

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO
MESTRADO EM DIREITO

MÁRIO RODRIGO CORRÊA

**ANÁLISE DAS RESOLUÇÕES DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO À GERAÇÃO
DE ENERGIA LIMPA FOMENTADA PELO CRÉDITO DE CARBONO**

Caxias do Sul

2024

MÁRIO RODRIGO CORRÊA

**ANÁLISE DAS RESOLUÇÕES DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO À GERAÇÃO
DE ENERGIA LIMPA FOMENTADA PELO CRÉDITO DE CARBONO**

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Direito – Mestrado da Universidade de Caxias do Sul, como requisito obrigatório para obtenção do título de Mestre em Direito, Área de Concentração: Direito Ambiental, Políticas Públicas e Desenvolvimento Socioeconômico.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Carolina Rosa Gullo

Caxias do Sul

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

C824a Corrêa, Mário Rodrigo

Análise das resoluções do setor elétrico brasileiro à geração de energia
limpa fomentada pelo crédito de carbono [recurso eletrônico] / Mário
Rodrigo Corrêa. – 2024.

Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de
Pós-Graduação em Direito, 2024.

Orientação: Maria Carolina Rosa Gullo.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Direito ambiental - Brasil. 2. Meio ambiente - Legislação. 3. Gases do
efeito estufa. 4. Investimento em energia limpa - Resoluções. 5. Créditos de
carbono. I. Gullo, Maria Carolina Rosa, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 349.6(81)

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460

MÁRIO RODRIGO CORRÊA

**ANÁLISE DAS RESOLUÇÕES DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO À GERAÇÃO
DE ENERGIA LIMPA FOMENTADA PELO CRÉDITO DE CARBONO**

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Direito – Mestrado da Universidade de Caxias do Sul, como requisito obrigatório para obtenção do título de Mestre em Direito, Área de Concentração: Direito Ambiental, Políticas Públicas e Desenvolvimento Socioeconômico.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Carolina Rosa Gullo

Aprovado em 05/04/2024

Banca Examinadora

Profa. Dra. Maria Carolina Rosa Gullo
Universidade de Caxias do Sul, Orientadora

Profa. Dra. Ana Maria Paim Camardelo
Universidade de Caxias do Sul

Profa. Dra. Cleide Calgaro
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Aírton Guilherme Berger Filho
Universidade Federal do Pampa

A Deus criador de todas as coisas, a minha esposa Angélica, e aos nossos filhos Sabrina, Josué e Mariana.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa Angélica pelo apoio incondicional, sem ela nada teria sido possível.

Agradeço a minha orientadora, Profa. Dra. Maria Carolina Rosa Gullo, com quem tive a grata satisfação de aprender continuamente, pelos ensinamentos, paciência e amizade.

Agradeço aos membros da banca examinadora pela compreensão, pelas contribuições postas ao aperfeiçoamento do trabalho

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Direito da UCS que, direta ou indiretamente, contribuíram na elaboração desta dissertação.

Agradeço a Francielly Pattis, secretária do Programa, que com gentileza e bom humor me auxiliou durante todo o período proposto pelo programa.

Gratidão aos colegas pela convivência e troca de experiências.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Início da geração de energia elétrica no Brasil	14
Figura 2 – Segunda hidrelétrica do Brasil	15
Figura 3 – Inauguração da Usina de Parnaíba	15
Figura 4 – Criação da Companhia Brasileira de Energia Elétrica	17
Figura 5 – Entrada em operações da Usina Itapararanga	18
Figura 6 – Primeira fábrica de lâmpadas.....	18
Figura 7 – Entrada em operação da Usina de Cubatão	19
Figura 8 – Lei Código das Águas	20
Figura 9 – Matriz energética mundial de 2020.....	37
Figura 10 – Matriz energética brasileira em 2022	38
Figura 11 – Gráfico formulado pela EPE do comparativo do consumo de energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo para o ano de 2020.....	38
Figura 12 – Infográfico representando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)42	
Figura 13 – Conversor catalítico.....	43

LISTA DE SIGLAS

AGERGS	Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul
AMFORP	<i>American & Foreign Power Company</i>
ANEEL	Agência Nacional do Setor Elétrico
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CBEE	Companhia Brasileira de Energia Elétrica
CEEE	Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica
CEERG	Companhia Rio-Grandense
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais S.A.
COP	Conferência das Partes
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e energia Elétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GE	<i>General Electric</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
IPCC	Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MME	Ministério de Minas e Energia
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
PNE	Plano Nacional da Eletrificação
PNMC	Programa Nacional de Mudanças Climáticas
PPP	Princípio do Poluidor-Pagador
PROINFA	Programa de Desenvolvimento de Fontes Renováveis de Energia
PUP	Princípio do Usuário-Pagador
TCFD	<i>Task Force on Climate-related Financial Disclosures</i>
UHE	Usina Hidrelétrica
UNFCCC	Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

RESUMO

Esta pesquisa aborda o papel fundamental da matriz energética atrelada à geração de créditos de carbono, explorando sua relevância diante dos desafios contemporâneos no setor de energia. Em um planeta que está agonizando devido ao efeito estufa/superaquecimento, a iniciativa privada e os poderes públicos primam por alternativas que incentivem o resgate pelo apreço ao meio ambiente. Nesse contexto, a minimização de emissão de gases por meio da obtenção de créditos de carbono carece de legislação e maior conscientização dos produtores de energia elétrica. O objetivo geral do trabalho é analisar as resoluções do setor elétrico nacional, em especial, se é possível identificar em seu bojo dispositivos que possibilitem subsidiar a geração de energia elétrica limpa com créditos de carbono. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica embasada em ampla bibliografia nacional e internacional. Conclui-se que as usinas termelétricas desempenham um papel crucial na matriz energética global, respondendo às demandas crescentes por eletricidade em um cenário de constante evolução tecnológica e preocupações ambientais. Esta pesquisa explora, de maneira abrangente, a contribuição dessas usinas para a diversificação da matriz energética, enfocando sua eficiência operacional, impactos ambientais e os desafios associados.

Palavras-chave: diversificação de fontes; emissões de gases de efeito estufa; energia limpa e créditos de carbono.

ABSTRACT

This research addresses the fundamental role of the energy matrix linked to the generation of carbon credits, exploring its relevance in the face of contemporary challenges in the energy sector. In a planet that is in agony due to the greenhouse effect/overheating, the private sector and public authorities are looking for alternatives that encourage an appreciation of the environment. In this context, minimizing gas emissions by obtaining carbon credits needs legislation and greater awareness among electricity producers. The general objective of this study is to analyze the national electricity sector's resolutions, in particular whether it is possible to identify in them provisions that make it possible to subsidize the generation of clean electricity with carbon credits. This is a bibliographical study based on extensive national and international literature. It concludes that thermoelectric plants play a crucial role in the global energy matrix, responding to growing demands for electricity in a scenario of constant technological evolution and environmental concerns. This research comprehensively explores the contribution of these plants to the diversification of the energy matrix, focusing on their operational efficiency, environmental impacts, and associated challenges.

Keywords: diversification of sources; greenhouse gas emissions; clean energy and carbon credits.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 PERÍODO HISTÓRICO E ANÁLISE DAS RESOLUÇÕES DO SETOR ELÉTRICO NACIONAL	11
2.1 HISTÓRIA DO SETOR ELÉTRICO NACIONAL.....	11
2.2 HISTÓRIA DO SETOR ELÉTRICO NACIONAL: INÍCIO DA REGULAÇÃO DO SETOR DE HIDROGRAFIA BRASILEIRA	16
2.3 PRIVATIZAÇÃO E O PAPEL DAS AGÊNCIAS REGULADORAS	30
3 MATRIZ ENERGÉTICA NO BRASIL	36
3.1 FONTES DE GERAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL, DE ACORDO COM ESTUDOS APRESENTADOS PELA EPE NO BRASIL	36
3.2 FONTES ECONÔMICAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	46
4 CRÉDITOS DE CARBONO PARA VIABILIZAR A TROCA DE MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL.....	54
4.1 CRÉDITOS DE CARBONO E ACORDOS INTERNACIONAIS	54
4.2 TIPOLOGIA DE MERCADO E AGENTES ENVOLVIDOS, MERCADO VOLUNTÁRIO E PARTICIPANTES	60
4.3. ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA	63
4.3.1 Diagnóstico regulatório na legislação brasileira frente aos créditos de carbono e geração de energia limpa	68
4.3.2 Benefícios Socioeconômicos das Energias Renováveis	73
4.4 POLUIDOR PAGADOR E USUÁRIO PAGADOR.....	74
4.5 MERCADO DE CARBONO E MECANISMOS DE FLEXIBILIZAÇÃO.....	76
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS.....	85

1 INTRODUÇÃO

A busca por uma matriz energética mais sustentável e ambientalmente responsável tem sido uma preocupação crescente em todo o mundo e o Brasil não está imune a essa tendência. No contexto nacional, a história do setor elétrico é marcada por uma evolução significativa, desde seus primórdios até as complexas regulações e privatizações que moldaram sua atual configuração. Nesse sentido, o presente trabalho propõe-se a realizar uma análise detalhada desse histórico, desde o início da regulação do setor de hidrografia brasileira até os impactos das privatizações e o papel das agências reguladoras.

Ao longo do desenvolvimento do setor elétrico nacional, a diversificação da matriz energética emerge como um aspecto crucial para garantir a segurança energética e reduzir a dependência de fontes não renováveis. Assim, a compreensão das fontes de geração de energia no Brasil, suas implicações econômicas e os desafios associados à sua diversificação tornam-se fundamentais para uma abordagem eficaz no enfrentamento dos desafios energéticos contemporâneos.

Desse modo, questiona-se: as resoluções e iniciativas governamentais possibilitam e promovem a geração de energia limpa subsidiada por créditos de carbono? No contexto da transição para uma matriz energética mais limpa e sustentável, os créditos de carbono surgem como uma ferramenta essencial. Este trabalho se propõe a investigar a viabilidade e os mecanismos de utilização dos créditos de carbono para promover a transição da matriz energética nacional, explorando os acordos internacionais pertinentes, como o Protocolo de Kyoto, os diferentes mecanismos de negociação e os mercados regulados e voluntários.

Além disso, serão analisadas as resoluções do setor elétrico brasileiro e as alternativas para a redução das emissões de gases de efeito estufa, considerando o marco regulatório do setor elétrico e as iniciativas governamentais relacionadas. Por meio de uma abordagem multidisciplinar, este estudo pretende contribuir para o entendimento abrangente das questões relacionadas à energia e ao meio ambiente, fornecendo *insights* relevantes para a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais voltadas para a sustentabilidade energética e ambiental. Esta dissertação pretende analisar as resoluções do setor elétrico nacional, em especial, se é possível identificar em seu bojo dispositivos que possibilitem subsidiar a geração de energia elétrica limpa com créditos de carbono.

A presente pesquisa se justifica pelo fomento da geração de energia limpa, contribuindo para a diminuição das emissões dos gases causadores do efeito estufa (cujas fontes geradoras são, por exemplo, as usinas termoeletricas e uso de combustíveis fósseis) tendo em mente a

preservação do meio ambiente para as presentes e futuras gerações como dever de todos. Uma alternativa, nesse sentido, é a utilização de créditos de carbono, subsidiando a implantação de projetos de geração de energia elétrica que não emitam ou busquem a diminuição dos CO² (como as baseadas em energia solar e eólica). Viabiliza-se a substituição das plantas de geração de energia elétrica para matrizes que não emitam ou diminuam significativamente a emissão de CO² no meio ambiente. Portanto, o estudo da legislação regulatória para a compreensão histórica do setor elétrico nacional encontra-se como o cerne da pesquisa.

É sabido que a ciência tem como propósito universal descortinar a veracidade dos fatos. Nesse caminho, não se distingue de outros tipos de conhecimento. No entanto, o que torna o conhecimento científico diferenciado dos demais é a adoção do método para sua verificabilidade. Sendo assim, para que um conhecimento possa ser determinado como científico, torna-se indispensável identificar as operações mentais e técnicas de sua construção. Em outras palavras, a definição do método é que permite ao pesquisador chegar aos marcos estabelecidos para a pesquisa na esfera do conhecimento científico. Assim, o método utilizado para determinar a performance científica deste estudo é a pesquisa qualitativa (GIL, 2008), sendo que os instrumentos metodológicos empregados foram a pesquisa bibliográfica, exploratória, documental e legislativa, através de estudos consubstanciados nos escritos do Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Agência Nacional do Setor Elétrico (ANEEL) e outros instrumentos técnicos conectados.

Devido à natureza da proposta que ora se apresenta, utilizou-se para a promoção deste estudo o recurso metodológico da revisão, com a produção de um trabalho descritivo fundamentado em artigos científicos, obras completas e demais produções científico-acadêmicas e de divulgação científica que se mostrem úteis e pertinentes à pesquisa em tela.

Para a produção desse trabalho, foi realizado um estudo qualitativo, por meio de revisão bibliográfica sistematizada, utilizando artigos publicados nacional e internacionalmente, no período compreendido entre 2017 e 2023, abordando o tema “análise das resoluções do setor elétrico brasileiro à geração de energia limpa fomentada pelo crédito de carbono”. A pesquisa foi realizada em plataformas digitais, tais como Scielo e Google Academics, sendo utilizados os seguintes descritores: “diversificação de fontes”; “emissões de gases de efeito estufa”; “usinas termelétricas”. O levantamento foi realizado nos meses de janeiro a abril de 2023. Os critérios de inclusão foram a utilização de artigos coerentes com o tema e atualizados.

A dissertação está organizada em três capítulos, além da introdução. O capítulo 2, denominado “Período histórico e análise das resoluções do setor elétrico nacional”, é composto dos seguintes itens: “História do setor elétrico nacional”; “História do setor elétrico nacional:

início da regulação do setor de hidrografia brasileira”; “Privatização e o papel das agências reguladoras”.

O capítulo 3, chamado “Matriz energética no Brasil” compõe-se dos tópicos “Fontes de geração de energia no Brasil”, de acordo com estudos apresentados pela EPE no Brasil; e “Fontes econômicas de geração de energia elétrica”.

O capítulo 4, denominado “Créditos de carbono para viabilizar a troca de matriz energética nacional”, está dividido em: “Créditos de carbono e acordos internacionais”; “Tipologia de mercado e agentes envolvidos, mercado voluntário e participantes”; “Análise da legislação brasileira”; “Poluidor pagador e usuário pagador”; e “Mercado de carbono e mecanismos de flexibilização”.

Em suma, a presente dissertação trabalha um tema que tem aderência à linha de pesquisa 2, qual seja, Direito Ambiental, Políticas Públicas e Desenvolvimento Socioeconômico do presente Programa de Pós-graduação em Direito da Universidade de Caxias do Sul. Assim também, adequa-se às pesquisas realizadas pela orientadora, Profa. Dra. Maria Carolina R. Gullo. Ademais, no momento social vivido, tem se falado e há uma forte tendência à transição da matriz energética nacional e mundial.

2 PERÍODO HISTÓRICO E ANÁLISE DAS RESOLUÇÕES DO SETOR ELÉTRICO NACIONAL

Este capítulo traz uma breve apresentação da história do setor elétrico nacional, para possibilitar a melhor compreensão dos desafios que o setor de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica conservam, em determinadas distribuidoras, até os dias atuais. A análise histórica pretende demonstrar os desafios de engenharia e projeto de manutenção, qualidade da geração e do fornecimento de energia elétrica; em especial, pretende abordar a forma que se adotou para a idealização da metodologia regulatória hoje utilizada pelas distribuidoras reguladas pela ANEEL. Nesse sentido, o primeiro subcapítulo encarrega-se de abordar o início da geração e distribuição de energia elétrica no Brasil. Já o segundo subcapítulo aborda os avanços contemplando as primeiras Usinas Hidrelétricas (UHEs). Por fim, o terceiro subcapítulo apresenta o panorama atual, evidenciando os primeiros traços da transição do Estado à iniciativa privada, a criação da ANEEL e da AGERGS e o reflexo das ações regulatórias nos últimos 25 anos pela ANEEL.

2.1 HISTÓRIA DO SETOR ELÉTRICO NACIONAL

O início das atividades de geração de energia elétrica no Brasil ocorreu com a instalação da usina hidrelétrica de Ribeirão do Inferno, no ano de 1883, destinada à alimentação da indústria mineradora de Diamantina, em Minas Gerais. A esta, seguiram-se: a usina hidrelétrica de Fiação e Tecidos de São Silvestre, no ano de 1885, no município de Viçosa, localizado no estado de Minas Gerais; a usina hidrelétrica de Ribeirão dos Macacos, no ano de 1887, também em Minas Gerais; a usina hidrelétrica denominada de Velha Porto Alegre, no ano de 1887, no estado do Rio Grande do Sul; a usina hidrelétrica Marmelos, idealizada no ano de 1889, em Juiz de Fora, em Minas Gerais, empreendimento realizado pelo empresário Bernardo Mascarenhas (Gomes; Vieira, 2009). Até a primeira década do século XX, foram implantadas no Brasil muitas usinas hidrelétricas de baixa capacidade de geração, com o objetivo de atender as demandas do fornecimento dos serviços públicos instalados nas cidades, predominantemente ao atendimento das cargas da iluminação pública e particulares, nos bondes utilizados no transporte, ao fornecimento de força motriz a operação de unidades industriais, em especial emprego no setor têxtil. (Tonidandel; Araújo; Boaventura, 2018).

Os primeiros concessionários de geração de energia elétrica são formados por pequenos produtores e consumidores, integrados por fazendeiros, empresários e consumidores locais. Era

frequente a implantação de unidades de geração voltada para a indústria e de unidades de consumo doméstico e no setor agrícola. Essas pequenas empresas de geração de energia elétrica foram criadas por iniciativa do empresariado nacional, ligado a agricultura de exportação, aos serviços urbanos, em especial a iluminação pública, transporte e para atender a demanda da indústria. A contínua necessidade ao atendimento das demandas de iluminação, água, esgoto, transportes e telefonia, em decorrência da impossibilidade do atendimento desses serviços por parte da Administração Pública, contribuiu para a instituição definitiva desses serviços ao regime de concessão para o atendimento de serviços públicos. (Tonidandel; Araújo; Boaventura, 2018).

De acordo com o dispositivo constitucional de 1891, as concessões de prestação de serviços de eletricidade eram outorgadas pelas prefeituras municipais, em especial aos serviços de concessão de distribuição de energia, tendo como atribuição dos estados o poder concedente com relação ao aproveitamento de utilização dos cursos de água. Os primeiros contratos de concessão elaborados tinham prazos significativamente extensos, podendo atingir entre 80 e 90 anos, oferecendo aos concessionários garantias financeiras por parte do Estado. Mesmo contando com os princípios liberais contidos na Constituição de 1891, os contratos continham garantias ao poder regulador em face dos concessionários, ainda que esse fosse restrito ao Governo Federal. (Tonidandel; Araújo; Boaventura, 2018).

Na década de 1920, as discussões em torno do tema de energia elétrica se intensificaram no Brasil, o que resultou na criação do primeiro órgão de política setorial de energia, a Comissão Federal de Forças Hidráulicas, do Ministério da Agricultura, com significativa intervenção, contribuindo para a criação do Código das Águas no ano de 1934.

No ano de 1899, foi autorizado o início das operações da empresa canadense *Railway, Light and Power Company* Ltda, no estado de São Paulo, que posteriormente deu origem ao grupo *Light* no Brasil, e que no mesmo ano passaria à denominação de São Paulo Tramway. Nesse momento, os investimentos passaram a ser compartilhados com o capital estrangeiro, que se intensificava rapidamente, contribuindo para desmonopolizar o setor na década de 1920, intensificado através do movimento conhecido como desnacionalização do setor elétrico (Pereira, 2023).

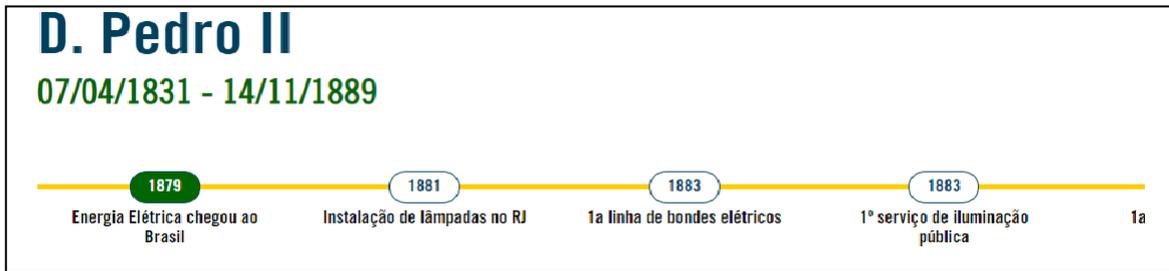
Desde a primeira década do século XX, concentrado no estado de São Paulo, os pequenos produtores de geração e distribuição de energia elétrica se organizaram em um movimento de centralização. Em geral, em decorrência da capacidade econômica conquistada pelos municípios que se localizavam em regiões estratégicas economicamente mais fortes, formaram-se grupos que controlavam a distribuição e geração de energia, assumindo áreas cada

vez mais abrangentes nos territórios estaduais. Dois exemplos resultantes desse movimento foram a criação da Companhia Brasileira de Energia Elétrica (CBEE), em 1909, e a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) no ano de 1912. No ano de 1920, uma fração do capital foi transferida para o controle de empresas estrangeiras, iniciando pela aquisição das empresas Ataliba Vale, Fonseca Rodrigues e Ramos de Azeredo pelo grupo *Light*, empresas que se localizavam no interior de São Paulo. A *American and Power Company* (Amforp), estruturada no ano de 1923, pela *Electric Bond and Shear*, que passou a atuar no Brasil a partir de 1927, controlava as operações das empresas de Armando de Salles Oliveira, do Grupo Silva Prado e CPFL, o que resultou em um claro controle do setor pelo grupo *Light* na década de 1930, concentrando suas operações nos estados de Rio de Janeiro e São Paulo, e pela Amforp que controlava os ativos de geração e transmissão em diversas capitais estaduais. (Tonidandel; Araújo; Boaventura, 2018).

O período histórico que compreende a primeira fase da geração e distribuição de energia elétrica no Brasil, está diretamente vinculado ao atendimento das demandas por energia e à estrutura de comando estabelecido ao atendimento às exigências da estrutura da monarquia, ao passo que o desenvolvimento do setor elétrico no período da República é constantemente marcado pela organização dos pequenos empresários, que passam a concentrar suas ações no atendimento de suas demandas, em decorrência da fragilidade econômica da estrutura do Estado (Hajaj, 2023).

Importante compreender, que inicialmente os municípios foram os titulares da outorga de concessão, operações e controle das concessões a iniciativa privada, o que resultou em um significativo crescimento de investimentos estrangeiros no Brasil até a década de 1930. A falta de capacidade de investimento por parte do Estado no setor elétrico pode ser melhor compreendida através da análise histórica da geração de distribuição no Brasil, que passa desde a necessidade de estrutura ao atendimento da Coroa Portuguesa no período imperial até a transição da República, o que se passa a detalhar pela análise do período histórico apresentado (Nametala, 2023).

Figura 1 – Início da geração de energia elétrica no Brasil



Fonte: ANEEL, 2022.

A primeira fase histórica da energia no Brasil esteve limitada aos esforços iniciais do governo e à chegada de investimentos, de forma modesta e primária, constituindo o ponto de partida pelas usinas à combustão destinadas à iluminação de praças públicas. Em seguida, com a instalação da primeira fábrica de lâmpadas no Brasil, atrelada à primeira linha de trens por capital estrangeiro, surge, então, o embrião do percurso de desenvolvimento da segunda fase da história da energia no Brasil (Leite, 2020), que se passa a detalhar no capítulo que sucede.

No Brasil, os caminhos da geração de distribuição de energia elétrica tiveram seu início impulsionados por ordenação de D. Pedro II, no ano de 1831, encerrando esse primeiro ciclo em 14 de novembro 1889. No ano de 1879, D. Pedro II concedeu a Thomas Edson a permissão para que procedesse a implantação de seu equipamento ao atendimento de iluminação pública no Brasil. Assim, a Central da Estação Férrea denominada D. Pedro II, localizada, na época, no Rio de Janeiro, foi a primeira a receber energia elétrica. No ano de 1881, foi instalado um sistema de iluminação contendo dezesseis lâmpadas em seus circuitos no local denominado Campo da Aclamação, atualmente praça da República no Rio de Janeiro (Assis, 2010).

Fato relevante é que, com a instalação desse sistema, foi possível realizar as primeiras atividades de trabalho noturno, no presente caso, a construção das calçadas da praça no período da noite. Adicionalmente, a primeira linha de transporte passou a operar contando com a energia elétrica, tendo sua planta instalada na cidade de Niterói, estado do Rio de Janeiro, no ano de 1883, apesar da forma precária e não superior a um período de vinte e quatro meses. (Cabral; Lamarão; Dias, 1990).

No mesmo ano, houve a implantação do primeiro sistema de prestação de serviços públicos do Brasil e da América do Sul, por meio da instalação do serviço de iluminação pública. Foi inaugurado pelo próprio imperador (D. Pedro II). Tratava-se da instalação de uma planta de energia por geração térmica na cidade de Campos, no estado do Rio de Janeiro, operando por meio de máquina motriz a vapor. (Cabral; Lamarão; Dias, 1990).

Figura 2 – Segunda hidrelétrica do Brasil



Fonte: ANEEL, 2022.

Sob o governo de Floriano Peixoto, foi instalada a segunda planta de energia elétrica em âmbito nacional, a hidrelétrica denominada Usina de Monjolinho, inaugurada em 2 de junho de 1893, na cidade de São Paulo. A segunda usina da América do Sul foi construída pela Companhia de Luz Elétrica de São Carlos. Sua capacidade e demanda de geração tiveram por objetivo atender a população local da época. (ANEEL, 2022).

No ano de 1897, ocorreram as primeiras expansões contemplando serviços de iluminação pública no estado de Minas Gerais, cuja fonte de geração energética era condicionada pela usina de Freitas, implantada no Ribeirão Arrudas. Uma das primeiras plantas trazidas para o Brasil que tem registro catalogado pela ANEEL (Agência Nacional do Setor Elétrico) é oriunda da companhia da distribuição de energia canadense, denominada São Paulo Tramway, Light and Power Company, fundada em 7 de abril de 1899 na cidade de Toronto no Canadá. Sua atuação no Brasil foi autorizada pelo governo nacional através de decreto no mês de junho do mesmo ano. Sua planta de barramento de geração teve seu início em São Paulo e culminou com a construção da UHE (Usina Hidrelétrica) Edgar de Sousa, em Santana do Paraíba, com projeto e operação no ano de 1901. (ANEEL, 2022).

Figura 3 – Inauguração da Usina de Parnaíba



Fonte: ANEEL, 2022.

Importante observar que, no período em que o Brasil estava sob o comando de Campos Sales, aconteceram os espaços da linha do bonde no estado de São Paulo, período marcado pela perspectiva de direcionamento do projeto e implantação da usina de Parnaíba. Essa

relevante fonte de geração, ainda que sendo uma planta modesta, cria o cenário primário de desenvolvimento e avanço, também compreendido como marco inicial da segunda fase de operações de projetos futuros de geração.

