímetros urbanos ou mesmo são encontradas em regiões de difícil acesso.

Diante disso, a atuação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no referido estado entre 2010 e 2019 confirmou o potencial de geração renovável de eletricidade, apontando para a implementação de empreendimentos de usinas solares fotovoltaicas, hidrelétricas e termelétricas a biomassa (uso de massa florestal e biodiesel).

1.1 Pergunta de pesquisa e hipótese

O estado de Roraima é uma das oito unidades federativas que formam a Amazônia Legal. Trata-se de um ente federativo estratégico, já que está localizado no extremo norte do Brasil, fazendo fronteira com a Venezuela e a República Cooperativa da Guiana, dois países com acesso direto ao mercado caribenho, norte-americano e europeu. Em termos populacionais, Roraima apresenta uma massa demográfica de 652 mil habitantes, distribuída em quinze municípios. Na região, estima-se que 46 mil indígenas vivem em Terras Indígenas, as quais são

gerenciadas por meio da União (IBGE, 2020). Segundo Instituto Sociambiental (ISA, 2021), existem 32 terras indígenas em Roraima, totalizando 46% do seu território.

Nesse contexto, a geração e distribuição do serviço de energia elétrica no estado foi planejado com intuito de atender não apenas uma pequena demanda populacional, mas, também, driblar as barreiras físicas e geográficas que fazem parte do território amazônico. Assim, optou-se pelas termelétricas a óleo diesel que formam os Sistemas Isolados (SISOLs), que são sistemas desconectados do Sistema Interligado Nacional (SIN) (EPE, 2020; SOUZA, 2011; IEMA, 2021).

Com intuito de diversificar a economia extrativista local e atender o crescimento demográfico acelerado, o Governo Estadual, em parceria com a União, firmou, em 1997, um contrato de importação de energia elétrica da Venezuela, gerada a partir da Hidrelétrica de Guri e transmitida até Boa Vista-RR sob gestão da Eletronorte. O contrato foi encerrado em 2019, após o colapso econômico, social e político do país vizinho, afetando o gerenciamento e a manutenção da Hidrelétrica de Guri, que, por sua vez, geravam interrupções no fornecimento de eletricidade em Roraima (AGÊNCIA BRASIL, 2019).

Essa situação fez com que o Governo de Roraima, primeiramente, acionasse a totalidade das termelétricas no estado para fornecer eletricidade à população. O segundo passo foi determinado pelo acionamento do Governo Federal para a realização de leilões de oferta de geração e transmissão para o estado de Roraima, como forma de garantir a segurança energética por meio de fontes mais sustentáveis ambiental, social e economicamente (EPE, 2020).

Do ponto de vista da transmissão, houve a retomada do projeto Linhão de Tucuruí, em 2011, cujo intuito é trazer a eletricidade gerada na Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHE Tucuruí-PA) mediante construção de longas linhas de transmissão entre Tucuruí, Manaus e Boa Vista. Contudo, a existência de terras indígenas na área projetada gerou diversos embates na justiça entre a empresa contratada e o Ministério Público Federal (MPF), já que a etnia Waimiri-Atroari seria afetada pela passagem das torres de transmissão no território (EPE, 2021; FERR, 2020).

No âmbito da geração, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) mapeou o potencial hidrelétrico dos rios roraimenses, iniciando o planejamento da Usina Hidrelétrica do Bem-Querer (UHE Bem-Querer) como solução efetiva de longo prazo. Além disso, a empresa pública levantou o potencial de geração de eletricidade por meio de fontes renováveis, destacando-se altos índices para implementação de tecnologia solar fotovoltaica, biomassa e biogás (EPE, 2020).

Tal fato fundamentou a Portaria nº 512/2018, do Ministério de Minas e Energia (MME), que previu a realização de Leilão para Suprimento a Boa Vista e localidades conectadas. Com

base no Decreto nº 9.047, de 10 de maio de 2017, que prevê a participação de projetos de geração renovável dentro dos leilões regulados pelo Sistema Isolado (SISOL), o estado de Roraima obteve nove empreendimentos de geração que marcaram o início da transição da matriz elétrica roraimense, combinando termelétricas a óleo diesel, gás natural e biomassa, usinas solares fotovoltaicas e soluções híbridas.

Contudo, esses empreendimentos são limitados, visto que atendem apenas uma parcela da demanda local. Conforme o Fórum de Energias Renováveis de Roraima (FERR, 2020), ao serem comparados a outros empreendimentos de soluções efetivas, como UHE Bem-Querer e expansão das termelétricas a diesel, os custos financeiros, sociais e ambientais dos projetos com solar fotovoltaica e termelétricas a biomassa são muito inferiores, havendo ganhos quanto o potencial de formação de trabalho qualificado e renda.

A literatura sobre o tema sugere a existência de barreiras que desarticulam empreendimentos de geração renovável tanto no nível nacional como estadual. Tais barreiras podem estar associadas não só à governança ineficiente do sistema elétrico nacional, mas, também, à atuação de grupos de interesse que impõem limites às tecnologias renováveis a fim de manter o status quo alinhado aos combustíveis fósseis e a construção de grandes hidrelétricas (COUTO, 2018; PAULA, 2016; SUURS; HEKKERT, 2012).

Nesse sentido, este trabalho questiona: **quais são as principais barreiras relacionadas à transição do segmento de geração elétrica de Roraima e como elas afetam este processo?**

Como **hipótese**, argumenta-se que as principais barreiras são: a) política-institucional – os agentes públicos e privados estão presos em uma trajetória tecnológica pré-estabelecida na Amazônia, portanto, agem em defesa do status quo; b) tecnológica, já que o déficit no sistema local de inovação tecnológica renovável dificulta a incorporação e difusão de tecnologias renováveis de geração; c) regulatória e técnica-ambiental, já que o marco regulatório dos sistemas isolados dá pouca margem para incorporação de tecnologias mais sustentáveis na Amazônia e, propriamente, em Roraima; e d) econômico-financeira, já que a escassez de instrumentos de incentivos tornam a geração renovável menos competitivas que a geração fóssil subsidiada em Roraima. Estas barreiras afetam a transição da geração ao tornar o sistema de inovação tecnológica local incompleto, portanto incapaz de romper com a trajetória dependente dos sistemas termelétricos abastecidos com óleo diesel.

1.2 Objetivos do estudo

1.2.1 Objetivo geral

Analisar o processo de transição do sistema elétrico do Estado de Roraima, identificando e explicando as barreiras que impossibilitam uma maior difusão de tecnologia renovável, bem como estas afetam o andamento da transição no segmento de geração elétrica estadual.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo principal e confirmar a hipótese, foram traçados objetivos específicos, a saber:

- Apresentar os fundamentos teóricos e conceituais da transição energética e as barreiras que obstaculizam esse processo no âmbito da geração;
- Aplicar a análise histórico-institucional sobre a governança do sistema elétrico roraimense, de modo a compreender a origem das barreiras na transição do segmento de geração;
- Mapear e analisar as políticas, os atores e as tecnologias envolvidas na transição da geração elétrica do estado de Roraima;
- Examinar e caracterizar a infraestrutura de inovação tecnológica renovável de Roraima;
- Relacionar os fundamentos teóricos da transição energética e suas barreiras na geração por meio de um estudo de caso sobre a transição do setor de geração de Roraima.

1.3 Justificativa

A importância por trás da elaboração deste estudo concentra-se na necessidade de discutir as barreiras subnacionais da transição energética por meio de um estudo de caso sobre o setor de geração do estado de Roraima. Do ponto de vista da Economia Política Internacional (EPI), este estudo busca contribuir com o entendimento da transição energética enquanto objeto de estudo não apenas das ciências exatas e biológicas, mas, também, das ciências humanas, especificamente nos âmbitos econômico e político, aqui entendidos como indissociáveis. No

mais, análises sobre atores subnacionais tornaram-se relevantes a partir da sua inserção externa após a flexibilização do sistema internacional com o Fim da Guerra Fria na década de 1990 (ALDECOA; KEATING, 1999).

Governos estaduais, prefeituras, Empresas Multinacionais (EMNs), Organizações Não-Governamentais (ONGs) e Organizações Intergovernamentais (OIGs) passaram a ter influência relevante nas relações internacionais com as forças da globalização. Com uma sociedade cada vez mais interconectada por meio dos avanços das tecnologias da informação e da comunicação, e do consequente aumento da quantidade e do fluxo de circulação de informações, diversas agendas ganharam apoio no cenário local, regional, nacional e global (ALDECOA; KEATING, 1999).

Nesse contexto, problemas de cunho global, como as mudanças climáticas, passaram a interessar diversos atores, sobretudo entidades subnacionais que conhecem os problemas socioeconômicos e ambientais das cidades. Por outro lado, missões como a transição energética somente terão efeito mediante cooperação nos mais diversos níveis governamentais, o que implica na necessidade de governos e prefeituras conhecerem suas limitações e buscarem no exterior possíveis soluções (SETZER, 2013; VIOLA; BASSO, 2016).

No contexto amazônico, Becker (2010) sustenta que a Amazônia apresenta problemas estruturais que necessitam de uma abordagem local para serem compreendidos como forma de buscar soluções duradouras. A autora argumenta que o planejamento macrorregional instituído através do Estado brasileiro não conseguiu converter os direitos estabelecidos na Constituição Federal de 1988 em vetores para o desenvolvimento sustentável da região, tornando o território amazônico uma fronteira de reprodução do capital via exploração dos recursos naturais locais sem atender as demandas da população amazônica.

A carência do serviço de eletricidade na Amazônia Legal¹ é um dos problemas que o Estado brasileiro e o mercado possuem dificuldades de solucionar. O Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA, 2019) estima que existem 1 milhão de habitantes sem energia elétrica na Amazônia, sendo 22 mil somente em Roraima. Soma-se a isso o isolamento roraimense do Sistema Interligado Nacional (SIN), o que dificulta o desenvolvimento sustentável local.

Por isso, conhecer quais são as principais barreiras e como elas impedem a difusão de tecnologia renovável no âmbito da geração neste estado da federação brasileira pode fomentar

¹ Território formado pela agregação das unidades federativas: Roraima, Amazonas, Maranhão, Tocantins, Acre, Rondônia, Amapá, Mato Grosso e Pará.

estudos para implementação de políticas públicas de eletrificação urbana e rural no território roraimense.

O alto custo de operação das termelétricas a óleo diesel em Roraima também é uma questão central para entender a relevância das barreiras à transição da geração elétrica no estado. Existem 65 sistemas isolados no estado, com carga média de 157 MW. Tais estruturas de geração formam os sistemas isolados na Amazônia, com média de 475 MW – 0,7% da potência nacional – e com custo anual de R\$ 7 bilhões em subsídios, rateados com o consumidor por meio da taxa Conta de Consumo de Combustíveis² (CCC) (EPE, 2021).

O debate para solucionar a dependência das termelétricas a combustível fóssil tem convergido para a construção da Usina Hidrelétrica de Bem-Querer, o que apresenta indefinições quanto à capacidade de geração e o elevado custo ambiental e financeiro do empreendimento (FERR, 2020). Diante da estagnação da política nacional de transformação do rico potencial hidrelétrico da Amazônia em grandes empreendimentos elétricos, as elites políticas e econômicas locais têm demonstrado profundo interesse em reativar essa estratégia a partir da construção da Hidrelétrica de Bem-Querer, como forma de atrair investimentos para Roraima (FERR, 2020).

Tal movimento contradiz o compromisso do Estado brasileiro em reduzir o papel das hidrelétricas na oferta interna de eletricidade, a fim de cumprir com as Contribuições Nacionalmente Determinadas (CNDs) no âmbito do Acordo de Paris. Esse movimento estatal também visa reduzir a vulnerabilidade da matriz elétrica brasileira frente as mudanças climáticas (BRASIL, 2016).

Contudo, há poucas referências no que diz respeito ao real comprometimento dos atores subnacionais amazônicos com as metas estabelecidas pelo governo brasileiro (ARAGON, 2015; NOBRE; NOBRE, 2020). Do ponto de vista da literatura sobre transição energética, Cowell *et al.* (2016) argumenta que “poucos pesquisadores têm dado atenção ao papel dos governos subnacionais – estados e municípios – na busca por uma matriz energética mais sustentável”.

Vale frisar que a adoção de tecnologias sustentáveis requer amplo apoio da população e das instituições democráticas, por isso há uma demanda por estudos que contextualizem a

² Conforme a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), a CCC é um encargo do setor elétrico brasileiro pago por todas as concessionárias de distribuição e de transmissão de energia elétrica, de forma a subsidiar os custos anuais de geração em áreas ainda não integradas ao Sistema Interligado Nacional - SIN, chamadas de Sistemas Isolados.

participação dos atores locais na formulação e implementação das políticas de transição energética (JAKOB *et al.*, 2020; COWELL *et al.*, 2016).

Como o único estado da federação não conectado ao Sistema Interligado Nacional (SIN) e recém independente da importação de eletricidade da Venezuela, Roraima tem buscado outras fontes de geração de energia elétrica a fim de mitigar a insegurança energética do estado. Como pesquisador roraimense, buscar entender como Roraima ficou tão vulnerável energeticamente ao longo do tempo também motivou a elaboração deste estudo.

1.4 Metodologia

Para compreender a complexidade das barreiras da transição energética a partir de uma análise subnacional, o trabalho ora proposto, baseado em um estudo de caso, combinou três abordagens: a) teórica, caracterizada por uso de fundamentações dos estudos sobre Sistemas de Inovação e barreiras da transição energética; b) histórico-institucional, como forma de acompanhar a trajetória institucional do setor elétrico brasileiro, amazônico e roraimense, ao longo do tempo; e c) empírico-quantitativo, baseada em dados e indicadores selecionados relacionados à transição no segmento de geração elétrica de Roraima.

Sil e Katzenstein (2010) definem a combinação de perspectivas como uma postura intelectual que suporta esforços para complementar, combinar e selecionar bases teóricas tradicionais como forma de construir argumentos complexos que respondam problemas de natureza teórica e prática. Portanto, o seu uso tem como objetivo lançar luz em fatores relacionados a uma pergunta de pesquisa específica.

Tal postura exige: a) uma visão pragmática a fim de lidar com problemas associados a tomada de decisão; b) questões de pesquisa são formuladas de forma a abranger a complexidade da realidade em estudo; c) para explorar essas questões, a casualidade se torna uma aliada por meio da combinação de componentes teóricos e empíricos existentes (SIL; KATZENSTEIN, 2010).

A abordagem dos sistemas de inovação possui bases conceituais fundamentais para entender os componentes que estimulam a transição energética, destacando-se técnicas de exploração das fontes energéticas renováveis, como também a construção do arcabouço regulatório, mercadológico e as barreiras inerentes à tecnologia renovável de geração elétrica (KEMP; SOETE, 1992; HEKKERT *et al.*, 2007; SUURS; HEKKERT, 2012).

A aplicação da abordagem histórico-institucional³ parte da premissa de que a transição energética em Roraima enfrenta barreiras que se originaram no processo de formação política e econômica da Amazônia, o que influenciou também na maneira como a União organizou o setor elétrico na região. Segundo Roberts e Geels (2019), a combinação da abordagem histórico-institucional com os estudos sobre transição energética permite entender a postura e as motivações dos políticos e gestores públicos e privados frente ao contexto de ascensão da tecnologia renovável. Tais atores se caracterizam por aversão ao risco e a inovação justamente por estarem presos a práticas institucionais pré-estabelecidas (status quo).

Têm-se como técnica de identificação das barreiras à transição energética a revisão sistemática da literatura em revistas de renome da área de Energia, Energias Renováveis e Transição Energética. Feito isto, separou-se e analisou-se os estudos que citavam barreiras em comum de acordo com as categorias: a) barreira política-institucional; b) barreira tecnológica; c) barreira regulatória e técnica-ambiental; e d) econômico-financeira.

A abordagem empírico-quantitativa, por sua vez, busca apresentar evidências a respeito do processo de transição da geração de eletricidade em Roraima e das suas principais barreiras a partir de dados e indicadores selecionados. Este trabalho, assim, fez um estudo de caso sobre o segmento de geração em Roraima, o que incluiu avaliação das políticas, mercado e o sistema local de inovação tecnológica.

Combinar o arcabouço teórico e o estudo de caso como ferramenta de análise nos permite evidenciar, com mais precisão, as dinâmicas que se formam no território. Para as Relações Internacionais, os estudos empíricos são relevantes justamente por apresentar evidências que tornam este campo de estudo – comumente tratado como excessivamente teórico – palpável, o que favorece o entendimento sobre a complexidade das interações domésticas com o espaço internacional e vice-versa.

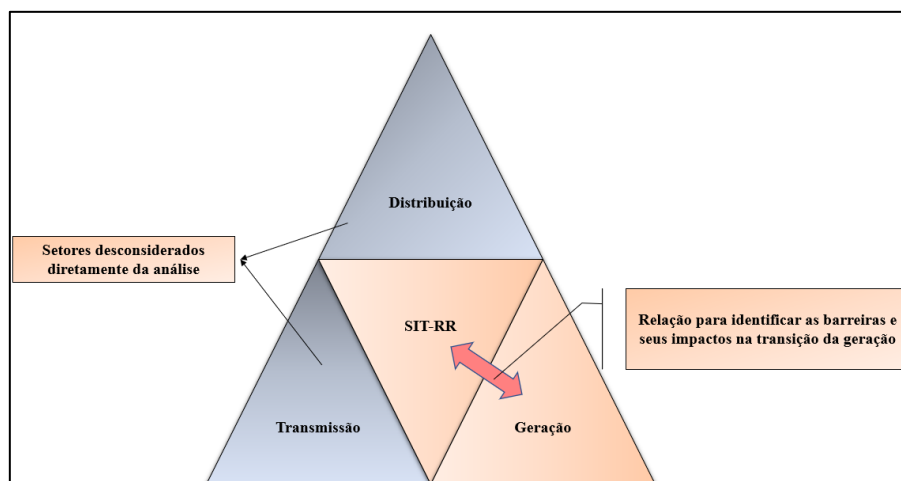
Consciente de que o desenvolvimento das inovações tecnológicas consiste no núcleo da transição energética, o conceito de sistema de inovação tecnológica renovável tem um papel fundamental neste estudo, já que se aplicou sua estrutura dentro do estudo de caso para mapear atores e suas funções na infraestrutura de inovação tecnológica de Roraima. Assim, em vez de focar estritamente no setor da geração elétrica, buscou-se encontrar as barreiras dentro do sistema local de inovação, denominado Sistema de Inovação Tecnológica Renovável de

³ A abordagem histórico-institucional faz parte do conjunto de ferramentas desenvolvidas pelo novo institucionalismo para mapear a trajetória institucional dos países e regiões ao longo do tempo. Trata-se de um recurso muito utilizado na Ciência Política e Economia Institucional como forma de caracterizar as regras do jogo das organizações e da sociedade em análise. Tal técnica se alimenta de fontes históricas, políticas públicas, documentos institucionais, matérias jornalísticas da época, entrevistas etc.

Roraima (SIT-RR), já que este se torna responsável por absorver tecnologias, técnicas e processos e difundir no âmbito da geração elétrica em Roraima (ver figura 1).

Ainda que a revisão da literatura sobre barreiras da transição energética tenha sido feita com foco em países/regiões/cidades em desenvolvimento, constatou-se uma dificuldade de associar as variáveis identificadas no estudo de caso e aquelas abordadas nos estudos teóricos, o que exigiu adaptações sobre os elementos que formam as barreiras. Essas adaptações consideraram a análise histórico-institucional da governança do sistema elétrico roraimense, além de indicadores selecionados de acordo com cada barreira da transição.

Figura 1 – Delimitação do estudo de caso no âmbito do setor elétrico de Roraima



Fonte: elaboração do autor.

Em termos de recorte sobre a tecnologia utilizada para transitar, a escolha foi feita com base nos estudos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2011; 2020) sobre o potencial de geração através de usinas hidrelétricas como fonte geradora renovável, solar fotovoltaica e termelétricas a biomassa (biodiesel e massa florestal). A inclusão das usinas hidrelétricas (grande porte) no âmbito de análise tem como fundamento a percepção do Estado brasileiro ainda a considerar como uma solução limpa. Assim, este estudo reconhece suas limitações no que tange ao incentivo da inovação, bem como dos impactos ambientais gerados na construção (FEARNSIDE; BARBOSA, 2015).

A coleta de informações para subsidiar o estudo foi delimitada entre 2010 e fevereiro de 2022, uma vez que se utilizará principalmente os estudos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) sobre a matriz elétrica do estado de Roraima. Os dados referentes ao setor elétrico nacional e de Roraima foram coletados de fontes secundárias, como relatórios institucionais,

base de dados e portarias da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e Operador Nacional do Sistema (ONS).

No mais, destaca-se o uso de documentos de administrações municipais, estaduais e empresariais, como também estudos realizados por agências do terceiro setor sobre energia em Roraima e na Amazônia Legal. Para subsidiar o estudo de caso, foram utilizadas fontes de matérias jornalísticas dos meios de comunicação locais, utilizando-se dos seus buscadores para pesquisar os termos “crise energética em Roraima”; “energias renováveis em Roraima”; “Sistemas Isolados”.

1.4.1 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida, além desta introdução e da conclusão, em três capítulos. O segundo, intitulado fundamentos da transição energética e suas barreiras, apresenta as bases conceituais em torno dos processos que moldaram as mudanças tecnológicas energéticas do passado até o século XXI. Destacou-se o papel da governança ambiental internacional e sua influência na decisão política de transitar.

O terceiro capítulo realiza um resgate histórico da trajetória institucional da governança do setor elétrico roraimense, o que incluiu uma revisão histórica sobre a formação do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) e suas capilaridades na região amazônica, desembocando em Roraima.

O quarto capítulo, por sua vez, aborda o estudo de caso sobre a transição da geração elétrica de Roraima. Nele, foram analisadas as políticas, estrutura de mercado e as funções dos atores no SIT-RR. Soma-se a isso a avaliação das barreiras identificadas com base no SIT-RR e como elas afetam o andamento da transição energética do estado.

2 FUNDAMENTOS DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E SUAS BARREIRAS

Este capítulo tem como objetivo apresentar as fundamentações teóricas da transição energética e suas barreiras. Isso exigiu a formulação de uma discussão sobre as motivações históricas e recentes para arquitetar a atual transição, ou seja, a busca por tornar a matriz energética global menos poluente por meio da adoção de fontes preferencialmente mais sustentáveis.

Curiosamente, esta não é primeira transição energética registrada. A humanidade já viveu diversos processos que motivaram a adoção de diversos energéticos no cotidiano. Porém, há uma grande diferença do processo atual em relação aos anteriores: a complexidade da organização humana (CECHIN, 2010).

Nós, seres humanos, evoluímos ao ponto de tornarmos profundamente energeticamente dependentes. Toda a organização da vida humana gira em torno dos suprimentos energéticos disponíveis, o que inclui a conversão deles para transformar e produzir alimentos e bens; transportar pessoas e mercadorias; gerar eletricidade, aquecer casas e cozinhar alimentos (SMIL, 1994).

Quando e como a humanidade se tornou tão dependente energeticamente? Esta é uma das perguntas que orientaram a elaboração deste capítulo. A resposta nos leva para outro problema: a origem desses processos também passou a impactar o meio ambiente. Por que e como? Atualmente existe um imenso esforço científico internacional para responder essas indagações, mas há um consenso: a maneira como vivemos e produzimos interfere no sistema terrestre (SMIL, 1994; IPCC, 2019).

2.1 Origens da sociedade moderna e os impactos no meio ambiente

A sociedade moderna é caracterizada pelo intenso uso da tecnologia na transformação dos recursos disponíveis na natureza – energia e matéria – em bens materiais e serviços, como forma de satisfazer as necessidades humanas através do consumo, principal componente da sustentação do modelo capitalista. Embora tal processo seja fundamental para o aumento da longevidade do ser humano e aprimoramento do seu bem-estar, diversos impactos ambientais são emanados a partir da interação desequilibrada do homem com a natureza (SMIL, 1994; CECHIN, 2010).

O desequilíbrio está relacionado à intensidade de exploração da natureza pelo ser humano, já que a expansão da população exige maiores quantidades de energia e matéria (SMIL, 1994). Essa relação se fortaleceu com o estabelecimento de laços comerciais, ainda no século XV, com o início das grandes navegações. Porém, somente com os ciclos evolutivos das Revoluções Industriais, com início no último quartem do século XVIII, que a humanidade adquiriu capacidades tecnológicas que alargaram as formas de absorver e transformar matéria em energia (SMIL, 1994; CECHIN, 2010).

De acordo com Smil (1994), o primeiro ciclo começou no Reino Unido, com o desenvolvimento da máquina a vapor, cuja adaptação nas fábricas elevou a produtividade, bem como reduziu o tempo de viagem ao usarem a invenção nos transportes de longa distância (trens e navios). As variações e adaptações escalonares da máquina a vapor foram fundamentais para dinamizar o setor carvoeiro britânico, que passou a ter alta demanda das cidades fabris em intensa ascensão econômica e social.

O autor acrescenta que o segundo ciclo disruptivo advém com o descobrimento do petróleo e da evolução da química. Duas inovações que moldaram a organização social e econômica dos países em ascensão industrial – Reino Unido, Alemanha, EUA e Japão. Primeiramente, os hidrocarbonetos são energéticos de baixa entropia, isto é, possuem alta densidade material para serem transformados em calor. Com a combinação do motor a combustão e os derivados de petróleo – gasolina, diesel, lubrificantes –, os sistemas de transportes e produtivos evoluíram, transformando as dinâmicas sociais no final do século XIX.

Com o crescimento socioeconômico das potências industriais, o petróleo logo se tornou vital para a manutenção do sistema social, produtivo e comercial, fazendo com que líderes políticos e militares das economias industriais desencadeassem disputas geoestratégicas (políticas e econômicas) com países ricos em hidrocarbonetos a fim de garantir a oferta desse suprimento estratégico. Tal dinâmica se dava por meio de uma relação imperialista com regiões

menos desenvolvidas tecnologicamente, o que incorreu em guerras e o estabelecimento de colônias para fins de exploração dos recursos naturais (SMIL, 1994; HOBSEBAWM, 1994).

Outro fator determinante para a construção da sociedade industrial no final do século XIX foi a evolução da química. A combinação de processos e inovações na ciência impulsionaram o surgimento da indústria química pesada, incluindo a fabricação de ácido sulfúrico, soda e cloro. Oliveira et al. (2010) sustenta que a indústria têxtil passou a utilizar o cloro como branqueador de fibras, bem como a soda foi usada na produção de sabão e vidros.

De acordo com Hobsbawm (1994), o surgimento de uma sociedade industrial balizada em ciência, inovações tecnológicas e empreendedorismo, dinamizou o capitalismo a ponto de torná-lo o modelo a ser difundido globalmente por parte das nações imperialistas. Nesse contexto, os impactos ambientais e humanos eram entendidos como o preço a ser pago pelo progresso nacional, tornando-se fatos secundários na vida da civilização.

O autor sustenta que essa visão amparou inúmeras políticas de desenvolvimento no Pós-Segunda Guerra Mundial (1945-1973), cuja reconstrução nacional, principalmente dos países europeus, se condicionou por meio dos investimentos na indústria pesada (química, energética, metalúrgica), grandes obras de infraestrutura e telecomunicações. A necessidade de estancar, a partir de 1950, a ascensão da União Soviética sobre a Europa Oriental e da China revolucionária sobre a Ásia fez com que os Estados Unidos investissem incansavelmente nos empreendimentos industriais europeus e japoneses mediante parcerias com empresas estratégicas, vinculadas sobretudo aos setores de energia, transportes, agricultura e químicos.

A reconstrução exigiu uma canalização massiva de recursos materiais e energéticos de países especializados somente na extração e exportação de matéria-prima, sobretudo ferro, cobre, carvão e petróleo (HOBSEBAWM, 1994). De outra maneira, potencializou-se a produtividade agrícola por meio da aplicação de fertilizantes, que embora tenha elevado as curvas de oferta de produtos, impactou diretamente a ambiência quando massivamente aplicado nas lavouras (SMIL, 1994).

Tais atividades foram fundamentais para ativação dos componentes da industrialização nos países periféricos, desencadeando um crescimento econômico acompanhando por uma explosão demográfica e deslocamento da massa humana do campo para as cidades. O resultado foi uma urbanização descontrolada, sem estrutura mínima para viabilizar condições de bem-estar para a população (HOBSEBAWM, 1994).

2.2 Virada ambiental e o caminho para o desenvolvimento sustentável

É inegável que os avanços tecnológicos e econômicos após a Segunda Guerra Mundial foram imprescindíveis para a evolução humana. Porém, esse processo gerou inúmeros efeitos colaterais no sistema terrestre, os quais foram gradualmente mapeados pelo método científico nos anos 1950.

Pensando nisso, esta seção tem como objetivo apresentar a discussão em torno da relação entre desenvolvimento socioeconômico e meio ambiente, exigindo uma apreciação das motivações que buscaram integrar a racionalidade econômica às dinâmicas ambientais. Além disso, destacou-se como os relatórios científicos fundamentaram a articulação, mesmo conflituosa, entre chefes de Estado, empresários e representantes da sociedade civil para repensar o conceito de desenvolvimento econômico e torná-lo mais sustentável.

2.2.1 Motivações para pensar economia pela ótica ambiental sistêmica

A virada ambiental corresponde aos inúmeros encontros científicos e políticos que marcaram a política internacional a partir dos anos 1960, em razão da influência dos discursos ambientais na construção de regimes que buscassem não apenas criticar as limitações da concepção de desenvolvimento calcada no crescimento econômico sem preocupação com a natureza, mas, também, construir um pensamento que integrasse o progresso da humanidade com conservação e preservação de ecossistemas naturais já fragilizados em função da interferência do homem. Tais discussões formaram uma agenda própria, calcada na cooperação, no multilateralismo, originando a governança ambiental internacional (VIOLA, 1986).

Este movimento tem como pano de fundo as discussões científicas ocorridas na década de 1950, no contexto da Guerra Fria, que consideravam os impactos sociais, econômicos, ambientais e políticos da reconstrução pós-guerra (VIOLA, 1986). O descontentamento sobre a percepção dos impactos ambientais e a premissa de que o homem é superior à natureza semeou novas abordagens sobre a organização do desenvolvimento econômico, destacando-se o surgimento do pensamento da economia ecológica.

Cechin (2010) sustenta que essa corrente de pensamento teve como fundamento os estudos do economista romeno Georgescu-Roegen, cuja orientação teórica e metodológica se distanciava do paradigma dominante na área econômica, isto é, as premissas da economia

neoclássica⁴. Georgescu-Rogen entendia que o sistema econômico não era isolado como se pensava na época (autossuficiente), já que o fluxo energético e material canalizado para a produção demonstrava que a organização humana estava em constante troca com o sistema maior, o planeta Terra, sendo, portanto, um sistema aberto.

A análise feita por Georgescu tinha como fundamento as Leis da Termodinâmica. A primeira, a conservação da energia, afirma que matéria e energia não são descartáveis, mas transformados em formas energéticas. No sentido oposto, a segunda Lei se apresenta como entropia, significando que toda transformação energética envolve produção de calor que tende a se dissipar. Isso mostra que, embora possa-se recuperar parte desse calor para propósito útil, não se pode aproveitá-lo totalmente em virtude de sua tendência à dissipação (CECHIN, 2010).

Nesse sentido, a degradação energética tende a atingir um máximo em sistemas isolados e não é possível reverter esse processo. Isso quer dizer que o calor tende a se distribuir de maneira uniforme por todo o sistema, e calor uniformemente distribuído não pode ser transformado em trabalho (CECHIN, 2010, p. 61).

Ao contrastar com a visão neoclássica, onde o crescimento econômico possui bases na maximização dos recursos (capital, tecnologia, trabalho, terra), com inúmeras possibilidades de substituição e combinação entre bens e serviços, que são aproveitadas por empreendedores guiados pela ética individualista e do lucro, Georgescu-Rogen concluiu que as premissas neoclássicas não se confirmam na realidade. Isso porque a visão de progresso social e econômico estabelecido pelas visões neoclássicas tenderia ao esgotamento do sistema, já que os recursos naturais disponíveis são finitos (GEORGESCU-ROGEN, 1986).

O entendimento disso parte da concepção sobre o próprio modo de viver do ser humano. Como parte dos organismos vivos capazes de “resistir” à tendência universal de degradação entrópica das coisas, os seres humanos sobrevivem, crescem e aumentam sua organização social por meio do processo de importar energia de qualidade de fora dos seus corpos – entropia negativa – e exportando entropia, ou seja, incrementando a entropia ao seu redor. Um exemplo disso diz respeito à cadeia alimentar: na base, existem as plantas, organismos dissipativos que convertem energia solar em energia química mediante fotossíntese, e estocada em moléculas de açúcares; as plantas são consumidas por animais que não produzem o próprio alimento –

⁴ A economia neoclássica consiste em um conceito genérico para enquadrar as correntes de pensamento econômico que têm como premissas fundamentais: comportamento plenamente racional dos agentes; autorregulação dos mercados mediante oferta e demanda; prevalência da livre iniciativa; e desnecessidade de intervenção do Estado na economia (CECHIN, 2010).

sobretudo mamíferos, como seres humanos – como forma de adquirir energia (SMIL, 1994; CECHIN, 2010).

Ao longo da história, a humanidade tem utilizado sua inteligência para criar aparatos e processos avançados de conversão de energia, evoluindo e aumentando sua complexidade de acordo com o maior consumo energético. A descoberta do petróleo e do carvão, por exemplo, proporcionou a sustentação dos carros e trens com motores à combustão em longos percursos, como também ampliou as horas de geração de eletricidade. Todavia, a transformação dessa fonte de energia gerou impactos negativos na forma de matéria que polui o ar, os mares e os solos, como as emissões de dióxido de carbono, metano e enxofre (SMIL, 1994).

Segundo Smil (1994), ao elevar exponencialmente a complexidade do consumo energético humano, maiores são os impactos observados na natureza, já que o processo econômico é o maior conversor criado pelo homem para transformar energia útil em inútil, geralmente ilustrada na forma de rejeitos industriais, gases poluidores, restos de alimentos etc.

Por isso, o sistema econômico não está excluído do sistema maior, a Terra, que por ser um grande reservatório energético e material finito, também possui processos entrópicos. A influência dos estudos de Georgescu-Roegen originou a Economia Ecológica, campo de estudo dedicado à compreensão integrada do sistema produtivo com o meio ambiente. Tal corrente de pensamento influenciou inúmeros estudos analisados nos tópicos a seguir.

2.2.2 Era dos relatórios científicos e das grandes conferências ambientais (1968 – 1997)

Com base nos avanços acelerados da industrialização, urbanização, produção de alimentos, desmatamento e mineração dos países desenvolvidos e a distribuição dos efeitos nos países em desenvolvimento que, em 1968, surge o Relatório Limites ao Crescimento, cuja síntese se resume na visão de que o elevado ritmo das economias dos Estados centrais e periféricos esgotaria os recursos da Terra. Segundo Meadows (2007), a causa principal está no crescimento exponencial das atividades econômicas, que resultam em impactos ambientais capazes de alterar o sistema biofísico terrestre.

O relatório, com origens no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), e financiado pelo Grupo de Roma, influenciou inúmeros movimentos populares e acadêmicos em prol da conservação do meio ambiente. Ondas de influência ecológica penetraram na agenda política europeia e americana a partir dos anos 1970, que também foram marcados pela realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente em Estocolmo (1972) (VIOLA, 1986).

De acordo com Viola (1986) pela primeira vez discutia-se a nível internacional os problemas ambientais do crescimento econômico global. O resultado da conferência foi a Declaração de Estocolmo, que estipulou princípios para preservação e conservação do meio ambiente como componentes auxiliares do desenvolvimento. Além disso, criou-se o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2022), responsável pela gestão de recursos e projetos inerentes a agenda ambiental no sistema das Organizações das Nações Unidas (ONU).

A derrocada das economias industriais com a crise do petróleo, em 1973, evidenciou a profundidade da dependência dos países em relação ao combustível. Tal fato fundamentou a criação das políticas públicas nacionais pioneiras na mitigação da dependência dos combustíveis fósseis por meio de incentivos às fontes renováveis. Estados Unidos, Japão e Alemanha lançaram políticas de pesquisa e desenvolvimento para geração de eletricidade com tecnologia eólica e solar, assim como carros com motores elétricos e híbridos (JACOBSSON; JONHSON, 2000). No Sul Global, o Brasil lançou o programa Pró-Álcool, cujo intuito era substituir veículos movidos a gasolina e diesel importado por automóveis movidos a álcool produzido a partir do processamento da cana de açúcar (FURTADO et al., 2020).

Com uma segunda crise na oferta de petróleo, em 1978, o governo dos Estados Unidos buscou avaliar opções em torno da potencialização dos investimentos em combustíveis fósseis e a nascente tecnologia renovável. O ponto de inflexão surgiu com a divulgação, em 1979, do Relatório Charney, encomendado pelo gabinete presidencial norte-americano no ano anterior para analisar os impactos dos combustíveis fósseis no clima, caso houvesse maiores investimentos na indústria poluidora. O resultado foi muito claro: as emissões de dióxido de carbono dobrariam até o fim do século XX; haveria uma elevação da temperatura terrestre entre 1.5 e 4.5°C; destabilizações substanciais nos sistemas climáticos regionais (PERRY, 2009).

Ainda que o relatório tenha trazido argumentos robustos, as políticas de incentivo aos combustíveis fósseis continuaram. Todavia, o estabelecimento de políticas nacionais de mitigação da dependência nos anos 1970 comprovou que a capacidade de ação dos atores políticos, científicos e econômicos, com uma agenda de preservação ambiental e redução das emissões, somente seria estimulada através de crises sistêmicas, exigindo soluções inovadoras que os assegurassem anseios da população no médio e longo prazo. Tais políticas semearam as inovações tecnológicas sustentáveis que passaram a ser incentivadas a fim de concorrer com a tecnologia fóssil (JACOBSSON; JOHNSON, 2000).

Nos anos 1980, a agenda ambiental internacional ganhou novos contornos com a busca de soluções concretas para os principais problemas ambientais identificados na época,

destacando-se a fragmentação da camada de ozônio, mudanças climáticas e poluição dos rios e mares. Em 1985, assinou-se, em Viena, a Convenção de Viena para Proteção da Camada de Ozônio, a qual estabelecia princípios para a proteção do ozônio estratosférico, que, portanto, deveriam nortear políticas administrativas e jurídicas nacionais. A evolução desse documento veio em 1987, com a assinatura do Protocolo de Montreal Sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, o qual estabeleceu diretrizes e obrigações para redução do consumo de substâncias que destroem a camada de ozônio, como o Clorofluorcarbonetos (CFCs) (BRASIL, 2022).

Além disso, houve a divulgação do Relatório Brundtland, ou o Nosso Futuro Comum, em 1987. Nele, reconheceu-se a relação da pobreza do Terceiro Mundo e do consumismo exacerbado das nações industrializadas como vetores da destruição do meio ambiente e das mudanças climáticas. O crescimento global desigual evidenciava que, mesmo com crescimento acelerado do Produto Interno Bruto (PIB), questões qualitativas relacionadas ao bem-estar humano eram ignoradas, portanto, reforçavam os desequilíbrios ambientais (PNUMA, 2022).

Conforme o relatório, exigia-se um conceito de desenvolvimento que abarcasse não só o aspecto do crescimento do Produto Interno Bruto, mas também apresentasse transformações qualitativas na vida humana. Com efeito, Nosso Futuro Comum apresentou o desenvolvimento sustentável como caminho alternativo, um caminho cujo significado está na percepção de que o progresso deve atender as necessidades da geração atual sem comprometer as capacidades de sobrevivência da futura geração (PNUMA, 2022).

A realização da Rio +20, em 1990, no Brasil, foi outra conferência que marcou as discussões sobre o desenvolvimento sustentável. No primeiro momento, houve uma intensa discussão entre chefes de Estados, empresários e representantes da sociedade civil sobre os responsáveis pelos níveis de emissões de gases de efeito estufa. No segundo caso, representantes do Sul Global argumentaram acerca da necessidade de os países industrializados financiarem os projetos de desenvolvimento sustentável nos países pobres ou em via de desenvolvimento como forma de reduzir as emissões de GEE (VIOLA; FRANCHINI, 2012).

Com a assinatura do documento que formalizava a Agenda 21 por 179 países, a conferência da Rio+20 logrou em apresentar e integrar as dimensões sociais, ambientais e econômicas em torno de uma agenda que apresentasse soluções sustentáveis para os principais problemas que assolavam – e ainda assolam – a humanidade, como a pobreza, a fome, a desigualdade social, o desemprego, a proliferação de doenças, entre outros desafios (VIOLA; FRANCHINI, 2012).

Entretanto, Viola e Franchini (2012) destacam que a intransigência dos países industrializados e dificuldade de negociação dos acordos em órgãos multilaterais por causa de conflitos de interesse, tornaram a Rio +20 uma reunião com poucas soluções concretas frente ao crescente desafio dos problemas sociais ambientais. A retomada das discussões ganhou fôlego com a construção do Protocolo de Kyoto, em 1994, a fim de reduzir as emissões de GEE, sobretudo das respectivas matrizes energéticas dos países industrializados e em desenvolvimento.

Entre 1990 e 1999 houve intenso fortalecimento da agenda ambiental, uma vez que a agregação de atores empresariais, acadêmicos e não-governamentais ampliaram as discussões com a sociedade por meio da mídia, internet e demonstrações públicas (VIOLA; FRANCHINI, 2012). Destaca-se também não apenas o relevante progresso científico no entendimento da influência do homem na desestruturação do sistema biofísica da Terra, mas também os avanços tecnológicos no âmbito das fontes renováveis com redução substancial de custos – destaque para solar e eólica –, que, gradualmente, eram implementadas nas cidades europeias, japonesas e norte-americanas (LAGO, 2006).

2.2.3 Virada do Milênio e a busca por soluções concretas (2000 – 2015)

A entrada nos anos 2000 se consagrou pela intensa discussão, dentro das Nações Unidas, sobre a relação dos problemas sociais com as dimensões ambientais. O estabelecimento dos Objetivos do Milênio, na Cúpula do Milênio em 2000, representou a necessidade de acoplar metas globais como forma de alinhar os países ao desenvolvimento sustentável.

Em 2002, com a realização da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável em Johannesburgo, as discussões diplomáticas buscavam encontrar um caminho comum para os impasses envolvendo nações centrais e periféricas. De acordo com Lago (2006), as relações desiguais de comércio e a dificuldade de obter empréstimos para financiar projetos nacionais de combate à pobreza eram os principais reclames dos representantes dos países em desenvolvimento, representado pelo Grupo das 77 economias em desenvolvimento (G77).

A governança do desenvolvimento sustentável sofrera transformações substanciais entre 2002 e 2007. Isso porque a divulgação do 4º Relatório de Avaliação das Mudanças Climáticas trouxe modelos metodológicos robustos para interpretar os efeitos das emissões nas variações climáticas. Com o incremento da precisão metodológica na contabilização das emissões de GEE e identificação de impactos climáticos, gradualmente a comunidade científica

convergência para o consenso de que os seres humanos causaram não só o aquecimento de 1°C na temperatura da Terra, mas, também, depende de ações de mitigação e adaptação para aliviar os riscos climáticos por vir (IPCC, 2007).

Consequentemente, houve uma centralização das discussões a nível internacional para as mudanças climáticas, renegando as conversas sobre outros problemas ambientais – acidificação dos oceanos, desflorestamento, perda dos fluxos bioquímicos – às agências ambientais nacionais e repartições especializadas das Nações Unidas (STEFFEN et al., 2015a).

