

Transição Energética e Sustentabilidade: energia renovável, hidrogênio verde e mineração como fatores de desenvolvimento sustentável do estado do Piauí

Sebastião P. Mendes da Costa

Gabriel Rocha Furtado

Orgs.



Editora Fundação Fênix

A Energia Renovável, o Hidrogênio Verde e a Mineração despontam como fatores de desenvolvimento que precisam de adequação à sustentabilidade para que o crescimento econômico seja pautado também no respeito ao meio ambiente equilibrado, proporcionando melhorias no campo social. O conteúdo desta obra é profundo diante desses novos temas que se apresentam para a seara sociojurídica e econômica. Junto à necessidade de adequação aos ditames ambientais, há igualmente a necessidade de implementação de regulação jurídica para que esses fatores sejam tratados com segurança jurídica, ou seja, mudanças institucionais são essenciais para que o potencial energético do estado do Piauí e de diversas regiões brasileiras transforme favoravelmente a vida de sua população.

Os organizadores



Editora Fundação Fênix



**TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE: ENERGIA RENOVÁVEL,
HIDROGÊNIO VERDE E MINERAÇÃO COMO FATORES DE DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL DO ESTADO DO PIAUÍ**

Série Direito

Conselho Editorial

Editor

Ingo Wolfgang Sarlet

Conselho Científico – PPG Direito PUCRS

Gilberto Stürmer – Ingo Wolfgang Sarlet

Marco Felix Jobim – Paulo Antonio Caliendo Velloso da Silveira

Regina Linden Ruaro – Ricardo Lupion Garcia

Conselho Editorial Nacional

Adalberto de Souza Pasqualotto – PUCRS

Amanda Costa Thomé Travincas – Centro Universitário UNDB

Ana Elisa Liberatore Silva Bechara – USP

Ana Maria DÁvila Lopes – UNIFOR

Ana Paula Gonçalves Pereira de Barcellos – UERJ

Angélica Lucía Carlini – UNIP

Augusto Jaeger Júnior – UFRGS

Carlos Bolonha – UFRJ

Claudia Mansani Queda de Toledo – Centro Universitário Toledo de Ensino de Bauru

Cláudia Lima Marques – UFRGS

Clara Iglesias Keller – WZB Berlin Social Sciences Center e Instituto Brasileiro de Ensino

Desenvolvimento e Pesquisa – IDP

Danielle Pamplona – PUCRS

Daniel Antônio de Moraes Sarmento – UERJ

Daniel Wunder Hachem – PUCPR e UFPR

Daniel Mitidiero – UFRGS

Denise Pires Fincato – PUCRS

Draiton Gonzaga de Souza – PUCRS

Eugênio Facchini Neto – PUCRS

Elda Coelho de Azevedo Bussinguer – UniRio

Fabio Siebeneichler de Andrade – PUCRS

Fabiano Menke – UFRGS

Flavia Cristina Piovesan – PUC-SP

Gabriel de Jesus Tedesco Wedy – UNISINOS

Gabrielle Bezerra Sales Sarlet – PUCRS

Germano André Doederlein Schwartz – UNIRITTER

Gilmar Ferreira Mendes – Ministro do STF, Professor Titular do IDP e Professor aposentado da UNB

Gisele Cittadino – PUC-Rio

Gina Vidal Marcilio Pompeu – UNIFOR

Giovani Agostini Saavedra – Universidade Presbiteriana Mackenzie – SP

Guilherme Camargo Massaú – UFPel

Gustavo Osna – PUCRS

Hermes Zaneti Jr

Hermilio Pereira dos Santos Filho – PUCRS

Ivar Alberto Martins Hartmann – FGV Direito Rio
Jane Reis Gonçalves Pereira – UERJ
Juliana Neuenschwander Magalhães - UFRJ
Laura Schertel Mendes
Lilian Rose Lemos Rocha – Uniceub
Luis Alberto Reichelt – PUCRS
Luís Roberto Barroso – Ministro do STF, Professor Titular da UERJ, UNICEUB, Sênior Fellow na Harvard Kennedy School
Miriam Wimmer - IDP - Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa
Mônia Clarissa Hennig Leal – UNISC
Otavio Luiz Rodrigues Jr – USP
Patryck de Araújo Ayala – UFMT
Paulo Ricardo Schier - Unibrasil
Phillip Gil França - UNIVEL – PR
Richard Pae Kim – UNISA
Teresa Arruda Alvim – PUC-SP
Thadeu Weber – PUCRS

Conselho Editorial Internacional

Alexandra dos Santos Aragão – Universidade de Coimbra
Alvaro Avelino Sanchez Bravo – Universidade de Sevilha
Catarina Isabel Tomaz Santos Botelho – Universidade Católica Portuguesa
Carlos Blanco de Moraes – Universidade de Lisboa
Clara Iglesias Keller – WZB Berlin Social Sciences Center e Instituto Brasileiro de Ensino
Desenvolvimento e Pesquisa – IDP
Cristina Maria de Gouveia Caldeira – Universidade Europeia
César Landa Arroyo – PUC de Lima, Peru
Elena Cecilia Alvites Alvites – Pontifícia Universidade Católica do Peru
Elena Alvites Alvites - PUCP
Francisco Pereira Coutinho – Universidade NOVA de Lisboa
Francisco Ballaguer Callejón – Universidade de Granada - Espanha
Fernando Fita Ortega - Universidade de Valência
Giuseppe Ludovico - Universidade de Milão
Gonzalo Aguilar Cavallo – Universidade de Talca
Jorge Pereira da Silva – Universidade Católica Portuguesa
José João Abrantes – Universidade NOVA de Lisboa
José Maria Porras Ramirez – Universidade de Granada – Espanha
Manuel A Carneiro da Frada – Universidade do Porto
Paulo Mota Pinto – Universidade de Coimbra
Pedro Paulino Grandez Castro – Pontifícia Universidad Católica del Peru
Richard Pae Kim – Professor do Curso de Mestrado em Direito Médico da UNSA
Víctor Bazán – Universidade Católica de Cuyo

Sebastião P. Mendes da Costa
Gabriel Rocha Furtado
Organizadores

Transição energética e sustentabilidade: energia renovável, hidrogênio verde e mineração como fatores de desenvolvimento sustentável do estado do Piauí

Autores

Sebastião P. Mendes da Costa
Gabriel Rocha Furtado
Emmanuel Rocha Reis
Géssica Moura Fonteles
Luís Guilherme Tavares Santos



Editora Fundação Fênix

Porto Alegre, 2024

Direção editorial: Ingo Wolfgang Sarlet
Diagramação: Editora Fundação Fênix
Concepção da Capa: Editora Fundação Fênix

O padrão ortográfico, o sistema de citações, as referências bibliográficas, o conteúdo e a revisão de cada capítulo são de inteira responsabilidade de seu respectivo autor.

Todas as obras publicadas pela Editora Fundação Fênix estão sob os direitos da Creative Commons 4.0 –
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR



Série Direito – 97

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Transição energética e sustentabilidade
[livro eletrônico] : energia renovável,
hidrogênio verde e mineração como fatores
de desenvolvimento sustentável do estado
do Piauí / Sebastião P. Mendes da
Costa...[et al.] ; organizadores Sebastião
P. Mendes da Costa, Gabriel Rocha Furtado. --
Porto Alegre, RS : Editora Fundação Fênix,
2024. -- (Série direito ; 97)
PDF

Outros autores: Gabriel Rocha Furtado,
Emmanuel Rocha Reis, Géssica Moura Fonteles,
Luís Guilherme Tavares Santos.
Bibliografia.
ISBN 978-65-5460-133-7

1. Desenvolvimento sustentável 2. Energia
elétrica 3. Energia - Fontes alternativas
4. Fontes energéticas renováveis - Brasil
5. Hidrogênio I. Costa, Sebastião P. Mendes da.
II. Furtado, Gabriel Rocha. III. Reis, Emmanuel
Rocha. IV. Fonteles, Géssica Moura. V. Santos, Luís
Guilherme Tavares. VI. Série.

24-196852

CDU-34:621.3(81)

Índices para catálogo sistemático:

1. Brasil : Energia elétrica : Direito 34:621.3(81)

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

DOI – <https://doi.org/10.36592/9786554601337>

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
<i>Os Organizadores</i>	
PREFÁCIO	13
<i>Marcos Antonio Tavares Lira</i>	
CAPÍTULO I	15
FRONTEIRAS REGULATÓRIAS CONTEMPORÂNEAS DA ENERGIA EÓLICA E SOLAR PIAUIENSE: PERCURSO PARA UM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO DEMOCRÁTICO SUSTENTÁVEL	
<i>Sebastião Patrício Mendes da Costa</i>	
<i>Emmanuel Rocha Reis</i>	
1 Introdução	15
2 Energia e sua tutela jurídica interdisciplinar	18
2.1 Proteção constitucional da energia no Brasil	21
2.2 Especificidades regulatórias da energia renovável no Brasil	21
2.3 Núcleos regulatórios da energia renovável no estado do Piauí	26
3 Repercussões da produção de energia renovável no Piauí na matriz energética brasileira	29
4 Política Energética no estado do Piauí: mudanças institucionais para um planejamento democrático e sustentável da energia renovável	33
5 Considerações Finais	41
Referências	42

CAPÍTULO II 49

HIDROGÊNIO VERDE COMO FATOR DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO PIAUÍ

Gabriel Rocha Furtado

Luís Guilherme Tavares Santos

1 Crise ambiental, energética e os combustíveis renováveis	49
2 Hidrogênio Verde como Fonte de Energia Sustentável	57
3 O cenário do Hidrogênio Verde no Brasil: vantagens e desafios	69
3.1 A regulação normativa do Hidrogênio no Brasil	73
4 O Hidrogênio Verde e o potencial da iniciativa do estado do Piauí	84
Referências	90

CAPÍTULO III 95

A EXPLORAÇÃO MINERAL SUSTENTÁVEL COMO NOVO OÁSIS DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO NO ESTADO DO PIAUÍ

Géssica Moura Fonteles

Sebastião Patrício Mendes da Costa

1 História do desenvolvimento econômico do estado do Piauí e a evolução do Setor Minerário na economia estadual	95
2 O panorama acerca da implementação do desenvolvimento sustentável no estado do Piauí e o progresso do Setor Minerário piauiense no século XXI	115
3 A “Era da Ebulição Global” e a mineração como aliada na transição energética	131
Referências	138

APRESENTAÇÃO

A preocupação com pesquisas que tenham impacto local e regional é uma das temáticas do Programa de Pós-graduação em Direito da Universidade Federal do Piauí (PPGD-UFPI). Em “Transição energética e sustentabilidade: Energia renovável, Hidrogênio Verde e Mineração como fatores de desenvolvimento sustentável do estado do Piauí”, buscamos analisar vetores de transformação sustentável do estado do Piauí através da implementação da transição energética tão importante na atualidade e que se encontra em estágio avançado em diversos países do mundo.

Energia renovável, Hidrogênio Verde e a Mineração despontam como fatores de desenvolvimento que precisam de adequação à sustentabilidade para que o crescimento econômico seja pautado também no respeito ao meio ambiente equilibrado, proporcionando melhorias no campo social. O conteúdo desta obra é profundo diante desses novos temas que se apresentam para a seara sociojurídica e econômica.

Junto à necessidade de adequação aos ditames ambientais, há igualmente a necessidade de implementação de regulação jurídica para que esses fatores sejam tratados com segurança jurídica, ou seja, mudanças institucionais são essenciais para que o potencial energético do estado do Piauí e de diversas regiões brasileiras transforme favoravelmente a vida de sua população.

Parabenizamos a editora e esperamos que esse livro seja instrumental para a comunidade acadêmica e o grande público que se interessam pela questão energética e sua regulação jurídica e que buscam ampliar seus conhecimentos sobre tema tão relevante atualmente.

Os Organizadores.

PREFÁCIO

O estado do Piauí possui um grande potencial para o desenvolvimento de energias renováveis, hidrogênio verde e mineração. Essas atividades se configuram como vetores capazes de promover o desenvolvimento sustentável do estado, gerando emprego, renda e oportunidades para a população.

A energia renovável, como a energia eólica e solar, é uma fonte limpa e sustentável que pode ajudar a reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Quando se analisa o ranking nacional, o Piauí ocupa a terceira posição em termos de potência instalada tanto de energia eólica quanto de energia solar. O estado também possui uma grande capacidade para a produção de hidrogênio verde, o qual pode ser usado para a geração de energia, a produção de fertilizantes e a descarbonização da indústria. Em relação à mineração, o estado possui uma diversidade de minérios tais como o ferro, o manganês, o ouro e o diamante, cujo potencial, se bem aproveitado, pode contribuir para o desenvolvimento econômico do estado.

Este livro, organizado pelos Professores e Pesquisadores Sebastião Patrício Mendes da Costa e Gabriel Rocha Furtado, reúne três capítulos que abordam esses temas de forma aprofundada. Os organizadores foram "cirúrgicos" ao escolherem temas atuais, relevantes e que fazem parte da agenda ambiental, social, econômica e tecnológica de gestores, pesquisadores, investidores, da mídia e da sociedade civil de um modo geral.

No Capítulo 1, os autores discutem o cenário de protagonismo da energia renovável na matriz energética do estado do Piauí, destacando que esse protagonismo é impulsionado por fatores internacionais, como os protocolos de combate às mudanças climáticas, e por fatores internos, como o potencial do estado para a geração de energia eólica e solar. No Capítulo 2, os autores destacam a importância do Hidrogênio Verde e como o mesmo pode contribuir com a transição energética e a descarbonização da economia a partir das suas várias aplicações. No Capítulo 3, os autores abordam o importante papel que a mineração desempenha na transição energética, pois é a fonte de matéria-prima para a produção de tecnologias de energia renovável.

14 | Transição energética e sustentabilidade...

A presente obra é uma importante contribuição para o debate, interdisciplinar, sobre o desenvolvimento sustentável do estado do Piauí na medida em que fornece informações e análises relevantes para os gestores públicos, pesquisadores e empreendedores que buscam promover o desenvolvimento do estado a partir de atividades sustentáveis.

Marcos Antonio Tavares Lira
Diretor do Centro de Tecnologia - UFPI

CAPÍTULO I

FRONTEIRAS REGULATÓRIAS CONTEMPORÂNEAS DA ENERGIA EÓLICA E SOLAR PIAUIENSE: PERCURSO PARA UM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO DEMOCRÁTICO SUSTENTÁVEL



<https://doi.org/10.36592/9786554601337-01>

Sebastião Patrício Mendes da Costa¹

Emmanuel Rocha Reis²

Sumário: 1. Introdução. 2. Energia e sua tutela jurídica interdisciplinar. 2.1 Proteção constitucional da energia no Brasil. 2.2 Especificidades regulatórias da energia renovável no Brasil. 2.3 Núcleos regulatórios da energia renovável no estado do Piauí. 3. Repercussões da produção de energia renovável no Piauí na matriz energética brasileira. 4. Política Energética no estado do Piauí: mudanças institucionais para um planejamento democrático e sustentável da energia renovável. 5. Considerações Finais. Referências.

1 Introdução

A energia renovável na matriz energética do estado do Piauí, no nordeste brasileiro, vivencia um cenário de protagonismo, tendo como desafio implementar aspectos democráticos e sustentáveis no planejamento de diversificação energética.

¹ Pós-doutorado em Direito Civil e Filosofia do Direito pela Universidade de Augsburg (Alemanha). Doutor em Direito pela PUCRS. Mestre em Direito pela UnB. Mestre em Antropologia e Arqueologia pela UFPI. Graduação em Direito pela UnB. Professor de Direito da Universidade Federal do Piauí – UFPI. Advogado. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2821-1235>. Email: sebastiaocosta@ufpi.edu.br

² Doutorando em Direito pela PUCRS - Área de Concentração: Fundamentos Constitucionais do Direito Público e do Direito Privado, sob a orientação do Professor Doutor Ingo Wolfgang Sarlet. Bolsista do Programa de Excelência Acadêmica PROEX CAPES. Mestre em Direito pela UFPI - Área de concentração Mudanças Institucionais e Efetividade do Direito na Ordem Social e Econômica, com orientação do Professor Doutor Sebastião Patrício Mendes da Costa. Professor do Curso de Direito da Universidade Estadual do Piauí (UESPI - Campus Picos - PI). Professor do Curso de Graduação em Direito da Faculdade de Ciências Humanas, Exatas e da Saúde do Piauí/ Instituto de Educação Superior do Vale do Parnaíba (FAHESP-IEVASP). Membro do Grupo de Estudos e Pesquisas em Direitos Fundamentais (GEDF), coordenado pelo Prof. Dr. Ingo W. Sarlet - PUCRS/CNPq. Membro do Grupo de Pesquisa em Inteligência Artificial e Direito, coordenado pela Profa. Dra. Gabrielle Bezerra Sales Sarlet - PUCRS/CNPq. Advogado. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6753-3424>. Email: reisrocha2@gmail.com

O percurso da diversificação energética democrática e sustentável tem como diretriz inicial a implementação da perspectiva internacional que reafirma protocolos de combate e eliminação da emissão de gases de efeito estufa (GEE), colocando a energia renovável como elemento fundamental para alcance de metas de carbono.

Nesse contexto, o estado do Piauí expande seus parques eólicos e solar, reverberando o perfil renovável da matriz energética brasileira.³O Piauí promove uma reflexão sobre as mudanças institucionais que podem estar presentes no planejamento energético estadual, através da inter-relação de núcleos sociojurídicos, econômicos e de inovação, no cenário de renováveis.

Nesse perfil, o desenvolvimento do uso da energia no Brasil, que, desde a década de 1970, estuda e usufrui a energia a partir da aplicação de tecnologias e seus resultados econômicos, com monopólio energético da União⁴, deve contar com um planejamento energético que viabilize a participação não só da iniciativa privada, com a ampliação de incentivos aos renováveis⁵, fato que já ocorre desde a crise hídrica dos anos 2000⁶, mas também, com o protagonismo dos demais atores sociais. Entre esses atores, destaque para os consumidores comuns de energia, aqueles tidos como destinatários finais dos serviços da distribuição energética.

Nesse momento de expansão energética renovável piauiense, o planejamento energético possibilita a inserção de diretrizes internacionais no tratamento interno da energia. Percebe-se, assim, ser possível internalizar as designações presentes nos objetivos da Organização das Nações Unidas (ONU), em especial quanto ao uso de

³ Segundo o Balanço Energético Nacional de 2023 (ano base 2022), a participação de renováveis na matriz elétrica brasileira cresceu, correspondendo a 87,9% na oferta interna de energia elétrica. Disponível em:

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-ADntese_2023_PT.pdf. acesso em 29 set. 2023.

⁴ O art. 22, inciso IV, CF/88.

⁵ Crise hídrica 2000 e a implantação de políticas públicas de incentivo à geração e distribuição de energia elétrica, via fontes alternativas, conforme se percebe no Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA (Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002), culminando com o desenvolvimento do mercado eólico no Brasil.

⁶ A partir desse marco, o Brasil passou a investir fortemente no ramo da energia renovável, oportunizando uma implantação em consonância com as proposições da Organização das Nações Unidas (ONU) em sua Agenda 2030, a qual, em especial o 7º (sétimo) *Objetivo de Desenvolvimento Sustentável* (ODS), pontua sobre a energia, através da acessibilidade e de forma que atue em menor impacto ao meio ambiente, visando a assegurá-lo de forma confiável, sustentável e moderna para todos.

renováveis no fornecimento de energia elétrica, considerando ser meta a aplicação nas políticas de desenvolvimento dos países.

O estado do Piauí consegue seu protagonismo energético no momento de intensificação da participação das energias renováveis na matriz energética global, em meio a efetividade do conceito de cooperação internacional, facilitando a pesquisa e a expansão de tecnologias voltadas ao uso das fontes renováveis.

Com base nesse percurso, percebe-se que os investimentos na mudança da matriz energética brasileira acompanham a crescente mundial do incentivo ao desenvolvimento de tecnologias para o uso de energias renováveis, para fins de combate à emissão de gases de efeito estufa (GEE) e uso de energias de menor impacto ambiental, apresentando a energia eólica e solar como principais nichos alternativos às fontes tradicionais, em consonância com os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), que visa amplo acesso à energia renovável e o uso de tais fontes em maior intensidade.

Nesse sentido, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC)⁷, considerando as barreiras institucionais, econômicas, tecnológicas e políticas, demonstra que o protagonismo da energia eólica e solar ainda é um fator positivo para a evitar uma piora no aquecimento global, considerando que a meta, até 2050, é suprir a demanda energética mundial de produção elétrica em até 20%, via renováveis.

O estado do Piauí desponta como celeiro para o desenvolvimento da regulação da energia renovável, considerando as diversas instalações de parques eólicos e solar, que surgem desde o litoral piauiense até as regiões interioranas. Com tecnologia atrelada ao aspecto interdisciplinar da energia renovável, diante de ocorrências de intervenções físicas, ambientais, econômicas e culturais, o Piauí desperta a real necessidade de um novo planejamento ao setor energético.

⁷O IPCC é o grupo de cientistas estabelecido pelas Nações Unidas para monitorar e assessorar toda a ciência global relacionada às mudanças climáticas. Todos os relatórios do IPCC focam em diferentes aspectos das mudanças climáticas. Disponível em: https://www.tnc.org.br/conecte-se/comunicacao/noticias/ipcc-report-climate-change/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=ipcc&gclid=CjwKCAjwg4SpBhAKEiwAdyLwvFWU-IJMgnOBYp9CnbCT8ScFhKheAB13M5NCIWIP5FtNH4_65ecVXR0cYNSQAvD_BwE. Acesso em: 25 de set. 2023.

Nesse perfil, destaca-se que, em um curto espaço de tempo, últimos 12 anos, segundo levantamento da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CEE), bem como dados do Balanço Energético Nacional 2020, 2021, 2022 e 2023, o estado do Piauí, já em 2019, passou a ocupar o terceiro lugar entre os maiores produtores de energia renovável (eólica e solar), além de, entre os anos de 2021 e 2022, o estado foi o segundo com maior crescimento na geração energética via renováveis, com 25,7%. Esses dados expressam a integração da energia renovável, como um todo, à pauta obrigatória de análise do governo estadual e dos municípios. De tal maneira, a pesquisa aqui apresenta um diálogo sobre a construção de um planejamento energético democrático e sustentável, na inserção da energia eólica e solar na diversificação da matriz energética do estado do Piauí, pontuando sobre o protagonismo piauiense na política nacional energética renovável, sob a perspectiva das possíveis mudanças institucionais, sociojurídicas e econômicas capazes de influenciar na diversificação da matriz energética estadual.

Como aspecto final, demonstra-se a real necessidade da diversificação da matriz energética do estado do Piauí estar em inter-relação com fatores sociojurídicos e econômicos, respeitando princípios ambientais e direitos fundamentais das comunidades que recebem a implantação de parques renováveis, tendo como consequência a construção de um perfil regulatório dos renováveis que possa aproximar o bem “energia” à própria sociedade, em especial no estado do Piauí, através de mecanismos sociojurídicos capazes de desenvolver o papel democrático, socioeconômico e sustentável da energia renovável.

2 Energia e sua tutela jurídica interdisciplinar

Para refletir sobre planejamento energético piauiense, faz-se necessária uma pequena observância da temática energia como fator não exclusivo da vida contemporânea, mas sim como construção milenar ao longo do desenvolvimento da própria humanidade. Em verdade, a percepção da energia pela humanidade, como elemento essencial ao seu desenvolvimento remete à modificação produzida na forma de inter-relação dos seres humanos com o planeta, principalmente quanto à

busca de fontes para suprir as necessidades de suas dinâmicas de convivência global (Queiroz *et al.*, 2016, p. 29).

Ao longo do tempo, a construção de novas formas de produção, de aprimoramento de tecnologias, conduziu à necessária modificação de forças tradicionais de produção de energia⁸, passando a incluir na produção de energia fontes não renováveis ou renováveis, considerando o desenvolvimento de máquinas de produções em massas, etc. Esse é um contexto atrelado às etapas da Revolução Industrial, que trazem um desenvolvimento para além da máquina como objeto de análise, constatando-se mudanças institucionais na busca do aumento da riqueza das nações. Com isso, retira-se de um estado latente a problemática da escassez de fontes naturais utilizadas para a movimentação dos aparatos tecnológicos presentes em cada etapa da Revolução Industrial (Schawb, 2016, p. 18-22).