Em análise reflexiva das informações iniciais obtidas na presente sessão, é possível observar que o início das atividades de implantação do sistema de geração e distribuição de energia elétrica no Brasil se concretizou em decorrência de investimentos por meio de capital estrangeiro. Esse fato permite compreender que essa concessão se caracterizou por um monopólio exercido em face do investimento de capital externo administrado pelo detentor das tecnologias e fomentado pela permissão do Estado brasileiro. Pode ser observado que essa forma de concessão ou autorização ao ente privado para a realização de investimento concedia uma ampla liberdade em relação ao ativo que entravam em operação para atendimento das demandas de fornecimento de energia na época. Também fica claro que não haveria retenção de propriedade dos ativos de geração e distribuição, havendo uma liberdade incondicional aos investidores em relação a remuneração, o que também contribuiu para que as empresas fornecedoras de equipamentos mantivesse a mesma liberdade econômica ao fornecimento de equipamento tanto para a construção de usinas quanto linhas ou redes de distribuição, muito embora nesse período os investimentos em ativos elétricos no Brasil conservasse significativa modéstia.

2.2 HISTÓRIA DO SETOR ELÉTRICO NACIONAL: INÍCIO DA REGULAÇÃO DO SETOR DE HIDROGRAFIA BRASILEIRA

A presente sessão tem como propósito apresentar uma abordagem dos arranjos iniciais que contribuíram à criação do arcabouço regulatório do setor elétrico nacional. O objetivo da regulação do setor elétrico se concentra em promover o equilíbrio nas relações dos consumidores, distribuidoras e Estados, nos tempos em que os serviços de fornecimento e transmissão de energia elétrica eram quase totalmente controlados pelo Estado, que se encarregava de ajustar as condutas em consonância com os princípios do direito administrativo. Observando que, atualmente, a geração de energia elétrica no Brasil é 80% baseada na força hidráulica das águas, o início regulatório foi bem consolidado pela questão geográfica e hídrica.

O terceiro período da geração de energia no Brasil inicia com a primeira legislação do setor, por meio da Lei nº 1.145, de 31 de dezembro de 1903, que autoriza que o governo dos Estados Unidos do Brasil passe a utilizar e explorar o aproveitamento da força hidráulica e a expansão das plantas de geração de energia elétrica por meio de barramento. (ANEEL, 2022):

Art. 23. O Governo promoverá o aproveitamento da força hidráulica para transformação em energia elétrica aplicada a serviços federais, podendo autorizar o emprego do excesso da força no desenvolvimento da lavoura, das indústrias e outros quaisquer fins, e conceder favores às empresas que se propuserem a fazer esse serviço. Essas concessões serão livres, como determina a Constituição, de quaisquer ônus estaduais ou municipais (Brasil, 1903).

No mês de dezembro do ano de 1904 surge o Decreto-Lei nº 5.407, com o propósito de estabelecer critérios à concessão de geração de energia elétrica no Brasil. O decreto trouxe importantes condicionantes: o atendimento dos serviços federais detém prioridades no seu abastecimento, o prazo da concessão será determinado de acordo com as variáveis do caso concreto, não podendo ser superior ao prazo de 90 anos – findando esse prazo, os ativos passam a ser propriedade da União, não estando sujeitos a indenização alguma. Também, apresentava aspectos relevantes relacionados aos investimentos: inicialmente, observou um período de dois anos, ao passo que posteriormente adotou o ciclo de cinco anos para as revisões da tarifa de acordo com o investimento realizado pelos empreendedores. Tudo se mantinha sob a égide do Estado como controlador das usinas e das fontes de distribuição de energia elétrica. Importante evidenciar que as companhias de investimentos passaram a ter uma forma diferenciada nos ciclos de revisão tarifária, a chamada Cláusula Ouro, estipulada no ano de 1904.

Figura 4 – Criação da Companhia Brasileira de Energia Elétrica



Fonte: ANEEL, 2022.

Já entre os anos de 1907 e 1909 foram construídos importantes empreendimentos, a começar pela iluminação do município e do bonde no Rio de Janeiro, com a implantação da usina de Fortes no Rio de Janeiro, tendo sua localização em Ribeirão das Lages, com geração de energia para a *Light*, sendo essa a distribuidora que atua no estado do Rio de Janeiro até os dias atuais. Em 24 de julho 1908, a empresa de capital inglês denominada *Tramways* passa a operar o fornecimento de energia elétrica do bonde de Manaus. Como consequência do avanço dos investimentos em energia, no ano de 1909 foi criada a Companhia Brasileira de Energia Elétrica (CBEE), que passou a fornecer eletricidade aos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Bahia. (ANEEL, 2022).

Figura 5 – Entrada em operações da Usina Itupararanga

15/11/1910 - 14/11/1914



Fonte: ANEEL, 2022.

Em 16 de dezembro de 1912, foi criada a CPFL, Companhia Paulista de Força e Luz, tendo sua sede na cidade de Campinas, atualmente sob o comando da estatal chinesa *State Grid*. No ano de 1913, houve a implantação da primeira usina do Estado do Nordeste, chamada UHE Angiquinho, projetada no local denominado e conhecido como Cachoeira de Paulo Afonso, no Rio São Francisco. Em 1904, foi instalada a planta da UHE Itupararanga, no estado de São Paulo, no Rio Sorocaba, cujo projeto foi idealizado pela *Electric Company* do Grupo *Light*, com o objetivo principal de reforçar o atendimento da demanda da cidade de São Paulo. (ANEEL, 2022).

Figura 6 – Primeira fábrica de lâmpadas

28/06/1919 - 14/11/1922



Fonte: ANEEL, 2022.

No ano de 1920, ocorreu um importante empreendimento que teve sua gestão comandada pela CBEE: trata-se da UHE Bananeiras, instalada no Rio Paraguaçu, no Recôncavo Baiano. Outro importante marco na história do setor culminou com a instalação da planta da fábrica da *General Electric* (GE) no município do Rio de Janeiro, no ano de 1921, sendo a primeira fábrica de lâmpadas do país.

Figura 7 – Entrada em operação da Usina de Cubatão

15/11/1922 - 14/11/1926



Fonte: ANEEL, 2022.

No Rio Grande do Sul, o marco energético fundamental data de 1923, com a construção da termoelétrica do Gasômetro, pela Companhia Rio-Grandense (CEERG), na cidade de Porto Alegre, capital do estado. A *Light* continuou a expandir suas operações e, no ano de 1924, concluiu a instalação da planta da UHE denominada de Ilha dos Pombos, no rio Paraíba do Sul, no Rio de Janeiro, assim duplicando, no mesmo ano, sua carga instalada no Brasil. No ano de 1926, entra em operação a UHE de Cubatão. Projeto idealizado pela Light, essa planta contou com a primeira tubulação forçada em geração, que possuía uma queda de setecentos metros de extensão, tendo em vista que o relevo contribuía para esse projeto, aproveitando as águas do Rio Tietê, considerando o grande desnível oferecido pela Serra do Mar, localizada no estado do Rio de Janeiro. (ANEEL, 2022).

No ano de 1927, a *American & Foreign Power Company* (AMFORP), empresa americana do grupo *Bond*, iniciou as atividades no Brasil ao adquirir dezenas de empresas nacionais em municípios de São Paulo e capitais como Belo Horizonte, Porto Alegre, Curitiba, Niterói, Vitória, Salvador, Maceió e Recife. A estrutura de aproveitamento hídrico para geração de energia elétrica se consolidou de forma mais específica com a criação da Diretoria das Águas, no ano de 1933, passando a olhar de forma mais técnica à utilização dos serviços de geologia e mineração no Brasil.

No ano de 1933, por meio do Decreto nº 23.501, foi extinta a Cláusula Ouro. A norma também ficou conhecida como “Decreto Osvaldo Aranha”: “Declara nula qualquer estipulação de pagamento em ouro, ou em determinada espécie de moeda, ou por qualquer meio tendente a recusar ou restringir, nos seus efeitos, o curso forçado dos mil réis papel, e dá outras providências [...]”. (Brasil, 1933).

Nesse ato, os guardiões da representatividade do povo tornam extinta a Cláusula Ouro, as empresas de capital exterior passando, então, a serem remuneradas através de outras garantias. No ano de 1934, já na então denominada Era Vargas, foi criado o Departamento Nacional de Produção Mineral, com o propósito de alavancar a exploração mineral e, por

consequência, a expansão do sistema elétrico de potência ao atendimento das novas demandas de energia elétrica. (ANEEL, 2022).

Figura 8 – Lei Código das Águas

03/11/1930 - 28/10/1945



Fonte: ANEEL, 2022.

Nesse compasso, no mesmo ano, no sentido de complementar a regulação das águas, o Decreto nº 24.643, de julho de 1934, institui de forma rigorosa o controle sobre as concessionárias de energia elétrica frente à exploração dos recursos hídricos na geração de energia elétrica, em especial as plantas de UHE, passando a concessão de utilização e outorga das águas ao controle do Governo Federal. (ANEEL, 2022).

Em face dos avanços expressivos na legislação e observado o monopólio exercido pelas empresas de capital estrangeiro na geração de energia elétrica, bem como na sua distribuição econômica, o governo decidiu retomar o controle econômico e exploratório da geração e distribuição de energia elétrica no Brasil, em especial pelo advento do Código das Águas. O presente período foi renovador, em especial pelos avanços nas estruturas de controle do Estado, caminhava-se para uma construção organizacional, também pelas projeções de avanços técnicos advindos da necessidade de atendimento à demanda de energia. Nesse período, as fabricantes de usinas e subestações de energia, a exemplo da francesa Alstom, que já atuava no setor de equipamentos e trens desde 1928, passaram a produzir equipamentos para o atendimento das necessidades de plantas de UHE e SE (subestações de energia) em escala de exportação. O Estado, retomando o controle do processo de fornecimento e geração de energia elétrica, passa a expandir de forma gradativa e ascendente as operações ao atendimento das demandas a nível nacional, embora concentrando as obras de maior impacto nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Bahia. Assim, a expansão se difunde gradativamente, apoiada, em sua marcha, na geografia de solo e na força hidrográfica. (Fiorio; Ferreira, 2009).

Pela característica da hidrografia, bem como o clima que mantém seu ciclo de chuvas regular em todo o território nacional, o Brasil detém cerca de 15% da água doce do mundo. Isso representa, segundo o Atlas do Meio Ambiente Nacional (2018), que do quantitativo representando 113 trilhões de metros cúbicos da água disponível para a manutenção e

continuidade da vida do homem no planeta, no Brasil encontram-se 17 trilhões, conforme as bacias hidrográficas apresentadas a seguir.

A Bacia Hidrográfica do Amazonas é a maior bacia hidrográfica do planeta. Sua drenagem integra 5,8 milhões de km², contando com 3,9% em território brasileiro. O rio Amazonas é responsável por desaguar cerca de 20% das águas nos oceanos, tendo como marco os quantitativos de todos os demais rios do mundo, sendo a nível mundial o maior em volume de água.

A Bacia Hidrográfica do Prata é conhecida como a segunda maior bacia hidrográfica da América do Sul, drenando uma área correspondente a 10,5% do território Nacional. Ela conta com cerca de 3,2 milhões de km².

Por sua vez, a Bacia Hidrográfica do São Francisco integra a posição de número três no Brasil. Importante salientar que a bacia do São Francisco é a única que está geograficamente, em sua totalidade, no território brasileiro, respondendo pela drenagem de 640.000 km² e ocupando a casa de 8% de todo o território Nacional.

E a Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia-Tocantins responde pela drenagem de 767.000 km², sendo que no curso geográfico do litoral brasileiro encontram-se muitas pequenas bacias hidrográficas e essas que são denominadas, pelos autores Fiorio e Ferreira, de bacias do Atlântico Sul, fracionadas em três trechos: Norte Nordeste; Leste; e Sudoeste (Fiorio; Ferreira, 2009).

Fiorio e Ferreira (2009) entendem que, à luz da Lei nº 6.938/81, em especial o fundamento contido no artigo 3º, V, bem como no artigo 2º, IV, da Lei nº 9.985/2000, a água é um recurso ambiental.

Art. 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

[...] V - recursos ambientais: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora. [...]. (Brasil, 1981).

Art. 2º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

[...] IV - recurso ambiental: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora. [...]. (Brasil, 2000).

Na visão de Fiorio e Ferreira (2009), apresentar as fontes hídricas brasileiras passa por duas perspectivas importantes em relação a regulação do setor elétrico no país: a primeira se destaca pelo aspecto que possivelmente tenha inclinado o legislador brasileiro a valorizar e proteger a matriz hídrica nacional desde as primeiras plantas de geração implantadas no final do século XVIII e início do século XIX. Já a segunda é vinculada diretamente à proteção dos

recursos hídricos como recurso ambiental, que encontra guarida na legislação atual permitindo a aprovação de grandes projetos de geração de energia elétrica que têm por objeto a utilização de matriz hídricas com visão extremamente técnica às fases de licenciamento prévio, instalação e operação dos sistemas.

Importante para desenvolver e criar bens a partir de recursos naturais, bem como sendo responsável por grande parte dos serviços destinados ao benefício do ser humano, a energia pode ser definida como força para realizar trabalhos, força potencial, força que pode ser conservada, não sendo possível sua criação, mas sim que seja convertida e redistribuída de uma forma para outra. Compreende-se, então, que qualquer material que seja colocado como disponível a utilização dos homens, como combustível, madeira, carvão outros, são estruturas ou substâncias utilizadas necessariamente pelos homens, mas que não podem ser por eles criados. (Fiorio; Ferreira, 2009).

Os autores caracterizam que a matriz de geração por fonte hídrica encontra-se vinculada ao recurso natural, explicando que a legislação das águas e a Política Nacional do Meio Ambiente, mesmo que elaborados em um período de governo de exceção no Brasil, mantém os princípios do usuário e do poluidor pagador quando se realiza análise mais substancial. De acordo com o dicionário de ciências ambientais (Machado, 2014), os recursos ambientais se caracterizam como renováveis e não renováveis, a saber, os recursos compreendidos e caracterizados como renováveis incluem o Sol, as plantas e a vida animal, considerando que todos esses se perpetuam de forma natural. (Fiorio; Ferreira, 2009).

Seguindo entendimento de Machado (2014), a energia de fonte solar ou fotovoltaica é proveniente de irradiação solar, diretamente perpassando a atmosfera. No planeta Terra, essa fonte encontra-se no ciclo da água, no deslocamento do ar e na fotossíntese realizada no reino da flora, da qual depende a fauna, por meio das cadeias alimentares. Nesse sentido, é possível afirmar que a energia solar está em todas as energias existentes na Terra, com exceção das energias provenientes de fonte nuclear, aquelas advindas da geotérmica e da energia originária das marés. O homem, há longo tempo, utiliza-se da energia solar, a transformando em outras fontes e formas de energia: energia alimentar, energia cinética, energia térmica, eletricidade ou biomassa.

O sol emite energia na forma de radiação eletromagnética, parcialmente interceptada pelo sistema terra-atmosfera, a energia solar não é distribuída igualmente sobre a terra: a desigualdade dessa distribuição é causada principalmente pelos movimentos da terra em relação ao sol e, também, por variações na superfície terrestre e suas variações. (Machado, 2014, p. 1222).

A energia solar vem conquistando significativo espaço entre as fontes de geração de energia renovável na transformação da matriz energética. Detém, dentre outras características, a de não se esgotar pelo consumo e sua geração pode ocorrer de forma direta ou indireta: quando gerada diretamente da luz solar é denominada de fonte de geração direta e, de indireta, quando provenientes de fontes que não são retiradas ao menos de uma fase da luz do sol. O equipamento mais conhecido para ser utilizado na geração de energia solar é o coletor solar plano, que converte a energia solar em energia térmica, variando sua temperatura de 40° a 60° C, destinado ao atendimento de demandas de aquecedores residenciais. Já a energia solar fotovoltaica é a energia obtida por meio da conversão direta da luz do sol, sendo que esse fenômeno se consolida pela excitação dos elétrons de alguns materiais através da irradiação solar. Dentre os materiais utilizados para a conversão e produção da geração por meio da energia do sol, destaca-se o silício utilizado na fabricação de painéis fotovoltaicos. (Machado, 2014).

Conforme a visão de Peter May (2010), o Brasil possui um potencial de extrema oportunidade em relação a ampliação da sua matriz de geração de energia elétrica utilizando-se de fontes renováveis. Diferentemente da realidade de outros países do mundo, o Brasil detém característica singular, uma vez que sua principal característica, além da matriz predominante hídrica, é dispor do sistema de geração com um sistema de reserva de geração partilhado, de porte equivalente ao considerado de, pelo menos, um período de doze meses. Para melhor compreender, se o sistema de reservatórios brasileiro estivesse a pleno e seus afluentes secassem, de acordo com o operador Nacional do Sistema, haveria energia de reserva para o atendimento da demanda por, no mínimo, um período de seis meses. A título de conhecimento, o único sistema no mundo que apresenta uma reserva nesse sentido é o de Quebec, no Canadá, em prospecções reduzidas. A engenharia do sistema possui a capacidade de alterar qualquer fonte de geração inserida nele, pelo fato de que a gestão de geração da energia de reserva se concentra nos grandes reservatórios distribuídos no território nacional. (May, 2010).

Na contrapartida da geração energética por fontes renováveis, os recursos naturais não renováveis são os que não se perpetuam naturalmente, sendo certo que sua utilização de forma contínua pelo ser humano causará seu esgotamento um dia, podendo ser exemplificados como os minerais e os chamados combustíveis fósseis, que são constituídos por concentrações de matéria orgânica que é suficientemente combustível em sua forma de utilização, definição apresentada pelo dicionário de ecologia. Dentre esses estão o carvão, petróleo, gás natural e demais combustíveis fósseis. (Fiorio; Ferreira, 2009).

Apresentada e compreendida como a força capaz de realizar trabalhos, a energia encontra-se de muitas formas no ambiente: o vento que é capaz de dispor da força necessária

para produzir energia na forma eólica, sendo aproveitada para girar uma hélice de um moinho de vento, ou um gerador elétrico, ou até mesmo uma turbina de vento, como explicam Fiorio e Ferreira (2009). Considerando essas fontes de geração de energia, os problemas ambientais se tornam facilmente gerenciáveis, pois não concorrem para a poluição ou contaminação do ar e das águas. Todavia, há que se observar seu inconveniente, que se concentra na poluição sonora, de acordo com pesquisas realizadas pelos estudiosos da matéria. (Fiorio; Ferreira, 2009).

Diante disso, Fiorio e Ferreira (2009) apresentam, à luz da Constituição Federal de 1988, a tutela da energia elétrica no Brasil como bem ambiental equilibradamente tutelado e balizado por meio técnico das normas infraconstitucionais nas Leis nº 6.938/81 e nº 9.985/2000, esta última por regulamentar o artigo 225 da Constituição, em seu § 1º, I, II, III e VII (Fiorio; Ferreira, 2009):

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo -se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - Preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II - Preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III - Definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV - Exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V - Controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI - Promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

VIII - manter regime fiscal favorecido para os biocombustíveis destinados ao consumo final, na forma de lei complementar, a fim de assegurar-lhes tributação inferior a incidente sobre os combustíveis fósseis, capaz de garantir diferencial competitivo em relação a estes, especialmente em relação às contribuições de que tratam a alínea "b" do inciso I e o inciso IV do caput do art. 195 e o art. 239 e ao imposto a que se refere o inciso II do caput do art. 155 desta Constituição. (Brasil, 1988).

Nas considerações apresentadas por Antunes (2014), a Constituição Federal de 1988 reserva o centro do sistema nevrálgico de proteção ao meio ambiente e nela encontra-se a evidência sumária como elemento de interseção entre os direitos individuais e a ordem econômica. O primeiro destaque que merece atenção é o termo *todos*, que remete à abrangência

de todos os que se encontram no território nacional, observando atentamente o comando constitucional. Dito isso, recorda-se o fato que marcou a alteração dos hábitos de consumo de energia elétrica na vida dos brasileiros: no ano de 2000 ocorreu, em âmbito nacional, o fenômeno que ficou conhecido como o apagão. Trata-se de uma grave falha que ocorreu no sistema nacional interligado e que o afetou de forma que sem precedentes. Suas consequências foram diversas, dentre as quais o autor cita fatores políticos, sociais, econômicos e climatológicos. A geração e transmissão de energia elétrica compreendem questões ambientais que merecem efetiva importância, independentemente de qual seja a estrutura de composição da matriz energética determinada pelo ente federativo, sendo que suas repercussões sobre o meio ambiente serão sempre relevantes e significativas.

Nesse sentido, a norma que veio diretamente ao encontro dos efeitos do apagão, em decorrência da crise energética que causou, concentra-se nos dispositivos contidos na Lei nº 10.925/2001, ao dispor da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dar outras providências. Não é necessário evidenciar que esta lei causa diversas repercussões na esfera do meio ambiente, sendo que pela conservação e uso racional da energia busca-se diminuir a influência sobre os diferentes recursos ambientais. É de se lamentar que o Brasil apenas tenha resolvido elaborar uma política firme de conservação de energia após o fato ocorrido em 2001.

Nesse contexto, é necessário explicitar que os resultados que vêm sendo conquistados têm sido significativamente positivos e expressivos e a cooperação espontânea das diferentes classes de consumidores tem servido de parâmetro à reflexão das autoridades públicas, que ficam com o dever de realizar planejamentos mais profundos e realistas. É importante refletir sobre as disposições contidas no artigo 1 da Política Nacional de Conservação de Energia (PNCURE), no que tange ao direcionamento eficiente dos recursos e a preservação do meio ambiente. Aqui se conclui que o desperdício de energia elétrica pode ser caracterizado como uma das formas de degradação ambiental. O principal objetivo a ser alcançado pela PNCURE é o estabelecimento de níveis máximos de performance no consumo de energia e mínimos de eficiência energética de máquinas e equipamentos consumidores de energia fabricados ou comercializados no Brasil, com base no acompanhamento de indicadores técnicos de consumo pertinentes, ou seja, a lei procura fomentar o desenvolvimento de equipamento mais modernos e eficientes destinado à matriz de consumo nacional. (Antunes, 2014).

Em consonância, a Constituição de 1988 estabelece que a atmosfera, as águas interiores, superficiais subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora, são recursos entendidos como ambientais em consonância com o

artigo 2º, inciso IV, de acordo com suas características e com o objetivo de aproveitamento das denominadas fontes de energia. Fica notória a previsão constitucional, com a sua disposição normativa contida no artigo 20 da CF, em estabelecer que os recursos ambientais administrados pela União, em conformidade nos incisos I e XI, contado ainda com a previsão jurídica adjunta contida no bojo do artigo 20, VIII, determinando os característicos potenciais de energia hidráulica:

Art. 20. São bens da União:

I - Os que atualmente lhe pertencem e os que lhe vierem a ser atribuídos;

[...]

VIII - Os potenciais de energia hidráulica;

[...]

XI - As terras tradicionalmente ocupadas pelos índios. [...]. (Brasil, 1988).

Nesse sentido, é importante compreender em parte o motivo que moveu o legislador brasileiro em garantir que a administração dos bens contendo potencialidade de geração de energia hidráulica deve ser mantida sob tutela federal, bem como as ações em territórios indígenas que contemplem utilização, outorga e operação à utilização dos potenciais de energia hidráulica.

Na abordagem apresentada por Vichi e Mello (2009), é evidenciado que 90% da capacidade de geração da energia elétrica no Brasil concentra-se nos elementos denominados gratuitos, sendo estes as águas e a força da gravidade, visto que a característica hídrica e geográfica do Brasil, como mencionado, consolida-se por grandes bacias hidrográficas, com abundantes rios distribuídos por todo o território nacional, somado às inclinações de relevo não demasiadamente íngremes, o que favorece a formação de grandes lagos com um custo equilibrado para implantação de obras de infraestrutura, caracterizando grandes fontes de potenciais de energia armazenados. Há que se observar uma dependência do regime de chuvas regular, uma vez que os reservatórios atuam como um estoque.

Por outro lado, na visão de Fiorio e Ferreira (2009), não é possível o desenvolvimento de políticas energéticas que estejam afastadas das adaptações de parâmetros jurídicos sem que primeiramente sejam consideradas as tutelas jurídicas determinadas pela energia hidráulica e nuclear no Brasil. Nesse sentido, a CF de 1988, buscando a preservação ao meio ambiente e a população, regulamenta de forma específica as fontes de geração de eletricidade por fontes nucleares, indicando e determinando a responsabilidade específica por danos causados por fontes nucleares no artigo 21, XXIII:

Art. 21. Compete à União

[...]

XXIII - explorar os serviços e instalações nucleares de qualquer natureza e exercer monopólio estatal sobre a pesquisa, a lavra, o enriquecimento e reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados, atendidos os seguintes princípios e condições:

toda atividade nuclear em território nacional somente será admitida para fins pacíficos e mediante aprovação do Congresso Nacional; [...]. (Brasil, 1988).

A energia nuclear se tornou uma fonte alternativa na década de 70, multiplicando-se rapidamente na década de 1980 em muitos países. Uma importante informação apresentada por Fiorio e Ferreira (2009) quantifica que, no ano de 1989, já operavam em solo americano 110 usinas de geração de eletricidade por fonte nuclear, sendo responsáveis por 20% do atendimento da demanda da época do mercado americano. Embora não provoque poluição do ar, nem libere CO² na atmosfera, além de causar diminuição nos níveis de poluição das águas, essa fonte de geração de energia apresentou significativos problemas e danos à segurança, ao custo de geração, ao descarte dos resíduos dos materiais radioativos gastos. De sorte, a Lei nº 9.478/97 foi atualizada no ano de 2005, em decorrência da Lei nº 11.097/2005, dispoendo sobre a política energética nacional. Seu objetivo principal consiste nas diretrizes ao aproveitamento das fontes de utilização e geração de energia elétrica de forma racional, determinado que a utilização e operação das fontes de geração de eletricidade devem estar de acordo com os objetivos dispostos no artigo 1º, I, XII da referida lei:

Art. 1º. O art. 1º da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, passa a vigorar acrescido do inciso XII, com a seguinte redação: "Art. 1º

 XII - incrementar, em bases econômicas, sociais e ambientais, a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional." (NR). (Brasil, 2005).

Importante a compreensão de que a lei vem ao encontro da implantação dos biocombustíveis, procurando focar no aproveitamento de determinadas fontes conforme citado. No horizonte infraconstitucional, são estabelecidos preceitos jurídicos à utilização racional das fontes de geração de energia elétrica, considerando a harmonização dos brasileiros em relação ao atendimento do mercado e dos consumidores em suas respectivas classes de consumo, o que fica consubstanciado em análise dos consumidores brasileiros e do equilíbrio econômico da matriz em sincronismo ao artigo 170 da Constituição Federal de 1988:

Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios:
 [...]

VI - Defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação; [...]. (Brasil, 1988).

Percebe-se que as necessidades de manutenção e operação da sociedade encontram-se inseridas na necessidade do atendimento a todos pela energia elétrica. Embora seja um serviço caracterizado como essencial, ainda não se encontra disponível para todas as pessoas e comunidades. Nessa ordem, o artigo 170 da CF de 1988 busca, por meio do equilíbrio econômico fundamentado na preservação do meio ambiente, avançar com segurança na empreitada de abranger a todos os brasileiros. (Fiorio; Ferreira, 2009).