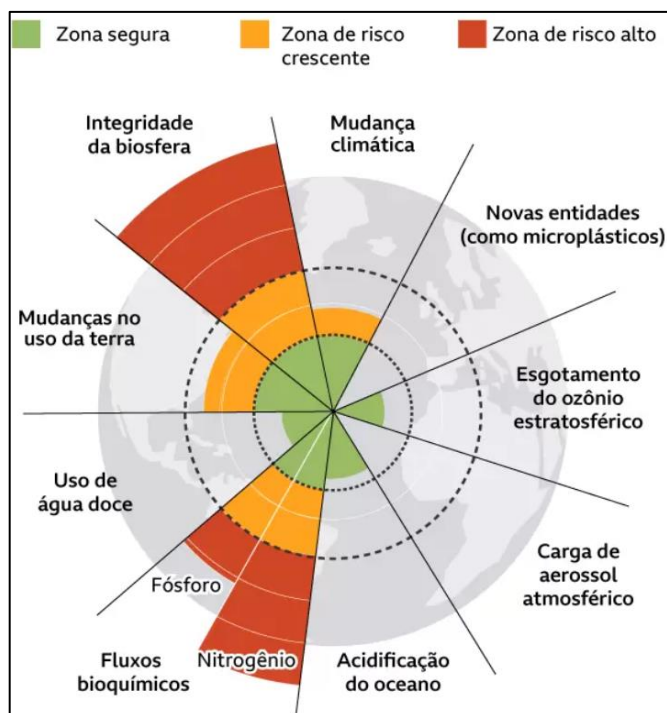
Com a crise financeira global (2007-2009), iniciou-se um movimento de agregar uma retomada verde como forma de acelerar a transição para uma economia de baixo carbono. Todavia, dado a relevância da indústria fóssil na geração de empregos das nações industrializadas, a recuperação econômica foi fortemente fundamentada em incentivos fiscais para indústria carvoeira e petroleira. O descompasso entre os ideais clamados desde 1972 nas negociações diplomáticas sobre meio ambiente e a profunda dependência das indústrias fósseis nas economias nacionais evidenciou quão fraca são as ações para transitar para uma matriz econômica global mais sustentável frente ao risco político de se instituir legislações de redução das emissões.

2.2.4 Crise ambiental, prevalência dos combustíveis fósseis e o Acordo de Paris (2015 – 2021)

O entrelace entre crescimento econômico, explosão demográfica e urbanização descontrolada ampliou a destruição dos ecossistemas naturais conforme os seres humanos se aproximavam. Contaminações do solo, da água e do ar, alterações no uso da terra, desmatamento e queimadas se tornaram vetores comuns da interferência do homem nos componentes que formam o sistema terrestre, ocasionando uma crise ambiental sem precedentes (STEFFEN et al., 2015).

Analisar as interferências e as consequências desses processos para a humanidade motivou muitos cientistas ao redor do mundo. Parte desse esforço se concretizou com o desenvolvimento do conceito dos limites planetários, criada pelo pesquisador sueco Johan Rockström, do Centro de Resiliência de Estocolmo, em parceria com Will Steffen, da Universidade Nacional da Austrália. Com base na figura 2, visualiza-se que os pesquisadores definiram nove limites integrados, onde quatro já foram ultrapassados.

Figura 2 - Limites planetários



Fonte: BBC (2021)

A integridade dos limites planetários está sendo ameaçada ano após ano, em razão dos constantes impactos gerados por meio das atividades humanas. A mudança climática é a principal e a mais conhecida consequência da interferência humana no equilíbrio do sistema terrestre. Conforme a Convenção Quadro das Nações Unidas para as Mudanças Climáticas (UNFCCC, em inglês), a mudança climática consiste em uma alteração no clima que é atribuída, direta ou indiretamente, à atividade humana que altera a composição da atmosfera global, comparando tal fator com a variabilidade natural do clima ao longo do tempo (IPCC, 2014).

De acordo com o 5º Relatório do Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC), gerenciado pelas Nações Unidas, as ações humanas geram alterações no clima em um ritmo que os fatores naturais não causariam (IPCC, 2014). Nesse sentido, estima-se que desde as Revoluções Industriais a temperatura global aumentou 1,1°C. Esse aumento tem influenciado eventos climáticos adversos, que ocorrem gradualmente ao redor do mundo e provocando custos sete vezes maiores do que as variações climáticas da década de 1970 (BBC, 2021).

O caso da destruição da integridade da biosfera, isto é, a perda da biodiversidade e do conjunto de espécies consiste em outra fronteira que está na zona de alto risco. Isso significa que muitas espécies foram extintas, havendo poucas chances de recuperação. A relevância da biosfera está justamente na capacidade de fornecer as bases para a coevolução da vida terrestre (STEFFEN et al., 2015a; BBC, 2021).

Outro limite ultrapassado diz respeito as mudanças no uso da terra, ocasionadas sobretudo para transformação das vegetações em solos agriculturáveis. Conforme Steffen et al. (2015a), a perda das florestas tropicais por queimadas e desmatamento consiste em um exemplo de fragmentação deste limite planetário. Além disso, os fluxos bioquímicos estão completamente ameaçados. Tal processo consiste nas alterações dos ciclos de fósforo e nitrogênio, cujos usos estão concentrados relevantemente através dos fertilizantes, que são aplicados em larga escala na produção agrícola. Com a massiva aplicação nas lavouras, os componentes químicos derivados dos fertilizantes penetram nos lençóis freáticos, desembocando em rios e mares.

O uso de água doce também faz parte da fronteira planetária, sobretudo por meio da agricultura, do consumo humano e industrial. Todavia, a agricultura tem utilizado intensamente os 2,5% de água doce disponível no mundo para produzir grãos e animais. Somente a Amazônia detêm 20% da água doce global, ecossistema natural que se encontra em ataques em razão da expansão da fronteira agrícola e da urbanização descontrolada.

A acidificação dos oceanos consiste em outra fronteira quase ameaçada. Trata-se de um processo que ocorre concomitante a circulação dos gases de efeito estufa na Terra, já que os oceanos absorvem parte da concentração de dióxido de carbono (CO₂) circulante na atmosfera. O 5º Relatório do IPCC (2014) estimou que o oceano absorveu 30% das emissões antropogênicas de CO₂, o que expõe a vida marinha aos efeitos da acidificação dos oceanos.

Segundo Steffen et al. (2015a), uma fronteira ameaçada que a humanidade conseguiu reverter foi o esgotamento do ozônio estratosférico. A proibição global dos clorofluorcarbonos (CFCs), estipulado no Protocolo de Montreal em 1989, facilitou a recuperação da camada de ozônio. Contudo, ainda existem cargas de aerossóis na atmosfera que estão alterando os fluxos físicos-bioquímicos terrestres, fenômenos ainda difíceis de serem explicados por meio da ciência em razão da ausência de dados históricos.

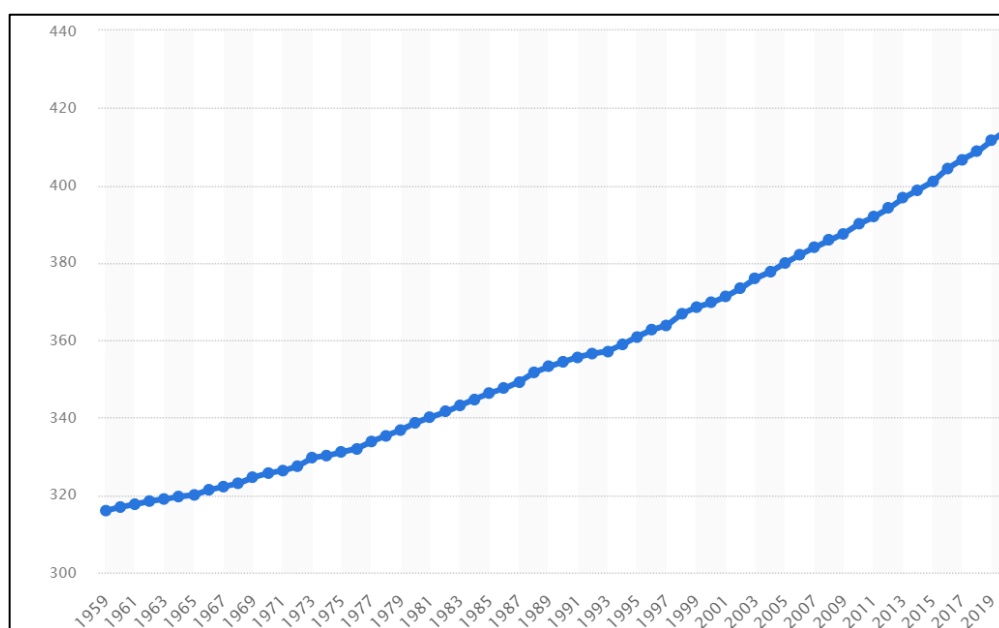
O autor sustenta que tanto a carga de aerossóis como as novas entidades são fronteiras planetárias completamente novas, que carecem de estudos e metodologias para averiguar o tamanho do risco em que esses componentes do sistema terrestre se encontram. Os estudos do IPCC (2014) e Steffen et al. (2015a) foram claros quanto a desintegração sistemática do sistema terrestre. Por que, mesmo cientes das percepções, os chefes de Estado e executivos das Multinacionais demoram para tomar atitudes concretas?

De acordo com dados da empresa Statista (2020), as elevações dos gases de efeito estufa na atmosfera, principalmente dióxido de carbono (CO₂), somente cresceram desde 1959 (ver figura 3). Tal fato estimulou as autoridades das potências industriais e dos países em

desenvolvimento a se articularem com firmeza em torno das tratativas do Acordo de Paris. Trata-se do maior acordo negociado multilateralmente para estabelecer metas globais de redução e mitigação das emissões de GEE, zerando as emissões até 2050.

Mesmo havendo esforço diplomático no âmbito das negociações multilaterais para reduzir as emissões e acertar soluções que possibilitassem a transição da matriz energética global, existe uma grande incerteza quanto à capacidade das fontes renováveis conseguirem garantir o fornecimento energético global. Conforme a Agência Internacional de Energia (IEA, 2022), mais da metade da matriz energética global é composta por combustíveis fósseis. Isso demonstra o quanto os maiores consumidores, sobretudo países industrializados ou em desenvolvimento, estão presos nas tecnologias fósseis, já que ainda existe uma dificuldade de difundir as fontes renováveis para outros setores demandantes como transportes, aquecimento domiciliar, cozimento e processos industriais que ainda são inflexíveis em termos de modificação de combustíveis.

Figura 3 - Níveis de concentração de CO₂ no mundo (1959-2019)



Fonte: STATISTA (2020)

Nota: nível de CO₂ calculado em partes por milhão

O Acordo de Paris, assinado pelos Estados membros, em 2015, estabelece metas de emissões para setores industriais relevantes, o que deve mexer com interesses de diferentes atores inseridos na indústria fóssil. Estados Unidos, China e Rússia descreditaram os objetivos do acordo, colocando metas menos ambiciosas. O resultado foi a estruturação de uma série de

compromissos ambientais por mais de 190 países, que lutam para transformar o acordo em realidade (WRI BRASIL, 2019).

Porém, sabe-se que nas Relações Internacionais fatores domésticos afetam as interações internacionais entre os países e vice-versa. Não por acaso que, a partir de 2015, a ascensão de governos conservadores no Ocidente desarticulou os esforços multilaterais para o desenvolvimento sustentável. Segundo Silva e Honorato (2021), a ascensão de governos conservadores nas principais potências industriais pós-Acordo de Paris freou os avanços da agenda ambiental no âmbito doméstico e internacional.

A saída do Reino Unido da União Europeia e a eleição de Donald Trump para a presidência dos Estados Unidos embaçaram o aprofundamento dos acordos climáticos. Outro fato diz respeito a própria decisão de Trump de retirar os EUA, um dos maiores poluidores globais, do Acordo de Paris, fragilizando as ambições do multilateralismo em torno da governança ambiental global.

No final de 2019, irrompeu-se na China a pandemia da Covid-19, impactando a saúde e a economia global. A adoção de medidas restritivas nas cidades resultou na diminuição das emissões de gases de efeito estufa por um breve período. Além disso, a pandemia evidenciou que a maneira como a sociedade capitalista está organizada somente gerará pandemias, uma vez que o maior contato com ecossistemas isolados e o descontrole fitossanitário revelarão novas infecções com o passar dos anos (SILVA; HONORATO, 2021).

Inúmeros governos entenderam o impacto causado pela covid-19, orientando-os a buscar modelos de desenvolvimento mais sustentáveis. Em termos concretos, a retomada econômica da União Europeia e dos Estados Unidos têm se balizado por políticas de crescimento verde agregadas no *Green New Deal*, plano governamental que visa aplicação de investimentos massivos em infraestruturas urbana e energética sustentáveis, geração de emprego, eficiência produtiva e redução dos resíduos sólidos (SILVA; HONORATO, 2021).

Em resumo, é perceptível a evolução das discussões em torno das temáticas envolvendo o desenvolvimento sustentável. No plano regional ao internacional, evidenciou-se a construção gradual de conversas diplomáticas que falharam, em razão do descolamento da agenda doméstica em relação as exigências da governança ambiental internacional. Nota-se que houve aprendizado para não apenas retomar as articulações em instâncias multilaterais, como também difundir políticas públicas nacionais e modelos de negócios coerentes com o desenvolvimento sustentável.

2.3 Transição energética enquanto mudança estrutural

Uma das exigências da governança ambiental e energética internacional diz respeito à necessidade de tornar as matrizes energéticas dos Estados mais sustentáveis como forma de reduzir ou mesmo zerar as emissões de gases de efeito estufa. Essa demanda é o principal objetivo da transição energética que, ao longo dos anos, passou a constituir uma agenda própria de discussões e negociações diplomáticas, bem como cooperação técnico-científica entre nações, agências estatais, empresas e entes subnacionais.

A concepção de transição energética parte do conjunto de estudos sobre transições sociais que ocorreram ao longo da história. Áreas como a Sociologia, Ciência Política, História e Economia se integraram com a Engenharia para fornecer estudos de forma a racionalizar as modificações profundas que ocorreram no meio social a partir da relação humana com os suprimentos energéticos (ARNDT et al., 2017).

Smil (1994) defende que ao longo da história aconteceram inúmeras transições de suprimentos energéticos que moldaram a evolução humana. A descoberta do fogo, o assentamento humano e o desenvolvimento de técnicas agrícolas, uso de animais para realizar trabalho na lavoura são alguns exemplos de vetores que possibilitaram o maior fornecimento de energia para os seres humanos usarem no cotidiano. O autor também afirma que, na origem da sociedade industrial, a passagem da biomassa para o carvão mineral e a coexistência do carvão com o petróleo e o gás natural ditaram o caminho de transformação socioeconômica e ambiental.

Na segunda metade do século XX, a necessidade de entender e desenvolver tecnologias de produção energética mais sustentáveis para os países influenciaram os estudos sobre energia, tornando-se cada vez mais interdisciplinares e constituindo um campo de estudo multisetorial. No entanto, as raízes que sustentam esse campo do saber se estabeleceram através das premissas da economia evolucionária que merecem ser lembradas neste trabalho (KEMP, SOETE, 1992; GEELS, 2002).

A economia evolucionária possui duas visões principais sobre o desenvolvimento da tecnologia no seio da sociedade. A primeira visão diz que a evolução tecnológica consiste em um processo de variação, seleção e retenção de artefatos tecnológicos. A segunda interpretação diz que a evolução tecnológica consiste em uma reconfiguração da sociedade que inclui

reorganização das instituições⁵ e das práticas culturais que moldarão a organização política e econômica de determinado território ao longo do tempo (GEELS, 2002).

Nesse sentido, as duas visões complementam os estudos sobre transição energética. Isso porque o principal componente da transição se refere à mudança tecnológica, isto é, ao conjunto de grandes transformações no campo tecnológico, influenciando na maneira como a sociedade funciona. A mudança tecnológica não envolve apenas tecnologia, mas, também, modificações nos elementos que circundam ela, como regulação, técnicas produtivas, infraestrutura e significados simbólicos (GEELS, 2002; SUURS; HEKKERT, 2012).

Conforme Geels (2002), outro componente relevante se refere a combinação entre o uso da tecnologia pela sociedade e sua capacidade de influenciar outros meios – político, econômico, ambiental e social. Tal fenômeno ficou conhecido como transição sociotécnica, que é entendida como um processo inconsistente – até mesmo caótico – de reordenamento e substituição das associações de funções sociais por causa do emprego de uma tecnologia no meio social⁶. Uma alteração em um único elemento é capaz de promover modificações nos outros.

Assim, entende-se que a tecnologia não funciona sem a ação humana. Rip e Kemp (1997) afirmam que a tecnologia consiste em uma “configuração funcional”. Enquanto a configuração se refere ao alinhamento de elementos heterogêneos, o funcional busca atender demandas sociais. Dominar a configuração funcional leva tempo, uma vez que envolve aprendizado humano, ou seja, segue uma rotina de estudos, comportamentos, desenvolvimento de habilidades e protótipos.

Com base nisso, a definição de transição energética consiste em uma mudança sociotécnica, já que interfere na maneira como a sociedade se organiza, produz e consome em função da transição tecnológica, ou seja, a substituição de todos os elementos inerentes a fonte energética existente por outra mais eficiente e competitiva. Esse fenômeno foi amplamente registrado na história. O caso da substituição da lenha pelo carvão na oferta primária de energia e, posteriormente, pelo petróleo é o maior caso registrado. Outro exemplo se refere a troca das carruagens por carros com motor a combustão no final do século XIX e início do século XX (SMIL, 1994; GEELS, 2000; SUURS; HEKKERT, 2012).

⁵ As instituições podem ser entendidas como um conjunto de hábitos culturais, práticas produtivas e normas sociais que moldam a organização social e econômica de determinado grupo humano no tempo e no espaço (GEELS, 2002; BEZERRA, 2009).

⁶ O melhor exemplo desse contexto consiste na substituição da mão de obra humana por máquinas. Tal fato desencadeou uma série alterações nas relações sociais e laborais, como extinção de determinadas profissões e aperfeiçoamento das habilidades humanas ao longo do tempo (BEZERRA, 2009).

No contexto da governança ambiental internacional, a transição energética tem sido interpretada como o movimento de substituição das tecnologias dos combustíveis por fontes renováveis, impulsionando também outra transição – sociotécnica – da sociedade rumo a sustentabilidade ao longo do tempo (GEELS, 2002; HEKKERT et al., 2007).

O conjunto de transições (energética, relação social, cultural e produtiva) evidencia uma coevolução sustentada a partir das sociais com a tecnologia e vice-versa. Entretanto, não está claro como surgem as inovações tecnológicas, nem como elas influenciam o ambiente político e social.

Entender como surge as inovações tecnológicas renováveis e como esse processo desemboca na sociedade exige uma compreensão de que maneira os seres humanos se organizam para inovar. Por ser uma atividade social, a inovação flui de uma série de organizações estabelecidas por regras, hábitos e culturas. Compreender como isso ocorre será o objetivo dos tópicos a seguir.

2.3.1 Instituições, organizações e trajetória dependente

Conforme Hodgson (2006, p. 5), as instituições são um sistema estabelecido por normas e regras sociais que regulam as interações sociais de um determinado espaço ao longo do tempo. O autor entende as instituições como formais, destacando-se leis, códigos, despachos presidenciais e constituições ou, informais, quais são emanadas por práticas culturais e religiosas (HODGSON, 2006).

North (1990) argumenta que as instituições são responsáveis por reduzir a incerteza sobre as relações sociais ao conferir uma estrutura, mesmo que ineficiente, com comportamentos previsíveis. A simples negação dessa estrutura resulta em punições estabelecidas por agentes que usam as organizações para manter a ordem social e implementar mudanças na sociedade.

A literatura sobre Sistemas de Inovação e Transição Energética considera as instituições como fatores essenciais para a impulsão da inovação (GEELS, 2004; LUNDVALL, 2016; HEKKERT et al., 2007). Contudo, Geels (2004) sustenta que, apesar das considerações teóricas do Sistema de Inovação e Transição Energética sobre o papel das instituições no incentivo às soluções tecnológicas, ainda não está claro de que maneira as instituições influenciam a inovação.

Isso porque as análises condicionam as instituições como agentes estáticos, meramente tratadas como regras e arcabouços legais analiticamente postos. Além disso, geralmente confundem instituições como organizações públicas e privadas (empresas, ministérios, universidades e centros de pesquisa) em vez de articulações sociais altamente dinâmicas dentro do Sistema de Inovação (GEELS, 2004).

De acordo com North (1990, p. 16), é preciso distinguir o conceito de instituições e organizações. O autor defende que enquanto as instituições são as regras do jogo das relações humanas, as organizações correspondem a um grupo de indivíduos vinculados por algum propósito comum em busca de determinados objetivos por meio de uma estrutura definida por rotinas, hábitos e métodos de aprendizado. Elas podem ter funções regulatórias, educacionais, econômicas, políticas e religiosas. O fato é que tanto o gênero das organizações que se formam como o modo segundo o qual elas evoluem são fundamentalmente influenciados através das instituições.

As forças que germinam as organizações principais dizem respeito a afinidade com valores, crenças e práticas culturais comuns – ideologia –, bem como a percepção de uma janela de oportunidade a ser aproveitada pelo grupo. A agregação de pessoas mediante um ideal comum favorece a padronização de comportamentos e a reprodução de ideias uniformizadas – ausentes de conflitos sociais – que favorecem a assimilação de informação e do aprendizado.

De outro modo, North (1990) defende que as organizações são formadas com determinados fins em consequência do conjunto de oportunidades decorrentes dos condicionamentos oferecidos por um arcabouço institucional. A regulação dos direitos de propriedade, sistema tributário, regras de punição, processos decisórios são componentes do arcabouço institucional que afetam o desempenho econômico nacional justamente por estarem atrelados à definição dos custos de transação e de produção (NORTH, 1990, p. 17).

O autor sustenta que instituições e organizações possuem uma relação simbiótica. O sistema institucional cria estímulos e oportunidades para as organizações usufruírem. Tais organizações defendem o sistema institucional em relação aos concorrentes justamente por dependerem dos seus benefícios. North, não caracteriza essa relação simbiótica detalhadamente, o que deixa vago como esse processo germina e ocorre.

Nos estudos sobre Sistemas de Inovação, Geels (2004) apresentou argumentos sobre como ocorre a relação simbiótica. O autor entende as instituições como caminhos que coordenam as organizações do sistema sociotécnico. Tal coordenação está dividida em três pilares, como destacado no quadro 1.

Quadro 1 - Definições dos pilares institucionais

Pilar Institucional	Definição	Exemplo
Regulatório	Refere-se às dimensões explícitas (formais) das leis que restringem o comportamento humano e organizacional. São internalizados por meio do processo decisório nacional.	Leis, Diretivas, Regulações governamentais, concessão de patentes, contratos, estrutura tributária.
Normativo	Também conhecido como instituições informais, consistem no arcabouço cultural e religioso que molda o comportamento humano. É internalizado por meio da socialização.	Crenças religiosas, valores, direitos, deveres e responsabilidades sociais, normas de conduta e reconhecimento da autoridade e pressão social.
Cognitivo	Consiste nas regras que formam a realidade e as molduras pelas quais são feitas a comunicação e a construção do conhecimento.	Linguagem, técnicas de produção, conceitos, símbolos, esquemas, sinais, gestos, mitos e teorias.

Fonte: Elaboração própria. Com base em GEELS (2004); SCOTT (1995)

Segundo Geels (2004), o pilar regulatório consiste nas instituições formais, ou seja, as leis, normas, diretivas e outras regulações governamentais, disponíveis na Constituição, que são emanadas por meio do processo decisório nacional. Tem as organizações de Estado como as principais reguladoras dos conflitos sociais, da definição de direitos, bem como das fundamentações para punição.

O autor acrescenta que o pilar normativo consiste nas instituições informais, uma vez que se condiciona a imersão do arcabouço cultural e religioso. É internalizado por meio da interação entre diferentes estratos sociais – socialização –, gerando crenças, valores, direitos, deveres e responsabilidades sociais.

O pilar cognitivo, por outro lado, consiste nas instituições formadas a partir da maneira que o ser humano processa a realidade. Tal processo resulta em formas de linguagem, símbolos, esquemas, sinais, gestos e mitos dos quais facilitam e influenciam a construção do conhecimento acerca do mundo real (GEELS, 2004).

Segundo Geels (2004), a interação das diferentes organizações com esses pilares institucionais forma o sistema de regras sociais. Este, por sua vez, regula as transações sociais que são respeitadas justamente por haver um sistema de sanções controlado por uma rede de organizações, o que constitui um regime, isto é, segundo o autor em questão, a agregação de

atores e regras semicoerentes, coordenada a partir dos pilares institucionais de acordo com as funções e especificidades de cada organização.

North (1990) argumenta que as organizações tendem a reformular o arcabouço institucional quando esse não consegue mais atender suas necessidades em razão da sua evolução. Contudo, na prática, torna-se difícil mudar um arcabouço institucional justamente por estar enraizado na estrutura social por pilares regulatórios, normativos e cognitivos.

O enraizamento origina um fenômeno conhecido na corrente institucionalista como dependência de trajetória (*path dependence*, em inglês). Este fenômeno, segundo Levi (1997), consiste que ao escolher um caminho, um país, região ou sistema, possui elevados custos para revertê-lo. No trajeto haverá outras oportunidades para escolher, mas as barreiras resultantes do arcabouço institucional atrapalharão a mudança da escolha inicial.

North (1990) destaca que essas barreiras resultam justamente da estabilização das instituições ao longo do tempo, o que favorece a conservação das estruturas normativas e comportamentais dos atores delas vinculados. A cada passo dado foram feitas escolhas políticas, econômicas e tecnológicas que podem reforçar ou não o curso da trajetória.

No âmbito dos estudos do Sistema de Inovação, a dependência de trajetória associa-se a escolha da tecnologia dominante no mercado sem mesmo ser eficientemente competitiva no longo prazo. Conforme Fernandez (2007), isso ocorre porque ela gera retornos crescentes, cujo significado se resume à probabilidade de que a cada passo dado no caminho estabelecido, os ganhos aumentam com os acertos, o que também elevam os custos de desistir da trilha.

A dinâmica dos retornos crescentes por meio da tecnologia foi analisada por Arthur (1994). O principal fator se refere a ausência de convenções ou normas que deixam a tecnologia ser desenvolvida livremente, favorecendo a variação e o aperfeiçoamento. Conforme essas tecnologias são difundidas e adotadas no mercado, o uso e a experiência com o produto são repassados para os desenvolvedores através de feedbacks positivos dos usuários, estimulando o melhoramento da tecnologia.

Os retornos crescentes ocorrem com o aumento do número de usuários da inovação tecnológica, o que favorece os desenvolvedores a conquistarem mais mercado e buscarem legislações que permitam o monopólio da tecnologia. Nesse contexto, identifica-se a influência da tecnologia no campo político, já que os desenvolvedores buscam, via canais institucionais

formais ou informais, agentes políticos para defender os retornos crescentes inerentes ao uso da tecnologia no mercado⁷.

A combinação de interesses entre agentes políticos e desenvolvedores da tecnologia estimula a criação de regulações que favoreçam a difusão da tecnologia no mercado, bem como elimina ou dificulta potenciais concorrentes no mercado. Tal condição resulta no “trancamento” tecnológico (ou *technological lock-in*, em inglês), já que elimina potenciais concorrentes e reforça o caminho inicialmente escolhido (ARTHUR, 1994).

Por isso, a compreensão da dependência de trajetória é fundamental para a transição energética. O longo período de enraizamento institucional das tecnologias fósseis na sociedade fez com que as organizações governamentais, industriais e acadêmicas permaneçam no mesmo caminho – inertes – de produção e uso dos combustíveis fósseis, o que torna a mudança rumo ao desenvolvimento sustentável extremamente complexo em função dos altos custos envolvidos na (re)formulação do arcabouço institucional favorável a absorção de tecnologias renováveis.

2.3.2 O papel das fontes renováveis

Para trilhar o caminho do desenvolvimento sustentável⁸, cada vez mais os países deverão adotar em suas matrizes energéticas as fontes renováveis. Twidell e Weir (2006) definem as fontes renováveis como a energia disponível na natureza que são constantemente renovadas. Nesta categoria, tecnologias são desenvolvidas para transformar as fontes disponíveis como sol, vento, calor geotérmico, biomassa moderna (rejeitos industriais, agrícolas e urbanos), força das águas em eletricidade, combustíveis para transporte (biocombustíveis) e aquecimento para ambientes (Figura 4).

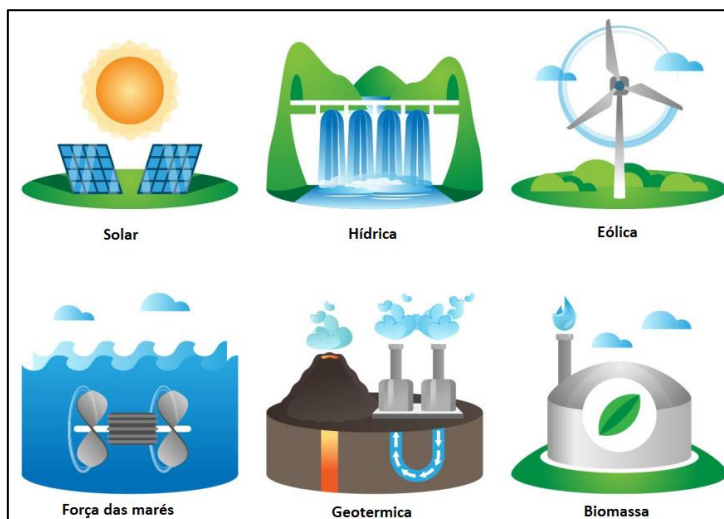
Embora sejam vendidas como uma solução moderna, as fontes renováveis possuem estreita relação histórica com a evolução humana. Smil (1994) argumenta que a transformação da energia disponível na natureza em trabalho foi realizada com tecnologias utilizadas no âmbito rural e que influenciaram modelos modernos. É o caso dos moinhos e cata-ventos que inspiraram o aerogerador, aparelho utilizado na captação do vento para gerar eletricidade. Além

⁷ Vale destacar que a comunicação de interesses privados com as organizações políticas e decisórias nem sempre é institucionalizado nos países – canais formais –, portanto, não favorece a transparência processual. Tal condição estimula o uso de canais informais como círculos de amizade, influência familiar, reuniões secretas etc. para buscar a defesa de interesses.

⁸ O desenvolvimento sustentável foi reconhecido como o processo socioeconômico que satisfaz as demandas da geração atual sem comprometer a sobrevivência das futuras gerações (PNUMA, 2022).

disso, a lenha (biomassa tradicional) foi largamente utilizada para aquecer casas durante o inverno rigoroso europeu⁹.

Figura 4 - Principais fontes renováveis



Fonte: Adaptado com base em NRDC (2018)

Apesar de serem consideradas renováveis, as fontes possuem suas limitações e geram impactos ambientais ao considerar a matéria-prima utilizada para a sua produção, bem como o dimensionamento dos projetos no espaço. Contudo, ao se comparar com as fontes fósseis, o volume de emissões de gases de efeito estufa são relativamente inferiores do que o modo de produção e comercialização da indústria fóssil, tornando as energias renováveis uma opção mais sustentável para se alcançar um desenvolvimento com baixa emissão de gás carbônico (TWIDELL; WEIR, 2006).

Twidell e Weir (2006) e Smil (1994) afirmam que, em termos comparativos, a intermitência das fontes renováveis é uma grande fraqueza frente as fósseis. A energia gerada ocorre somente em alguns períodos do dia como a energia solar, e a redução das correntes de ventos em algumas regiões durante períodos do ano para a fonte eólica.

O Relatório *Global Renewables Outlook*, elaborado pela Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA, em inglês), apresenta que existe um grande esforço técnico-científico para encontrar soluções tecnológicas para a intermitência das fontes renováveis. Por exemplo, no âmbito da geração de eletricidade, engenheiros e cientistas têm buscado integrar

⁹ A biomassa tradicional deixou de ser considerada uma fonte renovável em razão da elevada emissão de CO₂ durante sua queima. Hoje, utiliza-se a biomassa moderna como rejeitos (sólidos ou líquidos) industriais, agrícolas e urbanos, bagaço de cana e milho (REN21, 2022).

as baterias aos projetos de geração solar fotovoltaica e eólico para armazenar o suprimento, mantendo a distribuição de energia durante a noite (IRENA, 2020).

Soma-se a isso as vantagens da capacidade de descentralização da geração e produção de energia com tecnologia renovável. Visto que atualmente gerar e produzir energia depende de grandes projetos de infraestrutura, as tecnologias renováveis podem ser portáteis e facilmente adaptadas para contextos isolados.

Do ponto de vista da cadeia produtiva, a produção de tecnologia renovável gera ganhos socioeconômicos significativos na sociedade, principalmente por meio da multiplicação de oportunidades de emprego de alta qualidade, já que envolve aplicação intensiva de conhecimento na indústria. O Relatório Energias Renováveis e Empregos da IRENA evidenciou que, mesmo durante a pandemia da Covid-19, a quantidade de empregos gerados no setor renovável foi de 12,4 milhões. Os setores que mais empregam são solar fotovoltaica, biocombustíveis e eólica com 4 milhões, 2,5 milhões e 1,5 milhões respectivamente (IRENA, 2021).

Em termos competitivos, as energias renováveis têm ganhado espaço no mercado energético por meio de diferentes tecnologias. Entre 2000 e 2020, a capacidade de geração de eletricidade com fontes renováveis saltou de 754 gigawatts para 2.799 gigawatts. O custo de eletricidade gerada por plantas solares fotovoltaicas caiu 85% entre 2010 e 2020.

Dados da IRENA (2022) revelam que, desde 2010, um total de 644 gigawatts de geração de eletricidade por tecnologia renovável foi adicionado na matriz elétrica global com custos inferiores ao combustível fóssil mais barato usado em termelétricas. Nos países em desenvolvimento, a adição de 534 gigawatts com custos menores que o combustível fóssil reduziu os custos de geração de eletricidade em 32 bilhões de dólares em 2020.

Todavia, esses esforços ainda são pequenos frente ao desafio de ofertar energia mais sustentável na matriz energética global. Dados da Agência Internacional de Energia (2022) mostram que, no todo, as fontes convencionais ainda respondem por mais da metade da oferta global de energia. Isso porque a fonte fóssil é energeticamente densa, o que permite sua utilização por longos períodos dentro de uma sociedade cada vez mais energeticamente dependente (IEA, 2022).

Com efeito, as fontes renováveis consistem em uma alternativa viável para a transição dos países para o desenvolvimento sustentável. Embora com limitações, essas tecnologias têm se sobressaído, inclusive confrontando os combustíveis convencionais largamente subsidiados. Impulsionar a difusão das fontes renováveis é o principal objetivo de muitos países, o que exige uma avaliação de como ocorre esse processo.

2.3.3 Ciência, Tecnologia e Inovação como motor da transição

O desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação é o motor principal do desenvolvimento sustentável. Não obstante, atores como universidades, empresas, organizações governamentais e a população têm se articulado para promover inovações sustentáveis no plano econômico, político, ambiental e social.

A articulação e interação acentuada entre esses atores formam o Sistema Nacional de Inovação (SNI). Tais atores se dedicam a inovar, isto é, trazer algo novo para o sistema socioeconômico. De acordo com o Manual de Oslo (FINEP, 2006) as inovações podem ser entendidas como um produto ou processo novo ou aprimorado (ou combinação de ambos) que difere significativamente dos produtos ou processos anteriores da empresa e que tenha sido colocado no mercado pela empresa.

Embora adotado oficialmente por países membros da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), esse conceito não apresenta outros elementos que integram o Sistema Nacional de Inovação, pois concentra-se apenas na unidade empresarial. Por outro lado, outros pesquisadores entendem a inovação como um processo complexo, uma vez que envolve uma cadeia integrada de atores que compartilham informações científicas, mercadológicas e empresariais, favorecendo a criação ou aperfeiçoamento de produtos, serviços e processos (LUNDVALL, 2016; GEELS, 2002; FREEMAN, 2002; CHUNG, 2002).

Nesse sentido, o SNI é o gerador das inovações, consistindo em uma estrutura abrangente, caracterizada não apenas pela articulação entre centros universitários, industriais e governamentais, mas, também, por uma operacionalização de mecanismos institucionais e econômicos que ofertam, estimulam e difundem a inovação entre produtores e consumidores (LUNDVALL, 2016).

De acordo com Lyasnikov et al. (2014), as organizações que formam o SNI são dinamicamente dependentes, ao passo que suas funções e conexões organizacionais consistem em meios de interação. Essas interações são caracterizadas pela pesquisa, produção, adaptação e adoção de uma variedade de inovações que se destacam no âmbito da saúde, empresarial, produtivo, energético, econômico e tecnológico.

Lundvall (2016) afirma que a qualidade da inovação é o principal fator para a sua ampla difusão no sistema socioeconômico. O que vai determinar isso é justamente a capacidade de troca de informação entre produtores e consumidores sobre o uso da inovação ao longo do tempo. Isso favorece que centros de pesquisas e empresas atuem conjuntamente para

aperfeiçoar o produto de acordo com as necessidades da sociedade. Por isso, inúmeras empresas e universidades investem em pesquisas sobre as necessidades do sistema socioeconômico a fim de orientar o desenvolvimento da inovação.

Como a transição energética envolve a adoção de fontes renováveis, o que está em questão é como desenvolver tecnologias de geração, transmissão, distribuição de energia renovável de forma eficiente e quando essas tecnologias se tornarão competitivas ao ponto de superarem as fontes fósseis e se acoplarem ao regime vigente ou estabelecerem um novo. Responder essas indagações depende de quais tecnologias estamos abordando, já que cada fonte renovável possui especificidades técnicas dependentes do contexto socioeconômico local, regional, nacional e internacional, o que determinará sua inserção e difusão – ou não – no mercado (VERBONG; LOORBACH, 2012).

Por isso, Hekkert *et al.* (2007) prefere uma abordagem específica da tecnologia ou Technology Specific Innovation System (TIS) como meio de analisar a direção e o desenvolvimento das fontes renováveis. Por Sistema Específico de Inovação Tecnológica (SEIT) entende-se a combinação interrelacional de setores e empresas, circunscrita por um conjunto de regulações e instituições que moldam o comportamento e a infraestrutura de conhecimento inerente à tecnologia específica (SUURS; HEKKERT, 2012).

O Sistema Específico de Inovação Tecnológica (SEIT) faz parte do Sistema Nacional de Inovação (SNI), sendo esse conjunto constituído a partir do agregado de instituições e organizações industriais e de ensino que interagem para produzir, difundir, importar e aplicar inovações e tecnologias. Internamente, o SNI possui diversos setores de inovação que se relacionam, industrial e economicamente, com o Sistema Específico de Inovação Tecnológica (HEKKERT *et al.*, 2007).

Essa interação se torna perceptível a partir da contextualização com uma tecnologia renovável. Vejamos o caso dos aerogeradores, muito utilizado na energia eólica: estes precisam de recursos de pesquisa e desenvolvimento aplicados em centros de pesquisa para aprimorar sua estrutura a fim de produzir mais energia elétrica. A fabricação dos aerogeradores possui conhecimento aplicado dos setores aeronáutico, mecânico, microeletrônico e da construção civil (GWEC, 2021).

Por se tratar de uma tecnologia emergente, diversos riscos inerentes ao seu funcionamento precisam ser tomados por uma entidade financiadora, geralmente o governo, o qual pode incentivar a difusão dos aerogeradores no mercado. Contudo, a aceitação desse artefato tecnológico pela sociedade depende de informações, cujas organizações que formam o

SEIT são responsáveis por compartilhar e legitimar as ações em prol da energia eólica (HEKKERT et al., 2007).

A partir dessa abstração, observa-se a existência de funções do sistema de inovação (F), que do ponto de vista da abordagem do Sistema Específico de Inovação Tecnológica (SEIT) se dividem em sete, como destacado no quadro 2. A atividade empreendedora (F1) é fundamental para o funcionamento do SEIT, pois o empreendedor é responsável por traduzir o conhecimento em oportunidades de negócio geralmente inovadores que desafiarão a inercia do status quo (HEKKERT et al., 2007).

De acordo com Hekkert *et al.* (2007), a atividade empreendedora pode ser exercida tanto por empresas entrantes no mercado como por incumbentes que buscam diversificar o seu portfólio de ativos a fim de explorar novas oportunidades de negócios. Nesse caso, expor-se ao risco torna-se uma característica chave dos empreendedores, já que estes demonstram e testam a tecnologia no mercado, compartilhando informações (*feedbacks*) com centros de pesquisa para aprimoramento da tecnologia.

Essa interação faz parte da segunda função do SEIT, desenvolvimento de conhecimento, cuja dinâmica diz respeito a existência de atividades que envolvam aprendizado por meio da pesquisa científica e da aplicação tecnológica. Essa função é desempenhada principalmente por centros privados de pesquisa e universidades que demandam investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) como forma de avançar o conhecimento e, propriamente, o domínio da tecnologia (SUURS; HEKKERT, 2012).

Suurs e Hekkert (2012) acrescentam que a terceira função, difusão de conhecimento (F3), encontra-se no eixo da produção do saber. O bom funcionamento do SEIT é determinado pela capacidade de circulação da informação em diversas organizações que sustentam a inovação, como o mercado, as universidades e o governo. Por isso, a elaboração de relatórios, conferências, workshops e redes de diálogo com empresas, centros de ensino e entidades governamentais são fundamentais para fortalecimento informacional acerca dos projetos de pesquisa e desenvolvimento enquadrados no SEIT.

Como a pesquisa e o desenvolvimento demandam recursos financeiros e humanos, a ativação da função orientação da pesquisa (F4) é primordial para melhor alocar os recursos escassos. Hekkert *et al.* (2007) afirma que enquanto o desenvolvimento de conhecimento (F2) busca uma gama de tecnologia, a orientação dada por empresas, universidades e entidades governamentais delimita o que será utilizado por meio de critérios, metas e objetivos de médio e longo prazo.

O efeito dessa função no sistema de inovação pode ser observado pela mudança na preferência da sociedade, influenciando a aplicação de recursos em P&D (F2) e determinando a trajetória da mudança tecnológica. Além da expectativa da população e do mercado, são atividades da orientação da pesquisa a definição de áreas estratégicas para políticas públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CTI), critérios para P&D e padronização de *designs* dos artefatos tecnológicos (HEKKERT *et al.*, 2007).

Sobre a formação de mercado (F5), observa-se que as tecnologias emergentes não conseguem competir igualmente com as incumbentes. Nesse sentido, busca-se a criação de mercados artificiais através de mecanismos econômicos e legais para proteger e nutrir o desenvolvimento das tecnologias no seu nicho até atingir a maturidade, determinada pela redução dos custos de produção e aceitação pela sociedade, aderindo-se ao regime sociotécnico vigente (SUURS; HEKKERT, 2012).

Suurs e Hekkert (2012) apontam que a formação de mercado corresponde a função complexa do sistema de inovação. Isso porque sua performance depende do funcionamento integrado das funções anteriores (F1, F2, F3 e F4), além da mobilização de recursos (F6), financeiros e humanos, que são aplicados por meio de instrumentos como subsídios, compras públicas, isenções fiscais, e programas de capacitações. A grande questão diz respeito ao tempo de uso dos instrumentos na sustentação do mercado artificial, que geralmente se perdem ao longo do tempo e, portanto, deformam o funcionamento do SEIT.

A mobilização de recursos (F6) para desenvolver novas tecnologias enfrentam ampla resistência do regime vigente – combustível fóssil. Por isso, as redes de advocacy (F7) são fundamentais para legitimar as demais funções do SEIT diante da inércia do status quo e angariar apoio social e governamental para viabilizar as inovações (HEKKERT *et al.*, 2007).

Quadro 2 – Funções do Sistema Específico de Inovação Tecnológica (SEIT)

Função	Descrição	Exemplificação
F1 - Atividade empreendedora	A função do empreendedor e traduzir o conhecimento em oportunidades de negócio, e eventualmente em inovação. Ele performa experimentos orientados para o mercado, estabelecendo a mudança tanto tecnológica como institucional	Projetos com foco comercial, demonstrações tecnológicas, expansões de portfólio
F2 - Desenvolvimento de conhecimento	Atividades que envolvem aprendizado, sobretudo no desenvolvimento de novas tecnologias, bem como para mercados, redes e usuários. O	Estudos, testes em laboratório, projetos pilotos.

	aprendizado pode ser fazendo ou pesquisando.	
F3 - Difusão de conhecimento	Inovações ocorrem quando atores de diferentes contextos interagem. A difusão de conhecimento pode ser através da interação usando e compartilhando experiências.	Conferências, workshops, redes de pesquisa e universidades
F4 - Orientação da pesquisa	Definição de critérios e objetivos para alocação dos recursos financeiros e humanos. Expectativas dos atores sobre desenvolvimento de novas tecnologias também são enquadradas.	Expectativas, critérios para políticas públicas, padronização.
F5 - Formação de mercado	Tecnologias emergentes não conseguem competir igualmente com as incumbentes. Por isso, necessita-se de instrumentos legais e econômicos para criar mercados artificiais a fim de criar demanda e sustentar a inovação.	Regulação do mercado e isenções fiscais.
F6 - Mobilização de recursos	Alocação de recursos financeiros, material e humanos. <u>Primordial para todo o SEIT</u>	Subsídios, investimentos e capacitação dos recursos humanos.
F7 - Legitimação/ <i>advocacy</i>	A ascensão de tecnologias emergentes sempre esbarra no regime vigente. Para o SEIT se desenvolver, é necessário atacar a inércia, tanto utilizando autoridades para reconfigurar o sistema como conscientizando a sociedade sobre as vantagens competitivas da tecnologia.	Lobbies, consultorias, redes de <i>advocacy</i> e mídia especializada.