Assim, a energia, ao conduzir o desenvolvimento da humanidade, desperta uma necessidade de se buscar, na própria natureza, fontes que se renovem e que ocasionem menores externalidades, diante da constatação dos limites das fontes energéticas tradicionais. Desta forma, leva-se o debate para a construção tecnológica que produza um trabalho com a visão interdisciplinar, envolvendo aspectos da economia de energia, que otimiza a relação econômica entre a sociedade e o meio ambiente (Simioni, 2010).

Nesse contexto, a partir da crise do petróleo, década de 1970, que levou a uma alta mundial nos preços do combustível, protocolos internacionais passaram a construir bases jurídicas para a existência de uma agenda que consolidasse a conexão entre desenvolvimento e meio ambiente. Esta agenda teve como marco a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano (Estocolmo, 1972). A construção da agenda ambiental, consubstanciada na emblemática Cúpula da Terra (1992), com abordagens de desenvolvimento sustentável, além dos paradigmas do Protocolo de Kyoto (1997), com o debate sobre o enfrentamento às mudanças climáticas globais, tem o uso da energia renovável como uma das metas obrigatórias a 37 (trinta e sete) países industrializados, além da comunidade europeia, para redução da emissão de gases de efeito estufa.

⁸ Uso da força para produção de energia, como trações com uso de animais, uso de óleos de animais, como baleias, etc.

Dessa maneira, a energia, através das fontes renováveis, ganhou novo papel de destaque no cenário mundial, diante das características de eficiência energética e redução de poluição atmosférica, no que diz respeito à substituição da queima de combustíveis fósseis.

Assim, desenvolve-se o conceito de energia como bem tutelado, à luz do Direito Ambiental, mas inter-relacionado com instrumentos do desenvolvimento humano contemporâneo, em consonância com princípios inerentes à particularidade do uso de fontes energéticas como força motriz de novas tecnologias, trazendo o debate sobre o Direito da Energia e as regulamentações extraídas de protocolos internacionais, nacionais e estaduais, com foco no protagonismo da energia eólica na matriz energética. A energia é objeto de estudo pelo Estado Regulador, através de suas várias fontes, oportunizando uma alocação de direitos e deveres concernentes à exploração de todas as fontes de energia entre indivíduos, entre indivíduos e governo, entre governos e Estados (Roggenkamp *et al.*, 2012).

Para tanto, as relações jurídicas insurgidas na geração e distribuição de energia apresentam o teor econômico, político e social, o que remete ao estudo do ramo do direito que cuida das referidas relações, denominado Direito de Energia (Simioni, 2010).

Steindorfer (2018, p. 42), fazendo um recorte para a produção de energia elétrica, através de renováveis, apresenta a visão alemã quanto a aplicabilidade de uma regulação específica para a Energia Renovável. O autor expõe a existência de legislação própria ao tema energético, englobando normatização de itens renováveis (energias hidráulicas, eólicas, biomassa, solar e geotérmica) e não renováveis (gás, carvão, petróleo, óleo mineral etc.), a denominada de Lei de Energias Renováveis ("Erneuerbare-Energien-Gesetz-EEG"). Tal legislação alemã traz o aspecto da relevante modificação gradativa das fontes convencionais (renováveis ou não) para fontes com menor impacto ambiental.

Percebe-se, portanto, que a regulação da produção da energia elétrica, a partir dos renováveis, deverá permitir um amplo acesso à energia, para fins de proporcionar um bem-estar à sociedade, construindo condições jurídicas favoráveis ao abastecimento energético via renováveis, atingindo o uso por indústrias, empresas,

comércios, residências, etc., realizando uma cooperação entre demanda e oferta (Oliveira, 2017, local 58).

2.1 Proteção constitucional da energia no Brasil

Conforme cita Simioni (2010, p. 120), consolidada a energia como bem jurídico tutelado de forma interdisciplinar e força matriz do desenvolvimento, o Brasil ainda apresenta contexto monopolista de proteção da dinâmica energética. Mas, contemporaneamente, o tratamento jurídico da energia desponta para a necessidade de construir uma dinâmica regulatória que possa enfatizar os elementos que visam garantir a segurança no abastecimento energético, a eficiência energética, o não retrocesso na utilização de tecnologias, a distribuição universal e à liberdade energética.

Nesse contexto, no Brasil, a energia tem proteção constitucional pelo viés da proteção ambiental⁹, conforme art. 225 da Constituição Federal de 1988, impondo, ao seu tratamento jurídico, a principiologia ambiental, pautada no meio ambiente ecologicamente equilibrado (Sarlet, Fensterseifer, 2021, p. 42). Assim, as normativas regulatórias da energia renovável devem considerar que a geração de resíduos na distribuição de energia deve ser combatida mediante o melhor uso das tecnologias de fornecimento de energia, diminuindo, por exemplo, a emissão de CO², formando uma regulação baseada em um principiologia de integração entre produção energética, meio ambiente e sociedade (D'Oliveira, 2016, p. 93).

2.2 Especificidades regulatórias da energia renovável no Brasil

No Brasil, de modo geral, a energia apresenta uma proteção através do microsistema principiológico que fundamenta a política energética, obrigando a distribuição energética em todos os entes federados, em conformidade com a Constituição Federal de 1988 e leis extravagantes.

⁹ O Supremo Tribunal Federal (STF), no julgamento da ADI 3.540-MC/DF, aplicando o conceito amplo e abrangente ao termo meio ambiente, contempla o meio ambiente natural, o meio ambiente cultural, o meio ambiente artificial (espaço urbano) e o meio ambiente laboral.

Em particular, a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica são atributos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), conforme Lei nº 9.427 (Brasil, 1996), com o regime de concessões da cadeia energética atualizado a partir da Lei nº 12.783 (Brasil, 2013), contendo aspectos legais para a redução de encargos setoriais, além de elencar itens de modicidade da tarifa energética (Steindorfer, 2018, p. 44). Contudo, há uma carência regulatória específica para a energia renovável, uma vez que o conjunto regulatório é de competência da ANEEL e não permite a quebra do monopólio do tema, viabilizando normativas que se destinam a regular sistemáticas de taxas e afins.

Nesse contexto que, devido ao crescimento do setor de geração e distribuição energética, em 2022, através da Lei n. 14.300/2022 (Brasil, 2022), criou-se o marco legal da micro e mini gerações distribuídas, a partir da regulação de alguns componentes da geração distribuída de energia, apresentando sistema tarifário e conceituando o novo modelo de compensação energética, além de pontuar sobre o elemento de transição, período que irá até 31 de dezembro de 2045, atingindo, assim, o mercado de energia solar. É esse o perfil brasileiro de modificação de matriz energética, ampliando a participação de renováveis em seu quadro, proveniente do crescimento de novos parâmetros de regulamentação para geração e uso de energia, conforme se percebe na Constituição Federal de 1988, que dedica duas normativas ao tema energia renovável alternativa à fonte hídrica, possibilitando a implantação de um planejamento energético nacional¹⁰.

Ressalta-se que a Constituição Federal de 1988 destaca o manuseio da energia através de uma política energética com destaque para a proteção ambiental via desenvolvimento sustentável (art. 170, VI da CF/88), considerando que a energia secundária (como a elétrica) demanda um uso racional, no intuito de diminuir custos financeiros e ambientais (Lima, 2017). A referida política reflete na formação da matriz energética brasileira, a qual se demonstra imbuída em enfatizar o uso de recursos naturais renováveis, em conexão com o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, previsto no art. 225 da Constituição Federal de 1988.

¹⁰ Presente parâmetro regulatório trata-se da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.

O aspecto da sustentabilidade no manuseio energético é pertinente à observância de tutelas protecionistas do meio ambiente natural¹¹ e da dignidade da pessoa humana, as quais oportunizam a construção de aspectos sociojurídicos na implantação de mecanismos que utilizam a energia primária (Fensterseifer, 2008). Nesse contexto, as normativas brasileiras que direcionam a matriz energética nacional devem ter o escopo de aproveitar, da melhor maneira possível, o potencial da região que recebe a tecnologia, que trabalha com fontes renováveis, por vezes denominadas de energia limpa (Vilhena de Freitas, 2013).

Para fins de breve comparação, Vilhena de Freitas (2013) apresenta o conceito de planejamento para energias renováveis em Portugal, considerando o disposto no art. 3º do DL nº 172/2006, em que o Estado passa a ser o incentivador do manejo energético, permitindo uma preferência às energias renováveis, como as energias eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica, oceânica, hídrica, biomassa, gás de aterro e de estações de tratamento de águas residuais e biogás. Nesse perfil, o ciclo de segurança regulatória se apresenta em construção em todo o mundo, fato deve ser replicado no Brasil, diante de uma proteção constitucional não explícita e de codificações sobre energia dispostas a partir de normativas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), além de legislações esparsas em todo o sistema brasileiro.

Em meio à ausência de normativa específica, a Câmara de Deputados desarquivou, em 12 de fevereiro de 2019, o PLC nº 4.035/2008¹², que já perfaz 15 anos de tramitação, e tem como objetivo consolidar as leis do setor de energia elétrica brasileiro, ressaltando que a referida condensação de normas não retiraria o papel de fiscalização e regulação do setor da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), posto que, atualmente, a agência emite importantes normativas de ordem administrativa, em que a Diretoria Colegiada da Aneel executa as políticas do setor. Nota-se, assim, que a tutela jurídica das energias renováveis é efetivada no Brasil através de várias legislações dispersas, as quais cuidam da temática a partir das

¹¹ Noções de meio ambiente admitidas pelo Supremo Tribunal Federal - ADI 3540. Ministro Relator Celso de Mello. Julgada em 1º de setembro de 2005. DJ 03-02-2006.

¹² O PLC 4035/2008 tende a revogar (total ou parcialmente) mais de 162 normas, entre leis, decretos-lei e medidas provisórias, bem como artigos espalhados em demais legislações extravagantes. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/INDUSTRIA-E-COMERCIO/126829-PROPOSTA-CONSOLIDA-LEGISLACAO-SOBRE-SETOR-DE-ENERGIA-ELETRICA.html>. Acesso em: 22 set. 2023.

ponderações de procedimentos apresentados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), pessoa jurídica responsável pela regulamentação do setor, de acordo com a regulamentação do Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996. (Pereira Neto, 2014, Local. 55)

Desta forma, pode-se extrair da regulamentação brasileira que o setor de energia elétrica possui, entre outras situações, produtores independentes e autoprodutores, os quais precisam de concessão ou autorização do Estado. (Pereira Neto, 2014, Local. 60)

Ainda a título de regulação, no perfil energia renovável, o Brasil apresenta o leilão como mecanismo institucional de compra e distribuição (venda) de energia (ANEEL, 2008), regimentado pelo Programa de Incentivo às fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA (Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002)¹³.

Para se ter acesso ao manuseio da energia, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) oportuniza que o Brasil trabalhe com sistemas de leilões, sendo esse um processo administrado pelo governo, no qual empreendedores das fontes de energia renovável concorrem para ganhar contratos, sendo criados com a finalidade de assegurar o atendimento da demanda no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), com realização delegada à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), por delegação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Essa dinâmica deu-se a partir da Lei nº 10.848/2004, que apresentou um novo regime jurídico ao sistema elétrico no intuito de dar modicidade às tarifas energéticas, instituindo sistema de leilões a partir do menor preço a ser oferecido ao usuário/consumidor, com a inserção da energia renovável a partir de 2007, passando a ter a livre concorrência das demais matrizes energéticas no nicho elétrico (Dutra, 2007). Segundo dados da Empresa Pesquisa Energética (EPE), o sistema de leilões apresentou maior modicidade às tarifas energéticas com a instituição da energia renovável no sistema, a partir de 2007, passando a ter a livre concorrência das demais matrizes energéticas no nicho elétrico, contando com 3 leilões de energia nova e um leilão de reserva de capacidade na forma de energia, ambos em 2022¹⁴.

¹³ O programa foi revisado pela Lei nº 10.762/2003, e prorrogado pela Lei nº 11.943/2009, tornando-o adequado a ser aplicado a todas as espécies de energias alternativas.

¹⁴ Dados disponíveis em <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes>

Ainda, na escala regulatória da energia renovável no Brasil, pontua-se sobre a importância do estudo de impacto ambiental, sendo instrumento corolário do princípio constitucional da prevenção, presente no art. 225, inciso IV da Constituição Federal de 1988, e, anteriormente, disposto na Lei nº 6.938/1981, como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, sendo mecanismo regulatório de cunho interdisciplinar. (Pereira Neto, 2014. Local 64).

Percebe-se, então, que no Brasil, em atenção ao art. 3º, incisos II e III da Constituição Federal de 1988¹⁵, a energia solar, e, em especial, a eólica, são as grandes fronteiras econômicas capazes de contribuir para o desenvolvimento nacional e o combate à desigualdade regional, considerando que seu desenvolvimento se apresenta em maior número na região nordeste¹⁶, tradicionalmente longe dos grandes centros econômicos do país.

Na construção da regulação da energia renovável, caberá ao Estado o sopesamento de instrumentos próprios à instalação de empreendimentos impactantes ao meio ambiente, criando premissas de integração da energia produzida por renováveis ao sistema de energia integrado. Dessa forma, viabiliza-se a comercialização, preços justos de mercado, competitividade, deixando a agência reguladora como garantidora de uma multiplicação de agentes geradores de energia, a partir de renováveis. Exatamente como ocorre no exemplo da Alemanha, que através da lei de renováveis, denominada de *Erneuerbare-Energien-Gesetz* (EEG), cria um funcionamento conjunto de produção e abertura de mercado (Steindorfer, 2018, p. 55).

No Brasil, a partir do ano de 2014, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) realizou um mapeamento da cadeia produtiva da indústria eólica no Brasil¹⁷, detectando, no processo de instalação de parques eólicos, uma composição de 19 (dezenove) etapas, as quais englobam itens que passam pelas operações,

¹⁵ Art. 3º. Art. 3º Constituem objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil: (...) II - garantir o desenvolvimento nacional; III - erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir as desigualdades sociais e regionais; (...). Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 30 set. 2023.

¹⁶ Conforme dados do **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Disponível em:

<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1>. Acesso em: 25 set. 2023.

¹⁷ Apresentando, em 2017, relatório de atualização do mapeamento.

transporte e tomadas de decisão, oportunizando um debate inicial sobre possíveis exequibilidade de conexões entre produção de renováveis, sociedade e custo-benefício para disponibilidade direta na rede integrada, considerando as regulações existentes no arcabouço jurídico brasileiro. Exemplo dessa busca por conexões é a Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)¹⁸, a qual pontua sobre dois momentos importantes para o empreendimento e a comunidade, quais sejam: o procedimento administrativo, advindo do órgão ambiental competente para o licenciamento, denominado licenciamento ambiental, bem como a licença ambiental, que é ato administrativo do órgão competente para estabelecer as condições que deverão ser obedecidas pelo empreendimento na implantação e desenvolvimento da atividade.

Nesse ponto, dentre os itens próprios do licenciamento, outros dois instrumentos são obrigatórios para a liberação da implantação do parque eólico e posterior funcionamento do empreendimento, quais sejam, o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), que devem ser publicizados à comunidade que recebe o empreendimento, através, por exemplo, de audiências públicas¹⁹, fatos que também podem tornar complexa a relação custo-benefício.

Assim, quanto à expansão da energia renovável, ressalta-se a existência do incentivo governamental e a efetividade de seus objetivos de aumentar a participação da energia renovável no setor elétrico.

2.3 Núcleos regulatórios da energia renovável no estado do Piauí

O estado do Piauí, dentro da sua competência, trata o tema da energia renovável no art. 246 da sua Constituição, onde cita apenas a tratativa da energia

¹⁸ A resolução relata o procedimento no Art. 1º, incisos I, II, III e IV da Resolução nº 237/1997. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 25 set. 2023.

¹⁹ O EIA é o conjunto de estudos com dados técnicos detalhados que busca identificar os problemas ambientais e os respectivos graus de magnitudes. O RIMA é o relatório no qual descreve todas as conclusões obtidas no Estudo de Impacto Ambiental. É escrito de forma clara e objetiva, com ilustrações como mapas, quadros, gráficos etc., de modo que se possa entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de sua implantação. (FREITAS NETO, 2011).

elétrica via utilização de água, não restando espaço para dispositivo que verse sobre energia renovável e suas diretrizes de utilização, como se percebe no texto integral do artigo:

Art. 246. Na articulação com a União, quando da exploração dos serviços e instalações de energia elétrica e do aproveitamento energético dos cursos de água em seu território, o Estado levará em conta os usos múltiplos, o controle das águas, a drenagem e o aproveitamento das várzeas.

Em matéria extra constitucional, o legislativo piauiense aprovou o Programa Piauiense de Incentivo ao Desenvolvimento de Energias Limpas, Lei Estadual nº 6.901 (PIAUÍ, 2016), mesmo com a Constituição do Estado do Piauí prevendo o aproveitamento energético apenas sob o enfoque do uso da água (art. 246), demonstrando, assim, uma preocupação com a dinâmica de harmonização entre tecnologia e garantias fundamentais no uso da energia eólica como nova fronteira econômica.

A referida legislação prevê, em seu art. 5º²⁰, a possibilidade de financiamento através de linhas de créditos que visam viabilizar a instalação de empreendimentos que trabalhem com energia renovável no Piauí. O programa também se preocupa em definir o que seria energia renovável, indo além de sua própria Constituição Estadual, predispondo-se, ao tratar do tema, a contribuir com o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2016, p. 2).

A legislação define a criação de projetos especiais para cooperação técnico-científica na formação e capacitação de recursos humanos, através de cooperativas para atender à demanda do setor de energia renovável, mantendo a articulação do sistema via secretarias estaduais (Secretarias de Estado da Mineração, Petróleo e Energias Renováveis, de Desenvolvimento Econômico e Tecnológico, de Fazenda, de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Infraestrutura, Planejamento e a Concessionária de Distribuição de Energia Elétrica), surgindo, assim, uma oportunidade de reafirmar protocolos de cooperação que o Brasil firmou desde o ano de 2004 com a Alemanha.

²⁰ Art. 5º Será oferecida, pela entidade competente, linha de financiamento específica aos empreendimentos de energia renovável.

O estado do Piauí também conta com a Lei nº 7.001 (PIAUI, 2017), a qual dispõe sobre a concessão de diferimento e de crédito presumido do ICMS para estabelecimentos industriais, agroindustriais e geradores de energia eólica e solar, e cria o Fundo de Desenvolvimento Industrial do Estado do Piauí (FUNDIPI). A referida lei ainda abrange os empreendimentos caracterizados como complexos agroindustriais, com atividades de geração de energia desenvolvidas por empresas cujos processos produtivos sejam integrados para produção de bens, em que empresas geradoras de energia eólica terão diferimento de 100% (cem por cento) do lançamento e do pagamento do ICMS até 31 de dezembro de 2034 (PIAUI, 2017, p. 2)²¹.

Mesmo contendo pouca estrutura jurídico-institucional, os investimentos com energia renovável passaram a ser absorvidos e acomodados no estado, deixando em aberto estudos para possíveis parcerias com a iniciativa privada, no intuito de viabilizar mais investimentos, com troca de experiências e a garantia das melhores práticas no setor.

Esse é o momento de mudanças institucionais, com práticas de estudos de parcerias público-privadas, o que terá como obrigatoriedade a vertente de práticas de "compliance", que remetem a ações preventivas. Nesse recorte, mesmo não havendo parceria entre público e privado, cabe às empresas privadas praticar regras pautadas na sustentabilidade, mantendo-se um equilíbrio entre o meio ambiente, a sociedade e o desenvolvimento (Fensterseifer, 2008).

Assim, também é item de indicação a mudança eficaz da matriz energética piauiense o indicativo de mudanças nos institutos que viabilizam a implantação dos parques eólicos e solar, oportunizando protocolos de incentivo a procedimentos internos que identifiquem a idoneidade da empresa que se apresenta passível de instrumentalizar o uso da energia renovável. Toma-se, nesse caso, como parâmetro regulatório, a influência da Convenção Interamericana contra Corrupção e a

²¹Art. 4-D. (...) I - aquisição interestadual, relativamente ao diferencial de alíquota; II - importação do exterior de máquinas, equipamentos e materiais destinados à captação, geração e transmissão de energia solar ou eólica. Parágrafo único. O diferimento de que trata este artigo se aplica às operações com os bens e mercadorias definidas no regulamento e encerrar-se-á no momento da desincorporação dos bens do ativo imobilizado ou até 31 de dezembro de 2034, o que ocorrer primeiro.

Convenção de Palermo²², para criação de códigos de ética ou afins, possibilitando a inclusão de documentações mínimas, presentes como complementações das certidões ambientais, como, por exemplo, demonstração de certidões verdes, programas de auditorias e incentivos à denúncia etc.

Percebe-se, ainda, que as repercussões das mudanças institucionais quanto à forte implementação dos aspectos econômicos e sociais inerentes à energia eólica e solar no estado do Piauí somente poderão ter eficácia se o arcabouço jurídico for passível de organizar a nova realidade.

Dessa forma, fica claro que a referida dinâmica apresenta novos desafios às relações privadas e públicas, voltando o objeto da relação jurídica ao ser humano, passando a flexibilizar o caráter absoluto de garantias, antes tratadas apenas pelo olhar individualista das relações privadas, liberdades que agora passam a existir sob a perspectiva de novos valores (Hoffmann-Reim, 2015).

3 Repercussões da produção de energia renovável no Piauí na matriz energética brasileira

O estado do Piauí, ao despontar como potência no manejo das energias renováveis, apresenta como manifestação concreta a implantação de usina de energia solar e parques eólicos, sob o viés da regulamentação compatível com a proteção constitucional do meio ambiente e da determinação da sustentabilidade, item garantidor de mínimos existenciais, tanto para aqueles que usufruem do serviço como para os que convivem diretamente no ambiente de instalação dos instrumentos.

As referidas diretrizes, aplicadas ao estado do Piauí com relação ao uso de tecnologias e a aplicabilidade de legislação sustentável, passam pelo sopesamento dos benefícios, dos itens de poluição combatidos e gerados, bem como, para quem direcionar-se-á o desenvolvimento proposto pela energia eólica e solar, refletindo, assim, os custos presentes na busca da efetividade dos direitos, no que tange à busca do desenvolvimento integral, como relatam Sustain e Holmes:

²²O Decreto nº 4.410, de 7 de outubro de 2002. Convenção Interamericana contra a Corrupção, de 29 de março de 1996, com reserva para o art. XI, parágrafo 1º, inciso "c".

Uma vez que “se deve poder fazer tudo o que se deve fazer”, mas a falta de recursos impede que certas coisas sejam feitas, os teóricos morais talvez devam prestar mais atenção à tributação e aos gastos públicos do que o fazem habitualmente. Afinal de contas, é muito comum que os recursos proporcionados pela coletividade sejam, sem nenhuma razão sólida, direcionados para garantir os direitos de alguns cidadãos em detrimento dos direitos de outros (Sustein, Holmes, 2019, p. 8).

Assim, conforme alerta Castro (2007), a utilização dos recursos renováveis na produção de energia elétrica também apresenta uma preocupação com variáveis envolvidas, quer seja quanto à quantificação dos recursos eólicos e solar (velocidade e direção dos ventos, maior incidência solar, etc.), quer seja a verificação da área afetada pela construção de usinas solar e parques eólicos, além das aferições das condições sociais, econômicas e culturais na população diretamente atingida, em consonância com os aspectos ambientais.

Nesse sentido, observa-se que o estado do Piauí, ao impulsionar a mudança de sua matriz energética, está adstrito a uma reorganização da produção energética no país, frente à necessidade de se ter uma integração de toda a cadeia produtiva, oportunizando, assim, uma política de incentivo às energias renováveis, amparada em um arcabouço jurídico unificado, o que passa a ser analisado como tutela jurídica da energia eólica.

A partir dos leilões energéticos, o estado do Piauí passou a ser protagonista na composição energética do país, possuindo, em 2022, 24 novos empreendimentos, com a soma de potência de 1.086,80MW médios de energia, conforme dados dispostos pela Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica)²³.