Fiorio e Ferreira (2009) apresentam também a Lei nº 9.478/97, disciplinando as diretrizes de utilização dos hidrocarbonetos em seu estado natural (petróleo) e em estado gasoso nas condições atmosféricas normais (gás), ambos de matriz fóssil, bem como os oriundos de biomassa, decorrentes de matéria viva (a exemplo dos grãos, árvores e plantas). O propósito da norma consiste na preservação do meio ambiente, com o objetivo de substituir, parcial ou totalmente, a utilização de combustíveis de origem fóssil:

Art. 1º As políticas nacionais para o aproveitamento racional das fontes de energia visarão aos seguintes objetivos:

- I - Preservar o interesse nacional;
- II - Promover o desenvolvimento, ampliar o mercado de trabalho e valorizar os recursos energéticos;
- III - Proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos;
- IV - Proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia;
- V - Garantir o fornecimento de derivados de petróleo em todo o território nacional, nos termos do § 2º do art. 177 da Constituição Federal;
- VI - Incrementar, em bases econômicas, a utilização do gás natural;
- VII - Identificar as soluções mais adequadas para o suprimento de energia elétrica nas diversas regiões do País;
- VIII - Utilizar fontes alternativas de energia, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis;
- IX - Promover a livre concorrência;
- X - Atrair investimentos na produção de energia;
- XI - Ampliar a competitividade do País no mercado internacional.
- XII - Incrementar, em bases econômicas, sociais e ambientais, a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional. (Redação dada pela Lei nº 11.097, de 2005).
- ~~XIII - Garantir o fornecimento de biocombustíveis em todo o território nacional. (Incluído pela Medida Provisória nº 532, de 2011).~~
- XIII - Garantir o fornecimento de biocombustíveis em todo o território nacional; (Incluído pela Lei nº 12.490, de 2011).
- XIV - Incentivar a geração de energia elétrica a partir da biomassa e de subprodutos da produção de biocombustíveis, em razão do seu caráter limpo, renovável e complementar à fonte hidráulica; (Incluído pela Lei nº 12.490, de 2011).
- XV - Promover a competitividade do País no mercado internacional de biocombustíveis; (Incluído pela Lei nº 12.490, de 2011).
- XVI - Atrair investimentos em infraestrutura para transporte e estocagem de biocombustíveis; (Incluído pela Lei nº 12.490, de 2011).

XVII - Fomentar a pesquisa e o desenvolvimento relacionados à energia renovável; (Incluído pela Lei nº 12.490, de 2011).

XVIII - Mitigar as emissões de gases causadores de efeito estufa e de poluentes nos setores de energia e de transportes, inclusive com o uso de biocombustíveis. (Brasil, 1997).

Analisando a Lei nº 9.478/97, ficam claros os objetivos que pretende o legislador brasileiro alcançar: com a entrada em vigor da norma, os esforços indicam a meta de mudança da matriz energética nacional, sustentada na abertura e fomento da pesquisa para a substituição dos recursos oriundos da matriz fóssil; incentivo ao desenvolvimento da matriz inovadora, como se pode contemplar em relação a criação do biocombustível, responsável pela redução da utilização dos combustíveis fósseis; pesquisa sobre matrizes não ou menos poluentes. Ao final do comando normativo, fica evidente a abertura ao desenvolvimento de matrizes energéticas que venham reduzir a emissão de CO² no meio ambiente. (Brasil, 1997).

Importante marco regulatório surge com a criação da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), por meio da Lei nº 9.427/96, instituída para disciplinar a concessão das distribuidoras de energia elétrica que anteriormente encontravam-se geridas pelo Estado. Assim, passou a regular os atos do poder concedente à fiscalização produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, determinando os regimes econômicos e financeiros a dada concessão, seguindo determinações dos contratos de concessões balizados, o que pode ser verificado no artigo 14 e seguintes da norma reguladora.

Art. 14. O regime econômico e financeiro da concessão de serviço público de energia elétrica, conforme estabelecido no respectivo contrato, compreende:

I - A contraprestação pela execução do serviço, paga pelo consumidor final com tarifas baseadas no serviço pelo preço, nos termos da Lei no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995;

II - A responsabilidade da concessionária em realizar investimentos em obras e instalações que reverterão à União na extinção do contrato, garantida a indenização nos casos e condições previstos na Lei no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e nesta Lei, de modo a assegurar a qualidade do serviço de energia elétrica;

III - A participação do consumidor no capital da concessionária, mediante contribuição financeira para execução de obras de interesse mútuo, conforme definido em regulamento;

IV - Apropriação de ganhos de eficiência empresarial e da competitividade;

V - Indisponibilidade, pela concessionária, salvo disposição contratual, dos bens considerados reversíveis[...]. (Brasil, 1996).

Em análise ao inciso II da regulação, nota-se a responsabilidade objetiva do poder concedente em atender os níveis de qualidade e confiabilidade, em especial ao equilíbrio econômico das concessões, o que, por outro lado, vem contribuir para um entendimento mais positivo em relação a substituição com complementação na geração de energia elétrica de fontes renováveis, ponto de preocupação que pode se justificar uma vez que a geração em âmbito

nacional contempla cerca de 80% da geração por fonte hídrica, o que vem sendo observado e reavaliado em decorrência da adversidade das condições climáticas, chuvas em excesso em determinadas regiões e falta em outras regiões, considerando as distâncias continentais do perímetro do território nacional.

2.3 PRIVATIZAÇÃO E O PAPEL DAS AGÊNCIAS REGULADORAS

O presente capítulo deve encarregar-se de apresentar as privatizações ocorridas no setor elétrico, traçando um panorama que venha a abordar os principais vetores que deram efetivação a esse processo, bem como o papel das agências reguladoras, forma de gestão dos ativos e remuneração. Procura discorrer sobre os aspectos da geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e distribuição do mercado da energia no Brasil. Apresenta os fatores pelos quais as hidroeletricidades predominam como matriz no país, as garantias postas na regulação ao mercado de investimentos de geração de energia, em especial a geração e transmissão, fatores pelos quais a regulação da distribuição por concessão na distribuição encontra-se sob um torniquete econômico frente a modicidade tarifária. Demonstrar que a estrutura que compõe e sustenta o arcabouço regulatório detém fundamental importância e relevância na segurança do mercado como prestação de serviço público e na segurança do fornecimento de equipamentos pela indústria da energia.

Mister recordar que a distribuição de energia elétrica, teve o início de sua concessão determinada pelo império em face do ente privado, este que era responsável pelo fornecimento, inclusive, dos equipamentos para a implantação das plantas de autoprodução, mineração e distribuição. A demanda de consumo no Brasil era determinada por serviços de transporte de pessoas, iluminação pública, distribuição e venda de energia elétrica. A energia era extremamente utilizada como bem de consumo, por esse fato o período conhecido como a transição do Império para a República foi amplamente marcado pelos privilégios e concessões, o que desencadeou o conflito entre os concessionários da época, o fato se agravava pela forma que se concedeu a dinâmica da geração, uma vez que a realização do projeto, a confecção e o fornecimento dos equipamentos estavam sob o total controle e gerenciamento do fornecedor. (Moreira; Hernandez Neto, 2023).

Segundo Moreira e Hernandez Neto (2023), até a crise de 1929, a iniciativa privada monopolizava o mercado de geração, transmissão e distribuição de energia no Brasil. Nesse sentido, o governo dá início ao processo de reestatização, sua primeira ação concentrou esforços na aplicação do código das águas, este que já vigorava desde 1906, pela Lei nº 1.167, contendo

em seu bojo dispositivos específicos a utilização das águas em especial pela forma de sua utilização na geração de energia elétrica. Miguel Calmon, à época desempenhando a função de Ministro da Indústria, Aviação e das Obras Públicas, decide convidar o jurista e renomado advogado mineiro Alfredo Valladão para a elaboração do código das águas, que passou a debruçar-se sobre esse determinante projeto.

Valladão sustenta seu projeto, tornando-se referência na matéria ao criar o tratado dos rios públicos e particulares, o qual continha dispositivos para a regulamentação da navegação e geração de energia elétrica. Todavia, as leis que continham previsão sobre o tema até o ano de 1934 eram a Lei nº 1.145, de 1903, e o Decreto-Lei nº 5.407, de 1904, esse promovendo o fomento de concessões com vista a utilização do potencial hídrico nacional, determinando a tarifação, prazos de concessões, retorno dos ativos ao Estado ao final do período de concessão sem a previsão de indenização econômica. Ao passo que após a crise mundial de 1929, as sociedades entram no que se denominou estado de bem-estar.

Fato que merece destaque no governo provisório de Vargas é a conceituação do custo e lucro assegurado aos agentes de investimentos no setor elétrico nacional. Nesse compasso, desenvolveram-se as empresas federais (Eletrobras) e estaduais (Companhia Energética de Minas Gerais S.A. – CEMIG e Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica – CEEE) ambas de geração e distribuição de energia elétrica. Foi implantada a centralização do planejamento, com a determinação do Plano Nacional da Eletrificação (PNE), e, em meados da década de 1960, foi criado o Ministério de Minas e Energia, bem como o Departamento Nacional de Águas e energia Elétrica (DNAEE). (Moreira; Hernandez Neto, 2023).

Seguindo a descrição de Moreira e Hernandez Neto (2023), em meados de 1980, a prevalência do pensamento liberal ganha novamente espaço no setor elétrico nacional. Esse pensamento ganha força por influência dos governos de Reagan (EUA), Thatcher (Inglaterra) e Pinochet (Chile). Nesse momento, no Brasil, se enfrentava a crise do desgaste da estrutura dos financiamentos, a crise provocada pela contenção tarifária, bem como o ferrenho conflito já avançado entre a Eletrobras e suas concessionárias, que culminou em uma forte crise do setor elétrico que levou as concessionárias ao inadimplemento de suas obrigações contratuais, e deu origem ao projeto de Revisão Institucional do Setor Elétrico (Revise).

Na década seguinte, já no governo de Fernando Collor, foi implementado o Programa Nacional de Desestatização (PND). Assim, as decisões jurídicas do setor elétrico nacional retornaram-se aos primórdios da história a partir da reforma legislativa do setor elétrico delineada no ano de 1995, pelo fato de que a política adotada para o setor de geração derroga à

iniciativa privada sua operação, sujeitando o setor ao ordenamento jurídico pelo Direito Privado.

Cabe observar que apenas parte da região Norte do Brasil ainda não se encontra contemplada pelo sistema nacional interligado de distribuição de energia. De forma geral, todos os sistemas de geração, transmissão, distribuição de energia e seus consumidores encontram-se conectados no sistema nacional, denominado Sistema Interligado Nacional (SIN). Pelo fato da grande dependência que o sistema nacional tem da geração de fonte hidrelétrica, se fez necessário a interligação de todos os sistemas a todas as cargas de consumo. (Moreira; Hernandez Neto, 2023).

Desse modo, o sistema nacional interligado foi idealizado com o objetivo de equilibrar o fornecimento de energia de forma mais rápida e eficiente. Por exemplo, com o sistema interligado é possível acompanhar as curvas de crescimento e diminuição de demandas. Se determinada região está consumindo menos energia que outra região do país, essa energia pode ser rapidamente direcionada ao atendimento da região que apresenta maior consumo, respeitando os limites impostos pelo sistema de transmissão de cada região do Brasil. (Moreira; Hernandez Neto, 2023).

Outro fator determinante na implantação do SIN é a forma pela qual se possibilitou o aproveitamento da geração de energia elétrica produzida nas hidrelétricas, em especial pelo fato de interromper a geração de energia com o propósito de armazenar águas nos reservatório nos períodos de longas estiagens, a exemplo de cheias na região sul em decorrência de secas nas demais regiões do Brasil. A utilização desse método de operação através do sistema interligado proporciona, ainda, a otimização dos custos de operação e recomposição do sistema ao consumo. Nesse sentido, a teoria do ótimo global é sempre melhor do que a soma dos ótimos locais. (Moreira; Hernandez Neto, 2023).

Por outro lado, a operação do sistema elétrico interligado também oferece um melhor gerenciamento dos recursos com relação à fiscalização, colaborando na utilização de forma racional, seja na geração, irrigação e navegação, em especial no que tange ao aspecto econômico. Por outro lado, para que a operação do sistema elétrico nacional pudesse ser performada, se fez necessária a construção de milhares de quilômetros de linha de transmissão de energia elétrica, o que necessitou de um expressivo investimento, compensação de perdas técnicas, sistemas de controle e redundância (construção de linhas paralelas para garantir a continuidade da operação), além da garantia do SIN.

A partir da criação do Ministério de Minas e Energia, na década de sessenta (1960), concentrou-se a transmissão nas empresas supridoras regionais (Eletrosul, Eletronorte, Chesf,

Furnas), contando, em especial, com o surgimento da Eletrobras, que contribui para a criação do grupo coordenador para a Operação Interligada (GCOI), que atualmente é o Operador Nacional do Sistema (ONS), o órgão responsável pela operação do SIN. Sendo assim, a operação dos ativos da geração e transmissão de energia que integram o SIN não está sob o comando dos investidores ligados a atuação da iniciativa privada no setor elétrico brasileiro, pois o investidor não detém o controle direto sob os seus ativos, sendo essa atribuição direta da ONS pelos motivos e razões que se abordou e passa-se a abordar. Ou seja, para evitar que a operação centralizada traga riscos econômicos e ao ativo do investidor, que não tem controle do ativo, como já mencionado, criou-se uma regra específica de remuneração ao ativo elétrico disponível pelo investidor, denominada de garantia física, a qual permite a remuneração do ativo independente da condição de operação efetiva do empreendimento. (Moreira; Hernandez Neto, 2023).

De acordo com os ensinamentos de Philippi Jr. e Reis (2014), o artigo 13 da Lei nº 9.648/98 vem regulamentar que as atividades de operação e controle do sistema de geração e transmissão de energia elétrica que compõem o SIN são de exclusiva responsabilidade do ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico), através de autorização da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL):

Art. 13. As atividades de coordenação e controle da operação da geração e da transmissão de energia elétrica integrantes do Sistema Interligado Nacional (SIN) e as atividades de previsão de carga e planejamento da operação do Sistema Isolado (Sisol) serão executadas, mediante autorização do poder concedente, pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, fiscalizada e regulada pela Aneel e integrada por titulares de concessão, permissão ou autorização e consumidores que tenham exercido a opção prevista nos arts. 15 e 16 da Lei no 9.074, de 7 de julho de 1995, e que sejam conectados à rede básica (Redação dada pela Lei nº 134.360, de 2016). (Brasil, 1988).

A ANEEL, como agência reguladora, determinada por titular de concessão, permissão ou autorização de consumidores de acordo com a previsão contida no bojo da Lei nº 9.074/95, em especial nos artigos 15 e 16, ao passo que nesse ato o ONS é o responsável pelo planejamento, bem como pela operação da geração e transmissão do SIN.

O sistema elétrico nacional opera de forma centralizada, obtendo como premissa o custo mínimo, por utilizar o que se compreende como modelo estocástico dual (interromper a geração de energia quando os níveis dos reservatórios operam em baixa em determinadas regiões, aumentando a geração nas regiões onde os reservatórios operam com folga), contemplando na análise da tomada de decisão todo o sistema hidrográfico brasileiro. Esse modelo é atualmente

utilizado na operação do sistema pela ONS, desenvolvido no Centro de Pesquisas em Energia Elétrica (Cepel), que pertence a Eletrobras.

Ainda no ano de 2002, período em que Bajay presidia a direção da Política Nacional Energética, pasta vinculada ao Ministério de Minas e Energia, propôs a implantação de um órgão de apoio ao ministério para a execução dos estudos de implantação do programa decenal do setor energético. Os estudos elaborados nesse grupo servem de norteadores à implantação de políticas públicas na prática da regulação e, ainda, ao cumprimento estratégico de ações de implementação da prática do plano estratégico de desenvolvimento do setor elétrico. Em decorrência da troca de comando presidencial ocorrida após 2002, a implantação do setor de apoio tornou-se tarefa do futuro chefe de Estado brasileiro, conforme Philippi Jr. e Reis (2014).

Assim, no ano de 2004, o governo criou a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), pelas Leis nº 10.847 e nº 10.848, tendo como principais atribuições as que se destacam:

A EPE tem as seguintes atribuições:

- Execução de estudos para definição da matriz energética, com a indicação das estratégias a serem seguidas e das metas a serem alcançadas, dentro de uma perspectiva de longo prazo.
- Execução dos estudos de planejamento integrado dos recursos energéticos.
- Execução dos estudos do planejamento da expansão do setor elétrico (geração e transmissão).
- Promoção dos estudos de potencial energético, incluindo inventário de bacias hidrográficas e de campos de petróleo e de gás natural.
- Promoção dos estudos de viabilidades técnico-econômica e socioambiental de usinas e obtenção da licença prévia para aproveitamentos hidrelétricos. (Philippi Jr.; Reis 2014).

Em análise consubstancial, o setor elétrico brasileiro vem permeando variações entre Estado e iniciativa privada. Cabe observar que o desenho adotado pelo Império em transição à República permitia uma liberdade econômica excessiva aos investidores, ao verificar a necessidade de atendimento das demandas de energia, que eram, à época e atualmente, os detentores da tecnologia, percebendo-se uma total dependência de mercado. Por outro lado, em meados de 1934, durante o governo provisório de Getúlio Vargas, com o advento do código das águas, o governo diminuiu o monopólio concedido aos investidores, ao elaborar novas regras para o setor, mais adiante, criando as grandes empresas nacionais indispensáveis à expansão do setor elétrico nacional.

Até meados de 1980, geração, transmissão e distribuição de energia elétrica conviveram em perfeita harmonia, até que a crise se instaura no setor nessa época. Em decorrência da crise financeira dos financiamentos, o governo passa a elaborar o plano de privatização com o objetivo de acalmar a animosidade entre a geração, transmissão e distribuição. O alvo da

primeira da primeira onda da privatização é o setor de distribuição que teve seu início no ano de 1997, passando a gestão dos ativos à iniciativa privada sob a fiscalização e regulação da ANEEL. Geração e transmissão permaneciam sob a gestão mais concentrada do Estado, que nessa época já contava com a gestão do ONS no comando dos ativos, contando com a implantação do sistema nacional interligado, que, por sua vez, mantém a gestão do sistema elétrico nacional sob seu comando até os dias de hoje.

Em 2023, o sistema de geração e transmissão de energia elétrica encontra-se quase que em sua totalidade privatizado. Sua gestão está centralizada no ONS, de competência exclusiva da União. Como a maior parte da geração de energia elétrica decorre de fonte hidrelétrica, apesar da condição geografia hídrica privilegiada que detém o Brasil, contando com a instalação de usinas hidrelétricas de norte a sul do país, é necessário compreender os desafios para atrair investidores e garantir a justa remuneração dos ativos elétricos, estando sua operação sob o comando e gestão do ONS, que possui a atribuição de determinar a parada ou a continuidade da operação de qualquer fonte geradora ou transmissoras, inserida no SIN.

A grande questão concentrava-se em como remunerar os investidores, que por uma necessidade estratégica da operação, recebiam a ordem de parada ou aumento na geração ou transmissão de seus ativos. Esse ponto foi pacificado por meio da reserva de capacidade disponível, que vem a ser a garantia da remuneração dos ativos ao investidor, que passa a ser remunerado pelo intervalo de tempo em que a linha de transmissão ou usina permanecer retirada da operação ou gerando a maior que sua capacidade nominal. Operação, semelhante ao que acontece com as usinas térmicas, que é uma reserva de capacidade disponível a entrar em operação, quando da necessidade de suprir os intervalos de geração indisponíveis do sistema hídrico e outras fontes, operação necessária ao atendimento das cargas.

Ao compreender a evolução da implantação da eletricidade no Brasil, cabe agora evidenciar a formação da matriz energética no país, o que será exposto no capítulo a seguir.

3 MATRIZ ENERGÉTICA NO BRASIL

O presente capítulo pretende apresentar a matriz energética nacional. Para tanto, inicia com a pesquisa acerca da estrutura composta pelo Ministério de Minas e Energia, apoiado pelos estudos e pesquisa do acervo da EPE (Empresa de Pesquisa Energética). Em seguida, afunilará o foco para a matriz de energia elétrica, abordando as fontes de geração hídrica, térmica e solar. A intenção é não somente avaliar e verificar se os dispositivos regulatórios promovem a geração de energia limpa subsidiada por créditos de carbono, mas também investigar qual o risco que a matriz pode apresentar ou já apresenta à sua manutenção e à preservação do meio ambiente.

Nesse sentido, outro ponto que se irá abordar tange à questão dos limites de utilização dos recursos naturais para geração de energia elétrica. Parte-se do fato de que a matriz de geração de energia brasileira, se comparada a matriz mundial, é considerada limpa, embora cerca de 80% da energia elétrica gerada no Brasil seja em decorrência de hidrelétricas. Assim, esse foco de atenção já faz parte do cotidiano de determinadas regiões do país, visto que as mudanças climáticas não podem mais ser ignoradas, manifestando-se nas secas em certas localidades e excesso de chuva em outras regiões, que, por sua vez, têm se tornado limitadores a geração de energia e, conseqüentemente, preocupação do ONS no atendimento das cargas e distribuição.

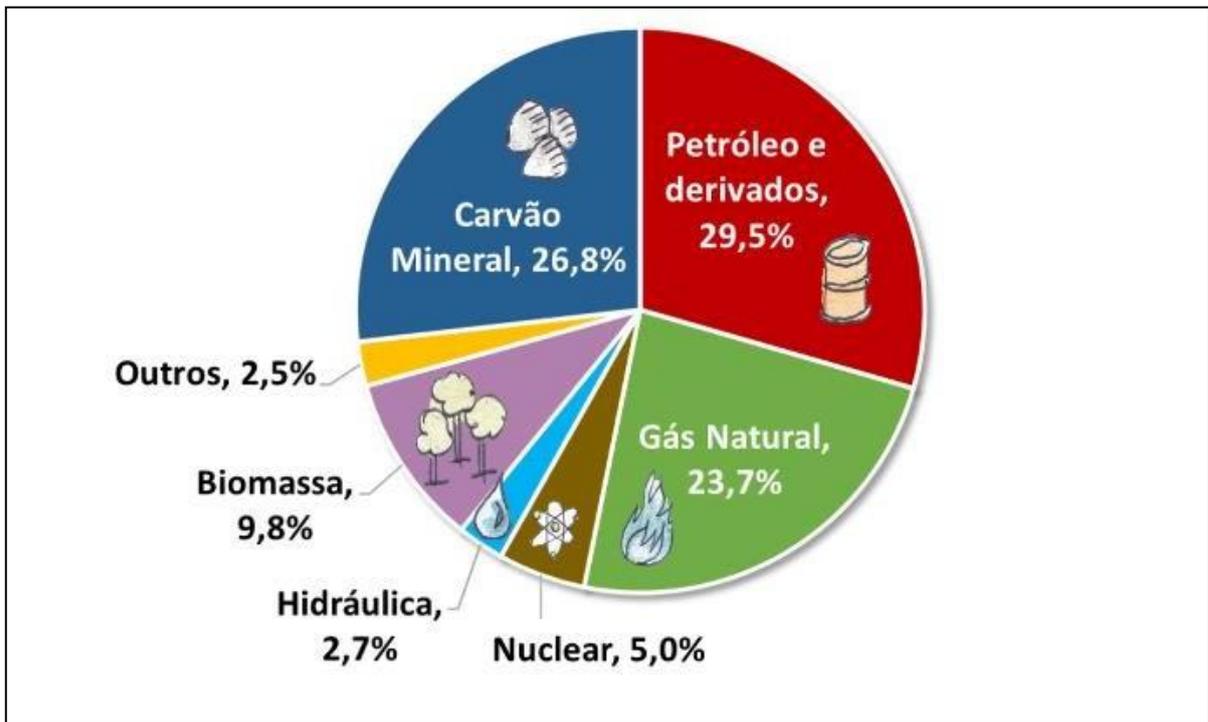
3.1 FONTES DE GERAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL, DE ACORDO COM ESTUDOS APRESENTADOS PELA EPE NO BRASIL

De acordo com os estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a energia produzida no Brasil é considerada em sua matriz como de fonte limpa, o que pode ser compreendido no estudo comparativo dos gráficos apresentados pela equipe de pesquisadores da EPE, expostos a seguir. O comparativo realizado pelos pesquisadores da EPE traça um paralelo entre as fontes de geração de energia elétrica através da análise das fontes mundiais em confrontação com os dados das fontes destinadas a geração de energia elétrica nacional. (EPE, 2018).

Antes da análise dos gráficos comparando a matriz elétrica conforme fontes de energia, faz-se necessária a compreensão do que constitui matriz energética: esse conceito representa o conjunto das fontes de energia necessário para movimentar automóveis, preparar alimentos e gerar eletricidade; por sua vez, a matriz elétrica é o conjunto das fontes utilizadas apenas para gerar energia elétrica. Assim, entende-se que a matriz elétrica é parte da matriz energética.

A matriz energética mundial é denominada composta, caracterizando-se por fontes não renováveis como carvão, petróleo e o gás natural:

Figura 9 – Matriz energética mundial de 2020

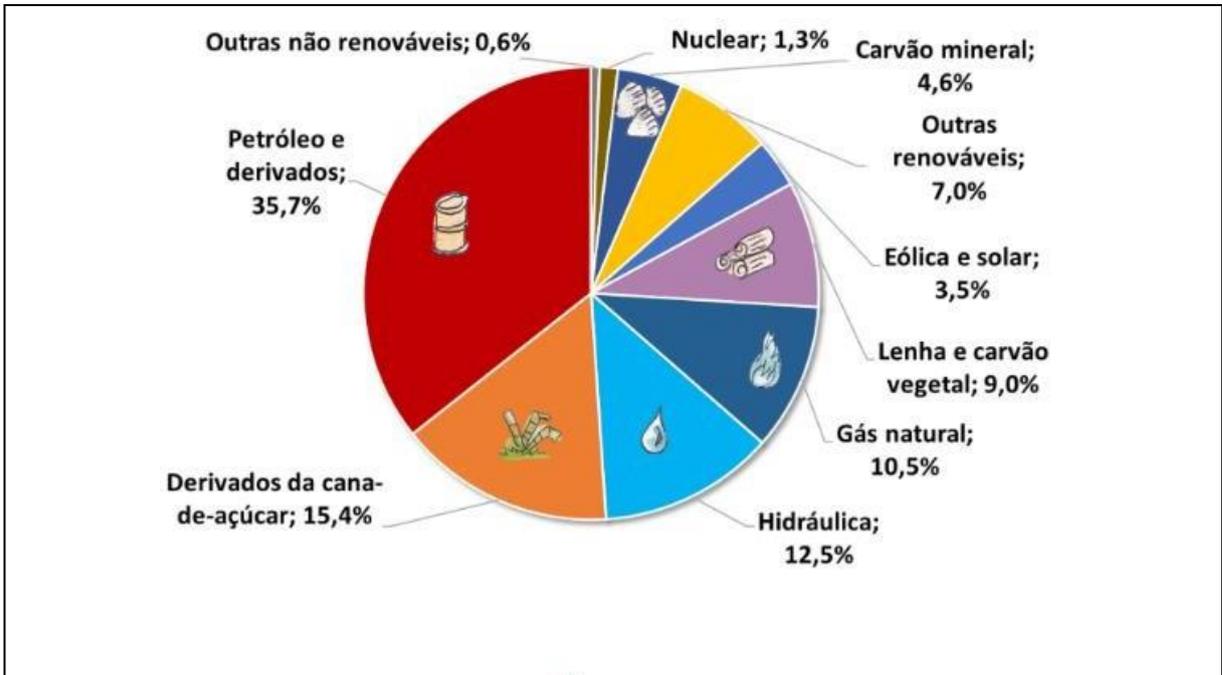


Fonte: IEA, 2022 *apud* EPE ([2024?]).

Fontes renováveis, como solar, eólica e geotérmica, quando juntas, correspondem apenas a 2,5% da matriz energética mundial em conjunto com outras matrizes apresentadas no gráfico. Somando a participação da energia hidráulica e a biomassa, as renováveis totalizam aproximadamente 15%. (EPE, 2018).