Fonte: adaptado de SUURS; HEKKERT (2012)

2.3.4 Aplicação da Perspectiva Multinível para entender a dinâmica da transição

Uma vez esclarecido os componentes conceituais que formam o Sistema Nacional de Inovação e sua intersecção, o Sistema Específico de Inovação Tecnológico (SEIT), faz-se necessário a compreensão de como tais conceitos revelam a dinâmica da transição energética. Geels (2002) sustenta que a perspectiva multinível (*Multi-level Perspective*) apresenta um entendimento sobre os processos que nutrem a transição tecnológica (e energética), tornando-se um modelo analítico que permite integrar uma literatura interdisciplinar sobre gestão da ciência, tecnologia e inovação.

Em síntese, o modelo tem sido amplamente utilizado pela literatura para fornecer conceitos primordiais como forma de entender a complexidade da transição sociotécnica,

portanto será aplicado neste trabalho como forma de exemplificar a operacionalização dos conceitos na formação da transição (GEELS, 2002; KEMP et al., 1998).

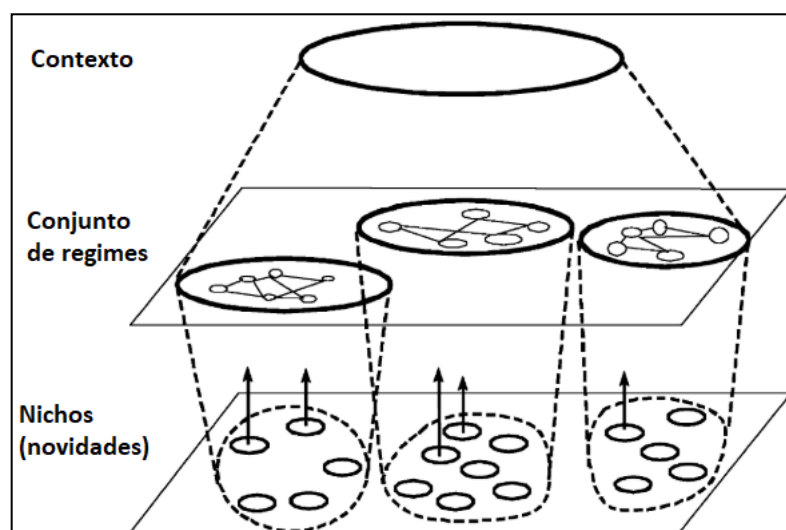
As forças da transição emergem das configurações sociotécnicas vigentes – atualmente dominadas pelos combustíveis fósseis. A estabilidade dessas configurações se dá pelo entrelaço de elementos heterogêneos, os quais são formados e reproduzidos a partir da ação humana. Um exemplo disso consiste na infraestrutura rodoviária e nas regulações de trânsito para uso dos carros, as quais são gerenciadas por meio dos ministérios dos transportes. No mais, os carros possuem um valor simbólico para adquiri-los, já que as pessoas os veem não só como meio flexível de locomoção, como também símbolo de ascensão social (GEELS, 2002).

Do ponto de vista da fabricação, as fabricas produzem *designs* projetados pela aplicação do conhecimento de engenheiros de diferentes áreas, bem como do *feedback* coletado dos usuários. Esse processo envolve uma cadeia de fornecedores de matéria-prima e de bens intermediários que formam uma indústria automobilística que possui características e processos únicos de coordenação e produção (GEELS, 2002).

Para entender essa coordenação entre os setores industriais que formam o Sistema Nacional de Inovação, Geels (2002) se baseou na concepção de regime tecnológico, desenvolvido por Nelson e Winter (1982 apud GEELS, 2002), como forma de conceituar o resultado da organização e rotinas cognitivas das organizações inseridas no sistema de inovação. As empresas, as administrações públicas e os centros de pesquisa aprendem fazendo e imitando, embricando-se na rotina das pessoas envolvidas nessas organizações inseridas na fabricação da tecnologia. As sucessivas repetições dessas atividades formam o regime tecnológico, uma vez que outras pessoas, também de outros setores, reproduzirão o mesmo comportamento até institucionalizarem na forma de normas formais e informais¹⁰.

¹⁰ Para conceituar regime, utilizou-se a mesma interpretação de Geels (2002), ou seja, o conjunto de comportamentos, hábitos culturais e regras (formais e informais) emanados por um grupo social em determinado contexto. As regras formais são aquelas estabelecidas por leis e normas institucionais, ao passo que as informais consistem em hábitos e práticas culturais.

Figura 5 - Hierarquia da Perspectiva Multinível



Fonte: adaptado de GEELS (2002)

Assim, o regime tecnológico é hierarquicamente influenciado por um contexto, que influencia o conjunto de regimes integrados ao nicho, local onde se originam as inovações (figura 5). Faller (2016) descreve a origem dos nichos por meio da combinação e recombinação de materiais, componentes e práticas por indivíduos rotineiramente. No nicho, as ações são aplicadas em arenas individuais que consistem em novos processos circunscrito por um velho contexto.

O contexto se forma por um conjunto de fatores sociais, econômicos, ambientais e políticos. Uma crise econômica, por exemplo, pode desequilibrar os nichos, desestimulando a inovação. Por outro lado, ao descobrir petróleo – oportunidade de mercado –, uma nação pode estimular o desenvolvimento de tecnologias voltadas para criação de uma indústria petrolífera e, conseqüentemente, de um regime que sustentará e coordenará as atividades setoriais (GEELS; 2002; FALLER, 2016).

No regime tecnológico, as inovações ocorrem de maneira lenta e incremental. Isso porque a estrutura hierarquicamente posta oferece pouco espaço para variação tecnológica, ou seja, o regime foi estabelecido em torno de uma padronização tecnológica através de normas formais e informais. Em outras palavras, a estrutura seleciona e retém uma determinada tecnologia, determinando uma trajetória tecnológica, a qual se caracteriza por uma profunda tendência de sobrevivência do regime tecnológico (RIP; KEMP, 1997; GEEL, 2002; KEMP et al., 1998).

É justamente essa tendência que a transição energética, enquanto política de substituição das tecnologias fósseis por renováveis, busca romper. O instinto de sobrevivência dos atores

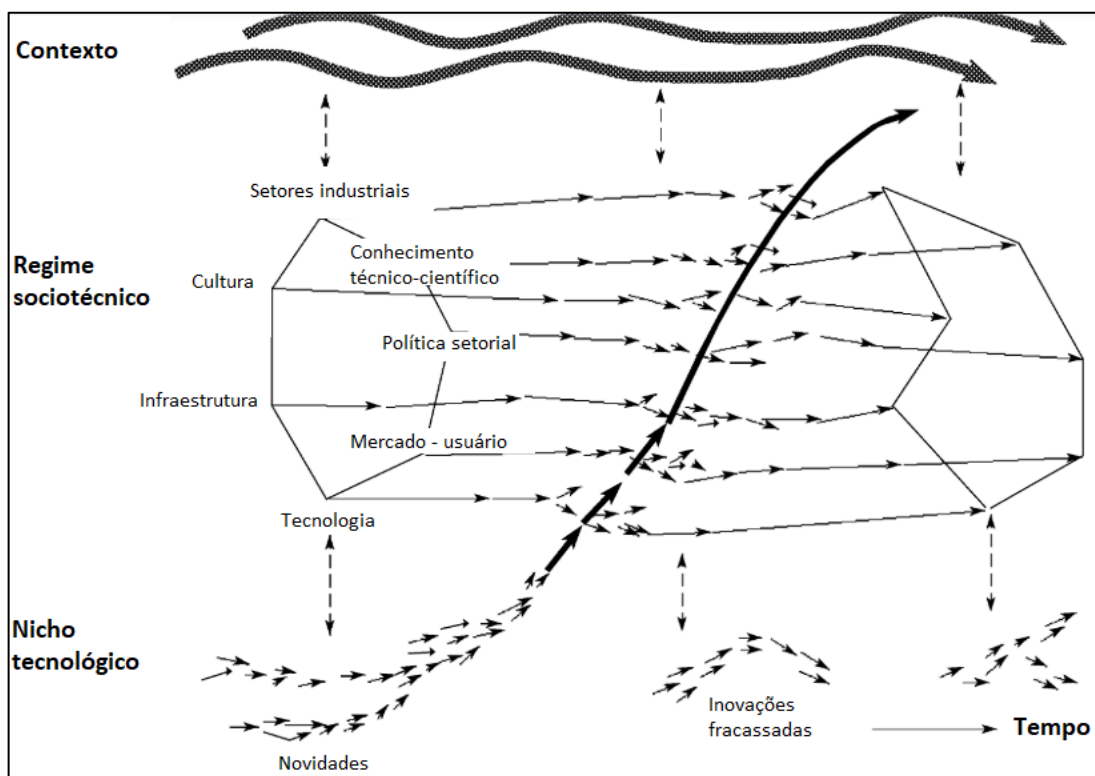
que formam o regime tecnológico dos combustíveis fósseis continua nutrindo políticas de incentivo aos setores densamente carbonizados, mesmo na eminência de uma crise climática. Além disso, países com profunda dependência da estrutura produtiva carbonizada possuem pouco estímulo para buscar a redução das emissões, uma vez que os atores influenciam o contexto político e econômico nacional (HEKKERT et al., 2007).

A reversão da tendência de sobrevivência do regime tecnológico carbonizado depende do desenvolvimento de tecnologias renováveis competitivas. As tecnologias visam solucionar um problema do regime existente – alta emissão de CO₂, destruição do meio ambiente –, o que faz com que as tecnologias desenvolvidas no nicho dependam do regime existente. Conforme a figura 6, o nicho tecnológico gera a força da transformação por meio da acumulação de nichos, entendida como uma simbiose, já que as novidades são acopladas às tecnologias dominantes, facilitando a aceitação mercadológica e, ao longo do tempo, provocando modificações no regime sociotécnico¹¹ (pequenas setas ascendentes) (GEELS, 2002).

As pequenas setas ascendentes representam as incertezas geradas por causa das novidades no mercado, pressionando o regime sociotécnico a adaptar-se as suas características. Com o tempo, o regime sociotécnico se adapta, a tecnologia amadurece com o reforço das políticas setoriais, cristalização do conhecimento técnico-científico e da avaliação dos usuários para os produtores da inovação. Nesse processo, o regime sociotécnico seleciona e retem a tecnologia, diminuindo as incertezas e ampliando sua capacidade de influenciar o contexto (seta ascendente maior). As inovações fracassadas continuam no nicho, adaptando-se ou destruindo-se ao longo do tempo (GEELS, 2002).

¹¹ Um exemplo dessa dinâmica consiste na criação dos veículos híbridos (flex), que funcionam com gasolina e biocombustível, como etanol.

Figura 6 – Perspectiva Multinível Dinâmica



Fonte: adaptado de GEELS (2002).

Em síntese, a transição energética envolve múltiplos processos influenciados pelo contexto, o regime sociotécnico de uma sociedade e o seu respectivo nicho tecnológico. A coordenação integrada dessas estruturas é primordial para determinar o ritmo da substituição da tecnologia fóssil por mais sustentáveis. Contudo, planejar um sistema de inovação capaz de viabilizar e operacionalizar uma transição energética é recheado de desafios que serão analisados no tópico a seguir.

2.3.5 Importância da atuação dos atores subnacionais na governança da transição energética

A governança da transição energética parte do princípio de que diversas políticas sejam implementadas por atores comprometidos com a sustentabilidade (ROGGE; REICHARDT, 2016). Encarar esse desafio exige uma gama de atores cooperando no nível econômico, político e técnico-científico como forma de alavancar a transição energética no espaço local, regional, nacional e internacional. Dada a complexidade do processo, o Estado nacional ficou marcado como o único ator responsável por articular uma estratégia de transição factível com a realidade nacional.

O problema dessa visão harmoniosa da eficiência estatal para resolver os problemas se revela quando o Estado é incapaz de enxergar as próprias limitações internas para transição energética. Por exemplo, a Amazônia brasileira apresenta 60% do potencial hidrelétrico brasileiro, tendo em seu território as três maiores hidrelétricas relevantes para geração elétrica nacional – Belo Monte, Jirau-Santo Antônio, Tucuruí. Contudo, estados e municípios amazônicos não são abastecidos com eletricidade gerada nas hidrelétricas, mas, sim, por termelétricas a óleo diesel concentradas em perímetros urbanos, longe das zonas rurais (EPE, 2020).

Uma região com elevado potencial hidrelétrico alimenta outras regiões do Brasil, com exploração do recurso hídrico amazônico, sem antes atender boa parte das necessidades das comunidades locais. Os motivos para existência desse desequilíbrio no Brasil transcendem os velhos argumentos de dificuldades físicas e geográficas de operar o mercado de eletricidade na Amazônia, escassez de recursos financeiros, humanos e tecnológico e desembocam na arena política, que nem sempre é estimulada a tratar os problemas estruturais locais (SOUZA, 2011).

O caso da região amazônica é mais um dos vários problemas estruturais do Brasil. Com o desenvolvimento acentuado de algumas regiões como o Nordeste e Centro-Oeste, evidenciou-se a imersão de prefeituras, empresas, governos estaduais, ONGs e cooperativas no sistema internacional por meio de diálogos com o Banco Mundial, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e outras corporações internacionais de cooperação e desenvolvimento.

O que motiva os atores subnacionais a buscarem soluções no exterior? De acordo com Aldecoa e Keating (1999, p. 13), esse movimento tem como fundamento as modificações no sistema nacional e internacional, bem como no progresso político e econômico dentro das regiões. A globalização e a crescente construção de regimes internacionais que exigem múltiplas partes interessadas reduziram a barreira entre política doméstica e exterior, transformando as divisões de responsabilidades entre governos subnacionais e nacionais.

Sem dúvidas, os efeitos práticos da globalização permitiram a imersão dos atores subnacionais em problemas antes dominados apenas por Estados. A ampliação comunicação por meio da internet, dos canais de mídia e telefones facilitou a circulação rápida de informação, ao passo que a livre circulação de pessoas, mercadorias e investimentos dinamizaram regiões atrasadas.

Essa combinação semeou a formação de arenas de interação entre governadores, prefeitos, empresários, representantes de organizações civis que interagem paradiplomáticamente em prol de uma agenda comum, como a transição energética. A

paradiplomacia consiste na inserção de atores públicos e privados no sistema internacional para atingir fins específicos, sobretudo para buscar soluções não abarcadas por uma política externa nacional (SENHORAS et al., 2008).

Ao mesmo tempo que se ampliava as discussões sobre desenvolvimento sustentável na esfera internacional, organizações não governamentais, empresas multinacionais, prefeituras e governos estaduais mergulhavam nos assuntos justamente por buscarem saber das oportunidades e dos desafios inerentes a alteração do modelo de progresso socioeconômico e como isso impactaria suas respectivas realidades (SETZER, 2013; SENHORAS et al., 2008).

No caso da participação dos atores subnacionais na transição energética, é perceptível que tais atores em contato com a realidade urbana conhecem suas oportunidades e seus desafios frente a necessidade de se adotar uma matriz energética mais sustentável. Conforme Bridge et al. (2013), isso influencia a própria formação do nicho tecnológico – onde as inovações são criadas –, já que cidades com intensa movimentação de pessoas, capitais e mercadorias são referências para instalação de empresas e polos de desenvolvimento tecnológico.

Soma-se a isso iniciativas que incrementam a vantagem competitiva para atrair investimentos, como isenção fiscal, terra com preço baixo e redução tarifária na circulação de bens e serviços, condições essas que fomentam a expansão das unidades mercadológicas que compõem o Sistema Específico de Inovação Tecnológica (SEIT) (BRIDGE et al., 2013).

De outro modo, a ausência dessas condições que estimulam a expansão do SEIT somente reforça que para atingir a transição energética plenamente, necessita-se ampla distribuição dos componentes que formam as funções do SEIT (BRIDGE et al., 2013). Por isso, existe uma demanda por atores que articulem a criação de canais de interação entre as regiões que concentram as unidades do Sistema Nacional de Inovação – Sul e Sudeste brasileiro – e as regiões menos desenvolvidas – Norte, Centro-Oeste e Nordeste.

A revisão da literatura sobre transição energética subnacional evidenciou dois fatores interdependentes que devem existir para ativar esse fenômeno no espaço local (COWELL et al., 2017; HESS, 2019; JAKOB et al., 2020; LINDBERG et al., 2019), a saber:

1) vontade política – se relaciona com a participação dos representantes locais conscientes do contexto sobre desenvolvimento sustentável tanto nas instâncias decisórias nacionais como nas mesas de negociações diplomáticas ambientais e energéticas; destaca-se também o estabelecimento de laços de cooperação internacional para formulação, importação e difusão de políticas públicas que possam nutrir um sistema de inovação local; e

2) formulação e implementação de uma estratégia local de transição energética – os atores subnacionais são dotados de capacidades institucionais, mesmo que limitadas, para

construir um sistema local de inovação tecnológico capaz de criar e absorver inovações inerentes as fontes renováveis no nicho tecnológico. Porém, isso apenas se sustentará por meio do alinhamento entre empreendedores, centros de pesquisa locais e organismos governamentais como forma de traduzir projetos científicos em produtos ou serviços de acordo com a percepção de oportunidade dos empreendedores no mercado local. Essa estratégia deve ser integrada aos atores nacionais de indução da transição energética.

No mais, instrumentos legais e econômicos governamentais podem alavancar essa interação, por isso a importância da participação de prefeituras e governos estaduais (CASSIOLATO; LASTRES, 2003; BRIDGE et al., 2014; GOMEL; ROGGE, 2020; HESS, 2019; ROGGE; REICHARDT, 2016).

Os dois caminhos são retroalimentados por um conjunto de interações entre os atores locais e regionais com as interconexões do Sistema Específico de Inovação Tecnológico (SEIT). Nota-se que a própria nutrição da vontade política dos tomadores de decisão depende da intensidade das discussões científicas, pressão popular sobre temas ambientais e oportunidades de mercado que fluem dos canais de comunicação, tanto nacional como internacional do SEIT, para as instâncias decisórias na forma de proposta de legislação.

Na formulação da estratégia subnacional de transição energética, requer-se a avaliação dos recursos disponíveis, seja as fontes energéticas ou mesmo a capacidade de coordenação, investimento e desenvolvimento tecnológico dos atores locais enquadrados, como forma de traçar objetivos e metas factíveis. É fundamental que o plano esteja atrelado às ambições nacionais de transição, bem como a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, o que deve estimular o aprendizado mútuo mediante cooperação com outras entidades subnacionais no exterior (HESS, 2019; GOMEL; ROGGE, 2020).

Casos envolvendo o alinhamento da vontade política dos tomadores de decisão à estratégia subnacional de transição energética são encontrados no Brasil e no exterior. Hess (2019) apresenta o caso histórico do Governo do Estado da Califórnia (EUA) em incentivar o setor eólico e solar com subsídios e assinar o Acordo de Paris, em 2015, reforçando o papel de um ente subnacional com a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Além disso, destaca-se a iniciativa *C40 Cities*, que consiste em uma rede de megacidades comprometidas com a redução das emissões. Ao fazer parte da organização, governos estaduais e municipais podem acessar estudos, metodologias e consultoria para implementar políticas de urbanização verde, eletrificação da frota de transporte público, saneamento básico, criação de parques de conservação e instalação de tecnologia renovável (C40 CITIES, 2021).

No Brasil, por exemplo, o governo do estado de Minas Gerais alinhou o fornecimento de crédito do Banco de Desenvolvimento do Estado de Minas Gerais (BDMG) aos compromissos com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). O banco possui três linhas de crédito voltado ao financiamento de projetos fotovoltaicos para autoconsumo e geração distribuída (BDMG, 2021).

Outro ator fundamental diz respeito as redes de *advocacy*, a qual consistem no agregado de múltiplos atores que atuam estrategicamente na defesa de um interesse comum. Elas podem envolver administrações públicas, ONGs, entidades filantrópicas, universidades e empresas. Essas organizações desempenham um papel fundamental na transição energética, tendo contribuído em maior ou menor grau para o sucesso de políticas de transição nas cidades até o seu desdobramento no nível nacional.

2.4 Visão subnacional das principais barreiras da transição energética

A participação dos atores subnacionais na transição energética apresenta inúmeros desafios que precisam ser superados para entregar maiores benefícios para a população e o meio ambiente. As barreiras que se apresentam no caminho podem distorcer a transição e possuem origens políticas-institucionais, econômicas e financeiras, bem como tecnológica e regulatória.

Compreende-se as barreiras da transição energética como um conjunto de percalços que impedem ou retardam a mudança tecnológica (fontes) e sociotécnica (como a sociedade usa e se relaciona com a tecnologia) da matriz energética vigente, isto é, o regime de combustíveis fósseis, para outra mais sustentável. Vale ressaltar que a transição de uma estrutura para outra é intensamente conflitiva, já que envolve uma gama de interesses, atores e organizações incumbentes com a emergência de novos atores, tecnologias e regulações que forçam a sociedade a se adaptar.

De acordo com Elliot (2006), a difusão das fontes renováveis enfrenta dificuldades justamente enfrentarem um sistema incompatível com suas características. Neste caso, os atores envolvidos no desenvolvimento dessas tecnologias lidam com um arcabouço institucional, econômico e sociocultural que retardam sua produção e difusão justamente por não estarem adaptados as dinâmicas que o uso da tecnologia traz para a sociedade.

Com base nisso, este tópico tem como objetivo apresentar as principais limitações em torno da transição energética subnacional a partir de uma revisão sistemática da literatura sobre barreiras da transição energética e barreiras inerentes às tecnologias renováveis de geração

elétrica: solar fotovoltaica, biomassa e hidrelétrica. Além disso, complementou-se o balanço dessa literatura mediante considerações sobre as limitações de um país em desenvolvimento como o Brasil, dotado de desequilíbrio regionais que podem se tornar barreiras à transição energética subnacional.

O quadro 3 apresenta as principais barreiras selecionadas após a revisão da literatura. O critério para seleção das principais barreiras teve como base os estudos empíricos em países em desenvolvimento mais citados nas plataformas de pesquisa, sobretudo Google Acadêmico e Science Direct.

Quadro 3 – Tipo de barreiras com base nos estudos selecionados

Tipo de barreiras	Variáveis Identificadas nos Estudos	Estudos
2.4.1 Político-Institucional	• Lobby contra renováveis • Desestabilizações políticas e macroeconômicas • Descoordenação institucional • Dificuldade de planejamento de Política Pública • Ausência de uma estratégia nacional e subnacional de transição	(PAINULY, 2001); (KIM, 2021); (FRATE; BRANNSTROM, 2017); (LYAKURWA; MKUNA, 2018). (SHIMBARA; EBRAHIMI, 2020); (TANSEY et al., 2018); (ELEFThERIADIS; ANAGNOSTOPOULOU, 2015); (PAGEL et al., 2018)
2.4.2 Tecnológica	• Ausência de cadeia produtiva da tecnologia • Escassez de mão de obra qualificada • Falta de políticas incentivo à P&D e difusão no mercado • Direcionamento de subsídios para tecnologia fóssil • Falta de informação	PAULA (2016), (ORYANI et al., 2021); (KIM, 2021); (JURASZ et al., 2020); (YUSOFF; KARDOONI, 2012); (ELEFThERIADIS; ANAGNOSTOPOULOU, 2015); (BROWN, 2001); (PAGEL et al., 2018); (SEETHARAMAN et al., 2019)
2.4.3 Regulatória e Técnica-Ambiental	• Ausência/insuficiência regulatória de propriedade intelectual; • Carência de regulação para mitigação dos impactos socioambientais; • Insuficiência de mecanismos regulatórios para entrada no mercado	(WALZ et al., 2008); (PAULA, 2016); (PAINULY, 2001); (REDDY; PAINULY, 2004); (PINTO et al., 2017) e GOIS (2020).

2.4.4 Econômico- financeira	• Alto custo da tecnologia; • Longo tempo de retorno do investimento • Insuficiência de políticas específicas de crédito • Capacidade de pagamento dos países/entes subnacionais	(ZHANG ET AL., 2013); (PAINULY, 2001); (PRESERTSAN; SAJJAKULNUKIT, 2006); (SOUZA, 2009).
--	---	---

Fonte: elaborado pelo autor.

2.4.1 Barreira político-institucional

A barreira política-institucional se origina no conjunto de instituições políticas de um determinado país ou cidade. Os entraves surgem quando as instituições e as organizações, naturalmente pré-estabelecidas, tornam-se inertes às alterações que o uso da tecnologia traz para a sociedade. Nesse caso, exige-se a aplicação de mecanismos que permitam a atualização das organizações e das instituições conforme as inovações tecnológicas avançam na sociedade a fim de permitir uma coevolução.

Entende-se que as instituições políticas possuem estreita relação com as dinâmicas de mercado por meio das intervenções regulatórias que são desenhadas na administração pública. Por isso, há amplo interesse das organizações do setor energético nos processos decisórios nacionais e subnacionais a fim de averiguar como as decisões da arena política afeta o empreendimento ou mesmo a realização de novos investimentos (KIM, 2021; FRATE; BRANNSTROM, 2017; LYAKURWA; MKUNA, 2018).

Historicamente, as barreiras políticas-institucionais são interpretadas de diversas maneiras pela indústria da energia. Variáveis como instabilidade política, jurídica e macroeconômica, corrupção, insuficiência institucional, intensa intervenção governamental na economia são consideradas entraves tradicionais na avaliação de risco por parte das multinacionais dos setores regulados como energia (SHIMBARA; EBRAHIMI, 2020).

Do ponto de vista da governança institucional em países em desenvolvimento, destaca-se a baixa capacidade de coordenação entre as administrações nacionais e subnacionais. Tal condição desfavorece a divisão de recursos humanos qualificados e financeiros para incentivar os nichos tecnológicos locais. Segundo Lyakurwa e Mkuna (2018), a descoordenação entre as instituições locais e nacionais foi a principal barreira identificada no estudo sobre o plano de eficiência energética no Distrito de Mvomero, Tanzânia.

No âmbito subnacional brasileiro, destaca-se a dificuldade administrativa subnacional em lidar com o planejamento de políticas públicas. No caso da transição energética, essa variável envolve a carência de apoio político, recursos técnicos, financeiros e humanos para formular, implementar, avaliar e controlar políticas locais de incentivo e projetos pilotos que visem testar a eficiência da tecnologia no local¹².

A ausência de uma estratégia nacional e subnacional de transição energética é outra barreira política-institucional. Seja pelo desconhecimento da classe política, seja por obstrução de outros setores possivelmente afetados pela transição, sabe-se que a carência de direção e recursos para o sistema de inovação tecnológico desfavorece a inovação e o desenvolvimento de tecnologias fundamentais para a substituição de fontes poluidoras por renováveis (ELEFThERiADIS; ANAGNOSTOPOULOU, 2015; PAGEL et al., 2018).

Todavia, há mais variáveis no campo envolvendo a interação do campo político e econômico. O lobby, quando praticado não apenas por empresas do setor fóssil, mas também por grandes empresas distribuidoras e comercializadoras de energia elétrica, contra as tecnologias renováveis pode ser considerado uma barreira política-institucional (TANSEY et al., 2019).

Gomel e Rogge (2020) afirmam que a ascensão de tecnologias disruptivas desequilibra as relações de poder político e econômico das empresas incumbentes no território. Do ponto de vista político, nota-se a contribuição fundamental das empresas do setor energético na realização de investimentos em programas de governos em troca de incentivos econômicos. Essas ações, quando bem planejadas, costumam elevar o capital político de presidentes, senadores, deputados e outros gestores públicos que dependem da aprovação popular para exercer o cargo.

Economicamente, as incumbentes perdem poder de mercado, incentivos governamentais, capilaridade produtiva e acesso aos principais fornecedores de matéria-prima. Por isso, a prática do lobby enquanto estratégia de buscar benefícios junto às organizações políticas se tornou um investimento vantajado para as empresas do setor energético convencerem tomadores de decisão a regularem ou incentivarem financeiramente com base na sua relevância no sistema socioeconômico local, regional, nacional e internacional (TANSEY et al., 2019; GOMEL; ROGGE, 2020).

¹² Nesse contexto, Paula (2016) apresenta a intensa dificuldade gerencial da prefeitura e o governo estadual de Tocantins de difundirem a geração de energia elétrica com tecnologia solar fotovoltaica.

O estudo de Tansey et al. (2019) estipula que, desde 2010, apenas cinco grandes corporações da indústria de Óleo e Gás gastaram ¼ de bilhão de euros comprando influência na Comissão Europeia, órgão decisório da União Europeia. As estratégias utilizadas por grupo lobistas incluem negação das mudanças climáticas por meio de financiamento de pesquisas duvidosas, campanhas midiáticas e obstrução de legislação favorável as fontes renováveis.

2.4.2 Barreira tecnológica

A barreira tecnológica consiste nas dificuldades inerentes ao desenvolvimento da tecnologia, à sua estrutura mercadológica e adaptação sociocultural e ambiental. Tem como ponto de origem os mecanismos que operacionalizam a infraestrutura tecnológica, portanto, estritamente interligada as demais barreiras analisadas neste estudo (PAINULY, 2001).

Para racionalizar a barreira tecnológica, torna-se necessário o entendimento sobre oferta e demanda da tecnologia renovável no mercado. Ofertar inovações tecnológicas significa apoiar os esforços da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) com o intuito de aumentar a taxa e a direção da inovação em um determinado sistema. Em seguida, necessita-se de um conjunto de instrumentos que aumente o retorno privado conforme o sucesso das inovações (NEMET, 2009).

Segundo Nemet (2009), os agentes públicos e privados devem “puxar” as inovações do nicho técnico-científico para interagir com as dinâmicas de mercado a fim de coletar avaliações dos usuários e aperfeiçoar a tecnologia de acordo com as suas necessidades. É justamente a partir dessa interação entre oferta e demanda que proliferam as barreiras tecnológicas.

Em termos empíricos, Paula (2016) destaca que o maior entrave à difusão das fontes renováveis diz respeito à falta de uma cadeia produtiva completa para a tecnologia renovável. A falta dessa estrutura pode ser motivada pela ineficiência de canais de abastecimento, problemas logísticos, indisponibilidade de infraestrutura e difícil contratação de serviços ou baixa demanda dos consumidores.

O estudo de Oryani et al. (2021) sobre barreiras a difusão de energias renováveis no Irã assemelha o quanto é necessário ter uma infraestrutura de inovação mínima para importar componentes para serem incorporadas nas fontes renováveis. Por se tratar de um país isolado dentro do comércio internacional por causa de sanções econômicas internacionais, empresas locais foram incapacitadas de trazer componentes estrangeiros e produtos relevantes para o desenvolvimento de uma infraestrutura tecnológica renovável consistente.

Yusoff e Kardooni (2012) argumentam que a baixa disponibilidade de políticas de incentivo governamentais retardou a difusão de fontes renováveis na Malásia. Aliás, fatores como baixa adesão da população, em razão de práticas socioculturais e descoordenação administrativa afetaram a política de transição malaia.

De outra maneira, a canalização de subsídios para geração convencional se tornou outra barreira ao desenvolvimento das tecnologias renováveis. O estudo de Eleftheriadis e Anagnostopoulou (2015) sustenta que o principal entrave que limitava a difusão de energias renováveis na matriz elétrica grega foi a grande quantidade de subsídios que o governo liberava para empresas de geração elétrica a combustível fóssil.

A existência de subsídios para combustíveis convencionais torna os preços da energia gerada mais baixos, colocando as fontes renováveis em desvantagem. Outra barreira consiste na não incorporação das externalidades na composição dos custos da geração de energia com base em fósseis. De acordo com Brown (2001), existem dificuldades em mensurar econômico, social e ambientalmente os impactos negativos na extração, produção, distribuição e consumo dos combustíveis fósseis, evidenciando que as fontes renováveis concorrem em desvantagem com os fósseis.

Outra barreira diz respeito à escassez de informação sobre a tecnologia. É fundamental que os atores do sistema específico de inovação tecnológico busquem informar a população sobre as qualidades técnicas e o custo/benefício da inovação tecnológica na sociedade. A escassez de informação sobre os benefícios ambientais gerados com a tecnologia pode ser outro entrave para o seu desenvolvimento (PAULA, 2016).

O estudo de Kim (2021), Paula (2016) e Seetharaman et al. (2019) destacam a carência de mão de obra qualificada como entrave ao desenvolvimento tecnológico e manutenção do produto no mercado. Do lado da oferta de tecnologia, destacou-se a escassez de engenheiros qualificados para desenvolver produtos. Na esfera do mercado, a dificuldade de encontrar profissionais técnicos que atuam com serviços auxiliares de correção da tecnologia durante o uso também foi identificada como uma barreira.

O pleno funcionamento do sistema de inovação tecnológico de energia renovável demanda recursos humanos altamente qualificados com capacidade técnica e teórica para desenvolver e implementar a tecnologia. A falta de profissionais qualificados, tanto no desenvolvimento técnico-científico do produto como na correção e aperfeiçoamento dele durante o uso no mercado acaba por limitar a difusão das tecnologias renováveis, já que a população não ficará confiante em usar uma tecnologia complexa.

2.4.3 Barreira regulatória e técnica-ambiental

A barreira regulatória e técnica-ambiental consiste em dois desafios relevantes que precisam ser superados para efetivar a transição energética em um contexto de crise ambiental global. Na busca por uma matriz de energéticos mais sustentáveis, Walz et al. (2008) entende a regulação não apenas como um importante instrumento para o desenvolvimento da inovação tecnológica, mas também um artifício que, quando bem desenhado e implementado, consegue proteger o meio ambiente.

Trata-se de um desafio gigantesco para os legisladores e formuladores de política pública, já que existem diversos interesses envolvidos na elaboração da regulação. Trata-se da percepção de que o atual arcabouço regulatório – status quo – está sendo ameaçado. Walz et al. (2008) sustenta que as barreiras regulatórias e técnica-ambiental no âmbito da transição energética estão armadas no tripé: a) necessidade de regular o processo de pesquisa e desenvolvimento e garantir a propriedade intelectual; b) garantir a proteção ambiental e social; c) permitir a entrada da tecnologia em um mercado naturalmente monopolístico.

Regular o processo de pesquisa e desenvolvimento e garantir a propriedade intelectual faz parte da primeira etapa envolvendo a geração de inovações tecnológicas – oferta da tecnologia –, a qual envolve a acumulação de conhecimento teórico até sua aplicação e formação de produtos orientados para o mercado. Esse processo é incerto e exige uma fonte de investimentos sustentados a fim de gerar inovações incrementais – agrega e melhora a tecnologia existente –, ou disruptivas, cujas características são determinadas por formas únicas de funcionamento, portanto, exigindo uma reconfiguração sociotécnica para o seu uso (LUNDVALL, 2016; WALZ et al., 2008).

Assim, garantir a propriedade intelectual, isto é, efetivar o monopólio de exploração da invenção (processo ou produto), seja ela tangível ou intangível, pelo inventor, possibilita a mitigação de riscos envolvendo a inovação (WALZ et al., 2008). Idealmente, a regulação focada no patenteamento das inovações deve ser articulada para corroborar na multiplicação das inovações no território, permitindo também a interação com o setor produtivo (MATIAS-PEREIRA; KRUGLIANKAS, 2005).

No que tange à proteção ambiental e social, existe o desafio de conciliar a viabilidade econômico-financeira dos empreendimentos de fontes renováveis com a preservação da ambiência. Isso porque as fontes renováveis também geram impactos socioambientais que

precisam ser regulados a fim de mitigar seus efeitos durante a construção e o respectivo funcionamento, garantido o desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, a regulação técnica-ambiental torna-se fundamental, a qual tem como ponto de origem a gestão ambiental. Esse, por sua vez, diz respeito ao processo de mediação de interesses e conflitos (implícitos ou explícitos) entre os atores sociais que agem sobre os meios físicos-naturais, buscando garantir o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (QUINTAS, 2006).

Rogge e Reichardt (2016) apontam para a necessidade de integrar os instrumentos regulatórios de maneira coerente para efetivar a transição (energética e produtiva) sustentável. Nesse caso, a coerência se sustenta quando os formuladores de política pública conseguem agregar em um rol de mecanismos regulatórios: a preservação do meio ambiente; a garantia de direitos sociais; competitividade econômica das tecnologias renováveis.

Além disso, Matias-Pereira e Krugliankas (2005) destacam que a formulação do arcabouço regulatório da gestão da inovação tecnológica deve ter consistência, o que exige um planejamento de longo prazo. Nesse caso, alterações constantes, principalmente no curto prazo, somente geram insegurança jurídica, ou seja, não condizem com o princípio de previsibilidade, coerência e estabilidade no estabelecimento de direitos entre as partes envolvidas.

Em países em desenvolvimento, a aplicação de diversos mecanismos regulatórios ambientais nem sempre é vista como positiva. Na verdade, países como o Brasil têm sido escolhido por investidores estrangeiros para empreender em grandes projetos de infraestrutura energética justamente por causa da fragilidade regulatória que impera sobre a exploração e preservação dos recursos naturais (LIMA, 2011).

Em termos empíricos, casos envolvendo impactos socioambientais da expansão do complexo de energia eólica no Nordeste foram identificados por Pinto et al. (2017) e Gois (2020). Os dois estudos apontam para aquisição de extensas áreas por empresas de energia elétrica que possuem modelo de negócio fundamentado na centralização, o que exige um conjunto de aerogeradores montados ao longo da faixa nordestina caracterizada por ventos sustentados. Os impactos desses empreendimentos são: poluição sonora, desapropriação de terras de pequenos agricultores, desarticulação da fauna e da flora local.

Por último, mas não menos importante, há o desafio de regular a entrada das tecnologias renováveis em um mercado naturalmente monopolístico. Faz parte da indústria energética, especialmente a elétrica a presença de poucas empresas avantajadas para gerar, transmitir e distribuir o suprimento para o perímetro urbano e rural, tornando-se constante a participação de empresas públicas ou parcialmente privadas (PAINULY, 2001; WALZ et al., 2008).

Nesse contexto, empresas monopolísticas são bem-posicionadas no mercado com tecnologias tradicionais (geração térmica fóssil e hidrelétricas) que, caso não haja estímulos regulatórios, não incorporarão novas tecnologias. De outro modo, a saída da tecnologia renovável do nicho de desenvolvimento para o mercado exige mecanismos regulatórios de incentivo para reprodução mercadológica, o que exige não apenas a padronização do design tecnológico, como também a criação de um novo mercado (PAINULY, 2001).

Como exemplo empírico, Paula (2016) argumenta que a não regulamentação do mercado de Geração Distribuída¹³ até 2012 foi um empecilho para a evolução das tecnologias renováveis no Brasil, sobretudo solar fotovoltaica. As tecnologias renováveis possuem a característica de constituir sistemas descentralizados, ou seja, menores que os grandes sistemas fornecedores de energia, favorecendo a aquisição por pessoas e empresas cujo objetivo é gerar a própria energia e, assim, diminuir os encargos na conta de luz.

O trabalho de Reddy e Painuly (2004) mostrou que a maior parte das fontes renováveis utilizadas na Índia carecem de regulação que permitam sua reprodução no mercado. Constatou-se que no setor elétrico não há uma regulação que permita a distribuição da eletricidade gerada com fonte renovável na rede do estado indiano de Maharashtra.

2.4.4 Barreira econômico-financeira

Os entraves econômicos e financeiros são oriundos da combinação de fazer um elevado investimento inicial com largo tempo de retorno do capital aplicado nas fontes renováveis. Nota-se que o tempo elevado para retornar o investimento gera incertezas que desencorajam empresas e consumidores a adquirirem a tecnologia, exigindo políticas governamentais que mitiguem os riscos do investimento, bem como garanta a preservação socioambiental (PAINULY, 2001).

As políticas governamentais de cunho econômico-financeiro são orientadas de acordo com a relação interdependente entre oferta e demanda por inovações tecnológicas renováveis, constituindo-se em fortes braços de apoio para sustentação do sistema de inovação. Segundo

¹³ A Geração Distribuída consiste no sistema de consumidores que geram a própria energia elétrica por meio do uso de tecnologias renováveis ou cogeração. A dinâmica do sistema se resume na geração de energia elétrica pelo consumidor que, ao não consumir toda a energia, pode repassar a rede como forma de obter descontos na conta de luz (ANEEL, 2018).

Olmos et al. (2012), os formuladores de política pública devem definir critérios de seleção dos instrumentos de apoio à oferta de inovações tecnológicas renováveis.

Para o autor, o primeiro passo se refere a necessidade de avaliar a maturidade do desenvolvimento da tecnologia para escolher os instrumentos de financiamento público direto. A atuação de empréstimos públicos combina com projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e tecnologias maduras, que possuem prospecção quantificada de mercado, com alta lucratividade, sobretudo liderado por grandes empresas. Além disso, esse mecanismo de financiamento deve atuar quando a liquidez dos agentes privados for reduzida ou quando o setor público possuir experiência no desenvolvimento tecnológico.

No âmbito das tecnologias em demonstração ou estágio embrionário, recomenda-se a atuação calibrada de múltiplos instrumentos. Os subsídios são recomendados para instituições de pesquisa e universidades que desenvolvem novos materiais, componentes periféricos ou projetos específicos para serem integrados nas tecnologias renováveis. Produtos tecnológicos em demonstração, sobretudo por empresas especializadas em projetos podem ser financiados com créditos equalizados¹⁴ (*equity*) quando o retorno financeiro for positivo.

Pela ótica da demanda (*demand-pull*), Menanteau et al. (2003) argumentou que as tarifas *feed-in*¹⁵ foram grandes indutoras dos mercados de energia eólica da Alemanha, Espanha e Dinamarca. Isso porque o aumento da capacidade instalada gerou aprendizado da cadeia produtiva, consequentemente reduzindo custos. No mais, as tarifas *feed-in* estimularam as empresas investirem pesado em P&D, o que solidificou a indústria eólica desses países.

Uma alternativa de financiamento para fontes renováveis diz respeito aos mercados de carbono. Trata-se de um ambiente em que os agentes trocam créditos de carbono, isto é, o certificado que comprova determinada quantidade de dióxido de carbono que deixou de ser emitida¹⁶. Esse mecanismo tem sido utilizado pela União Europeia (UE) em sua versão

¹⁴ No setor de financiamento da tecnologia e inovação, o crédito equalizado ou equalização consiste na cobertura da diferença entre os encargos decorrentes dos custos de captação e operação e do risco do crédito, incorridos pela financiadora, e os encargos compatíveis com o desenvolvimento de projetos de inovação tecnológica (MCTI, 2022).

¹⁵ 3 A Tarifa *feed-in* é um mecanismo de incentivo a adoção de energias renováveis por meio da criação de uma legislação que obrigue as concessionárias regionais e nacionais a comprarem eletricidade renovável em valores acima do mercado, estabelecido pelo governo (AMÉRICA DO SOL, 2021).

¹⁶ Cada certificado equivale à 1 tonelada de dióxido de carbono que deixou de ser emitida, possuindo também quantias de conversão para outros gases de efeito estufa (SUSTAINABLE CARBON, 2022).

regulada, onde empresas densamente emissoras de GEE seguem metas obrigatórias de redução, portanto, utilizam os créditos de carbono para abater suas emissões¹⁷.

Assim, a principal barreira diz respeito a falta de linhas de crédito para compra de tecnologia renovável. O estudo de Zhang et al. (2013), sobre a interação da política chinesa de incentivo as fontes renováveis com a política industrial, mostrou que as linhas de crédito dos bancos não alcançavam toda a cadeia produtiva chinesa.

Oryani et al. (2021) afirma que a ausência de linhas de crédito desencorajou o setor privado a investir na geração de fontes renováveis no Irã. A análise de Prasertsan e Sajjakulnukit (2006) sobre as potencialidades e os desafios da biomassa e do biogás na Tailândia evidenciou que a ausência de fornecimento específico de crédito para a implementação dessas tecnologias retardou sua difusão no país. No caso, o governo implementou uma política geral de crédito para renováveis, sem atender as especificidades técnicas e mercadológicas de cada tecnologia.

No caso de prefeituras e governos estaduais interessados em buscar financiamento para projetos de geração com fonte renovável, os bancos e instituições de fomento avaliam sempre a capacidade de pagamento dos entes federativos (SILVA et al., 2014). Assim, a má gestão das contas públicas consiste em um entrave relevante para atração de investimentos com foco no desenvolvimento de fontes renováveis.