Conforme relatório mensal da Câmara de Comercialização de Energia (CCEE), diante do perfil de geração de energia através da atuação dos ventos e solar, no Sistema Interligado Nacional (SIN), em comparativo julho de 2022 e julho de 2023, o estado do Piauí saiu de 1.638 kw, para 2.179 kw (produção via eólica) e solar fotovoltaica de 308kw, para 358kw, tendo no geral a capacidade instalada com 68% para eólicas, correspondente a 3.816MW, e solar fotovoltaica com 100% instalada,

²³ Disponível em: <https://abeeolica.org.br/quem-somos/> Acesso em: 30 set. 2023.

correspondendo a 1.461MW²⁴. Dessa forma, os dados apresentados são reafirmados pelas informações do relatório da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que classifica o estado do Piauí como ocupante do 3º (terceiro) lugar na produção de energia eólica e solar²⁵.

No seguimento eólico, o estado do Piauí possui 3,5GW em operação, além de previsão de construção de usinas que poderão produzir 2,5GW. Já no seguimento de energia fotovoltaica, seguindo também como referência nacional, na modalidade de grandes empreendimentos (geração centralizada), a produção é de 1,46GW.

Diante dos destaques do Piauí na geração de energia renovável, cabe destacar, também, que na cidade de São Gonçalo há o maior complexo de energia solar da América do Sul, assim como possui o maior empreendimento eólico, denominado Parque Eólico Lagoa dos Ventos²⁶.

Os presentes dados demonstram que os empreendimentos que chegam ao estado do Piauí encontram na energia renovável uma abertura para investimentos que atingem aspectos sociojurídicos e econômicos, diante da dinâmica interdisciplinar da energia como bem jurídico tutelado pela percepção ambiental. Assim, em consonância com o ambiente de sua implantação, os empreendimentos renováveis no Piauí produzem efeitos econômicos, como gerações de empregos na instalação e manutenção de parques de geração de energia.

Também se apresenta, neste contexto, as modificações físicas que o ambiente local sofre, denotando um planejamento que possibilite a manutenção de padrões mínimos da cultura presente no local de recepção dos empreendimentos que irão trabalhar com a energia renovável.

Ainda quanto às instalações de parques eólicos no Piauí, dados da Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base (ABDIB), consolidam o potencial eólico do interior do estado, fato que leva uma tecnologia para áreas com

²⁴ Bases de dados <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/dados-geracao>. Acesso 2 out. 2023.

²⁵ Dados disponíveis em: <https://antigo.pi.gov.br/noticias/piaui-e-terceiro-do-brasil-na-producao-de-energias-renovaveis-eolica-e-solar/> Acesso em: 04 out. 2023.

²⁶ Parque é localizado nas cidades de Lagoa do Barro, Dom Inocêncio e Queimada Nova, com capacidade instalada de 716kw, evitando a emissão de 1,6 milhões de toneladas de GEE, anuais. Dados <https://abeeolica.org.br/> Acesso em 4 out. de 2023

peculiaridades diferentes dos grandes centros urbanos, sendo mais um item para checagem na elaboração do planejamento energético.

Nessa perspectiva, a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) apresenta estimativa de que a cada novo megawatt instalado, 15 (quinze) empregos diretos e indiretos podem ser criados, o que culminaria com a cadeia eólica gerando aproximadamente 200 mil novos empregos (diretos ou indiretos), até o ano de 2026²⁷.

Nesse contexto, destacam-se investimentos do grupo chinês CGN, com instalação de projeto eólico que abrangerá o Piauí, a Bahia e o Rio Grande do Norte, com potencial de 660 MW (megawatts), com a compra efetivada pela empresa *Enel Green Power*, de 540 MW, obtendo um investimento de aproximadamente R\$ 3,7 bilhões a partir do projeto implantado²⁸.

Da mesma forma, desde novembro de 2019, há o investimento de R\$ 21 bilhões em parques eólicos na divisa do estado do Piauí com a Bahia²⁹, fato que culminou com o complexo de parques eólicos denominado Oitis, pertencente à empresa espanhola Iberdola, contendo 12 (doze) parques com capacidade para produzir 566,5 MW de energia, sendo considerada a segunda maior estrutura de parques eólicos do mundo, em que a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), através de leilão, passou a liberar as instalações de Oitis de 1 a 8, a partir da garantia da venda de 30% da energia produzida, já em operação desde novembro de 2022.

Em meio a perspectiva de amplo acesso à energia renovável, dando efetividade ao ODS n. 7³⁰, o governo do estado do Piauí colocou em funcionamento as miniusinas de geração de energia fotovoltaica, a partir da parceria público-privada (PPP), firmada anteriormente, gerando uma economia de 1 milhão de reais no

²⁷ Disponível em: <https://abdi.com.br/postagem/ventos-que-trazem-empregos>. Acesso em: 18 out. 2019.

²⁸ Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2019/01/enel-vende-540-mw-de-capacidade-renovavel-brasil-para-chinesa-cgn/35539>. Acesso em: 28 jul. 2019.

²⁹ Disponível em: <https://www.pi.gov.br/noticias/empresa-espanhola-investira-r-21-bilhoes-em-parque-eolico-na-divisa-entre-piaui-e-bahia/>. Acesso em: 4 out. 2023.

³⁰ ODS n. 7 “acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia”. Disponível em https://www.alemdaenergia.engie.com.br/ods-7-da-onu-defende-importancia-da-energia-limpa-acessivel/?gclid=CjwKCAjwg4SpBhAKEiwAdyLwvDhF00JNZIHgKOpWTptwhkdJVYyo31yNOoLfm84BP7zL8clL046SZVxoCVywQAvD_BwE. Acesso em 4 out. 2023.

decorrer de 1 ano, gerando 640.000kWh, com instalação nas cidades de Campo Maior (PI) e Altos (PI).

4 Política Energética no estado do Piauí: mudanças institucionais para um planejamento democrático e sustentável da energia renovável

O debate sobre a política energética no Piauí e as relações institucionais presentes no planejamento do setor de renováveis possui como base as diretrizes da política energética presentes no mundo e no Brasil, mas adstritas ao dilema da implantação piauiense ser presente em regiões sem força econômica e do enfrentamento de oposições sociais à implantação do parque eólico e usinas solar.

Tal característica é fator existente diante da peculiaridade de cada região brasileira, o que remete à Empresa de Pesquisa Energética (EPE)³¹ a responsabilidade pela elaboração de estudos e análises que promovem diretrizes para prestação eficiente do serviço público e do desenvolvimento do setor de energia no país.

Para que haja um planejamento energético eficaz, as tratativas devem emergir da Política Energética Nacional (PEN), consolidada a partir da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e aplicável por meio das normativas da controladora da exploração de atividades econômicas.

Nesse campo, através do aproveitamento racional das fontes de energia, em consonância com diretrizes constitucionais de proteção ao meio ambiente, aqui já visto através do conceito amplo dado pelo Supremo Tribunal Federal (STF), é possível enfrentar o dilema da política energética piauiense por meio da conscientização do papel importante da utilização de fontes alternativas para produção de energia, aliado ao aproveitamento socioeconômico de empreendimentos eólicos e solar, além do uso das tecnologias presentes nos empreendimentos em benefício da sociedade.

³¹ A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) presta serviço ao Ministério de Minas e Energia (MME) na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético ao Ministério de Minas e Energia (MME), na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/a-epe/quem-somos>. Acesso em: 5 out. 2023.

Essa solução é estabelecida em programas específicos, como no caso da energia eólica e solar, pois a política nacional obriga a revisão periódica das matrizes energéticas aplicadas às diversas regiões do país, considerando as fontes convencionais, alternativas e as tecnologias disponíveis, a partir de disposições do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).³²

No cenário piauiense, o ciclo da preocupação com um planejamento energético é perceptível após o início da elaboração de itens reguladores de incentivo à produção de energia através de renováveis.

A contemporânea expressão da eficiência energética dá-se a partir da integração de dados relativos às fontes energéticas renováveis, com o recorte na energia eólica e solar, criando as bases para o discurso da necessidade de interação dos agentes que participam do desenvolvimento energético eólico piauiense (governo, setor privado e sociedade), considerando o recorte sociojurídico e econômico do litoral piauiense

Nesse caminho, após crescente da energia eólica e solar nos últimos 17 (dezessete) anos, cabe ao estado do Piauí planejar o manuseio da energia renovável de maneira a assegurar um caminho seguro na implantação, para que investimentos tenham um arcabouço jurídico que transpareça segurança às empresas que se interessem nos elementos renováveis que o estado apresenta.

Para isso, o planejamento energético, como já dito, deve ser pontuado de maneira interdisciplinar, respeitando as nuances da competência da União e Estado, considerando que, quanto à geração, transmissão e distribuição da energia elétrica, há uma competência exclusiva da União (Art. 22, IV, CF/88), deixando o campo regulatório quanto aos aspectos ambientais e de instalação a cargo dos Estados e Municípios.

De tal maneira, o planejamento energético no Piauí parte da demonstração à sociedade da importância do trabalho energético no estado, no que tange à implementação de novos nichos econômicos e à conscientização do papel sustentável do estado na produção de energia no país.

³² O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) também foi criado pela Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, vinculado à Presidência da República e presidido pelo Ministro de Estado de Minas e Energia, com a atribuição de propor ao Presidente da República políticas nacionais e medidas específicas.

Embora a instalação de parques eólicos seja um ato privado, há, no contexto macro, características de interesse público, demonstradas via relações institucionais, principalmente na aplicação de diretrizes nacionais do setor energético, que implicam em manter padrões de viabilidade do investimento, iniciando pela participação positiva nos leilões de energia, adentrando na disponibilidade de linhas de crédito com bancos públicos/privados, ou mesmo na busca por parcerias público-privadas.

Nesse sentido, o crescimento da energia eólica desperta atenção no Plano Decenal de Expansão de Energia 2029, peça fundamental para a consolidação da diversificação da matriz energética piauiense, pois as instituições que fomentam o desenvolvimento local passam a ter uma prospecção de até R\$ 2,3 trilhões de investimentos no setor elétrico.

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) é um documento elaborado anualmente pela EPE, cujo objetivo essencial é indicar as perspectivas de expansão do setor de energia, visualizando um eixo temporal de dez anos, através de uma visão integrada para as diversas fontes energéticas, permitindo extrair elementos fundamentais para o planejamento energético, com benefícios em termos de aumento de confiabilidade, redução de custos de produção e redução de impactos ambientais (PDE-2029). De tal modo, as regulações do estado do Piauí devem seguir as projeções nacionais, construindo um planejamento local em consonância com aspectos sociojurídicos, econômicos e ambientais, posto que, mesmo com o crescimento do setor energético local, ainda existem localidades sem energia elétrica.

Como reflexão à etapa de implantação de renováveis, o não planejamento irá representar uma energia sem o correspondente sustentável, isolando a economia local, ao invés de fomentá-la, passando apenas a ser um empreendimento meramente privado, o que, pelas circunstâncias dos instintos que movem a energia no país, não é somente essa a real representativa, necessitando de uma geração sob o olhar de novas instituições, como geração de emprego, renda e respeito às diversidades do local de implantação.

O cenário futuro do consumo de energia no país é apresentado através do Plano Nacional de Energia, que aponta projeções de longo prazo, as quais

demonstram estudos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), relativos às possíveis antecipações de inovações e eventos relativos às mudanças significativas no meio social, quanto ao relacionamento da sociedade com a energia. A antecipação de uma análise de tendências oportuniza o delineamento de ações, programas, políticas públicas, construindo estratégias com base nas fontes energéticas disponíveis, bem como observando a distribuição do uso de recursos energéticos, diante de hipóteses como as inovações tecnológicas, aspectos econômicos, demográficos e pormenorizações de padrões de consumo de energia.

Em janeiro de 2020, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) apresentou o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050)³³, diante de um contexto de crescimento econômico que apresenta um cenário com PIB nacional de 1,6% a.a., e, no decorrer das projeções, como o PIB pode chegar à taxa média de 3,0% a.a., representando uma alta demanda energética no país.

Diante disso, o estado do Piauí, como um dos grandes geradores de energia, a partir dos parques eólicos e solar, oportuniza mudanças institucionais com base na aplicabilidade de uma estratégia energética que inclua quesitos voltados à segurança energética, sustentabilidade ambiental, geração de emprego e renda, além de ter na energia eólica um mecanismo de redução de desigualdades sociais.

Esse é o cenário, entre o ano de 2020 a 2050, que pode trazer mudanças ao estado Piauí, a partir da superação da transformação da energia apenas via hidrelétricas, passando a participar do setor energético via renováveis, contribuindo para um cenário acelerado de crescimento e desenvolvimento econômico. Nesse contexto, importante frisar que a Organização Latino-Americana de Energia (OLADE)³⁴ apresenta o Sendero Energético, uma representação gráfica que resume o vínculo entre a evolução dos níveis de desenvolvimento de um país ou sub-região, a qual demonstra que Brasil, Chile, México, Estados Unidos, África do Sul, China e União Europeia apresentam padrões similares quanto à direção desejável do PIB através

³³O Plano Nacional de Energia (PNE) é um instrumento fundamental para o país, na medida em que avalia tendências na produção e no uso da energia e baliza as estratégias alternativas para expansão da oferta de energia nas próximas décadas. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-nacional-de-energia-pne>. Acesso em: 20 jul. 2020.

³⁴ *Anuário de Estatísticas Energéticas*. Disponível em: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0396.pdf>. Acesso em: 30 set. 2023.

do campo energético, consubstanciando na perspectiva de redução do valor hora da energia através da expansão democrática da produção de energia em todas as regiões.

Nessa percepção, reflete-se com relação à mudança institucional que irá nortear o estado do Piauí na sua caminhada de geração de energia, que se perfaz na inclusão necessária de fontes renováveis na sua matriz energética.

O início da consolidação é visível por meio de ações que usam o potencial eólico e solar de maneira econômica, construindo a concepção da implantação integrada de empreendimentos com a comunidade que o recebe, gerando emprego, renda e aplicando o viés da sustentabilidade. A implantação dos parques eólicos, inicialmente no litoral e fortalecido no interior do estado, além da inclusão da energia solar, trouxe o debate sobre a alteração na matriz energética no Piauí e a necessidade de intensificar a criação de mecanismos de incentivo às fontes renováveis.

Esses são objetivos estratégicos que passam pela observância das diretrizes do balanço energético nacional, dando ênfase à segurança energética, à redução dos gases de efeito estufa e à geração de emprego e renda (FADIGAS, 2011).

Nesse aspecto, considerando a já abordada competência privativa da União quanto à matéria energia (art. 22, CF/88), cabe ao estado do Piauí pontuar sobre a aplicabilidade de mudanças nos protocolos de manuseio da energia eólica e solar, proporcionando instituições que não representem bloqueios ao desenvolvimento da energia renovável, mas oportunize um protocolo que respeite as diretrizes sociais e ambientais de proteção integral, prevista no art. 225 da Constituição Federal de 1988.

De tal maneira, a participação econômica do Estado é impreterível diante das perspectivas da oferta e procura, superando elementos econômicos meramente utilitaristas, posto que é preciso incentivar a indústria eólica, através de sua interação econômica, social e jurídica.

Perante a consolidação da energia renovável na matriz energética do estado do Piauí, as nuances de cada empreendimento demandam novas práticas jurídicas diante das tradicionais movimentações financeiras e sociais próprias da implantação de empreendimentos como parques eólicos.

Nesse universo, a segurança jurídica é item que transparecerá o fortalecimento na chegada de novos empreendimentos, oportunizando, por exemplo,

contratos que firmem parcerias público-privada entre ente municipal e empresa eólica, dinamizando políticas públicas de inclusão do uso da energia renovável no campo, em residências etc. Fadigas (2011) apresenta a sistemática europeia do planejamento energético, identificando institutos que permeiam a passagem de uma matriz não renovável para uma matriz renovável, como cotas de uso de renováveis, certificados verdes etc.

Através de políticas trabalhadas via Secretaria de Estado do Planejamento (SEPLAN) e a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Regional, Abastecimento, Mineração e Energias Renováveis (Sedramer), a energia no Piauí poderá ser objeto de protocolos normativos, apresentando o seu uso através de incentivos, como por exemplo, criação de sistema de cotas energéticas, com incentivo ao uso de energia renovável em indústrias, prédios públicos, estabelecendo-se uma porcentagem de eletricidade produzida a partir das novas fontes de energia renováveis.

Sob esse olhar, respeitando as regras de regulação da ANEEL, os órgãos estaduais competentes também estariam diante da viabilidade de implantação do instituto dos certificados verdes de energia renovável, como acordos com condições de demanda e geração, oportunizando a utilização da energia produzida individualmente como forma adicional à receita adquirida pela venda da energia elétrica no mercado.

Pontua-se, portanto, sobre o panorama de mudanças institucionais que favoreceriam a diversificação da matriz energética piauiense, com a possível observação comparativa da aplicação de um regime de compensação, como retrata a Lei de Energias Renováveis da Alemanha – EEG, colocando a possibilidade de uma legislação que trabalhe a regulação da aquisição da energia em situações especiais, valorizando setores estratégicos da economia local (Steindorfer, 2018). Por essa vertente, o percurso do planejamento energético encontra na sustentabilidade uma forte mudança institucional, pois a energia eólica e solar no estado do Piauí demonstra a necessária dinâmica interdisciplinar na fase de liberação documental para a implantação de parques de renováveis.

A dinâmica reflete a interseção de aspectos econômicos, ambientais, sociais e culturais, que passa a considerar a manutenção de garantias individuais e coletivas no aparato documental de liberação dos empreendimentos eólicos e solar,

consubstanciando o respeito ao metaprincípio da dignidade da pessoa humana (Sarlet, Fensterseifer, 2021, p. 118). De tal maneira, à luz dos princípios contemporâneos da tutela ambiental e ecológica (Sarlet, Fensterseifer, 2021, p. 405), a nova dinâmica do planejamento energético do setor eólico e solar deve, obrigatoriamente, alocar o caráter protetivo constitucional da flora e da fauna, considerando a dimensão do ecossistema ambiental.

Nesse item, a política ambiental aplicada ao planejamento eólico e solar no estado do Piauí apresenta-se em consonância com regramentos internacionais e nacionais, respeitando protocolos da Agenda21³⁵, bem como da Agenda 2030 - ONU, no que tange ao desenvolvimento sustentável, em meio à aproximação do determinismo tecnológico e a construção social da tecnologia (Molinari, Sarlet, 2015).

Assim, o estado do Piauí segue o protocolo de legislações federais quanto aos itens próprios do licenciamento, através de dois instrumentos obrigatórios para a liberação da implantação do parque eólico e posterior funcionamento do empreendimento, quais sejam, o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), que devem ser publicizados à comunidade que recebe o empreendimento, através, por exemplo, de audiências públicas³⁶.

Por conseguinte, será a realidade da implantação de parque eólico e solar que demonstrará a interação da tecnologia e as atividades praticadas como sobrevivência da comunidade³⁷, sendo a política ambiental instituto obrigatório dentro das bases de formação do planejamento.

Esse perfil permitirá que a implantação de renováveis em comunidades piauienses tenha a percepção e aplicabilidade da sustentabilidade, pontuando a participação comum entre governo, empreendimento e comunidade, através de vias

³⁵Agenda 21 é um plano de ação formulado internacionalmente para ser adotado em escala global, nacional e localmente por organizações do sistema das Nações Unidas, pelos governos e pela sociedade civil, em todas as áreas em que a ação humana impacta o meio ambiente.

³⁶ O EIA é o conjunto de estudos com dados técnicos detalhados que busca identificar os problemas ambientais e os respectivos graus de magnitudes. O RIMA é o relatório no qual estão descritas todas as conclusões obtidas no Estudo de Impacto Ambiental. É escrito de forma clara e objetiva, com ilustrações como mapas, quadros, gráficos etc., de modo que se possa entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de sua implantação.

³⁷ As práticas da comunidade elencadas no RIMA são definidas como pesca, extrativismo, turismo, bem como suas práticas culturais (danças, tradições religiosas etc.).

públicas, como acontece expressamente nos instrumentos EIA e RIMA. Nesse aspecto, através de um planejamento democrático, o estado do Piauí terá a oportunidade de enfrentar abertamente as possíveis dificuldades nas implantações de parques renováveis, pois apresentará a reflexão a partir do diálogo entre comunidade e empreendimento.

Essa possibilidade de participação inicial da comunidade poderá diminuir o discurso de não aceitação, que sequer oportunizam a abertura do debate das expectativas da divulgação positiva da energia renovável.

Essa atitude é compreendida na literatura como a aplicação do efeito "*Not in My Backyard Phenomenon*", expressão conhecida como efeito **Nimby**, que, em uma tradução livre, pode ser entendida como uma oposição à localização de algo considerado indesejável à vizinhança (Komendantova *et al*, 2016).

Segundo Kinder (2016), o uso da expressão **Nimby** pode denotar falta de vontade dos indivíduos em aceitar empreendimentos em grande escala próximo às suas residências, pois modificaria condições normais do dia a dia, além de afetar o valor da propriedade e representar a oposição individual e coletiva de uma região aos projetos de alto impacto ambiental.

Nesse sentido, a atitude **Nimby** passa a exercer uma influência na definição de como os titulares de empreendimentos que trabalham energia renováveis irão responder às manifestações dos residentes da localidade de implantação da energia renovável.

O **Nimby** também pode ser entendido como uma espécie de lacuna social no discurso da implantação de renováveis e a mitigação de mudanças climáticas, diante das hostilidades na inserção de maquinários que extraem a energia e a lançam na rede elétrica (Komendantova *et al* 2016).

Para Steindorfer (2018), os aerogeradores dos parques eólicos seriam um exemplo de instalações que ocasionariam o efeito *nimby*, que, confrontado com a perspectiva positiva da energia renovável, pode ocasionar a impressão de que se estaria contra a mudança na matriz energética, fato ainda amplificado pelo falso discurso de a energia eólica ser "limpa".

A revisitação da atitude *nimby* é mecanismo importante na superação de externalidades negativas na implantação de parques eólicos, pois remete à

necessidade de se retirar a forma pejorativa de se entender as objeções locais, oportunizando uma participação efetiva da comunidade quanto à possibilidade de expressar suas opiniões e preocupações, promovendo uma espécie de justiça no procedimento de planejamento de implantação de renováveis em locais antes desconhecedores da tecnologia (Burningham et al 2006).

Percebe-se, portanto, que a mudança institucional no planejamento energético piauiense remete a construção de diretrizes democráticas na transição energética, oportunizando o acesso confiável, amplo e moderno à energia renovável.

5 Considerações Finais

Diante da realidade mundial das mudanças climáticas, a energia renovável passou a ser um item obrigatório mundial, pois é elencado pela Organização das Nações Unidas (ONU) como elemento facilitador da redução na emissão de gases de efeito estufa. Nesse ponto, o Brasil passou a ser uma das referências quanto ao uso de renováveis na sua matriz energética, ganhando destaque a energia solar e eólica, considerando as determinações da Lei nº 9.648/98, que possibilitou a construção do novo modelo do setor elétrico.

O Brasil, portanto, possui diretrizes de desenvolvimento energético, que se fortaleceram nas crises dos apagões e racionamento energético do início dos anos 2000 e foram reafirmadas como eficientes na crise hídricas dos últimos anos.

Nesse cenário, a partir de 2013 o estado do Piauí passou a presenciar concretamente esse novo ambiente socioeconômico e interdisciplinar da energia renovável, recebendo o primeiro empreendimento de energia eólica implantado no litoral piauiense e expandindo, nos anos posteriores, ao interior de todo o estado, trazendo a possibilidade de uma nova reflexão com relação à forma de realizar o planejamento energético estadual. Itens de preocupação mundial, como racionamento de energia, acesso universal, distribuição e segurança energética, e, principalmente, a implantação da tecnologia que possibilite o uso de fontes renováveis na cadeia produtiva do estado, passaram a ser presentes no planejamento estadual energético.

Contemporaneamente o planejamento energético piauiense, além de possuir uma base regulatória capaz de oportunizar segurança jurídica aos empreendedores, deve implementar um perfil democrático e sustentável em sua dinâmica, pois a diversificação da matriz energética do estado do Piauí tem nas comunidades as vias concretas da inter-relação da energia renovável com o meio ambiente, sociedade, empreendimentos e Estado. A reflexão da energia renovável piauiense remete a superação dos desafios da implantação de mudanças institucionais no planejamento energético, oportunizando espaços democráticos nas relações sociojurídicas e econômicas próprias de cada região do estado.