A matriz energética brasileira é muito diferente da mundial: no Brasil, utiliza-se mais fontes renováveis do que no resto do mundo. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica e derivados de cana, eólica, solar e outras renováveis, as fontes renováveis no Brasil totalizam 47%, correspondendo a quase metade da matriz energética nacional. (EPE, 2018).

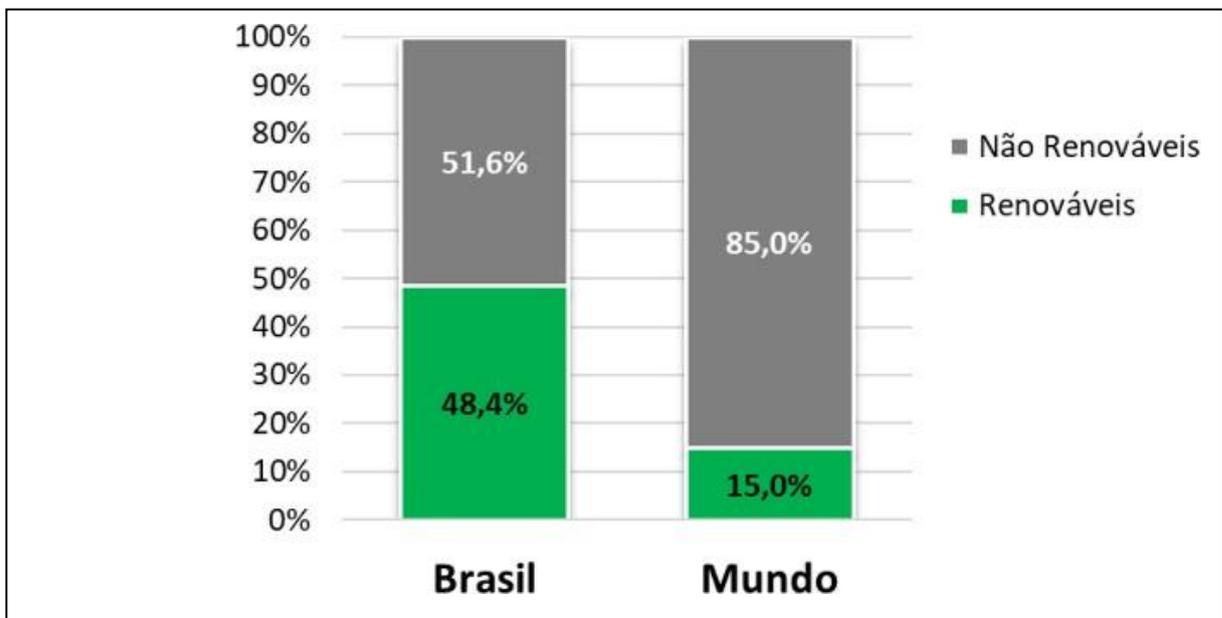
Figura 10 – Matriz energética brasileira em 2022



Fonte: BEM, 2023 *apud* EPE ([2024?]).

Assim, os pesquisadores da EPE consolidaram um gráfico comparando a matriz mundial à brasileira, possibilitando a análise dos comparativos e reflexão:

Figura 11 – Gráfico formulado pela EPE do comparativo do consumo de energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo para o ano de 2020



Fonte: EPE ([2024?]).

É possível identificar que a matriz energética brasileira é mais renovável em comparação à mundial. Essa característica da matriz brasileira é muito importante na mitigação dos danos ambientais e preservação do meio ambiente, pois as fontes não renováveis de energia são as maiores responsáveis pela emissão dos gases de efeito estufa (GEE). Assim, o país consome mais energia advinda de fontes renováveis comparado a outros países. Fazendo a divisão da emissão de gases de efeito estufa pelo número total de habitantes do país, evidencia-se que o Brasil emite menos GEE por habitantes que a maioria de outros países. (EPE, 2018).

Em primeira análise, fica evidente que a matriz energética brasileira colabora de forma expressiva à manutenção do nível das emissões dos GEE, o que, nesse momento, é descrito como importante na abordagem realizada na plataforma de pesquisas da Empresa de Pesquisa Energética, corroborando aos estudos que evidenciam a relevância do fomento a projetos de geração de energia limpa subsidiada por créditos de carbono.

De acordo com o entendimento dos pesquisadores da EPE, mudanças climáticas, transição energética e gases de efeito estufa encontram-se como causa e consequência: de um lado, a temperatura da Terra em aquecimento é consequência das altas emissões de GEE na atmosfera; de outro, o equilíbrio e manutenção da vida na Terra, frente aos efeitos das transformações climáticas, são desafios para a transição energética à redução dos GEE no planeta. De acordo com os pesquisadores, a temperatura do planeta aumentou cerca de 0,5°C graus nos últimos 100 anos e a projeção é que ela se eleve ainda mais até o final desse século, podendo alcançar os 4°C, com consequências nas condições climáticas do mundo, que sofrem e sofrerão um desequilíbrio ainda maior. O aumento da temperatura global interfere diretamente nas circulações atmosféricas, chuvas e secas, provocando grandes mudanças em diferentes regiões do globo. (EPE, 2018).

Segundo estudos realizados pelos pesquisadores, furacões devem ficar mais intensos causando maior destruição; períodos secos mais extremos em determinados locais podem causar escassez de água; chuvas mais intensas em determinadas regiões podem ocasionar enchentes, provocando danos de grande monta; derretimento das calotas polares podem causar danos à fauna, a exemplo dos ursos, bem como a elevação dos oceanos. Com o aumento do nível dos mares, as enchentes em cidades costeiras podem ser mais intensas podendo devastar cidades; devem surgir novas bactérias mais resistentes, podendo causar danos sensíveis e letais aos seres humanos. (EPE, 2018).

Para a maior parte da comunidade científica, a temperatura da Terra vem aumentando em decorrência das atividades humanas, que vêm contribuindo ao aumento excessivo das emissões de gases causadores do efeito estufa na atmosfera. Os GEE assumem papel importante

no equilíbrio climático do planeta, pois são compostos gasosos que têm funcionalidade de aprisionar o calor na atmosfera, o que é fundamental à manutenção e continuidade da vida no planeta. Se não fossem esses gases na atmosfera, a temperatura da Terra operaria em níveis tão baixos que impossibilitaria a continuidade de grande parte da vida no planeta e muitas espécies não existiriam.

De acordo com estudos, o que vem ocorrendo é que se pratica a emissão de GEE em um ritmo muito acelerado, promovendo um grande desequilíbrio e assim provocando um aquecimento acelerado em um curto período. O início desse fenômeno ocorreu na Revolução Industrial, período em que a humanidade passou a utilizar mais intensamente os combustíveis fósseis para movimentar suas máquinas. Desde então, as emissões de GEE têm sido ampliadas gradativamente, fazendo com que a temperatura do planeta aumente. Os combustíveis fósseis são grandes responsáveis pela emissão dos GEE, sendo eles o carvão mineral, os derivados de petróleo (gasolina, óleo diesel) e o gás natural. Os principais gases liberados durante o processo dessa combustão são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e o vapor de água (H_2O). O CO_2 , também chamado de gás carbônico, é o GEE mais relevante, por estar em maior volume nessas emissões. (EPE, 2018).

A análise acurada dos cientistas faz sair da zona de conforto e suscita a seguinte pergunta: o que a energia tem em relação com ou como pode contribuir para a diminuição dos gases de efeito estufa? Segundo os pesquisadores, muitas das necessidades e atividades humanas utilizam energia e a maior parte da geração dessa energia vem da queima de combustíveis fósseis. Em nível global, a maior parte da energia que é gerada e consumida é proveniente do carvão. No transporte dos veículos, a maior queima utiliza diesel e gasolina. A indústria utiliza, em grande parte, gás natural e outros, como o óleo combustível, para realizar suas operações de produção e manufatura. A concentração de toda essa queima de combustíveis fósseis é responsável pela emissão de grande quantidade de GEE na atmosfera. Um importante dado em relação às emissões de GEE no Brasil é que grande parcela das emissões se encontra relacionada ao desmatamento e às queimadas; o transporte no país ocupa a segunda posição no *ranking* das emissões, seguido do setor industrial, consequência da utilização dos combustíveis fósseis em suas operações. (EPE, 2018).

O cenário avaliado e estudado pela comunidade científica mundial realmente apresenta uma primeira visão nada confortável. Contudo, ao analisar profundamente, é possível visualizar uma perspectiva de oportunidade em relação ao equilíbrio do planeta, em especial a diminuição dos gases de efeito estufa. Para tanto, há que se contar com o apoio de todos os agentes da

sociedade, em especial para a ampliação dos projetos de energias renováveis, bem como a conscientização do consumo sustentável.

Nesse sentido, para o Brasil confrontar as mudanças climáticas, além de combater as queimadas, as estratégias devem concentrar esforços na adoção de tecnologias que contribuam a minimizar as emissões de GEE na atmosfera, incluindo a substituição de combustíveis fósseis por outras fontes energéticas. Um dos grandes desafios consiste em que a sociedade é muito dependente da energia: ela é utilizada em tudo, nas casas, nas escolas, nos escritórios, nos carros, nos ônibus, aviões, empresas e indústrias. Diante desse cenário, os representantes eleitos dispõem de uma missão fundamental, visto que a sociedade civil e as universidades estão buscando alternativas de energia que não contribuam para a emissão dos GEE.

No Brasil, a maior parte da energia produzida é gerada em hidrelétricas. No entanto, as usinas hidrelétricas dependem do ciclo regular de chuvas para manter seus reservatórios e poder dar continuidade à operação das turbinas geradoras. Ocorre que, em períodos de escassez de chuvas, se faz necessário que o ONS determine a entrada em operação das termelétricas regidas pela queima de combustíveis, o que contribui para o aumento dos GEE emitidos. (EPE, 2018).

Os esforços se consolidam continuamente, pois cientistas brasileiros integram um grupo de pesquisas vinculados a ONU com o objetivo de concentrar esforços internacionais frente às mudanças climáticas. Nessa cooperação entre países no sentido de combater as mudanças climáticas, os pesquisadores brasileiros integram o IPCC (Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas), cujo objetivo é acompanhar os avanços e as consequências das mudanças climáticas a nível global. Trata-se que um organismo multilateral, que auxilia vários países que necessitam de apoio ao enfrentamento das mudanças climáticas.

O combate às mudanças climáticas também está inserido na resolução ‘Transformando nosso mundo: Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável’ ou apenas ‘Agenda 2030’ como é chamada. Essa resolução foi adotada pelo Brasil junto aos demais estados membros da ONU (193 países e territórios). A Agenda 2030 definiu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O ODS13 propõe: ‘Ação contra a mudança global do clima: Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos’ e o ODS7 propõe ‘Energia limpa e acessível: Garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos.’ A meta é alcançar os objetivos até 2030 e a EPE participa do grupo de trabalho que ajusta o objetivo global à realidade brasileira. (EPE, 2018).

Nesse sentido, a ONU tem empenhado esforços na mudança de comportamento, e estabelece metas aos países desenvolvidos e em desenvolvimento, a exemplo do painel do clima, em especial a criação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, por meio do qual cada país compromete-se em atingir metas determinadas com foco na preservação do meio ambiente. Essas metas e objetivos permeiam todas as esferas da sociedade, como, por exemplo, a concentração de ações e iniciativas para a racionalização do uso da energia em todo o planeta. A indústria deu o primeiro passo, pois já tem apresentado significativas contribuições por meio

da utilização do selo Procel, ao criar diversos produtos que comprovadamente contribuem para a diminuição do consumo de energia.

Figura 12 – Infográfico representando os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)



Fonte: EPE ([2024?]).

De acordo com as informações de pesquisa da EPE, a mudança da matriz energética em nível global converge uma série de análises e pensamentos. Para que isso possa acontecer, os países estão investindo numerosos esforços na diminuição do consumo dos combustíveis fósseis, bem como destinando pesado investimento em tecnologias de geração de energia à diminuição dos GEE e o direcionamento de fontes que não contribuam ao seu aumento. No sentido de manter a produção em meio à adoção de um sistema que conduza à transformação da matriz, uma alternativa vem, há um bom tempo, sendo utilizada e praticada, que é a captura e o armazenamento de carbono através da compensação florestal.

Nesse sentido, há uma tendência na matriz mundial de diminuição de fontes não renováveis ou emissoras de GEE (em especial na utilização de carvão, óleo combustível ou óleo diesel na geração de energia elétrica), aumentando as plantas de geração de energia elétrica oriundas de fontes não poluidoras (como eólica, solar, bioenergia, hidráulica e nuclear). Existem outras fontes em estudo que merecem destaque na transição energética. Pode-se citar a utilização de hidrogênio renovável ou de zero carbono (os denominados hidrogênios verde ou

azul) e outras plantas de armazenagem têm se destacado pela instalação de grandes baterias utilizadas pela indústria ao atendimento de sua demanda interna de consumo. (EPE, 2018).

De acordo com as lições de Rifkin (2003), o hidrogênio pode ser encontrado em todas as partes, contudo sua estrutura raramente é encontrada sozinha na natureza. Como conhecido pela maioria das pessoas, sua molécula está em sua maior concentração compartilhada na estrutura da água, na estrutura dos combustíveis fósseis, em todos os seres vivos e é necessário que seja extraído antes de ser consumido na forma de energia. Há inúmeros métodos para se produzir hidrogênio, atualmente 50% da produção mundial é decorrente do gás natural, em um processo na forma de vapor; esse processo ocorre por meio da reação com o vapor em um transformador catalítico:

Figura 13 – Conversor catalítico



Fonte: Fogaça ([2024?]).

Esse método opera a extração dos átomos de hidrogênio, separando o dióxido de carbono como subproduto. O carvão é outra fonte que pode ser submetido ao processo de transformação através da vaporização para produzir hidrogênio, mas economicamente esse processo se torna demasiadamente mais caro em comparação ao uso do gás natural. Também é possível produzir hidrogênio do óleo ou biomassa gaseificada. Por outro lado, embora o gás natural seja uma boa alternativa na produção de hidrogênio como fonte de energia em relação ao seu custo-benefício, ele é um hidrocarboneto e sua desvantagem como fonte encontra-se na liberação de CO₂ durante o processo de extração. Os defensores dessa técnica dizem que o CO₂ gerado nesse processo de extração deve ser isolado e acondicionado em depósitos subterrâneos, sugerindo que poderiam ser utilizados os campos de extração de petróleo desativados como

depósitos de hidrocarbonetos, mesmo que o custo desse método encarecesse o custo da geração por meio de fontes de hidrogênio. Percebe-se que os pesquisadores avançam nos métodos de pesquisa sobre o acondicionamento dos resíduos, decorrência de que o processo de acondicionamento dos resíduos ainda merece estudos mais profundos em relação e segurança do método. (Rifkin, 2003).

Ademais, há que se observar que a mudança da matriz energética provoca inúmeras transformações, em especial no campo da tecnologia de atendimento das demandas de ordem técnica, bem como nos padrões de consumo, estendendo-se, ainda, às relações socioambientais. A própria relação espaço-tempo tem sido impactada pelas ações e avanços norteados pelas novas tecnologias, como exemplo, o avanço do trabalho na forma remota, que, de um lado, contribui para o aumento do consumo de energia nas residências e, de outro, contribui para a diminuição das emissões dos GEE, em consequência da não necessidade de utilização de transporte automotor.

A transição energética também produz significativas mudanças na geopolítica global da energia, promovendo desafios e oportunidades para diversos países do mundo. A transição energética é também conhecida pelas siglas dos 3Ds: descarbonização, descentralização e digitalização. A descarbonização, como a palavra induz, tem por objetivos concentrar esforços na redução e captura dos gases de efeito estufa. A descentralização ocupa-se dos desafios de gerar energia próximo aos centros de carga, ou seja, próximo do consumidor, com o propósito de melhorar os níveis de qualidade no fornecimento de energia, bem como reduzir os custos do seu transporte, a exemplo de grandes investimentos nos sistemas de transportes de energia elétrica, considerando que no Brasil um dos grandes desafios em relação aos custos da energia e o atendimento da demanda apresenta-se nos sistemas de transmissão de energia. Já a digitalização deve encarregar-se da transição tecnológica digital, contemplando as esferas da indústria de automóveis sob o propósito de produzir carros cada vez menos poluentes, incluindo as questões documental, de processos e serviços. Há que se pensar em um D que possa abranger as tecnologias de projetos de veículos automotores, contribuindo ao desenvolvimento de projetos que aumentem a eficiência destes pela sua performance aerodinâmica. (EPE, 2018).

Importante mencionar que, no Brasil, o setor energético não é o grande responsável pela geração de GEE. Além disso, a matriz energética, em especial a matriz elétrica, detém o maior percentual de renováveis e zero carbono se comparado em relação a matriz elétrica mundial. Com o propósito de dar continuidade aos índices de renovabilidade da matriz elétrica brasileira, o investimento em projetos de geração de energia de fontes elétrica e eólica tem recepcionado grande fatia do atendimento das demandas do fornecimento de energia elétrica em todo o

território nacional. Em decorrência da variação dos ventos e da variação do sol, as fontes de geração térmica ainda são necessárias ao equilíbrio do atendimento das demandas do sistema elétrico nacional, devido à possibilidade de serem acionadas de forma imediata.

Sobre o acionamento das termelétricas face à busca pela redução dos índices de GEE, está sendo utilizado o gás natural no processo de geração de energia pelas termelétricas, pelo fato de que as emissões de gases de efeito estufa são bem menores que o resultante da queima de carvão e óleo combustível. Nesse sentido, o gás natural já é conhecido como o combustível da transição energética. Nesse caminho, com os avanços propostos pela difusão do biometano e do hidrogênio, o gás natural utilizado nas termoelétricas poderá ser substituído por essas fontes de combustíveis renováveis, constituindo uma estratégia renovável a médio prazo. (EPE, 2018).

No entanto, um dos maiores desafios do Brasil se concentra no setor dos transportes, que utiliza combustíveis fósseis na grande maioria de suas operações. Para reduzir as emissões de GEE desse setor, o país tem fomentado a utilização de biocombustíveis, resultando no crescimento de investimentos de grande monta através da implantação de plantas de etanol e biodiesel. Também, projetos em veículos elétricos têm obtido avanços significativos por parte da engenharia. O que tem se difundido entre os pesquisadores é o fato de que a transição energética deverá ser inclusiva e justa para atingir seus objetivos e propósitos, devendo atentar para as possibilidades e prioridades de cada país, em especial, convergir com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). (EPE, 2018).

Nesse sentido, a EPE não realiza somente a projeção do consumo. Antes, seu papel de estudos contemplava as necessidades de expansão do sistema elétrico nacional, ao passo que é possível verificar por meio de seu estudo o comportamento e projeção do crescimento da demanda de energia do mercado nacional, dimensionar o consumo em decorrência da matriz energética e promover a abertura dos atuais leilões contemplando a geração e transmissão do sistema elétrico nacional. Dessa forma, torna mais competitivas as disputas envolvendo múltiplos fornecedores, assegurando qualidade e capacidade técnica dos concorrentes, com o propósito de premiar aquele que conserve a capacidade técnica na execução do empreendimento, oferecendo o menor custo em relação a garantia de pagamento pela disponibilidade dos ativos sob gestão do ONS.

Em primeira análise, não se identifica de forma objetiva nas resoluções atuais dispositivos que possam de forma direta subsidiar o equilíbrio nos custos de geração convencional na expansão de plantas concebidas por fontes renováveis. De outra banda, os estudos que ainda devem nortear a presente pesquisa pretendem avaliar a possibilidade de

comparar a viabilidade na implantação ou estudo de modelo direcionando créditos de carbono a implantação de fontes de energia renováveis, relacionando a garantia de disponibilidade determinada legislação atual aos ativos de geração e transmissão remunerados também em períodos que se encontram fora de serviço.

Vale a análise reflexiva, visto que a garantia de prontidão das termelétricas, por exemplo, que acaba por emitir um número considerável de GEE, tem sua remuneração garantida pela disponibilidade mesmo que fora de operação, enquanto os ganhos das fontes renováveis são maiores em relação a diminuição dos GEE e a manutenção do atendimento das demandas no tocante a disponibilidade ao atendimento do sistema.

Portanto, a EPE, é a responsável por fomentar novos projetos de geração e transmissão de energia elétrica no Brasil, com o objetivo atender as novas demandas de ampliação do sistema elétrico.

3.2 FONTES ECONÔMICAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

No cenário dinâmico da matriz energética, as usinas termelétricas enfrentam o desafio contínuo de equilibrar a necessidade premente de eletricidade com a crescente demanda por práticas ambientalmente sustentáveis. Os impactos ambientais associados a essas instalações exigem uma abordagem proativa para minimizar o seu alcance, enquanto se busca o desenvolvimento de estratégias que promovam a sustentabilidade. Um dos desafios ambientais mais destacados das usinas termelétricas é a emissão de gases de efeito estufa, principalmente dióxido de carbono (CO₂). Em resposta a essa preocupação, esforços significativos estão sendo dedicados ao desenvolvimento e implementação de tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCS). A capacidade de capturar e armazenar grandes quantidades de CO₂ antes de serem liberadas na atmosfera representa uma estratégia crucial para mitigar as emissões e combater as mudanças climáticas. (Maldonado; Resadori; Miola, 2023).

Além das emissões de CO₂, as usinas termelétricas podem liberar poluentes locais, como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e partículas sólidas. Estratégias de controle de emissões, como o uso de tecnologias avançadas de filtros e precipitadores eletrodinâmicos, são fundamentais para reduzir esses poluentes e minimizar os impactos na qualidade do ar local. O consumo significativo de água para resfriamento em algumas usinas termelétricas pode resultar em impactos nos ecossistemas aquáticos locais. Estratégias para mitigar esses impactos incluem a adoção de tecnologias de resfriamento mais eficientes, como

torres de resfriamento híbridas, e a busca por fontes alternativas de água, como água do mar dessalinizada. (Silva *et al.*, 2023).

A queima de combustíveis fósseis em usinas termelétricas gera resíduos sólidos, notavelmente cinzas volantes, que podem conter substâncias tóxicas. A gestão responsável desses resíduos é crucial para evitar a contaminação do solo e da água. Estratégias incluem a reciclagem de cinzas para aplicações industriais e a implementação de práticas seguras de disposição. O engajamento proativo com as comunidades locais é uma estratégia essencial para compreender e responder às preocupações ambientais. Da mesma forma, a transparência nas operações das usinas termelétricas, juntamente com a comunicação aberta sobre as iniciativas de redução de impactos ambientais, contribui para a construção de confiança e aceitação por parte da comunidade. (Silva; Lima; Lima, 2022).

Nesse sentido, a inovação constante e a pesquisa são fundamentais para encontrar soluções mais eficazes na redução de impactos ambientais. Investimentos em tecnologias mais limpas, métodos avançados de controle de emissões e o desenvolvimento de processos mais eficientes são pilares para impulsionar a sustentabilidade no setor termelétrico.

Enquanto as usinas termelétricas desempenham um papel essencial na garantia da estabilidade do suprimento energético, a conscientização dos impactos ambientais é crucial. A abordagem proativa na minimização desses impactos, por meio de tecnologias avançadas, controle de emissões e engajamento comunitário, é um passo vital na construção de um setor de energia que atenda às necessidades presentes sem comprometer o futuro ambiental do planeta. (Morais *et al.*, 2022).

Em um contexto global em constante evolução, em que a tomada de decisões no setor energético exige uma compreensão profunda das dinâmicas interligadas, oferecer *insights* torna-se uma peça fundamental para formuladores de políticas, pesquisadores e profissionais do setor. A integração de dados, análises abrangentes e visões contextualizadas é essencial para orientar estratégias eficazes e sustentáveis. (Jeda, 2023).

Os *insights* também abrangem análises de custos e viabilidade econômica. Para os profissionais do setor, isso envolve a avaliação de tecnologias emergentes em termos de retorno sobre investimento, custos operacionais e competitividade no mercado. Essas análises apoiam a seleção de opções que são não apenas ambientalmente benéficas, mas também economicamente sustentáveis. (Vieira; Ribeiro; Souza, 2023).

Formuladores de políticas e profissionais do setor energético estão cada vez mais interessados na integração eficiente de fontes renováveis. Logo, fornecer *insights* sobre como as usinas termelétricas podem desempenhar um papel catalisador nesse processo, seja através

de cogeração, armazenamento de energia ou integração de tecnologias mais limpas, é fundamental para moldar estratégias de diversificação da matriz energética. (Chaves *et al.*, 2020).

Desta forma, a análise de riscos é vital para todos os envolvidos no setor de usinas termelétricas, sendo necessário entender os riscos regulatórios, bem como identificar e mitigar riscos operacionais. Com isso, toda e qualquer informação técnica possível que indique os desafios potenciais corrobora para a elaboração de estratégias para a promoção da resiliência do setor e na tomada de decisões. (Fernandes *et al.*, 2020).

Para que as políticas e estratégias sejam bem-sucedidas, o engajamento comunitário e a aceitação pública são cruciais. Para tanto, análises de percepções públicas, estratégias eficazes de comunicação e abordagens colaborativas que promovam a transparência e a participação ativa das comunidades locais são ferramentas importantes. (Souza, 2009).

Outra questão relevante diz respeito à gestão responsável de resíduos em usinas termelétricas, pois é um componente crítico para garantir a sustentabilidade ambiental e social no setor de geração de energia. A queima de combustíveis fósseis, embora forneça eletricidade essencial, gera subprodutos que demandam abordagens cuidadosas para evitar impactos adversos no meio ambiente (Schmoller, 2022). Aqui, serão exploradas estratégias e práticas eficazes para a gestão responsável de resíduos nesse contexto.

O primeiro passo para uma gestão responsável de resíduos é a identificação e classificação adequada dos subprodutos gerados nas usinas termelétricas. Isso inclui cinzas volantes, escórias e outros resíduos sólidos provenientes da queima de carvão ou gás natural. A compreensão detalhada da composição desses resíduos é essencial para determinar os métodos mais apropriados de tratamento e disposição. (Lima; Souza, 2015).

A reciclagem e reutilização de resíduos sólidos são estratégias cruciais na gestão responsável de subprodutos das usinas termelétricas. Por exemplo, cinzas volantes podem ser recicladas para aplicações na construção civil, como materiais de pavimentação e blocos de concreto. Essa abordagem não apenas reduz a quantidade de resíduos destinados a aterros, mas também promove a economia circular. (Conceição *et al.*, 2023).

A implementação de tecnologias avançadas de tratamento é fundamental para minimizar o impacto ambiental dos resíduos. Processos como a estabilização química das cinzas e a encapsulação de materiais tóxicos garantem que os resíduos sejam tratados de maneira apropriada antes da disposição final. Isso contribui para evitar a lixiviação de substâncias nocivas no solo e na água. (Magrini *et al.*, 2002).

Alguns resíduos provenientes de usinas termelétricas podem ser classificados como perigosos devido à presença de metais pesados, produtos químicos tóxicos ou outros materiais nocivos. A gestão segura desses resíduos requer o cumprimento rigoroso de regulamentações ambientais, incluindo o armazenamento adequado, o transporte seguro e a disposição final em instalações apropriadas. (Maldonado; Resadori; Miola, 2023).

A avaliação de riscos associados aos resíduos e o monitoramento contínuo são componentes essenciais da gestão responsável. A identificação de potenciais impactos ambientais e riscos à saúde humana permite a implementação de medidas corretivas proativas. O monitoramento constante garante que as práticas de gestão de resíduos permaneçam eficazes ao longo do tempo. (Silva *et al.*, 2023).