2.4.5 Hierarquia entre as barreiras

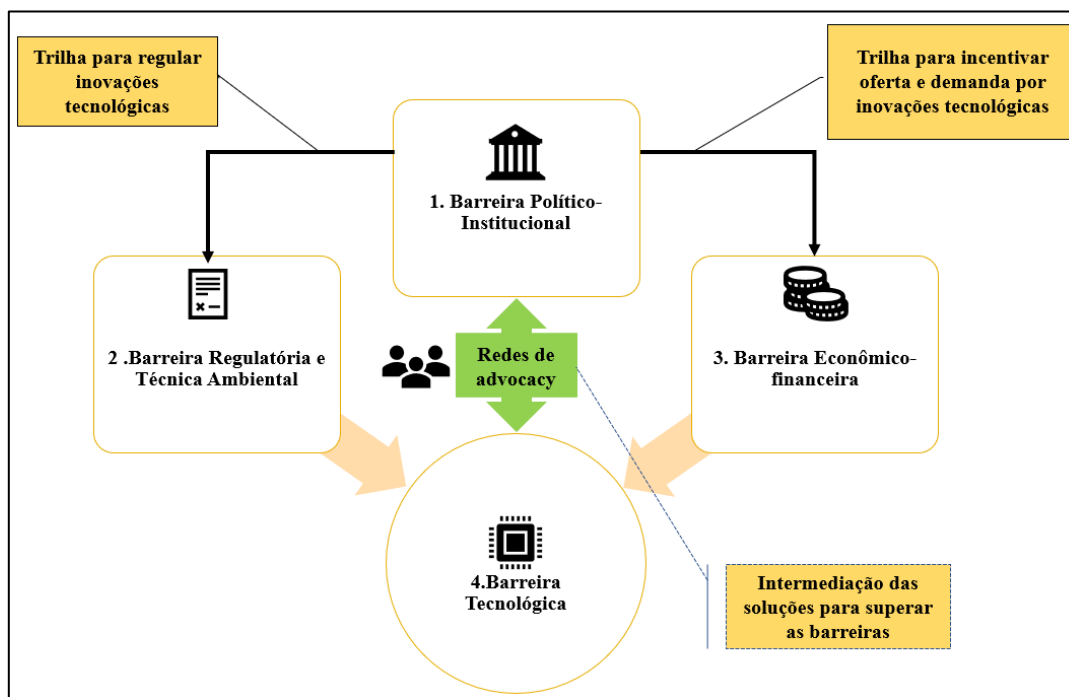
O conhecimento das barreiras estimula o questionamento sobre qual barreira é mais importante para receber uma solução dos formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão. Notadamente, a barreira político-institucional deve se tornar o foco inicial, pois, como abordado no tópico 2.3, a transição energética consiste em uma mudança estrutural, envolvendo alterações sociais, políticas e institucionais.

Isso corrobora para que o processo seja também político, ou seja, depende das diversas trilhas decisórias dentro das organizações governamentais locais, nacionais e internacionais para superar os entraves em questão. Contudo, a barreira político-institucional se caracteriza principalmente por um “atraso” das instituições e organizações políticas em corresponder as

¹⁷ O EU-ETS, mercado de carbono europeu, regula 40% das emissões dos 27 países-membros da EU. Seu funcionamento contribuiu substancialmente para que empresas investissem em fontes renováveis no continente europeu entre 2010 e 2016 (CNI, 2021).

necessidades regulatórias e materiais das tecnologias, o que exige um planejamento estratégico para convencer os atores políticos a corrigir este desequilíbrio.

Figura 7 - Dinâmica hierárquica das barreiras



Fonte: Elaboração do autor

A figura 7 ilustra esse processo hierárquico. Tanto a barreira regulatória e técnica ambiental, como econômico-financeira possuem correlação com a maneira em que os entes governamentais compreendem a gestão processo inovativo. O desconhecimento sobre os caminhos que as inovações renováveis correm até o mercado, a carência de recursos regulatórios e econômico-financeiro, bem como o pesado lobby dos combustíveis fósseis corroboram para o surgimento de barreiras tecnológicas.

Com base em Hekkert et al. (2007), entende-se que as redes de advocacy possuem um papel fundamental na superação dessas barreiras. Isso porque, tal articulação entre atores envolvidos no Sistema Específico de Inovação Tecnológica (SEIT) favorecem a difusão de informações sobre as limitações técnicas, regulatórias e financeiras com as organizações governamentais, principalmente prefeituras e câmaras legislativas.

Existem dois caminhos que podem ativar a transição energética a partir da atuação das redes de advocacy favoráveis as fontes renováveis. O primeiro se associa a incansável busca por recursos financeiros para financiar projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) sobre tecnologias renováveis, como também a necessidade de instrumentos de demanda para levar as

inovações dos laboratórios e nichos para o mercado. Nesse caso, a articulação entre universidades, grupos de pesquisa e agências de financiamento se tornam a ponta de lança da rede de interação com os governos para orientar pesquisas e captar recursos (SUURS; HEKKERT, 2012).

Segundo Suurs e Hekkert (2012), outro caminho diz respeito a própria articulação entre empreendedores que dominam e vendem a tecnologia renovável no mercado de maneira embrionária, portanto, precisam superar barreiras para alavancar suas vendas e gerar escala. Nesse cenário, torna-se comum a formação de associações empresariais para buscar alterar regulações de mercado como, por exemplo, a permissão para ligar pequenas usinas solares a rede de distribuição de energia local. No mais, a busca por incentivos financeiros também é um interesse importante por parte dos empreendedores na hora de buscar soluções junto ao governo.

A união desses caminhos é possível quando há convergência dos empreendedores com as instituições de ensino e pesquisa para formular uma estratégia de transição, fortalecendo a capacidade de persuasão diante das organizações governamentais. Nesse caso, atentar-se para a adequação regulatória das inovações tecnológicas se torna primordial como forma de gerar segurança jurídica para os investimentos em desenvolvimento e comercialização das tecnologias renováveis.

Nesse contexto, Rogge e Reichardt (2019) destacam que a partir da multiplicação de interações entre redes de advocacy especializadas em fontes renováveis e agentes públicos, estimula-se o aperfeiçoamento institucional e, propriamente, subsidia com informações científicas e feedbacks os instrumentos que apoiam ou retardam as interações mercadológicas em torno das inovações tecnológicas sustentáveis.

3 A GOVERNANÇA DO SISTEMA ELÉTRICO RORAIMENSE

Este capítulo tem como objetivo aplicar a análise histórico-institucional sobre a governança do sistema elétrico roraimense, de modo a compreender a origem das barreiras na transição da geração de eletricidade. A análise histórico-institucional consiste em um ferramental que usa a história para compreender a origem e a evolução das instituições e das organizações em um determinado território.

Isso permite identificar o contexto histórico específico que originou as instituições, bem como as organizações atreladas a elas. Para a governança do sistema elétrico roraimense, recorrer à história consiste na compreensão das motivações dos atores envolvidos na formação do mercado de eletricidade local, bem como eles se articularam para identificar problemas na infraestrutura elétrica e buscar soluções junto ao governo federal.

Desse modo, exige-se a compreensão de quais tecnologias eram disponíveis à época e como os agentes públicos e privados arquitetaram o arcabouço regulatório e institucional em torno do seu uso.

3.1 Trajetória regulatória do setor elétrico brasileiro

3.1.1 Contexto histórico do setor elétrico brasileiro

A regularização do setor elétrico brasileiro passou por profundas metamorfoses institucionais ao longo da evolução do Estado brasileiro. Trata-se principalmente da alternância de poder entre o setor privado e público sobre a organização do setor. O primeiro modelo tinha como ator gerenciador o capital privado (1883-1950), o qual desempenhou papel fundamental na inauguração da primeira planta geradora de eletricidade para iluminação pública em 1883, na cidade de Campos (RJ). No mesmo ano, foi inaugurada a primeira usina hidrelétrica na cidade de Diamantina (MG).

Nesse modelo, destacam-se duas empresas de capital estrangeiro: Grupo Light, que chegou na cidade de São Paulo em 1899 e a *American Foreign Power Company* (AMFORP), que chegou no Brasil em 1924, ganhando concessão para fornecimento de eletricidade para o interior de São Paulo, o que incentivou a criação da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL). No ano de 1924 também foi criada a Companhia Auxiliar de Empresas Elétricas Brasileiras (CAEEB) com o objetivo de gerenciar as empresas adquiridas pela AMFORP nas regiões de

Porto Alegre, Belo Horizonte, Petrópolis, Salvador, Recife, Natal, Niterói e Vitória (OLIVEIRA, 2000).

O autor destaca que a entrada na década de 1930 é marcada por instabilidade política e a ascensão de um grupo nacionalista na condução do Estado brasileiro. Desde então o setor elétrico passou a incorporar os moldes que defendiam a participação preponderante do Estado na gestão do desenvolvimento nacional, o que incluía a nacionalização de setores estratégicos, como energia.

A publicação do Código de Águas por meio do decreto 24.643, de 10 de julho de 1934, expressou firmemente o novo modelo de gestão dos recursos naturais do país, principalmente da água, já que previa a incorporação das quedas d'água ao patrimônio nacional, estabelecia a prerrogativa do Governo Federal de conceder licenças para exploração do recurso hídrico, bem como instituía a nacionalização dos serviços apenas a empresas brasileiras ou firmas instaladas no Brasil (OLIVEIRA, 2000).

Com efeito, surge o modelo monopolista estatal nos anos 1950, já que os formuladores de política diagnosticaram a necessidade de ofertar energia suficiente para acompanhar as transformações socioeconômicas encadeadas pela industrialização. De acordo com Chiganer et al. (2002), as empresas privadas eram incapazes ou desinteressadas em mobilizar recursos necessários à expansão da oferta de energia elétrica tanto por causa da insuficiência de poupança privada nacional como baixa atratividade dos investimentos de longo prazo.

Tal situação levou o setor a uma estagnação caracterizada por crescentes interrupções no fornecimento do serviço de eletricidade. A crise no setor favoreceu as primeiras intervenções estatais por meio de políticas de planejamento da indústria a nível regional. Criou-se a empresa estatal Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) pela qual foi elaborado o primeiro Plano Nacional de Eletrificação, que também previa a criação da Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobras) a fim de planejar e coordenar nacionalmente as empresas do setor elétrico (CHIGANER et al., 2002).

Em 1957, fundou-se a Central Elétrica de Furnas S.A (FURNAS) e, em 1960, surge o Ministério de Minas e Energia (MME). A criação da ELETROBRAS somente veio no governo João Goulart (1961-1964), em 1962, recebendo a atribuição de realizar pesquisas e projetos de usinas geradoras, bem como a construção de linhas de transmissão e subestações de forma a atender a demanda reprimida por energia no Brasil (CHIGANER et al., 2002).

O ano de 1964 marca a remodelação do modelo institucional e governamental brasileiro, uma vez que o tensionamento causado pela disputa ideológica e geopolítica entre Estados Unidos e União Soviética alimentou a tomada de poder pelos militares a fim de defender os

interesses de uma elite amedrontada por profundas reformas sociais e alinhada aos interesses estadunidenses. Tal fato instituiu o regime militar no Brasil (1964-1985), cujo modelo de desenvolvimento centralizava-se no papel preponderante do Estado que entendia a industrialização nacional como forma de superar o quadro de subdesenvolvimento do país e, portanto, gerador de instabilidade sociopolítica.

Consequentemente, manteve-se a organização do setor elétrico na órbita do modelo monopolista estatal, iniciando uma segunda fase de grandes investimentos governamentais na indústria energética entre 1964 e 1980 (CHIGANER et al., 2002). Mercedes et al. (2015, p. 15) argumenta que:

“Esse período teve as seguintes características: a) planejamento energético normativo ditado pelo Grupo Coordenador do Planejamento do Sistema (GCPS); b) economias de escala e escopo; c) regularidade tecnológica por causa da supremacia das hidrelétricas; e d) expansão contínua da capacidade instalada de geração e transmissão para atender a demanda reprimida” (MERCEDES et al., 2015, p. 15)

São frutos desse período de avanços no setor elétrico a fundação da Eletrosul em 1968. No ano de 1972 surgiu a Eletronorte, empresa subsidiária da Eletrobras, que tinha como missão o planejamento e estruturação da capacidade de geração e transmissão de eletricidade na região amazônica. Em 1973, foi assinado entre Brasil e Argentina o Tratado de Itaipu para a construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu (CHIGANER, et al., 2002; MERCEDES et al., 2015).

O primeiro plano nacional de energia elétrica foi elaborado em 1977, denominado Plano 92, cujo objetivo era proporcionar diretrizes econômicas e técnicas para a Eletrobras. Esse plano se destaca por considerar a integração do potencial energético das regiões brasileiras como condição vertebral do desenvolvimento econômico nacional. No de 1979, o governo militar lançou o Plano 95, cuja descrição do potencial hidrelétrico brasileiro estava mais precisa e trazia a perspectiva de expansão do sistema elétrico por meio da construção das usinas e linhas de transmissão (MERCEDES et al., 2015).

A década de 1980 foi marcada por alterações na conjuntura política e econômica internacional que aceleraram a deterioração do modelo de desenvolvimento baseado no endividamento externo. O elevado endividamento das empresas estatais do setor elétrico impossibilitou a realização de novos investimentos na geração e transmissão de eletricidade, o que gerou escassez do recurso em uma situação de crescente insatisfação social com os rumos do regime militar.

O fim deste regime, em 1985, com a redemocratização, também significou a falência do modelo monopolista estatal do setor elétrico. Já não havia espaço para o papel ativo do Estado em um sistema econômico internacional redesenhado pela doutrina neoliberal e encabeçado pelo governo de Ronald Reagan, nos EUA, e Margaret Thatcher, no Reino Unido. As premissas básicas foram emanadas pelo Consenso de Washington, sendo as principais: a) redução do papel do Estado na economia; b) austeridade fiscal e disciplina monetária; c) simplificação burocrática; d) privatizações; e e) prevalência da competição mercantil.

Na gestão do setor energético, houve a percepção por parte dos formuladores de política pública da vertente neoliberal de que a eficiência da indústria da energia poderia ser alavancada com a competição no segmento da geração, distribuição e comercialização. Para isso, tornava-se necessário a remoção dos entraves que limitavam a livre circulação de capital privado no setor, bem como redução da burocracia para negociar contratos de compra e venda de energia. Com o tempo, a eficiência do mercado eliminaria as tecnologias obsoletas do sistema elétrico brasileiro (MERCEDES, 2012).

A partir de 1990 surge, no Brasil, o modelo mercantil de gestão do setor elétrico. Tinha-se como componentes desse sistema: a) Planejamento da expansão passou a ser efetuado pelo Comitê Coordenador do Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos (CCPE) e a operação através do Operador Nacional do Sistema (ONS), criado em 1998; b) o fluxo de informações, antes compartilhadas no modelo monopolista estatal, passou a ser tratada de interesse privado por causa da estratégia comercial das empresas; c) planejamento indicativo, o qual fornecia critérios técnicos e econômicos para os agentes econômicos empreenderem de acordo com os seus interesses (MERCEDES, 2002).

A criação do Plano Nacional de Desestatização (PND), sob coordenação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), estabeleceu as diretrizes e a forma como as empresas estatais passariam a operar no modelo neoliberal. O principal mecanismo instituído foi o regime de concessões, que permitia ao capital privado o fornecimento de serviços de utilidade pública.

Do ponto de vista regulatório, fundou-se, em 1996, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), uma organização pública orientada a regulação e fiscalização do sistema elétrico nacional. Desse modo, tirava-se da Eletrobras o poder normativo e transferia a uma agência reguladora o planejamento indicativo da oferta e demanda de eletricidade (MERCEDES et al., 2015).

O resultado da implementação da primeira fase do modelo (1990-2003) foi uma baixa eficiência do sistema elétrico nacional, que resultou na crise energética de 2001. Mercedes

(2012) argumenta que tal fato decorreu da perda de competência técnica, com o desmonte das principais áreas de planejamento e operação do sistema elétrico, bem como do surgimento e ampliação dos custos de transação, da inadequação do modelo e falta de cultura regulatória, o que permitiu abusos por parte dos concessionários e do aumento exponencial das tarifas.

O conjunto de barreiras impossibilitou a realização de investimentos não apenas na expansão da oferta de eletricidade, mas também na manutenção da estrutura existente. Entre 2001 e 2003, o Brasil apresentou uma quantidade significativa de blecautes que decretaram a necessidade repensar o modelo mercantil.

O atual modelo institucional do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) surgiu da revisão do modelo mercantil após a eleição presidencial de 2002, que levou Luiz Inácio Lula da Silva (Lula), do Partido dos Trabalhadores (PT), à presidência. Lula possuía um programa de governo dotado de reformas para o setor elétrico que visavam solucionar a crise energética, iniciada em 2001.

De acordo com Mercedes et al. (2015), sua origem foi resultado da combinação de uma disputa entre o modelo apresentado pelo Instituto Cidadania, sob a coordenação de Ildo Sauer, Pinguelli Rosa e Roberto D'Araújo, e a proposta do Ministério de Minas e Energia (MME), encabeçado por Dilma Rousseff e Maurício Tolmasquim. A solução para a crise do setor energético estipulado no programa de governo petista tinha embasamento na atuação conjunta do Estado e do setor privado na reestruturação do setor elétrico e, portanto, não excluía totalmente as reformas realizadas no governo FHC.

O anseio da gestão do Partido dos Trabalhadores era justamente tornar o setor elétrico competitivo e autossustentável sem comprometer a agenda social, ou seja, transformar a indústria elétrica em um gerador de divisas para o Estado realizar novos investimentos no setor e reformas sociais. Nesse sentido, necessitava-se de um planejamento energético integrado, de políticas de eficiência energética e combinação tecnológica, de maneira a viabilizar novas dinâmicas para os segmentos de hidroeletricidade, petróleo e gás natural, carvão, nuclear e fontes alternativas (solar, eólica e biomassa) (MERCEDES et al., 2015).

Com base em Rosa (2004 apud MERCEDES et al., 2015), o novo modelo institucional, de natureza mista (Estado e mercado), foi montado de forma a não romper com os contratos de empreendimentos autorizados no governo FHC, já que aumentaria a insegurança jurídica e o risco no setor, afugentando investidores domésticos e internacionais e precarizando ainda mais o sistema. Nesse contexto, o modelo se caracteriza por ter absorvido não apenas parte dos componentes defendidos pelo Instituto Cidadania, mas também mecanismos de um modelo mercantil regulado.

De acordo com a quadro 4, é possível identificar essas diferenças mercadológicas. Do modelo mercantil para o modelo misto, manteve-se a geração elétrica com a combinação entre empresas públicas e privadas. Porém, não houve desverticalização da transmissão – naturalmente considerada monopólio –, ao passo que a garantia de suprimento ficou a cargo do poder público, diferenciando-se do modelo mercantil, o qual tinha o mercado como garantidor da oferta.

Quadro 4 – Diferenças entre modelos de gestão do setor elétrico brasileiro

Item	Modelo anterior	Proposta do Instituto Cidadania	Novo modelo
Descontratação de energia	Sim	Suspender	Mantida
Eletrobras no PND	Sim	Retirar	Retirada
Restrições de investimentos da Eletrobras e de ser majoritária em parcerias	Sim	Revogar	Não revogada
Natureza da geração elétrica	Mercantil	Serviço público	Serviço público e mercantil
Forma de exploração das usinas	Produção independente	Concessão	Concessão com muitos prod. ind.
Geração e transmissão	Desverticalizar	Não desverticalizar	Não desverticaliza
Mercado atacadista	Indutor de investimento	Extinguir	Substituído
Garantia de suprimento	Mercado	Poder público	Poder público
Produtores independentes	Maioria	Exceção	Grande número
Planejamento	Indicativo	Determinativo	Determinativo
Novas usinas	Licitação onerosa de hidrelétricas	Licitar todas por menor tarifa	Licita todas por menor tarifa
Despacho de usinas	Oferta de menor preço	Menor custo	Menor preço
Energias alternativas	Mercado	Política energética	Proinfa e mercado
Térmicas a gás natural	Obedece a contratos	Complementar	Obedece a contratos
Participação privada	Privatizações	Suspender	Suspensas
Financiamento	Atração de invest. privados	Recursos públicos e privados	Prioridade de invest. privados
Política energética	Dada pelo mercado.	Definida pelo governo	Indefinida
Regulação	Aneel	Integrada	Aneel

Fonte: ROSA, 2004 *apud*. MERCEDES et al., (2015)

A forma de exploração das usinas passou a ser por concessões para muitos produtores independentes, o que estimulava a oferta de tecnologias para gerar eletricidade. A necessidade de diversificar a matriz elétrica fundamentou a criação do PROINFA, política pública que visa

incentivar a inserção das tecnologias renováveis alternativas no mercado, destacando-se solar, eólica e biomassa.

No que tange ao financiamento, o modelo misto priorizou os investimentos privados em detrimento das preferências por aportes públicos defendidos pelo Instituto Cidadania (ROSA, 2004 apud MERCEDES et al., 2015). Tal política de fato não ocorria, já que a entrada do BNDES como grande financiador do sistema assegurava, com investimento público, os empreendimentos energéticos privados.

Manteou-se a regulação no âmbito da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) a fim de reforçar o compromisso do Estado com as abordagens do mercado regulado, que crescia na Europa e na América do Norte. Por outro lado, a política energética, considerada estratégica para países desenvolvidos, não foi amplamente estabelecida no modelo misto. Ao passo que no modelo mercantil o mercado era quem ditava os rumos do complexo energético, a estrutura mista deixava indefinido quem era o ator responsável por direcionar o sistema elétrico (MERCEDES et al., 2015).

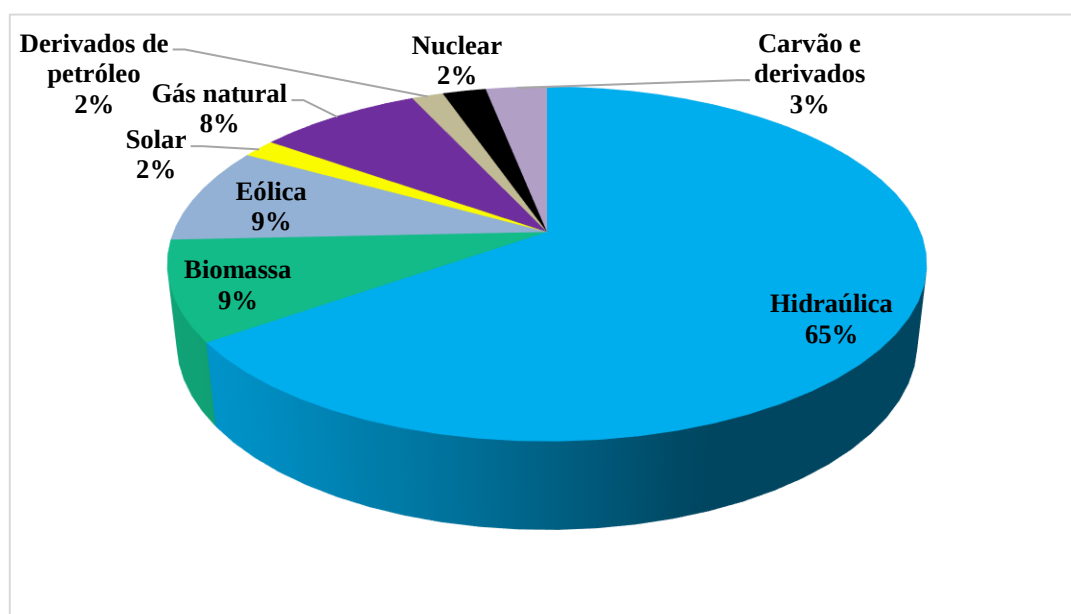
3.1.2 Atual modelo institucional do Sistema Elétrico Brasileiro

O atual modelo institucional do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) rege as relações mercadológicas e regulatórias inerentes ao Sistema Interligado Nacional (SIN), que consiste em um conjunto tecnológico hidrotérmico distribuídos em bases regionais que são conectados por grandes redes de transmissão na maior parte do território nacional. Além disso, existem os Sistemas Isolados (SISOLs), que são complexos de geração majoritariamente termelétricos abastecidos com óleo diesel não conectados ao SIN e estão distribuídos nos subsistemas: Sudeste-Centro-Oeste, Norte, Nordeste e Sul (MERCEDES et al., 2015).

Esse conjunto forma a matriz elétrica brasileira, onde 65,5% da geração de eletricidade é hidráulica. De acordo com Mercedes et al. (2015) a base hidrelétrica possui reservatórios de regularização que são gerenciados por planos pluri e intraanuais. Em períodos de chuva, tais reservatórios acumulam água que depois é liberada em períodos de secas. Os autores acrescentam que as bacias hidrográficas onde as hidrelétricas alocadas são interligadas por uma extensa malha de transmissão, promovendo não só a complementaridade entre os diversos regimes hidrológicos regionais, mas também uma geração 25% superior ao seria obtido sem a interligação.

A figura 8, extraída da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020) revela que, nos últimos anos, houve uma ascensão gradual da participação eólica e biomassa na composição da matriz, obtendo 8,8% e 9,1% respectivamente. Embora a fonte solar tenha crescido também, sua participação na oferta de eletricidade ainda é ínfima, tendo em vista os 1,7%. As fontes fósseis ocupam um espaço por meio do gás natural (8,3%), carvão e derivados (3,1%) e derivados de petróleo (1,6%). A exceção tecnológica é justamente a fonte nuclear, cuja participação é de apenas 2,2% e está concentrada principalmente na região Sudeste.

Figura 8 – Composição da matriz elétrica brasileira (2020)



Fonte: elaboração do autor. Com base em EPE (2020)

A estrutura regulatória que rege esse conjunto tecnológico está apresentada no quadro 5. Por ser determinado pelo Estado, a base energética brasileira é determinada pela governança do Ministério de Minas e Energia (MME). As relações específicas do setor elétrico são determinadas por regulações definidas por meio da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), enquanto a operação da estrutura tecnológica via Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Segundo Werner (2019), o planejamento da expansão setorial foi definido na Lei nº 10.847/2004 e tem como base a relação interinstitucional da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), responsável por realizar estudos que fundamentem a tomada de decisão do Ministério de Minas e Energia (MME). Além disso, têm-se o Conselho Nacional de Política Energética, cujo objetivo é formular e aprovar a política energética nacional.

A comercialização de energia ocorre por meio do sistema de leilões organizados pela ANEEL, os quais buscam licitar empreendimentos que ofertem a menor tarifa. O gerenciamento do comércio de eletricidade ficou por conta da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que atua no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e no Ambiente de Contratação Livre (ACL). O primeiro se refere aos consumidores cativos, sobretudo domésticos e pequenas e médias empresas. O segundo congrega grandes consumidores de energia, destacando-se fábricas e até mesmo atores que geram a própria energia e vendem o excedente para as distribuidoras (WERNER, 2019).

Werner (2019) sustenta que a estrutura regulatória conta com mecanismo de participação ativa do Estado no financiamento do setor por meio da Lei nº 11.079/2004, que estabelece normas gerais para licitação e contratação das Parcerias Públicas-Privadas (PPP). Essa política permitiu associação de empresas pública e privadas para fins de desenvolvimento e exploração de projetos de infraestrutura na área energética, resultando nas Sociedades de Propósito Específico (SPE).

No financiamento, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) se tornou não só o principal indutor da capitalização do setor elétrico brasileiro, como também o grande articulador para inserção do setor privado na indústria de eletricidade. Dados de desembolso realizado pelo BNDES (2022) entre janeiro e dezembro 2021 evidenciam que o banco estatal aportou R\$ 15.7 bilhões no setor elétrico nacional, correspondendo a 24,6% dos aportes realizados na carteira de projetos de infraestrutura do banco.

A articulação do BNDES para inserir empresas privadas no setor ocorre principalmente via consultoria para estruturação financeira de projetos de infraestrutura (*project finance*), bem como garantidor de liquidez para sociedades de propósito específico (SPEs) formadas a partir da participação de empresas privadas com estatais no âmbito da geração e transmissão de eletricidade (BNDES, 2021; WERNER, 2019).

No mais, o banco tornou-se o maior investidor em tecnologias renováveis de geração elétrica do Brasil e do mundo. Entre 2004 e 2018, o BNDES investiu R\$ 30 bilhões em projetos de geração com base em fontes renováveis. Tal aporte teve o objetivo de não só financiar sistemas de geração, mas também desenvolver uma cadeia que permitisse a integração de indústrias brasileiras e, conseqüentemente, sua especialização no fornecimento de componentes para tecnologias de energia limpa (BNDES, 2019).

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), instituído pela Lei nº 10.438/2002, foi fundamental para inserção das tecnologias renováveis na matriz elétrica brasileira após o colapso do setor em 2001. Trata-se de uma política pública

governamental focalizada em incentivar a entrada da tecnologia eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) no mercado, através da contratação de capacidade por parte da Eletrobrás com os produtores que usam as fontes renováveis incluídas no programa. Assim, o PROINFA impulsiona o investimento nas fontes alternativas ao ter os seus custos rateados com todos os consumidores conectados ao Sistema Interligado Nacional¹⁸ (SIN) (ANEEL, 2021).

Quadro 5 - Estrutura do Marco Regulatório do Setor Elétrico Brasileiro

Item	Fundamento
Governança do Setor Energético	Ministério de Minas e Energia (MME)
Regulação	Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)
Operação	Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)
Planejamento da expansão setorial determinativo (Lei nº 10.847/2004)	Estatal – Criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Energética (EPE), cuja responsabilidade recai no planejamento de longo prazo mediante formulação de estudos que fundamentem a tomada de decisão do Ministério de Minas e Energia (MME). Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) – atua na determinação da política energética.
Comercialização de Energia (Lei nº 10.848/2004)	Leilão - Modalidade licitatória que busca o menor preço, recebendo a concessão quem ofertar a menor tarifa; Criação da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) – responsável pela comercialização em Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e Ambiente de Contratação Livre (ACL)
Retomada dos investimentos estatais (Lei nº 11.079/30 dezembro de 2004)	Fornecer normas gerais para licitação e contratação de Parceria-Pública Privada (PPP)
Articulador e provedor do Financiamento Setorial	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)
PROINFA: Lei nº 10.438/2002 – buscar incentivar a inserção de tecnologias renováveis na matriz elétrica.	PROINFA, mercado e BNDES
Marco da Geração Distribuída (GD) – Lei nº 14.300/2022	Institui o marco legal da mini e microgeração distribuída, que permite a autoprodução e o respectivo consumo com carga conectada à rede.
Decreto nº 7.246/2010 – Planejamento dos Sistemas Isolados (SISOLs)	Regula o planejamento dos sistemas isolados e seus agentes envolvidos na produção e distribuição do suprimento elétrico.

¹⁸ Vale destacar que não são incluídos consumidores de baixa renda, os quais são enquadrados na Tarifa Social.

Portaria MME nº 67/2018 – propostas de oferta de energia ao SISOLS	
--	--

Fonte: Elaboração própria, com base em WERNER (2019); GOVERNO FEDERAL (2022).

Um dispositivo institucional que foi integrado no Marco Regulatório do Setor Elétrico Brasileiro diz respeito ao Marco da Geração Distribuída, sancionado no dia 2 de janeiro de 2022. Trata-se de um conjunto de normas que regulam o consumo de energia elétrica gerada por mini ou microgeração – majoritariamente sistemas de módulos solares em residências -, a qual pode ser repassada à rede, gerando créditos que podem ser abatidos na conta final do consumidor (BRASIL, 2022).

No âmbito dos Sistemas Isolados (SISOLs), o planejamento foi estabelecido no Decreto nº 7.246/2010, regulando a interação dos agentes produtores e distribuidores nesse sistema majoritariamente posto na Amazônia Legal. Além disso, a Portaria MME nº 67/2018 regula as propostas dos empreendedores para ofertar eletricidade dentro dos SISOLs. Tais projetos devem ser cadastrados e acompanhados por técnicos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Uma vez registrados, os empreendimentos estão liberados para concorrer a concessão por meio dos leilões organizados pelo MME.

Visto isso, torna-se evidente que o atual marco regulatório do setor elétrico brasileiro visou agregar o papel do Estado no incentivo ao mercado na geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Tal condição permitiu a entrada de fontes alternativas a fim de diminuir a dependência das termelétricas e das hidrelétricas no setor.

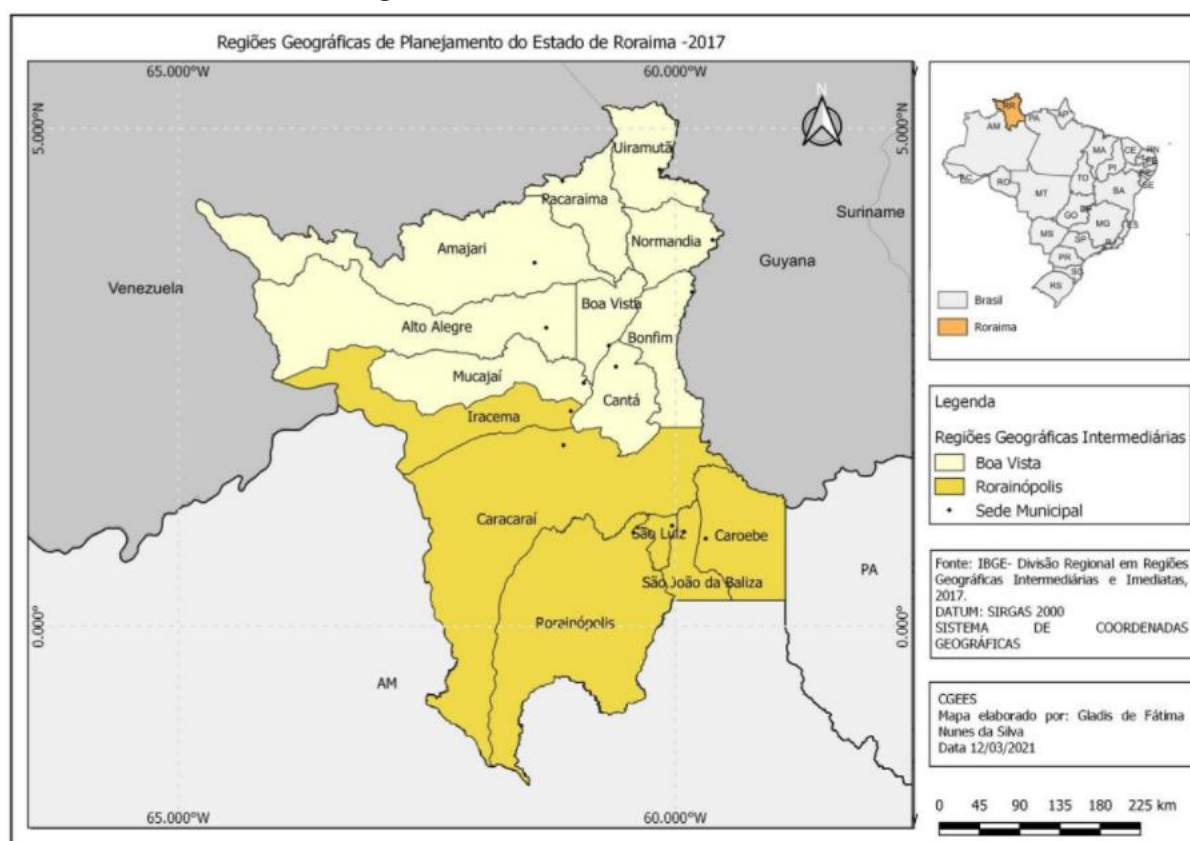
3.2 Formação dos interesses governamentais no potencial hidrelétrico roraimense

3.2.1 Contexto socioeconômico e ambiental de Roraima

O estado de Roraima está localizado no extremo norte do Brasil, fazendo fronteira com a Venezuela e a República Cooperativista da Guayana. Trata-se de um jovem estado criado após a promulgação da Constituição Federal de 1988, deixando de ser Território Federal de Roraima para se tornar uma das oito unidades federativas que formam a Amazônia Legal ou Amazônia brasileira.

Roraima foi dividida em 15 municípios, tendo Boa Vista como a capital roraimense. Embora quase nunca mencionado na história do Brasil, o território roraimense possui histórico de disputas, revoluções e massacres envolvendo conflitos entre espanhóis, holandeses e britânicos frente à colonização portuguesa para o controle do mercado de escravos indígenas, pedras preciosas e gado (BARBOSA, 1993).

Figura 9 – Divisões do Estado de Roraima



Fonte: SILVA (2021)

De acordo com Oliveira e Magalhães (2012), no final do século XIX, a região ganhou forte interesse dos britânicos em um processo que ficou marcado na história das relações internacionais do Brasil como a questão do Pirara. Tal fato corresponde a uma disputa fronteiriça entre a Grã-Bretanha e o Império do Brasil pela região do Pirara, território entre o atual município de Uiramutã e Normandia e o Essequibo, terra conhecida por vastas minas de diamantes e ouro pertencente a Guiana. Nesta litigância, o Brasil perdeu 19.630 km² do território roraimense para os britânicos, restando apenas 13.570 km² do território reclamado para o Império brasileiro.

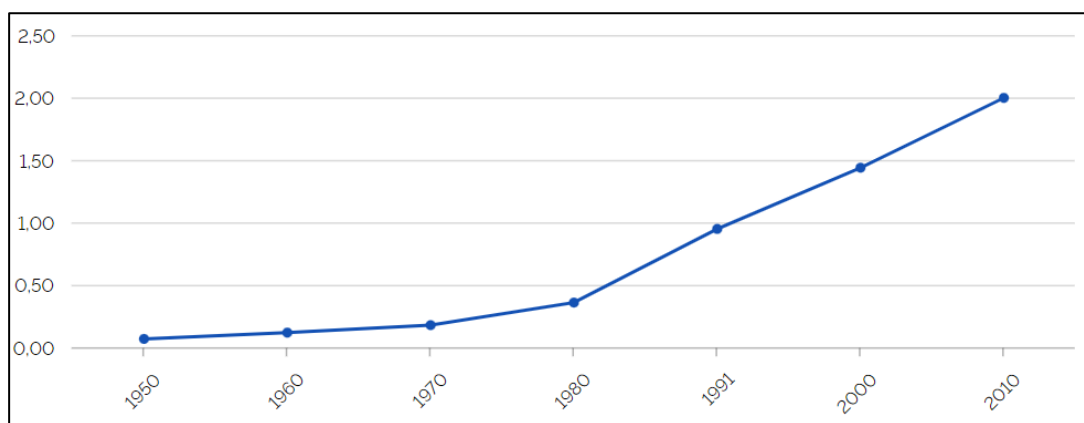
Na segunda metade do século XX, houve um grande fluxo de migrantes nordestinos para o Território Federal de Roraima, em razão das recém-descobertas minas de diamantes e

ouro na região da Serra do Tepequém. Esse fluxo foi primordial para fundação de uma matriz econômica calcada na garimpagem e na pecuária. Durante o regime militar, o território foi governado por chefes da Força Aérea Brasileira (FAB), que via a região de maneira vulnerável, em razão das instabilidades políticas que ocorreram no processo de independência da Guyana em relação ao Reino Unido (BARBOSA, 1993).

A presença militar na faixa que compreende a fronteira entre Venezuela e Guyana foi fundamental para canalizar recursos públicos como forma de desenvolver uma infraestrutura urbana capaz de atrair e reter massa humana em um território com baixa densidade demográfica. Muitas políticas públicas foram criadas para deslocar mão de obra do Nordeste para Roraima entre 1980 e 1990, resultando na presença de cearenses, maranhenses e até mesmo gaúchos na região (BARBOSA, 1993).

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) evidenciam que esse contingente migratório serviu de base para reverter os baixos índices demográficos da região a partir dos anos 1980. A figura 9 mostra que a densidade demográfica dobrou, saltando de 0,50 para 2 habitantes por metro quadrado entre 1980 e 2010, tendo 70% da população local concentrando-se no perímetro urbano e 30% no âmbito rural.

Figura 10 – Densidade demográfica de Roraima até 2010



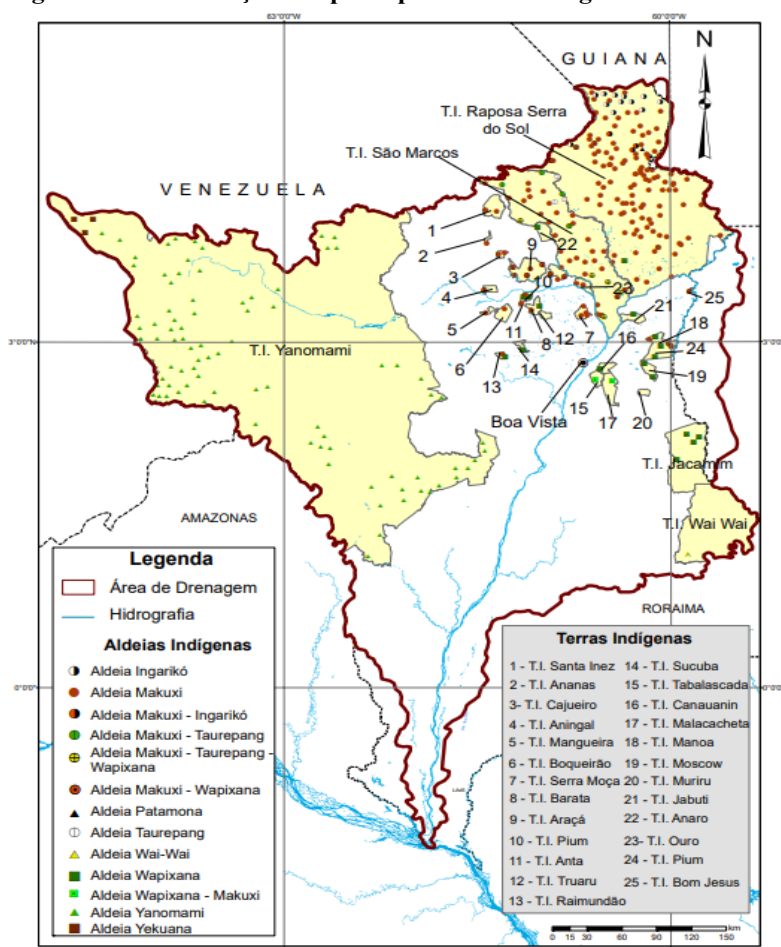
Fonte: IBGE (2021)

De acordo com estimativas do IBGE (2021), Roraima possui, atualmente, 652 mil habitantes. Esse número corresponde a integração da população residente de mais ou menos 450 mil habitantes brasileiros e 202 mil relacionado ao fluxo migratório venezuelano nos últimos seis anos, o qual inflou os perímetros urbanos, principalmente de Boa Vista, que teve dificuldades de absorver tamanha massa humana.

É importante destacar no âmbito demográfico roraimense a presença de grupos étnicos indígenas dispersos ao longo do território. De acordo com o Estudo de Inventário da Bacia do rio Branco, organizado pela EPE (2011), são oito grupos étnicos, que se concentram em 30 Terras Indígenas (TI), resultando em uma população de 45,2 mil. Com efeito, as Terras Indígenas ocupam 45% do território do estado de Roraima, tornando-se a unidade federativa com maior presença indígena do Brasil.

As maiores Terras Indígenas são TI Yanomami, TI Raposa Serra do Sol e TI São Marcos. Suas dimensões cruzam com as atividades do homem branco, principalmente garimpagem, pecuária e agricultura, o que resulta em longos conflitos étnicos na região. Em 2009, o Superior Tribunal Federal (STF) reconheceu a comunidade Raposa Serra do Sol como Terra Indígena, obrigando a retirada de todas as pessoas que não faziam parte dos grupos étnicos envolvidos com a terra (SILVA, 2012).

Figura 11 – Localização das principais Terras Indígenas em Roraima



Fonte: EPE (2011)

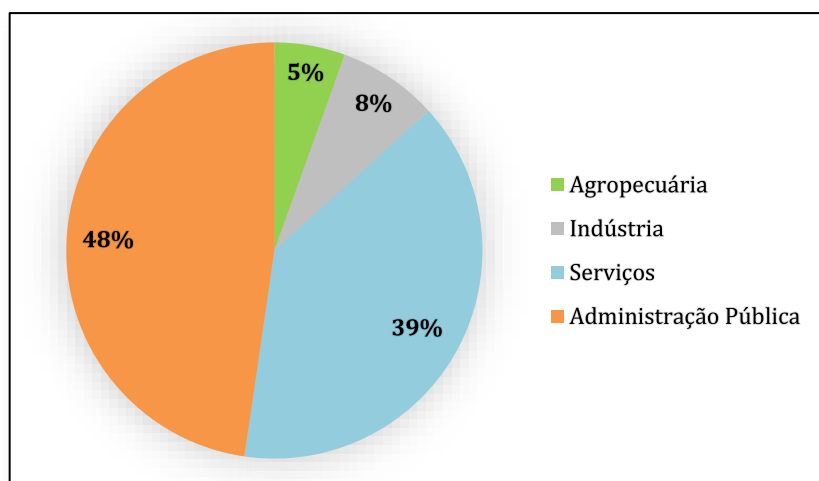
Nota: não inclui todas as TI de Roraima.