Este perfil democrático se firma através do rompimento das fronteiras regulatórias contemporâneas da energia eólica e solar no estado do Piauí, com enfrentamento no corpo da Constituição Estadual de matérias que possam dinamizar o aproveitamento energético sustentável.

Tal desafio se apresenta no possível acréscimo ao art. 246 da Constituição do Estado do Piauí de normativa, respeitando a competência da União, que expresse o tratamento da energia renovável via contornos contemporâneos da valorização de instrumentos legais e sociais da sustentabilidade e do planejamento participativo, conduzindo o desenvolvimento para a comunidade e empreendimento.

Assim, a instalação de parques eólicos e solar no estado do Piauí permanece com as perspectivas de desenvolvimento econômico e social, porém, conduzido por um planejamento que possibilite a fixação de empreendimentos que trabalhem com todos os elementos que se conectam com as fontes renováveis, possibilitando uma inter-relação sociojurídica e econômica via tutela da energia como bem jurídico ambiental fundamental, conduzindo democraticamente a mudança gradativa da matriz energética estadual.

Referências

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Atualização do Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil**. FGV Projetos, 2017. 236 p. Disponível em: http://inteligencia.abdi.com.br/wp-content/uploads/2017/08/2018-08-07_ABDI_relatorio_6-1_atualizacao-do-

mapeamento-da-cadeia-produtiva-da-industria-eolica-no-brasil-WEB.pdf. Acesso em: 5 out. 2023.

ACORDO DE PARIS. <https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 06 out. de 2023.

AMARANTE, O. A.; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A. L. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Brasília: MME; Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2001. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/at>. Acesso em: 25 set. 2023.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica no Brasil: Energia Eólica**. 3. ed. Brasília, 2008. 236 p. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>. Acesso em: 30 set. 2023.

BALANÇO ENERGÉTICO 2023. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN_S%C3%ADntese_2023_PT.pdf. Acesso em 29 set. 2023.

BICALHO, Ronaldo Bicalho (Org.). **Economia da Energia: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial**. 2. ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2016, p. 31.

BURNINGHAM, K. ; BARNETT, J. ; THRUSH, D. ; The limitations of the NIMBY concept for understanding public engagement with renewable energy technologies: a literature review, in: **Beyond Nimbyism Research Project Working Paper**. Disponível em: http://geography.exeter.ac.uk/beyond_nimbyism/deliverables/bnwp13.pdf. Acesso em: 01 de agost. 2020.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 9 jul. 2019.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Ação Direta de Inconstitucionalidade - ADI 3540**. Julgada em 2005. Requerente: Procurador – Geral da República. Ministro Relator Celso de Mello. 01 de setembro de 2005. Disponível em: <http://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=2311268>. Acesso em: 9 jul. 2019.

BRASIL. **Lei Federal 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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9478.htm. Acesso em: 10 mar. 2020

BRASIL. **Lei Federal nº 10.848, de 15 de março de 2004**. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica (...). Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.848.htm. Acesso em: 28 jun. 2019.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.943, de 28 de maio de 2009**. Autoriza a União a participar de Fundo de Garantia a Empreendimentos de Energia Elétrica – FGEE. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11943.htm. Acesso em: 30 jun. 2019.

BRASIL. PIAUÍ (Estado). **Lei Estadual n. 6.901/2016**, de 28 de novembro de 2016. Disponível em: http://servleg.al.pi.gov.br:9080/ALEPI/consultas/norma_juridica/norma_juridica_mostrar_proc?cod_norma=4039. Acesso em: 25 set. 2020.

BRASIL PIAUÍ (Estado). **Lei Estadual n. 7.001, de 13 de julho de 2017**. Disponível em: <http://legislacao.pi.gov.br/legislacao/default/ato/15987>. Acesso em: 09 jun. 2019.

BRASIL. **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237_191297.pdf. Acesso em: 9 dez. 2019.

BRASIL. **Resolução nº 001, de 2 de janeiro de 1986**. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 9 dez. 2019.

BRASIL. **Resolução nº 6, de 16 de setembro de 1987**. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=57>. Acesso em: 9 dez. 2019.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 4.035/2008**. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/123890>. Acesso em: 11 jun. 2019.

BRASIL. Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. **Plano Nacional Sobre Mudança do Clima**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/grupo-executivo-sobre-mudanca-do-clima/comit%C3%AA-interministerial-sobre-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas.html>. Acesso em: 11 jun. 2019.

CASTRO, R. M. G. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada**: introdução à energia eólica. 3. ed. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

CONFERÊNCIA DE ESTOCOLMO, 1972. Disponível em: https://apambiente.pt/_zdata/Políticas/DesenvolvimentoSustentavel/1972_Declaracao_Estocolmo.pdf. Acesso em 25 nov. 2020.

D`OLIVEIRA, R. L. D. **O princípio da integração ambiental e as energias renováveis**. 2016. Dissertação (Mestrado na Área de Especialização em Ciências Jurídico-Políticas) - Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra. 2016.

DUTRA, R. M. **Propostas de políticas específicas para energia eólica no Brasil após a primeira fase do Proinfa**. Tese (doutorado) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

FADIGAS, Eliane A. Faria Amaral. Energia eólica. **Série Sustentabilidade**. Arlindo Philippi Jr. (coord.). Barueri, São Paulo: Manole, 2011.

FENSTERSEIFER, T. **Direitos Fundamentais e Proteção do Ambiente**: A dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico-constitucional do Estado Socioambiental de Direito. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008.

FREITAS NETO, B. B. de. **Relatório de Impacto Ambiental - RIMA**. Fortaleza: Ambiental, 2011. 131 p. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_222_27524.pdf. Acesso em: 25 jan. 2020.

HOLMES, S.; SUSTEIN, C. R. **O custo dos direitos**: por que a liberdade depende dos impostos. Tradução de Marcelo Brandão Cipolla. São Paulo: editora WMF Martins Fontes, 2019.

KINDER, Peter D. **Not in My Backyard Phenomenon**. 2016. Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/Not-in-My-Backyard-Phenomenon>. Acesso em 20 abril de 2020.

LIMA, C. C. **Energia Eólica**: alternativa sustentável à produção energética e mudanças no paradigma monopolista brasileiro. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2017.

MOLINARO, Carlos Alberto; SARLET, Ingo Wolfgang. Apontamentos sobre direito, ciência e tecnologia na perspectiva de políticas públicas sobre regulação em ciência e tecnologia. In: MENDES, Gilmar Ferreira; SARLET, Ingo Wolfgang; COELHO, Alexandre Zavaglia P. (Coord.). **Direito, inovação e tecnologia**. São Paulo: Saraiva, 2015. v. 1. p. 85-122.

OLIVEIRA, A. de; PEREIRA, O. S.; VEIGA, J. E. da. (Org.). **Energia Eólica**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2017.

PEREIRA NETO, Aloísio Pereira. **A energia eólica no direito ambiental brasileiro**. Rio de Janeiro: Synergia, 2014, p. 955.

QUEIROZ, Helder; IOOTTY, Mariana; BOMTEMPO, José Vítor; ALMEIDA, Edmar; BICALHO, Ronaldo Bicalho (Org.). **Economia da Energia: Fundamentos Econômicos**,

Evolução Histórica e Organização Industrial. 2. ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2016, p. 31

SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. **Direito Constitucional Ecológico: constituição, direitos fundamentais e proteção da natureza**, 7. ed. rev. atual. ampl. São Paulo: Thompson Reuters Brasil, 2021.

SIMIONI, Rafael Lazzarotto. **Direito, Energia e Tecnologia: A Reconstrução da Diferença entre a Energia e Tecnologia na Forma da Comunicação Jurídica.** São Paulo: Juruá, 2010.

STEINDORFER, Fabriccio. **Energias renováveis: meio ambiente e regulação.** Porto: Juruá, 2018, p. 18.

SCHAWB, K. **A quarta revolução industrial.** Trad. Daniel Moreira Miranda. Título original: *The Fourth Industrial Revolution*. São Paulo: Edipro, 2016.

VILHENA DE FREITAS, L. **Direito Administrativo da Energia: Introdução.** Lisboa: Editora AAFDL, 2013.

SÍTIOS PESQUISADOS NA REDE MUNDIAL DE COMPUTADORES

ABEEOLICA. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/quem-somos/> Acesso em: 30 set. 2023.

ABDI. Disponível em: <https://abdi.com.br/postagem/ventos-que-trazem-empregos>. Acesso em: 18 out. 2019.

CAPACIDADE RENOVÁVEIS PI. Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2019/01/enel-vende-540-mw-de-capacidade-renovavel-brasil-para-chinesa-cgn/35539>. Acesso em: 28 jul. 2019.

CCEE. Bases de dados <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/dados-geracao>. Acesso 2 out. 2023.

CHINESA CGN compra 2 usinas de nova energia no Brasil. Portal China Hoje, 28 junho 2019. Disponível em: <http://www.chinahoje.net/chinesa-cgn-compra-3-usinas-de-nova-energia-no-brasil/>. Acesso em: 9 jul. 2019.

GERAÇÃO EÓLICA. <https://www.al.pi.leg.br/radio/noticias-radio/piaui-e-o-estado-com-maior-crescimento-na-geracao-de-energia-eolica>. Acesso em 28 set. 2023

ODS. N. 7. ODS n. 7 "acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia". Disponível em <https://www.alemdaenergia.engie.com.br/ods-7-da-onu-defende-importancia-da-energia-limpa->

acessivel/?gclid=CjwKCAjwg4SpBhAKEiwAdyLwvDhF00JNZIHgKOpWTptwhkdJVY
o31yNOoLfm84BP7zL8cIL046SZVxoCVywQAvD_BwE. Acesso em 4 out. 2023.

PARQUE EÓLICO PIAUÍ. Disponível em: <https://www.pi.gov.br/noticias/empresa-espanhola-investira-r-21-bilhoes-em-parque-eolico-na-divisa-entre-piaui-e-bahia/>. Acesso em: 4 out.2023.

PIAUÍ é a nova fronteira para o mercado de energia eólica no Brasil. **CERNE**, Rio Grande do Norte, 05 janeiro 2019. Disponível em: <http://cerne.org.br/piaui-e-a-nova-fronteira-para-o-mercado-de-energia-eolica-no-brasil/>. Acesso em: 09 jul. 2019.

IPCC. Disponível em: https://www.tnc.org.br/conecte-se/comunicacao/noticias/ipcc-report-climate-change/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=ipcc&gclid=CjwKCAjwg4SpBhAKEiwAdyLwvFWU-IJMgnOBYp9CnbCT8ScFhKheAB13M5NCIWip5FtNH4_65ecVXRocYNSQAvD_BwE. Acesso em: 25 de set. 2023.

CAPÍTULO II

HIDROGÊNIO VERDE COMO FATOR DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO PIAÚÍ



<https://doi.org/10.36592/9786554601337-02>

*Gabriel Rocha Furtado*¹

*Luís Guilherme Tavares Santos*²

Sumário: 1. Crise ambiental, energética e os combustíveis renováveis. 2. Hidrogênio verde como fonte de energia sustentável. 3. O cenário do Hidrogênio Verde no Brasil: vantagens e desafios. 3.1. A regulação normativa do Hidrogênio no Brasil. 4. O Hidrogênio Verde e o potencial da iniciativa do estado do Piauí. Referências.

1 Crise ambiental, energética e os combustíveis renováveis

A adoção de um sistema de produção econômica centrado em fontes de energia não renováveis, relacionado a atividades com significativa emissão de gases e resíduos poluentes, teve como resultado uma comunhão de crises energéticas e ambientais, cujo enfrentamento demanda esforços conjuntos entre setores privados e entidades governamentais, numa escala internacional.³ Assim, tornou-se

¹ Doutor e Mestre em Direito Civil (UERJ). Professor Efetivo de Direito Civil (UFPI). Diretor Acadêmico do Instituto de Ensino Superior (ICEV). Advogado. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6579021354722360>. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0482-8465>. E-mail: rochafurtado@ufpi.edu.br.

² Mestrando em Direito pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Graduado em Direito pela Universidade Federal do Piauí (UFPI) com mobilidade acadêmica internacional da Universidad Santo Tomás (Bogotá, Colômbia). Advogado (OAB/PI 20.224). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9806-9051> Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6445600439303027>. E-mail: guilherme@rochafurtado.com.br

³ "Recognising that the prosperity and well-being of present and future generations depends on our current development and other policy choices and actions, we resolve to pursue environmentally sustainable and inclusive economic growth and development in an integrated, holistic and balanced manner. We commit to urgently accelerate our actions to address environmental crises and challenges including climate change. We recognize that the impacts of climate change are being experienced worldwide, particularly by the poorest and the most vulnerable, including in LDCs and SIDS. We note with concern that global ambition and implementation to address climate change remain insufficient to achieve the temperature goal of the Paris Agreement to hold the increase in the global average temperature to well below 2°C above pre- industrial levels, and pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5°C above pre-industrial levels". (G20. *G20New Dehli Leaders' Declaration*. New Dehli,

indispensável a constituição internacional de mecanismos multilaterais a estabelecer metas de preservação, com prazos e etapas condizentes com a urgência enfrentada, como ilustrado pelos objetivos firmados em marcos como o Acordo de Paris e a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), especialmente quanto aos ambiciosos programas de redução de gases poluentes.⁴⁻⁵

Essa preocupação internacional foi recentemente ponto de debate no encontro do G20, havendo forte discordância quanto a propostas como a triplicação da capacidade de implementação de energias renováveis e a redução das emissões de gases poluentes até 2035.⁶ Contudo, a manutenção das configurações atuais tornará impossível alcançar as metas de redução da poluição, de modo que para

India, 2023, 09 de set. de 2023. Disponível em: <https://www.mea.gov.in/Images/CPV/G20-New-Delhi-Leaders-Declaration.pdf>. Acesso em: 15 de set. de 2023).

⁴ "Nearly all countries have committed to decarbonizing their economies in the coming decades following the Paris Agreement to limit global warming. Likewise, many large corporations have announced plans to cut their carbon footprint to net zero. Currently, industrial production accounts for a quarter of global GHG emissions. This requires a significant upscaling of renewable electricity generation to replace fossil fuel-based power, while still meeting the increased global demand for electricity. At the same time, a considerable share of renewable energy will be needed to substitute fossil fuels in hard-to-abate activities that cannot be easily electrified. These include the production of steel, cement and base chemicals and some applications in the transport sector (e.g., aviation and shipping). Within these sectors, green hydrogen can be used as a chemical feedstock and as a fuel to complement initiatives towards net-zero emissions." (UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. Green Hydrogen Industrial Clusters Guidelines. Vienna, June 2023, p. 10).

⁵ "O Acordo de Paris estabelece um objetivo ambicioso de limitar o aumento da temperatura global abaixo de 2 °C acima dos níveis pré-industriais, com a intenção de limitá-lo a 1,5 °C. Para atingir o objetivo do Acordo de Paris, será necessário descarbonizar grande parte do sistema energético mundial que ainda depende fortemente de combustíveis fósseis poluentes. Para tanto, uma quantidade significativa de fontes renováveis de energia deve ser instalada e integrada, e setores que demandam energia, como o transporte e a indústria, precisam ser descarbonizados em grande escala (IEA, 2019). O aumento da demanda energética mundial e a crescente pressão pelo controle de emissões dos poluentes implica a necessidade de soluções compatíveis com o desenvolvimento sustentável. Assim, nos últimos anos, um novo tema passou a ser central na agenda internacional: incentivar as transições ambientais e energéticas nas diferentes partes do mundo para garantir um futuro verde e sustentável. De acordo com IEA (2019), para cumprir o objetivo de Paris, as emissões precisariam atingir o pico na próxima década e depois cair a zero por volta de 2050. Nessa corrida em direção à neutralidade climática, muitos países anunciaram diferentes estratégias que envolvem a profunda transformação do setor energético, industrial e setores de infraestrutura" (BRASIL, Ministério da Economia, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rio de Janeiro: Ipea, 2022). Ainda sobre os desafios da Política Energética Nacional, ver: BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2050. Brasília: MME/EPE, 2020.

⁶ MACHADO, Nayara. G20, combustíveis fósseis e o distante Acordo de Paris. Epbr, 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/g20-combustiveis-fosseis-e-o-distante-acordo-de-paris/>. Acesso em: 15 de set. de 2023. Reportando os mesmos problemas com a mais recente reunião do G20: PATEL, Shivam. G20 agrees to pursue tripling renewables capacity but stop short of major goals. Reuters, 2023. Disponível em: <https://www.reuters.com/sustainability/g20-agrees-pursue-tripling-renewables-capacity-stop-short-major-goals-2023-09-09/>. Acesso em: 24 de set. de 2023.

além das declarações bem-intencionadas, devem ser adotadas medidas concretas de preservação, por vezes política e economicamente sensíveis.⁷⁸

A inversão dessa lógica de produção econômica com vistas à promoção da sustentabilidade ambiental⁹ deverá repercutir não apenas nos setores governamentais e organismos multilaterais, mas também junto à esfera de liberdade do campo privado. Aqui, há uma necessária coordenação entre a garantia de liberdade econômica e a proteção de *interesses socialmente relevantes*, cuja urgência não mais permite que sua implementação fique à espera de comunhões voluntárias entre os países e setores comerciais de maior relevância.¹⁰¹¹

A expansão desses deveres de proteção a interesses socialmente relevantes foi consolidada no Brasil pela adoção de uma Constituição da República permeada por princípios, objetivos e regras relacionadas à proteção do meio ambiente e à sustentabilidade ecológica.¹² Consolidar essa base *fundamental* ajudou na

⁷ AHUJA, Abhisek et al. Driving sustainable and inclusive growth in G20 economies. McKinsey, 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/in/our-insights/driving-sustainable-and-inclusive-growth-in-g20-economies>. Acesso em: 22 de set. de 2023.

⁸ UNITED NATIONS. Framework Convention on climate change. Technical dialogue of the first global stocktake. 2023. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/sb2023_09_adv.pdf. Acesso em: 23 de set. de 2023.

⁹ Sobre a evolução jurídica dos direitos ambientais e o marco jurisprudencial histórico nos Estados Unidos, ver: DAROS, Leatrice Faraco. "Sierra Club v. Morton, 1972: a questão do standing na litigância ambiental". In: Suprema Corte dos Estados Unidos: casos históricos. Coord. Rodrigo Frantz Becker. São Paulo: Almedina, 2022.

¹⁰ "Trata-se, em uma palavra, de estabelecer novos parâmetros para a definição de ordem pública, relendo o direito civil não somente à luz da Constituição, mas mediante a incorporação das normas extraídas do Texto Maior à legislação infraconstitucional" (OLIVA, Milena Donato. Teoria Geral do Direito Civil. Org. Gustavo Tepedino. Rio de Janeiro: Forense, 2020, p. 54).

¹¹ FERNANDES, Bernardo Gonçalves. Curso de Direito Constitucional. 6ª ed. Salvador: Juspodivm, 2014. Mencionando alguma das consequências práticas dessa alteração: "[...] existem importantes efeitos decorrentes da consagração ao nível constitucional desse novo direito, tais como o dever do legislador de concretizar a constituição; a possibilidade de se declarar nulas as leis que atentem contra os valores da tutela ambiental; a imposição ao administrador de desenvolver políticas ambientais; a orientação da interpretação conforme a constituição; a possibilidade de anulação e inaplicação de regulamentos contrários à constituição e, ainda, o reconhecimento do princípio de proibição do retrocesso ambiental, que impeça a revogação pura e simples da legislação de tutela do meio ambiente". (MOURA JÚNIOR, Flávio Paixão. "O direito constitucional ambiental: a constituição como via da ecologização do direito", p. 801. In: Constitucionalização do Direito: fundamentos teóricos e aplicações específicas. Rio de Janeiro: Lúmen Juris, 2007).

¹² "Hoje, no Brasil, toda a base do Direito Ambiental se encontra cristalizada na Lei Maior – competências legislativas (artigos 22, IV, XII e XXVI, 24, VI, VII e VIII, e 30, I e II); competências administrativas (artigo 23, III, IV, VI, VII e XI); ordem econômica ambiental (artigo 170, VI); meio ambiente artificial (artigo 182); meio ambiente cultural (artigos 215 e 216); meio ambiente natural (artigo 225), entre outras disposições esparsas não menos importantes, formando o denominado Direito Constitucional Ambiental" (AMADO, Frederico. Direito Ambiental. 10ª ed. Salvador: Juspodivm, 2019, p. 47).

superação dos rígidos limites então existentes entre os deveres e direitos reservados aos setores público e privado, em prol de objetivos comuns, ou *metas constitucionais*.¹³

Ilustrando essa transformação, a legitimação constitucional do *direito de propriedade*, anteriormente considerado como expressão última da liberdade dos atores privados, passa a observar limitações para além dos interesses de outros proprietários, não mais se restringindo às faculdades de usar, gozar e dispor, passando a ser entendido como um poder limitado à sua integração na sociedade e vinculado à tutela do meio ambiente.¹⁴ Essa *concepção funcional* da propriedade a liberta de um rigor estrutural que distinguia de modo absoluto a esfera do cidadão privado e o setor público/governamental, partilhando entre os proprietários e os órgãos estatais os deveres de *proteção, preservação e fiscalização*.¹⁵

¹³ “No âmbito de tais transformações, o direito público e o direito privado se sobrepõem na proteção dos valores existenciais e sociais assegurados pela ordem pública constitucional, superando-se as classificações rígidas acerca dos institutos de direito público e privado. Com efeito, constatou-se que o ordenamento jurídico, a despeito de sua complexidade, é uno, por força da aplicação da Constituição como norma jurídica, à qual se reconduzem todas as fontes normativas, uniformizando-se, assim, axiologicamente, a disciplina das situações jurídicas subjetivas” (TEPEDINO, Gustavo. “A função social da propriedade e o meio ambiente”. In: Temas de direito civil Tomo III. Rio de Janeiro: Renovar, 2009, p. 176-177). No mesmo sentido, ver: PERLINGIERI, Pietro. Perfis de Direito Civil: Introdução ao Direito Civil Constitucional. 3ª ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2002; e PERLINGIERI, Pietro. O direito civil na legalidade constitucional. Rio de Janeiro: Renovar, 2008

¹⁴ “Outrossim, a função social (ou socioambiental) não se configura como simples limitação ao exercício do direito de propriedade, e sim tem caráter endógeno, apresentando-se como quinto atributo ao lado do uso, gozo, disposição e reivindicação. Na realidade, operou-se a ecologização da propriedade” (AMADO, Frederico. Direito Ambiental. 10ª ed. Salvador: Juspodvim, 2019, p. 101). Ver também: TEPEDINO, Gustavo. “A função social da propriedade e o meio ambiente”. In: Temas de direito civil Tomo III. Rio de Janeiro: Renovar, 2009.

¹⁵ “Pode-se dizer com Tepedino, aliás, que enquanto o Código Civil regula os aspectos estruturais da propriedade, dividindo-os em internos ou econômicos (os direitos/faculdades de usar, gozar e dispor dos bens) e externos ou jurídicos (o direito de reaver o bem acaso sob posse injusta de outrem – através das ações de tutela dominial), a Constituição regula os aspectos funcionais da propriedade. Sob esse aspecto, é possível identificar-se uma função protetiva (revelada através da previsão da impenhorabilidade da pequena propriedade rural; da imunidade da pequena e média propriedade rural, bem como dos imóveis produtivos, à desapropriação para fins de reforma agrária; da não incidência de ITR em caso de pequena propriedade rural explorada diretamente pelo proprietário; bem como pela possibilidade da usucapião especial, com prazos reduzidos, para imóveis rurais e urbanos até determinada extensão). Ao lado desta, há também uma função punitiva, incidente sobre proprietários que não fazem com que seus imóveis desenvolvam uma função social: daí a possibilidade de serem submetidos a edificação e parcelamento compulsórios do imóvel urbano; dos imóveis não edificados sofrerem desapropriação para fins de reforma urbana; de se sujeitarem a ITR e IPTU progressivo, além de sofrerem desapropriação para fins de reforma agrária” (CANOTILHO, J. J. Gomes et al. Comentários à Constituição do Brasil. 2ª ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018, p. 657). Cf. também: TEPEDINO, Gustavo. “A função social da propriedade e o meio ambiente”. In: Temas de direito civil Tomo III. Rio de Janeiro: Renovar, 2009.