O engajamento comunitário e a transparência na gestão de resíduos são vitais para construir confiança e aceitação pública. Por isso, compartilhar informações sobre práticas de gestão de resíduos, realizar consultas públicas e envolver as comunidades locais nas decisões relacionadas aos resíduos contribui para uma abordagem mais inclusiva e sustentável. (Silva; Lima; Lima, 2022).

Sendo assim, investir em pesquisa e inovação é essencial para encontrar soluções mais eficazes na gestão de resíduos. Isso inclui a exploração de novas tecnologias, métodos de tratamento mais eficientes e abordagens inovadoras para a redução da geração de resíduos. A pesquisa contínua contribui para a evolução das práticas de gestão de resíduos em usinas termelétricas. A gestão responsável de resíduos em usinas termelétricas não é apenas uma obrigação regulatória, mas uma parte integrante da busca por práticas sustentáveis na produção de energia. Ao adotar abordagens como reciclagem, tratamento avançado e engajamento comunitário, as usinas termelétricas podem minimizar seu impacto ambiental e contribuir para um setor de energia mais alinhado com os princípios da sustentabilidade. (ANEEL, 2022).

A matriz energética desempenha um papel central na configuração do futuro do setor de energia. Em busca de uma abordagem mais sustentável, diversificada e resiliente, é imperativo considerar mudanças significativas na composição dessa matriz. A seguir, exploraremos as principais considerações e estratégias para transformar a matriz energética em direção a um futuro mais equitativo e ambientalmente consciente. (Morais *et al.*, 2022).

A transição para uma matriz energética sustentável começa com a integração significativa de fontes renováveis, como energia solar, eólica, hidrelétrica, biomassa e geotérmica. Estas fontes oferecem uma produção de energia mais limpa, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e mitigando as emissões de gases de efeito estufa. A implementação eficaz de tecnologias avançadas de armazenamento de energia é essencial para

superar a intermitência inerente de algumas fontes renováveis. Sistemas de armazenamento de bateria, armazenamento térmico e outras soluções inovadoras possibilitam a distribuição eficiente da eletricidade gerada a partir de fontes intermitentes, garantindo a estabilidade da rede. (Sales, 2012).

Melhorar a eficiência energética em todos os setores é uma parte vital da transformação da matriz energética. Isso inclui investir em tecnologias mais eficientes, práticas industriais sustentáveis e promover a conscientização sobre o consumo responsável de energia entre os consumidores. A modernização da infraestrutura é crucial para acomodar a diversificação da matriz energética. Isso envolve atualizações na rede elétrica para lidar com a distribuição descentralizada de energia, a incorporação de tecnologias inteligentes para gerenciamento eficiente e a adaptação às demandas variáveis de fontes renováveis. A energia nuclear, quando gerida de forma segura e responsável, pode ser uma parte valiosa da matriz energética de baixo carbono. Investimentos em tecnologias nucleares avançadas, juntamente com rigorosos protocolos de segurança e gestão de resíduos, podem contribuir para uma fonte de energia mais sustentável. (Souza, 2009).

A transformação da matriz energética requer políticas governamentais e incentivos que favoreçam a transição para fontes mais sustentáveis. Isenções fiscais, subsídios para energias renováveis, regulamentações que promovam a eficiência e metas claras de redução de emissões são instrumentos poderosos para orientar a evolução da matriz energética. A educação e a conscientização pública são elementos-chave na sua transformação. Criar uma compreensão sólida sobre a importância da transição para fontes mais limpas, bem como envolver a sociedade nas discussões sobre políticas energéticas, são passos essenciais para garantir o apoio e a participação ativa na mudança. (Fernandes *et al.*, 2020).

Porém, não basta integrar as diversas fontes de energia, é necessário fazer a conexão no sistema de forma a garantir o fornecimento contínuo. Para superar a intermitência de fontes renováveis, é essencial implementar tecnologias avançadas de armazenamento de energia. Sistemas de bateria, armazenamento térmico e outras soluções inovadoras permitem a distribuição eficiente da eletricidade gerada a partir de fontes intermitentes, garantindo a estabilidade da rede e aumentando a confiabilidade do fornecimento de energia. A ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica regulamenta a geração de energia no país. No âmbito da legislação sobre a autoprodução de energia, pode-se destacar as seguintes normas:

Quadro 1 – Leis que regulamentam a geração de energia no Brasil

LEGISLAÇÃO GERAÇÃO
Decreto nº 2.003 de 10 de setembro de 1996 – Define e regulamenta a produção independente e a autoprodução de energia elétrica com fontes alternativas e renováveis.
Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997 – Política energética nacional das fontes de energia, inclusive as tecnologias alternativas.
MECANISMOS REGULATÓRIOS DA ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA
Resolução nº 112, de maio de 1999 (superada para registro geração). – Estabelece os requisitos necessários para a obtenção de registro ou autorização para implantação, ampliação ou repotencialização de centrais termelétricas, eólicas e demais empreendimentos operados com fontes alternativas de energia. Estabelece a obrigatoriedade de registro para centrais com capacidade de geração de até 5MW e de autorização para centrais com capacidade superior a 5MW.
Resolução Normativa nº 390, de dezembro de 2009 (nova para registro geração). – Estabelece os requisitos necessários à autorização para exploração e alteração da capacidade instalada de usinas termelétricas e de outras fontes alternativas de energia, estabelece os procedimentos para registro de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida. Esta resolução foi criada para atualizar e completar os procedimentos contidos nas normas anteriores. Entre outros estabelece a necessidade de emissão da licença ambiental para início da operação e revoga a resolução nº 112/99.

Fonte: ANEEL, 2013.

Quando são analisados os dados referentes à capacidade instalada de energia por região a partir das distintas fontes, o Norte destaca-se na produção de energia elétrica a partir de hidrelétricas após a instalação de grandes usinas na região amazônica – 39,9% (potencial hidráulico) do país contra 0,7% de refino de petróleo, setor em que o Sudeste se destaca com 92,1 pela concentração da exploração de petróleo pelo sistema *offshore* com destaque à Bacia de Campos no Rio de Janeiro e à Bacia de Santos.

Tabela 1 – Capacidade instalada

REGIÃO	REFINO DE PETRÓLEO OIL REFINERY	PLANTAS DE GÁS NATURAL NATURAL GAS PLANTS	REGION
TOTAL	100,0	100,0	TOTAL
NORTE	2,4	13,1	NORTH
NORDESTE	16,5	33,2	NORTHEAST
SUDESTE	59,3	53,7	SOUTHEAST
SUL	21,9		SOUTH
CENTRO-OESTE			CENTER-WEST

Fonte: BEN, 2012, p. 167.

A região sudeste destaca-se também como sede das plantas de geração de gás natural, 76,7% contra 13% da região Norte.

Tabela 2 – Estrutura percentual

REGIÃO	PETRÓLEO OIL	GÁS NATURAL NATURAL GAS	POTENCIAL HIDRÁULICO TOTAL HYDRAULIC POTENTIAL	REGION
TOTAL	100,0	100,0	100,0	TOTAL
NORTE	0,7	13,0	39,9	NORTH
NORDESTE	7,0	10,1	10,0	NORTHEAST
SUDESTE	92,1	76,7	17,7	SOUTHEAST
SUL	0,2	0,2	16,8	SOUTH
CENTRO-OESTE			15,6	CENTER-WEST

Fonte: BEN, 2012, p. 169.

A melhoria da eficiência energética em todos os setores é uma parte vital da transformação da matriz energética. Investir em tecnologias mais eficientes, práticas industriais sustentáveis e conscientização sobre o consumo responsável de energia são estratégias essenciais para otimizar o uso de recursos e reduzir o desperdício. A modernização da infraestrutura é crucial para acomodar a diversificação da matriz energética. Isso inclui atualizações na rede elétrica para lidar com a distribuição descentralizada de energia, a incorporação de tecnologias inteligentes para gerenciamento eficiente e a adaptação às demandas variáveis de fontes renováveis. Uma infraestrutura adaptável é fundamental para suportar a evolução dinâmica do setor. (Couto *et al.*, 2023).

A energia nuclear, quando gerida de forma segura e responsável, pode ser uma parte valiosa da matriz energética de baixo carbono. Investir em tecnologias nucleares avançadas, juntamente com rigorosos protocolos de segurança e gestão de resíduos, pode contribuir para

uma fonte de energia mais sustentável e segura. Mas, a transformação da matriz energética requer políticas governamentais e incentivos que favoreçam a transição para fontes mais sustentáveis. Rodrigues (2022) sugere o uso de isenções fiscais, subsídios para energias renováveis, e regulamentações que promovam a eficiência e metas claras de redução de emissões como instrumentos poderosos para orientar a evolução da matriz energética.

A transformação da matriz energética é uma jornada multifacetada que exige a colaboração de formuladores de políticas, pesquisadores, profissionais do setor e a participação ativa da sociedade. Ao integrar fontes renováveis, promover a eficiência, modernizar a infraestrutura e adotar políticas favoráveis, podemos construir uma matriz energética diversificada e sustentável que atenda às necessidades presentes sem comprometer o futuro das gerações vindouras. Essa abordagem representa não apenas uma evolução técnica, mas uma revolução na forma como se concebe e utiliza a energia, forjando um caminho para um futuro energético verdadeiramente sustentável e resiliente.

No próximo capítulo, será discutido o mercado de créditos de carbono, cujo surgimento iniciou em decorrência de estudos realizados e posteriormente apresentados durante a Conferência de Kyoto, com o propósito voltado a redução dos GEE ou sua remoção da atmosfera. Nesse sentido, de acordo com a previsão contida no artigo 225 da Constituição Federal de 1988, discorrendo sobre análise do risco, consubstanciado nos princípios do usuário e poluidor pagador. Pretende-se abordar a preocupação com o controle de emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, tendo como base 16 de fevereiro de 2005, momento em que 141 países concordam em reduzir em 55% as emissões de CO₂ na atmosfera. Fato que não pode ser negado é a responsabilidade direta e indireta pela emissão de CO₂ na atmosfera, ao passo que a adequada utilização e manutenção do meio ambiente para as presentes e futuras gerações é dever de todos. Pretende-se pesquisar na literatura modelos inclinados a resoluções que embasem o subsídio de créditos de carbono ao equilíbrio econômico entre as fontes atuais de geração, transmissão e distribuição, fontes hidrelétricas e termelétricas, na diminuição dos gases de efeito estufa em especial na contribuição à preservação do meio ambiente.

4 CRÉDITOS DE CARBONO PARA VIABILIZAR A TROCA DE MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL

Neste capítulo, pretende a presente pesquisa dissertar sobre a estrutura histórica e atual do mercado de crédito de carbono, sua relação com o mercado de geração de energia elétrica, através da análise da legislação vigente, tanto a nível mundial quanto local, com o objetivo de encontrar alternativas para subsidiar a geração de créditos de carbono assim como incentivar tanto as grandes indústrias quanto os pequenos produtores ou consumidores a gerarem uma energia limpa, visando a diminuição dos gases de efeito estufa, através dessa transição da matriz energética.

4.1 CRÉDITOS DE CARBONO E ACORDOS INTERNACIONAIS

Os créditos de carbono são unidades representativas de redução de emissões de gases de efeito estufa que são negociadas no mercado internacional. Surgiram como uma resposta ao desafio das mudanças climáticas, visando incentivar a redução das emissões de gases responsáveis pelo aquecimento global. Seu funcionamento baseia-se no princípio de que, ao reduzir as emissões de GEE, uma entidade pode gerar créditos de carbono, os quais podem ser comercializados para outras entidades compensarem suas próprias emissões. (Paiva; Góes; Andrade, 2015).

Os créditos de carbono têm sua origem vinculada à necessidade global de mitigar as mudanças climáticas, um desafio que exigiu a cooperação internacional e a formulação de acordos como o Protocolo de Kyoto.

O Protocolo de Kyoto é um acordo internacional adotado em 1997 durante a Terceira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), realizada em Kyoto, Japão. Este tratado estabeleceu metas de redução de emissões de gases de efeito estufa para os países desenvolvidos. Reconhecendo a dificuldade e os custos associados à redução direta das emissões, o Protocolo introduziu o conceito de mecanismos de flexibilização, incluindo o Comércio de Emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). (Athias; Sá, 2022).

O MDL foi concebido como uma forma de incentivar a cooperação internacional na mitigação das mudanças climáticas, ao permitir que países em desenvolvimento participem dos esforços de redução de emissões e se beneficiem financeiramente com isso. Os projetos financiados pelo MDL abrangem uma variedade de setores, incluindo energias renováveis,

eficiência energética, manejo de resíduos e reflorestamento, e devem atender a critérios rigorosos de sustentabilidade e adicionalidade para receber créditos de carbono. (Nogueira, 2023).

O acordo estabelece metas de redução de emissões para os países industrializados e economias em transição, com base em seus níveis de emissões históricas (Kruse, 2023), permitindo que os países cumprissem suas metas de redução de forma mais econômica e eficiente.

O Protocolo de Kyoto introduziu o conceito de “compromissos de redução de emissões” para os países desenvolvidos, definindo metas específicas de redução de emissões para cada nação participante. Esses compromissos eram legalmente vinculantes e incluíam a implementação de políticas e medidas para atingir as metas estabelecidas. Além disso, o acordo introduziu mecanismos flexíveis, como o comércio de emissões, que permitiam que os países cumprissem suas metas de redução de forma mais econômica e eficiente.

Sob o MDL, os projetos que reduzem as emissões de gases de efeito estufa podem gerar créditos de carbono, que podem ser negociados e vendidos no mercado internacional. Esses projetos podem variar de energia renovável a eficiência energética e gestão de resíduos (Godinho *et al.*, 2023).

O Protocolo de Kyoto enfrentou desafios significativos em sua implementação. Um dos principais obstáculos foi a falta de participação de grandes emissores de gases de efeito estufa, como os Estados Unidos, que se retiraram do acordo em 2001. A eficácia do protocolo foi questionada devido à falta de cumprimento de metas por alguns países e à ausência de metas vinculativas para os países em desenvolvimento, que experimentaram um aumento significativo nas emissões de gases de efeito estufa. (Oliveira *et al.*, 2021).

Apesar de suas limitações, o Protocolo de Kyoto foi um marco importante no esforço global para enfrentar as mudanças climáticas e estabeleceu as bases para futuras negociações climáticas internacionais. Seu legado pode ser visto na continuidade dos esforços para alcançar acordos climáticos mais abrangentes e ambiciosos, como o Acordo de Paris, adotado em 2015, que busca limitar o aumento da temperatura global a menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais, com esforços para limitar o aumento a 1,5°C (Vargas, Delazeri, Ferreira, 2022), tendo sido adotado por 196 países em 2015.

O Acordo de Paris estabelece um mecanismo de revisão periódica das contribuições nacionais de cada país, conhecido como “ciclo de ambição”, que visa aumentar progressivamente a ambição das metas de redução de emissões ao longo do tempo. Isso permite que os países atualizem e fortaleçam suas NDCs de forma regular, refletindo os avanços

tecnológicos, as mudanças nas condições econômicas e as novas informações científicas sobre as mudanças climáticas. (Cardoso *et al.*, 2021).

Uma das principais diferenças entre o Protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris é que este último adota uma abordagem mais flexível e inclusiva, incentivando todos os países a apresentarem contribuições nacionalmente determinadas (NDCs) para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. As NDCs são metas voluntárias estabelecidas por cada país, refletindo suas circunstâncias nacionais, capacidades e prioridades de desenvolvimento sustentável. (Horst; Andrade Júnior, 2020).

O Acordo de Paris também reconhece a importância do financiamento climático e do apoio tecnológico para ajudar os países em desenvolvimento a enfrentarem os desafios das mudanças climáticas, reafirmando o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, reconhecendo que os países têm responsabilidades diferentes com base em sua capacidade histórica de emissões e desenvolvimento econômico.

Isso reflete um reconhecimento mais amplo da necessidade de solidariedade global e cooperação para enfrentar um desafio que afeta a todos os países, independentemente de seu nível de desenvolvimento econômico (Ridelensky, 2021) e um compromisso com a equidade e a justiça climática, reconhecendo que os países mais desenvolvidos têm uma responsabilidade maior de liderar os esforços de mitigação e apoiar os países em desenvolvimento na transição para uma economia de baixo carbono e resiliente ao clima. (Martins; Maiola; Lemanski, 2022).

Sua eficácia depende da implementação efetiva das metas estabelecidas e do compromisso contínuo de todos os países em trabalhar juntos para enfrentar esse desafio urgente e complexo (Godinho *et al.*, 2023). Embora o Acordo de Paris não inclua metas obrigatórias de redução de emissões para cada país, ele estabelece um quadro legal vinculativo para que os países estabeleçam e atualizem regularmente suas contribuições nacionalmente determinadas (NDCs) para reduzir as emissões.

A eficácia do protocolo foi questionada devido à falta de cumprimento de metas por alguns países e à ausência de metas vinculativas para os países em desenvolvimento, que experimentaram um aumento significativo nas emissões de gases de efeito estufa (Oliveira *et al.*, 2021). Mas, a urgência na concretização de metas em redução dos gases de efeito estufa pode assegurar o fortalecimento de um modelo ou fomento por meio de políticas públicas a geração de energia limpa, subsidiada por créditos de carbono, ao passo que a premente crise climática exige uma resposta global coordenada e decisiva, e o Acordo de Paris é um passo crucial nessa direção. (Lefevre; Breviglieri; Osório, 2022).

A importância dos créditos de carbono na mitigação das mudanças climáticas reside no incentivo econômico que proporcionam para a redução de emissões. Ao atribuir um valor monetário às reduções de GEE, os créditos de carbono estimulam a adoção de práticas mais sustentáveis e a implementação de tecnologias limpas em diversos setores da economia. Além disso, ao promover o financiamento de projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento, os créditos de carbono contribuem para a transferência de tecnologia e conhecimento, fortalecendo a cooperação internacional na luta contra as mudanças climáticas. (Anis; Carducci; Ruviano, 2022).

No contexto dos créditos de carbono, os padrões de certificação desempenham um papel fundamental na garantia da integridade e qualidade dos créditos emitidos. Um exemplo relevante é o *SocialCarbon*, um padrão internacional que certifica projetos de redução de emissões com impacto social positivo. (Paiva *et al.*, 2015).

Entre os projetos de geração de créditos de carbono, destacam-se iniciativas voltadas para a promoção de energias renováveis, como a construção de parques eólicos e solares, que reduzem a dependência de fontes de energia fóssil e, conseqüentemente, as emissões de CO₂ associadas à sua queima. Programas de reflorestamento e preservação de áreas verdes desempenham um papel crucial na absorção de carbono da atmosfera, atuando como sumidouros naturais de CO₂. Outras atividades que geram créditos de carbono incluem medidas de eficiência energética em indústrias, edifícios e transporte, que visam a redução do consumo de energia e, por conseguinte, das emissões de gases de efeito estufa. (Poyer *et al.*, 2020).

A captura de metano proveniente de aterros sanitários e de processos industriais também contribui significativamente para a diminuição das emissões de GEE, convertendo um gás de efeito estufa potente em uma fonte de energia limpa e renovável. A implementação e a comercialização de créditos de carbono têm implicações importantes não apenas do ponto de vista ambiental, mas também econômico e social.

Esses instrumentos financeiros incentivam a inovação e o investimento em tecnologias limpas, promovendo o desenvolvimento sustentável e gerando empregos verdes. Também contribuem para a redução da pegada de carbono de empresas e países, auxiliando no cumprimento de metas de redução de emissões estabelecidas em acordos internacionais, como o Acordo de Paris. Os créditos de carbono representam uma ferramenta valiosa na transição para uma economia de baixo carbono e na construção de um futuro mais sustentável para as gerações presentes e futuras. (Reisch, 2021).

Com o término do primeiro período de compromisso do Protocolo de Kyoto em 2012 e a transição para o Acordo de Paris em 2015, o papel dos créditos de carbono evoluiu. O Acordo

de Paris enfatizou a necessidade de ações climáticas mais ambiciosas e amplas, e embora tenha reconhecido a continuidade dos mecanismos de mercado, como os créditos de carbono, muitos desafios persistem. A falta de um mercado global de carbono unificado e a incerteza regulatória em alguns países reduziram a liquidez e a confiança nesse mercado. (Sbano *et al.*, 2022).

O funcionamento dos créditos de carbono baseia-se no princípio da compensação de emissões. Quando uma empresa ou entidade emite gases de efeito estufa como parte de suas operações, ela pode adquirir créditos de carbono para compensar essas emissões. Essa compensação ocorre investindo em projetos que reduzem ou removem emissões equivalentes de CO₂.

Os créditos de carbono são certificados por padrões reconhecidos internacionalmente, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), o Padrão de Redução de Emissões Voluntárias (VER) e o Esquema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS), além de uma variedade de padrões e certificações que foram desenvolvidos para garantir a transparência e a integridade ambiental dos créditos de carbono gerados. Entre esses padrões estão o *Gold Standard*, o *Verified Carbon Standard (VCS)* e o *Clean Development Mechanism (CDM)* da ONU. Esses padrões estabelecem critérios rigorosos para a avaliação e validação de projetos de mitigação de emissões, garantindo que apenas reduções reais e mensuráveis sejam convertidas em créditos de carbono. (Oliveira *et al.*, 2021).

Os critérios para a validação e verificação de projetos de créditos de carbono geralmente incluem a demonstração do potencial de redução de emissões, a utilização de metodologias reconhecidas internacionalmente, a aplicação de práticas transparentes de monitoramento e relatório, além da garantia de benefícios adicionais, como a geração de empregos locais e o fortalecimento das comunidades afetadas. Esses critérios visam assegurar que os créditos de carbono emitidos representem uma contribuição efetiva para a redução das emissões de GEE e para o desenvolvimento sustentável. (Cruz; Paulino, 2013).

Após a verificação de que as reduções de emissões são reais, permanentes e adicionais ao cenário de referência, os créditos são emitidos e podem ser comprados e vendidos no mercado de carbono. (Justi *et al.*, 2023). Portanto, o mercado de carbono é um mecanismo que permite a negociação de créditos de carbono entre empresas, governos e instituições financeiras, oferecendo incentivos econômicos para a redução das emissões de gases de efeito estufa, criando um ambiente em que ações climáticas são valorizadas e recompensadas. Por meio deste mercado, as empresas podem cumprir suas metas de redução de emissões de forma mais eficiente e econômica, ao mesmo tempo em que contribuem para a mitigação das mudanças climáticas. (Anis *et al.*, 2022).

A valorização dos créditos de carbono é resultado do reconhecimento crescente do valor ambiental associado à redução das emissões de gases de efeito estufa. À medida que governos, empresas e consumidores buscam formas de reduzir sua pegada de carbono e cumprir metas de redução de emissões, a demanda por créditos de carbono tem aumentado. Isso tem impulsionado os preços para cima, criando incentivos mais fortes para investimentos em projetos de redução de emissões e tecnologias limpas. (Poyer *et al.*, 2020).

As flutuações nos preços dos créditos de carbono são influenciadas por uma série de fatores dinâmicos. Mudanças nas políticas governamentais, como a implementação de novos programas de *cap-and-trade* ou o estabelecimento de metas mais ambiciosas de redução de emissões, podem afetar a oferta e demanda por créditos de carbono e, conseqüentemente, os preços. Da mesma forma, avanços tecnológicos e mudanças nas condições econômicas globais podem influenciar a atratividade dos créditos de carbono como um investimento ambiental. (Justi *et al.*, 2023).

Segundo Toledo (2021), a entrada de novos participantes no mercado de créditos de carbono é outro fator que pode impactar os preços, à medida que empresas, investidores e governos buscam se envolver em iniciativas de redução de emissões e compensação de carbono. A expansão do mercado para incluir novas regiões geográficas e setores industriais também pode aumentar a liquidez e a competitividade do mercado de créditos de carbono, levando a uma maior volatilidade nos preços.

Para Kruse (2023), as perspectivas do mercado de créditos de carbono também enfrentam desafios significativos, incluindo a necessidade de garantir a integridade ambiental dos projetos de compensação de carbono, a redução da dependência desses créditos em favor de reduções reais de emissões e a criação de um mercado mais transparente e eficiente. À medida que mais países implementam políticas de precificação de carbono e promovem a cooperação internacional em matéria de mitigação das mudanças climáticas, o mercado de créditos de carbono assume maior protagonismo na transição para uma economia de baixo carbono e na promoção do desenvolvimento sustentável global.

A implementação do Acordo de Paris e os compromissos dos países para reduzir suas emissões de carbono têm impulsionado mudanças significativas no panorama regulatório global. Por exemplo, muitos países estão estabelecendo metas mais ambiciosas de neutralidade de carbono até meados do século, o que aumenta a demanda por instrumentos de mercado, como os créditos de carbono, para ajudar a alcançar esses objetivos. As negociações internacionais sobre mudanças climáticas, como as realizadas nas Conferências das Partes (COP), influenciam diretamente as perspectivas do mercado de créditos de carbono. Na mesma

linha, o fortalecimento dos compromissos dos países e a criação de mecanismos mais robustos de contabilização e verificação corroboram no incremento deste, enquanto a falta de progresso nessas áreas pode representar desafios significativos. (Sbano *et al.*, 2022).

No contexto das tendências e perspectivas do mercado de créditos de carbono, também é importante considerar o papel das inovações tecnológicas e financeiras. O surgimento de novas tecnologias de monitoramento de emissões, como satélites e sensores remotos, podem melhorar a transparência e a rastreabilidade das reduções de emissões, aumentando a confiança dos investidores e compradores de créditos de carbono. Enquanto o desenvolvimento de novos instrumentos financeiros, como os títulos de carbono e os fundos de investimento em carbono, podem ampliar o acesso ao mercado de carbono e aumentar o volume de transações. (Horst; Andrade Júnior, 2020).

Essas inovações financeiras podem atrair um conjunto mais diversificado de participantes, incluindo instituições financeiras, fundos de investimento e indivíduos, o que pode fortalecer ainda mais o mercado e sua capacidade de catalisar ações climáticas. Dessa forma, o mercado de créditos de carbono está passando por uma fase de evolução dinâmica, impulsionada por mudanças nas políticas climáticas, avanços tecnológicos e pressões ambientais globais. As tendências atuais indicam um crescimento contínuo no valor e volume de transações de créditos de carbono, com perspectivas promissoras para o futuro, desde que os desafios relacionados à integridade ambiental, transparência e eficiência sejam abordados de forma adequada.

A necessidade de maior ambição climática e a transição para uma economia de baixo carbono têm levado muitos governos e empresas a buscar abordagens mais diretas para reduzir emissões, como regulamentações mais rígidas, investimentos em energia renovável e eficiência energética. Enquanto os créditos de carbono continuam a desempenhar um papel importante na mitigação das mudanças climáticas, seu futuro está intrinsecamente ligado à evolução das políticas climáticas globais e às iniciativas para promover uma transição justa e sustentável para uma economia de baixo carbono.

4.2 TIPOLOGIA DE MERCADO E AGENTES ENVOLVIDOS, MERCADO VOLUNTÁRIO E PARTICIPANTES

No subcapítulo 4.2, pretende a presente pesquisa dissertar sobre a legislação do mercado voluntário e regulado de créditos de carbono, promover uma abordagem do atual status da

legislação brasileira em relação ao crédito de carbono, identificando as possíveis variáveis que possam contribuir para a regulação e utilização de carbono na matriz energética nacional.