Segundo Silva (2012), a retirada dos arroteiros por meio da força policial, principal grupo econômico relevante em Roraima entre 1990 e 2010, gerou um sentimento de revolta entre os roraimenses. A maior parte da população vê as organizações sociais e ambientais envolvidas na questão indígena como manipuladores e responsáveis pelo atraso do desenvolvimento econômico de Roraima.

Em termos socioeconômicos, a Secretaria Estadual de Planejamento (SEPLAN, 2019) apresenta que o Produto Interno Bruto (PIB) estadual é dinamizado por quatro setores, sintetizados na figura 12: a) agropecuária (5%); b) indústria (8%); c) serviços (39 %) e administração pública (48%) – ver figura 11. Notadamente, a administração pública apresenta um papel fundamental para a economia roraimense, uma vez que são as transferências da União para o serviço público local que geram um volume de renda capaz de dinamizar os demais setores.

O setor agropecuário e industrial apresenta uma relevância relativa dentro do estado, uma vez que tem colaborado na diversificação econômica local por meio das exportações de commodities, como soja, carne bovina, arroz e milho. Além disso, a construção civil representa uma atividade produtiva fundamental na geração de emprego em Boa Vista, com 43,3% das receitas no segmento industrial (FIER, 2022).

Figura 12 – Composição do PIB de Roraima por setores (2019)



Fonte: Elaboração do autor. Com base em dados da SEPLAN (2019)

Roraima apresenta um Índice de Desenvolvimento Humano médio de 0,707, ou seja, abaixo da média nacional. Isso se deve, em boa medida, a um longo histórico de gestão ineficiente dos recursos voltados para educação, saúde, saneamento, geração de emprego e renda, distribuição de energia elétrica e internet (IBGE, 2021; SEPLAN, 2020).

De acordo com o Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA, 2020), existem 38 mil roraimenses sem acesso a eletricidade na região. Esse problema reflete não só as dificuldades do governo estadual e municipal das unidades federativas que formam a Amazônia Legal, mas também a baixa disposição do governo federal em apresentar soluções duradouras para o sistema energético amazônico.

A carência de infraestrutura energética no estado é, sem dúvidas, uma limitante para a evolução econômica local, que necessita de um complexo industrial atrelado ao setor de serviços para agregar valor aos produtos locais. Além disso, a eletrificação rural é imprescindível para elevação da produtividade no campo, o que pode resultar na elevação da renda e no aperfeiçoamento do bem-estar, contribuindo para permanência dos agricultores no campo.

3.2.2 Relação das origens do sistema elétrico amazônico com o estado de Roraima

As origens do sistema elétrico na Amazônia brasileira possuem relações estreitas com os ciclos econômicos ativados por meio do extrativismo, sobretudo do látex para fabricação de borracha. De acordo com Domingues (2003), o desenvolvimento da indústria da eletricidade na Amazônia teve como base de financiamento os retornos financeiros da exportação de látex para a América do Norte e Europa entre o final do século XIX e início do século XX, o que contribuiu para a urbanização de Manaus e Belém.

O autor afirma que, inicialmente, a geração de energia elétrica tinha como objetivo suprir a demanda das cidades que se dinamizaram economicamente por meio da fabricação de borracha. Belém, capital do Pará, foi a primeira a receber geradores a vapor como forma de atender a iluminação pública da cidade através dos empreendimentos da concessionária *Pará Railways and Lightning Company Ltd* – Pará Electric, criada em Londres em 1905.

Em Manaus, fundou-se em 1910, a Manaus Tramways and Light Company Ltd. – Manaus Tramways, tornando-se a primeira empresa privada de capital estrangeiro a operar empreendimentos de geração de eletricidade e serviços de bonde na capital amazonense. Até 1920, uma variedade de pequenas empresas se instalou na região amazônica, produzindo energia elétrica via pequenas usinas termelétricas alimentadas com lenha, as quais eram mantidas por prefeituras locais com o objetivo de atender a iluminação pública, prédios governamentais e unidades de processamento da borracha (DOMINGUES, 2003).

Domingues (2003) acrescenta que o colapso do ciclo da borracha nos anos 1920 interromperam a expansão do parque elétrico amazônico. A capacidade instalada brasileira cresceu 123%, ao passo que a amazônica apenas 57%, ou seja, menos da metade do crescimento brasileiro nacional, mesmo que muitas empresas estrangeiras tinham se instalado na região Norte. A maior evolução econômica das regiões Sudeste e Nordeste favoreceram a construção de empreendimentos energéticos com foco em hidroeletricidade a fim de ter o excedente canalizado para outros centros urbanos em crescimento.

A decadência da indústria elétrica amazônica foi ampliada na década de 1930, uma vez que a falência da indústria da borracha, concentrada no eixo Manaus-Belém, esvaziou os centros urbanos, arrebatando com os empreendimentos elétricos na região. O motivo foi a rápida evolução da indústria do látex no Leste Asiático – Tailândia e Indonésia – cujo crescimento se fundamentou no deslocamento do fluxo de capitais britânicos da Amazônia para a Ásia (SERRA; FERNANDEZ, 2004).

Nesse período, a capacidade instalada da região representava apenas 1,6% da nacional. A região Sudeste, por outro lado, respondia por 80% da oferta nacional de energia elétrica, que acompanhava a crescente demanda do Rio de Janeiro e São Paulo. As transformações institucionais no setor elétrico nacional, desencadeadas com a orientação do Estado industrial nacionalista a partir de 1930, não alcançaram a região amazônica (DOMINGUES, 2003).

Contudo, a promulgação do Código de Águas em 1934 impactou diretamente a indústria elétrica que se expandia através da expansão das usinas hidrelétricas na região Sudeste. Isso porque enquanto não houvesse revisão dos contratos existentes, ficava proibido a emissão de licenças para construção de novos empreendimentos hidrelétricos, o que não afetou a expressiva expansão dos parques termelétricos amazônicos, que tivera um aumento de 109% em comparação aos 58% das regiões mais desenvolvidas do Brasil: Sudeste e Sul (DOMINGUES, 2003).

Na prática, o próprio Estado brasileiro não tinha noção dos processos que ocorria na região Norte do Brasil, uma vez que a baixa presença da administração pública dificultava a coleta de informações para a construção de políticas públicas que incluíssem o espaço amazônico (SERRA; FERNANDEZ, 2004). A virada veio com o início da Segunda Guerra Mundial e a demanda por borracha, colocando a Amazônia como grande fornecedora da commodity para os países Aliados.

A chegada de investimentos norte-americanos acoplados a bancos brasileiros ativou o segundo ciclo da borracha amazônica (1940 – 1945), resultando em novos empreendimentos industriais e de serviços que demandassem energia elétrica. Os principais estados beneficiados

foram Pará, Amazonas e Acre. Conforme a tabela 1, apenas no Pará, fundou-se 48 empresas de energia elétrica e a construção de 51 usinas termelétricas, alcançando uma potência instalada de 14.751 kW a partir de 1940 (MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1988 apud DOMINGUES, 2003).

Tabela 1 – Evolução da Indústria da Eletricidade na Amazônia entre 1920 e 1940

ESTADOS	Nº DE EMPRESAS			Nº DE USINAS ELÉTRICAS			POTÊNCIA INSTALADA (kW)		
	1920	1930	1940	1920	1930	1940	1920	1930	1940
Amazonas	3	9	28	3	10	30	1.751	2.824	4.489
Maranhão	2	10	14	2	10	14	246	1.320	2.550
Mato Grosso	7	10	17	8	10	21	967	1.413	4.554
Pará	4	16	48	4	16	51	4.998	6.998	14.751
Acre	2	7	9	4	7	9	143	197	283
TOTAL AMAZÔNIA	18	52	116	21	53	125	8.105	12.752	26.627
TOTAL BRASIL	306	1.009	1.617	343	1.211	1.914	349.604	778.802	1.247.753
AMAZÔNIA/BRASIL	5,9%	5,2%	7,2%	6,1%	4,4%	6,5%	2,3%	1,6%	2,1%

Fonte: MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, 1988 apud DOMINGUES, 2003.

A oxigenação da indústria de eletricidade amazônica por meio do esforço de guerra para apoiar os aliados na Segunda Guerra permitiu que esse setor regional adentrasse nas transformações institucionais do setor elétrico nacional a partir dos anos 1950. Com uma forte presença do Estado no setor, as empresas privadas amazônicas foram gradualmente adquiridas por empresas estatais estaduais ao longo dos anos 1950.

De acordo com Domingues (2003), a fundação da Eletrobras em 1961 mudou a maneira como a Amazônia era vista pelo Estado brasileiro. Com um foco no aproveitamento do potencial hidrelétrico da região, a estatal do setor elétrico passou a estudar a viabilidade dos empreendimentos de geração nos rios amazônicos, bem como interligar o excedente da região Norte para as regiões dinamizadas pela industrialização, como Sul e Sudeste.

Esse interesse foi alicerçado na fundação, em 1968, do Comitê Coordenador dos Estudos Energéticos da Amazônia – ENERAM, o qual fazia parte da Eletrobras. O órgão público tinha como objetivo supervisionar e elaborar estudos sobre empreendimentos energéticos amazônicos capazes de se articular com os polos de desenvolvimento na região, que se concentravam em projetos minerais e agropecuários (SERRA; FERNANDEZ, 2004).

Segundo Domingues (2003), o ENERAM concluiu suas atividades em 1972, recomendando ao governo militar a criação de uma unidade regional da Eletrobras a fim de acompanhar a realidade socioeconômica e energética da região. Com efeito, fundou-se, em 1973, a Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A – Eletronorte, a qual assumiu o planejamento, operação e

manutenção dos parques geradores termelétricos inseridos no Pará, Amazonas, Acre, Mato Grosso (apenas paralelo 18º), Goiás e os antigos territórios federais de Roraima, Amapá e Rondônia¹⁹.

A Eletronorte teve um papel fundamental na expansão do setor elétrico regional de acordo com os avanços da matriz extrativista amazônica. Isso porque a estatal passou a atender as demandas das empresas locais e estaduais por eletricidade. Entre 1980 e 1990, a Eletronorte construiu não só hidrelétricas fundamentais para o sistema elétrico brasileiro, destacando-se Coaracy Nunes (Amapá), Tucuruí (Pará), Balbina (Amazonas) e Samuel (Rondônia), mas também reformou o parque termelétrico de Manaus, Porto Velho, Rio Branco e Belém (DOMINGUES, 2003).

O autor aponta que, nesse processo, a estatal regional estudou profundamente o potencial hidrelétrico da bacia do rio Branco, localizado no Território Federal de Roraima. Tal esforço resultou no relatório Estudos Amazônia, cuja elaboração se deu por parte das empresas Monasa e Enge-Rio a mando da Eletronorte. Os resultados indicaram que o rio Cotingo, rio Branco e Mucujáí apresentaram potencial significativo para o desenvolvimento de empreendimentos hidrelétricos.

Outro papel fundamental da Eletronorte no Território Federal de Roraima aconteceu em 1981, quando a Companhia Energética de Roraima (CER) passou a operação da geração, transmissão e distribuição de eletricidade da capital Boa Vista para a Eletronorte. Esse processo ocorreu em razão das dificuldades financeiras da empresa estadual em manter as operações do parque termelétrico em um contexto de crescimento da demanda da cidade, a qual vivia um influxo demográfico causado por políticas de incentivo a migração nordestina para o território roraimense a fim de ocupar as zonas urbanas e agrícolas (DOMINGUES, 2003).

De acordo com Domingues (2003), a virada do paradigma monopolista estatal para o neoliberal mercantil, a Eletronorte virou alvo das políticas de privatizações do governo Collor. Todavia, dada relevância da estatal para a região amazônica a empresa passou por um processo de reestruturação que visava diminuir a concentração das operações em escala regional. Isso contribuiu para a fundação de subsidiárias da Eletronorte como Boa Vista Energia S.A e Manaus Energia S.A com intuito de reformar e operacionalizar o parque termelétrico dessas cidades.

¹⁹ Em 1980, a Eletronorte incorporou as operações do parque elétrico do Maranhão e de todo território do Mato Grosso e Goiás. Isso fez com que a estatal regional controlasse suas operações em 5. 000. 000 km², isto é, 58% do território nacional (DOMINGUES, 2003).

Por fim, as reformas que foram realizadas no âmbito institucional do setor elétrico a partir de 2003 não incluíram as bases tecnológicas da região Norte, isto é, os parques termelétricos. O sistema elétrico amazônico possui características tecnológicas que adaptam ao extenso território e a dificuldade de interligar centros urbanos demograficamente heterogêneos. Por isso, os sistemas isolados, caracterizados pela operacionalização de termelétricas a óleo diesel desconectadas do Sistema Interligado Nacional (SIN). Contudo, isso não excluiu o interesse do Estado brasileiro por meio de suas agências de incentivar a exploração do potencial hidrelétrico em Roraima para fins de exportação do excedente para as regiões densamente urbanizadas do Brasil.

3.2.3 Projeto UHE de Cotingo

O projeto da Usina Hidrelétrica de Cotingo faz parte do rol de opções apresentadas no inventário hidrelétrico da Amazônia, que foi constituído durante funcionamento do ENERAM entre 1968 e 1972. Segundo Agostinho (2003), a área proposta para o empreendimento localiza-se na região Nordeste de Roraima, no médio rio Cotingo, a cerca de 210 km de Boa Vista.

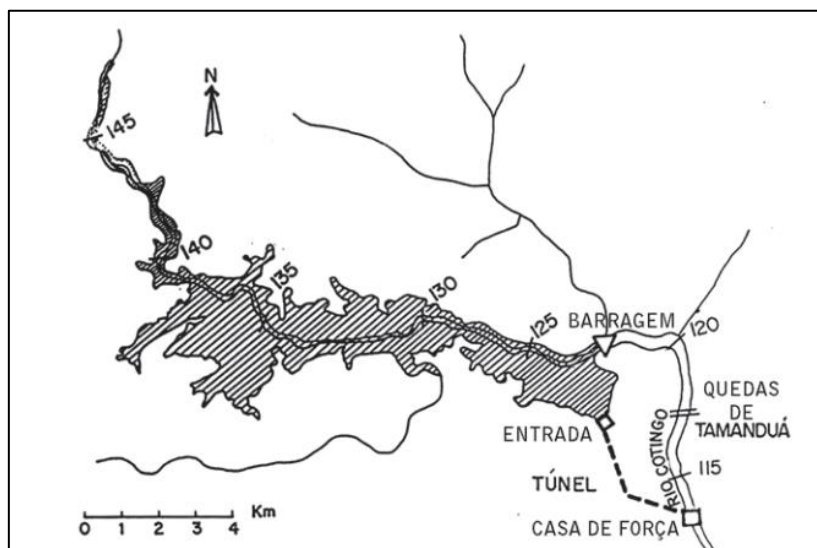
Conforme o autor, as características do projeto se fundamentam na construção de uma barragem a montante da cachoeira do Tamanduá, local denominado Km 113 da qual conta-se a partir da foz do rio Cotingo no rio Surumu, rios que desembocam no rio Branco. Fearnside e Barbosa (2015) sustentam que este projeto estava inicialmente planejado para ter cinco sítios ao longo do rio Cotingo, destacando-se que a casa de força (usina) seria separada da barragem, porém foi reestruturado, em 1983, para que a estrutura fosse acoplada na barragem no Km 123, padronizando-se em relação as hidrelétricas construídas no Brasil.

De acordo com Fearnside e Barbosa (2015, p. 62), o local de Cotingo 123 é favorável para uma represa hidrelétrica por estar situada no topo de uma gama de corredeiras e cachoeiras. O plano atual levaria a água lateralmente do reservatório através de um túnel de 4,2 km de extensão até um ponto 10 km abaixo da barragem. Essa estrutura seria possível, porque o rio passaria pela barragem e retornaria pelo lado sul da serra Araí, que formaria a margem sul do reservatório. De acordo com a figura 13, com a escavação de um túnel através da serra, a geração de energia levaria a vantagem adicional de aproveitar-se de uma queda de 240 m na parte do rio que inclui a Cachoeira do Tamanduá.

A combinação das estruturas teria um custo de US\$ 158 milhões para uma capacidade instalada de 584,4 megawatts, dos quais 254 megawatts seriam de força firme. Tal suprimento

seria suficiente para ser distribuído entre Boa Vista, Alto Alegre, Mucajaí, Caracaraí, Bonfim e Normandia e ainda ser escoado para outras regiões brasileiras através da interligação da rede de transmissão local de Roraima ao SIN, cuja obra custaria US\$ 238 milhões (AGOSTINHO, 2003; FEARNSTIDE; BARBOSA, 2015).

Figura 13 – Reservatório da UHE Cotingo



Fonte: FEARNSTIDE; BARBOSA (2015)

Embora com o objetivo louvável de retirar a dependência do estado de Roraima da importação de eletricidade da Venezuela e das termelétricas a diesel, a construção da UHE Cotingo nunca avançou. Isso porque existe uma série de incongruências no projeto sobre os resultados do Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) que afetam a dinâmica sociocultural indígena e geram custos socioambientais severos para os roraimenses.

Fearnside e Barbosa (2015) apontam que a própria construção do empreendimento estaria localizada em terras indígenas, cuja Constituição Federal veda o desenvolvimento de empreendimentos nesses territórios sem autorização do Congresso Nacional. Se aprovado, a dinâmica das obras geraria conflito social na região, bem como alteraria significativamente o entorno ambiental.

Ainda conforme os autores, os argumentos econômicos do projeto elaborado nos anos 1990, que considera principalmente a demanda por eletricidade pós anos 2000, estão enviesados. Isso porque a Companhia Elétrica de Roraima (CERR) argumentou que a economia roraimense não cresceria sem a hidrelétrica. No mais, não se comparou o empreendimento com a tecnologia dominante, ou seja, o parque termelétrico a diesel. Fearnside e Barbosa (2015)

defendem que a própria expansão do parque termelétrico roraimense teria custos ambientais inferiores ao projeto UHE Cotingo.

3.2.4 Projeto UHE Bem-Querer

Outro projeto relevante considerado pelo Estado brasileiro diz respeito à construção da UHE Bem Querer. Fruto dos estudos do ENERAM durante o governo militar, este projeto se diferencia do UHE Cotingo justamente por se concentrar no rio Branco, especificamente nas corredeiras do Bem Querer, município de Caracará. Trata-se do maior aproveitamento dentre os quatro identificados nos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio Branco, localizada na margem esquerda do rio Amazonas (EPE, 2011).

O Estado brasileiro considera vantajoso a construção da UHE Bem Querer, em razão dos benefícios complementares à oferta de energia elétrica pelas usinas hidrelétricas em operação no Brasil. Conforme a EPE (2011), a vantagem estaria no período em que ocorrem as maiores vazões do rio Branco, que coincide com o período de vazões baixas nos rios da margem direita do Amazonas, e das demais regiões do Brasil. Logicamente, o maior potencial de produção de eletricidade ocorreria no momento em que o país mais precisaria de energia elétrica.

O projeto da EPE (2011) prevê uma potência instalada de 650 megawatts e será interligada ao SIN, ampliando a oferta de energia em Roraima e no restante do Brasil. Além disso, a estrutura foi planejada para alocar: a) 11 turbinas bulbo; b) vertedouro com capacidade para suportar vazões de até 27.500 m³/s, o que deve evitar o comprometimento da usina durante as cheias do rio Branco; c) sistema de espera para construção de eclusas, possibilitando a navegação entre Boa Vista e Caracará²⁰; e d) sistema de transporte de peixes, o qual permitirá a migração de peixes para cima do rio.

Esse empreendimento está planejado para operar um reservatório a fio d'água²¹, com cerca de 150 km de extensão e uma área de aproximadamente 520 km². A EPE (2018) destaca

²⁰ Destaca-se que, em virtude das corredeiras do Bem-Querer, a navegação entre Boa Vista e Caracará não ocorre. Neste caso, a barragem possibilitaria a navegação justamente por aprofundar o canal de navegação para embarcações médias.

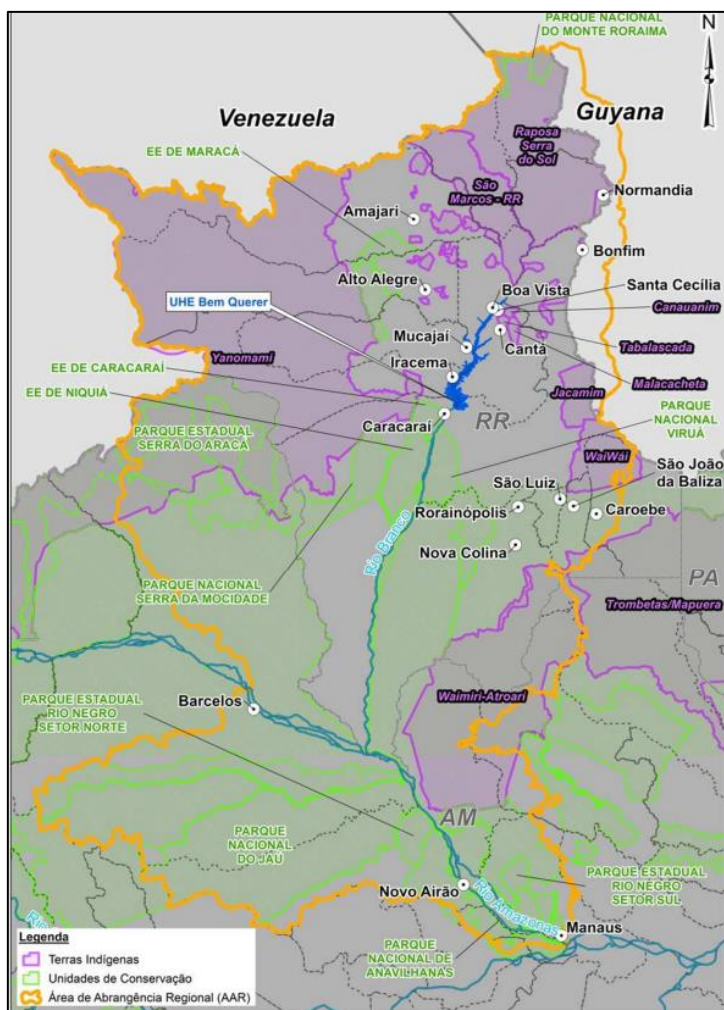
²¹ Conforme a EPE (2018), a tecnologia de operação a fio d'água permite que o ciclo hidrológico natural dos rios seja mantido, ou seja, com águas altas nos períodos de chuva e águas baixas no período de seca. Assim, mesmo após a construção da usina o rio continuará subindo e descendo conforme a quantidade de chuvas, uma vez que o volume de água passará pelo vertedouro naturalmente.

que dessa área, 37% correspondem a calha do rio Branco e de seus afluentes, ao passo que 63% irão alagar áreas dos municípios de Boa Vista, Caracarái, Cantá, Iracema e Mucajaí.

Até a elaboração deste estudo, a UHE Bem-Querer encontra-se em fase de estudo de viabilidade. Todavia, o projeto já recebeu várias críticas por parte da comunidade roraimense, sobretudo devido aos extensos impactos que devem ocorrer com a construção da usina em Caracarái. Existe um receio por parte dos especialistas que acompanham o projeto de que as externalidades negativas sejam similares às aquelas apresentadas após a construção de UHE Belo Monte, no estado do Pará (FERR, 2020).

De acordo com o Fórum de Energias Renováveis de Roraima (FERR, 2020), a principal crítica diz respeito a área de alagamento – ver figura 8 –, que deve afetar não só a capital Boa Vista, mas também comunidades indígenas e ribeirinhas que sobrevivem dos recursos da bacia do rio Branco. Uma gama de terras indígenas será afetada entre Boa Vista e o município do Cantá.

Figura 14 – Local da construção da UHE Bem-Querer



Fonte: EPE (2018)

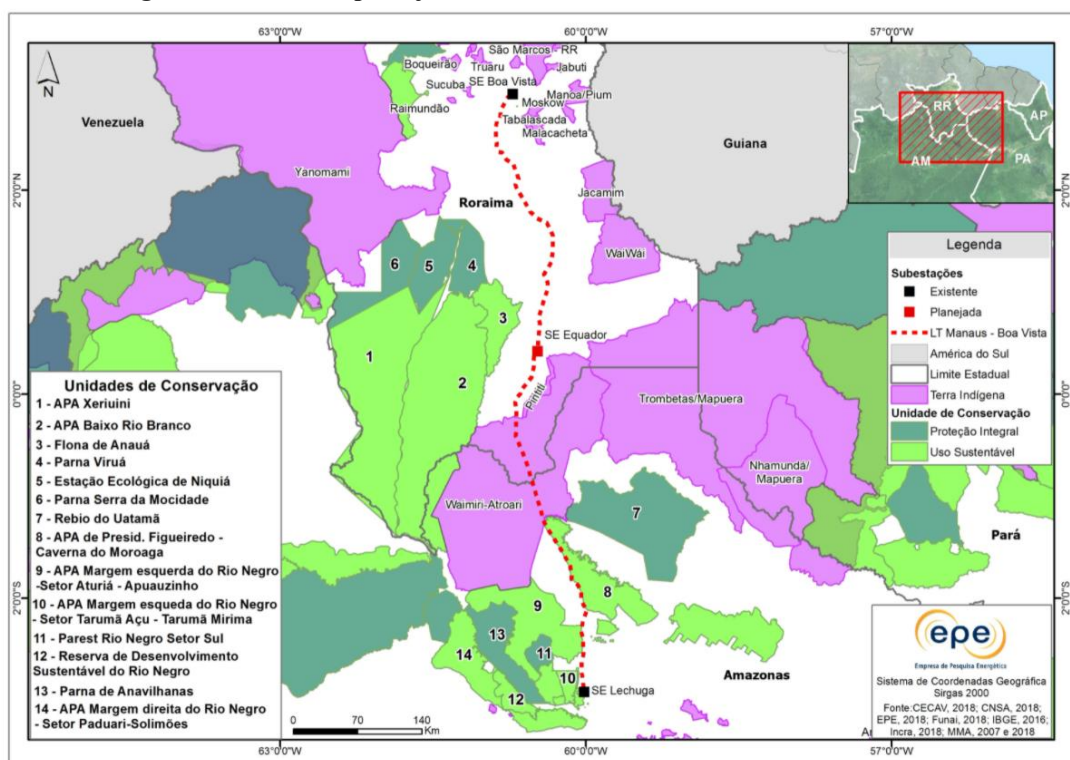
3.2.5 Projeto Linhão de Tucuruí

O principal projeto que envolve múltiplos interesses do Estado brasileiro e da elite política e econômica roraimense corresponde a construção do Linhão de Tucuruí. Esse projeto corresponde a construção de uma extensa linha de transmissão a partir da UHE Tucuruí, localizada no Pará, passando por Manaus, Amazonas, até chegar em Boa Vista, Roraima.

A conclusão do projeto efetivaria a interligação do sistema elétrico roraimense ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Complementarmente, o Linhão de Tucuruí se tornaria estratégico para a consolidação do sistema elétrico nacional, visto que uma eventual aprovação da construção da UHE Bem-Querer, permitiria o escoamento do excedente elétrico de Roraima para o restante do Brasil.

O trecho Pará-Amazonas já foi concluído, restando apenas o traçado Manaus-Boa Vista (Figura 15), que já foi licitado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). De acordo com a EPE (2021), a grande barreira envolvendo a conclusão do projeto corresponde a passagem das torres de transmissão dentro da terra indígena Waimiri-Atroari, o que resultou em um longo conflito entre o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA), a Fundação Nacional do Índio (FUNAI) e o Ministério Público Federal (MPF).

Figura 15 – Traçado planejado da linha de transmissão Manaus-Boa Vista



A empresa Transnorte Energia foi a vencedora da licitação para construir o trecho Manaus-Boa Vista, em 2011. No ano seguinte, a firma buscou licenciar a obra junto ao IBAMA, que concedeu a licença do empreendimento. Contudo, tanto a FUNAI como o MPF foram contra ao início das obras por causa da ausência de garantias e reparações frente aos impactos na terra indígena Waimiri-Atroari (EPE, 2021).

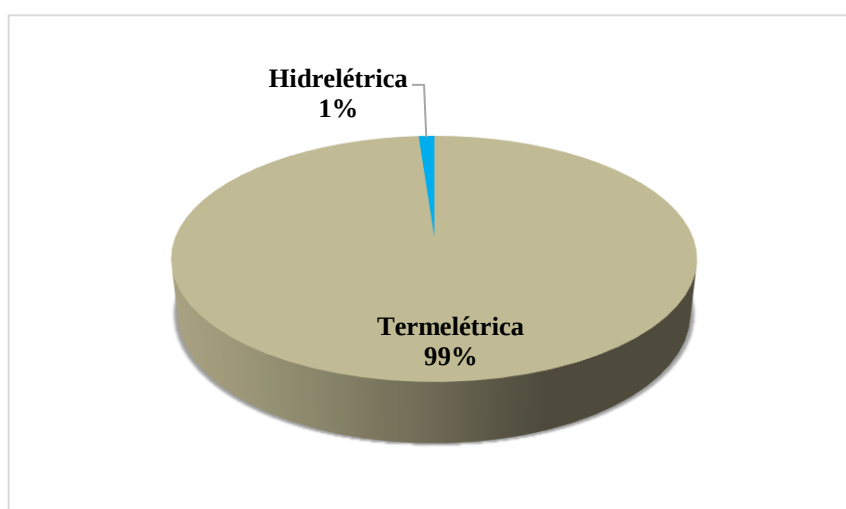
As partes envolvidas no projeto aguardam decisões judiciais para continuar ou abandonar as obras. Até a elaboração deste trabalho, a Transnorte não tinha retomado o projeto. Aliás, conforme reportagem do jornal Estadão (2022), a firma está cobrando R\$ 1 bilhão da ANEEL em indenizações referentes ao atraso para entrega da linha de transmissão.

3.3 Caracterização do Sistema Elétrico de Roraima

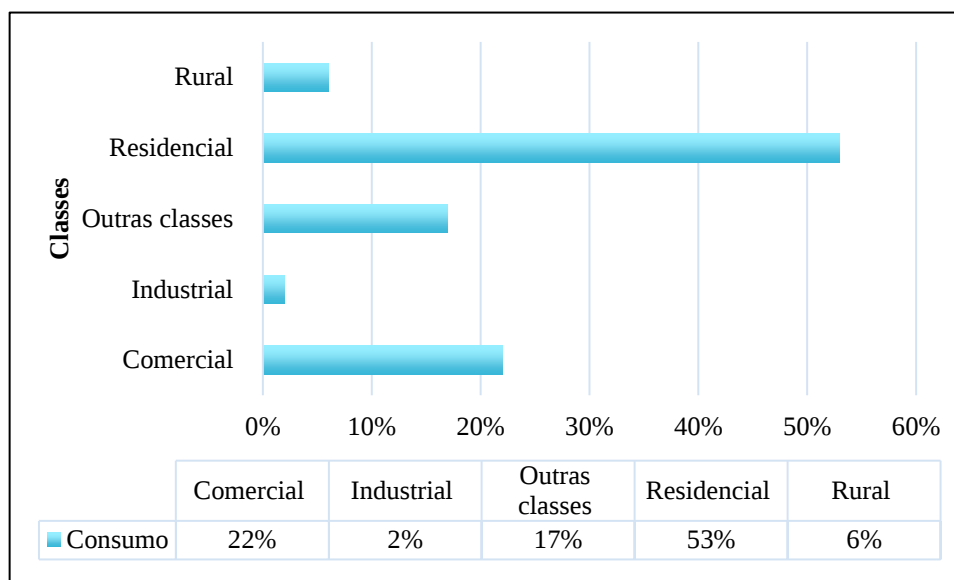
O Sistema Isolado de Roraima resultou da intensa implementação das termelétricas na Amazônia ao longo do século XX justamente por se adaptarem as barreiras naturais da região e gerar energia para um conjunto populacional reduzido nas cidades. Durante muito tempo, esse sistema tecnológico não acompanhou as evoluções demográficas e a intensa urbanização da capital Boa Vista.

O resultado foi uma matriz elétrica estadual dominada por tecnologia de geração termelétrica abastecidas com diesel. A ANEEL (2022) destaca que 99% da eletricidade em Roraima advém das termelétricas, ao passo que 1% se origina a partir da UHE Alto Jatapú, construída no município de São João da Baliza (Figura 16).

Figura 16 – Matriz elétrica do Estado de Roraima



Fonte: elaboração do autor. Com base em dados da ANEEL (2022).

Figura 17 – Consumo de eletricidade por classe em Roraima

A figura 17 apresenta o consumo de eletricidade por classe em Roraima. De acordo com a Roraima Energia (2020), o principal grupo consumidor roraimense é o residencial com 53%. Em seguida, vem o comercial com 22%, outras classes, que inclui a administração pública com 17%, rural 6% e industrial 2%.

Tabela 2 – Mercado por classe de consumo em MWh

Classe	2019	2020	Variação 2019/2020
Residencial	457.636	516.315	11,36%
Industrial	17.082	17.390	1,77%
Comercial	214.661	212.199	-1,16%
Rural	48.117	58.192	17,31%
Outras classes	184.600	166.003	-11,20%
TOTAL	922.096	970.099	4,95%

Fonte: elaboração do autor. Com base em dados da RORAIMA ENERGIA (2020)

Conforme o Relatório Administrativo da Roraima Energia (2020, p. 13), em 2020, houve um crescimento de 4,95% do consumo total de eletricidade em comparação a 2019, mesmo em meio a pandemia da Covid-19, tal como estabelecido na tabela 2. A companhia apontou que essa elevação correspondeu as medidas restritivas estaduais e municipais que afetaram o grupo residencial, principal fonte de consumo do sistema elétrico roraimense.

Ainda de acordo com a Roraima Energia (2020, p. 14), a classe rural teve um crescimento de 17,31% seguido por 11,36% da residencial. A classe industrial registrou uma variação positiva de 1,77%, ao passo que comercial apresentou queda de -1,16% e outros, que

inclui a administração pública, reduziu em 11,20% frente ao fechamento/redução dos serviços públicos durante a pandemia.

3.3.1 Empresas operantes no Sistema Isolado de Roraima

Conforme a ANEEL (2021), existem 148 empreendimentos de geração de eletricidade em Roraima que são enquadrados no Sistema Isolado (SISOLs). 147 são usinas termelétricas e apenas 1 usina hidrelétrica. Vale ressaltar que esses números não indicam quantas unidades estão funcionando efetivamente, já que foram licitados novos empreendimentos após o Leilão de Suprimento para o Sistema Isolado em Roraima, o qual será abordado no quarto capítulo deste estudo.

As empresas que operam no Sistema Isolado em Roraima são majoritariamente de capital privado, já que a subsidiária da Eletronorte, Boa Vista Energia S.A, foi privatizada em 2018, sendo renomeada para Roraima Energia S.A, fruto de um consórcio entre Oliveira Energia e a distribuidora amazonense de combustíveis Atem Distribuidora. Em 2017, a Companhia Energética de Roraima (CERR) perdeu a concessão de geração e distribuição de eletricidade em Roraima por causa dos baixos investimentos na manutenção das termelétricas no interior do estado.

A interrupção do serviço da CERR por parte do Ministério de Minas e Energia (MME) não extinguiu a empresa, que funciona, atualmente, apenas fornecendo serviços de gestão da energia. Como a situação financeira da CERR era delicada, os seus parques termelétricos e a UHE Alto Jatapú foram repassados para a Roraima Energia S.A como forma de reestruturar o sistema de geração e distribuição de energia.

Desse modo, a CERR alugou suas 76 unidades geradoras para a Roraima Energia, que assumiu integralmente o fornecimento do serviço no interior do estado. A Roraima Energia possui 51 unidades termelétricas e uma usina hidrelétrica – UHE Alto Jatapú –, tornando-se a principal empresa operante no mercado roraimense (Tabela 3).

Outra empresa relevante é a Oliveira Energia, a qual gerencia a maior termelétrica do Estado: UTE Monte Cristo, com potência outorgada de 42.250 kW. Trata-se de uma firma com forte atuação no mercado de geradores para usinas elétricas no Amazonas, consolidando-se em Roraima por meio do consórcio com a Atem Distribuidora na compra da Boa Vista Energia S.A.

Tabela 3 – Principais empresas geradoras de eletricidade em Roraima

Empresa	Quantidade de Usinas	Potência (kW)
CERR	76	27.360
Roraima Energia	52*	311.724
Oliveira Energia	1	42.250

Fonte: elaboração do autor. Com base em dados da ANEEL (2022).

*Nota: Inclui UHE Alto Jatapu

3.3.2 Parceria Brasil-Venezuela para importação de eletricidade para Roraima

Durante muito, o estado de Roraima teve o seu fornecimento de eletricidade oriundo da Hidrelétrica de Guri, na Venezuela, que tinha a carga distribuída através de uma linha de transmissão que cruzava a Amazônia venezuelana e brasileira. Foi um empreendimento consolidado entre 1997 e 2001, período em que os dois países se dispuseram a cooperar bilateralmente para solucionar problemas comuns na fronteira enquadrada na Amazônia (AGUIAR, 2011).

Segundo Aguiar (2011), o projeto resultou das negociações bilaterais que instituíram a Comissão Conjunta Brasil-Venezuela, que integrava grupos de trabalho com técnicos dos dois países para estruturar projetos de infraestrutura na Amazônia, destacando-se os setores de comunicação, energia e transportes. No âmbito energético, a Eletronorte e a estatal venezuelana Eletrificación del Caroní C.A – EDELCA, planejaram inicialmente o fornecimento de eletricidade por meio de uma linha de transmissão saindo de Guri até Manaus, desconsiderando Boa Vista.

A autora sustenta que essa exclusão foi fundamentada no embasamento técnico da Eletronorte afirmando que a linha de transmissão seria regulada em 500 kV, portanto, não compensaria reduzir essa carga em uma subestação em Boa Vista, visto que se tratava de um mercado muito pequeno na época. O contra-argumento veio da própria elite política roraimense, que tinha consciência da carência energética no Sul da Venezuela, o que contribuiu para que o governador de Roraima na época, Neudo Campos, usasse sua influência com amigos do Presidente venezuelano Rafael Caldera para convencê-lo sobre os ganhos de passar o Linhão de Guri através da Amazônia venezuelana e reduzir a carga em Roraima.

Havia complementaridades de interesses envolvendo a interligação elétrica entre os dois países. Por parte da Venezuela, permitiria eletrificar zonas rurais e urbanas no Sul do território

venezuelano, onde principalmente tinha-se o objetivo de colocar uma indústria de mineração. Para o Brasil, resolveria a instabilidade do fornecimento de eletricidade no estado de Roraima, bem como ampliaria a oferta do suprimento para Manaus, sob um custo financeiro e ambiental inferior as alternativas da época.

Aguiar (2011, p. 142) aponta que a Portaria nº 128/1995, do Ministério de Minas e Energia (MME) designou uma comissão formada pela Eletrobras, Eletronorte e Petrobras a fim de apresentar soluções para a carência energética dos estados da Amazônia Legal no prazo de 90 dias. De acordo com Aguiar (2011), havia quatro projetos norteadores para as soluções: 1) aproveitamento do gás natural da Bacia do Solimões na geração termelétrica dos Sistemas Isolados; 2) Interligação Brasil-Venezuela via Linhão de Guri; 3) Interligação via linha de transmissão da UHE Tucuruí a Manaus com extensão ao Amapá; e 4) alternativas convencionais (construção de novas termelétricas e manutenção dos parques existentes).

A comissão concluiu que os projetos deveriam ser enquadrados para potencializar o desenvolvimento econômico regional por meio do uso do gás natural extraído no Amazonas nas termelétricas dos sistemas isolados, inclusive com a possibilidade de construção de gasodutos na região. Houve a concepção de que, para Roraima, a melhor solução seria a expansão do parque termelétrico abastecido com derivados de petróleo até a construção da UHE de Cotingo, que era inviável no período (1995-1997), visto que o projeto impactaria Terras Indígenas e apresentava justificativas técnicas-financeiras insuficientes perante o mercado roraimense (AGUIAR, 2011).

Nesse contexto, restou a interligação Brasil-Venezuela, por meio do Linhão de Guri, que se tornou viável a partir de 1997, quando os dois países assinaram o contrato de fornecimento da Edelca C.A para a Eletronorte por meio de uma concessão. No contrato previu-se a demanda de construção de 690 km de linhas de transmissão até Roraima, financiada com recursos da Corporación Andina de Fomento (CAF) ao passo que a linha de 230 kV, com 195 km de extensão (Santa Elena-Boa Vista), seria construído mediante investimentos da Eletronorte.

A construção do Linhão de Guri ficou pronta em 2001, assegurando o suprimento de energia elétrica venezuelana produzida no complexo hidrelétrico de Guri/Macaguá.

3.3.3 Construção da UHE Alto Jatapu

A Usina Hidrelétrica Alto Jatapu foi o único projeto hidrelétrico oriundo dos estudos do ENERAM que virou realidade em Roraima no ano de 1994. Situado no município de Caroebe, no curso do rio Jatapu, a usina ocupa uma área de 7,4 mil hectares para produzir 10 megawatts de potência e abastecer 50 mil domicílios espalhados entre Caroebe, São João da Baliza e São Luiz do Anauá²².

De acordo com Fearnside e Barbosa (2015), trata-se de um empreendimento que recebeu um tratamento político prioritário durante o primeiro governo de Ottomar de Sousa Pinto (1991-1994), um ex militar e engenheiro da Aeronáutica que se mudou para o Território Federal de Roraima durante a ditadura militar. Nesse período, Ottomar atuou para construir a usina com os recursos do estado de Roraima a fim de demonstrar sua capacidade política para solucionar a carência de energia elétrica no Sul roraimense, reconhecido por apresentar vocação para agricultura, pecuária e extrativismo vegetal.

A construção foi marcada por inúmeros contratemplos não mapeados durante a fase de projeto. Fearnside e Barbosa (2015) citam, por exemplo, a demora para encher o reservatório, que levou 45 dias, por não terem identificado o período chuvoso de Roraima. Além disso, as duas galerias por onde o fluxo d'água corre foram projetadas para suportar 210 m³/s – identificados no período de seca –, todavia, durante o inverno chuvoso, o fluxo d'água chega a 237,7 m³/s, o que excede imensamente a capacidade planejada.

Os autores destacam que esse erro de planejamento se originou porque a fase de elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e Relatório Impacto Ambiental (EIA/RIMA) foi meramente uma formalidade burocrática para garantir a construção do projeto. Ou seja, não houve forte fiscalização da obra e nem mesmo transparência envolvendo os recursos aplicados. Em 1993, a obra, desconsiderando as linhas de transmissão, estava estimada em US\$ 45 milhões.

Esse fato corroborou, juntamente com a falta de manutenção, no surgimento de rachaduras na barragem, em 2009. Os funcionários da Companhia Energética de Roraima (CERR) detectaram esse problema ao longo dos meses, criando temor com a possibilidade de rompimento da barragem.

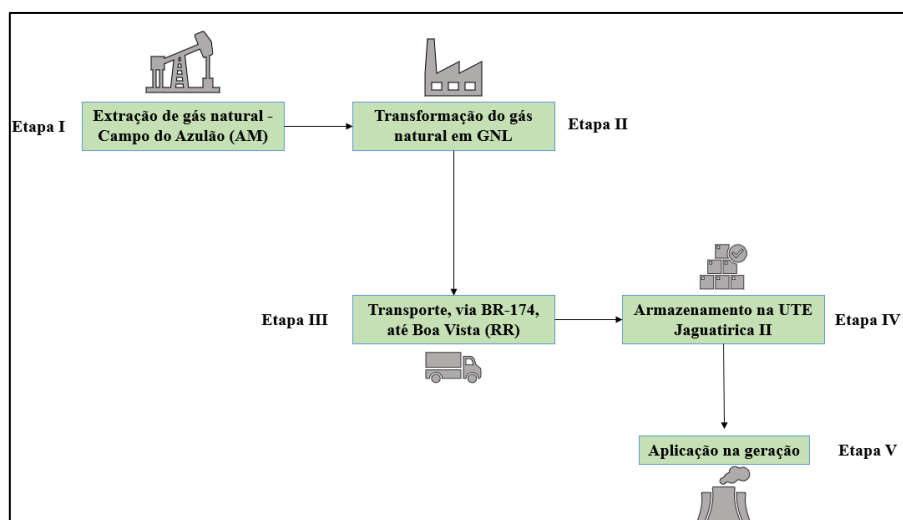
²² Ressalta-se que a UHE Alto Jatapu somente começou a operar em 1994 com apenas uma turbina. Em 1995, foi instalado a segunda, sendo a terceira e quarta somente no ano de 2017 após revitalização, totalizando os 10 MW inicialmente planejados.