No mesmo sentido, a configuração da ordem econômica brasileira passou a conciliar os interesses da livre iniciativa com a proteção do meio ambiente, esse fim de um *desenvolvimento econômico sustentável* se encontra positivado como objetivo constitucional, servindo a orientar os atores econômicos e os órgãos que o fiscalizam.¹⁶

Essa base principiológica não estará mais restrita aos responsáveis ou à categoria dos serviços, dirigindo atenção a elementos intermediários com potencial danoso, como a necessidade de discutir o *combustível* dessas atividades, ou seja, questionar o potencial danoso da *matriz energética* utilizada e as repercussões destas fontes na emissão de gases e resíduos poluentes.¹⁷ Desse modo, tendo em vista os objetivos ambiciosos de redução da emissão de gases e resíduos poluentes, a *descarbonização da matriz energética* passa de uma alternativa para uma necessidade, demandando a integração de tecnologias capazes de manter o ritmo de produção exigido, sem acentuar o desequilíbrio ambiental existente pelo histórico de exploração de fontes não renováveis.

Passa-se então a discutir este conjunto de novas tecnologias, aqui agrupadas sobre a alcunha generalista *combustíveis*, e a capacidade de transformação obtida com a promoção daqueles considerados *ambientalmente sustentáveis*. Nesse rol de fontes renováveis, inserem-se combustíveis das mais diversas origens e características, e.g. biomassa, biocombustíveis, hidrelétricas, eólica, solar, maremotriz e o hidrogênio, este último reservado a algumas modalidades de produção discutidas em momento posterior. Cada espécie mencionada possui

¹⁶ “Em casos, por exemplo, envolvendo a colisão entre o direito ao meio ambiente equilibrado e a livre iniciativa econômica, que se têm tornado frequentes na jurisprudência do Tribunal, a utilização do princípio da proporcionalidade é manifesta. Emblemático, nesse sentido, o julgamento da ADPF 101, rel. Min. Cármen Lúcia, em que se discutia se decisões judiciais que autorizavam a importação de pneus usados – enquanto manifestação da liberdade de iniciativa e comércio – ofendiam a garantia constitucional ao meio ambiente equilibrado (CF, art. 225). Submetendo o problema ao juízo de ponderação entre valores, o Supremo Tribunal Federal assentou, nos termos do voto da Relatora, que “haveria de se ter em conta que o preço industrial a menor não poderia se converter em preço social a maior, a ser pago com a saúde das pessoas e com a contaminação do meio ambiente” (MENDES, Gilmar Ferreira. Curso de Direito Constitucional. 18ª ed. São Paulo: SaraivaJur, 2023).

¹⁷ “Pela criação desse novo âmbito de normatização ambiental, esse antigo paradigma foi substituído por uma nova realidade. Poder Público e entes privados passaram a buscar meios de proteção, imputando aos poluidores que buscam o lucro a qualquer preço a punição integral pelos danos causados ao meio ambiente” (TARTUCE, Flávio. Responsabilidade Civil. 4ª ed. Rio de Janeiro: Forense, 2022, p. 837).

desafios próprios e vantagens competitivas a depender da delimitação geográfica e/ou comercial da sua adoção, mas todas compartilham o potencial de *descarbonizar* a matriz energética sem implicar em necessária redução da produtividade.

Logo, a título ilustrativo, quando se advoga pela implementação da eletricidade ou do Hidrogênio Verde no lugar da gasolina em alguns meios de transporte, não se busca um aumento dos preços ou redução da eficiência do veículo, mas que o uso regular se dê com pouca ou nenhuma emissão de gases poluentes; assegurando a finalidade deste ao usuário sem comprometer os objetivos comuns de sustentabilidade e responsabilidade socioambiental. A depender do setor e da utilização a que se destina a fonte renovável, pode-se esperar um aumento na produtividade e/ou competitividade econômica do setor, representando um uso sustentável que se torne mais atraente ao destinatário final, independentemente das razões de escolha (econômica, social, ambiental).

No entanto, a compreensão desse panorama de transição energética se torna excessivamente heterogênea quando o campo de análise inclui nações e setores econômicos diversos, haja vista a disparidade dos estágios de implementação; as peculiaridades regionais, sociais e econômicas; e o grau de investimento específico já efetuado. Tomando o cenário brasileiro para estudo, deve-se considerar que as dimensões territoriais e o significativo contingente populacional do país resultam em uma alta demanda de energia, mas também em uma diversidade de fontes para abastecimento desse consumo.

A matriz energética brasileira já é considerada diversificada e abrangente em fontes renováveis, destacando-se a disponibilidade de recurso hídricos e a utilização das dimensões territoriais e climáticas para a implementação de fontes como a *eólica* e a *solar*. Independente de um esforço consciente pautado na *responsabilidade socioambiental*, as características geográficas do Brasil

contribuíram para que os combustíveis renováveis correspondam a parcela majoritária das fontes de energia utilizadas internamente.¹⁸¹⁹

No entanto, ao passo que as dimensões territoriais e climáticas proporcionam uma vantagem competitiva ao Brasil nesse processo de transição energética, dificultam a uniformização das políticas públicas e normas de regulamentação a nível regional e nacional. Qualquer política ambiental adotada pelo Estado Brasileiro sofrerá distorções na sua efetividade ao ser confrontada com as peculiaridades regionais, o que no caso da discussão energética pode ser exemplificado pelas predisposições e facilidades naturais de cada região em relação a algum desses *combustíveis*.²⁰

Regiões mais áridas demonstram maior predileção pela utilização de fontes como *eólica* e *solar*. No mesmo sentido, Estados litorâneos gozarão de um acesso à

¹⁸ BETHÔNICO, Thiago. Entenda a corrida pelo hidrogênio verde e porque o Brasil pode ser uma potência. Folha de São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2023/01/entenda-a-corrída-pelo-hidrogenio-verde-e-porque-o-brasil-pode-ser-uma-potencia.shtml>. Acesso em: 22 de set. de 2023.

¹⁹ Sobre as características do Brasil e as potenciais vantagens nesse processo de implementação do Hidrogênio na matriz energética renovável: "A diversidade de recursos energéticos do Brasil favorece a adoção de diferentes oportunidades para o desenvolvimento da economia do hidrogênio no país, a partir de diferentes rotas tecnológicas. De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 (MME, 2022), o Brasil possui potencial técnico para produção de hidrogênio estimado em 1,8 gigatonelada/ano, incluindo a exploração a partir de recursos energéticos que ainda demandam desenvolvimentos tecnológicos para alcançarem escala comercial. Considerando as tecnologias já operacionais no Brasil e aquelas que possuem viabilidade técnica e econômica em outros países, Brasil contabiliza potencial técnico para produção de hidrogênio superior a 480 megatoneladas/ano. O Brasil está entre os países mais bem posicionados para a produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono. Contribuem para essa perspectiva a atual composição da matriz elétrica do país, com 88% oriunda de fontes renováveis, os baixos custos de geração de energia a partir da geração eólica *onshore* e solar fotovoltaica, cujas plantas possuem fatores de capacidade que superam as registradas em outros países, e a constante ampliação da infraestrutura de transmissão de energia" (BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. Programa Nacional do Hidrogênio: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 13/14). No mesmo sentido, Cf. UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. Green Hydrogen Industrial Clusters Guidelines. Vienna, June 2023.

²⁰ No âmbito da regulação federal, o Plano Nacional do Hidrogênio (PNH2), especialmente quanto ao plano de trabalho para o triênio 2023-2025, merece destaque por esclarecer os objetivos gerais do Governo Federal para o Hidrogênio, bem como apresentar a estrutura administrativa para o processo de transição energética, criando órgãos como o "Comitê Gestor do Programa Nacional do Hidrogênio" e as "Câmaras Temáticas" relacionadas aos 06 (seis) eixos da política nacional: fortalecimento de bases científicas-tecnológicas; capacitação de recursos humanos; planejamento energético; arcabouço legal e regulatório-normativo; abertura e crescimento do mercado e competitividade; e cooperação internacional (BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. Programa Nacional do Hidrogênio: plano de trabalho trienal 2023-2025). Além disso, 03 (três) projetos de leis estão em tramite acerca da regulamentação do Hidrogênio na matriz energética brasileira, no caso: os Projetos de Lei nº 1.878/2022 e nº 725/2022, no Senado Federal; e o Projeto de Lei nº 2.308/2023, na Câmara dos Deputados.

energia maremotriz, indisponível àqueles localizados na seção interna do território.²¹ Como resultado dessa heterogeneidade, as políticas nacionais de energia devem partilhar objetivos e princípios comuns, mas permitindo sempre a adaptabilidade destas ao cenário local (i.e. estados ou regiões).

Se a política se torna distinta para cada região, as regulações editadas devem observar o potencial produtivo local, as características competitivas que favorecem a eleição por um combustível renovável específico, bem como os principais impasses à implementação bem-sucedida desse projeto de transição energética. Direcionando o objeto de análise ao caso do Piauí, estado com um contingente populacional significativo e com riqueza em recursos *eólico* e *solar*, bem como dotado de investimentos e projetos de construção relacionados à utilização de fontes sustentáveis de energia, elege-se um campo de pesquisa mais restrito e conseqüentemente mais habilmente estudado.

Todavia, essa delimitação regional do objeto de estudo deve ser complementada com a eleição de um *combustível* a ser o ponto de pesquisa na seara da descarbonização da matriz energética, aqui, o Hidrogênio Verde.²² Realizadas essas especificações territoriais e quanto à fonte energética a ser estudada, torna-se viável a análise da implementação do Hidrogênio Verde como elemento no processo de desenvolvimento sustentável do Piauí. Nesse sentido, serão abordados tópicos como as razões para a inclusão deste combustível como foco de investimentos na transição energética sustentável, os elementos conceituais do hidrogênio considerado "verde" e eventuais debates acerca dessa classificação; os

²¹ LIMA, M. M. *et al.* The potential of renewable sources of electric energy in Maranhão. Research, Society and Development, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/42690>. Acesso em: 09 de set. de 2023.

²² "Green hydrogen is produced via water electrolysis using renewable electricity. Today, approximately 99% of global hydrogen is produced from fossil fuels² (6% of global natural gas and 2% of global coal are currently used for producing hydrogen³). According to the International Energy Agency (IEA), hydrogen production in 2018 was 75 million tonnes (Mt) globally, whereas electrolysis-based hydrogen production in 2022 accounted for only 0.035 Mt of global production. Hence, production is currently dominated by fossil fuels. This is collectively responsible for CO₂ emissions of around 830 MtCO₂ per year. To accelerate the clean energy transition away from fossil fuels, increasing and upscaling green hydrogen production are essential. With significantly costs for renewable electricity, the introduction of carbon pricing/standards, and production advancements and roll-out for electrolyzers, green hydrogen is expected to expand rapidly and cover up to 14% of the world's total final energy consumption by 2050. However, here are large uncertainties associated with the deployment." (UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. Green Hydrogen Industrial Clusters Guidelines. Vienna, June 2023, p. 11).

deveres constitucionais de preservação ambiental e a inserção do hidrogênio na matriz energética brasileira.

Além disso, são apresentadas as vantagens competitivas e desafios do Brasil e do Piauí para a implementação desse combustível, bem como o grau de desenvolvimento regulatório nesse segmento, observadas as exigências de regionalização desses projetos, coordenando os interesses locais com os objetivos nacionais, de modo favorável ao crescimento do estado do Piauí. Exposição esta que não poderá se furtar a apontar os desafios de implementação e os pontos falhos e/ou lacunas normativas nas mencionadas disposições.²³

2 Hidrogênio verde como fonte de energia sustentável

A pesquisa sobre a utilização do Hidrogênio como fonte de energia alternativa não é precisamente uma novidade, visto que é o elemento mais abundante no universo, ainda que raramente disponível em seu estado puro.²⁴ Contudo, às vantagens por ele apresentadas – disponível, não tóxico, volátil, com grande capacidade de armazenamento energético por unidade de massa e com diversas alternativas de transporte – contrapunha-se a alta emissão de gases poluentes em seus métodos tradicionais de produção, tornando-o ecologicamente indesejável (v.g. no processo de produção via gás natural, para a obtenção de 1kg de hidrogênio, chega-se a emitir 10kg de gás carbono).²⁵

Com o agravamento das crises ambiental e energética, o Hidrogênio voltou a ser cogitado como fonte de energia - combustível ou matéria-prima -, especialmente

²³ Sobre os desafios de regulamentação: SILVA, Larissa Tavares da; DANA, Manuela Carneiro. Regulação do hidrogênio no Brasil: descarbonização do setor de óleo e gás para metas climáticas, 2020. Disponível em:

https://icongresso.ibp.itarget.com.br/arquivos/trabalhos_completos/ibp/3/final.IBP0737_20_26112_020_203039.pdf. Acesso em: 01 de set. de 2023.

²⁴ GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, McKinsey & Company, 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>. Acesso em: 31 de out. de 2023.

²⁵ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira. Brasília: CNI, 2022, p. 29. Cf. também: GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, McKinsey & Company, 2021; e UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. Green Hydrogen Industrial Clusters Guidelines. Vienna, June 2023, *passim*.

em segmentos como as indústrias pesadas ou transporte de cargas, nos quais a implementação da matriz elétrica em substituição aos combustíveis fósseis se mostra excessivamente onerosa ou impraticável.²⁶ Conjugando essas duas preocupações – manutenção da capacidade produtiva e responsabilidade ambiental – o Hidrogênio retorna ao centro da discussão das matrizes energéticas, mas em sua versão “sustentável”, “de reduzida emissão de carbono”²⁷, ou, para os fins desse trabalho, “Verde”.

O Hidrogênio Verde é aquele obtido por meio de um processo de “eletrólise da água”, realizado por meio da decomposição da molécula H_2O em aparelhos denominados “eletrolisadores”, sustentados por energia elétrica oriunda de fontes renováveis como *solar*, *eólica* e *hidrelétrica*, cujo resultado final é a obtenção de vapor d’água (O_2) e hidrogênio puro (H_2), sem a emissão de gases poluentes (i.e. gás carbono – CO_2).²⁸ Assim, esse método de produção, descarbonizado, torna viável a utilização do hidrogênio como fonte energética, sem implicar em uma perda de produtividade comparativamente à demais formas de produção, mas retirando-lhe o potencial ambientalmente danoso daquelas.²⁹

A natureza sustentável e a versatilidade do Hidrogênio Verde o tornam elemento indispensável à consecução das metas estabelecidas nos Tratados Internacionais de proteção climática e redução das emissões de gases poluentes (e.g. Acordo de Paris; Agenda 2030). Estimativas recentes apontam que uma simples substituição do hidrogênio hoje produzido com base no gás natural sem a captura de carbono pelo Hidrogênio Verde ajudaria a “economizar” cerca de 830 milhões de toneladas de carbono por ano, montante equivalente às emissões totais do Reino Unido e da Indonésia, somadas; isso sem considerar a aplicação deste em campos

²⁶ EBNER, Michael; ENGELMANN, Thomas. Green H2 investments from buzz to boom: a macroeconomic, technological, regulatory and market overview of hydrogen opportunities. KGAL, 2022, p. 9.

²⁷ Termos utilizados para a conceituação desse hidrogênio renovável. Cf. UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. Green Hydrogen Industrial Clusters Guidelines. Vienna, June 2023; e BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. Programa Nacional do Hidrogênio: plano de trabalho trienal 2023-2025.

²⁸ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira. Brasília: CNI, 2022, p. 29/30.

²⁹ Para análise técnica dos métodos disponíveis para a eletrólise, as suas etapas e demais dados científicos, conferir: GENGE, Lucien et. al. What do we know about green hydrogen supply costs? Brandenburg University of Technology, Cootbus, Germany, 2022; e DEVBALAN, Isaac; YADAV, Apurv. Green Hydrogen from Green Electricity. Amity University Dubai, 2022.

em que o uso do hidrogênio ainda se mostra incipiente/inexistente como a siderurgia, a aviação e o transporte de cargas.³⁰³¹

Desse modo, além de significar uma inflexão do sistema produtivo global ao encontro dos compromissos de preservação ambiental, a inserção do Hidrogênio Verde pode se mostrar uma necessária revitalização de alguns setores econômicos, que substituirão as fontes de energia hoje utilizadas por um combustível/matéria-prima versátil, em crescente desenvolvimento e que lhes permitirá compactuar com eventuais normativas ambientais. Ilustrando a gama de aplicações do Hidrogênio Verde, ele poderá ser utilizado - diretamente ou como matéria prima para produtos essenciais - em setores como refinarias, siderúrgicas, metalúrgicas, indústria química, produção de fertilizantes, aviação, transporte de cargas, entre outros.³²

No segmento das *refinarias*, por exemplo, responsável pela terceira maior emissão estacionária de gases relacionados ao efeito estufa³³, o Hidrogênio Verde poderá substituir o hidrogênio produzido a partir do gás natural nos processos de

³⁰ BETHÔNICO, Thiago. Entenda a corrida pelo Hidrogênio Verde e porque o Brasil pode ser uma potência. Folha de São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2023/01/entenda-a-corrida-pelo-hidrogenio-verde-e-porque-o-brasil-pode-ser-uma-potencia.shtml>. Acesso em: 22 de set. de 2023.

³¹ "In the IEA's Net Zero Emissions by 2050 (NZE) Scenario, global hydrogen demand reaches 470 Mt by 2050. Getting on track with the NZE Scenario would require a step-change in ambitions and policy implementation for demand creation in the short term, particularly in new applications. Hydrogen demand nearly doubles between 2021 and 2030, and triples by 2035, with new applications responsible for most of the growth in demand, particularly in electricity generation, heavy industry, long-distance transport and the production of hydrogen-based fuels. The production of hydrogen-based fuels alone accounts for 18% of global hydrogen demand in 2035, the majority of which comes from the production of ammonia for use as a fuel in power generation and shipping. The use of ammonia as fuel can play an important role in the transition to a net zero emissions system⁷. In the NZE Scenario, the demand for ammonia grows from 190 Mt NH₃ in 2021, all of it used as a chemical feedstock, to almost 450 Mt NH₃ by 2035, 35% of which is used as fuel for electricity generation and 20% for shipping. (...) As in the case of demand generation, for hydrogen, ammonia and hydrogen-based fuels to play a role in the energy transition, there is an urgent need for more ambitious action on policy implementation to enable a rapid transformation in the way hydrogen is produced today. In the NZE Scenario, such hurdles are overcome and there is fast adoption of low emission hydrogen production technologies. By 2030, more than half of global hydrogen is produced through electrolysis powered by low-emission electricity or by fossil fuels with CCUS, growing from less than 1 Mt in 2021 to more than 90 Mt H₂ by 2030 and reaching 200 Mt H₂ by 2035". (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity**. IEA, 2023, p.17).

³² CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira. Brasília: CNI, 2022, p. 85 e ss. Cf. também: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity**. IEA, 2023, p.19.

³³ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 88.

“hidrocraqueamento de petróleo cru pesado”³⁴ e no “hidrotratamento para a especificação de combustíveis”³⁵, etapas essenciais no processo de refino do petróleo atualmente, promovendo a redução da utilização de fontes fósseis e seus derivados.³⁶ Outro setor que poderia fazer uso do Hidrogênio Verde é a *indústria química e petroquímica*, com destaque para a produção de “metanol”, composto utilizado para a produção de polímeros e que também serve como precursor de produtos farmacêuticos e pesticidas.³⁷

A *produção de amônia e fertilizantes*, setor com grande repercussão econômica internacional, especialmente na relação com as atividades agrícolas, é o segundo maior consumidor global de hidrogênio, hoje em sua maioria produzido com base no gás natural e sem a captura de gás carbono, ou seja, contribuindo com a emissão de gases poluentes. Esse hidrogênio *não sustentável* é utilizado para a produção de amônia (NH₃), principal componente dos fertilizantes nitrogenados.³⁸ Aqui, a inserção do Hidrogênio Verde poderia servir de substituto ao gás natural, afastando óbices comuns nesse ramo como a flutuabilidade do preço, que enseja um regime de importação para países que não produtores, e serviria para produzir “Amônia Verde”, facilitando assim o transporte desse insumo ou mesmo a construção de hubs locais de produção (v.g. países como o Brasil poderia facilitar o

³⁴ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 89.

³⁵ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 89.

³⁶ Aspecto também mencionado em: FONSECA, Ênio; MICHELLIS JÚNIOR, Décio. O arco íris do hidrogênio, o pote de ouro e a margarina. *Direito Ambiental*, 2023. Disponível em: <https://direitoambiental.com/o-arco-iris-do-hidrogenio-o-pote-de-ouro-e-a-margarina-hidrogenio-verde/>. Acesso em: 10 de ago. de 2023.

³⁷ “[...] Assim, a produção de metanol usando hidrogênio verde é considerada uma alternativa de descarbonização muito potente. George Olah, ganhador do Prêmio Nobel, propôs uma economia do metanol já na década de 1990 (OLAH, 2005). Ele argumentou que o metanol pode ser usado como um material conveniente de armazenamento de energia, como combustível e como matéria-prima para sintetizar hidrocarbonetos e seus produtos. O hidrogênio pode ser armazenado convertendo-o em metanol empregando dióxido de carbono de efluentes industriais ou da atmosfera. O hidrogênio necessário também pode ser obtido a partir da eletrólise da água. Os gases de combustão de usinas de energia que queimam combustível fóssil podem ser uma fonte abundante de dióxido de carbono facilmente isolável em um futuro previsível, como dizia o autor na época, e já realidade hoje. Em vez de apenas sequestrar, esse processo reciclaria o dióxido de carbono em combustível útil e forneceria uma fonte de hidrocarbonetos para os demais produtos petroquímicos.” (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 93).

³⁸ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 90/91.

transporte e produção regionalizada desses fertilizantes para regiões distantes dos polos de importação e/ou dependentes de fontes de energia sazonais como a eólica).³⁹

Outro exemplo dessa versatilidade do Hidrogênio Verde em um segmento com alta emissão de gases poluentes é a sua aplicação no campo *siderúrgico*, indústria pesada com maior produção de gás carbono e segunda em consumo de energia.⁴⁰ A alta emissão desse setor se dá em maior parte pela necessidade de utilização do “coque”, produzido por superaquecimento de carvão na ausência de oxigênio⁴¹, resultando em uma quantidade de gás carbono que superior ao aço produzido (v.g. há emissão média de 1,73 toneladas de CO² para cada tonelada de aço).⁴² A inclusão do Hidrogênio Verde no lugar do “coque”, promoveria um procedimento sem a

³⁹ Sobre a viabilização do hidrogênio renovável e sua logística, ver: “A viabilização da utilização de hidrogênio renovável requer uma transmissão e distribuição com boa relação custo-benefício. A longo prazo, uma rede de dutos oferece os meios de distribuição mais eficientes em termos de custos, enquanto, a curto a médio prazo, a configuração mais competitiva envolve a localização da produção de hidrogênio no local ou próximo ao local que conecta regiões ricas em recursos para demandar centros por meio de caminhões, trens, postos de abastecimento e usuários industriais menores. As distâncias maiores podem ser cobertas por transporte marítimo, onde o hidrogênio precisa ser convertido para aumentar sua densidade. Embora existam várias abordagens de transportadores de hidrogênio em potencial, três transportadores neutros em carbono – hidrogênio líquido (LH2), compostos orgânicos líquidos (LOHC) e amônia (NH3) – estão ganhando mais força. O uso final do hidrogênio precisa ser considerado para determinar a solução com melhor custo-benefício (IEA, 2019). O hidrogênio exportado geralmente tem que ser liquefeito ou transportado como amônia ou em veículos transportadores de hidrogênio orgânico líquido (LOHCs). Para distâncias abaixo de 1.500 km, transportar hidrogênio como gás por gasoduto é provavelmente a opção de entrega mais barata; já para distâncias acima de 1.500 km, o transporte de hidrogênio como amônia ou em um LOHC é provavelmente mais econômico. Essas alternativas são mais baratas de enviar, mas os custos de conversão antes da exportação e reconversão de volta ao hidrogênio antes do consumo são significativos. Eles também podem dar origem a questões de segurança e aceitação pública. Dutos provavelmente são a escolha de longo prazo mais econômica para o hidrogênio de distribuição local, se houver demanda suficientemente grande, sustentada e localizada. Contudo, atualmente, a distribuição depende de caminhões que transportam hidrogênio como gás ou líquido, e isso é, provavelmente continuará sendo, o principal mecanismo de distribuição na próxima década (IEA, 2019). Em relação aos custos de transmissão de longa distância em dutos, considerando todos os custos de capital e operacionais, estima-se um valor de US\$ 1/kgH2 para transportar hidrogênio como gás por cerca de 1.500 km. Já o custo de conversão do hidrogênio em amônia é de cerca de US\$ 1/kgH2. Embora seja mais barato transportar a amônia por dutos do que o hidrogênio, esses custos de conversão significam que o custo total de transmissão de amônia por cerca de 1.500 km é cerca de US\$ 1,5/kgH2 (IEA, 2019).” (BRASIL, Ministério da Economia, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Panorama do Hidrogênio no Brasil. Rio de Janeiro: Ipea, 2022, p. 21/22).