Os mercados regulados e voluntários representam abordagens distintas para lidar com as emissões de empresas e mitigar os impactos ambientais. Nos mercados regulados, as empresas são legalmente obrigadas a reduzir suas emissões de acordo com normas e regulamentos estabelecidos pelo governo ou por agências reguladoras. Essas normas podem incluir limites máximos de emissões, metas de redução específicas e requisitos para implementação de tecnologias mais limpas. As penalidades por não cumprimento dessas regulamentações podem variar de multas financeiras a restrições operacionais mais severas. (Sousa, 2012).

As empresas são compelidas por lei a agir de forma a reduzir suas emissões, o que cria um incentivo claro para investir em tecnologias e práticas mais sustentáveis. O cumprimento dessas regulamentações não apenas ajuda a proteger o meio ambiente, mas também pode resultar em benefícios financeiros a longo prazo, como economias de energia, redução de custos operacionais e uma reputação positiva junto aos consumidores e investidores preocupados com a sustentabilidade. (França; Vinagre; Fonseca, 2020).

Os mercados voluntários são caracterizados pela participação das empresas por iniciativa própria, sem a imposição de regulamentações governamentais. Nesses mercados, as empresas podem optar por reduzir suas emissões e compensar sua pegada de carbono através da compra de créditos de carbono ou participação em projetos de mitigação. Embora a participação em mercados voluntários possa ser motivada por preocupações ambientais, também pode ser impulsionada por benefícios de marketing e imagem corporativa, bem como por uma crescente demanda dos consumidores por produtos e serviços sustentáveis. (Baltazar; Longo, 2023).

Tanto os mercados regulados quanto os voluntários desempenham um papel importante na redução das emissões de empresas e na mitigação dos impactos ambientais. Enquanto os mercados regulados estabelecem padrões obrigatórios e incentivam o cumprimento das regulamentações através de penalidades, os mercados voluntários oferecem às empresas a flexibilidade de participar de iniciativas sustentáveis por escolha própria, muitas vezes impulsionadas por considerações financeiras e de reputação. (Cenci; Kempfer, 2022).

Ambos os tipos de mercado visam reduzir as emissões de gases de efeito estufa e mitigar as mudanças climáticas, mas seus métodos e impulsionadores são diferentes. Enquanto os mercados regulados se baseiam na aplicação de leis e regulamentos para garantir a conformidade das empresas, os mercados voluntários dependem da iniciativa e compromisso

das empresas em reduzir suas emissões além do exigido por lei. Cada abordagem tem suas vantagens e desvantagens, e a escolha entre elas pode depender de uma série de fatores, incluindo o contexto regulatório, a cultura corporativa e os objetivos de sustentabilidade da empresa. (Cupertino; Costa, 2023).

Já os mercados voluntários são frequentemente elogiados por sua flexibilidade e capacidade de estimular a inovação, permitindo que as empresas adotem abordagens personalizadas para reduzir suas emissões e apoiar projetos de sustentabilidade que correspondam aos seus valores e objetivos estratégicos. (Basso; Viola, 2022).

Os mercados voluntários também enfrentam críticas, incluindo preocupações com a falta de padronização e transparência nos métodos de compensação de carbono e o risco de *greenwashing*, por meio do qual as empresas podem se envolver em práticas de marketing enganosas para parecerem mais sustentáveis do que realmente são. Sem a imposição de regulamentações obrigatórias, pode haver menos incentivo para as empresas reduzirem suas emissões de forma significativa.

Um dos padrões mais reconhecidos é o *Verified Carbon Standard (VCS)*, anteriormente conhecido como *Voluntary Carbon Standard*. O VCS estabelece critérios rigorosos para a verificação e certificação de projetos de mitigação de emissões, garantindo que eles atendam a requisitos técnicos e metodológicos específicos. Isso inclui a necessidade de projetos demonstrarem que suas atividades de redução de emissões são adicionais, mensuráveis, verificáveis, permanentes e não prejudiciais ao meio ambiente. A certificação pelo VCS confere aos créditos de carbono uma marca de qualidade e confiabilidade reconhecida internacionalmente, aumentando sua atratividade para investidores e compradores. (Oliveira *et al.*, 2021).

Outro padrão importante é o *Gold Standard*, que foi desenvolvido com o objetivo de elevar ainda mais o nível de qualidade e sustentabilidade dos projetos de redução de emissões. Além de cumprir os critérios do VCS, os projetos certificados pelo *Gold Standard* devem demonstrar benefícios adicionais, como impactos positivos na redução da pobreza, proteção ambiental e desenvolvimento sustentável das comunidades locais. Essa abordagem holística visa garantir que os projetos contribuam não apenas para a mitigação das mudanças climáticas, mas também para o desenvolvimento socioeconômico e ambientalmente sustentável das regiões onde são implementados. (Vargas; Delazeri; Ferreira, 2022).

A existência de múltiplos padrões de certificação pode levar a certa fragmentação e complexidade no mercado de créditos de carbono. Para abordar essa questão, esforços têm sido feitos para harmonizar e interoperar entre os diferentes padrões, a fim de promover uma maior

consistência e comparabilidade entre os créditos de carbono certificados. Essa colaboração entre os diversos atores do mercado é essencial para garantir a eficácia e credibilidade dos esquemas de certificação de carbono e impulsionar a transição para uma economia de baixo carbono mais sustentável e resiliente às mudanças climáticas.

A combinação de abordagens regulatórias e voluntárias pode ser necessária para alcançar as metas de redução de emissões de forma eficaz e abrangente, garantindo ao mesmo tempo a conformidade legal e incentivando a liderança ambiental das empresas.

4.3. ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

A legislação brasileira relacionada aos créditos de carbono é abrangente e aborda várias áreas, incluindo legislação ambiental, energética e políticas de mitigação das mudanças climáticas.

A principal legislação ambiental do Brasil é a Lei nº 3869/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação visando a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, buscando assegurar condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e a proteção da dignidade da vida humana., sendo que, entre seus objetivos, está à imposição ao poluidor ou predador a obrigação de reparar os danos causados, e ao usuário, a contribuição pela utilização de recursos ambientais com finalidade econômica (art. 4º, inc. VII).

A Lei nº 9.605/1998, trata dos crimes ambientais, incluindo a emissão excessiva de gases de efeito estufa, e estabelece penalidades para atividades que causam danos ao meio ambiente. Entre estas estão a prestação de serviços à comunidade, interdição temporária de direitos, suspensão parcial ou total das atividades, prestação pecuniária e recolhimento domiciliar, tudo dependendo da gravidade do fato e a análise dos antecedentes do infrator. O Brasil tem uma série de regulamentações específicas relacionadas à conservação da biodiversidade e ao uso sustentável dos recursos naturais, que impactam indiretamente as atividades que geram créditos de carbono. (Sousa *et al.*, 2020).

A legislação energética do Brasil também desempenha um papel importante na regulação dos créditos de carbono. O país possui uma matriz energética diversificada, com uma parcela significativa de sua eletricidade proveniente de fontes renováveis, como hidrelétricas, biomassa e energia eólica. As políticas energéticas e os incentivos governamentais para o desenvolvimento de fontes renováveis de energia têm o potencial de impulsionar a geração de

créditos de carbono em setores como a geração de energia e o transporte. (Silveira; Oliveira, 2021).

O Brasil tem adotado políticas específicas de mitigação das mudanças climáticas, incluindo a participação em acordos internacionais como o Protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris. O país estabeleceu metas ambiciosas de redução de emissões de gases de efeito estufa e tem implementado uma série de programas e iniciativas para alcançá-las. Isso inclui o incentivo ao uso de tecnologias limpas, a promoção do reflorestamento e da redução do desmatamento, bem como o apoio a projetos de energia renovável e eficiência energética. (Souza, 2020).

A legislação brasileira relacionada aos créditos de carbono abrange uma variedade de áreas e reflete o compromisso do país com a proteção do meio ambiente, o desenvolvimento sustentável e a mitigação das mudanças climáticas. Ao estabelecer normas e regulamentações claras, o Brasil cria um ambiente propício para o crescimento e desenvolvimento do mercado de créditos de carbono, incentivando investimentos em projetos de redução de emissões e contribuindo para a construção de uma economia mais sustentável e resiliente às mudanças climáticas. (Vieira; Polli, 2020).

No contexto energético, a Política Nacional de Mudanças Climáticas (Lei nº 12.187/2009, art. 4º, inc. II) desempenha um papel importante ao estabelecer diretrizes para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Esta lei estabelece metas de redução de emissões para o Brasil e promove ações de adaptação e mitigação das mudanças climáticas:

Art. 5º São diretrizes da Política Nacional sobre Mudança do Clima:

I - os compromissos assumidos pelo Brasil na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, no Protocolo de Quioto e nos demais documentos sobre mudança do clima dos quais vier a ser signatário;

II - as ações de mitigação da mudança do clima em consonância com o desenvolvimento sustentável, que sejam, sempre que possível, mensuráveis para sua adequada quantificação e verificação a posteriori;

III - as medidas de adaptação para reduzir os efeitos adversos da mudança do clima e a vulnerabilidade dos sistemas ambiental, social e econômico;

IV - as estratégias integradas de mitigação e adaptação à mudança do clima nos âmbitos local, regional e nacional;

V - o estímulo e o apoio à participação dos governos federal, estadual, distrital e municipal, assim como do setor produtivo, do meio acadêmico e da sociedade civil organizada, no desenvolvimento e na execução de políticas, planos, programas e ações relacionados à mudança do clima;

VI - a promoção e o desenvolvimento de pesquisas científico-tecnológicas, e a difusão de tecnologias, processos e práticas orientados a:

a) mitigar a mudança do clima por meio da redução de emissões antrópicas por fontes e do fortalecimento das remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa;

b) reduzir as incertezas nas projeções nacionais e regionais futuras da mudança do clima;

c) identificar vulnerabilidades e adotar medidas de adaptação adequadas;

VII - a utilização de instrumentos financeiros e econômicos para promover ações de mitigação e adaptação à mudança do clima, observado o disposto no art. 6º;

VIII - a identificação, e sua articulação com a Política prevista nesta Lei, de instrumentos de ação governamental já estabelecidos aptos a contribuir para proteger o sistema climático;

IX - o apoio e o fomento às atividades que efetivamente reduzam as emissões ou promovam as remoções por sumidouros de gases de efeito estufa;

X - a promoção da cooperação internacional no âmbito bilateral, regional e multilateral para o financiamento, a capacitação, o desenvolvimento, a transferência e a difusão de tecnologias e processos para a implementação de ações de mitigação e adaptação, incluindo a pesquisa científica, a observação sistemática e o intercâmbio de informações;

XI - o aperfeiçoamento da observação sistemática e precisa do clima e suas manifestações no território nacional e nas áreas oceânicas contíguas;

XII - a promoção da disseminação de informações, a educação, a capacitação e a conscientização pública sobre mudança do clima;

XIII - o estímulo e o apoio à manutenção e à promoção:

a) de práticas, atividades e tecnologias de baixas emissões de gases de efeito estufa;

b) de padrões sustentáveis de produção e consumo. (Brasil, 2009).

Entre as metas estabelecidas pela referida lei, destacam-se o estímulo a participação dos governos federal, estadual e municipal na execução de políticas e planos de governo visando buscar ações relacionadas às mudanças climáticas, mitigar a mudança do clima por meio da redução de emissões de gases de efeito estufa e a utilização de instrumentos financeiros buscando promover essas ações. A PNMC também estabelecia voluntariamente um objetivo a ser alcançado pelo Brasil até 2020, para a redução da emissão de gases, a qual visava reduzir entre 36,1% e 38,9% a emissão destes gases.

O Brasil possui regulamentações específicas para o setor de energia, como o *RenovaBio* (Lei nº 13.576/2017), que visa incentivar a produção e o uso de biocombustíveis, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa no setor de transporte. (Bezerra *et al.*, 2020).

A *RenovaBio* também estabelece metas de redução de emissões para as matrizes de combustíveis, as quais dependem de regulamentação em lei específica, mas que constituem em metas individuais aos distribuidores de combustíveis, proporcionalmente a sua participação no mercado, sendo que, não atingindo a meta, poderá incorrer em multa correspondente a quantidade de crédito que deixou de ser comprovada.

No que diz respeito às políticas de créditos de carbono, o Brasil participou do Protocolo de Kyoto e implementou o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), permitindo a geração e negociação de créditos de carbono por meio de projetos de redução de emissões. No entanto, a participação do Brasil no mercado de carbono tem sido afetada por questões relacionadas à governança e à eficácia do MDL. Além das iniciativas mencionadas, o Brasil também tem investido em políticas de preservação da Amazônia e combate ao desmatamento, que desempenham um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas e na geração de créditos

de carbono por meio de projetos de REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal). (Bello; Coelho, 2022).

Apesar da existência de legislação e políticas relacionadas aos créditos de carbono, o Brasil ainda enfrenta desafios na implementação efetiva dessas medidas, incluindo a necessidade de fortalecer a governança ambiental, promover o desenvolvimento sustentável e garantir a integridade e transparência dos projetos de redução de emissões. A continuidade do apoio governamental e o engajamento do setor privado são fundamentais para impulsionar a participação do Brasil no mercado de carbono e contribuir de forma significativa para os esforços globais de mitigação das mudanças climáticas.

Já a Lei nº 10.438/2002 instituiu o Programa de Desenvolvimento de Fontes Renováveis de Energia (PROINFA). Este programa tem como objetivo incentivar a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, como eólica, solar e biomassa. O programa prevê a contratação de energia proveniente dessas fontes por meio de leilões públicos, garantindo uma remuneração atrativa para os investidores e promovendo o desenvolvimento do setor de energias renováveis no país. Ao promover a geração de energia limpa e renovável, o PROINFA contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a mitigação das mudanças climáticas. (Reisch, 2021).

No mercado de créditos de carbono, a qualidade e credibilidade dos créditos emitidos são fundamentais para garantir a integridade ambiental e o cumprimento das metas de redução de emissões. Eles abrangem uma variedade de aspectos, incluindo a metodologia de avaliação das emissões evitadas ou removidas, a integridade ambiental dos projetos, a transparência e rastreabilidade das transações, e a conformidade com padrões internacionais de contabilidade de carbono. (Athias; Sá, 2022).

Incentivos fiscais e financeiros também têm papel significativo no estímulo à participação de empresas e investidores no mercado de créditos de carbono. As empresas que buscam reduzir suas emissões de carbono podem se beneficiar de diversas políticas e medidas governamentais que visam incentivar a adoção de práticas sustentáveis. Uma das principais formas de incentivo são as isenções fiscais, que podem incluir reduções ou até mesmo eliminação de impostos sobre atividades relacionadas à redução de emissões de carbono, como investimentos em tecnologias limpas, eficiência energética e projetos de compensação de carbono. (Cardoso *et al.*, 2021).

Essas isenções fiscais reduzem os custos associados à implementação de projetos de redução de emissões, tornando-os mais atrativos do ponto de vista financeiro para as empresas, porém até o momento não há uma legislação específica regulamentando essas isenções. Além

disso, elas ajudam a nivelar o campo de jogo entre empresas que adotam práticas sustentáveis e aquelas que não o fazem, incentivando uma transição mais rápida para uma economia de baixo carbono. Além das isenções fiscais, as empresas também podem se beneficiar de outros incentivos financeiros, como subsídios, empréstimos com juros baixos e investimentos diretos do governo em projetos de redução de emissões. Esses recursos financeiros podem ajudar a cobrir os custos iniciais de investimento em tecnologias limpas e infraestrutura sustentável, tornando mais viáveis os projetos de mitigação de carbono. (Silva, 2022).

Inclusive, a exemplo de projetos de incentivo à redução de emissão de gases efeito estufa, foi apresentado um projeto pioneiro em 2013 no município de Caxias do Sul, pelo então estudante de Direito da Faculdade da Serra Gaúcha, Mário Rodrigo Corrêa, no IV Parlamento Ambiental. O Projeto 48/2013, protocolado em 05/04/2013, tinha por objetivo estabelecer critérios para a ampliação da Política Agrícola, com o objetivo de minimizar a emissão de GEE através da implantação de Reatores Anaeróbicos para geração de energia e fertilizantes nas propriedades rural do município.

O projeto visava a implantação de um Reator Anaeróbico, sendo que os créditos de carbono gerados pela utilização do sistema seriam comercializados, estabelecendo que, primeiramente os créditos seriam destinados a entidades financiadoras do projeto, um segundo percentual aos produtores quando atingidos os valores gastos na implantação do projeto, e outro percentual para o fundo de desenvolvimento rural, o qual seria utilizado em pesquisas relacionadas a preservação da agricultura e meio ambiente.

No entanto, tal projeto, após ser apreciado pela CCJ do município, não foi aprovado, pois entenderam os julgadores que se tratava de um projeto inconstitucional em razão de que um Poder estaria impondo obrigações sobre o outro.

Atualmente, encontra-se em tramitação no município de Caxias do Sul o projeto 43/2022, protocolado em 11/04/22, cujo objetivo é instituir um Programa de Incentivo a Geração e a Utilização do Biogás e de Biometano, tanto na área rural quanto na urbana, possibilitando a sua comercialização ou seu autoconsumo, visando a proteção e preservação do meio ambiente através da redução da emissão de GEE.

Os governos muitas vezes oferecem financiamento subsidiado para projetos ambientalmente amigáveis, incluindo aqueles relacionados ao mercado de créditos de carbono. Esse financiamento pode vir na forma de empréstimos de baixo custo, garantias financeiras ou mesmo subsídios diretos para investimentos em projetos de mitigação de emissões. Essas medidas visam reduzir o custo de entrada e aumentar o retorno sobre o investimento em

iniciativas de redução de carbono. Outro incentivo importante para empresas e investidores são os créditos de carbono como ativos financeiros. (Baltazar; Longo, 2023).

No âmbito do mercado de carbono, as empresas que conseguem reduzir suas emissões abaixo de determinado limite têm a oportunidade de comercializar essas reduções de emissões na forma de créditos de carbono. Estes podem ser comprados por outras empresas que excederam suas metas de emissões ou por investidores interessados em compensar suas próprias emissões de carbono. Portanto, os créditos de carbono funcionam como uma forma de incentivo econômico, recompensando as empresas que adotam práticas sustentáveis e gerando receita adicional para financiar futuros projetos de redução de emissões. (França *et al.*, 2021).

Os incentivos fiscais e financeiros disponíveis para empresas e investidores que participam do mercado de créditos de carbono impulsionam as práticas ambientalmente responsáveis e corroboram na mitigação das mudanças climáticas. Essas medidas não só ajudam a reduzir o impacto ambiental das atividades econômicas, mas também estimulam a inovação e o investimento em tecnologias limpas, contribuindo para uma economia mais sustentável e resiliente no longo prazo.

4.3.1 Diagnóstico regulatório na legislação brasileira frente aos créditos de carbono e geração de energia limpa

O setor elétrico brasileiro é regulado por um extenso conjunto de resoluções, políticas e leis, que visam garantir o funcionamento eficiente, sustentável e seguro do sistema elétrico do país. Dentre essas regulamentações, destacam-se diversas medidas voltadas para a promoção de fontes de energia limpa e a redução das emissões de gases de efeito estufa, alinhadas aos compromissos internacionais de combate às mudanças climáticas. (Cupertino; Costa, 2023).

Uma das principais iniciativas nesse sentido é o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), criado em 2002. Esse programa tem como objetivo promover a diversificação da matriz energética brasileira, aumentando a participação de fontes renováveis, como eólica, solar, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), na geração de eletricidade. O Proinfa oferece incentivos financeiros, como tarifas diferenciadas e contratos de compra de energia de longo prazo, para projetos de energia renovável, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa. (Basso; Viola, 2022).

Além do Proinfa, o Brasil tem adotado uma série de políticas e regulamentações específicas para promover a energia limpa e reduzir as emissões de carbono no setor elétrico. Isso inclui leilões regulares de energia renovável, nos quais empresas competem para fornecer

eletricidade a partir de fontes como solar, eólica, biomassa e PCHs. Esses leilões ajudaram a impulsionar o crescimento rápido das energias renováveis no Brasil e a reduzir a dependência de fontes de energia mais poluentes, como termelétricas a carvão e óleo. (Fornaro *et al.*, 2022).

O Brasil tem implementado políticas de eficiência energética, visando reduzir o consumo de energia e as emissões de gases de efeito estufa associadas à geração e uso de eletricidade. Isso inclui programas de incentivo à substituição de equipamentos elétricos por versões mais eficientes, campanhas de conscientização sobre o uso racional de energia e regulamentações para edifícios e indústrias visando melhorar a eficiência energética.

Segundo Fornaro *et al.* (2023), o setor elétrico brasileiro está sujeito a um amplo conjunto de regulamentações e políticas destinadas a promover fontes de energia limpa, reduzir as emissões de gases de efeito estufa e contribuir para os esforços globais de combate às mudanças climáticas. Essas medidas ajudam a posicionar o país como um líder na transição para uma economia de baixo carbono e a mitigar os impactos das mudanças climáticas

Como já mencionado anteriormente, a PNMC (Lei nº 12.187/2009) e o compromisso assumido pelo Brasil no Acordo de Paris são fundamentais para a transição a uma matriz energética mais sustentável. Mas, juntamente com estes, no âmbito específico do setor elétrico, a Resolução Normativa nº 482/2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), estabeleceu as regras para o sistema de compensação de energia elétrica, permitindo aos consumidores gerarem sua própria energia a partir de fontes renováveis, como a solar e a eólica, e injetarem o excedente na rede elétrica, recebendo créditos pela energia produzida. (Nastari, 2020).

Além do Proinfa, que tem contribuído para a diversificação da matriz energética nacional, priorizando o uso de fontes renováveis, como a eólica, a biomassa e a pequena hidrelétrica, outra iniciativa relevante é o RenovaBio, criado pela Lei nº 13.576/2017, que estabelece metas de redução de emissões de gases de efeito estufa para o setor de combustíveis, incentivando a produção e o uso de biocombustíveis, como o etanol de cana-de-açúcar, que contribuem para a diminuição da intensidade carbono na matriz energética.

Essas medidas refletem o comprometimento do Brasil com a promoção de fontes de energia limpa e a redução das emissões de gases de efeito estufa no setor elétrico, contribuindo para a transição para uma economia de baixo carbono e para o cumprimento de seus compromissos internacionais na luta contra as mudanças climáticas.

Essas tarifas diferenciadas visam tornar os investimentos em energias renováveis mais competitivos em relação às fontes de energia convencionais, como termelétricas a carvão e óleo. Além disso, o Proinfa oferece contratos de compra de energia de longo prazo, proporcionando

segurança e previsibilidade para os investidores, o que é crucial para viabilizar projetos de grande porte e longo prazo de retorno. Além do Proinfa, o governo brasileiro realiza leilões regulares de energia, nos quais empresas competem para fornecer eletricidade a partir de fontes renováveis. Esses leilões ajudam a impulsionar o crescimento das energias renováveis no país, ao garantir demanda para os projetos e oferecer contratos de longo prazo que facilitam o financiamento. (Bello; Coelho, 2022).

Juntamente com os incentivos financeiros diretos, o governo brasileiro também oferece linhas de financiamento específicas para projetos de energias renováveis, por meio de instituições financeiras públicas, como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Esses financiamentos geralmente têm condições favoráveis, como taxas de juros abaixo do mercado e prazos de pagamento mais longos, o que ajuda a reduzir os custos de capital e tornar os investimentos em energias renováveis mais acessíveis. (Araújo; Santos, 2022).

Para completar os incentivos e subsídios para a diversificação da matriz energética, o governo realiza leilões de energia, nos quais são oferecidos contratos de longo prazo para a compra de energia gerada a partir de fontes renováveis. (Nastari, 2020). Esses leilões proporcionam previsibilidade de receita para os investidores e contribuem para o desenvolvimento de projetos de grande escala em energia solar, eólica, biomassa e PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas).

Outra iniciativa relevante são as linhas de financiamento específicas oferecidas por instituições financeiras públicas, como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Caixa Econômica Federal, que disponibilizam recursos com condições vantajosas para o financiamento de projetos de energias renováveis. Esses financiamentos podem incluir taxas de juros subsidiadas, prazos mais longos e carências para o início do pagamento. (Fornaro *et al.*, 2023).

No Brasil, a geração distribuída de energia, especialmente por meio de sistemas fotovoltaicos, tem sido incentivada por programas e regulamentações específicas que visam promover a utilização de fontes renováveis e contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa como a Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL, já citada anteriormente, que estabelece as regras para o sistema de compensação de energia elétrica. Essa resolução permite que os consumidores instalem pequenos sistemas de geração de energia renovável, como os painéis solares fotovoltaicos, em suas residências ou estabelecimentos comerciais, e utilizem a energia gerada para suprir parte ou toda a sua demanda energética. (Basso; Viola, 2022).

O excedente de energia produzido pode ser injetado na rede elétrica, gerando créditos que podem ser utilizados para abater o consumo em momentos de menor geração, como à noite ou em dias nublados. Essa modalidade de geração distribuída permite aos consumidores reduzir significativamente sua dependência da rede elétrica convencional e, ao mesmo tempo, contribuir para a geração de energia limpa e sustentável. A possibilidade de compensação de energia incentiva os investimentos em sistemas fotovoltaicos, tornando-os mais atrativos do ponto de vista econômico ao oferecer um retorno sobre o investimento ao longo do tempo. (Cupertino; Costa, 2023).

Baltazar e Longo (2023) acrescentam a Resolução Normativa nº 687/2015 da ANEEL, que trouxe novas diretrizes para a geração distribuída, simplificando os procedimentos e estabelecendo regras mais claras para a conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica.

A geração distribuída contribui para a redução das perdas na transmissão e distribuição de energia elétrica, uma vez que a energia é produzida próxima ao local de consumo, evitando longas distâncias de transporte. Isso resulta em uma maior eficiência energética e na diminuição das emissões associadas à geração e ao transporte de energia convencional. Os programas de geração distribuída, com foco especial na energia solar fotovoltaica, desempenham um papel crucial na transição para uma matriz energética mais sustentável e na mitigação dos impactos das mudanças climáticas, ao promoverem o uso de fontes renováveis e a redução das emissões de gases de efeito estufa.

A integração de fontes intermitentes de energia, como solar e eólica, na rede elétrica brasileira apresenta uma série de desafios e oportunidades que requerem uma abordagem cuidadosa e estratégica. Embora essas fontes de energia renovável tenham o potencial de contribuir significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a diversificação da matriz energética, sua natureza intermitente apresenta desafios técnicos, operacionais e de planejamento para os sistemas elétricos. Um dos principais desafios é lidar com a variabilidade da geração de energia solar e eólica, que depende das condições climáticas e meteorológicas. Isso pode levar a flutuações na oferta de energia, exigindo uma gestão cuidadosa da rede elétrica para garantir o fornecimento contínuo e confiável de eletricidade aos consumidores. (Oliveira *et al.*, 2021).

A intermitência dessas fontes de energia pode afetar a estabilidade do sistema elétrico, aumentando o risco de sobrecargas, quedas de energia e outros problemas operacionais. Para enfrentar esses desafios, são necessários investimentos em infraestrutura de rede, tecnologias de armazenamento de energia, sistemas de previsão meteorológica e ferramentas de gestão de demanda e oferta. Políticas e regulamentações adequadas são essenciais para incentivar a

integração de fontes intermitentes de energia e garantir um ambiente propício para o desenvolvimento de projetos de energia renovável. (Hellvig; Flores-Sahagu, 2020).

Apesar dos desafios, a integração de fontes intermitentes de energia também apresenta oportunidades significativas. A diversificação da matriz energética pode reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis e contribuir para a segurança energética do país. No entanto, podem não coincidir com os centros de demanda, requerendo, desta forma, investimentos em infraestrutura de transmissão para integrar esses recursos de forma eficiente na rede. Além disso, a geração distribuída de energia solar, por exemplo, pode reduzir as perdas de transmissão e distribuição, melhorar a eficiência do sistema elétrico e promover o desenvolvimento econômico local.