Segundo reportagem do G1 (2017), a usina somente foi revitalizada em 2017, após um longo processo de aquisição de recursos financeiros para a CERR revitalizar o empreendimento. As duas turbinas antigas foram revitalizadas juntamente com as rachaduras na barragem, acoplando-se também duas novas turbinas com operação digital.

3.3.4 Construção da UTE de Jaguaririca II

A Usina Termelétrica Jaguaririca II é o novíssimo empreendimento energético de Roraima, fazendo parte das recentes políticas de transição energética do estado. Trata-se de uma termelétrica da empresa brasileira Eneva S.A, abastecida com gás natural extraído no campo do Azulão, Amazonas, convertido em gás natural liquefeito (GNL) e deslocado via transporte rodoviário até a zona rural de Boa Vista, onde o parque foi montado – ver figura 18 (ENEVA, 2022).

Figura 18 – Esquema da geração de eletricidade da UTE Jaguaririca II



Fonte: elaboração do autor. Com base em dados da ENEVA (2022).

Tal projeto já havia sido planejado na década de 1990 por meio do trabalho conjunto entre Eletrobrás, Eletronorte e Petrobras para solucionar os gargalos dos sistemas isolados na Amazônia brasileira através de soluções integradas (gasodutos, termelétricas convencionais e hidrelétricas). Nesse período, os investimentos na Amazônia não avançaram, dado que os consideráveis custos ambientais e a predominância do paradigma neoliberal na condução da política econômica, restringiram a capacidade de investimento das estatais (AGUIAR, 2011).

Ao adquirir o campo do Azulão da Petrobras, em 2018, a Eneva (2022) passou a reestruturar as operações do campo para torná-lo economicamente viável e ambientalmente sustentável. Nesse sentido, a empresa passou a transformar o gás natural em GNL próximo ao ponto de extração, como também considerou os sistemas isolados da Amazônia como canal de demanda para o GNL produzido na região Norte (CANAL ENERGIA, 2018).

Embora elencada como um empreendimento oriundo das políticas de transição energética do estado, ele não será analisado profundamente neste estudo, já que o recorte estabelecido na metodologia foi justamente o emprego de tecnologias de biomassa, solar e hidrelétrico. O destaque desse projeto neste trabalho diz respeito ao imenso volume de investimento alocado na obra, R\$ 1,8 bilhões, que gerou movimentação de R\$ 90 milhões para fornecedores e capacitação de recursos humanos localmente (ENEVA, 2022).

Além disso, a Eneva (2022) sustenta que a UTE Jaguaririca II possui capacidade de fornecer 140.834 megawatts, isto é, 70% da oferta de energia elétrica para Roraima, superando a carga ofertada pela UTE Monte Cristo, que é abastecida com óleo diesel. Assim, esse empreendimento rompeu a inércia dos sistemas isolados abastecidos com diesel ao integrar um campo de produção de gás natural no Amazonas com a geração de eletricidade em Roraima, reduzindo custos e o volume de emissões de gases de efeito estufa (ENEVA, 2022).

3.4 Crise na Venezuela e a falência do sistema elétrico roraimense

A interconexão elétrica entre Brasil e Venezuela via Linhão de Guri colocou o estado de Roraima nas dinâmicas operacionais do complexo hidrelétrico venezuelano, sustentados pelas hidrelétricas Macagua I e II. Todavia, os gestores públicos roraimenses e os tomadores de decisão brasileiros não consideraram o risco político e institucional da Venezuela sobre os empreendimentos energéticos entre os dois países.

Desse modo, este tópico avalia a deterioração do panorama político e econômico venezuelano e sua relação com a falência do sistema elétrico roraimense. Argumenta-se que a crise socioeconômica no país vizinho desestruturou o sistema de energia local, contribuindo para alteração institucional que facilitou a inserção de fontes renováveis.

3.4.1 Panorama da crise econômica e sociopolítica venezuelana

A instabilidade sociopolítica e econômica venezuelana possui uma correlação estreita com a instabilidade do sistema elétrico roraimense. A dependência da importação de eletricidade por meio do linha de Guri foi amplamente afetada por um conjunto de ações políticas do governo de Nicholas Maduro por qual gerou fortes retaliações dos países ocidentais.

O fator primordial para entender a crise neste país sul-americano se refere à histórica relação entre o governo e a indústria petrolífera venezuelana. Na Venezuela, os militares possuem longa influência política, tendo dominado o país via golpes de Estado. A democracia ganhou alicerces durante a década de 1950 através de articulações entre a elite política, Forças Armadas, igreja católica e as empresas do setor petrolífero.

Dessas articulações surgiu o Pacto de Punto Fijo, que consistiu em um arranjo político nacional para utilizar as divisas da exportação de petróleo para financiar políticas de subsídios para determinados segmentos econômicos, apoiar candidatos da elite política dominante e comprar base eleitoral em épocas de campanha. Tais vantagens foram ancoradas para beneficiar partidos políticos tradicionais venezuelanos²³, restringindo grandes alterações no status quo que se formava em torno do petróleo (VILLA, 2005).

O Pacto de Punto Fijo começou a corroer a partir dos anos 1980, quando uma série de revoltas populares surgiram na Venezuela, pedindo reformas sociais e melhores condições de vida. Era visível o descompasso entre o volume de produção de petróleo venezuelano e o retorno real que este processo dava a população. Entre 1928 e 1970, a Venezuela se tornou o maior exportador de hidrocarbonetos do mundo, com níveis de produção na ordem de 3.780.000 barris/dia. Por outro lado, o país tinha imensa dificuldade de repassar tais ganhos de produtividade para a classe pobre e média venezuelana (VILLA, 2005).

De acordo com Villa (2005), o descontentamento popular da década de 1980 influenciou as repetidas tentativas de os militares venezuelanos tomarem o poder nos anos 1990, que resultou no enfraquecimento do Pacto de Punto Fijo. Com a abertura dada pelo descrédito da elite política configurada nos partidos tradicionais, a população recorreu a um político fora do sistema, sendo Hugo Chávez eleito presidente em 1997, com forte apoio popular.

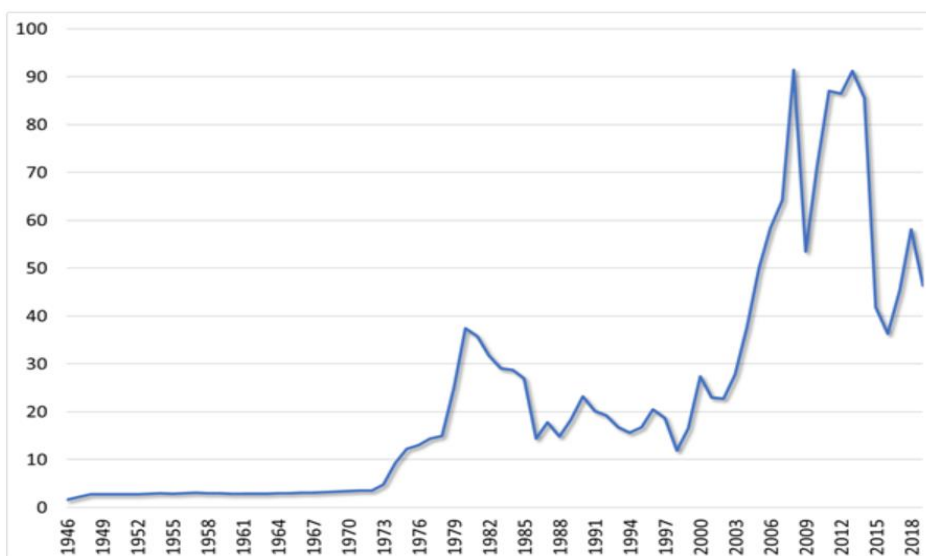
²³ Os principais partidos da época eram o Acción Democrática (AD), alinhado ideologicamente como social-democrata e o Comitê para la Organización Política Independiente (COPEI) de concepção democrata cristã (FRANKLIN, 2012).

Com promessas de reformar o sistema político e econômico a fim tornar a Venezuela um país socialista, Chávez apenas remodelou e reforçou o Pacto de Punto Fijo para avançar com sua agenda política. A penetração do grupo político chavista na estatal Petróleos da Venezuela S.A (PDVSA) fundamentou a tomada de controle de um ativo estratégico para sustentação política do regime chavista, o qual utilizou a empresa para financiar políticas assistencialistas em prol do apoio popular (CARVALHO, 2013).

Com o controle da estatal petrolífera, que havia ampla participação no mercado internacional de petróleo, o grupo chavista se sustentava e se expandia nos períodos de alta do barril de petróleo, uma vez que o Estado venezuelano se beneficiava das exportações de hidrocarbonetos e derivados, contribuindo para o avanço de políticas segmentadas de distribuição de renda entre 1999 e 2006²⁴ (CARVALHO, 2013).

A figura 19 demonstra que, a partir de 2007, a crise de oferta no mercado internacional de petróleo, causada pela germinação da crise financeira global (2007-2009), fundamentou uma redução no preço do barril, que logo afetou o balanço de pagamentos da Venezuela. Isso porque a economia venezuelana depende fortemente das exportações de petróleo e minerais, importando grande parte dos bens e serviços de primeira necessidade com as divisas das suas vendas externas. A ausência de diversificação econômica e produtiva da Venezuela deixou o país externamente vulnerável aos choques da economia global.

Figura 19 – Preço do barril de petróleo entre 1946 e 2018



Fonte: INSTITUTO ILUMINA (2019).

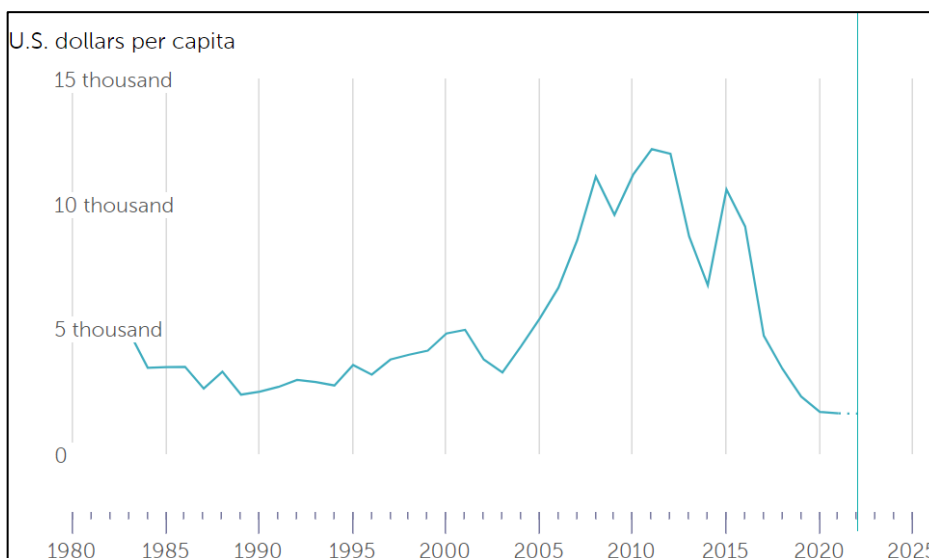
²⁴ Era característico do regime chavista a segmentação da população venezuelana durante a distribuição das assistências governamentais. Assim, o governo tinha controle total sobre os apoiadores e isolava os grupos contrários ao regime por meio da exclusão deles das políticas públicas.

De acordo com Conci e Carvalho Campos (2021), com a morte de Hugo Chávez em 2013, o regime chavista tornou-se mais agressivo as instituições políticas e econômicas mediante ascensão de Nicholas Maduro à presidência. A perseguição em torno dos opositores políticos e a repressão a classe empresarial balizou a instauração de sanções econômicas por parte dos Estados Unidos e União Europeia. Em 2015, protestos populares foram organizados no país em face a desarticulação das políticas assistencialistas e a escassez de produtos e serviços básicos, resultando em forte repressão do aparato militar venezuelano.

Entre 2016 e 2019, a Venezuela colapsou social e economicamente. Os fatores de aprofundamento deste cenário foram os seguidos bloqueios no processo decisório ocorridos entre a Assembleia Nacional da Venezuela, com maioria oposicionista ao regime, e o Executivo, comandado por Maduro. A imobilização das instituições venezuelanas se ampliou quando o presidente da Assembleia, Juan Guaidó, se autoproclamou presidente da república em 2019, o que rachou o sistema institucional venezuelano (CONCI; CARVALHO CAMPOS, 2021).

O desgoverno doméstico, aliado às incitações dos Estados Unidos para governos estrangeiros reconhecerem Guaidó como presidente, em contraposição ao governo Maduro, contribuiu para o agravamento da crise. Aliás, a aplicação de sanções internacionais à economia venezuelana resultou no esfacelamento do tecido social e produtivo do país, que, consequentemente, fundamentou o êxodo populacional para nações vizinhas (WEISBROT; SACHS, 2019).

Figura 20 – Renda per capita da Venezuela entre 1980 e 2020



Fonte: FMI (2021)

De acordo com o Fundo Monetário Internacional (FMI, 2021), a economia venezuelana apresenta um cenário de hiperinflação, com taxa anual de 65.000%. Ademais, a renda per capita do país caiu de US\$ 10 mil para US\$ 2 mil, evidenciando a perda do poder de compra da população (Figura 20). A inflação elevada e a desvalorização do Bolivar contribuíram para a desestruturação da cadeia energética venezuelana, o que resultou em escassez de energia elétrica e combustíveis.

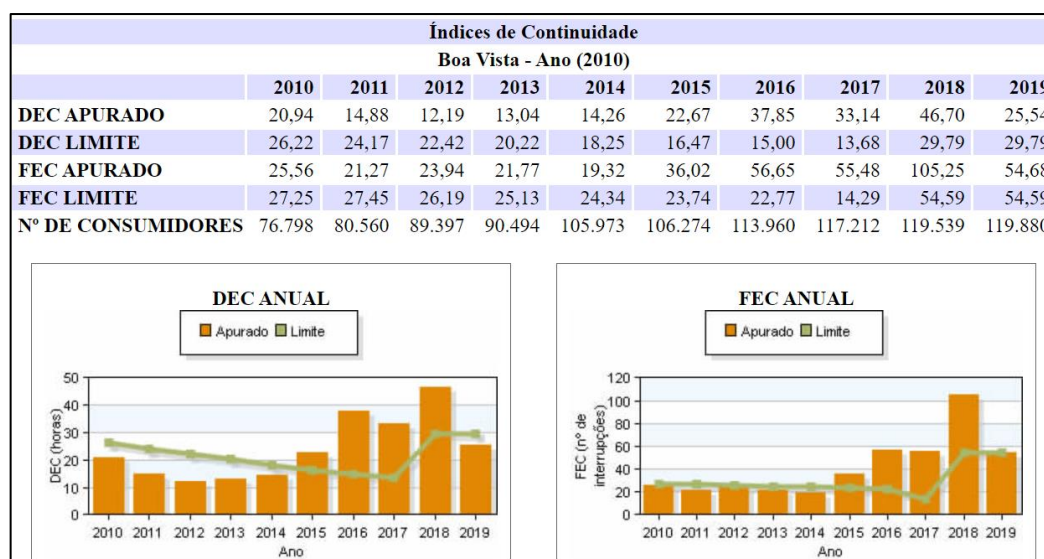
O colapso da Venezuela amplificou o fluxo migratório a partir de 2018. Segundo a Agência das Nações Unidas para Refugiados (ACNUR, 2022), estima-se que 5,4 milhões de refugiados e migrantes da Venezuela buscaram abrigo em outros países. Somente no Brasil esse fluxo alcançou 300 mil pessoas, que se deslocaram através da fronteira entre Santa Elena e Pacaraima, em Roraima.

3.4.2 Instabilidades no sistema elétrico roraimense

Os distúrbios políticos e socioeconômicos na Venezuela afetaram fortemente o sistema elétrico do estado de Roraima, historicamente fragilizado. Por estar integrado ao sistema de produção de eletricidade venezuelano através do linhão de Guri, a unidade federativa sofreu com constantes blecautes entre 2015 e 2019.

A falência institucional e econômica venezuelana reverberou-se no setor elétrico, já que as empresas do setor, principalmente a estatal CORPOELEC teve a capacidade de investimentos para manutenção da infraestrutura reduzida face à hiperinflação nacional. Além disso, há relatos de que a coluna vertebral do sistema elétrico venezuelano, o complexo hidrelétrico de Guri, tenha sido vítima de uma guerra cibernética e sabotagem envolvendo potências estrangeiras durante a tentativa de retirar Nicholas Maduro do poder entre 2018 e 2019 (TASS, 2019).

Ao mesmo tempo que o sistema elétrico venezuelano colapsava, o estado de Roraima era diretamente impactado. As distribuidoras que compravam eletricidade no país vizinho ficaram incapacitadas de reagir diante dos distúrbios ocasionados na distribuição de eletricidade. A mensuração dessa instabilidade foi registrada na figura 21, que trata dos índices de continuidade do serviço de eletricidade elaborados pela ANEEL (2022).

Figura 21 – Índices de continuidade do serviço de eletricidade em Boa Vista (2010-2019)

Fonte: ANEEL (2022)

Nota: não inclui as localidades do interior de Roraima.

Com base na figura 21, é visível a evolução das instabilidades no fornecimento de eletricidade para Roraima a partir de 2015, ano em que a crise na Venezuela ganha maiores proporções. A apuração da Duração Equivalente de interrupção por unidade Consumidora (DEC APURADO) mostra em horas o quanto um conjunto de unidades consumidoras ficou sem eletricidade. No caso de Boa Vista, em 2018, ficou até 46,7h – ou 46 horas e 42 minutos – sem energia elétrica, portanto, superior ao limite de 29,7h, estabelecido pela agência reguladora (ANEEL, 2022).

Adicionalmente, a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC APURADO) no ano de 2018 foi de 105 interrupções no fornecimento de eletricidade. O limite estabelecido pelo agente regulador para o mesmo ano era de 54 interrupções (ANEEL, 2022). Toda vez que ocorria os desligamentos na rede, a distribuidora solicitava o acionamento das termelétricas a diesel, cuja ativação dessa tecnologia defasada, leva tempo.

A paralisia do Governo Estadual frente as instabilidades no sistema elétrico roraimense tinha dois motivos: 1) A máquina pública roraimense estava endividada, restringindo a capacidade de operação da empresa energética estadual CERR; e 2) Em 2018, o Governo Estadual passava por uma instabilidade institucional oriunda da falência do sistema prisional local no ano anterior, resultando no massacre de 33 detentos na Penitenciária Agrícola de Monte Cristo (PAMC) e na intervenção federal que afastou a governadora Suely Campos (PDT) (G1, 2017; 2018).

Com um contexto político e econômico conturbado em Roraima, a questão energética permeou as relações políticas entre o sistema decisório em Brasília e a capital roraimense. Nesse caso, os atores políticos e empresários se mobilizaram para encontrar uma solução de curto prazo a partir da esfera federal.

3.4.3 Impacto geopolítico da Venezuela como indutor da transição do sistema elétrico roraimense

A combinação entre a crise sociopolítica e econômica venezuelana e a ingovernabilidade do Estado de Roraima tornou a crise energética inevitável. Todavia, agentes políticos locais e federais já alertavam sobre os impactos que a situação de dependência da importação de eletricidade da Venezuela poderia trazer para a população.

Em 2015, o então Ministro de Minas e Energia, Eduardo Braga, acionou a Advocacia Geral da União (AGU) e o Ministério da Justiça (MJ) para solicitar à Fundação Nacional do Índio (FUNAI) o andamento do licenciamento ambiental da obra do linhão de Tucuruí. Em 2016, a bancada legislativa de Roraima pediu rapidez na condução da outorga ambiental do empreendimento, bem como colocasse mais recursos para reformar o sistema elétrico local, o qual já sofria com os blecautes relacionados a interligação com a Venezuela (MME, 2015; 2016).

As soluções robustas somente vieram após a falência institucional da Venezuela, que colocou o sistema elétrico roraimense na dependência integral das termelétricas a diesel, por recomendação, em 2018, do Comitê de Monitoramento do Sistema Elétrico (CMSE), órgão ligado ao MME. De acordo com a matéria do G1 (2020), essa decisão operacional teve um custo de R\$ 1,6 bilhão anualmente, que foram subsidiados mediante a Conta de Consumo de Combustíveis (CCC), tarifa repassada a todos os consumidores nacionais para pagar a comprar de diesel e derivados de petróleo para as termelétricas.

No mais, o MME requisitou à Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para que realizasse estudos orientados a identificação dos potenciais energéticos a serem desenvolvidos em Roraima no horizonte de médio e longo prazo. A EPE (2020) organizou quatro grupos de trabalho (GT) com técnicos multidisciplinares para identificar e avaliar as opções de solução para o problema energético roraimense ancoradas nos eixos: a) medidas de curto prazo para reduzir o número de opções; b) plano de ação para implementar a geração distribuída e ações de eficiência energética; c) plano de ação para implementação de sistema de armazenamento; e

d) plano de ação com medidas de médio e longo prazo, que contemplem o período antes e após a interligação ao SIN.

Assim, estava posto a primeira política que ativava a transição energética em Roraima e rompia a trajetória de dependência da importação de eletricidade da Venezuela, sob uma perspectiva de integração das soluções a fim de solucionar o problema de fornecimento de eletricidade a partir de 2021.

4 BARREIRAS NA TRANSIÇÃO DA GERAÇÃO ELÉTRICA DO ESTADO DE RORAIMA

Os impactos da desestabilização socioeconômica venezuelana foram multisetoriais, porém, as forças desses eventos instigaram os atores roraimenses e federais a buscar soluções de curto, médio e longo prazo para a instabilidade energética do estado. Uma dessas medidas foi justamente o consenso entre o Governo de Roraima e o Governo Federal para aplicar políticas de transição da matriz elétrica em Roraima, o que gerou diversos conflitos de interesse entre grupos étnicos, empresários e tomadores de decisão.

Assim, o presente capítulo avalia as principais políticas adotadas para transição da geração, bem como verifica a existência de atores e atividades similares ao sistema específico de inovação tecnológica. Em seguida, analisa-se as barreiras dentro do sistema de inovação tecnológico local e seus impactos no andamento da transição energética roraimense.

4.1 Políticas de transição do setor de geração elétrica

As políticas da transição energética roraimense se originaram a partir das organizações federais, estaduais e municipais, sendo implementadas a partir de 2016, um ano após a desestabilização socioeconômica da Venezuela. As principais políticas públicas foram elencadas no quadro 6 de acordo com os atores envolvidos na sua elaboração.

Quadro 6 – Políticas de transição da geração elétrica de Roraima

ATORES								
	ANO	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022*
	Governo Federal		Decreto nº 9.047/2017 - Substituiu os projetos de referência, elaborados pelas distribuidoras, por propostas de Solução de Suprimento, formuladas por empreendedores.	2018 – Portaria MME 518/2018 - autorizou a participação de empreendimentos com soluções de fonte alternativa nos leilões para sistemas isolados	• Leilão de Suprimento para Boa Vista e Localidades Conectadas • Encerramento do contrato de importação de eletricidade da Venezuela (2019)			Aprovação do Marco regulatório da Geração Distribuída - institucionaliza a mini e microgeração de eletricidade com base em fontes renováveis, sobretudo solar fotovoltaica.
	Governo de Roraima	2016 – Política Estadual de Incentivo à Geração e Aproveitamento da Energia Solar, Eólica e Biomassa					Lei nº 1.458/2021 – Institui incentivos tributários para produção de biocombustíveis em Roraima	
	Prefeitura de Boa Vista				Programa de Geração de Eletricidade via tecnologia Solar Fotovoltaica para órgãos municipais e áreas públicas.			

Fonte: elaboração do autor. Com base em: BRASIL (2022); MME (2018); ALERR (2016); ESTADO DE RORAIMA (2021); PMBV (2019)

*Nota: considera-se somente janeiro e março de 2022.

No âmbito do governo federal houve a aprovação do Decreto nº 9.047/2017, cujo intuito era substituir os projetos de referência, elaborados pelas distribuidoras de energia elétrica, por propostas de solução de suprimento, formuladas por empreendedores interessados em fornecer serviço de eletricidade dentro dos sistemas isolados. Essa decisão ampliou o rol de soluções de oferta para as distribuidoras de acordo com as especificidades técnicas de cada sistema elétrico (MME, 2018).

Em 2018, o governo federal, por meio do Ministério de Minas e Energia (MME, 2018), emitiu a Portaria MME nº 518/2018. A portaria legitimou, pela primeira vez, a competição de tecnologias renováveis juntamente com soluções fosseis dentro dos leilões de oferta de eletricidade para os SISOLs na Amazônia.

No auge da crise do sistema elétrico roraimense, o governo federal realizou, em 2019, o Leilão de Suprimento para Boa Vista e Localidades conectadas. O leilão ofertou dois produtos: potência e energia. O primeiro exige que as soluções de suprimento disponham de capacidade de modulação de carga e flexibilidade para a operação variável, sendo o compromisso de entrega formado pela disponibilidade de potência, bem como pela respectiva energia associada, caso necessária (EPE, 2020).

O Ministério exigiu que para soluções de suprimento cujas fontes primárias fossem gás natural ou renováveis, incluindo ou não tecnologias de armazenamento, o prazo para contratação será de 15 anos, podendo ser declarada inflexibilidade anual de geração de 50%, enquanto os demais casos, o prazo será de 7 anos (MME, 2018).

O produto Energia foi exclusivo para empreendedores que trabalham com fontes renováveis, com ou sem tecnologia de armazenamento, sendo o compromisso de entrega caracterizado por um montante anual de entrega de energia. O prazo de contratação será de 15 anos para os empreendimentos cadastrados com acompanhamento técnico da EPE (MME, 2018).

Em 2019, o governo federal encerrou o acordo de importação de eletricidade da Venezuela via Linhão de Guri. Essa medida resultou no acionamento da capacidade máxima das termelétricas abastecidas com diesel, o que gerou uma comoção no âmbito político roraimense, em virtude dos altos preços do óleo diesel (G1, 2020).

Já em 2022 o governo federal aprovou o Marco Regulatório da Geração Distribuída, o qual regularizou a mini e microgeração com fontes renováveis, sobretudo solar fotovoltaica. No mais, institucionalizou o sistema de compensação, cujo ponto gerador conectado à rede de

distribuição de eletricidade permite reduzir o custo final na compra do suprimento (BRASIL, 2022).

Em Roraima, o governo estadual já tinha aprovado, em 2016, a Lei nº 1.109, de 4 de outubro de 2016, que instituiu a Política Estadual de Incentivo à Geração e Aproveitamento da Energia Solar, Eólica e Biomassa (ESTADO DE RORAIMA, 2016). Essa política pública visa estimular a difusão das tecnologias solar fotovoltaica, biomassa e eólica na matriz elétrica local como forma de diminuir a dependência da eletricidade importada da Venezuela, bem como das termelétricas a óleo diesel.

Além disso, a lei apresenta a mecanismos para o governo estadual apoiar a implantação e o desenvolvimento de projetos que contemplem as tecnologias de geração selecionadas, assim como a fabricação e comercialização dos seus componentes centrais e periféricos (ESTADO DE RORAIMA, 2016).

De acordo com o Estado de Roraima (2016), instituiu-se na política estadual a articulação dos seus mecanismos com outras políticas de incentivo às fontes renováveis, aos programas de geração de emprego e renda ou, propriamente, de desenvolvimento sustentável no nível municipal, estadual e federal. No mais, faz do escopo da legislação a criação de campanhas de promoção das tecnologias solar fotovoltaica, eólica e biomassa e seu respectivo custo/benefício para o território roraimense.

Um desses instrumentos está no Artigo 5º, que isenta de ICMS todos os equipamentos e componentes, importados ou produzidos em solo nacional, necessários à instalação de sistemas micro ou minigeração distribuída de energia elétrica, conectado à rede. O benefício pode ser concedido por 20 anos após a conexão no sistema de distribuição (ESTADO DE RORAIMA, 2016).

Em 2021, o Governo Estadual sancionou a Lei nº 1458/2021, na qual estabelece mecanismos fiscais de apoio a produção de óleos vegetais e biocombustíveis em Roraima. Diz, em seu Artigo 2º, que o incentivo tributário consiste na outorga de crédito presumido de até 85% do valor²⁵: i) do ICMS devido por estabelecimento industriais dispensados de apresentação de projeto; ii) do ICMS debitado no período, no caso do projeto de implantação; e III) da parcela do ICMS a recolher, incrementada no período em função do projeto, no caso de ampliação ou modernização da planta produtiva.

²⁵ O crédito presumido consiste em uma hipótese de crédito que reduz o imposto cobrado em cada operação. Assim, o pagante, ao pagar o imposto sobre mercadoria ou serviço, tem direito à compensação tributária estabelecida pelo Estado. Trata-se de uma modalidade do ICMS diferenciado e concedido a alguns contribuintes, majoritariamente empresas, que são alocados em um sistema de tributação diferente daquele utilizado pela população.

Essa política foi lançada para apoiar as empresas do setor de biomassa que se instalaram em Roraima após a realização do Leilão de Suprimento para Boa Vista e Localidades Conectadas. Além disso, busca estimular o encadeamento entre o setor agrícola roraimense com as usinas termelétricas a biomassa na região, principalmente aquelas abastecidas com óleo de dendê e bagaço de madeira.

No nível municipal, a Prefeitura Municipal de Boa Vista (PMBV) lançou o programa de geração de eletricidade com tecnologia solar fotovoltaica para órgãos da administração municipal e áreas públicas a fim de reduzir os gastos públicos com o suprimento energético, ao passo que reduz as emissões de carbono.

Parte desse esforço foi sintetizado na construção de uma Usina Solar Fotovoltaica na área rural de Boa Vista, inaugurada em 2020, com 5 megawatts de potência, nos quais abastecerão 75% dos órgãos municipais²⁶, o que deve resultar em uma economia média de R\$ 5 milhões aos cofres municipais. Segundo a PMBV (2020), a usina prevê a redução de 7.500 toneladas de gás carbônico que seriam lançados na atmosfera.

No todo, as políticas públicas adotadas para a transição da geração elétrica roraimense tiveram como base ações reativas frente à instabilidade do fornecimento do suprimento localmente por causa da crise venezuelana. A criação da Política Estadual de Incentivo à Geração e Aproveitamento da Energia Solar, Eólica e Biomassa, em 2016, sinalizou a intenção do Governo Estadual em desenvolver empreendimentos com as fontes citadas.

4.2 Mercado de geração após o Leilão de Suprimento para Boa Vista e Localidades Conectadas

A realização do Leilão de Suprimento para Boa Vista e Localidades Conectadas significou um avanço considerável na maneira como o Governo Federal organiza e gerencia o Sistemas Isolados. Isso porque a Portaria MME nº 512/2018 viabilizou a participação de empreendimentos com fontes renováveis em um sistema dominado por combustível fóssil. O segundo fato consistiu na entrada de empresas com tecnologias de geração fóssil aprimoradas, como gás natural, além de soluções híbridas que combinam fontes alternativas com baterias de armazenamento.

²⁶ A prefeitura de Boa Vista possui 600 unidades consumidoras, sendo 455 delas contempladas pelo fornecimento de eletricidade da nova usina solar (PMBV, 2020).

De acordo com a EPE (2019, p. 1), o certame resultou na contratação de 9 empreendimentos de variadas fontes, totalizando 294 megawatts de potência, que foram habilitados tecnicamente pela EPE. Na nova forma de ofertar energia para os sistemas isolados, a EPE cadastrou 156 empreendimentos, de variadas fontes, totalizando 6 gigawatts de capacidade instalada, o que evidenciou o interesse por empreendedores do segmento de fontes renováveis por fatias de geração nos SISOLs.

Tabela 4 – Empresas do segmento de geração roraimense pós-2019

Empresa	Quantidade De usinas	Tecnologia	Potência Outorgada KW/h
Eneva	1	Termelétrica a gás natural	140.834
PalmaPlan	1	Termelétrica a biomassa e biodiesel – óleo de dendê	11.550
Oliveira Energia LTDA.	1	Termelétrica a diesel	42.250
Usina Xavante S.A	3	Termelétrica a diesel	6.345
Brasil BioFuels – BBF	4	Termelétrica a biomassa e biodiesel – óleo de dendê	79.513
OXE Energia	4	Termelétrica a biomassa – resíduo de madeira	40.000
Roraima Energia	51 UTHE + 1 UHE	Termelétrica a diesel + Hidrelétrica	311.724
CERR*	76	Termelétrica a diesel	27.360

Fonte: elaboração do autor. Com base em dados da ANEEL (2022).

*Nota: CERR perdeu a concessão de geração em 2017, mas mantém os parques

alugados para a Roraima Energia.

A tabela 4 mostra as empresas entrantes no mercado de eletricidade em Roraima. As tecnologias dominantes são termelétricas alimentadas a combustível fóssil, variando quanto a participação da Eneva com a UTE Jaguatirica II, cujo combustível é o gás natural. As firmas que mais se interessaram pelo mercado foram do segmento de biomassa, no qual apresenta potencial de crescimento no território roraimense, em virtude das condições climáticas favoráveis ao plantio de dendê, soja, milho, cana-de-açúcar e madeira.

Destaca-se a participação da tecnologia de geração termelétrica abastecida com biodiesel. A Brasil BioFuels – BBF desenvolve 4 projetos aplicando essa tecnologia no Sul de Roraima. Segundo a BBF (2022), trata-se de um projeto verticalizado: com plantio de palma,

usina de beneficiamento de óleo e a usina termelétrica para geração de energia. Neste caso, a empresa trabalha com dois projetos por enquanto: a) instalação em São João da Baliza de uma UTE de 16 MW de potência movida a biomassa e biodiesel; b) instalação em Boa Vista de uma UTE movida a biodiesel.

Ainda segundo a BBF (2022), outro projeto se encontra em fase estudo, no qual aplica-se uma usina de beneficiamento de soja na capital para complementar o combustível usado nas termelétricas. No mesmo segmento tem-se a PalmaPlan, subsidiária do Grupo OleoPlan, o qual instalou a planta produtiva em Rorainópolis. Tal empreendimento consiste na construção de uma UTE abastecida com óleo de dendê, cuja potência outorgada pela ANEEL foi de 11.500 KW/h.

Além disso, a OXE Energia também projetou sua geração com base em tecnologia de biomassa, diferenciando-se das demais por utilizar cavaco de madeira reflorestada nas suas termelétricas. De acordo com a OXE Energia (2022), o projeto da empresa em Roraima constitui-se de 4 complexos de geração a serem instalados em dois núcleos operacionais: Pau Rainha/Santa Luz e Canta/Bonfim.

O leilão também trouxe novas empresas no segmento de geração com combustível fóssil. A empresa Usina Xavante S.A deve desenvolver 3 projetos de UTE de pequeno porte no Norte de Roraima, especificamente nas áreas indígenas. Ademais, a Oliveira Energia LTDA. Possui um projeto de expansão das operações no território roraimense através da construção da UTE Sucuba, em Boa Vista (EPE, 2019).

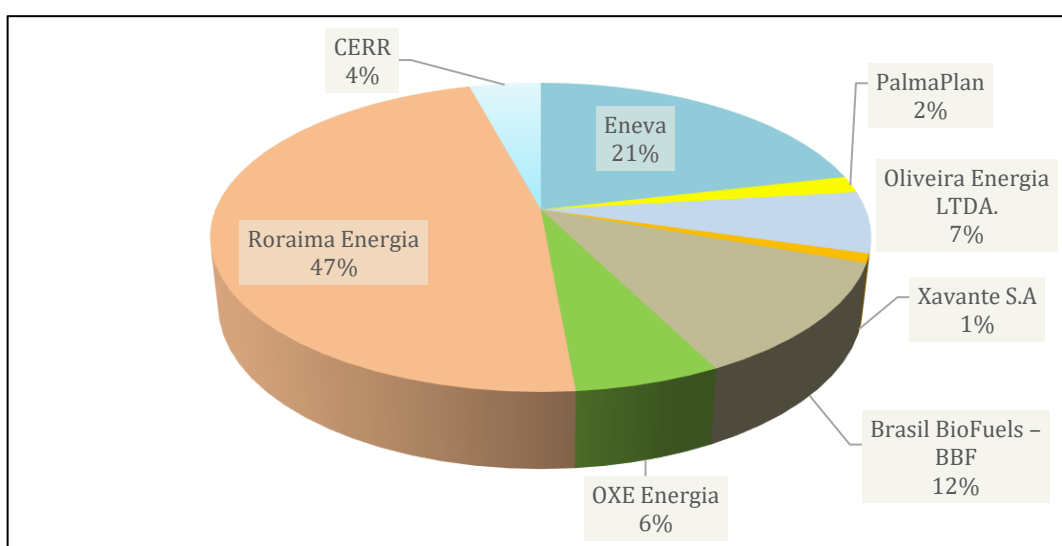
As incumbentes Companhia Energética de Roraima – CERR e Roraima Energia não participaram do leilão. Nos últimos anos as empresas têm apresentado dificuldades financeiras, nas quais restringem a realização de novos investimentos de capacidade de geração. Contudo, ambas possuem a estratégia de atuar tanto na geração como na distribuição de eletricidade, sendo a Roraima Energia a principal empresa operante no setor de geração e distribuição de eletricidade.

A figura 22 apresenta a composição do mercado de geração baseado na potência outorgada pela ANEEL (2022), a Roraima Energia possui 47% das operações. A Eneva, entrante no mercado roraimense, possui 21% somente com a UTE Jaguatirica II. Com geração baseada em fontes renováveis, destacam-se o segmento de biomassa, com as empresas Brasil BioFuels – BBF com 12%, OXE Energia com 6% e PalmaPlan com 2%. Por outro lado, a Oliveira Energia opera com uma fatia de 7%, CERR 4% e Usina Xavante S.A com 1%. Isto significa que, mesmo com a entrada de atores com tecnologia renovável, o mercado ainda

permanece concentrado nos combustíveis fósseis, porém com um agente capaz de operar uma tecnologia disruptiva em torno da inércia dos sistemas isolados.

No mercado de geração distribuída, houve uma intensa penetração das empresas focadas em geração solar fotovoltaica entre 2016 e 2021. Com modelos de negócio que privilegiam a descentralização da tecnologia, ou seja, é capaz de se adaptar em pequenas residências, comércios, industriais e área agrícola, com diferentes dimensões e aplicabilidades. Percebe-se a entrada de franquias de grandes marcas nacionais, como Blue Sol, Solar Brasil e Ribeiro Energia Solar (tabela 5).

Figura 22 – Composição do mercado roraimense de geração de eletricidade



Fonte: elaboração do autor. Com base em dados da ANEEL (2022).

Nota: % do mercado baseada na potência outorgada pela ANEEL (2022).

Por se tratar de um setor embrionário em Roraima, há empresas que se especializaram no fornecimento de cursos de capacitação de mão de obra, atuando tanto na instalação dos sistemas como na realização de manutenção. Neste contexto, destacam-se a Blue Sol e o Centro de Treinamento Solares, aliás, esta, possui programas de cooperação técnica com a Universidade Federal de Roraima (UFRR).

Tabela 5 - Empresas do setor solar fotovoltaico roraimense

Empresa	Modelo de negócio
BLUE SOL	Franqueado; mini e microgeração; realiza projetos; manutenção, instalações residenciais e comerciais; capacitação técnica.
BV SOL	Minigeração; instalação comercial e residencial; manutenção
CONSTRUCENTER SOLAR	Minigeração; instalação comercial e residencial; manutenção
DONSOL	Minigeração; realiza projetos; manutenção; instalações
GFENG ENGENHARIA E PROJETOS LTDA	Montagem de usina solar de grande porte; realiza projetos; manutenção; instalações
HARDSOL	Minigeração; instalação comercial e residencial; manutenção
MULTISOLUÇÕES&CIA	Minigeração; instalação comercial e residencial; manutenção
RIBEIRO ENERGIA SOLAR	Franqueado; minigeração; instalação comercial e residencial; importação e comercialização de componentes.
SOLAR PRIME	Franqueado; minigeração; instalação comercial e residencial, manutenção.
CENTRO DE TREINAMENTOS SOLARES	Cursos profissionalizantes; projetos; instalação comercial e residencial; consultoria.
SOLAR BRASIL	Franqueado; minigeração e microgeração com foco off-grid; manutenção; instalação; projetos
SUSTENTÁVEL ENERGIA LTDA	Minigeração, consultoria, instalação e projetos.

Fonte: elaboração do autor. Com base em dados do FERR (2021).

4.3 Funções dos atores no Sistema de Inovação Tecnológica Renovável de Roraima

O principal motor da transição energética é o investimento coordenado em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), cujas dinâmicas de interação entre as organizações que compõem o sistema de inovação tecnológica se desenrolam do nível nacional ao local (SUURS;

HEKKERT, 2012). Nesse sentido, a presente seção busca identificar como os atores envolvidos na governança da transição energética se encaixam nas funções de um SIT²⁷.

No caso de Roraima, há organizações e instituições que interagem no âmbito da CT&I, o que merece ser analisado mais de perto para verificar se há compatibilidade com o arcabouço conceitual do Sistema de Inovação Tecnológica em pesquisas futuras. Por enquanto, adotou-se o conceito de Sistema de Inovação Tecnológica Renovável de Roraima (SIT-RR) para descrever a infraestrutura local responsável por desenvolver, absorver e difundir a tecnologia de geração com fontes alternativas ao longo do território.

O SIT-RR foi arquitetado no quadro 7. Para verificar se os atores locais cumprem as funções de um sistema de inovação tecnológico, adotou-se uma palheta de cores, onde o vermelho simboliza a inexistência da função; amarelo significa funcionando parcialmente; e verde confirma a existência da função. O critério para a análise em questão se sustentou na avaliação dos projetos de transição energética das organizações selecionadas.

Assim, a função empreendedora (F1) existe e possui três segmentos tecnológicos que são operados por empresas locais: Biomassa, Solar Fotovoltaico e Hidrelétrico. No âmbito solar, as firmas PalmaPlan, OXE Energia, Brasil BioFuels são responsáveis por desenvolver, aplicar ou adaptar e importar tecnologias de geração elétrica com base em termelétricas a biomassa, principalmente biodiesel e massa florestal.

Quadro 7 – Sistema de Inovação Tecnológica Renovável de Roraima (SIT-RR)

Função	Atores
F1 – Atividade empreendedora	Biomassa: PalmaPlan; OXE Energia; Brasil BioFuels – BBF
	Solar fotovoltaico: Blue Sol; BV Sol; Construcenter; Donsol; Gfeng Engenharia; Hardsol; Multisoluções&CIA; Ribeiro Energia Solar; Solar Prime; Solares Centro de Treinamento; Solar Brasil; Sustentável Energia.
	Hidrelétrica: Roraima Energia
F2 – Desenvolvimento de conhecimento	Uni. Federal de Roraima (UFRR), Instituto Federal de Roraima (IFRR), Uni. Estadual de Roraima (UERR), Universidade Estácio de Sá (UNESA), Instituto de Educação e Inovação (IEDi).

²⁷ Vale ressaltar que existe uma dificuldade considerável para qualificar os atores dentro de um sistema de inovação, conforme conceituado por Hekkert et al. (2007). Nesse sentido, busca-se aplicar o conceito mais como um proxy que permite caracterizar as relações entre as organizações que podem formar um SIT.

F3 – Difusão de conhecimento	SEBRAE-RR; FERR, FIER, SENAI
F4 – Orientação da pesquisa	MME, ANEEL, EPE, Governo de Roraima, SEBRAE-RR
F5 – Formação de mercado	MME, ANEEL, Governo de Roraima
F6 – Mobilização de recursos (financeiro, humanos, materiais)	MME, ANEEL, UFRR, IFRR, SENAI, Governo de Roraima, Prefeituras
F7 – Advocacy	FERR
LEGENDA: funcionamento	Inexistente: há atores, mas não desempenham a função
	Parcialmente: alguns atores desempenham a função
	Existente: todos os atores cumprem a função do SIT

Fonte: elaboração do autor. Com base em SUURS; HEKKERT (2012).