⁴⁰ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 93.

⁴¹ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 93/94.

⁴² CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 94.

emissão de gás carbono, cujo único subproduto seria a água, facilmente reutilizável no mesmo eletrolisador. Algumas recentes iniciativas passaram a incluir nesse ciclo de produção o Hidrogênio Verde, produzido na própria planta com base em energias renováveis e a substituir os fornos a combustão por fornos elétricos.⁴³

Os exemplos trazidos acima não encerram o potencial do Hidrogênio Verde, que além de contribuir para descarbonização de setores como a produção de cerâmica, vidro e cimento, também poderá ser utilizado em questões de *mobilidade/transporte* e de armazenamento de energia. Ao servir para armazenamento de energia, o Hidrogênio Verde contribui para o enfrentamento de eventuais sazonalidades de outras fontes renováveis como é o caso da energia eólica. Assim, o contingente armazenado servirá para a produção da própria energia elétrica em época que as demais fontes estiverem em período de baixa, ainda que a eficiência energética dessa conversão mereça ressalvas.⁴⁴

Já na contribuição para a mobilidade/transporte, o Hidrogênio Verde se associa à tecnologia de célula a combustível, promovendo a descarbonização em segmento que é dos principais emissores de gases poluentes, especialmente nos perímetros urbanos. Aqui, o Hidrogênio Verde ganha destaque para a utilização em transportes de cargas e veículos de maior porte – e.g. caminhões pesados, ônibus, trens, frotas de empilhadeiras –, especialmente pela exigência de uma bateria bem menor se comparada aos veículos puramente elétricos, possuindo tanques de hidrogênio pressurizado, e pela maior rapidez na recarga.⁴⁵ O setor da aviação

⁴³ Sobre esse tema, vale menção ao projeto denominado “Hybrit”, abreviação de “Hydrogen Breakthrough Ironmaking”, que tem realizado testes para avaliar a utilização de processo para obtenção do ferro com base no hidrogênio, cujo resultado tem se mostrado de qualidade superior e de fácil manuseio e armazenamento, além da evidente vantagem de eliminar as emissões de gás carbono (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 94).

⁴⁴ O próprio texto faz a ressalva de que há uma baixa eficiência energética nesse processo, de aproximadamente 30 a 40%, que poderá ser balanceado pelo que de as fontes de energia renovável por vezes apresentam produção em excesso, reduzindo assim o preço. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 98/99).

⁴⁵ “[...] as aplicações de mobilidade da tecnologia de célula a combustível de hidrogênio – como caminhões pesados, ônibus, trens e frotas de empilhadeiras – devem ser econômicas, mesmo sem precificação de carbono. Além dos benefícios de descarbonização da mobilidade, essas aplicações têm enorme potencial para melhorar a vida dos habitantes nas grandes cidades, reduzindo a poluição e, conseqüentemente, os problemas de saúde. No Brasil em 2016, o setor de transporte era responsável por 14,2% de todas as emissões de GEE do país (OUR WORLD IN DATA, 2021), o que o torna um setor prioritário para a redução das emissões antropogênicas de carbono. Os veículos com

também já apresenta iniciativas para aeronaves movidas a células de hidrogênio a curto e médio prazo, havendo inclusive projetos já anunciados como os da *ZeroAvia*, da *Airbus* e da própria *Embraer*.⁴⁶

No entanto, apesar dessas aplicações diversas e com alto potencial de descarbonização de setores produtivos considerados essenciais e responsáveis pela maior parcela das emissões de gases poluentes, o Hidrogênio Verde ainda enfrenta significativas dificuldades de implementação, o que explica a ínfima parcela por ele ocupada na utilização global de hidrogênio como fonte de energia (v.g. atualmente, índices apontam que 98% do hidrogênio utilizados tem origem em combustíveis fósseis, e apenas 1% realiza a captura de carbono, restando 1% que é ocupado pelo Hidrogênio Verde).⁴⁷

O primeiro desafio se relaciona à própria definição do que é denominado Hidrogênio Verde, visto que esse conceito se insere em um verdadeiro “arco-íris” de cores para o hidrogênio, a depender da fonte utilizada⁴⁸, bem como implica em

célula a combustível são veículos elétricos com a adição de uma célula a combustível que converte hidrogênio em energia elétrica e água. Eles ainda requerem um banco de baterias, mas bem menor do que no caso de carros elétricos. Em vez disso, possuem um tanque de hidrogênio pressurizado. A vantagem da tecnologia de célula a combustível está na densidade de energia do hidrogênio em comparação com motores elétricos. Esta característica é particularmente vantajosa para caminhões pesados e ônibus quando comparado com os veículos puramente elétricos. Além disso, o tempo de recarga para veículos com célula a combustível é uma fração do tempo para recarregar um veículo elétrico”. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 97).

⁴⁶ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 97/98. Alguns projetos de implementação dessa fonte de energia na aviação já estão sendo colocados em testes, conferir: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2023/06/startups-de-aviacao-testam-potencial-do-uso-de-hidrogenio-verde-para-reduzir-poluentes.shtml>.

⁴⁷ GONÇALVES, Felipe et. al. Panorama dos desafios do hidrogênio verde no Brasil. FGV Energia, 2023. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/opinioes/panorama-dos-desafios-do-hidrogenio-verde-no-brasil>. Acesso em 03 de set. de 2023. Ilustrando: “[...] De acordo com a EPE (2022b), 87% do hidrogênio que é produzido no Brasil atualmente é proveniente da reforma a vapor do gás natural, para consumo doméstico nas refinarias e nas fábricas de fertilizantes. No caso das refinarias, o hidrogênio tem sido utilizado no hidrotreatamento dos combustíveis, visando ao atendimento de exigências relacionadas à qualidade ambiental desses produtos. Das 19 refinarias de petróleo autorizadas para operação no país, 11 possuem unidades de geração de hidrogênio. No entanto, o levantamento feito pela EPE aponta que atualmente todas as unidades de geração de hidrogênio estão operando abaixo da capacidade máxima instalada, indicando uma capacidade ociosa de cerca de 200 mil toneladas por ano de hidrogênio em refinarias brasileiras, grande parte oriundo da reforma a vapor de gás natural, sem CCUS, tendência que tende a permanecer para os próximos 10 anos” (BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. Programa Nacional do Hidrogênio: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 11).

⁴⁸ Expressão referenciada do texto: FONSECA, Ênio; MICHELLIS JÚNIOR, Décio. O arco íris do hidrogênio, o pote de ouro e a margarina. *Direito Ambiental*, 2023.

divergência entre campos de pesquisa (normas x pesquisas científicas) e com relevantes consequência em eventual inclusão/exclusão em incentivos governamentais e/ou requisitos internacionais de importação.⁴⁹ Sintetizando essas categorias e os meios de produção associados, ilustra-se⁵⁰:

Classificação por Cor	Processo/Fonte de Obtenção
Hidrogênio Azul	Produção a partir do gás natural com a captura de CO2 (CCUS)
Hidrogênio Cinza	Produção a partir do gás natural sem a captura de CO2 (CCUS)
Hidrogênio Verde	Obtido por meio da eletrólise da água, com fontes renováveis de energia
Hidrogênio Musgo	Produzido a partir de biomassa/biocombustíveis.
Hidrogênio Rosa	Produzido com fonte de energia nuclear

Nessa paleta de cores que inclui do “hidrogênio rosa” ao “hidrogênio musgo”, ganham destaque as categorias mais utilizadas: o Hidrogênio Cinza, o Hidrogênio Azul e o Hidrogênio Verde. Na esteira da preservação ambiental, a gradação entre essas 03 (três) categorias se dá pela emissão de gases poluentes na sua cadeia produtiva, visto que o Hidrogênio Cinza é produzido com base no gás natural, emitindo grandes quantidades de carbono, sendo atualmente a principal fonte global de hidrogênio (98%).⁵¹ Já o Hidrogênio Azul também é originado no gás natural, mas

⁴⁹ INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity. IEA, 2023.

⁵⁰ Tabela elaborada pelos autores com base em quadro da obra: BRASIL, Ministério da Economia, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Panorama do Hidrogênio no Brasil. Rio de Janeiro: Ipea, 2022, p. 22.

⁵¹ “Em 2019, a IEA (2019) identificou que cerca de 70 Mt de hidrogênio dedicado foram produzidos, sendo 76% de gás natural e quase todo o restante (23%) de carvão, tendo como consequência emissões anuais de CO2 correspondentes a países como a Indonésia e do Reino Unido combinados. A eletrólise responde por 2% da produção global de hidrogênio, mas há um escopo significativo para a eletrólise fornecer mais hidrogênio com baixo teor de carbono. O hidrogênio produzido a partir do gás natural é considerado um hidrogênio cinza, pois há emissão de CO₂ no seu processo de produção. O hidrogênio produzido a partir de combustíveis fósseis com CCUS utilizam tecnologias de redução de emissões que podem ser aplicadas em todo o sistema de energia. As tecnologias CCUS envolvem a captura de CO₂, a combustão de combustível ou em processos industriais, o transporte do CO₂ por navio ou oleoduto e seu uso como um recurso para criar produtos ou serviços valiosos. Há ainda o armazenamento permanente em formações

ao invés da liberação de gás carbono na atmosfera, há a captura e armazenamento desses poluentes (CCUS), o que apesar de não ser integralmente sustentável, representa grande redução das emissões resultantes.⁵²

Essa miríade de classificações, ainda que útil para fins didáticos - ilustrando os diversos meios de obtenção do hidrogênio e o seu potencial lesivo ecológico -, dá base a alguns problemas de ordem práticas, especialmente quanto à regulamentação dessa cadeia produtiva. Por exemplo, alguns países discutem uma maior rigidez para classificação do hidrogênio como "Verde", exigindo a demonstração de requisitos como a *adicionalidade* e a *vinculação territorial*, bem como restringindo as fontes de energia que podem ser utilizadas nessa produção (v.g. apenas energia eólica e solar)⁵³. A ausência de uniformidade entre esses critérios de classificação pode gerar situações em que duas produções de hidrogênio sejam alocadas em "cores" diferentes, mesmo com a identidade de fontes de energia de origem e métodos de obtenção.

Essa inconsistência de classificação é um fator de risco a ser sopesados pelos órgãos e setores públicos responsáveis pela construção do arcabouço regulatório do Hidrogênio Verde, visto que a eleição de um conceito mais amplo pode significar uma facilitação das fontes de importação, mas também pode causar restrições nos destinos de exportação. Além disso, o setor privado necessitará de segurança para

geológicas no subsolo (IEA, 2019)." (BRASIL, Ministério da Economia, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Panorama do Hidrogênio no Brasil. Rio de Janeiro: Ipea, 2022, p. 13/14).

⁵² BRASIL, Ministério da Economia, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Panorama do Hidrogênio no Brasil. Rio de Janeiro: Ipea, 2022, p. 13/14.

⁵³ Sobre esses critérios e requisitos adicionais, em texto recente da FGV Energia, relatou-se que a iniciativa H2Global da Alemanha estava iniciando o primeiro mecanismo para subsidiar a exportação de hidrogênio verde do mundo, apresentando regras acerca das: "(i) Modalidades: poderá ser contabilizada como energia renovável tanto instalações com conexões diretas, como com PPA ou direto da rede, seguindo algumas regras especificada no documento para comprovação da origem da eletricidade renovável; (ii) Adicionalidade: a planta de geração de energia renovável não poderá ter entrado em operação mais do que 36 meses antes da planta de produção de hidrogênio entrar em operação; (iii) Subsídio: a planta geradora de eletricidade renovável não pode ter recebido apoio sob a forma de auxílio ao funcionamento ou auxílio ao investimento, com algumas ressalvas citadas no documento como ajuda para conexão à rede; (iv) Correlação temporal: até 31/3/2028 será considerado a análise de forma trimestral e a partir de 1/4/2028 será exigido uma análise horária. Ou seja, a geração de energia renovável precisa bater com o consumo de energia na planta de produção de hidrogênio; (v) Correlação geográfica: no caso do Brasil, entende-se que a planta de geração de energia renovável precisa estar no mesmo submercado ("bidding zone" no conceito europeu) que a planta de produção de hidrogênio; (vi) Regra de transição: o critério de adicionalidade e subsídio não se aplicam até 2036, para plantas de hidrogênio que entrem em operação até 2026." (GONÇALVES, Felipe et. al. Panorama dos desafios do hidrogênio verde no Brasil. FGV Energia, 2023, p. 8/9).

saber *como* produzir o Hidrogênio considerado *verde*, que limites e procedimentos observar para garantir que poderá fazer jus aos incentivos fiscais e benefícios normativos eventualmente previstos.⁵⁴ A relevância dessa questão tem sido observada pela edição de regulações – e.g. Plano Nacional do Hidrogênio do Governo Federal brasileiro – que estabelecem uma categoria mais ampla “hidrogênio de baixa emissão de carbono”, na qual estariam incluídos tanto o Hidrogênio Verde quanto o Azul, criando uma identidade de tratamento a eles que afastaria prejuízos decorrentes dessa imprecisão conceitual.⁵⁵

A este ponto, associa-se outro desafio da implementação do Hidrogênio Verde, a necessidade de criação de um arcabouço normativo, seja pela atualização das regras existentes, seja pela inserção de novos dispositivos. O papel da regulação abarca desde a conceituação do objeto regulado (i.e. hidrogênio e suas formas), como visto acima, até aspectos como tributação e incentivos fiscais; licenciamentos ambientais e autorizações de produção, transporte e comercialização; definição de entidades reguladoras; mecanismos de fomento econômico; em síntese, estímulo e organização de um mercado ainda incipiente. Nesse sentido, alguns setores com maior vinculação ao Hidrogênio Verde deverão ser priorizados em fase inicial, de modo a garantir uma atenuação dos impactos econômicos e ambientais nessa transição inicial.⁵⁶

⁵⁴ Exemplificando as potenciais questões oriundas desse debate: “A regulação e o poder de polícia fiscalizatório serão centrais na implementação de um desenvolvimento harmônico, eficiente e sustentável do Hidrogênio verde. Em termos econômicos, a regulação deverá certificar se o Hidrogênio pode ser considerado realmente “verde”. Por exemplo, o H2 derivado de eletrólise feita por energia hidráulica poderia ser considerado “verde”, ou seja, oriundo de uma energia limpa?” (HEINEN, Juliano. Energia que dá gosto: regulação do Hidrogênio Verde no Brasil. Conjur, 2022. Disponível: <https://www.conjur.com.br/2022-nov-13/juliano-heinen-regulacao-hidrogenio-verde-brasil>. Acesso em 15 de ago. de 2023).

⁵⁵ No Plano de Trabalho do Programa Nacional do Hidrogênio para o triênio 2023-2025, utiliza-se apenas a nomenclatura do “hidrogênio de baixa emissão”, sob a justificativa de que limitar esse plano ao Hidrogênio Verde poderia restringir o potencial de atração de investimentos e o processo de expansão da capacidade produtiva brasileira (BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Programa Nacional do Hidrogênio**: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 20/21).

⁵⁶ Nesse sentido, cf. “Ademais, a regulação deverá ser assimétrica para setores-chave, como a agricultura, indústria de transformação, utilidades, transporte e logística, adaptando-se à avaliação do impacto econômico (*verbi gratia* geração de empregos, tecnologia, impacto ecológico etc.). Exemplifico: o regulador deverá combinar critérios complementares, em uma intervenção pró-competição de quem agride menos o meio ambiente, quem produz mais tecnologia no tema etc. Para isto, as informações deste mercado serão valiosíssimas. Como fazer avaliação do impacto ambiental da emissão de gases de efeito estufa e outros benefícios qualitativos resultantes do desenvolvimento do setor sem um detalhado panorama de resultados a serem alcançados? Quem queima hidrogênio substituindo a combustão de fósseis poderia receber toda sorte de incentivos, inclusive para insumos,

Apesar dos anúncios de vultosos investimentos, diversos países – potenciais produtores e/ou consumidores do Hidrogênio Verde – carecem de normas adequadas para regular essas novas transações, o que se deve em parte ao descompasso entre os avanços científicos nesse campo e as regras jurídicas sobre ele incidentes, problema visto com maior profundidade adiante em seção destinada à regulação existente no Brasil e no estado do Piauí.

No entanto, o Hidrogênio Verde também enfrenta desafios de matriz econômica, técnica e logística. Primeiro, a utilização desse método de produção, que tem por base um alto consumo de energia, ainda que renováveis, e aparelhos de alta complexidade (eletrolisadores), gera um acréscimo significativo no custo se comparado ao Hidrogênio Cinza (queima de gás natural e emissão de carbono). Ilustrando essa diferença, aponta-se que o Hidrogênio Verde chega a custar até o quádruplo do hidrogênio produzido com base em combustíveis fósseis (e.g. Hidrogênio Verde a US\$ 5 a 7 por quilo; Hidrogênio Cinza a US\$ 1,4 por quilo).⁵⁷ Soma-se a esses custos as eventuais despesas com a aquisição das fontes de energias e materiais industriais necessários, cujo preço é alavancado em ecossistemas desprovidos de fornecedores consolidados, investidores e parceiros tecnológicos.⁵⁸ Um bom exemplo é a grande necessidade de água como matéria prima do processo de eletrólise e para fins de esfriamento dos eletrolisadores, bem como a concorrência de outros setores para a utilização das energias renováveis destinadas à produção de Hidrogênio Verde.⁵⁹

máquinas e outros componentes (*verbi gratia* fornos, turbinas e outros equipamentos de aquecimento na indústria)? E quem combina energias, teria qual tratamento? A definição da cadeia de incentivos regulatórios poderia partir dos seguintes parâmetros: aplicações com volume alto e no curto-prazo seriam privilegiadas em um primeiro momento. E isto deveria ser projetado a partir do tamanho de mercado da aplicação, com uma análise econômica de alternativas convencionais e de baixo carbono – exemplo: a curva de *Total Cost of Ownership* projeta cenários competitivos e os impactos econômicos da introdução do H₂ na cadeia." (HEINEN, Juliano. **Energia que dá gosto: regulação do Hidrogênio Verde no Brasil**. Conjur, 2022).

⁵⁷ GONÇALVES, Felipe et. al. O hidrogênio de baixo carbono: mais uma via para o país do futuro. **FGV Energia**, 2023. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/opinioes/panorama-dos-desafios-do-hidrogenio-verde-no-brasil>. Acesso em 03 de set. de 2023.

⁵⁸ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 113.

⁵⁹ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 113.

Além disso, alguns obstáculos de natureza técnica devem ser considerados. Primeiro, como exposto anteriormente, o Hidrogênio é um elemento altamente volátil e inflamável, e na forma gasosa se torna propenso a vazamentos, cujo transporte e tubulação necessitam de materiais específicos – e.g. aço – a fim de evitar a difusão. Desse modo, as aplicações energéticas do Hidrogênio devem ser acompanhadas de procedimentos de segurança que reduzam os riscos de vazamentos, o que representa a necessidade de investimentos na estrutura física para seu manejo a transporte, bem como na capacitação dos profissionais envolvidos na cadeia de produção, sob o risco de emissões indesejadas e acidentes.⁶⁰ Além dos riscos atinentes ao manuseio, esse hidrogênio apresenta uma eficiência energética baixa quando convertido em eletricidade em células de combustível, perdendo cerca de 40% da sua energia nesse processo.

Por fim, junto com o custo, aponta-se o transporte do Hidrogênio Verde como um dos principais desafios para a sua implementação efetiva, levantando-se questões sobre o método mais eficiente e seguro, se na forma gasosa (comprimido), liquefeito ou através de um outro produto químico (e.g. amônia, metanol).⁶¹ Esse problema poderá ser enfrentado com o desenvolvimento de rede de dutos para transporte de Hidrogênio Verde na forma gasosa, método especialmente interessante para regiões como a Europa, um dos potenciais consumidores desse produto; bem como pela utilização da Amônia Verde como meio de exportação para grandes distância, aumentando a praticidade e a segurança do deslocamento.⁶²

⁶⁰ CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 33/34.

⁶¹ GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, McKinsey & Company, 2021.

⁶² Atualmente, a amônia é o principal insumo utilizado, sendo cerca de 70% voltado para a indústria de fertilizantes (IEA, 2021a). Embora a produção de amônia hoje seja majoritariamente voltada para a aplicação em atividades agrícolas, a expectativa é de que o seu uso como carreador energético para o hidrogênio, em especial para viabilizar sua exportação em larga escala, traga novas oportunidades para a sua exploração. Considerando a perspectiva da exportação, a instalação de plantas de produção de hidrogênio em instalações portuárias se mostra crucial para a viabilização desse mercado. Nesse sentido, merece destaque a concepção de polos (hubs) de produção de hidrogênio em complexos portuários, onde também se localizam plantas industriais. Vários países têm adotado essa estratégia como o principal mecanismo para promover investimentos na infraestrutura necessária para a viabilização do hidrogênio de baixa emissão de carbono para exportação no médio prazo. Na outra ponta, países da Europa e da Ásia figuram como os principais importadores desse hidrogênio" (BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. Programa Nacional do Hidrogênio: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 13). Cf. também GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma

Apesar da dimensão dos obstáculos à implementação do Hidrogênio Verde citados acima, os ganhos ambientais advindos da sua utilização mantêm o interesse global no desenvolvimento de alternativas que reduzam o custo e aumentem a segurança no manejo dessa fonte de energia. Aqui, ganham destaque países que dispõem de uma matriz energética diversa e majoritariamente renovável, com grandes reservas de fontes de energia adequadas à obtenção do Hidrogênio Verde, e cuja estrutura de produção reduza os custos envolvidos.

Dotado de uma formação territorial ampla e diversa, com uma matriz energética calcada majoritariamente em energias renováveis, o Brasil se insere como um potencial destaque na produção de Hidrogênio Verde – com fins de exportação e consumo interno -, capaz de aliar a rapidez no início da produção com um custo reduzido, atraindo interesse de mercados externos, especialmente do continente europeu, cuja logística já se mostra facilitada. Todavia, a materialização desse potencial competitivo ainda enfrenta desafios, questões indissociáveis das conquistas brasileiras no setor.

3 O cenário do Hidrogênio Verde no Brasil: vantagens e desafios

Como visto anteriormente, além de possuir uma formação geográfica e extensão territorial com diversidade de características climáticas, o Brasil realizou uma inflexão dos seus investimentos direcionando-os à construção de uma matriz energética pautada em fontes renováveis – v.g. energia eólica, solar, hidrelétrica, etanol -, amparada por decisões políticas e o desenvolvimento de um arcabouço normativo regido por objetivos constitucionais de proteção ambiental.⁶³ Como

oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, McKinsey & Company, 2021.