Ainda em relação a integração de fontes intermitentes de energia na rede elétrica brasileira, outro desafio e, também uma oportunidade, diz respeito à necessidade de criar sistemas de previsão e monitoramento avançados para antecipar variações na geração e garantir a estabilidade e segurança do sistema elétrico, o que inclui o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia, como baterias e sistemas de bombeamento hidrelétrico, para mitigar os efeitos da intermitência e garantir o fornecimento contínuo de eletricidade (Anis *et al.*, 2022). Com uma abordagem cuidadosa e estratégica, é possível aproveitar todo o potencial das energias renováveis e construir um sistema elétrico mais resiliente, eficiente e sustentável para o futuro. (Santos *et al.*, 2023).

Em termos de planejamento, é necessário adotar políticas e regulamentações que incentivem investimentos em fontes de energia complementares, como hidrelétricas de armazenamento, térmicas flexíveis e sistemas de gestão de demanda, para garantir a segurança e confiabilidade do suprimento de energia. É importante promover a diversificação geográfica e tecnológica da geração de energia renovável, para reduzir a dependência de uma única fonte ou região. Apesar dos desafios, a integração de fontes intermitentes também oferece oportunidades significativas para o desenvolvimento de uma infraestrutura energética mais sustentável e resiliente. (Reisch, 2021).

A diversificação da matriz energética com fontes renováveis pode reduzir a vulnerabilidade a choques de preços de combustíveis fósseis e fortalecer a segurança energética do país. Além disso, a integração de fontes intermitentes pode estimular a inovação tecnológica e o crescimento econômico, criando oportunidades de emprego e investimento em setores como armazenamento de energia, redes inteligentes e eficiência energética. A integração de fontes intermitentes de energia na rede elétrica brasileira apresenta desafios significativos, mas também oferece oportunidades para promover uma transição para um sistema energético mais

sustentável, eficiente e resiliente. Para aproveitar plenamente os benefícios dessas fontes de energia renovável, é crucial adotar uma abordagem integrada e holística, envolvendo políticas e investimentos em infraestrutura e inovação tecnológica.

4.3.2 Benefícios Socioeconômicos das Energias Renováveis

A expansão das energias renováveis no Brasil tem trazido uma série de benefícios socioeconômicos significativos, que vão desde a criação de empregos até o desenvolvimento regional e a redução da dependência de combustíveis fósseis. Um dos principais impactos positivos é a geração de empregos. A indústria de energias renováveis, incluindo a solar, eólica, biomassa e pequenas hidrelétricas, tem sido uma fonte importante de oportunidades de trabalho, tanto na construção, quanto na operação e manutenção de projetos. A instalação de parques eólicos e usinas solares fotovoltaicas, por exemplo, demanda mão de obra qualificada em diversas áreas, como engenharia, instalação, montagem e gerenciamento de projetos, contribuindo para a criação de empregos locais e o desenvolvimento de competências técnicas. (Chagas *et al.*, 2022).

Além da geração de empregos, a expansão das energias renováveis também tem impulsionado o desenvolvimento regional. A instalação de parques eólicos, usinas solares e projetos de biomassa muitas vezes ocorre em áreas rurais ou semiáridas, onde há grande potencial para o aproveitamento dessas fontes de energia. Isso pode estimular o crescimento econômico nessas regiões, proporcionando investimentos em infraestrutura, serviços e outras atividades relacionadas. Outro benefício importante é a redução da dependência de combustíveis fósseis, contribuindo para a segurança energética e a mitigação dos impactos ambientais das atividades energéticas. (Poyer *et al.*, 2020).

As energias renováveis são fontes limpas e sustentáveis de energia, que ajudam a reduzir as emissões de gases de efeito estufa e a combater as mudanças climáticas. Ao diversificar a matriz energética, o Brasil reduz sua vulnerabilidade às flutuações nos preços dos combustíveis fósseis e fortalece sua resiliência energética a longo prazo. A expansão das energias renováveis no Brasil traz uma série de benefícios socioeconômicos, incluindo a geração de empregos, o desenvolvimento regional e a redução da dependência de combustíveis fósseis. Esses benefícios não apenas impulsionam o crescimento econômico e social, mas também contribuem para a construção de um futuro mais sustentável e resiliente para o país. (Horst; Andrade Júnior, 2020).

Ao aumentar a participação de fontes renováveis na matriz energética, o Brasil reduz sua exposição à volatilidade dos preços do petróleo e gás natural no mercado internacional,

melhorando a segurança energética do país e mitigando os riscos de impactos econômicos negativos associados à sua importação. A substituição de combustíveis fósseis por energias renováveis contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para o combate às mudanças climáticas, beneficiando a saúde pública e o meio ambiente. (Basso; Viola, 2022).

A expansão das energias renováveis no Brasil não apenas contribui para a diversificação da matriz energética e a mitigação das mudanças climáticas, mas também gera impactos socioeconômicos positivos significativos, incluindo a criação de empregos, o desenvolvimento regional e a redução da dependência de combustíveis fósseis. Estimular ainda mais o crescimento desse setor pode ser fundamental para impulsionar o desenvolvimento sustentável do país e garantir um futuro energético mais limpo, seguro e resiliente.

4.4 POLUIDOR PAGADOR E USUÁRIO PAGADOR

No subcapítulo 4.4, pretende a presente pesquisa dissertar sobre as alternativas atuais e futuras em relação a legislação que venha a promover a utilização regulada de créditos de carbono a geração de energia elétrica de fonte solar. Além disso, abordar os aspectos em reação a essa possibilidade, contribuindo à segurança energética e diminuição dos riscos a poluição. Em considerações finais, relacionar as variáveis ligadas à diminuição dos riscos à preservação do meio ambiente, sob os aspectos dos princípios do usuário e poluidor pagador, indicar estudos futuros ao desenvolvimento de método regulatório e legislativo a utilização de créditos de carbono para subsidiar as fontes de energia limpa por projetos de geração de energia solar.

Os princípios do poluidor-pagador (PPP) e do usuário-pagador (PUP) são pilares essenciais da legislação ambiental em muitos países, incluindo o Brasil. Esses princípios refletem uma abordagem fundamental para lidar com os impactos ambientais decorrentes das atividades humanas e para promover a sustentabilidade.

O conceito do poluidor pagador enfatiza que aqueles que causam poluição ou degradam o meio ambiente devem arcar com os custos associados aos danos causados. Esse princípio está consagrado na Constituição Federal de 1988, que, em seu artigo 225, § 3º, estipula que os infratores, sejam pessoas físicas ou jurídicas, estão sujeitos a sanções penais e administrativas, além da obrigação de reparar os danos ambientais. Isso significa que aqueles que geram poluição são responsáveis por custear medidas de mitigação, remediação e compensação. (Brasil, 1988).

Por outro lado, o princípio do usuário pagador ressalta a responsabilidade daqueles que utilizam os recursos naturais de pagar pelo seu uso e pela eventual degradação associada.

Embora esse princípio não seja explicitamente mencionado em legislações específicas no Brasil, ele é incorporado em diversas políticas e leis relacionadas à gestão de recursos naturais. Um exemplo claro é a Lei nº 9.433/1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos e prevê a cobrança pelo uso da água como uma maneira de incentivar a conservação e o uso sustentável dos recursos hídricos. (Brasil, 1997).

Ambos os princípios são essenciais para promover a responsabilidade ambiental e incentivar práticas sustentáveis de desenvolvimento. Ao internalizar os custos ambientais nas atividades econômicas e ao garantir que aqueles que utilizam os recursos naturais arquem com os custos associados, esses princípios contribuem para a proteção do meio ambiente e para a promoção do desenvolvimento sustentável.

Os princípios do poluidor-pagador e do usuário pagador apresentam benefícios significativos tanto para quem gera poluição quanto para quem utiliza os recursos naturais, especialmente quando se considera o contexto dos créditos de carbono.

Para o poluidor-pagador, o sistema de créditos de carbono oferece uma oportunidade única para mitigar os custos associados à redução das emissões GEE. Em vez de incorrer em altos investimentos para implementar tecnologias mais limpas ou para reduzir suas próprias emissões, as empresas têm a opção de adquirir créditos de carbono no mercado. Esses créditos representam reduções reais de emissões realizadas em outros lugares, muitas vezes por projetos mais eficientes ou de baixo carbono. Dessa forma, o poluidor pagador pode cumprir suas metas de redução de emissões de forma mais econômica, evitando custos significativos de infraestrutura e investimento. (Ferreira, 2023).

Desde que surgiu a discussão sobre os créditos de carbono e a análise da questão como ‘o direito de poluir’ dos países desenvolvidos, com relação ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e seus créditos, os planos internos de diversos governos e de muitas corporações ao redor do mundo passaram a incluir questões de sustentabilidade voltadas à minimização das externalidades ambientais e sociais, formas de gestão de riscos, modificação de processos produtivos conduzidos por análises do ciclo de vida de produtos e outras medidas, tendo como ‘guarda-chuva’ ações públicas e privadas a questão do clima. (Lima; Silva, 2009, p. 3).

Para o usuário pagador, o sistema de créditos de carbono também oferece vantagens. Por exemplo, as empresas que investem em práticas sustentáveis ou tecnologias de baixa emissão de carbono podem gerar créditos de carbono que podem ser vendidos no mercado. Isso cria um incentivo econômico para adotar medidas que reduzam as emissões de GEE, tornando a sustentabilidade uma opção financeiramente viável. Além disso, para setores que têm dificuldade em reduzir suas próprias emissões, como o transporte aéreo, os créditos de carbono

podem oferecer uma maneira de compensar suas emissões enquanto trabalham em soluções de longo prazo. (Ferreira, 2023).

O sistema de créditos de carbono beneficia tanto o poluidor pagador quanto o usuário pagador. Ele fornece uma alternativa flexível e baseada no mercado para abordar as emissões de GEE, incentivando a adoção de práticas mais sustentáveis e ajudando a mitigar o impacto ambiental das atividades humanas. Ao mesmo tempo, oferece oportunidades econômicas para aqueles que investem em tecnologias limpas e sustentáveis, promovendo o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono.

Os mecanismos de flexibilização foram estruturados com fulcro no Princípio do Poluidor Pagador, que prevê a cobrança de uma taxa daquele que polui e a destinação dos recursos provenientes dessa taxa para alguma iniciativa de correção daquela poluição. O Princípio do Poluidor Pagador, que fundamenta toda a proposta dos Créditos de Carbono, de acordo com Celso Antônio Pacheco Fiorillo (2007, p. 33), determina a incidência e aplicação de alguns aspectos do regime-jurídico da responsabilidade civil aos danos ambientais: a) a responsabilidade civil objetiva; b) a propriedade da reparação específica do dano ambiental; e c) a solidariedade para suportar os danos causados ao meio ambiente. (Perez, 2020).

A expansão das energias renováveis também pode influenciar indiretamente o mercado de carbono ao criar incentivos para a implementação de políticas mais ambiciosas de redução de emissões. À medida que as tecnologias de energia limpa se tornam mais competitivas em comparação com os combustíveis fósseis, os formuladores de políticas podem ser encorajados a implementar medidas mais rigorosas de precificação do carbono e a estabelecer metas mais ambiciosas de redução de emissões. (Nastari, 2020).

4.5 MERCADO DE CARBONO E MECANISMOS DE FLEXIBILIZAÇÃO

O mercado de carbono ganhou destaque após a assinatura do Protocolo de Kyoto, durante a 3ª Conferência das Partes (COP) do Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), sediada na cidade de Kyoto, Japão, em 1997. O protocolo, que entrou em vigor apenas em 2005, estabeleceu que países desenvolvidos deveriam reduzir as emissões de gases de efeito estufa, e países em desenvolvimento poderiam contribuir para que as metas dos países desenvolvidos fossem atingidas e economicamente viáveis (Vargas, Delazeri, Ferreira, 2022). Assim, foi concebido o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), permitindo que países em desenvolvimento realizassem projetos de redução de emissões e vendessem Reduções Certificadas de Emissões (RCEs) para países com metas estabelecidas pelo Protocolo. (Prolo *et al.*, 2021).

O MDL estabeleceu um mercado internacional de créditos de carbono, no qual a demanda por créditos vinha dos países obrigados a cumprir as metas, e a oferta dos créditos dos países onde os projetos de redução de emissões eram realizados. No entanto, o mecanismo criado pelo Protocolo de Kyoto tinha restrições em relação às metodologias e setores abrangidos, o que excluía alguns participantes e projetos que não atendiam às regras do MDL. (Souza *et al.*, 2014).

Paralelamente ao mercado de créditos de carbono estabelecido pelo Protocolo de Kyoto, surgiu o Mercado Voluntário de Carbono. Nesse mercado, empresas e instituições que não tinham obrigações legais de reduzir emissões de GEE, porém caso desejassem compensá-las voluntariamente, podiam adquirir créditos de carbono para tal (Prolo *et al.*, 2021). O Mercado Voluntário de Carbono foi criado para permitir o desenvolvimento de projetos de maior escala que não seriam economicamente viáveis no mercado regulado pelo PQ (Souza *et al.*, 2014). Assim, as diretrizes estabelecidas pelo Protocolo de Kyoto para o comércio de créditos também influenciaram indiretamente para primeiros padrões das metodologias de projetos de crédito de carbono no mercado voluntário. (Vargas, Delazeri, Ferreira, 2022).

O Mercado Voluntário de Carbono é um sistema que permite que organizações e indivíduos compensem voluntariamente suas emissões de gases de efeito estufa por meio de projetos de redução, remoção ou sequestro de carbono. Diferente do mercado regulado, onde as emissões são obrigatórias e regulamentadas por governos, o mercado voluntário é baseado em iniciativas voluntárias de compensação.

Este mercado, no Brasil, é relativamente novo e ainda está em desenvolvimento. Ele surgiu como uma forma de ajudar empresas e indivíduos a compensar suas emissões de gases de efeito estufa através da compra de créditos gerados por projetos de redução de emissões ou de conservação de florestas. (Dias; Neffa; Tostes, 2020).

Gabriel Dadamos Rossetto, em sua dissertação “Software para gestão de inventário de crédito de carbono visando a compensação da emissão de gases de efeito estufa”, busca auxiliar organizações no monitoramento e administração de suas emissões de gases de efeito estufa. Destacam-se os seguintes aspectos: é vital minimizar as emissões de gases de efeito estufa para combater as mudanças climáticas; os créditos de carbono desempenham um papel crucial em promover a diminuição de emissões, oferecendo estímulos econômicos para que as corporações reduzam suas próprias emissões; através do software, é possível calcular a quantidade de créditos de carbono que uma empresa pode reivindicar, com base nas reduções de emissões que realizou, o programa produz relatórios detalhados sobre a gestão de emissões da empresa, os

quais podem ser apresentados a entidades reguladoras; proporcionando uma plataforma de fácil utilização para o acompanhamento e relatório de emissões.

Desta forma, o software tem o propósito de simplificar o processo pelo qual as empresas demonstram sua dedicação à sustentabilidade e alcançam seus objetivos de diminuição de emissões. (Rossetto, 2023).

A redução das emissões de gases com efeito de estufa é fundamental na luta contra as alterações climáticas, uma vez que estas as emissões contribuem para o aquecimento global e têm uma série de impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana. Os créditos de carbono são uma ferramenta importante para alcançar reduções de emissões, pois fornecem um incentivo financeiro para que as empresas reduzam suas emissões, permitindo-lhes venderem créditos por cada tonelada de dióxido de carbono que reduzem ou removem da atmosfera. Ao usar créditos de carbono para recompensar pelas reduções de emissões, governos e empresas podem encorajar o desenvolvimento e implementação de tecnologias e práticas limpas, assim ajudando a reduzir o nível geral de emissões de gases do efeito estufa. (Rossetto, 2023).

Existem várias organizações no Brasil que oferecem créditos de carbono voluntários, incluindo projetos de geração de energia limpa, projetos de conservação florestal e projetos agroflorestais. Alguns exemplos incluem projetos de geração de energia eólica, projetos de reflorestamento de áreas degradadas e projetos de agricultura sustentável. O mercado voluntário de créditos de carbono no Brasil ainda é pequeno em comparação com outros países e enfrenta desafios como a falta de regulamentação, a falta de transparência e a falta de confiança por parte dos investidores.

A maioria dos projetos de redução de emissões no mercado voluntário não são reconhecidos pela UNFCCC, ou seja, não estão registrados no sistema de registro internacional que é uma condição para uso dos créditos gerados no mercado regulado. O mercado voluntário de créditos de carbono no Brasil é promissor, mas ainda precisa de regulamentação e confiança para se desenvolver e atrair mais investidores.

Além dos mercados de carbono, existem mecanismos de flexibilização que visam facilitar a redução de emissões de carbono de forma mais eficiente e econômica. Um desses mecanismos é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), estabelecido pelo Protocolo de Kyoto, no qual os países desenvolvidos podem investir em projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento como uma forma de cumprir suas metas de redução de emissões. Esses projetos geram créditos de carbono que podem ser negociados nos mercados de carbono.

Outro mecanismo de flexibilização importante é o Esquema de Comércio de Emissões (ETS), mencionado anteriormente. Nele, as empresas têm a flexibilidade de decidir como reduzir suas emissões, podendo comprar permissões de emissão excedentes de outras empresas

ou investir em tecnologias mais limpas para cumprir suas metas de emissões. (Paiva *et al.*, 2015).

Esses diferentes tipos de mercados de carbono e mecanismos de flexibilização desempenham um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas, incentivando a redução das emissões de carbono e promovendo a transição para uma economia de baixo carbono. É importante considerar os desafios e limitações associados a esses mecanismos, como a necessidade de garantir a integridade ambiental dos projetos e a distribuição equitativa dos benefícios entre os participantes. (Oliveira, 2015).

A *Task Force on Climate-related Financial Disclosures* (TCFD) foi criada em 2015 pelo Conselho de Relações Financeiras G20 (*G20 Financial Stability Board*) com o objetivo de melhorar a transparência e a integração das questões climáticas nas decisões de investimento e gestão de risco financeiro. A iniciativa recomenda práticas e indicadores para que empresas entendam e divulguem seus riscos e oportunidades relacionados à mudança climática. O principal objetivo deste webinar é aprofundar temas sobre a gestão de riscos climáticos e sua relação com o reporte financeiro e a adaptação, trazendo estratégias para que a alta liderança possa desenvolver planos de ação e liderar a agenda de mudanças climáticas em suas empresas, utilizando a ciência como base para suas decisões.

A Plataforma Verra, conhecida por administrar padrões rigorosos para a quantificação, verificação e certificação de projetos de redução de emissões de GEE, pode desempenhar um papel significativo como método de subsídio à geração de energia por carbono, especialmente em países em desenvolvimento e ricos em recursos naturais, como o Catar. Este país, conhecido por sua economia fortemente ancorada na exportação de petróleo e gás natural, tem buscado diversificar suas fontes de energia e reduzir sua pegada de carbono, alinhando-se com as metas globais de sustentabilidade e mudanças climáticas.

No cenário brasileiro, a Plataforma Verra emerge como um instrumento fundamental para impulsionar a agenda de sustentabilidade e energias renováveis. Diante do compromisso do Brasil com a mitigação das mudanças climáticas, essa plataforma internacional de certificação de créditos de carbono oferece uma oportunidade estratégica para o país validar e certificar iniciativas que visam à redução de emissões de gases de efeito estufa, abrangendo desde projetos de reflorestamento e conservação florestal até o desenvolvimento de fontes de energia renovável. (Souza, 2023).

A relevância da Plataforma Verra para o Brasil reside na sua capacidade de assegurar que os projetos de redução de GEE atendam a critérios internacionais de sustentabilidade e eficácia. Isso é crucial para o país, que detém uma das maiores biodiversidades do mundo e um

potencial significativo para a geração de energia limpa. Ao participar dessa plataforma, o Brasil pode aumentar a credibilidade e o valor de seus projetos de sustentabilidade no mercado global de carbono, atraindo investimentos internacionais e gerando receitas adicionais por meio da venda de créditos de carbono. Esses recursos são essenciais para financiar novas iniciativas ambientais e promover a expansão da matriz energética renovável, contribuindo para a diversificação energética do país e para a redução de sua dependência de fontes fósseis.

Contudo, a implementação e a expansão de projetos certificados pela Verra enfrentam desafios no Brasil. Questões regulatórias, a necessidade de melhorar a infraestrutura de apoio às energias renováveis e a importância de elevar a conscientização sobre os benefícios ambientais e sociais dessas iniciativas são aspectos que demandam atenção. Além disso, é fundamental que os projetos de crédito de carbono promovam não apenas a compensação de emissões, mas também gerem benefícios tangíveis para as comunidades locais e a biodiversidade, garantindo uma abordagem holística à sustentabilidade.

A colaboração entre os setores público e privado, juntamente com o apoio de organizações não governamentais, é vital para superar os obstáculos e aproveitar as oportunidades que a Plataforma Verra oferece ao Brasil. Por meio dessa cooperação, o país pode maximizar o impacto de seus projetos de sustentabilidade e energias renováveis, contribuindo significativamente para a luta global contra as mudanças climáticas e caminhando em direção a um futuro mais verde e sustentável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme se verificou, no capítulo I, até a primeira década do século XX foram implantadas no Brasil um número elevado de usinas elétricas de baixa capacidade de geração para atender as cargas de iluminação pública e particulares, também ao transporte e unidades industriais, sendo que os primeiros concessionários de energia eram formados por pequenos produtores e consumidores locais.

Em decorrência do aumento da necessidade de utilização de mais energia, as discussões em torno do tema foram cada vez mais sendo intensificadas, resultando no primeiro órgão de política setorial de energia, a Comissão Federal de Forças Hidráulicas, do Ministério da Agricultura, com significativa intervenção, contribuindo para a criação do Código das Águas no ano de 1934. Inclusive, naquele momento, os investimentos em energia elétrica já estavam sendo compartilhados com o capital estrangeiro, havendo uma desnacionalização do setor, em razão da falta de capacidade de investimento por parte do estado, o que acabou criando um monopólio destas empresas. Em razão disso e dos avanços que foram sendo feitos na legislação, o governo decidiu retomar o controle econômico e exploratório da geração e distribuição de energia no Brasil, sendo o Código das Águas um avanço importante neste tema.

Atualmente o sistema de geração e transmissão de energia elétrica encontra-se quase que totalmente privatizado, sendo sua gestão centralizada pelo ONS – Operador Nacional do Sistema, que é de competência exclusiva da União.

Na busca por um futuro energético mais sustentável, diversificado e resiliente, as discussões sobre a transformação da matriz energética, que é o conjunto de fontes utilizadas para geração de energia elétrica, emergem como o epicentro de mudanças significativas. Ao integrar fontes renováveis, promover eficiência, modernizar infraestruturas e adotar políticas inovadoras, está se delineando um novo paradigma energético que transcende as limitações do passado.

A matriz energética mundial, se caracterizada pelo uso de fontes não renováveis como o carvão, petróleo e o gás natural, enquanto a matriz energética brasileira se utiliza de fontes renováveis tais como a lenha, o carvão vegetal, derivados de cana, a energia hidráulica, eólica, solar, entre outras. Ou seja, quase metade da matriz nacional é de fontes renováveis.

As fontes não renováveis de energia são as maiores responsáveis pela emissão dos gases de efeito estufa e hoje encontram-se como um dos causadores das mudanças climáticas, sendo a temperatura da Terra em aquecimento uma das consequências das altas emissões de GEE, o que traz um grande desafio para a transição energética, que é a redução destes gases no planeta,

sendo que a ONU (Organização das Nações Unidas) tem empenhado esforços a fim de mudar o comportamento dos países, através da criação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, sendo um deles, a racionalização do uso de energia e a preservação do meio ambiente.

A matriz energética desempenha um papel muito importante para o futuro do setor de energia e sua transição para uma matriz mais sustentável começa com a integração das fontes renováveis, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e mitigando os impactos ambientais associados, sendo que, para isso, é muito importante a criação de políticas públicas, governamentais e incentivos, para que se processe esta mudança.

Para contribuir com as mudanças necessárias na matriz energética visando minimizar as mudanças climáticas, houve acordos internacionais como o Protocolo de Kyoto (1997) e o Acordo de Paris (2015), nos quais surgiram os chamados créditos de carbono, que são unidades representativas de redução de emissões de gases do efeito estufa e são negociadas no mercado internacional, ou seja, quando uma empresa ou entidade emite esses gases como parte de suas operações, ela pode adquirir créditos de carbono para fazer essa compensação.

Através do Comércio de Emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, foi permitido que os países em desenvolvimento participassem dos esforços de redução de emissões de gases e se beneficiassem financeiramente, como uma forma de incentivo, para que adotem práticas mais sustentáveis e implementem tecnologias limpas.

No mercado regulado as empresas são obrigadas a reduzir suas emissões de acordo com normas e regulamentos estabelecidos pelo governo ou por agências reguladoras através de suas legislações, podendo inclusive, serem penalizadas, quando transgredirem a norma. No mercado voluntário, no qual as empresas participam por livre iniciativa, elas podem optar em reduzir e compensar suas emissões através da compra de créditos de carbono ou participação em projetos de mitigação, sem estarem condicionadas a qualquer norma regulamentadora.

A legislação brasileira é bastante abrangente em relação aos créditos de carbono, a Lei nº 9.605/98, a qual trata dos crimes ambientais e suas penalidades, incluindo a emissão excessiva de gases de efeito estufa. O Brasil também tem participado ativamente em acordos internacionais, adotado políticas públicas com o estabelecimento de metas para a redução de gases de efeito estufa. Porém, ainda há muitos desafios a serem superados, sendo necessário fortalecer a governança ambiental e engajar o setor privado para o cumprimento destas metas, principalmente através de incentivos fiscais e financeiros.

Sendo a principal Lei, a estabelecida através da Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), estabelecida pela Lei nº 12.187/09, visa à redução das emissões de gases de efeito estufa e estimula o desenvolvimento de energias renováveis, assim como a Resolução

Normativa nº 482/12 da ANEEL estabeleceu regras para que os consumidores possam gerar sua própria energia através de fontes renováveis e, para isso, o governo oferece incentivos, subsídios e linhas de financiamento para os projetos de energias renováveis através das instituições financeiras do Brasil.

Para promover a sustentabilidade e o impacto ambiental decorrente da atividade humana, a legislação ambiental deve estar pautada em dois princípios, o do poluidor-pagador (PPP), que prevê que aquele que causar poluição ou degradação ao meio ambiente deverá arcar com os custos gerados pelo dano e do usuário pagador (PUP), no qual há a responsabilidade de quem utiliza os recursos naturais pagar pelo seu uso e eventual degradação decorrente de sua atividade.

Tais princípios oportunizam ao poluidor-pagador aderir ao sistema de créditos de carbono, ao invés de recorrer a altos investimentos para implementar tecnologias mais sustentáveis. Ao usuário pagador, pode gerar créditos de carbono que serão vendidos no mercado, criando um incentivo econômico para adotar medidas que visem a redução da emissão dos GEE.

Há também o Mercado Voluntário de Carbono, que permite que as organizações e indivíduos compensem voluntariamente a emissão dos GEE, embora, no Brasil, ainda seja relativamente novo e esteja em desenvolvimento.

Também existem organizações no Brasil que oferecem créditos de carbono voluntário incluindo projetos de geração de energia limpa, geração de energia eólica, reflorestamento, entre outros, visando à redução da emissão dos gases e auxiliando no equilíbrio do planeta e na mitigação dos efeitos no meio ambiente, mas ainda dependem de regulamentação.