No segmento solar fotovoltaico, tem-se as empresas que importam, operam e adaptam tecnologia de geração fotovoltaica em Roraima. O modelo de negócios destas empresas não inclui, necessariamente, o desenvolvimento de componentes tecnológicos fotovoltaicos por meio de programas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), mas, apenas, comercialização, instalação e manutenção de módulos fotovoltaicos, inversores etc. A firma Solares Centro de Treinamento se diferencia das demais por apresentar programas de capacitação técnica voltada para instalação de sistemas de geração em locais residências, comerciais e públicos, bem como acordo de cooperação técnica com a UFRR para desenvolver projetos científicos.

O setor de hidrelétricas não possui intensa dinâmica de inovação em Roraima, mas se considera tal tecnologia nesta pesquisa por fazer parte do rol de soluções do governo federal para sanar as instabilidades do setor elétrico estadual. A principal firma que opera esta tecnologia é a Roraima Energia, que adquiriu, entre 2018 e 2019, as operações da UHE Alto Jatapu, antes administrada pela CERR.

Se a atividade empreendedora é responsável por aplicar a tecnologia renovável no mercado, então a função desenvolvimento de conhecimento (F2) responde pelo desenvolvimento dela. No caso de Roraima, essa função é inexistente, já que as organizações de ensino e pesquisa – federal, estadual e privada – analisadas não desenvolvem projetos de

pesquisa e desenvolvimento voltados para transição da geração elétrica ou mesmo transição em outros setores energéticos. Todavia, a Universidade Federal de Roraima (UFRR) e o Instituto Federal de Roraima (IFRR) apresentaram projetos de P&D na área de eficiência energética utilizando tecnologia fotovoltaica (FERR, 2020).

Ressalta-se que as principais pesquisas sobre transição da geração elétrica roraimense foram realizadas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) por meio de grupos de trabalho multidisciplinar, nos quais são responsáveis por desenvolver soluções para as instabilidades do setor elétrico em Roraima. Curiosamente, a EPE não trabalhou com nenhum centro roraimense de pesquisa para verificar a existência de projetos locais voltados para a transição energética, o que evidencia o isolamento das organizações locais do centro científico energético nacional (EPE, 2020).

A difusão de conhecimento (F3) também existe e tem como atores o SEBRAE, o Fórum de Energias Renováveis de Roraima (FERR), Federação das Indústrias de Roraima (FIER) e Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Trata-se de organizações que difundem o conhecimento sobre fontes renováveis, que flui da academia para a indústria. O SEBRAE (2020), por exemplo, organiza anualmente encontros com empreendedores do ramo solar fotovoltaico para apresentar oportunidades de mercado, bem como oferecer consultoria para aperfeiçoar as empresas.

Na lógica do Sistema de Inovação Tecnológica Renovável de Roraima (SIT-RR), a orientação da pesquisa (F4) é uma função desempenhada parcialmente pelos atores, visto que alguns atores agem para orientar os esforços científicos. O Ministério de Minas e Energia (MME), EPE e SEBRAE-RR possuem mecanismos de norteamto das pesquisas. O MME realiza a função por meio do direcionamento das demandas para a EPE, ao passo que o SEBRAE-RR realiza avaliações do estado do ecossistema local de inovação a fim de orientar políticas públicas.

O SEBRAE-RR realizou o Plano de Intervenção no Ecossistema de Inovação de Boa Vista, cujo diagnóstico apresentou uma demanda reprimida das empresas do setor energético local por soluções tecnológicas, bem como por profissionais qualificados para implementação de módulos fotovoltaicos (SEBRAE, 2021). O Governo de Roraima, apesar de constitucionalmente amparado para fomentar a ciência e tecnologia por meio de políticas públicas, não há mecanismos de orientação da pesquisa orientadas para a geração de eletricidade.

A formação de mercado (F5) também funciona parcialmente, já que somente o MME e a ANEEL operam funções. O melhor exemplo é a adoção do Decreto nº 9.047/2017 e Portaria

MME nº 518/2018 para realizar o Leilão de Suprimentos para Boa Vista em 2019. O Governo de Roraima aprovou a política estadual de aproveitamento das fontes renováveis, todavia não completou a política com instrumentos de formação de mercado para as tecnologias estipuladas na política.

No que tange à mobilização de recursos (F6), destaca-se que existem atores que desempenham parcialmente a função. Do ponto de vista de recursos humanos, a UFRR, SENAI e IFRR possuem cursos de capacitação necessários para transição da geração elétrica. Por outro lado, no âmbito financeiro e material, não há mecanismos que captem e destinem recursos para o funcionamento das demais funções do SIT-RR.

No tocante a atuação do Governo de Roraima, identificou-se a existência do Instituto de Amparo à Ciência, Tecnologia e Inovação de Roraima (IACI), o qual não possui nenhum acordo de investimento em P&D com os centros de pesquisa locais ou mesmo projetos cadastrados. Na verdade, Roraima é o único estado nacional que não possui uma organização pública de financiamento a estrutura de ciência e tecnologia local aos moldes das fundações de amparo à pesquisa²⁸.

Por último, a função de advocacy (F7) é existente e completamente formulada e gerenciada pelo Fórum de Energias Renováveis de Roraima (FERR), cuja capacidade de articular e mobilizar atores do setor governamental, empresarial e do terceiro setor se tornou estratégica para difusão dos potenciais roraimenses de geração renovável para o restante do Brasil.

Nesse sentido, o FERR consiste em um polo onde atores interessados no desenvolvimento das energias renováveis em Roraima se articulam para defender os seus interesses perante o governo local e os órgãos reguladores do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB).

4.4 Barreiras no Sistema de Inovação Tecnológica Renovável de Roraima (SIT-RR)

A análise das funções dos atores que formam o Sistema de Inovação Tecnológica Renovável de Roraima (SIT-RR) demonstrou que algumas atividades são inexistentes ou parcialmente operantes. Por que isso ocorre? Neste tópico aborda-se as barreiras que tornam o

²⁸ Em 2021, o governador Antônio Denarium enviou à Assembleia Legislativa de Roraima o Projeto de Lei que busca criar a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Roraima (FAPER), porém ainda não foi apreciado pela casa (ESTADO DE RORAIMA, 2021).

SIT-RR incompleto, destacando-se as variáveis que limitam uma maior difusão de fontes renováveis na matriz elétrica roraimense.

As variáveis foram divididas em componentes e condicionantes. A primeira consiste na identificação, ao passo que a segunda se refere ao conjunto de argumentos identificados na análise histórico-institucional da governança do sistema elétrico roraimense, análise das funções dos atores no SIT-RR e complementada com revisões de matérias jornalísticas locais e indicadores selecionados de acordo com cada barreira.

4.4.1 Barreira política-institucional

As principais barreiras políticas-institucionais identificadas na análise das políticas de transição e do funcionamento do Sistema de Inovação Tecnológica de Roraima (SIT-RR) estão no quadro 8, que se divide em componentes que formam a barreira e suas condicionantes. O lobby político para captar projetos de grande interesse eleitoral tem como base a própria atuação histórica de agentes públicos para solucionar rapidamente a instabilidade no fornecimento de eletricidade e trazer as forças do progresso socioeconômico para Roraima.

Ao fazer uma revisão da cobertura jornalística local sobre os principais projetos de infraestrutura energética para Roraima, deputados estaduais e federais, governadores, prefeitos e senadores possuem uma tendência em ser favoráveis à grandes empreendimentos no estado. Tal condicionante foi registrada por meio da pesquisa de opinião do Fórum de Energias Renováveis de Roraima (FERR) sobre a construção da UHE Bem-Querer com o Senador Chico Rodrigues e o Deputado Federal Edio Lopes.

Quadro 8 – Componentes e condicionantes da barreira política-institucional

Componentes	Condicionantes
Lobby para captar projetos de grande interesse eleitoral	• Governadores buscam projetos com volume de investimento público e privado elevado. • Grandes obras possuem poder de arrastar outros setores produtivos locais • Solução rápida para um problema histórico – gera popularidade com a população.

Lobby para manter as termelétricas a diesel	• Termelétricas a diesel ganham vida útil com a ausência de soluções concretas para questão energética em Roraima. • Recolhimento de ICMS sobre o volume de diesel destinado para abastecer as termelétricas locais é relevante para o Governo de Roraima.
Coordenação política disfuncional entre as organizações do SIT-RR	• Ausência de prioridades e estratégias de política pública para resolver os gargalos no SIT-RR • Poucos canais de diálogo/cooperação entre as organizações que governam e operam o SIT-RR
Conflito de interesse entre representações indígenas, empreendedores, Governo de Roraima e Federal	• Grandes projetos de investimento impactam a vida dos grupos étnicos em Roraima • Grupos indígenas possuem consciência traumática dos impactos humanos e ambientais causados pelos planos de desenvolvimento do Governo Militar. • Preferência pela judicialização como meio de solução dos conflitos de interesse

Fonte: elaboração do autor. Com base em: FERR (2020); FOLHA DE BV (2019); FEARNSIDE; BARBOSA (2015)

De acordo com o FERR (2020), o deputado é favorável a construção da hidrelétrica do Bem-Querer, porque se levar em consideração a área que será alagada e pelo potencial de geração de energia que é proposto, a UHE não só resolverá o problema de instabilidade do fornecimento, como tornará Roraima um exportador de energia elétrica. Na entrevista, Edio Lopes sustenta que “os ecologistas têm feito banzeiro contra a obra por causa do alagamento em Terras Indígenas”, o que, na opinião do deputado, não é verdade, já que os estudos apresentados pela EPE, nas reuniões do MME, não demonstram isso.

O FERR (2020) demonstra que o senador Chico Rodrigues também é favor do empreendimento justamente por resolver um problema histórico do estado. Acrescenta que a solução passa, primeiro, por meio da construção do Linhão de Tucuruí, que enfrenta barreiras judiciais. Depois, vem a UHE Bem-Querer como empreendimento que trará segurança energética para Roraima. Indagado sobre alternativas, o senador argumenta que admira as fontes solar e eólica, mas não as veem como soluções concretas, uma vez que “a energia solar ainda tem algumas limitações hoje, pois o horário de pico de consumo em Roraima é à noite, portanto, há dificuldades de armazenamento”.

A preferência dos tomadores de decisão por hidrelétricas faz parte de um longo processo de consolidação desta tecnologia na matriz elétrica brasileira, o que simbolizou no imaginário da população a conquista do progresso em sua forma física. Fearnside e Barbosa (2015) argumentam que, contextualmente, a construção de grandes usinas, como Tucuruí, Itaipu e Belo Monte são defendidas com forças políticas próprias, onde o imenso investimento aplicado na construção tem o poder de arrastar empresas de engenharia e energia à novos patamares dentro do mercado, condição essa que influencia o imaginário dos tomadores de decisão em Roraima.

Além disso, há uma segunda frente de lobby em defesa das termelétricas a diesel nos Sistemas Isolados em Roraima. As empresas que operam esta tecnologia frequentemente argumentam que contribuem para o desenvolvimento roraimense por meio do fornecimento de energia e tributação que beneficia o estado de Roraima. Segundo a matéria da Folha de Boa Vista (2019), desde que o estado de Roraima passou a depender totalmente da capacidade termelétrica a diesel, houve o aumento de 150% na arrecadação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS).

O gasto médio de combustível pelas empresas é de 1 milhão de litros de óleo diesel por dia na geração termelétrica roraimense. Com a capacidade máxima, os gastos ficam em torno de R\$ 3,8 milhões por dia e R\$ 115 milhões por mês. A arrecadação estadual de janeiro a abril de 2019 foi de R\$ 51.7 milhões referentes apenas ao pagamento de ICMS sobre combustíveis destinados à geração termelétrica (FOLHA DE BV, 2019).

O componente de coordenação política disfuncional entre as organizações do SIT-RR parte das condicionantes de ausência de prioridades e estratégias de política pública para diagnosticar e solucionar os gargalos no SIT-RR. Tanto a Política Estadual de Incentivo à Geração e Aproveitamento de Fontes Solar e Eólica, como o Plano de Desenvolvimento Roraima 2030, não estabelecem instrumentos que nutram o sistema local de inovação tecnológico renovável (ESTADO DE RORAIMA, 2016; 2020).

Além disso, há poucos canais de diálogo e cooperação entre as organizações do SIT-RR e suas ramificações com as organizações reguladoras – MME e ANEEL –, o que impossibilita canalizar forças para impulsionar a inovação tecnológica renovável em Roraima. A ausência de diálogo interfere diretamente no funcionamento do SIT-RR, já que existem atores capacitados para realizar as funções, porém não são estimulados por uma ação coordenada entre o governo estadual, federal e municipal.

O componente conflito de interesse envolvendo representações indígenas, empreendedores, governo estadual e federal consiste em impasse histórico roraimense. Por um lado, existe a consciência traumática dos indígenas em Roraima no que diz respeito à

territorialização do Plano de Integração Nacional (PIN), feito durante o governo militar, para integrar a Amazônia ao restante do território nacional. Tal plano resultou no intenso conflito entre indígenas e soldados do Batalhão de Engenharia de Construção (BEC) durante a construção do trecho da BR-174 entre Manaus, Boa Vista e Pacaraima. Adicionalmente, houve relatos de genocídio, assassinatos e estupros contra os grupos ameríndios durante as obras (GALDINO et al., 2019; ISA, 2019).

De outro modo, há a consciência dos tomadores de decisão e empresários roraimenses de que a questão indígena é, na verdade, o verdadeiro culpado pelos problemas energéticos em Roraima. A revisão das matérias jornalísticas demonstrou que existe um cunho opinativo muito forte por parte da sociedade roraimense de que os indígenas são apoiados por Organizações Internacionais e Organizações Não-Governamentais (ONGs) financiadas por estrangeiros com intuito de explorar as riquezas locais (ISA, 2004; 2019; GALDINO et al., 2019).

O embate entre essas duas visões fundamenta a frequente judicialização envolvendo projetos de infraestrutura energética com impactos ambientais em Roraima. A construção do trecho Manaus-Boa Vista, parte remanescente para finalizar o Linhão de Tucuruí e interligar Roraima ao SIN, sofre as intervenções do Ministério Público Federal (MPF), em virtude dos impactos ambientais pouco mapeados da passagem das torres dentro da Terra Indígena Waimiri-Atroari.

24.4.2 Barreira tecnológica

No âmbito da barreira tecnológica que afeta o desempenho do SIT-RR, o primeiro componente diz respeito à concorrência tecnológica desequilibrada condicionada pelo imenso subsídio governamental à geração termelétrica à diesel. O funcionamento das UTE nos sistemas isolados roraimenses custam, anualmente, aproximadamente R\$ 1 bilhão, cuja aplicação se dá na compra de óleo diesel para abastecer as térmicas. Essa política visa cobrir parte dos custos das empresas com aquisição do combustível, que sofre variações cotadas em dólar, em razão do pareamento com o preço do barril de petróleo no mercado internacional – ver quadro 9. (EPE, 2020).

Quadro 9 – Componentes e condicionantes da barreira tecnológica

Componentes	Condicionantes
Concorrência tecnológica desequilibrada	• Tecnologia fóssil é subsidiada pela Conta de Consumo de Combustível (CCC) • Antes de 2017, havia preferência tecnológica determinada por UTE a diesel • LEI 14.182/2021 – preferência de construção de UTE a gás natural na região Norte
Carência de infraestrutura física e legal para desenvolvimento do SIT-RR	• Problema estrutural regional: infraestrutura de CT&I na Amazônia é escassa • Poucos mecanismos de transferência de tecnologia para o mercado • Baixa integração entre empresas e núcleos de produção técnico-científico locais • Pouca integração com grandes núcleos nacionais e internacionais de produção técnico-científico
Desenvolvimento local de conhecimento (F2) sobre fontes renováveis é limitado	• Carência de orientação de pesquisa para solucionar problemas do setor elétrico roraimense. • Há poucos atores e recursos envolvidos com P&D em fontes alternativas • Política Estadual de transição não possui mecanismos de incentivo à produção de conhecimento
Escassez de recursos humanos qualificados Para os segmentos de biomassa e hidrelétrica	• Condicionado por um problema estrutural regional: infraestrutura educacional precária; baixos índices educacionais • Poucas organizações de ensino ofertam cursos especialização tecnológica em biomassa e hidrelétricas • Na área rural, local das principais termelétricas a biomassa, biodiesel e diesel, há carência de organizações profissionalizantes.

Fonte: elaboração do autor. Com base em: EPE (2020; 2021); PEREIRA (2019); (CGEE, 2004); AMAZÔNIA LEGAL EM DADOS (2018).

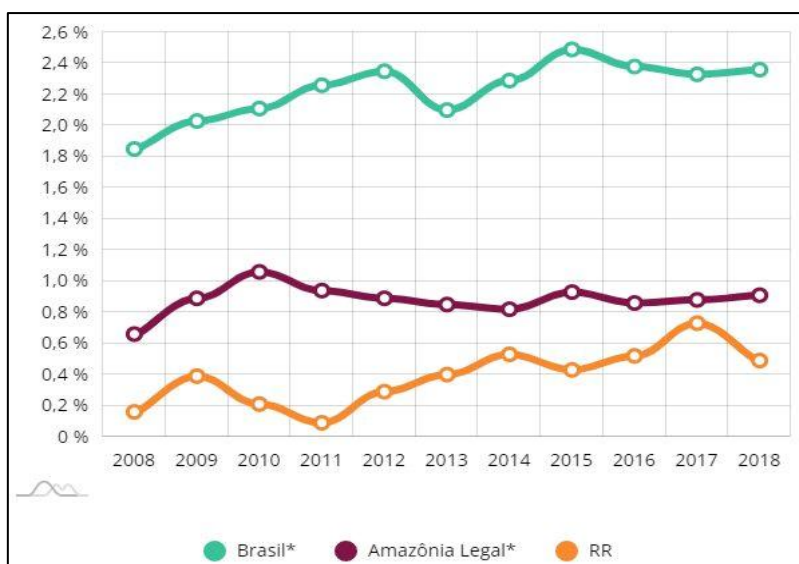
Em 2021, a Conta de Consumo de Combustível (CCC), foi orçada em R\$ 7,96 bilhões, cerca de 5% maior do que o aprovado em 2020. A CCC corresponde a taxa aplicada nacionalmente na conta de energia elétrica dos consumidores, financia os parques termelétricos dos SISOLs, o que esconde o custo real de operação desta tecnologia na região Norte (EPE, 2021).

Complementarmente, as termelétricas à diesel foram favorecidas pela ausência de concorrência tecnológica, já que os leilões de oferta de energia nos SISOLs, antes de 2017, eram legalmente baseados nas propostas de solução das distribuidoras de energia, as quais priorizavam as termelétricas a diesel como tecnologia com melhor custo/benefício. A EPE (2021, p. 11) denominou esse processo como “cultura do diesel”, isto é, a profunda dependência

dos sistemas isolados em relação ao uso do combustível em um contexto de inserção de tecnologias mais eficientes – gás natural – e fontes renováveis em outras regiões do Brasil²⁹.

A aprovação da Lei nº14.182, de 12 de julho de 2021, fortalece a concorrência desleal contra as fontes biomassa, solar fotovoltaica e hidrelétrica justamente por estabelecer preferência por termelétricas a gás natural. Segundo a Lei (BRASIL, 2021), estabelece-se um montante de 2.500 megawatts de geração na região Norte, que devem ser distribuídos nas capitais dos estados ou região metropolitana onde seja viável a utilização das reservas provadas de gás natural na Amazônia, buscando garantir, pelo menos, o suprimento a duas capitais que não possuam ponto de suprimento de gás natural.

Figura 23 – Percentual de dispêndios totais em C&T



Fonte: AMAZÔNIA LEGAL EM DADOS (2018)

*Nota: dados do Brasil sem Amazônia Legal. Dados da Amazônia Legal sem Roraima.

No entanto, o núcleo de componentes que impedem a reprodução tecnológica renovável corresponde a carência de infraestrutura física e legal para o desenvolvimento do SIT-RR. Trata-se de um problema estrutural característico da Amazônia Legal. Em 2004, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2004) diagnosticou a defasagem da estrutura de CT&I da Amazônia, na qual foi caracterizada por carência de organizações para gerenciar recursos de CT&I, insuficiência de investimentos e escassez de recursos humanos inerentes as áreas de Ciências Sociais Aplicadas, Biológicas e Exatas.

²⁹ O termo “cultura do diesel” foi cunhado em um Webinar da EPE intitulado “Perspectivas e Desafios para Transição Energética nos Sistemas Isolados”, em agosto de 2021.

Em Roraima, os investimentos em ciência e tecnologia são insuficientes para estruturar um sistema local de inovação dinâmico. Conforme a figura 23, elaborada pela Plataforma Amazônia Legal em Dados (2018), os dispêndios estaduais em C&T em relação as receitas tiveram um aumento de 3 pontos percentuais entre 2008 e 2018, chegando a 0,49% da receita no último ano. Todavia, este percentual foi inferior as demais unidades federativas amazônicas e ao cenário nacional.

No âmbito da Universidade Federal de Roraima (UFRR), principal polo de P&D roraimense, o estudo de Pereira (2019) demonstrou que existe uma lacuna jurídica e institucional que emperra o desenvolvimento das inovações nesta universidade. Neste caso, esta organização de ensino e pesquisa não só carece de um planejamento estratégico consolidado para incentivar a área de CT&I, como também de canais de comunicação com a indústria local, regional, nacional e internacional.

Tabela 6 – Total de vínculos técnico-científicos nos municípios de Roraima

Município	Total de vínculos em TC	Participação no total do estado	Percentual de vínculos em TC
Boa Vista	609	93,70%	0,68%
Alto Alegre	6	0,90%	0,71%
São João da Baliza	6	0,90%	0,82%
Rorainópolis	5	0,80%	0,22%
São Luiz	5	0,80%	0,72%
Bonfim	4	0,60%	0,34%
Cantá	3	0,50%	0,28%
Normandia	3	0,50%	0,56%
Amajari	2	0,30%	0,36%
Caracarái	2	0,30%	0,14%
Mucajai	2	0,30%	0,19%
Pacaraima	2	0,30%	0,26%
Iracema	1	0,20%	0,23%
Total	650	100,00%	0,63%

Fonte: elaboração do autor. Com base em AMAZÔNIA LEGAL EM DADOS (2019).

Por ter uma infraestrutura de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) insuficiente, o desenvolvimento local de conhecimento sobre fontes renováveis não é estimulado. A função orientação de pesquisa para fontes renováveis funciona parcialmente, já que há dinâmicas na

esfera federal, onde o MME e a EPE coordenam e orientam os estudos. Todavia, mesmo que o Governo de Roraima tenha lançado uma Política Estadual de Incentivo à Geração e Aproveitamento de Energia Solar, Eólica e Biomassa, não há qualquer menção de como as agências governamentais estaduais lidam com a produção científica sobre energias renováveis (ESTADO DE RORAIMA, 2017).

As dificuldades no âmbito educacional e científico nutrem a escassez de recursos humanos qualificados. Segundo a plataforma Amazônia Legal em Dados (2019), o percentual de pessoas em ocupações técnico-científicas³⁰ (TC) no estado de Roraima é de 0,63% em 2019, isto é, inferior ao resto do país (1,7%) e inferiores à região amazônica – Ver tabela 6 (0,85%).

O segmento de geração de biomassa e hidrelétrico sofrem com escassez de recursos humanos qualificados localmente. Vale ressaltar que as termelétricas à biomassa estão localizadas principalmente no interior de Roraima, onde os municípios ainda são pouco estruturados para ofertar cursos de capacitação técnica para cidadãos locais. Isso estimula as empresas de biomassa e hidrelétrica buscarem corpo técnico-científico em Boa Vista, Manaus, Belém e até mesmo em regiões fora do espaço amazônico.

Notadamente, não se trata de um processo profundamente negativo. Deve-se estimular o intercâmbio entre pessoas capacitadas das diversas regiões brasileiras com o mercado roraimense a fim de compartilhar aprendizado e melhores práticas de gestão. Todavia, a função de mobilização de recursos (F6) entrega muito pouco em termos de geração de renda e qualidade nas ofertas de emprego a partir das interações com empreendedores e centros de pesquisa no segmento de biomassa e hidrelétrica.

Por outro lado, existe um movimento diferente no setor solar fotovoltaico: há uma crescente oferta de cursos de capacitação local. Isso se deve principalmente ao crescimento da geração distribuída via uso de módulos solares residenciais, o que demanda um conjunto de serviços técnicos e distribuição de componentes para a região.

4.4.3 Barreira regulatória e técnica-ambiental

O impacto geopolítico da crise venezuelana em Roraima contribuiu para que o arcabouço regulatório dos Sistemas Isolados fosse revisado a fim de fornecer meios de geração para a região e reequilibrar o fornecimento roraimense de eletricidade. Com efeito, houve

³⁰ De acordo com a plataforma Amazônia Legal em Dados (2019), o percentual de ocupação técnico-científico pode ser utilizado como proxy de esforço empresarial de inovação.

avanços no que tange à institucionalização das tecnologias renováveis dentro dos SISOLs (EPE, 2021).

Entretanto, os avanços não reduziram as barreiras estruturais que diminuem a difusão das fontes renováveis na matriz elétrica de Roraima. Nesse caso, o atual Modelo Regulatório-Institucional do SEB exclui os sistemas isolados amazônicos das dinâmicas de coordenação e atualização da infraestrutura hidrotérmica brasileira que são preconizados na política energética nacional (SOUZA, 2010).

Quadro 10 – Componentes e condicionantes da barreira regulatória e técnica-ambiental

Componente	Condicionantes
Atual Modelo Regulatório-Institucional do SEB exclui os Sistemas Isolados das transformações tecnológicas e institucionais	• Preferência dada aos grandes polos consumidores de eletricidade (Sul-Sudeste-Centro-Oeste-Nordeste) • Política energética nacional não considera as dificuldades estruturais do SISOLs na Amazônia. • Não há planejamento estratégico para inserção de fontes renováveis nos SISOLs.
Insegurança jurídica	• Sem planejamento – Regulação de curto prazo (volátil) • Elevada judicialização de empreendimentos hidrelétricos e de linhas de transmissão
Ausência de políticas locais de redução dos impactos ambientais na matriz elétrica local	• Indiferença dos legisladores locais em relação à conciliação da atividade econômica e energética aos moldes sustentáveis • Não há planejamento para desativação/aperfeiçoamento de UTE ineficientes. • Estudos EIA-RIMA de empreendimentos hidrelétricos sofrem pressão política constante
Governo de Roraima não regularizou a aquisição e geração das fontes renováveis em estabelecimentos da administração estadual	• Desinteresse político

Fonte: elaboração do autor. Com base em: SOUZA (2010); MME (2020); LIMA (2011); FEARNSSIDE; BARBOSA (2015)

Outra condicionante corresponde à ausência dos sistemas isolados dentro política energética nacional. Evidencia-se tal fato por meio da avaliação do Plano Nacional de Energia (PNE) 2030 e 2050, cujo estado da matriz energética brasileira é avaliado desconsiderando as oportunidades e os desafios dos sistemas isolados na Amazônia (MME, 2020). Em tese, não há

uma visão de inclusão dos SISOLs no rol dos grandes projetos de infraestrutura elétrica nacional.

Embora a Portaria MME 518/2018 tenha estabelecido a participação das tecnologias renováveis nos leilões de suprimento para os SISOLs, não se tem uma regulação em torno da substituição de parques geradores ultrapassados tecnologicamente ou mesmo de metas de participação das fontes renováveis dentro da matriz elétrica regional. A ausência de uma regulação consistente e orientada para o longo prazo demonstra a fragilidade da geração e distribuição de eletricidade na Amazônia.

No âmbito estadual, o Governo de Roraima não articulou um dispositivo regulatório complementar a Política Estadual de Incentivo à Geração e Aproveitamento da Energia Solar, Eólica e Biomassa para aquisição de tecnologia renovável como forma de gerar eletricidade para estabelecimentos da administração pública estadual. A dificuldade de complementar a política com mecanismo tem origem no campo político, visto que a fragmentação do governo de Suely Campos (PDT) e a sua substituição por Antônio Denarium (PSL) das políticas públicas (G1, 2018).

Esse “abandono dos SISOLs” por parte dos planejadores e operadores do SEB também condiciona a insegurança jurídica. Com base em Souza (2010, p. 16), a exclusão dos Sistemas Isolados das grandes reformas institucionais do SEB tornou o subsistema elétrico amazônico refém dos ajustes regulatórios de curto de prazo, nos quais não apresentavam soluções concretas face aos problemas históricos de fornecimento de eletricidade em uma região com características físicas e socioeconômicas únicas.

Outra condicionante da insegurança jurídica se configura na forma de judicialização elevada dos empreendimentos elétricos, principalmente linhas de transmissão e geração hidrelétrica. Trata-se de um problema estrutural brasileiro que envolve o conflito da regulação ambiental formulada na esfera federal e àquelas geradas no âmbito subnacional (LIMA, 2011).

Em Roraima, a insegurança jurídica se insere no contexto dos projetos de exploração do potencial hidrelétrico dentro de Terras Indígenas, constitucionalmente amparada e gerenciada pela União. Movimentações de grupos de interesse no Congresso Nacional para liberar a construção de barragens nesses territórios são históricas e se fortaleceram após a eleição do presidente Jair Messias Bolsonaro (PL), cujas propostas de campanha abordavam a exploração do potencial econômico em Terras Indígenas (G1, 2020).

O caso recente da judicialização e paralização da obra do Linhão de Tucuruí é o que causa temor nos empreendedores da indústria energética e da classe política roraimense sobre futuros empreendimento energéticos de grande porte no estado. Conforme a reportagem da

agência de notícias Terra (2021), a obra possui uma série de irregularidades no licenciamento ambiental da linha de transmissão, conforme apontou o procurador do Ministério Público. Ainda conforme a reportagem, o problema reside no aval que a Fundação Nacional do Índio (FUNAI) deu para início da construção, o qual desconsiderou o acordo com o grupo étnico Waimiri-Atroari, para compensar os impactos.

Nesse contexto, também se destaca a ausência de políticas de redução de impactos ambientais relacionadas ao setor elétrico local, que é fundamentalmente condicionada pela indiferença dos legisladores locais em conciliar a matriz econômica e energética roraimense aos moldes sustentáveis (FEARNSIDE; BARBOSA, 2015).

Tanto no âmbito federal como estadual não há uma política de planejamento ambiental associado à desativação ou aperfeiçoamento da geração termelétricas para agregar combustíveis mais eficientes do ponto de vista econômico e ambiental. Do ponto de vista da elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) dos empreendimentos hidrelétricos, observa-se uma constante pressão política para aprovar tais instrumentos de avaliação de impactos ambientais nas agências reguladoras.

Fearnside e Barbosa (2015) trouxeram o exemplo do processo de estudo e aprovação do EIA/RIMA da UHE Alto Jatapu (RR) entre 1991 e 1992. Os autores identificaram o acompanhamento, pessoalmente, do governador à época, Ottomar de Souza Pinto, da elaboração do EIA/RIMA do projeto.

Adicionalmente, observa-se falta de regulação de instrumentos públicos de investimento em infraestrutura. No âmbito estadual, a Companhia de Desenvolvimento de Roraima (CODESAIMA) tem como missão fomentar políticas públicas de industrialização e desenvolvimento econômico de Roraima e estimular os investimentos de infraestrutura produtiva, econômica e social. Contudo, a empresa pública não possui um dispositivo legal que fundamente sua atuação com investimentos em energia solar, biomassa e hidrelétrica (CODESAIMA, 2022).

A mesma situação se aplica à Empresa de Desenvolvimento Urbano e Habitacional de Roraima – EMHUR, empresa pública municipal, cuja missão é auxiliar a Prefeitura de Boa Vista na execução de políticas voltadas à promoção do bem-estar social. Sua área de atuação está amparada em dois eixos: mobilidade urbana e ordenamento territorial. Neste caso, caberia regulação para colocar a firma como ator indutor das políticas municipais de geração renovável, sobretudo no apoio à difusão da fonte solar fotovoltaica (EMHUR, 2022).

4.4.4 Barreira econômico-financeira

Os componentes que formam a barreira econômico-financeira estão divididos em alto custo de aquisição dos componentes tecnológicos, escassez e linhas de crédito e baixa capacidade investimento do Governo de Roraima. O primeiro é característico das tecnologias renováveis, cujos elevados custos dos artefatos tecnológicos exigem aplicação inicial de altos investimentos no âmbito da geração e, necessariamente, um longo tempo de espera para maturação do empreendimento até o ponto de torná-lo lucrativo (PAINULY, 2001).

Tal fato afeta diretamente na maneira como as fontes renováveis se desenvolvem ao longo do território brasileiro. Há poucos fornecedores nacionais de componentes para geração solar fotovoltaica, biomassa e hidrelétrica, majoritariamente ancorados no fornecimento de peças periféricas, o que implica na importação do exterior de grande parte das peças centrais – considerada a tecnologia de ponta – utilizadas nos parques de geração renovável (COSTA; PRATES, 2005).

Quadro 11 – Componentes e condicionantes da barreira econômico-financeira

Componente	Condicionantes
Alto custo de aquisição dos componentes tecnológicos (biomassa, solar fotovoltaico, hidrelétrico)	• Grande parte da tecnologia é importada em dólar – fator cambial • Poucos fornecedores nacionais • Custo logístico elevado para Roraima • Demora de o empreendimento dar retorno financeiro
Escassez de linhas de crédito	• Bancos e organizações de fomento estão distantes da realidade do SIT-RR. • Política Estadual de Aproveitamento de Energia Solar, Eólica e Biomassa não apresenta mecanismos econômicos específicos para fonte solar, biomassa e eólica.
Baixa capacidade de investimento do Governo de Roraima	• liquidação da CERR

Fonte: elaboração do autor. (CODESAIMA, (2022); EMHUR (2022)

No setor solar fotovoltaico roraimense, observa-se que as compras internacionais (painéis, peças periféricas, inversores, cabos) são cotadas principalmente em dólar, cuja desvalorização cambial pode elevar os custos de importação dos produtos inerentes ao setor. No mercado de biomassa e hidrelétrico, o que se observa são as importações de turbinas para as usinas em Roraima.

Nesse caso, o elevado custo logístico para deslocar os componentes até o estado também entra como condicionante. Historicamente, faz parte de um problema estrutural da Amazônia, onde o modal de transporte rodoviário é precário, em virtude da falta de pavimentação e manutenção nas estradas. Em Roraima, as opções de transporte de mercadoria e pessoas são rodoviárias e aéreas, uma vez que o modal hidroviário é atrofiado por causa da possibilidade de navegação ocorrer somente entre Manaus e Caracaraí no inverno – período de cheias dos rios (SEPLAN, 2019).

O segundo componente diz respeito à escassez de linhas de crédito para reprodução da energia solar fotovoltaica, biomassa e hidrelétrico. Com base na análise das políticas de transição da geração, não houve uma coordenação entre as políticas públicas e órgãos de fomento público e bancos de investimento, resultando em uma política de intervenção governamental incompleta.

Além disso, a baixa capacidade de investimento do Governo de Roraima, principal articulador do setor elétrico local, se condiciona à liquidação, em 2022, da Companhia Energética de Roraima (CERR), a qual já apresentava um longo histórico de dificuldades financeiras que dificultava a qualidade do fornecimento de eletricidade na área rural. Notadamente, o Governo de Roraima, sócio majoritário da companhia, renunciou a um instrumento auxiliar para realização de investimentos no segmento de geração (FOLHA DE BOA VISTA, 2022).

4.5 Como as barreiras afetam o andamento da transição energética?

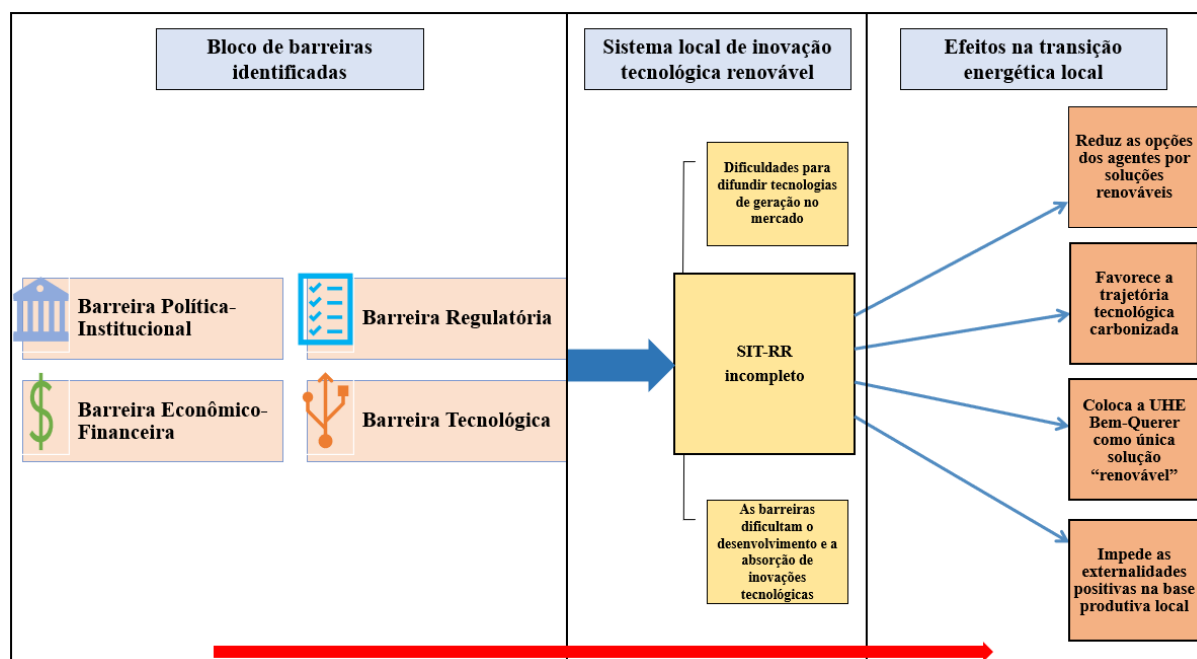
O entendimento de que a transição energética no século XXI consiste, em verdade, na substituição de tecnologias altamente poluidoras por sistemas de geração renováveis ou com baixo teor de emissão, como forma de reduzir os impactos ambientais, demonstra que sem a propulsão tecnológica e a coordenação conjunta entre Estado, entes subnacionais e empresas sobre as decisões de investimentos no setor elétrico é impossível realizar este processo eficientemente.

No caso de Roraima, a necessidade de um sistema local de inovação tecnológica tem como fundamento absorver as inovações tecnológicas renováveis que desembocam no setor elétrico brasileiro, bem como difundir adaptações processuais e técnicas em torno da implementação da geração solar fotovoltaica, hidrelétrica e biomassa.

Entretanto, ficou evidente que o conjunto de barreiras tornam o Sistema de Inovação Tecnológica Renovável de Roraima (SIT-RR) incompleto. A figura 24 ilustra este processo. Os

componentes da barreira política-institucional afetam a qualidade da governabilidade da transição energética, ou seja, o processo, em vez de planejado de acordo com a realidade local, se torna inconsistente e fragmentado. Tais fraquezas abrem espaço para potenciais grupos de interesse fazerem lobby em torno de empreendimentos de geração que podem resolver o problema de fornecimento de eletricidade com elevado custo financeiro e ambiental.

Figura 24 – Impactos das barreiras na transição da geração de Roraima



Fonte: elaboração do autor.

Os entraves políticos-institucionais também dificultam a remoção das barreiras tecnológicas, regulatórias e econômico-financeira. A análise da barreira tecnológica demonstrou a dificuldade das organizações do SIT-RR absorverem e difundirem soluções tecnológicas, tornando as interações insuficientes para impulsionar a substituição das termelétricas a diesel por parques geradores baseados em energia mais sustentável.

As dificuldades tecnológicas são, em grande parte, condicionadas por insuficiência regulatória no nível Federal e Estadual, como demonstrado na análise da barreira regulatória e técnica-ambiental. O próprio marco legal do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) não inclui os sistemas isolados. Na verdade, as regulações inerentes aos SISOLs são formatadas para atender demandas de curto prazo, em vez de um planejamento coerente de longo prazo. Portanto, há uma extensa lacuna regulatória para tornar as fontes renováveis competitivas dentro dos sistemas isolados.

Do ponto de vista técnico-ambiental, observa-se que não há legislações que induzam o aperfeiçoamento da geração termelétrica fóssil a fim de torná-la mais sustentável. No setor hidrelétrico, é perceptível que os tomadores de decisão locais relutam em considerar os impactos sociais e ambientais gerados por grandes obras de infraestrutura. Em um território como Roraima, onde há uma heterogeneidade étnica e socioeconômica, os empreendimentos de grande porte podem sofrer com as judicializações envolvendo associações de grupos étnicos e ambientais.

Soma-se a isso a escassez de mecanismos de econômico-financeiros capazes de reduzir o alto custo inicial de implementação das tecnologias solar fotovoltaica e biomassa no território amazônico e roraimense. Desde a crise e a falência institucional da Venezuela e o agravamento da instabilidade do fornecimento de eletricidade para Roraima, o Governo Federal pouco se articulou com o Governo de Roraima e as prefeituras para fornecer um plano de investimentos em infraestrutura energética com foco na demanda local.

Por isso, tais condições restringiram e restringem as escolhas dos agentes públicos e privados em torno das soluções que não agregam inovação na transição energética roraimense. Como o SIT-RR é disfuncional, o rol de opções tecnológicas torna-se estreito, majoritariamente composto por soluções termelétricas carbonizadas e hidrelétricas. Estas tecnologias são limitadas e possuem altos índices de impactos socioambientais e financeiros, o que pouco contribui para o aperfeiçoamento da cadeia industrial e de serviços roraimense.

Na ausência de um SIT-RR estruturado, a transição da geração deve caminhar para a predominância das termelétricas abastecidas com combustível fóssil, porém com substituição do diesel por gás natural. Isso porque há forte apoio político para expansão da geração a gás natural no Brasil, ao passo que a conclusão da UTE Jaguatirica II, abastecida com gás natural extraído e produzido no Amazonas, fortalece esta solução no âmbito dos sistemas isolados amazônicos.

A afeição dos agentes políticos e privados para com os projetos UHE Bem-Querer e UHE de Cotingo também evidencia uma trajetória dependente em torno da expansão das hidrelétricas na Amazônia como modelo de desenvolvimento regional. Os dois projetos são vistos como opções de longo prazo para encerrar o problema de fornecimento de eletricidade para Roraima, ao passo que complementaria o SIN através do Linhão de Tucuruí.

Em síntese, as barreiras discutidas obstaculizam o processo de transição da geração elétrica em Roraima de maneira sistêmica, uma vez que impedem a reprodução das tecnologias com potencial de crescimento no estado, como solar, biomassa e, em menor grau, eólica. Tal

fato condiciona uma transição superficial, calcada na predominância das termelétricas carbonizadas, ou na construção de hidrelétricas, diante de um cenário de mudanças climáticas.

5 CONCLUSÃO

Este estudo teve o objetivo geral de analisar o processo de transição do sistema elétrico do estado de Roraima, identificando e explicando as principais barreiras que impossibilitam uma maior difusão de tecnologia renovável e como elas afetam o processo de transição no segmento de geração elétrica estadual.

Para atingir esse objetivo, o estudo considerou uma combinação interdisciplinar da literatura com três abordagens: teórica (sistemas de inovação); histórico-institucional; e empírico-quantitativo.

Desse modo, compreendeu-se que a atual transição energética global consiste em um esforço político, econômico e social internacional para substituir a matriz energética densamente fóssil por outras mais sustentáveis, preferencialmente fontes renováveis. Este processo exige o desenvolvimento massivo de infraestrutura científica e tecnológica como forma de tornar as energias alternativas economicamente viáveis e seguras para o fornecimento de energia anualmente.

Por ser um processo que exige modificações profundas na estrutura política e socioeconômica dos países e entidades subnacionais, a fim de se alcançar o desenvolvimento sustentável, diversas barreiras são encontradas no caminho. A transição se torna mais desafiadora quando ativada em regiões como a Amazônia brasileira, que se caracteriza por profundas desigualdades socioeconômicas e condições político-institucionais ineficientes.

Essas características foram identificadas na análise histórico-institucional do sistema elétrico de Roraima, cuja formação remete-se ao início do século XX, com termelétricas a vapor e diesel que se multiplicaram na Amazônia brasileira. Essa região, historicamente orientada para a Europa e negligenciada pelo Estado brasileiro, passou a ser integrada ao restante do território somente no contexto do regime militar (1964-1985), quando se iniciou as políticas de integração nacional ancoradas nos planos de desenvolvimento econômico, os quais foram planejados para impulsionar a matriz extrativista-exportadora.