⁶³ "O meio ambiente ecologicamente equilibrado é condição fundamental para a manutenção da vida humana em nosso planeta, e não obstante seja definido constitucionalmente como direito da ordem social, é também um direito difuso por excelência – já que ainda um direito pertencente não apenas às gerações do presente, como ainda das gerações futuras. (FERNANDES, Bernardo Gonçalves. **Curso de Direito Constitucional**. 6. ed. Salvador: Juspodivm, 2014, p. 602). Complementa o autor: "a doutrina já se desenvolve no sentido de reconhecer aos direitos ambientais uma fundamentalidade (e centralidade) que visa a trabalhar a concepção da dimensão ecológica como 'direito ao mínimo existencial ambiental'. Nesses termos, da compreensão de necessidades humanas básicas, na perspectiva das presentes e futuras gerações, coloca-se a reflexão acerca da exigência de um patamar mínimo de qualidade ambiental, sem o qual a dignidade da pessoa humana (e, para além dessa, a qualidade de vida em termos gerais) estaria violada no seu núcleo essencial" (Idem, p. 603).

resultado, o Brasil hoje é o sétimo país do mundo em capacidade total de geração de energia e o terceiro maior produtor mundial de energia renovável, atrás apenas de Estados Unidos e China, sendo esta correspondente a 85% (oitenta e cinco por cento) da matriz energética nacional, principalmente de fonte hidrelétrica, mas com tendências crescentes de energia eólica, solar e de biomassa.⁶⁴

Aliado a isso, o Brasil, principalmente na sua região nordeste, está dotado de posição geográfica que facilita a logística de exportação para mercados consumidores como a Europa e o norte da África, com instalações portuárias em constante expansão e iniciativas para desburocratização do comércio externo.⁶⁵ Essas características brasileiras vão ao encontro das necessidades prementes da indústria do Hidrogênio Verde, a *diminuição do custo de produção*, associada principalmente à disponibilidade de fontes de energia renováveis, correspondente a cerca de 70% dessas despesas; bem como a *estrutura logística de implementação, transporte e eventual exportação*.

Sobretudo na questão da competitividade do preço oferecido, uma das maiores barreiras para substituição do Hidrogênio Cinza pelo Hidrogênio Verde, as vantagens competitivas brasileiras dão base a projeções que colocam o Brasil como em países com capacidade de oferecer o Hidrogênio Verde a um dos menores preços no mercado mundial⁶⁶. Essas análises apontam que o Brasil possui capacidade para

Versando sobre a aplicação principiológica ao Direito Administrativo, ver: OLIVEIRA, Rafael Carvalho Rezende. **Licitações e contratos administrativos: teoria e prática**. 12. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2023, p. 17-20.

⁶⁴ GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, McKinsey & Company, 2021; e BETHÔNICO, Thiago. Entenda a corrida pelo Hidrogênio Verde e porque o Brasil pode ser uma potência. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 2023.

⁶⁵ Ilustrando esse ganho, “[...] vários portos brasileiros têm mobilizado esforços para ter plantas de produção de hidrogênio em suas retroáreas, como é o caso do Porto do Pecém (Ceará), do Porto de Suape (Pernambuco), do Porto do Açu (Rio de Janeiro) e do Porto do Rio Grande (Rio Grande do Sul). Considerando os projetos anunciados até 2021, o Brasil figura como um dos principais exportadores globais de hidrogênio até 2030 (IEA, 2022)” (BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Programa Nacional do Hidrogênio**: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 13). Cf. também: ENERGY Transition Factbook, BloombergNEF (BNEF), 2023. Disponível em: <https://www.cleanenergyministerial.org/content/uploads/2023/07/cem-factbook-1.pdf>. Acesso em: 30 de out. de 2023.

⁶⁶ Sobre as vantagens competitivas do Brasil para a produção de Hidrogênio Verde: KINCH, Diana. Brazil 'well positioned' as green hydrogen exporter to EU steel: speakers. S&Pglobal, 2023. Disponível em: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/metals/062223-brazil-well-positioned-as-green-hydrogen-exporter-to-eu-steel-speakers>. Acesso em 08 de ago. de 2023. No mesmo sentido, ver: “Analistas da Mckinsey apontam que o HBI a partir do hidrogênio verde produzido no Brasil já possui preço aceitável no mercado europeu,

atingir a um custo inferior a US\$ 1 por quilo até 2030, cifra que pode diminuir se considerados prazos como 2050⁶⁷, com estudos mais conservadores que estimam preços como aproximadamente US\$ 1,5 por quilo em 2030, e US\$ 1,25 por quilo em 2040.^{68,69}

Contudo, a concretização desses valores estimados dependerá da realização de investimentos significativos na indústria⁷⁰, desenvolvimento da regulação do setor, e estímulos governamentais ao crescimento de projetos voltados a energias renováveis. Sobre este último ponto, duas fontes de energia têm demonstrado um potencial de crescimento importante para que a implementação do Hidrogênio Verde nos preços e quantidades estimadas se torne possível: a energia eólica e a energia solar. Mesmo ocupando uma participação na matriz energética brasileira de ainda

considerando a taxaço de carbono. Essa semana, a consultoria Clean Energy Latin America (Cela) lançou um novo indicador do mercado. Estima um custo médio do hidrogênio verde de US\$ 2,87 a US\$ 3,56 por quilo pelo índice LCOH Brasil. Com potencial para cair quase à metade. Outra: o hidrogênio renovável poderia ser mais barato que gás natural no Brasil até 2050. Com preço de US\$ 0,7 a US\$ 1,6 por quilo, seria o equivalente ao gás com preço na faixa de US\$ 6 a 12 por MMBtu, segundo a BNEF. E, claro, o Brasil pode ter o hidrogênio verde mais barato do mundo, até 2030, cotado em US\$ 1,47 Kg. Podendo ser a produção de hidrogênio verde mais competitiva que a de hidrogênio cinza na refinaria, mesmo sem subsídios (CHIAPPINI, Gabriel. O hidrogênio verde vai pular o gás natural? Epbr, 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/o-hidrogenio-verde-vai-pular-o-gas-natural/>. Acesso em: 15 de set. de 2023).

⁶⁷ GONÇALVES, Felipe. O hidrogênio de baixo carbono: mais uma via para o país do futuro. FGV Energia, 2023. Ver também: CAETANO, Rodrigo. O custo do hidrogênio verde no Brasil: o mais competitivo do mundo? Exame, 2023. Disponível em: <https://exame.com/esg/o-custo-do-hidrogenio-verde-no-brasil-o-mais-competitivo-do-mundo/>. Acesso em 01 de nov. de 2023.

⁶⁸ GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, McKinsey & Company, 2021, p. 6.

⁶⁹ Projetos específicos, no Brasil e fora, podem ter uma competitividade significativamente diferente da média de um país ou região. No caso do Brasil, avaliamos projetos hipotéticos em diferentes regiões (ex.: no Ceará, em Pernambuco, na Bahia, no norte de Minas Gerais e no interior de São Paulo), que poderiam estar conectados (on-grid) ou desconectados (off-grid) da rede elétrica. Um projeto de grande escala, no Nordeste, off-grid, teria custo total de produção do hidrogênio em 2030 de ~1,90 USD/kg de H₂ (considerando inclusive custos estimados de transporte e armazenagem do hidrogênio para uso em alguma aplicação associada). Caso esse mesmo projeto seja on-grid, o custo do hidrogênio cai ~10% para ~1,70 USD/kg – a conexão à rede permite um dimensionamento mais adequado do eletrolisador e da geração renovável, além da venda de eletricidade excedente em alguns momentos e compra em outros” (GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, McKinsey & Company, 2021).

⁷⁰ Em um cenário acelerado, o hidrogênio verde precisará de USD 200 bilhões em investimentos, incluindo 180 GW de capacidade adicional vinda de fontes de energia renováveis, o que é mais do que nossa capacidade total de geração em 2020 (...) Para produzir hidrogênio verde, o Brasil precisa acelerar a expansão da infraestrutura elétrica nacional para até 7% a.a., ou 3 pontos percentuais a mais do que os 4% a.a. de expansão observados nos últimos anos. Até 2030, seriam necessários mais 19-39 GW, o que corresponde a 11-22% da capacidade atual. Para 2040, os números sobem para 129-178 GW, chegando possivelmente a toda a capacidade de geração atual”. (GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, McKinsey & Company, 2021, *passim*).

10% e 2%, respectivamente, estima-se um aumento dessa parcela para 30% e 17% até 2040, motivado principalmente pela redução dos custos de produção⁷¹, com destaque para a Região Nordeste, que pode inclusive combinar a produção dessas duas fontes de energia na mesma localização (e.g. interior dos estados do Ceará, Piauí e Bahia).⁷²

Consolidando-se na posição de produtor destaque do Hidrogênio Verde, o Brasil terá acesso a um amplo mercado, incluindo a aplicação e demanda interna, e atividades e exportação para mercados como a Europa, cuja necessidade por energia sustentável tem se acentuado nos últimos anos em razão de fatores geopolíticos envolvendo os maiores produtores de insumos (e.g. Ucrânia, Rússia, Azerbaijão). Com estimativas que alcançam a faixa de US\$ 10 a 12 bilhões até 2040, o mercado interno se mostra a maior oportunidade, principalmente para demandas envolvendo os setores de fertilizantes, siderurgia e aplicações industriais, e de transporte de carga, mas com potencial aplicação para todos os segmentos previamente mencionados (i.e. utilização do Hidrogênio Verde como matéria prima nos setores de fertilizantes, produtos químicos e refinarias; como combustível para veículos de passageiros, frete ferroviário de longa distância, frete rodoviário de cargas, caminhões de mineração e navios; e como energético industrial para aquecimentos, turbinas de ciclo combinado e mistura com gás natural).⁷³⁷⁴

⁷¹ GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, **McKinsey & Company**, 2021, *passim*.

⁷² GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, **McKinsey & Company**, 2021, *passim*.

⁷³ GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, **McKinsey & Company**, 2021, *passim*.

⁷⁴ Sobre a comparação do potencial em fase inicial para os casos de hidrogênio musgo e hidrogênio azul, conferir: "Devemos considerar no Brasil um possível cenário em que o hidrogênio azul (produzido a partir do gás natural) sirva de transição para o hidrogênio verde. Se houver exploração abundante de gás do pré-sal, o desenvolvimento do mercado com base na nova lei do gás e a expansão da infraestrutura, poderíamos observar preços de gás significativamente mais baixos no médio a longo prazo – com uma queda do mercado doméstico de hidrogênio verde, neste caso. No cenário de gás de baixo custo, o momento de paridade de custo com a solução de referência para o hidrogênio verde permanece semelhante, mas o hidrogênio azul seria uma alternativa mais barata por alguns anos. É difícil dizer se uma transição por esse período estimularia a adoção do hidrogênio azul – mas a possibilidade existe. (...) Como o Brasil tem uma cadeia de produção, distribuição e armazenamento de etanol bem-established, é preciso considerar que essa indústria também busque oportunidades no mercado de hidrogênio. Embora os veículos de passageiros, no longo prazo, devam ser eletrificados, os veículos pesados, como ônibus e caminhões, provavelmente recorrerão às células de combustível de hidrogênio para sua descarbonização.

Com o motor flex a combustão ainda dominando o mercado e uma premissa de preços do etanol de ~70% do preço da gasolina, a competitividade do H2 musgo distribuído seria limitada – no entanto,

Somada a esse uso interno, o Brasil também poderá se consolidar com um dos principais exportadores de Hidrogênio Verde, o que representaria ganhos potenciais estimados na faixa de US\$ 4 a 6 bilhões, principalmente para os Estados Unidos e para a Europa, até o ano de 2040. Contudo, no comércio internacional, os desafios gerais da produção de Hidrogênio Verde são agravados pela imposição de requisitos específicos dos países consumidores, que em razão da ausência de padronização dos certificados globais, poderão apresentar exigências mais rígidas do que as existentes no Brasil, ponto a ser considerado na construção das normas internas que regulamentem os procedimentos de certificação, definição e fiscalização da cadeia produtiva do Hidrogênio Verde.

Neste ponto, torna-se necessário rememorar que esse empreendimento do Hidrogênio Verde possui desafios próprios do cenário comercial e normativo brasileiro; como as já mencionadas exigências de investimentos para expansão das fontes de energia renovável, constituição de linhas de transmissão e estruturas industriais, fomento à consolidação de mercado, padronização das regras de certificação e transparência das autoridades competentes para fiscalização do segmento. Em sua maioria esses pontos remontam a um aspecto essencial, a *regulação*, pois o arcabouço normativo brasileiro poderá abranger vários desses pontos urgentes e indicar soluções consideradas adequadas ao fortalecimento nacional. Resta perquirir se o Brasil possui ou está a desenvolver regras adequadas.

3.1 A regulação normativa do Hidrogênio no Brasil

A despeito das inúmeras disposições regulatórias que incidem direta ou indiretamente sobre o Hidrogênio Verde e sua produção, com origens e datas de edição diversas⁷⁵, torna-se necessária a reunião dessas normas sob objetivos

especialmente em regiões de alto volume de produção de etanol, essa solução poderia compor de forma significativa a matriz energética, com a reforma distribuída do etanol para produção de hidrogênio nos postos de combustível" (GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, *McKinsey & Company*, 2021, p. 14/15).

⁷⁵ Em obra direcionada à análise do cenário comercial do Hidrogênio no Brasil, o IPEA sintetiza algumas das políticas públicas já existentes no Brasil direta ou indiretamente relacionadas à produção do Hidrogênio (verde), em sequenciamento histórico: lançamento do roteiro para a estruturação da economia do hidrogênio no Brasil em 2005 pelo MME; publicação pelo MCTI do plano

comuns, a fim de harmonizar as regras de campos distintos e propiciar segurança jurídica para os atores produtivos e facilitar a modernização desse setor. Nesse sentido, ganha destaque o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2), instituído pela Resolução nº 6/2022 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME), também responsável pela criação do Comitê Gestor desse programa, bem como estabelecer os princípios, objetivos e competência relativos à inserção e desenvolvimento do hidrogênio na matriz energética brasileira.⁷⁶ Ainda que o referido programa não delimite a sua incidência apenas para o Hidrogênio Verde, o seu conteúdo serve para ilustrar as posições do poder público nacional sobre esse tema, bem como as estruturas institucionais e autoridades governamentais a ele associadas.

Esse Programa Nacional foi estruturado com base em 07 (sete) diretrizes e dividido em 06 (seis) eixos representando segmentos de investimentos e nos quais serão desenvolvidas as medidas de promoção do Hidrogênio em sua forma de reduzida emissão.⁷⁷ Sobre as diretrizes, ilustrativas dos escopos do Programa, são: valorização do potencial nacional de recursos energéticos, descarbonização da economia, desenvolvimento de um mercado competitivo, reconhecimento da contribuição da indústria nacional, busca de sinergias e articulação com outros países, valorização e incentivo ao desenvolvimento tecnológico nacional, e o reconhecimento da diversidade de fontes energéticas e alternativas tecnológicas.⁷⁸

de ciência, tecnologia e inovação em energias renováveis e biocombustíveis para o período de 2018-2022; apresentação do plano nacional de energia 2050 pelo MME, identificando o potencial de energia renováveis no Brasil, superior a dezessete vezes à sua demanda de energia no período; edição pelo CNPE da resolução nº 2/2021 que estabeleceu orientações sobre pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de energia, com destaque para o tema do hidrogênio; o lançamento do Programa Nacional do Hidrogênio; bem como as seguintes normativas - ABNT ISO/TR 15916, ABNT NBR ISO 16110-1, ABNT NBR ISO 14687-1, que fornecem diretrizes para o uso do hidrogênio em suas formas gasosa e líquida, geradores de hidrogênio, combustível de hidrogênio e afins. (BRASIL, Ministério da Economia, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Panorama do Hidrogênio no Brasil. Rio de Janeiro: Ipea, 2022, p. 22 e ss.).

⁷⁶ Resolução CNPE nº 6/2022 foi a responsável por instituir o PNH2, que posteriormente teve sua estrutura de governança atualizada por meio da Resolução CNPE nº 4/2023, cujos conteúdos integrais podem ser consultados em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2022/res_cnpe-6-2022.pdf e <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/res2023004cnpe.pdf>. Acesso em: 02 de out. de 2023.

⁷⁷ BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Programa Nacional do Hidrogênio**: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 18. Cf. também. BRASIL, Conselho Nacional de Política Energética - CNPE. Resolução nº 6/2023.

⁷⁸ BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Programa Nacional do Hidrogênio**: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 18.

Já os eixos sobre os quais o PNH2 se estrutura representam o conjunto de ações a serem efetivadas tomando em consideração o desenvolvimento de políticas públicas, de tecnologias e de mercado, assim categorizados: Eixo 01, fortalecimento das bases tecnológicas; Eixo 02, capacitação de recursos humanos; Eixo 03, planejamento energético; Eixo 04, arcabouço legal e regulatório-normativo; Eixo 05, neointustrialização, mercado e competitividade; Eixo 06, cooperação internacional.⁷⁹

Além disso, criou-se uma estrutura de governança compatível com dimensão do empreendimento, com destaque para o Comitê Gestor do Programa Nacional do Hidrogênio (Coges-PNH2), integrada pelo MME e outros órgãos⁸⁰, cujo operacional estará segmentado em 05 (cinco) Câmaras Temáticas, com temas diversos, relacionados aos eixos específicos do Programa, dotadas também da incumbência de desenvolver pesquisas a embasar as decisões do Comitê Gestor.⁸¹ Todos esses elementos serão utilizados em conjunto para estimular o desenvolvimento da produção do “hidrogênio de baixa emissão de carbono”, nomenclatura adotada pelo Programa, mais ampla do que a categoria do Hidrogênio Verde, assim definido:⁸²

Nesse sentido, para fins do PNH2, define-se conceitualmente o “hidrogênio de baixa emissão” o hidrogênio produzido com base em uma variedade de processos, tecnologias e fontes de energia com baixa emissão de gases de efeito estufa ao longo de seu ciclo de vida, ou com adoção de tecnologias de remoção de carbono (CCS), inclusive carbono negativas (hidrogênio renovável de origem

⁷⁹ BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Programa Nacional do Hidrogênio**: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 18.

⁸⁰ O Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2), instituído pela Resolução CNPE nº 6/2022 e alterado pela Resolução CNPE nº 4/2023, dispõe em seu art. 7º acerca da composição do Comitê Gestor, integrado por representante(s) dos órgãos e entidades a seguir enumerados: “Ministério de Minas e Energia, que o coordenará; Casa Civil da Presidência da República; Ministério da Fazenda; Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima; Ministério das Relações Exteriores; Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação; Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional; Ministério da Educação; Ministério da Agricultura e Pecuária; Ministério de Portos e Aeroportos; Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional do petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; e Empresa de Pesquisa Energética.

⁸¹ Sobre as cinco Câmaras Temáticas, estão classificadas em: “(i) Fortalecimento das Bases Científico-Tecnológicas; (ii) Capacitação de Recursos Humanos; (iii) Planejamento Energético; (iv) Arcabouço Legal e Regulatório-Normativo, (iv) Neointustrialização, Mercado e Competitividade”; cada uma contando com elementos componentes, objetivos e projetos de implementação específicos. (BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Programa Nacional do Hidrogênio**: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 25).

⁸² BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Programa Nacional do Hidrogênio**: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 19.

biológica com CCS), abrangendo: fontes renováveis de energia, inclusive biomassa e biocombustíveis; combustíveis fósseis com captura, armazenamento ou uso de carbono; energia nuclear (rotas de eletrólise e termoquímica); resíduos; hidrogênio natural; outras tecnologias de baixa emissão (inclusive pirólise do gás natural e do biometano, microondas de resíduos plásticos, etc.) e combinações de processos (processos híbridos). Do ponto de vista quantitativo, os percentuais mínimos de redução de emissões em relação ao hidrogênio de referência (obtido pela reforma a vapor do gás natural sem captura de carbono) e a fronteira de sistema considerada serão definidas em regulamento, com abordagem pragmática para não criar barreiras ao desenvolvimento do mercado e permitir a progressiva redução da intensidade de emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida do hidrogênio. (BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Programa Nacional do Hidrogênio**: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 19).

Essa dilatação do objeto do Programa para além dos limites do Hidrogênio Verde já referido é justificada em uma consideração pragmática de que uma restrição excessiva poderá gerar custos e dificuldades adicionais incompatíveis com o estágio inicial de implementação dessa fonte de energia; ensejando inclusive um risco de quebra de estabilidade e previsibilidade comercial. Visando a fomentar a natureza concreta desses objetivos, em complemento ao PNH2, o MME lançou em 2023 o "Plano de Trabalho Trienal (2023-2025)", que aponta um conjunto de ações, didaticamente segmentados de acordo com as Câmaras Temáticas do Programa, para fomento ao desenvolvimento do "hidrogênio de baixa emissão de carbono" no referido período, com significativas repercussões no Hidrogênio Verde, abarcado por essa categoria.⁸³

A característica mais relevante desse Plano de Trabalho é apontar de modo específico e analítico os objetivos de cada segmento do Programa, os seus componentes da respectiva Câmara Temática, bem como as ações em andamento e/ou já realizadas nesse campo. Por exemplo, no tópico do "fortalecimento das bases científico-tecnológicas" são apresentadas as metas de consolidação da iniciativa

⁸³ BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Programa Nacional do Hidrogênio**: plano de trabalho trienal 2023-2025.

brasileira do hidrogênio e relatados programas como a chamada pública de apoio ao sistema brasileiro de hidrogênio com projetos em diversas instituições ensino; ou, no caso do “planejamento energético”, os objetivos de realizar estudos de logística (transporte e armazenamento), oferta, conversão e consumo e hidrogênio e seus derivados, considerando aspectos socioeconômicos, energéticos e ambientais, e os relatórios de estudos de potencial de produção de hidrogênio a partir de energia eólica e solar.⁸⁴ Interessante também os objetivos atinentes ao “arcabouço legal e regulatório-normativo”, em que se propõe retirar barreiros aos investimentos nesse setor, abrangendo regras de certificação e padronização de acordo com os modelos internacionais.⁸⁵

A forma de composição do PNH2, especificado em programa de trabalho trienal para o curto prazo, serve como mostra das perspectivas regulatórias e de investimentos com potenciais repercussões sobre o Hidrogênio Verde. Nesse mesmo sentido, merecem destaque as iniciativas e projetos do poder legislativo com vistas à regulação do Hidrogênio Verde e de categorias similares. Aqui, vale a menção à “Comissão Especial para debate de Políticas Públicas sobre Hidrogênio Verde (CEHV)” do Senador Federal, instituída em março de 2023 com o objetivo de promover o debate acerca da regulação do Hidrogênio Verde e oferecer proposta de marco legislativo do tema, a ser embasado nas atividades regionais e internacionais realizadas pela Comissão nesse período.⁸⁶

Como mostra desse empreendimento, em reunião realizada no mês de outubro de 2023, a CEHV apresentou a minuta de proposta de lei encaminhada ao Senado Federal regulamentando o então denominado “Hidrogênio de Baixo Carbono”, categoria ampla que inclui o Hidrogênio Verde, mas não se limita a ele; buscando apresentar os conceitos e subdivisões dessa fonte de energia, os órgãos e a estrutura

⁸⁴ BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Programa Nacional do Hidrogênio**: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 28/29.

⁸⁵ BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Programa Nacional do Hidrogênio**: plano de trabalho trienal 2023-2025, p. 30.

⁸⁶ As informações sobre a referida Comissão Especial, suas reuniões, documentos e planos de trabalho se encontra disponível no seu portal eletrônico:

<https://legis.senado.leg.br/comissoes/comissao?codcol=2589> e o plano de trabalho mencionado. No mesmo sentido, analisando a constituição e principais objetivos dessa CEHV, ver: FURTADO, Gabriel; TAVARES, Luís Guilherme. Hidrogênio Verde: um combustível para o futuro (II). Disponível em: <https://cidadeverde.com/cadernojuridico/122774/hidrogenio-verde-um-combustivel-para-o-futuro-ii> . Acesso em: 20 de out. de 2023

administrativa a ela relacionados, bem como a origem dos recursos financeiros e mecanismos de fomento, tudo com modificações relevantes nas principais leis brasileiras relativas à matriz energética e à política ambiental.⁸⁷⁸⁸

Mesmo com a cautela necessária à análise de uma minuta de projeto de lei, sujeita a alterações relevantes em seu conteúdo, a proposta normativa promove pontos interessantes de discussão. O primeiro deles é a distinção conceitual entre as categorias de hidrogênio incluídas nessa política. O projeto diferencia o “Hidrogênio de Baixo Carbono”, o “Hidrogênio Verde” e o “Hidrogênio Sustentável”, havendo em cada classe uma gradação nos níveis de emissão de gases causadores do efeito estufa e na fonte de energia utilizada em sua produção.⁸⁹

Outro ponto de destaque é a criação do “Comitê Gestor do Setor de Hidrogênio de Baixo Carbono (CGHBC)”, órgão que será integrado por representantes de diversos Ministérios do Governo Federal, bem como Agências reguladoras específicas (ANEEL, ANP, EPE), responsável pela coordenação dessa política, por fixar suas diretrizes de execução e por funções relacionadas à “certificação” desse hidrogênio.⁹⁰

Além disso, esse Comitê atuará na coordenação do “Programa de desenvolvimento do Hidrogênio de Baixo Carbono (PHBC)”, cuja finalidade será fornecer os recursos financeiros para essa transição energética, tornando-a

⁸⁷ A íntegra dessa Minuta do Projeto de Lei apresentada na 11ª reunião da CEHV está disponível em: <https://legis.senado.leg.br/comissoes/reuniao?reuniao=11942&codcol=2589>. Acesso em: 23 de out. de 2023.