Desta forma, com tudo o que foi analisado e estudado, é possível identificar dispositivos ou métodos que promovam a geração de energia limpa subsidiada por créditos de carbono, seja através dos princípios do poluidor-pagador e do usuário pagador, seja através do Mercado Voluntário de Carbono ou do mercado regulado.

Se pode considerar que a diversificação é a chave para a criação de uma matriz energética, e, por conseguinte, uma rede elétrica mais robusta, capaz de lidar com a variabilidade inerente das fontes renováveis e garantir a estabilidade do fornecimento de energia.

A eficiência energética, por sua vez, emerge como um alicerce fundamental, otimizando o uso de recursos e minimizando o desperdício. Modernizar a infraestrutura é uma necessidade premente, preparando-a para lidar com a descentralização da geração e distribuição de energia, enquanto a promoção da energia nuclear segura destaca-se como um componente valioso do

mix energético de baixo carbono. Incentivos e políticas governamentais desempenham um papel crucial, fornecendo o suporte necessário para impulsionar essa transformação. Isenções fiscais, subsídios e metas ambiciosas alinham os interesses econômicos com os objetivos ambientais, catalisando a adoção de práticas mais sustentáveis.

A educação e conscientização pública emergem como uma força motriz, envolvendo a sociedade nas conversas sobre o futuro energético e promovendo uma compreensão mais profunda dos desafios e oportunidades que se apresentam. A pesquisa e o desenvolvimento contínuos atuam como faróis, iluminando o caminho para soluções inovadoras que moldarão a paisagem energética futura. Ao conectar os fios da transformação energética, é tecida uma narrativa de esperança e progresso. Está-se construindo não apenas uma matriz energética renovada, mas um legado para as gerações futuras. Este é um convite à ação conjunta, à colaboração entre nações, setores e comunidades. O futuro energético sustentável está ao alcance, e trata-se de um compromisso coletivo moldá-lo para ser resiliente, inclusivo e em harmonia com o planeta. Neste cruzamento entre desafio e oportunidade, forja-se não apenas um novo capítulo na história da energia, mas uma narrativa de resiliência.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Caminhos da legislação e da regulação do setor elétrico brasileiro. *In: CAMINHOS do setor elétrico brasileiro*. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://caminhosregulacao.aneel.gov.br/>. Acesso em: 12 set. 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Nota Técnica nº 10/2022 da SRM/ANEEL**. Medidas regulatórias necessárias para permitir a abertura do mercado livre para consumidores com carga inferior a 500 kW. Brasília, DF: ANEEL, 2022. Disponível em: <https://abraceel.com.br/biblioteca/contribuicoes-e-notas-tecnicas/2022/02/nota-tecnica-no-10-2022-da-srm-aneel-abertura-do-mercado/>. Acesso em: 3 jan. 2024.
- ANIS, Cíntia Ferreira; CARDUCCI, Carla Eloize; RUVIARO, Clandio Favarini. Mercado de carbono agrícola: realidade ou desafio? **Multitemas**, [s. l.], v. 27, n. 65, p. 163-188, jan./abr. 2022.
- ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito ambiental**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- ARAÚJO, Anderson Barbosa; SANTOS, André Bezerra dos. Análise econômica e ambiental da adoção de reatores UASB como alternativa de rota tecnológica para os futuros sistemas centralizados de Fortaleza, Ceará. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 357-364, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/z6fc6vj3YPWQNvDYCRgqxXk/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2024.
- ASSIS, Andre Koch Torres. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. Montreal: Apeiron, 2010.
- ATHIAS, Jorge Alex Nunes; SÁ, João Daniel Macedo. Políticas ambientais e instrumentos econômicos: uma análise do mercado de créditos de carbono. **Atuação: Revista Jurídica do Ministério Público Catarinense, Florianópolis**, v. 17, n. 36, p. 65-80, 2022.
- BALTAZAR, Rafael Luiz; LONGO, Sidney Kawamura. O ITR, o crédito de carbono e a compensação tributária (impostos federais). **Revista Tributária e de Finanças Públicas**, [s. l.], v. 153, p. 189-214, 2023.
- BASSO, Larissa; VIOLA, Eduardo. Para onde vão os BRICS na transição de baixo carbono? **CEBRI-Revista: Brazilian Journal of International Affairs**, [s. l.], n. 4, p. 128-158, 2022.
- BELLO, Paola Fernanda; COELHO, Sabrina Lages. Captação de biogás em aterro sanitário para reutilização sustentável. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 1342-1354, 2022.
- BEZERRA, Vanessa Rosales *et al.* Estimativa do potencial energético a partir da produção de biogás de RSU no estado da Paraíba. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 7, p. 49251-49261, 2020.
- BRASIL; Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética Brasileira 2030**. Rio de Janeiro: EPE, 2007. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/MATRIZ%202030.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2024.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 29 dez. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 23.501, de 27 de novembro de 1933**. Declara nula qualquer estipulação de pagamento em ouro, ou em determinada espécie de moeda, ou por qualquer meio tendente a recusar ou restringir, nos seus efeitos, o curso forçado do mil réis papel, e dá outras providências. Rio de Janeiro: Presidência da República, 1933. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/444930/publicacao/15696423>. Acesso em: 13 set. 2023.

BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 29 dez. 2024.

BRASIL. **Lei nº 1.145, de 31 de dezembro de 1903**. Fixa a despesa geral da Republica dos Estados Unidos do Brazil para o exercicio de 1904, e dá outras providencias. Rio de Janeiro: Presidência da República, 1903. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1900-1909/lei-1145-31-dezembro-1903-775726-publicacaooriginal-139481-pl.html>. Acesso em: 2 out. 2023.

BRASIL. **Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2005. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2005/lei-11097-13-janeiro-2005-535383-normaatualizada-pl.pdf>. Acesso em: 28 out. 2023.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm. Acesso em 28 out. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996**. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19427cons.htm. Acesso em: 28 out. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997**. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19478.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.478%2C%20DE%206%20DE%20AGOSTO%20DE%201997&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20pol%C3%ADtica%20energ%C3%A9tica,Petr%C3%B3leo%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias. Acesso em: 28 out. 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Energia elétrica no Brasil: da primeira lâmpada à Eletrobrás**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1977.

CABRAL, Lúgia Maria Martins; LAMARÃO, Sérgio T. de Niemeyer; DIAS, Renato Feliciano (Coord.). **Programa de história oral da memória da eletricidade**: catálogo de depoimentos. Rio de Janeiro: Memória da Eletricidade, 1990.

CARDOSO, Ricardo Abranches Felix *et al.* A geração distribuída e a redução de carbono na matriz elétrica brasileira. **Revista Internacional de Ciências**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 42-60, 2021.

CASTRO, Santos de. A história da eletricidade no Brasil. [S. l.: s. n., c2023]. Disponível em: https://www.academia.edu/10937029/A_Hist%C3%B3ria_da_Eletricidade_no_Brasil Acesso em: 7 dez. 2023.

CENCI, Daniel Rubens; KEMPFER, Jéssica Cindy. O direito fundamental ao meio ambiente saudável: A contribuição da política dos créditos de carbono. **Revista Direitos Humanos e Democracia**, [s. l.], v. 10, n. 19, p. e13377-e13377, 2022.

CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL. **50 anos**: a Eletrobrás no espelho da história. Rio de Janeiro: Memória da Eletricidade, 2012.

CHAGAS, Rutilene Maria; FERREIRA, Natalia Bonora Vidrih; FEITOSA, José Ricardo Teles. Crédito de carbono e sua aplicabilidade: estudo de caso em uma empresa hidroelétrica no interior de Rondônia. **Revista FAROL**, Rolim de Moura, v. 16, n. 16, p. 48-66, 2022.

CHAVES, Luiz Antônio de Oliveira *et al.* Avaliação de desempenho de usina termelétrica operando com cogeração de Energia. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 10, p.82829-82847, out. 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/19002>. Acesso em: 3 jan. 2024.

CONCEIÇÃO, Esther da Cruz *et al.* A possibilidade do uso do gás natural como fonte geradora de energia elétrica. **Revista de Tecnologia Aplicada**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 54-67, 2023. Disponível em: <https://www.cc.faccamp.br/ojs-2.4.8-2/index.php/RTA/article/view/1953>. Acesso em: 3 jan. 2024.

COUTO, Eliane Ferreira *et al.* Preconceito com as usinas nucleares. *In*: SEMANA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 4., Concórdia. **Anais da Mostra de Iniciação Científica do Instituto Federal Catarinense Campus Concórdia**. Concórdia: IFC, 2023. v. 13, n. 1. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/mic/article/view/4358>. Acesso em: 3 jan. 2024.

CRUZ, Silvia Regina Stuchi; PAULINO, Sônia Regina. Indicadores de avaliação para projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). em aterros sanitários. **Sustentabilidade em Debate**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 249-273, jan./jun. 2013.

CUPERTINO, Silvia Andrea; COSTA, Hirdan Katarina de Medeiros. A securitização de ativos ambientais na atividade de captura e armazenamento de carbono. **Caderno Pedagógico**, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 1041-1049, 2023.

DIAS, Guilherme Vieira; NEFFA, Elza; TOSTES, José Glauco Ribeiro. Pagamentos por serviços ambientais, mercado de crédito de carbono e as trocas desiguais. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 14, n. 2, p. 235-254, 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **ABCDEnergia**. Rio de Janeiro: EPE, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/ABCDEnergia>. Acesso em 28 out. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Matriz energética brasileira**: o que é e de quais recursos é composta. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>. Acesso em: 3 jan. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Matriz energética e elétrica**. Rio de Janeiro: EPE, [2024?]. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 20 mar. 2024.

FERNANDES, Juana Angélica Felipe *et al.* Energias renováveis: fonte de energia limpa? *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 11., Vitória, 23 a 26.11.2020. **Anais [...]** Vitória: IBEAS, 2020. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2020/X-004.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2024.

FERREIRA, José Ivaldo de Brito. A internalização das externalidades socioambientais através dos princípios do poluidor pagador e do usuário pagador. **Opará: Etnicidades, Movimentos Sociais e Educação**, [s. l.], v. 11, n. 17, p. e172309, 2023. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/opara/article/view/17212>. Acesso em: 29 fev. 2024.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. Conversor catalítico. *In*: BRASIL Escola. [S. l., 2024?]. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/conversor-catalitico.htm>. Acesso em: 20 mar. 2024.

FORNARO, Daniel Henrique; MARJOTTA-MAISTRO, Marta Cristina; SANTOS, Jeronimo Alves dos. Negociação em bolsa dos créditos de descarbonização. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 11, n. 13, p. e279111335583-e279111335583, 2022.

FORNARO, Daniel; SANTOS, Jeronimo; CRISTINA, Marta. Funcionamento da renovacalc MD: uma visão aplicada à produção do etanol de primeira geração. **GeSec: Revista de Gestao e Secretariado**, [s. l.], v. 14, n. 4, 2023.

FRANÇA, Evellyn Aryadne Costa *et al.* Uso da geração fotovoltaica para viabilização de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 12, p. e583101220731-e583101220731, 2021.

FRANÇA, Evellyn Aryadne; VINAGRE, Marco Valério de Albuquerque; FONSECA, Natália Daniele de Lima Vinagre. Viabilização de projetos de mecanismos de desenvolvimento limpo: aplicação em projetos de geração fotovoltaica. *In*: SEMINARIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN URBANISMO, 12., São Paulo-Lisboa, 2020. **Anais [...]**. Lisboa: Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, 2020.

GODINHO, Emmanuel Zullo *et al.* Benefícios da energia solar associados a emissão de dióxido de carbono na matriz elétrica brasileira. **Revista Tecnologia e Sociedade**, [s. l.], v. 19, n. 58, p. 246-258, 2023.

GOMES, João Paulo Pombeiro; VIEIRA, Marcelo Milano Falcão. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. **Revista de Administração Pública**, [s. l.], n. 43, v. 2, mar./abr. 2009. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rap/a/NWxd9HmK8wJBGKMPq6GcLqz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2024.

HAJAJ, Jacqueline Hannud. **Código Florestal e o crédito de carbono**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) – Faculdade de Direito da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://repositorio.pucsp.br/handle/handle/40272>. Acesso em: 3 jan. 2024.

HELLVIG, Eliana Leal; FLORES-SAHAGU, Thais Helena Sydenstricker. Desenvolvimento sustentável para empresas brasileiras: a nova proposta da economia hipocarbônica como estratégia de obtenção de lucros através dos créditos de carbono. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 5, p. 25456-25472, 2020.

HORST, Diogo José; ANDRADE JÚNIOR, Pedro Paulo de. Uma revisão sistemática sobre os mecanismos de monitoramento e captura, regulação de emissões e créditos de carbono. **Energias Renovables y Medio Ambiente**, [s. l.], v. 45, p. 51-62, 2020.

JEDA, Leonardo Vasconcelos. **Aproveitamento da casca de arroz produzida no estado do Rio Grande do Sul em Usinas Termelétricas**. 73 p. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energia) – Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé, Bagé, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/7976>. Acesso em: 3 jan. 2024.

JUSTI, Jamson *et al.* A viabilidade de geração de energia elétrica em ETEs urbanas avaliada via Dinâmica de Sistemas. **Peer Review**, [s. l.], v. 5, n. 7, p. 272-297, 2023.

KRUSE, Bárbara Cristina. Considerações pungentes ao mercado de crédito de carbono. **Revista Perspectivas Sociais**, [s. l.], v. 9, n. 01, p. 14-39, 2023.

LEFEVRE, Guilherme Borba; BREVIGLIERI, Gustavo Velloso; OSÓRIO, Guarany Ipê dos Sol. Dez recomendações para um mercado de carbono regulado no Brasil. **GV-EXECUTIVO**, v. 21, n. 1, 2022.

LEITE, Antônio Dias. **A energia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus: Elsevier, 2007.

LIMA, Lucila Fernandes; SILVA, Beatriz Gomes. Os créditos de carbono e a mudança na conduta humana. **Consultor Jurídico**. São Paulo, 19 de setembro de 2009. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2009-set-19/criacao-creditos-carbono-mudanca-conduta-humana/>. Acesso em: 23 fev. 2024.

LIMA, Maria Thereza da Silva Lopes; SOUZA, Marina Corrêa de. Discorrendo sobre o uso das termelétricas no Brasil. **Ciência e Natura**, [s. l.], v. 37, n. 2, 2015, ed. Especial UFVJM, p. 17-23, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4675/467547642004.pdf>. Acesso em: 3 jan. 2024.

LINS, Dulce Solange *et al.* Consumo de energia elétrica e suas emissões do dióxido de carbono: um estudo de caso no Instituto Federal de Pernambuco (campus Recife). antes e durante a pandemia do Covid-19. **Environmental Scientiae**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 23-35, 2021.

MACHADO, Paulo Affonço Leme. **Direito ambiental brasileiro**. 22. ed. São Paulo: Malheiros, 2014.

- MAGRINI, Alessandra *et al.* Diagnóstico da monitoração de emissões de gases de efeito estufa em usinas termelétricas no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, [s. l.], v. 9, n. 1, 2002. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/154>. Acesso em: 3 jan. 2024.
- MALDONADO, Emiliano E.; RESADORI, Alice Hertzog; MIOLA, Thales Zendron. Litigância climática no sul do Brasil: o caso da Usina Termelétrica Nova Seival. **Direito e Práxis**, São Paulo, v. 14, n. 1, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rdp/a/kYhr5jCLqzds5sGhbP4P4h/?lang=pt>. Acesso em: 3 jan. 2024.
- MARTINS, Edivanildo; MAIOLA, Mirian Ribeiro Alves; LEMANSKI, Suzana Rezende. Análise comparativa da energia solar fotovoltaica e do biogás. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, [s. l.], v. 38, n. especial, p. 901-919, 2022.
- MAY, Peter (Org.). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MEDEIROS, Victor Leão Alvarenga de. **Geração de energia elétrica por fonte híbrida: análise de custo e retorno de créditos de carbono em usinas hidrelétricas complementadas por células fotovoltaicas**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/16969>. Acesso em: 12 jan. 2024.
- MORAIS, Vinícius Oliveira Braz de *et al.* **Análise técnico-econômica de planta heliotérmica para suprimento de eletricidade em usina termelétrica em stand-by no nordeste brasileiro**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/36647>. Acesso em: 3 jan. 2024.
- MOREIRA, José Roberto Simões; HERNANDEZ NETO, Alberto (org.). **Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2023.
- NAMETALA, Ciniro Aparecido Leite. **Redes Neurais Atencionais aplicadas a modelagem e previsão de preços no Mercado de Eletricidade Brasileiro**. 2023. Tese (Doutorado em Sistemas Elétricos de Potência) – Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2023. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18154/tde-16032023-161345/pt-br.php>. Acesso em: 3 jan. 2024.
- NASTARI, Plínio Mário. A importância dos critérios de sustentabilidade para o uso de energia. **AgroANALYSIS**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 26-27, 2020.
- NOGUEIRA, Elizete Antunes Teixeira. A questão da segurança jurídica em securitização da tokenização dos certificados das cédulas de produto rural verde e dos créditos do carbono. **Brazilian Review of Finance**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 107-124, 2023.
- OLIVEIRA, Alzira Marques de; MARIO, Maurício Conceição; PACHECO, Marcos Tadeu Tavares. Fontes renováveis de energia elétrica: evolução da oferta de energia fotovoltaica no Brasil até 2050. **Brazilian Applied Science Review**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 257-272, 2021.
- OLIVEIRA, Déborah Laysa de Lima. **Gestão ambiental e créditos de carbono: um estudo de caso na empresa Kitambar**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Administração) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/42746/1/OLIVEIRA%2c%20D%2c%a9bora%20Laysa%20de%20Lima.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.

PAIVA, Danielle Soares *et al.* Voluntary carbon markets: analysis of co-benefits of Brazilian projects. **Revista de Administração Contemporânea**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 45-65, 2015.

PAIVA, Danielle Soares; GÓES, Maria de Fátima Barbosa; ANDRADE, José Célio Silveira. Análise dos cobenefícios em prol do desenvolvimento sustentável dos projetos brasileiros de troca de combustível: um estudo de caso da Dori Alimentos. **Revista Alcance**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 474-489, 2015.

PEREIRA, Aline Isabela Paulino. A Companhia Geral de Eletricidade: da necessidade de geração de energia elétrica aos desafios enfrentados por pequenas concessionárias do setor energético. **Khronos**, [s. l.], n. 14, p. 93-119, 2023. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/khronos/article/view/206405>. Acesso em: 3 jan. 2024.

PEREZ, Pedro Vinícius. Princípios do direito ambiental: parte 2. *In*: JUSBRASIL. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/principios-do-direito-ambiental/760320734>. Acesso em: 20 mar. 2024.

PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; REIS, Lineu Belico dos (ed.). **Energia e sustentabilidade**. Barueri: Manole, 2016. (Coleção ambiental, v. 19).

POYER, Flávia Regina *et al.* Crédito de carbono: panorama das publicações no Brasil para os últimos dez anos (2009 a 2019). *In*: SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DO AGRONEGÓCIO, 8., Porto Alegre, 2020. **Anais [...]**. Porto Alegre: CEPAN, 2020.

REIS, Lineu Belico dos. **Energia e sustentabilidade**: aspectos tecnológicos, socioambientais e legais. 2. ed. Barueri: Manole, 2014.

REISCH, Renzo Dalle Nogare. O potencial brasileiro para gerar créditos de carbono através da conservação florestal, reflorestamento e produção agrícola sustentável. **Humboldt**: Revista de Geografia Física e Meio Ambiente, [s. l.], v. 1, n. 3, 2021.

RIDELNSKY, Margareth. A sustentabilidade ambiental de projetos de sucesso com diferentes alternativas de energia. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 11, p. e194101118380-e194101118380, 2021.

RIFKIN, Jeremy. **A economia do hidrogênio**. São Paulo: M. Books do Brasil, 2003.

RODRIGUES, Gabriel Gomes. **Avaliação da potência gerada por área ocupada entre usinas termelétricas a gás natural e usina termosolar**. 2022. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/34851>. Acesso em: 3 jan. 2024.

RODRIGUES, Roberto Elias; Aspectos jurídicos do crédito de carbono e sua aplicação no ordenamento jurídico brasileiro. **Revista Jurídica da Presidência**, Brasília, DF, v. 15, n. 107, p. 723-748, out. 2013/jan. 2014.

ROSSETTO, Gabriel Dadamos. **Software para gestão de inventário de crédito de carbono visando a compensação da emissão de gases de efeito estufa**. 2023. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Bauru, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/4372698f-b367-4e7c-a32b-925d0350cf40/content>. Acesso em: 10 fev. 2024.

SALES, Claudio. **Sistema legal e regulatório do setor elétrico no Brasil**: panorama do setor: planejamento da expansão e leilões, tributos e encargos, e MP 579. [S. l.]: Instituto Acende Brasil, 28.09.2012. Disponível em: <https://www.engie.com.br/uploads/2018/11/Apresentac%CC%A7a%CC%83o-Sistema-Legal-e-Regulato%CC%81rio-do-Sector-Ele%CC%81trico-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2024.

SANTOS, Leomir; NASCIMENTO, Alexandre; ROBERTO, José. Estimativa das emissões evitadas de dióxido de carbono na geração de energia elétrica a partir de sistemas solares fotovoltaicos. **Diálogos Possíveis**, [s. l.], v. 22, n. 1, 2023.

SBANO, João Victor Rego Ferreira *et al.* Biogás: uma forma de energia limpa e renovável em meio a uma crise mundial ambiental. **Conjecturas**, [s. l.], v. 22, n. 11, p. 238-250, 2022.

SCHMOLLER, Maria Cristina. **Desafios e oportunidades na abertura do ambiente de contratação livre de energia elétrica no Brasil**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30521/1/desafiosambientecontratacaolivre.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SILVA JUNIOR, Daveny Jales da *et al.* Economia de energia elétrica com aplicações sustentáveis frente a uma recessão de geração de eletricidade em meio a uma crise hidroenergética no Brasil. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. e10012139638-e10012139638, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/39638>. Acesso em: 3 jan. 2024.

SILVA, Eline Lima da *et al.* Investigação das causas de não conformidades legais na qualidade dos combustíveis de usinas termoeletricas na região Norte do Brasil. **Concilium**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 16-30, 2023. Disponível em: <http://clium.org/index.php/edicoes/article/view/814>. Acesso em: 3 jan. 2024.

SILVA, Fernanda O. Premiações socioambientais e venda de carbono da usina hidrelétrica Teles Pires: O paradoxo do desenvolvimento sustentável. **Wamon**: Revista dos Alunos do Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social da UFAM, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 135-164, 2022.

SILVA, Jordan Vinicius Lopes; LIMA, Edijadson Rodrigues; LIMA, Alycia Monike Silva Lins. **Eficiência de usina termelétrica combustão interna ciclo aberto**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – UNIFG – Faculdade dos Guararapes, Guararapes, 2022.

SILVA, Paulo César Montenegro de Ávila. **Regulação da abertura do mercado livre de energia elétrica**: análise da implantação da competição varejista no Brasil. 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Direito Econômico e Desenvolvimento) – Instituto Brasileiro de

Ensino, Pesquisa e Desenvolvimento, Brasília, DF, 2022. Disponível em: https://repositorio.idp.edu.br/bitstream/123456789/4037/1/DISSERTA%20C%27%20C%27%20O_PAULO%20C%27%20SAR%20MONTENEGRO%20DE%20C%27%20VILA%20E%20SILVA_MESTRADO%20PROFISSIONAL%20EM%20DIREITO%20ECON%27%20MICO.pdf. Acesso em: 20 mar. 2024.

SILVEIRA, Caroline Soares da; OLIVEIRA, Letícia de. Análise do mercado de carbono no Brasil: histórico e desenvolvimento. **Novos Cadernos NAEA**, [s. l.], v. 24, n. 3, 2021.

SOUSA, André Luis *et al.* O mercado internacional de créditos de carbono: estudo comparativo entre as vertentes regulada e voluntária no Brasil no período de 2004 a 2011. **Sistemas & Gestão**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 526-544, dez. 2012. Disponível em: <https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/V7N4A2/V7N4A2>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SOUSA, Angelita Pereira Melo *et al.* Retorno de investimento de sistemas de tratamento de resíduos em granjas de suínos. **Ciência Animal Brasileira**, [s. l.], v. 21, 2020.

SOUZA, Alexandre do Nascimento. **Licenciamento ambiental no Brasil sob a perspectiva da modernização ecológica**. 2009. 226 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-02112010-233044/publico/Licenciamento_Ambiental_no_Brasil_A_Perspectiva_da_Modernizacao_Ecologica.pdf. Acesso em: 20 mar. 2024.

SOUZA, Brendo Luís Carvalho de *et al.* Transição energética e as potencialidades da instalação de energia solar em Campos dos Goytacazes. **Confict**, [s. l.] v. 14, n. 1, 2022.

SOUZA, Sílvia Lorena Villas Boas. **Os créditos de carbono no âmbito do Protocolo de Quioto**. Curitiba: Appris, 2020.

SOUZA, Taianne Léa Melo de. **O mercado de crédito de carbono no estado do Pará: cenário atual e estimativa para os próximos anos**. 2023. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis). – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2023. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/3141>. Acesso em: 5 fev. 2024.

TELÉSFORO, Ana Cristina de Oliveira; PAIVA, Danielle Soares; ANDRADE, José Célio Silveira. Projetos de redução de gases do efeito estufa do Mercado Voluntário de Carbono brasileiro: um estudo de caso na Indústria Cerâmica do Semiárido. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 44, n. especial, p. 333-346, jun. 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/21857>. Acesso em: 20 fev. 2024.

TOLEDO, Karina Caldeira. A não incidência de impostos estaduais e municipais nas comercializações de créditos de carbono. **Revista Direito Tributário Atual**, [s. l.], n. 48, p. 223-241, 2021.

TONIDANDEL, Danny Augusto Vieira; ARAÚJO, Antônio Emílio Angueth de; BOAVENTURA, Wallace do Couto. História da eletricidade e do magnetismo: da Antiguidade à Idade Média. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 40, p. e4602, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/fQ4Ck9MFSK5gHxKnQJy7T3x/?format=html#>. Acesso em: 3 jan. 2024.

VARGAS, Daniel Barcelos; DELAZERI, Linda Márcia Mendes; FERRERA, Vinícius Hector Pires. O avanço do mercado voluntário de carbono no Brasil: desafios estruturais, técnicos e científicos. **Observatório de Bioeconomia – Escola de Economia de São Paulo – FGV**, São Paulo, maio 2022. Disponível em:

https://eesp.fgv.br/sites/eesp.fgv.br/files/mercado_de_carbono_2.pdf. Acesso em: 20 mar. 2024.

VICHI, Flacio Maron; MANSOR, Maria Teresa Castilho. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Quim. Nova**, [s. l.], v. 32, n. 3, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/jKDr7jyNw7p5TcqDvXSfx3t/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 jan. 2024.

VIEIRA, Henrique Gois; POLLI, Henrique Quero. O biogás como fonte alternativa de energia. **Revista Interface Tecnológica**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 388-400, 2020.

VIEIRA, Olga Hianni Portugal; RIBEIRO, Luiz Carlos de Santana; SOUZA, Kênia Barreiro de. Impactos econômicos de curto prazo da usina termoelétrica porto de Sergipe. **Revista Econômica do Nordeste**, [s. l.], v. 54, n. 3, p. 129–148, 2023. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/ren/article/view/1407>. Acesso em: 30 jan. 2024.