Com efeito, o território de Roraima não se beneficiou dos investimentos em infraestrutura energética por não ter uma demanda demográfica e econômica que justificasse a construção de hidrelétricas. O resultado foi a predominância da geração termelétrica a diesel até 2001, quando o Estado brasileiro articulou uma parceria de importação de eletricidade com a Venezuela.

Mesmo com instabilidades, a oferta de eletricidade da Venezuela acompanhou a evolução demográfica e econômica de Roraima até 2015, quando o país vizinho afundou em

uma crise socioeconômica e político-institucional sem precedentes. O colapso da Venezuela desestabilizou o sistema elétrico roraimense, profundamente inerte às transformações tecnológicas que avançavam no Sistema Elétrico Brasileiro, iniciando uma transição da geração roraimense desordenadamente.

A desorganização do processo tem como pano de fundo a barreira político-institucional, tecnológica, regulatória e técnico-ambiental, bem como econômico-financeira. Estes entraves tornam o Sistema de Inovação Tecnológica Renovável de Roraima (SIT-RR) incompleto, incapacitando-o de absorver e difundir fontes com potencial de crescimento no território roraimense, como solar fotovoltaica, biomassa e hidrelétrica.

Portanto, ao tornar o SIT-RR incapaz de dar soluções tecnológicas renováveis com robustez, reduz-se o rol de opções tecnológicas sustentáveis para a evolução do processo de transição da geração elétrica em Roraima. Com a fragilidade do SIT-RR, a geração de eletricidade em Roraima tende a permanecer na trajetória dos combustíveis fósseis, com substituição do diesel por gás natural, ao passo que se espera soluções incertas como a construção do Linhão de Tucuruí, UHE Bem-Querer ou UHE de Cotingo.

Existem caminhos que podem fortalecer a inserção da biomassa, solar e hidrelétrica – especialmente Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) – em Roraima. Um deles diz respeito ao nível local, por meio do fortalecimento do Fórum de Energias Renováveis de Roraima (FERR) com atores de mercado, destacando-se a participação de empreendedores da fonte solar e biocombustível dentro do Fórum. Além disso, recomenda-se a multiplicação de parcerias estratégicas regionais, nacionais e internacionais.

Do ponto de vista da fonte solar fotovoltaica, isso já é uma realidade, visto que o FERR possui parceria com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR). Entretanto, a biomassa não possui tanto apoio, mesmo com a presença de grandes empresas nacionais, com destaque para a Brasil BioFuels.

Outro ponto que deve ser reforçado diz respeito a participação das instituições de ensino e pesquisa. O FERR deve estreitar laços com a Universidade Federal de Roraima (UFRR) a fim de engajar professores e alunos em torno dos desafios energéticos roraimenses. Mais do que isso, vale a pena interagir diretamente com departamentos científicos, como Engenharia Elétrica, Ciências Agrárias, Geologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (PRONAT), Ciências Econômicas e Relações Internacionais entre outros cursos para planejar uma estratégia em prol da geração de recursos humanos e técnico-científico para promoção das fontes renováveis.

Remover o entrave da escassez de recursos regulatórios e humanos sobre propriedade intelectual entre instituições de ensino e pesquisa e empresas também deve ser focalizado pelo FERR a fim de criar um ambiente favorável ao desenvolvimento das inovações localmente, mesmo que seja inicialmente limitada, pois a intenção é estimular os agentes de desenvolvimento do conhecimento. Isso pode ser através da formulação de agendas de pesquisa e projetos científicos orientados para prover entendimento sobre as tecnologias renováveis, operações e modelos de negócio, ou mesmo soluções duradouras como desenvolvimento de protótipos para atender um problema específico de uma empresa em Roraima.

Com o fortalecimento muscular do FERR, a evolução das relações com o governo estadual e municipal se torna factível, pois haverá insumos – entendimento técnico-científico, empreendedores e apoio social – para formular um portfólio de estratégias para superar as barreiras identificadas neste estudo junto ao legislativo e executivo. Nesse contexto, incentiva-se a diplomacia do FERR com outros estados amazônicos, pois ficou evidente na análise histórica do sistema elétrico roraimense que o problema sobre instabilidade do setor elétrico é um problema regional.

Uma rede regional a favor do sistema elétrico amazônico tem mais peso do que uma rede de organizações locais. O poder de negociação e persuasão aumenta significativa quando existe um consenso sobre o problema – ineficiência dos sistemas isolados na região Norte –, fazendo com que a comunicação seja precisa não apenas com os tomadores de decisão do Congresso Nacional e o Executivo, mas, também, com a ANEEL, ANP e EPE.

Diante disso, torna-se imprescindível a realização de ações orientadas para a superação das barreiras discutidas neste trabalho, assim como a elaboração de novos estudos com foco não apenas na correção e estruturação do sistema local de inovação, mas, também, no devido dimensionamento da relação custo-benefício das soluções preferenciais dos agentes públicos e privados envolvidos no potencial energético roraimense.

6 REFERÊNCIAS

- ANEEL. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL**. Disponível em: < <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9> > Acesso em: 13 de mar. 2022.
- ANEEL. **Indicadores coletivos de continuidade**. 2022. Disponível em: < <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/2SUJQC68/indicadores-coletivos-de-continuidade.html> > Acesso em: 14 de mar. 2022.
- ALDECOA, Francisco; KEATING, Michael. **Paradiplomacy in action: the foreign relations of subnational governments**. Routledge, 2013.
- ARTHUR, W. Brian et al. **Increasing returns and path dependence in the economy**. University of michigan Press, 1994.
- AMAZONIA LEGAL EM DADOS. **Indicadores de Roraima**. 2018. Disponível em: < <https://amazonialegalemdados.info/explore/explore.php?regiao=Amaz%C3%B4nia%20Legal> > Acesso em: 21 de fev. 2022.
- AMAZONIA LEGAL EM DADOS. **Vínculos técnicos-científicos em Roraima**. 2019. Disponível em: < <https://amazonialegalemdados.info/explore/explore.php?regiao=Amaz%C3%B4nia%20Legal> > Acesso em: 21 de fev. 2022.
- AGOSTINHO, J. **Usina Hidrelétrica do Rio Cotingo**. 2003. Disponível em: < http://site-antigo.ecoamazonia.org.br/Docs/usina_hidreletrica/hidreletrica_contigo.php > Acesso em: 22 de abr. 2022.
- ACNUR. **Venezuelan Situation: Responding to the Needs of People Displaced from Venezuela. Supplementary Appeal**, 2018. Disponível em: < reporting.unhcr.org/sites/default/files/unhcr%20venezuela%20situation%202018%20supplementary%20appeal.pdf >. Acesso em: 5 jun. 2021.
- AGUIAR, G. P. **Integração Regional pela via energética: estudo de caso da interligação elétrica Venezuela-Brasil**. Brasília: tese de Doutorado. (Programa de Pós-Graduação em Relações Internacionais – Universidade de Brasília (UnB). Brasília – DF, p. 281, 2011.
- ARNDT, C. et al. (EDS.). **The Political Economy of Clean Energy Transitions**. Oxford University Press, 2017.
- ANDREWS-SPEED, P. Applying institutional theory to the low-carbon energy transition. **Energy Research & Social Science**, Energy Transitions in Europe: Emerging Challenges, Innovative Approaches, and Possible Solutions. v. 13, p. 216–225, 1 mar. 2016.
- ARAGÓN, L. E. Desenvolvimento amazônico em questão. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 107, p. 5–16, 1 set. 2015.

AGÊNCIA BRASIL. **Roraima continua sendo abastecida por usinas termelétricas.** Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-03/roraima-continua-sendo-abastecida-por-usinas-termeletricas> Acesso em: 14 de nov. 2021.

BARBOSA, R. I. **Ocupação humana em Roraima: do histórico colonial ao início do assentamento dirigido.** Manaus: Repositório INPA, 1993. Disponível em: <<https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/20587/1/artigo-inpa.pdf> > Acesso em: 21 de abr. 2022

BRIDGE, G. et al. Geographies of energy transition: Space, place and the low-carbon economy. **Energy Policy**, v. 53, p. 331–340, 1 fev. 2013.

BEZERRA, C. M. **Inovações tecnológicas e a complexidade do sistema econômico.** Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Economia – Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho – UNESP). São Paulo – SP, 102 pag. 2009.

BROWN, M. A. Market failures and barriers as a basis for clean energy policies. **Energy Policy**, v. 29, n. 14, p. 1197–1207, nov. 2001.

BBC. **Nove limites mantêm equilíbrio da Terra:** veja 4 já ultrapassados. Disponível em <<https://www.bbc.com/portuguese/geral59214427#:~:text=Legenda%20da%20foto%2C,do%20planeta%20tornou%2Dse%20est%C3%A1vel.> > Acesso em 7 de fev. 2022.

BBF. **Roraima – Soluções Integradas Sustentáveis.** 2022. Disponível em: <<https://www.brasilbiofuels.com.br/?msclkid=983d620ab44911ec90385294ad441d54> > Acesso em: 4 de mar. 2022.

BDMG. **Créditos Verdes.** 2021. Disponível em: <<https://www.bdmg.mg.gov.br/> > Acesso em: 14 de out. 2021.

BRASIL. **Sobre o Protocolo de Montreal.** Disponível em: <<file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/Q25EV83F/sobre-o-protocolo-de-montreal.html> > Acesso em 2 de fev. 2022

BRASIL. **Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.** Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) (...). Diário Oficial da União. Disponível em: < <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/HJK9FAYH/L10438.html> >

BRASIL. **NDC do Brasil.** Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/clima/ndc-do-brasil.html>> Acesso em: 8 de ago. 2021.

BECKER, B. K. Novas territorialidades na Amazônia: desafio às políticas públicas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 5, p. 17–23, abr. 2010.

_____. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 71–86, abr. 2005.

BAKER, L.; NEWELL, P.; PHILLIPS, J. The Political Economy of Energy Transitions: The Case of South Africa. **New Political Economy**, v. 19, n. 6, p. 791–818, 2 nov. 2014.

CONCI, Luiz Guilherme Arcaro; DE CARVALHO CAMPOS, Heloise. Populismos atuais e Sul Global: uma amostra dos seus impactos em Brasil, Venezuela e México. In MARCONI, C.; CONCI, L. (ORG). **Crise Das Democracias Liberais: um olhar internacional a partir do Sul Global**. 1 ed. São Paulo: editora Tirant lo Blanch, 2021.

CARVALHO, Carlos Eduardo. Venezuela: petróleo abundante, desenvolvimento difícil. In **PADRÕES de Desenvolvimento Econômico (1950-2008): América Latina, Ásia e Rússia. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**, p. 351-406, 2013. Disponível em: < https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/PDE_V1_Web_08082014_17244.pdf/098f5af4-31be-4e46-a08d-a32c335facdc?version=1.2 > Acesso em 1 de abr. 2022.

C40 CITIES. **Partners**. 2021. Disponível em: <https://www.c40.org/?gclid=Cj0KCQjwpImTBhCmARIsAKr58cxkjYW3snpppfDW4ppxp0RdgmfkJbGBPnuFpOKrsNhl9tvBnWF0WgYaAo5pEALw_wcB> Acesso em: 12 de out. 2021

CNI. **Mercado de carbono: análise das experiências internacionais**. Brasília: Editora CNI, 2021, Disponível em: < <https://static.poder360.com.br/2021/10/CNI-Mercado-de-carbono-Analise-de-experiencias-internacionais-1.pdf> > Acesso em 21 de abr. 2022.

CGEE. **Estudos envolvendo proposta de ciência e tecnologia para Amazônia**. Brasília – DF: CGEE, p. 103, 2004. Disponível em: < https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Estudo+Envolv+Prop+CT+Amazônia_4621.pdf/9dc94dd2-d2a4-4ff4-a1e5-ab5c9839027a?version=1.0 > Acesso em: 21 de jan. 2022.

COUTO, E.L.V. Fontes renováveis não convencionais de energia elétrica: políticas de incentivo e aspectos regulatórios no Brasil e no Chile. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável – Universidade Federal do Espírito Santo), Vitória, ES, 2018.

COWELL, Richard et al. Energy transitions, sub-national government and regime flexibility: how has devolution in the United Kingdom affected renewable energy development? **Energy research & social science**, v. 23, p. 169-181, 2017.

CHIGANER, Luis et al. A reforma do setor elétrico brasileiro: aspectos institucionais. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000100007&script=sci_arttext>. Acesso em: 4 mar. 2022.

CERR. **Sobre a CERR**. Disponível em: < <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/JV87GPTK/empresa.html> > Acesso em 21 de jan. 2022.

CODESAIMA. **Legislação**. Disponível em: < <http://www.codesaima.rr.gov.br/index.php/portal/acesso-a-informacao/legislacao> > Acesso em: 22 de mar. 2022.

CECHIN, Andrei. A natureza como limite da economia: a contribuição de Georgescu-Roegen. **São Paulo: Senac**, 2010.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 1, p. 34–45, mar. 2005.

CHUNG, S. Building a national innovation system through regional innovation systems. **Technovation**, v. 22, n. 8, p. 485–491, 1 ago. 2002.

CAF. US\$ 33 million granted to EDELCA. Disponível em: < <https://www.caf.com/en/currently/news/1993/04/us-33-million-granted-to-edelca/> > Acesso em: 14 de mar. 2022.

COSTA, R. C. DA; PRATES, C. P. T. O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado. Brasília: repositório BNDES, 2005.

DEBRESSON, C. Breeding innovation clusters: A source of dynamic development. **World Development**, v. 17, n. 1, p. 1–16, 1 jan. 1989.

DE OLIVEIRA, J. S. Trilogia: Química, Sociedade e Consumo. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**, v. 32, p. 5, 2010.

DOMINGUES, P. C. M. **A interconexão elétrica dos Sistemas Isolados da Amazônia ao Sistema Interligado Nacional**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC). Florianópolis – SC, p. 149. 2003.

ESTADÃO. **Dona de Linhão na Amazônia cobra R\$ 1 bilhão e acusa ANEEL de “usurpar” decisão do governo**. 2022. Disponível em: < <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/G44G5FSM/geral,dona-linhao-amazonia-indenizacao-1-bilhao-acusa-aneel,70003998175.html> > Acesso 4 de mar. 2022.

EPE. **Webmap interativo do sistema energético brasileiro**. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/webmap-epe> Acesso em: 14 de nov. 2020

EPE. **Estudo de Inventário Hidrelétrico: Relatório Final**. Rio de Janeiro, EPE. 2011. Disponível em: < [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-248/topico-285/1 - AAI Branco - Relatório Completo\[1\].pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-248/topico-285/1 - AAI Branco - Relatório Completo[1].pdf) > Acesso em: 12 de fev. 2022.

EPE. **Webinar Perspectivas e Desafios para Transição Energética nos Sistemas Isolados**. 2021. Disponível em: < www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/46_EPE_Workshop_Gesel_Sistemas_Isolados.pdf > Acesso em: 12 de fev. 2022.

EPE. **Leilão para suprimento a Boa Vista e localidades conectadas**. 2019. Disponível em: < <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/C8LA2TIN/leilao-para-suprimento-a-boja-vista-e-localidades-conectadas.html> > Acesso em 17 de mar. 2021

EPE. **Resultado do Leilão para suprimento a Boa Vista e localidades conectadas**. 2019. Disponível em: < <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados->

abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-344/Resultado%20Leil%C3%A3o%20Roraima.pdf#search=Roraima Acesso em: 15 de ago. 2021.

EPE. **Roraima – Planejamento Energético**. Disponível em: <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/UQLNT23M/roraima-planejamento-energetico.html > Acesso em: 21 de ago. 2021.

EPE. **Plano Nacional de Energia 2050**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf> Acesso em: 14 de abr. 2022.

ELEFTherIADIS, I. M.; ANAGNOSTOPOULOU, E. G. Identifying barriers in the diffusion of renewable energy sources. **Energy Policy**, v. 80, p. 153–164, 1 maio 2015.

ELLIOTT, D. Renewable energy and sustainable futures. **Futures**, v. 32, n. 3, p. 261–274, 1 abr. 2000.

ENEVA. **Série Azulão – Jaguatirica**. Disponível em: < https://eneva.com.br/serie-azulao-jaguatirica/ > Acesso em: 12 de mar. 2022.

ESTADO DE RORAIMA. **Lei Nº 1.109 de 4 de outubro de 2016**. Institui a Política Estadual de Incentivo à Geração e Aproveitamento da Energia Solar, Eólica e Biomassa e, dá outras providências. Disponível em: < https://al.rr.leg.br/wp-content/uploads/2019/02/Lei-Ordinaria-No.-1109.pdf > Acesso em: 21 de mar. 2022.

ESTADO DE RORAIMA. **Lei nº 1.458/2021**. Dispõe sobre a criação de incentivo tributário a estabelecimentos industriais localizados no Estado de Roraima. Disponível em: < https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=411840 > Acesso em 22 de mar. 2022.

EMHUR. **Missão, Visão, Valores**. Disponível em: < https://boavista.rr.gov.br/prefeitura/secretarias-e-orgaos-municipais/empresa-de-desenvolvimento-urbano-e-habitacional/emhur?msclkid=a3c4e879b44e11ecb16b1f066c0a5302 > Acesso em: 22 de mar. 2022.

FOLHA DE BV. Cerr é extinta e funcionários serão absorvidos por estatais. 2022. Disponível em: <https://folhabv.com.br/noticia/POLITICA/Roraima/CERR-e-extinta-e-funcionarios-serao-absorvidos-por-estatais/85460> Acesso em: 19 de abr. 2022.

FOLHA DE BV. Arrecadação de ICMS no Estado cresce 150%. 2019. Disponível em: < https://folhabv.com.br/noticia/POLITICA/Roraima/Arrecadacao-de-ICMS-no-Estado-cresce-150-/53449 > Acesso em: 19 de abr. 2022.

FERNANDES, A. S. A. **Path dependency e os Estudos Históricos Comparados**. Anais da Associação Nacional de História – ANPUH XXIV SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA - 2007.

FRATE, C. A.; BRANNSTROM, C. Stakeholder subjectivities regarding barriers and drivers to the introduction of utility-scale solar photovoltaic power in Brazil. **Energy Policy**, v. 111, p. 346–352, 1 dez. 2017.

FINEP. **Manual de Oslo**. 2006. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/a-finep/biblioteca/manual_de_oslo.pdf> Acesso em: 12 de fev. 2022.

FMI. **Venezuela**. Disponível em: <<https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPDPC@WEO/VEN?year=2022>> Acesso em: 14 de mar. 2022.

FERR. **UHE Bem-Querer**. Disponível em: <https://energiasroraima.com.br/uhe-bem-querer-caracteristicas-do-projeto-estudos-e-planejamento/> Acesso 14 de nov. 2021.

FERR. **Deputado Edio Lopes é favorável a construção da UHE Bem Querer**. 2020. Disponível em: < <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/FEXA7CDC/deputado-edio-lopes-e-favoravel-a-construcao-da-hidreletrica-do-bem-querer.html> > Acesso em: 2 de mar. 2022.

FERR. **Procurador da Justiça vê com preocupação a construção da Hidrelétrica do Bem-Querer**. 2020. Disponível em: < <https://energiasroraima.com.br/promotor-de-justica-ve-com-preocupacao-a-construcao-da-hidreletrica-do-bem-querer/> > Acesso em: 12 de mar. 2022.

FERR. **Parlamentares da bancada federal de Roraima se posicionam em relação da UHE Bem Querer**. 2020. Disponível em: < <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/ZMFB889D/parlamentares-da-bancada-federal-de-roraima-se-posicionam-em-relacao-a-uhe-do-bem-querer.html> > Acesso em: 12 de mar. 2022.

FALLER, F. A practice approach to study the spatial dimensions of the energy transition. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 19, p. 85–95, 1 jun. 2016.

FURTADO, A. T.; HEKKERT, M. P.; NEGRO, S. O. Of actors, functions, and fuels: Exploring a second generation ethanol transition from a technological innovation systems perspective in Brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 70, p. 101706, 1 dez. 2020.

FREEMAN, C. Continental, national and sub-national innovation systems—complementarity and economic growth. **Research Policy, Innovation Systems**. v. 31, n. 2, p. 191–211, 1 fev. 2002.

FRANKLIN, C.B. **Segurança e Defesa na Amazônia e as Relações entre o Brasil e a Venezuela (1985-2006)**. 2012. Tese de Doutorado (Doutorado em Relações Internacionais e Desenvolvimento Regional), UnB/UFRR/FLACSO, 2012. 229p.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I. **Benefícios Políticos como Barreira à Avaliação dos Custos Ambientais no Planejamento do Desenvolvimento da Amazônia Brasileira: o exemplo da hidrelétrica de Jatapu em Roraima**. In FEARNSIDE, P. M. (Org.). *Hidrelétricas na Amazônia: Impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras*. Manaus: editora INPA, vol. 2, p. 298, 2015.

FIER. **Perfil socioeconômico da indústria de Roraima**. 2020. Disponível em: < https://www.fier.org.br/_files/ugd/45c9d9_45144fa7ba5f4c7180fc590f7b159fdf.pdf > Acesso em: 21 de mar. 2022.

GALDINO, L. K. A. et al. A questão indígena em Roraima: análise socioambiental na comunidade indígena Boca da Mata na Terra Indígena São Marcos. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 6, n. 1, p. 81–89, 2014.

G1. **31 presos são mortos em penitenciária de Roraima, diz governo**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rr/roraima/noticia/2017/01/mais-de-30-presos-sao-mortos-na-penitenciaria-de-roraima-diz-sejuc.html>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

G1. **Terras Indígenas podem receber até 40 hidrelétricas, estima Ministério de Minas e Energia**. 2020. Disponível em: < <https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/02/29/terras-indigenas-podem-receber-ate-40-hidreletricas-estima-ministerio-de-minas-e-energia.ghtml> > Acesso em: 19 de abr. 2022.

GWEC. **Global Wind Report 2021**. Disponível em: < <https://gwec.net/global-wind-report-2021/> > Acesso em: 12 de jan. 2022.

GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, NELSON + WINTER + 20. v. 31, n. 8, p. 1257–1274, 1 dez. 2002.

GORJIAN, S. et al. Solar photovoltaic power generation in Iran: Development, policies, and barriers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 106, p. 110–123, 1 maio 2019.

GOLDEMBERG, J. The promise of clean energy. **Energy Policy**, v. 34, n. 15, p. 2185–2190, 1 out. 2006.

GOLDENBERG, J.; PRADO, L. T. S. Reforma e crise do setor elétrico no período FHC. **Tempo Social**, v. 15, p. 219–235, nov. 2003.

GEORGESCU-ROEGEN, N. The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect. **Eastern Economic Journal**, v. 12, n. 1, p. 3–25, 1986.

GOMEL, D.; ROGGE, K. S. Mere deployment of renewables or industry formation, too? Exploring the role of advocacy communities for the Argentinean energy policy mix. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 36, p. 345–371, 1 set. 2020.

GOVERNO DA VENEZUELA. Empresas propiedad del estado (CORPOELEC). Disponível em: < <https://transparencia.org.ve/wp-content/uploads/2017/09/Informe-dise%C3%B1ado-CORPOELEC.pdf> > Acesso em: 22 de mar. 2022.

HAFNER, M.; TAGLIAPIETRA, S. (EDS.). **The geopolitics of the global energy transition**. Cham: Springer Open, 2020.

HODGSON, G. M. What Are Institutions? **Journal of Economic Issues**, v. 40, n. 1, p. 1–25, mar. 2006.

HEWITT, R. J. et al. Innovation, pathways and barriers in Spain and beyond: An integrative research approach to the clean energy transition in Europe. **Energy Research & Social Science**, v. 34, p. 260–271, 1 dez. 2017.

HEKKERT, M. P. et al. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 4, p. 413–432, 1 maio 2007.

HOBBSAWM, E. J. **Era dos Extremos**. 1a Edição. São Paulo: Companhia das Letras, 1994.

IPCC. **Special Report on climate change and land. Summary for policymakers**. 2020. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/>> Acesso em: 4 de jan. 2021.

IPCC. **Climate Change 2014. Synthesis Report. Summary for Policymakers**. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>> Acesso 2 de fev. 2022.

IPCC. **AR4 Climate Change 2007: Synthesis Report**. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>> Acesso em: 2 de fev. 2022

IBGE. **Roraima**. 2020. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rr/>> Acesso em: 14 nov. 2021.

ISA. **Terra Indígena**. Disponível em: <<https://terrasindigenas.org.br/noticia/78073>> Acesso em 14 de nov. 2021.

ISA. **A questão indígena em Roraima**. 2004. Disponível em: <<https://acervo.socioambiental.org/acervo/noticias/questao-indigena-em-roraima>> Acesso em: 20 de abr. 2022

IEMA. **Gases de Efeito Estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019**. 2020. Disponível em: <http://energiaambiente.org.br/produto/analise-das-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-2020> Acesso em: 20 de dez. 2020.

_____. **Excluídos elétricos na Amazônia: um novo caminho a percorrer**. 2021. Disponível em: <https://energiaambiente.org.br/produto/exclusao-eletrica-na-amazonia-legal-quem-ainda-esta-sem-acesso-a-energia-eletrica> Acesso em: 22 de jun. 2021.

IRENA. **Global Renewables Outlook 2020**. Disponível em: < <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020> > Acesso em: 21 de jan. 2022.

IRENA. **Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2021**. Disponível em: < https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_823807.pdf > Acesso em: 21 de jan. 2022.

IRENA. **Data and Statistics**. Disponível em: < <https://www.irena.org/Statistics> > Acesso em: 21 de jan. 2022.

IEA. **Data and Statistics**. Disponível em: < <https://www.iea.org/data-and-statistics> > Acesso em: 21 de jan. 2022.

JAKOB, M. et al. Actors, objectives, context: A framework of the political economy of energy and climate policy applied to India, Indonesia, and Vietnam. **Energy Research & Social Science**, v. 70, p. 101775, 1 dez. 2020.

JURASZ, J. et al. A review on the complementarity of renewable energy sources: Concept, metrics, application and future research directions. **Solar Energy**, v. 195, p. 703–724, 1 jan. 2020.

JACOBSSON, S.; JOHNSON, A. The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. **Energy Policy**, v. 28, n. 9, p. 625–640, 31 jul. 2000.

KIM, C. A review of the deployment programs, impact, and barriers of renewable energy policies in Korea. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 144, p. 110870, 1 jul. 2021.

KEMP, R.; SOETE, L. The greening of technological progress: An evolutionary perspective. **Futures**, v. 24, n. 5, p. 437–457, 1 jun. 1992.

KEMP, René; SCHOT, Johan; HOOGMA, Remco. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. **Technology analysis & strategic management**, v. 10, n. 2, p. 175–198, 1998.

LIMA, J. A. G. A natureza contraditória da territorialização da produção de energia eólica no Nordeste do Brasil. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro UFF). Niterói, 2020.

LIMA, G. F. DA C. A institucionalização das políticas e da gestão ambiental no Brasil: avanços, obstáculos e contradições. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 23, n. 0, 15 jun. 2011.

LUNDVALL, Bengt-Åke. **The learning economy and the economics of hope**. Anthem Press, 2016.

LINDBERG M.B.; MARKARD, J. ANDERSEN, A. D. Policies, actors and sustainability transition pathways: A study of the EU's energy policy mix, Research Policy vol. 48, 103668, 2019.

LYASNIKOV, N. et al. **The National Innovation System: The Conditions of its Making and Factors in its Development**. Rochester, NY: Social Science Research Network, 2014. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=2574641>>. Acesso em: 31 jan. 2022.

LYAKURWA, F. S.; MKUNA, E. Political-institutional barriers to energy access and efficiency in Tanzania: a case study of Mvomero District. **Afrika Focus**, v. 31, n. 1, p. 173–186, 26 fev. 2018.

LAGO, A. A. C. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: o Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas**. 1 ed, Brasília: Editora FUNAG, 2006.

MEADOWS, Donella H.; MEADOWS, Dennis. The history and conclusions of The Limits to Growth. **System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society**, v. 23, n. 2-3, p. 191-197, 2007.

MME. **Leilão para suprimento à Roraima**. 2018. Disponível em: < <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/leilao-para-suprimento-a-roraima> > Acesso em 17 de mar. 2021.

MME. **MME recebe bancada de Roraima**. 2016. Disponível em: < <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/2WG9NVI7/ministerio-de-minas-e-energia-recebe-bancada-de-roraima.html> > Acesso em: 25 de jun. 2021.

MME. Ministério recorre à AGU para garantir energia para Roraima. 2015. Disponível em: < <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/ministerio-recorre-a-agu-para-garantir-energia-para-roraima> > Acesso em: 25 de jun. 2021.

MME. No Amazonas, Ministro defende desenvolvimento econômico sustentável e duradouro da região com uso de gás natural. 2019. Disponível em: < <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/no-amazonas-ministro-defende-o-desenvolvimento-economico-sustentavel-e-duradouro-da-regiao-com-o-uso-do-gas-natur-1> > Acesso em: 25 de jun. 2021.

MME. Ministro Moreira Franco considera estratégica a construção da linha de transmissão Manaus-Boa Vista. 2018. Disponível em: < <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/MTESVZGI/ministro-moreira-franco-considera-estrategica-a-construcao-da-linha-de-transmissao-manaus-boa-v.html> > Acesso em: 25 de jun. 2021.

MME. Nota de esclarecimento – CERR. 2016. Disponível em: < <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/9932KC6K/nota-de-esclarecimen-5.html> > Acesso em 25 de jun. 2021.

MUNGAI, E. M.; NDIRITU, S. W.; DA SILVA, I. Unlocking climate finance potential and policy barriers—A case of renewable energy and energy efficiency in Sub-Saharan Africa. **Resources, Environment and Sustainability**, v. 7, p. 100043, 1 mar. 2022.

MUSIOLIK, J.; MARKARD, J. Creating and shaping innovation systems: Formal networks in the innovation system for stationary fuel cells in Germany. **Energy Policy**, v. 39, n. 4, p. 1909–1922, 1 abr. 2011.

MONTANA, M. **Bacia Amazônica e Hidropolítica**: Interdependência Hidrológica, Incipiente Regime Regional e Baixo Conflito. Tese (Doutorado em Relações Internacionais) - Universidade de Brasília/UFRR/FLACSO, Brasília, 2012.

MATIAS-PEREIRA, J.; KRUGLIANSKAS, I. Gestão de inovação: a lei de inovação tecnológica como ferramenta de apoio às políticas industrial e tecnológica do Brasil. **RAE eletrônica**, v. 4, n. 2, dez. 2005.

MERCEDES, S. S. P.; RICO, J. A. P.; POZZO, L. DE Y. Uma revisão histórica do planejamento do setor elétrico brasileiro. **Revista USP**, n. 104, p. 13–36, 5 mar. 2015.

MERCEDES, S. S. P. **Marcos Constitutivos do Setor Elétrico Brasileiro**, in Gildo Magalhães (org.). *História e Energia: Memória, Informação e Sociedade*. 1 ed. São Paulo, Alameda Casa Editorial, 2012, v. 1, pp. 105-24.

NORTH, D.C. **Institutions, institutional change and economic performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

NOBRE, C. A.; NOBRE, I. **The need of a novel sustainable development paradigma for the Amazon**. Brasília – DF: editora IPEA, 2020.

NRDC. **Renewable Energy: the clean facts**, 2018. Disponível em: < <https://www.nrdc.org/stories/renewable-energy-clean-facts> > Acesso em: 21 de fev. 2022.

ORYANI, B. et al. Barriers to renewable energy technologies penetration: Perspective in Iran. **Renewable Energy**, v. 174, p. 971–983, 1 ago. 2021.

OLMOS, Luis; RUESTER, Sophia; LIONG, Siok-Jen. On the selection of financing instruments to push the development of new technologies: Application to clean energy technologies. **Energy Policy**, v. 43, p. 252-266, 2012.

OLIVEIRA, R. G.; MAGALHÃES, M. D. G. D. Questão do Pirara: Roraima. **Textos e Debates**, v. 1, n. 14, 30 jul. 2012.

DE OLIVEIRA, Atelmo Ferreira. Setor Elétrico, Perspectivas e Desafios para a Contabilidade de Custos. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**. 2000.

PAGEL, U.R.; CAMPOS, A.F. Possibilidades de utilização de resíduos sólidos agropecuários brasileiros na produção de energia elétrica: uma análise econômica. In: **Anais do 56º Congresso SOBER**, 2018. Disponível em: < <http://icongresso.itarget.com.br/tra/arquivos/ser.8/1/9040.pdf> >

PDVSA. Produção de petróleo e Gás. 2018. Disponível em: <https://pdvdobrasil.com.br/cgi-sys/suspendedpage.cgi> Acesso em: 3 de mar. 2022.

PEREIRA, A. P. S. **Paradoxo desnecessário: a crise energética no estado de Roraima e a questão indígena**. 2019. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2019-mai-27/mp-debate-crise-energetica-estado-roraima-questao-indigena#_ftn6> Acesso em: 20 de abr. 2022.

PNUD. **Atlas do Desenvolvimento Humano**. 2016. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/> Acesso em: 22 de dez. 2020.

PNUMA. **PNUMA aos 50 anos**. Disponível em: < <https://www.unep.org/pt-br/pnuma-aos-50> > Acesso em: 2 de fev. 2022.

PMBV. Prefeitura entrega usina solar capaz de economizar R\$ 5 milhões por ano. 2020. Disponível em: < <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/X5ACWJEL/prefeitura-entrega-usina-solar-capaz-de-economizar-r-5-mi-por-ano.html> > Acesso em: 12 de mar. 2022.

PEREIRA, S. A. Consolidação do Núcleo de Inovação Tecnológica: Estudo de caso da Universidade Federal de Roraima. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação – Universidade Federal de Roraima – UFRR). Boa Vista – RR, p. 70, 2019.

PRASERTSAN, S.; SAJJAKULNUKIT, B. Biomass and biogas energy in Thailand: Potential, opportunity, and barriers. **Renewable Energy**, SOUTH/SOUTH. v. 31, n. 5, p. 599–610, 1 abr. 2006.

PAINULY, J. P. Barriers to renewable energy penetration; a framework for analysis. **Renewable Energy**, v. 24, n. 1, p. 73–89, 1 set. 2001.

PAULA, J.J. Barreiras e potencialidades à difusão de geração fotovoltaica, conectada à rede de distribuição, no estado de Tocantins. 2016. Dissertação de mestrado (Engenharia de Produção e Sistemas – UNISINOS), São Leopoldo, RS, 2016.

PRASERTSAN, S.; SAJJAKULNUKIT, B. Biomass and biogas energy in Thailand: Potential, opportunity and barriers. **Renewable Energy**, SOUTH/SOUTH. v. 31, n. 5, p. 599–610, 1 abr. 2006.

PERRY, J. S. The Charney Report - Creation and Consequences. v. 2009, p. GC22A-07, 1 dez. 2009.

QUINTAS, José Silva. Introdução à gestão ambiental pública. Brasília: IBAMA, 2006.

RORAIMA ENERGIA. **Relatório de Administração**. 2020. Disponível em: < <https://www.roraimaenergia.com.br/wp-content/uploads/2021/12/Relat%C3%B3rio-de-Administra%C3%A7%C3%A3o-RRE-2020assinado.pdf> > Acesso em: 22 de fev. 2022.

ROBERTS, Cameron; GEELS, Frank W. Conditions for politically accelerated transitions: Historical institutionalism, the multi-level perspective, and two historical case studies in transport and agriculture. **Technological forecasting and social change**, v. 140, p. 221-240, 2019.

REIS, E. F. G. Estocolmo, Rio, Joanesburgo: o Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas. Brasília: Editora FUNAG, p. 276, 2006.

REN21. Renewables 2021 Global Status Report. 2021. Disponível em: < <file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/F8FYCSQT/global-status-report.html> > Acesso em 12 de mar. 2022.

REDDY, S.; PAINULY, J. P. Diffusion of renewable energy technologies—barriers and stakeholders' perspectives. **Renewable Energy**, v. 29, n. 9, p. 1431–1447, 1 jul. 2004.

ROGGE, Karoline S.; REICHARDT, Kristin. Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis. **Research Policy**, v. 45, n. 8, p. 1620-1635, 2016.

SUSTAINABLE CARBON. **Entenda o Mercado de Carbono Voluntário e Regulado.** 2022. Disponível em: <<file:///C:/Users/USUARIO/Zotero/storage/SG8LKYU3/mercado-voluntario-x-regula-a-diferenca-de-precos.html>> Acesso em: 21 de abr. 2022.

STATISTA. **Historic average carbon dioxide (CO2) levels in the atmosphere worldwide from 1959 to 2021.** 2020. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/1091926/atmospheric-concentration-of-co2-historic/>> Acesso em: 22 de fev. 2022.

SILVA, Marcelle Ivie da Costa. **Raposa Serra do Sol: agentes políticos, conflitos e interesses.** 2012. Tese. (Doutorado em Ciência Política) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

SILVA, A.; NETO, M.; GERARDO, J. **Dívidas estaduais federalismo fiscal e desigualdades regionais no Brasil:** Percalços no limiar do século XXI. In NETO, M. (ORG.). Governos estaduais no federalismo brasileiro: capacidades e limitações governativas em debate. Brasília – DF: Editora IPEA, p. 336, p. 2014.

SHIMBAR, A.; EBRAHIMI, S. B. Political risk and valuation of renewable energy investments in developing countries. **Renewable Energy**, v. 145, p. 1325–1333, 1 jan. 2020.

SILVA, G. **Contexto da regionalização no Estado de Roraima.** Boa Vista – RR: editora SEPLAN, p. 42, 2021. Disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/1Qvb5Ggv0aK6cmLqCV7KrJyTJqdrRpzj_> Acesso em: 21 de mar. 2022.

SEPLAN. **PIB de Roraima.** 2019. Disponível em: <<https://docs.google.com/spreadsheets/d/11YgOH2IJly5HlvQAY8FTmS8gd1BUKsWO/edit#gid=451329376>> Acesso em 14 de mar. 2022.

SEPLAN. **Estudos econômicos e sociais.** 2021. Disponível em: <<https://sites.google.com/view/cs-seplan-rr/estudos-econ%C3%B4micos-e-sociais>> Acesso em: 21 de fev. 2022.

SENHORAS, Elói Martins; MOREIRA, Fabiano de Araújo; VITTE, Claudete de Castro Silva. A geografia da paradiplomacia subnacional na América do Sul. **Scripta Nova**, v. 12, 2008.

SHEN, W.; XIE, L. The Political Economy for Low-carbon Energy Transition in China: Towards a New Policy Paradigm? **New Political Economy**, v. 23, n. 4, p. 407–421, 4 jul. 2018.

SMIL, V. **Energy in world history.** Colorado: Westview Press, 1994.

SCOTT., R. **Institutions and Organizations.** Londres: Sage Publication inc, 1995.

SEBRAE. **Plano Consolidado de Intervenção no Ecossistema de Inovação Boa Vista.** 2021. Disponível em: <<https://energiasroraima.com.br/sebrae-roraima-plano-consolidado-de-intervencao-no-ecossistema-de-inovacao-boavista/?msclkid=2171595eb44a11ec99a084ba913c7165>> Acesso em: 12 de mar. 2022.

SUURS, R.; HEKKERT, M. Motors of Sustainable Innovation: Understanding Transitions from a technological innovation system's perspective. In VERBONG, G.; LOORBACH, D (Org.) *Governing the Energy Transition: Reality, Illusion or Necessity?* Edited by Routledge, New York and London, 2012.

SERRA, M.; FERNANDEZ, R. Perspectivas de desenvolvimento da Amazônia: motivos para o otimismo e para o pessimismo. **Revista Economia e Sociedade**, v. 23, p. 25–25, 1 jan. 2004.

STEFFEN, W. et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, 13 fev. 2015a.

STEFFEN, W. et al. The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. **The Anthropocene Review**, v. 2, n. 1, p. 81–98, 1 abr. 2015b.

SETZER, J. **Environmental paradiplomacy: the engagement of the Brazilian state of São Paulo in international environmental relations**. Tese de Doutorado. (Doutorado em Ciência Política e Relações Internacionais – London School of Economics and Political Science) Londres, 2013.

SIL, Rudra; KATZENSTEIN, Peter J. Analytic eclecticism in the study of world politics: Reconfiguring problems and mechanisms across research traditions. **Perspectives on Politics**, v. 8, n. 2, p. 411-431, 2010.

SOUZA, C. **Coordenação de Políticas Públicas**. Brasília – DF: Editora ENAP, p. 73, 2018.

SEETHARAMAN et al. Breaking barriers in deployment of renewable energy. **Heliyon**, v. 5, n. 1, p. e01166, 1 jan. 2019.

SILVA, A. A. S.; HONORATO, R. Green New Deal: entre a transição radical e a moderada. São Paulo – SP: editora NEAI, p. 121, 2021. Disponível em: < https://neai-unesp.org/wp-content/uploads/2021/06/Estudos-e-Analises-de-Conjuntura-v.17.jun_.2021.Governo-Biden.pdf > Acesso em: 12 de fev. 2022.

SOUZA, C. R. **Setor Energético na Amazônia: oportunidade e desafio**. 2011. Disponível em: https://www.cdeam.ufam.edu.br/images/Publicacoes_e_artigos/2011/2011_Cap_livro_1_CDEAM.pdf Acesso em: 14 de nov. 2020.

TERRA. **'Linhão de Tucuruí': Ministério Público junto ao TCU pede anulação de licença do Ibama**. 2021. Disponível em: < <https://www.terra.com.br/economia/linhao-de-tucurui-ministerio-publico-junto-ao-tcu-pede-anulacao-de-licenca-do-ibama,bbc109aa98ab6b32fb44d688d1ecf74esvf3etzi.html> > Acesso em: 19 de abr. 2022.

TANSEY, R. et al. **Big Oil and gas buying influence in Brussels With money and meetings, subsidies and sponsorships, the oil and gas lobby is fuelling the climate disaster**. France: IAEA, 2019.

TWIDELL, John; WEIR, T. Renewable energy resources. 2ed. Abington: Editora Taylor & Francis, p. 525, 2006.

TASS. **Venezuelan Parliament declares state of emergency over power outage**. Disponível em: <https://tass.com/world/1048222?utm_source=bing.com&utm_medium=organic&utm_campaign=bing.com&utm_referrer=bing.com> Acesso em: 22 de jan. 2022

UDERMAN, S.; CAVALCANTE, L. R. O papel do BNDES no financiamento do setor de energia elétrica no Brasil. v. 16, n. 33, p. 24, 2011.

VERBRUGGEN, A. et al. Renewable energy costs, potentials, barriers: Conceptual issues. **Energy Policy**, v. 38, n. 2, p. 850–861, 1 fev. 2010.

VILLA, D. R. Venezuela: mudanças políticas na era Chávez. In: **Estudos Avançados**, nº. 19, vol. 55, 153-172, 2005.

VERBONG, G.; LOORBACH, D. **Governing the Energy Transition: Reality, Illusion or Necessity?** Abington: Editora Routledge, 2012.

VIOLA, E.; BASSO, L. O sistema internacional no antropoceno. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 31, 29 ago. 2016.

VIOLA, E. J. **O movimento Ecológico no Brasil (1974 – 1986): do ambientalismo à ecopolítica**. p. 21, 1987. Disponível em: <http://anpocs.com/images/stories/RBCS/03/rbcs03_01.pdf>

WERNER, D. **Estado, Capitais Privados e Planejamento no Setor Elétrico Brasileiro após as Reformas Setoriais das Décadas de 1990 e 2000**. (IPEA, Brasília) n. 52, p. 42, 2019.

WEISBROT, M.; SACHS, J. **Sanções Econômicas como Punição Coletiva: O Caso da Venezuela**. p. 27, 2019. Repositório CPR. Disponível em: <<https://www.cepr.net/images/stories/reports/venezuela-sanctions-2019-05-portuguese.pdf>> Acesso em: 21 de mar. 2022.

WALZ, R.; SCHLEICH, J.; RAGWITZ, M. **How regulation influences innovation: na indicator based approach for the case of renewable energy technologies**. 2008. Disponível em: <<https://smartech.gatech.edu/handle/1853/39796>> Acesso 12 de abr. 2022.

WRI BRASIL. **Os países que mais emitiram gases de efeito estufa nos últimos 165 anos**. 2019. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/04/ranking-paises-que-mais-emitem-carbono-gases-de-efeito-estufa-aquecimento-global?msclkid=18e923edb52711ecb39a8e0606c3769a>> Acesso em: 22 de fev. 2022.

ZHANG, S. et al. Interactions between renewable energy policy and renewable energy industrial policy: A critical analysis of China's policy approach to renewable energies. **Energy Policy**, v. 62, p. 342–353, 1 nov. 2013.