⁸⁸ Como exemplo, o referido projeto modifica disposições da Lei Federal Lei nº 9.478/1997, da Lei Federal nº 9.427/1996, da Lei nº 10.438/2002, da Lei nº 11.488/2007, e da Lei nº 11.508/2007.

⁸⁹ Nesse sentido, conferir: Art. 4º. Para os fins desta Lei e de sua regulamentação, ficam estabelecidas as seguintes definições:

I – Hidrogênio de baixo carbono: hidrogênio combustível ou insumo industrial, coletado ou obtido a partir de fontes diversas de processo de produção e que possua emissão de gases causadores do efeito estufa (GEE) menor ou igual a quatro quilogramas de dióxido de carbono equivalente e por quilograma de hidrogênio produzido (4 kgCO₂eq/kgH₂);

II – Hidrogênio renovável: hidrogênio combustível ou insumo industrial, coletado ou obtido a partir de fontes renováveis, incluindo solar, eólica, hidráulica, biomassa, biogás, gases de aterro, geotérmica, das marés e oceânica e ambiente;

III – Hidrogênio verde: hidrogênio renovável e de baixo carbono produzido a partir de eletrólise da água utilizando fontes solar e eólica, respeitado o critério de adicionalidade e observado os critérios de temporalidade ou de exigência de geração renovável mínima de 90% em bases anuais por subsistema.

⁹⁰ Exemplificando a segmentação deste PL, o art. 4º se dedica à conceituação dos termos pertinentes à legislação; os arts. 5º a 7º tratam da governança, da composição do Comitê Gestor e das suas principais competências; os arts. 9º a 11 tratam das regras de produção desse hidrogênio de baixo carbono; os arts. 13 a 17 apresentam os incentivos fiscais e regulatórios; art. 23 e ss. trata do processo de certificação.

economicamente viável. Com esse mesmo objetivo, são estabelecidos incentivos tributários, regulatórios e mecanismos como a emissão de debêntures incentivadas.⁹¹ As preocupações econômicas e técnicas desse projeto de lei são coordenadas com uma seção dedicada à “sustentabilidade”, ressaltando a preocupação com a origem da energia utilizada na produção do Hidrogênio, especialmente quanto aos recursos hídricos, sendo este talvez o mérito inicial do projeto, promover a discussão do desenvolvimento com uma perene preocupação no aspecto da sustentabilidade.

Ainda no campo da regulação federal do Hidrogênio Verde e modalidades equivalentes de hidrogênio com reduzida/neutra emissão de carbono, destaca-se o PL nº 725/2022, de autoria do Senador Jean Paul Patres, que “disciplina a inserção do hidrogênio como fonte de energia no Brasil, e estabelece parâmetros de incentivo ao uso do hidrogênio sustentável”.⁹² Essa proposta legislativa, sucinta (apenas 5 artigos), tem ganhado relevância por promover alterações em marcos relevantes como a Lei Federal nº 9.478/1997 que dispõe sobre a Política Energética Nacional, inserindo o hidrogênio como vetor para transição para *economia de baixo carbono*; apresentando delimitações conceituais do “hidrogênio sustentável”, e dissertando sobre as atribuições das entidades reguladoras para autorizar e fiscalizar a cadeia produtiva do hidrogênio (i.e. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP)⁹³.

⁹¹ A estrutura desse Programa e seus mecanismos financeiros se encontra disciplinada nos arts. 18 e seguintes, enumerando os recursos do PHBC, a possibilidade de concessão de subvenção econômica, os objetivos da política de investimento do Programa.

⁹² O conteúdo integral desse projeto de lei, ainda em tramitação, pode ser consultado no portal eletrônico do Senado Federal:

https://legis.senado.leg.br/sdleggetter/documento?dm=9096609&ts=1698865794176&disposition=inline&_gl=1*10pms24*_ga*MTg3NjY2MzY5NS4xNjgzNTQ4Mjk4*_ga_CW3ZH25XMK*MTY5OTIzNjU3NC4xMC4xLjE2OTkyMzY2OTQuMC4wLjA. Acesso em: 14 de set. de 2023.

⁹³ V.g.: “O art. 2º do PL promove alterações na Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, que 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. Uma primeira alteração insere, no art. 1º dessa lei, como políticas nacionais para o aproveitamento racional das fontes de energia o hidrogênio como vetor energético para a transição para uma economia de baixo carbono e consolidação de sua produção nacional em bases competitivas e sustentáveis. Também são propostas alterações no art. 6º dessa lei, que estabelece definições técnicas no âmbito das políticas energéticas nacionais. Tais alterações compreendem a inserção das definições sobre Hidrogênio: hidrogênio puro que permanece no estado gasoso em condições normais de temperatura e pressão, coletado ou obtido a partir de fontes diversas, pela utilização de processos técnicos específicos ou como subproduto de processos industriais; e Hidrogênio Sustentável: hidrogênio produzido a partir de fonte solar, eólica, biomassas, biogás e hidráulica. Ainda, altera o art. 8º da

O trâmite desse PL tem se mostrado avançado e favorável, já contando com parecer favorável da Comissão do Meio Ambiente, ainda no mês de outubro de 2023, seguindo para a Comissão de Infraestrutura.⁹⁴ Nessa aprovação, justificou-se ponto já aqui ressaltado, a necessária incorporação desse hidrogênio de matriz sustentável como elemento da transição energética sustentável, condizente com o desenvolvimento ecologicamente sustentável buscado, demonstrando a abrangência do Brasil aos componentes do seu setor energético e a coerência com iniciativas semelhantes no cenário internacional.⁹⁵

Cumpra ainda a referência a projetos que tramitam simultaneamente às propostas mencionadas com objetivos semelhantes, como o PL nº 2.308/2023 da Câmara dos Deputados, que inclui o Hidrogênio Verde e o "Hidrogênio Combustível" na Política Energética Nacional⁹⁶; e o *relatório preliminar* da "Comissão Especial de

referida lei, que dispõe sobre atribuições da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), incluindo no rol de atribuições dessa agência regular, autorizar e fiscalizar a atividade da cadeia do hidrogênio, inclusive a produção, importação, exportação, armazenagem, estocagem, padrões para uso e injeção nos pontos de entrega ou pontos de saída. O art. 3º do PL altera a Lei nº 9.847, de 26 de outubro de 1999, que dispõe sobre a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis, de que trata a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, estabelece sanções administrativas e dá outras providências. Nessa lei, o PL inclui, como atividades do segmento econômico de abastecimento nacional de combustíveis, a produção, importação, exportação, armazenagem, estocagem, padrões para uso e injeção nos pontos de entrega ou pontos de saída do hidrogênio". Excerto retirado do Parecer da Comissão do Meio Ambiente acerca do PL nº 725/2022, disponível em:

<https://legis.senado.leg.br/sdleg->

[getter/documento?dm=9480185&ts=1698865794559&rendition=stored-leg-signed-pdf&disposition=inline&_gl=1*ne06hu*_ga*MTg3NjY2MzY5NS4xNjgzNTQ4Mjk4*_ga_CW3ZH25XMK*MTY5OTIzNjU3NC4xMC4wLjE2OTkyMzY1OTUuMC4wLjA](https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9480185&ts=1698865794559&rendition=stored-leg-signed-pdf&disposition=inline&_gl=1*ne06hu*_ga*MTg3NjY2MzY5NS4xNjgzNTQ4Mjk4*_ga_CW3ZH25XMK*MTY5OTIzNjU3NC4xMC4wLjE2OTkyMzY1OTUuMC4wLjA). Acesso em: 03 de nov. de 2023.

⁹⁴ MENDES, Cesar. CMA aprova regras para uso do hidrogênio como fonte e energia. Senado Federal, 2023. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/noticias/audios/2023/10/cma-aprova-regras-para-uso-do-hidrogenio-como-fonte-de-energia?_gl=1*s9ik9p*_ga*MTg3NjY2MzY5NS4xNjgzNTQ4Mjk4*_ga_CW3ZH25XMK*MTY5OTIzNjU3NC4xMC4wLjE2OTkyMzY1NzQuMC4wLjA. Acesso em: 30 de out. de 2023.

⁹⁵ Nesse sentido, o parecer da Comissão do Meio Ambiente aduz expressamente que: A inserção do hidrogênio no setor energético nacional representa importante alteração em favor do desenvolvimento energético nacional, seja

promovendo fontes de geração elétrica limpas e renováveis, como as eólicas e solar fotovoltaica, ou também contribuindo para a redução de emissões de gases de efeito estufa por parte de indústrias relacionadas aos setores de biocombustíveis e de hidrocarbonetos fósseis, implica grande incentivo em prol de uma transição energética sustentável (...) A proposta, portanto, confere abrangência ao setor energético do País e contribui para a pesquisa e o desenvolvimento do segmento do hidrogênio, em sintonia com iniciativas que podem ser notadas em vários países do mundo, em sua grande maioria aliadas a movimentos em favor de uma desejável transição energética. Excerto retirado do Parecer da Comissão do Meio Ambiente acerca do PL nº 725/2022.

⁹⁶ Projeto de Autoria do Deputado Gilson Marques, composto apenas por 02 (dois) artigos, dispondo sobre a modificação no art. 6º da Lei Federal nº 9.478/1997, para incluir as definições legais de

Transição Energética e Produção de Hidrogênio", também da Câmara dos Deputados, que propõe a criação do Marco Legal do Hidrogênio de Baixo Carbono⁹⁷, abordando a governança, certificação, taxonomia e incentivos para o setor.

Os projetos supramencionados demonstram que o Brasil ainda não possui um arcabouço normativo consolidado, mas tem discutido com urgência e diversidade os caminhos para regulação do hidrogênio, em matizes distintas de classificação – v.g. "hidrogênio sustentável", "hidrogênio de baixa emissão de carbono", Hidrogênio Verde –, com mecanismos próprios de governança, certificação e incentivos fiscais e financiamento. Mesmo com esse objetivo de regulamentação, surgem discussões acerca da capacidade de uniformização normativa desses projetos, haja vista que o cenário brasileiro apresenta uma disparidade entre os empreendimentos relacionados ao Hidrogênio Verde já em funcionamento e/ou em desenvolvimento nos estados.

Lidando com um fortalecimento do interesse internacional no Hidrogênio Verde e buscando fazer proveito de eventuais vantagens competitivas decorrentes de elementos geográficos, alguns estados aceleraram a regulação da produção dessa fonte de energia, editando suas próprias Leis acerca do tema. Como exemplo, os estados do Paraná, Goiás e Ceará aprovaram leis nesse sentido ainda no ano de 2023.⁹⁸ O Ceará é um estado que tem se mostrado avançado nessa etapa de regulação e atração de investimentos externos, possuindo uma Política Estadual do

"Hidrogênio Combustível", "Hidrogênio Verde" e "Sistema de célula de combustível, cujo inteiro teor e justificativa podem ser consultado

em://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2267302&filename=Tramitacao-PL%202308/2023. Acesso em 30 de out. de 2023.

⁹⁷ Institui o marco legal do hidrogênio de baixo carbono, dispõe sobre a Política Nacional do Hidrogênio de Baixo Carbono, seus princípios, objetivos, conceitos, governança e instrumentos, cria o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixo Carbono – PHBC, e altera a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, a Lei 9.991, de 24 de julho de 2000, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, a Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007, Lei nº 11.508, de 20 de julho de 2007, a Lei nº 14.182, de 12 de junho de 2021, e dá outras providências. Disponível em:

<https://www.camara.leg.br/noticias/1006508-relatorio-preliminar-propoe-marco-legal-de-producao-e-uso-do-hidrogenio-de-baixo-carbono/> Acesso em: 04 de nov. de 2023.

⁹⁸ Nesse sentido, menciona-se: Lei Estadual nº 18.459/202, no Ceará; Lei Estadual nº 19.976/2022, em Pernambuco; Lei Estadual nº 21.454/2023, no Paraná; Lei Estadual nº 21.767/2023, em Goiás; e o Projeto de Lei nº 157/2023 do estado do Piauí; todos esses versando sobre a criação de uma Política Estadual para o Hidrogênio Verde, fixando definição a serem observadas na implantação dessa matriz energética e instituindo órgãos responsáveis pelas atividades de licenciamento e fiscalização.

Hidrogênio Verde – decorrente da aprovação do PL nº 80/2023⁹⁹ - com objetivos e princípios específicos, definição do que pode ser categorizado como Hidrogênio Verde e os elementos de sua cadeia produtiva, iniciativas concretas como parceiras de pesquisa científica e mecanismos de financiamento, bem como a criação de entidades reguladoras e responsáveis pelas estratégias de fomento desse setor.¹⁰⁰

Esse “adiantamento” na criação de Leis sobre o tema reflete a preocupação dos estados com a lacuna normativa federal para tratar do Hidrogênio Verde e modalidades afins, o que se mostra especialmente prejudicial nas regiões comercialmente denominadas como “Hubs” de produção brasileiros.¹⁰¹ Em estudo recente da Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2022), foram sintetizados algumas das iniciativas regionais/estaduais brasileiras de destaque, especialmente as seguintes:¹⁰²

- (i) Porto do Açu/RJ: modelo de negócio estruturado de forma que diferentes atividades sejam realizadas dentro de *Hubs*, incluindo a atração de empresas

⁹⁹ Convertido na Lei Estadual nº 18.459 de 07/09/2023, que “institui a Política Estadual do Hidrogênio Verde, sustentável e seus derivados no âmbito do estado do Ceará e cria o conselho estadual de governança e desenvolvimento da produção de hidrogênio verde, sustentável e seus derivados”. Disponível em: <https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/meio-ambiente-e-desenvolvimento-do-semiarido/item/8476-lei-n-18-459-de-07-09-23-d-o-11-09-23>. Acesso em: 24 de out. de 2023.

¹⁰⁰ Nesse sentido: “A leitura da PEHV do Ceará exemplifica a preocupação dos estados em apresentar aos potenciais investidores um conjunto mínimo de normas que transmita a segurança jurídica necessária à atração de investimentos e projetos de implementação do Hidrogênio Verde. Assim, identifica-se um movimento, ainda não intencionalmente coordenado, de diversos Estados apresentado ‘políticas’ e ‘planos estaduais’ para essa fonte energética, diferenciando-se mais pela etapa de avanço legislativo do que pelo conteúdo das regras. Como exemplo, os Estados do Paraná e de Goiás aprovaram leis nesse sentido ainda no primeiro semestre de 2023. Na região Nordeste, tal como o Ceará, o Estado do Piauí já possui um Projeto de Lei - PL nº 157/2023 - tramitando sobre o tema, datado de julho deste ano. A urgência e o comprometimento demonstrados pelos Estados representam um fator competitivamente vantajoso, especialmente considerando a recente iniciativa do Governo Federal de lançar o ‘Plano de Trabalho Trienal 2023-2025’ para o Hidrogênio. Isso abre a perspectiva de uma possível unificação de esforços e interesses no avanço do setor, com potencial para fornecer a tão necessária segurança jurídica, ausente em políticas econômicas anteriores”. (FURTADO, Gabriel; TAVARES, Luís Guilherme. Hidrogênio Verde: a regulação no Estado do Piauí e o PL nº 157/2023. Cidade Verde, 2023. Disponível em: <https://cidadeverde.com/cadernojuridico/123694/hidrogenio-verde-propositura-de-uma-politica-estadual-pelo-estado-do-ceara>. Acesso em: 20 de set. de 2023).

¹⁰¹ A título de exemplo, o Brasil já possui alguns *Hubs* de produção de Hidrogênio Verde, onde estão sendo instaladas plantas de capacidade significativa a nível mundial, conforme explicitado anteriormente, em sua maioria por parceria público-privadas na região nordeste (e.g. Porto do Pecém/CE; Açu/RJ; Camaçari/BA; Suape/PE).

¹⁰² CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022, p. 103 e ss.

para a produção e distribuição de Hidrogênio Verde, Amônia Verde e biorrefinaria ou indústrias de aço de baixo carbono. Nos planos desse *Hub*, estão incluídos usinas fotovoltaicas e plantas *offshore de energia eólica*, bem como a exportação de Hidrogênio Verde na forma gasosa e/ou de amônia. Favorece esse projeto a sua localização estratégica, próximo à Cidade do Rio de Janeiro, com potencial de integração das rotas internacionais de energia, e aos principais campos de petróleo e gás do Brasil. Já possui inclusive Memorando de Entendimento (MoU) com empresas como a “Fortescue future Industries (FFI)”, destinado à realização de estudos de viabilidade de instalação de planta de Hidrogênio Verde com capacidade de 300 MW e potencial de 250 mil toneladas anuais de Amônia Verde.

(ii) Complexo do Pecém/CE: *Joint Venture* composto pelo Governo do Estado do Ceará e pelo Porto de Rotterdam, planejando para ser um complexo industrial, abarcando segmentos como siderurgia, energia, indústrias de produção de cimento, gases industriais e hidrogênio de baixo carbono. Possui Zona de Processamento de Exportação – ZPE Ceará, com incentivos administrativos, fiscais e cambiais para empresas potencialmente exportadoras. A localização se mostra estratégica para o deslocamento em direção aos Portos Europeus, do Oriente Médio e dos Estados Unidos. O *Hub* desse Complexo destinado ao Hidrogênio Verde foi lançado em 2021 com parceria da FIEC, da UFC, já possuindo mais de 11 memorandos de entendimento com empresas nacionais e internacionais acerca dos projetos de Hidrogênio Verde (e.g. Fortescue Future Industries, Enegix Energy, Transhydrogen Alliance, White Martins, Qair Brasil).

(iii) Porto do Suape/PE: Complexo industrial composto por conglomerado de 150 empresas de capital nacional e internacional, em fases operacionais e/ou de implantação, atendendo diversas indústrias com potencial vinculação a projetos de Hidrogênio Verde – e.g. gases industriais, petroquímica, geração de energia elétrica. Localização favorável ao aproveitamento de rotas energéticas e disponibilidade para implantação de indústria pesada. Já possui memorandos de entendimento (MoU) com empresas do ramo a fim avaliar a instalação de Planta de Hidrogênio Verde e conjunto de eletrolisadores (i.e., Qair Energia).

Essa coordenação entre interesses regionais e federais deve ser sopesada como elemento indispensável ao desenvolvimento e integração do Hidrogênio Verde na matriz energética brasileira, sobretudo se consideradas a necessidade de

uniformização normativa para garantir a segurança jurídica indispensável a empreendimentos comerciais semelhantes. Essa dificuldade se acentua em países como o Brasil, com território extenso e diverso, disparidades regionais, elementos geográficos distintos.

Desse modo, todos os estudos acerca de novos *Hubs* e iniciativas regionais nesse setor devem levar em consideração os de riscos aqui mencionados, a influenciar fortemente o êxito do Hidrogênio Verde como fator de desenvolvimento sustentável. O Piauí não é exceção a esse cenário, visto que apesar das características geográficas que lhe proporcionam potenciais vantagens competitivas e aos investimentos realizados no setor, precisa coordenar seu potencial com segurança jurídica e precisão técnica na normativa adotada. Estudar o caso do estado do Piauí é ilustrativo dos debates referenciados ao longo desse trabalho.

4 O Hidrogênio Verde e o potencial da iniciativa do estado do Piauí

Nas etapas dirigidas à consolidação do estado como referência na produção/exportação de Hidrogênio, o Piauí tem buscado firmar parcerias comerciais nacionais e internacionais com os principais atores dos setores público e privado no campo da exportação de energia e/ou potenciais consumidores, formalizando-os por meio de acordos comerciais e/ou memorandos de entendimento destinados à implementação de empreendimentos locais nesse segmento.¹⁰³

Essas atividades visam à construção do Piauí como destaque nesse ramo, posicionando o estado como um verdadeiro *Hub* do Hidrogênio Verde, à semelhança de seus parceiros regionais como o Ceará, Pernambuco e Bahia. Assim, o estado tem reforçado as vantagens naturais competitivas que possui, bem como o seu interesse e capacidade para suprir as demandas dos mercados consumidores interno e externo – neste, com destaque para a União Europeia e suas ambiciosas de redução

¹⁰³ Nesse sentido, ver: GOMES, Clayton. Governador apresenta diferenciais do Piauí na produção de hidrogênio verde na Alemanha. Governo do Piauí, 2023. Disponível em: <https://antigo.pi.gov.br/noticias/governador-apresenta-diferenciais-do-piaui-na-producao-de-hidrogenio-verde-na-alemanha/>. Acesso em: 02 de nov. de 2023.

na emissão de gases poluentes.¹⁰⁴ Sobre esse primeiro ponto, a sua *capacidade potencial de produção*, como alguns de seus pares na região nordeste, o Piauí é dotado de uma matriz energética com significativa presença de fontes renováveis, principalmente a energia eólica e a energia solar, resultado da diversidade geográfica e características climáticas que proporcionam os recursos naturais necessários para a obtenção dessas fontes de energia.

No campo da *energia eólica*, o Piauí já é um dos maiores produtores do Brasil, contando com mais de 80 (oitenta) empreendimentos no setor de energia limpa, com investimentos que superam as cifras de R\$ 18 bilhões¹⁰⁵, sendo o estado brasileiro com o maior crescimento na geração de energia eólica no ano de 2022, superior a 24% em comparação a 2021, e quase o dobro da média nacional.¹⁰⁶ No mesmo período, o Piauí foi o segundo Estado com o maior crescimento na geração de energias renováveis com um aumento de 25,7%. Soma-se a isso o fato de que o Piauí possui o maior parque eólico da América Latina – “Complexo Lagoa dos Ventos” –, situado nos municípios de Dom Inocêncio, Lagoa do Barro do Piauí e Queimada Nova, com mais de 230 aerogeradores e com projetos de expansão da capacidade já anunciados.¹⁰⁷¹⁰⁸

Atualmente, conforme relatório da ANEEL, o Estado do Piauí é o terceiro maior produtor de energia eólica, com operação que produz mais de 3,5 GW, com investimentos em construção que representarão acréscimo de 746,10 MW e previsões de empreendimentos futuros de até 2,5 GW; com destaque para as operações nos municípios de “Betânia (211,500 MW), Caldeirão Grande do PI (473,400 MW), Curral Novo do PI (338,100 MW), Dom Inocêncio (877,850 MW), Ilha Grande (47 MW), Lagoa do Barro (671,700 MW), Marcolândia (206,200 MW), Parnaíba

¹⁰⁴ Exemplo desse crescimento, em publicação da Agência Brasil, o Piauí aparece entre os 10 Estados com maior potencial e estrutura de investimentos no campo do Hidrogênio Verde, conforme levantamento disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-06/hidrogenio-verde-avanca-para-se-tornar-commodity-energetica-no-pais>. Acesso em: 05 de set. de 2023.

¹⁰⁵ PEDROSA, Robert. Hidrogênio verde: Piauí está entre os estados com potencial de produção. Piauí Negócios, 2023. Disponível em: <https://pinegocios.com.br/noticia/1651-hidrogenio-verde:-piaui-esta-entre-os-estados-com-potencial-de-producao>. Acesso em: 02 de set. de 2023.

¹⁰⁶ PIAUÍ é o estado com maior crescimento na geração de energia eólica. Governo do Piauí, 2023. Disponível em: <https://antigo.pi.gov.br/noticias/piaui-e-o-estado-com-maior-crescimento-na-geracao-de-energia-eolica/>. Acesso em: 04 de out. de 2023.

¹⁰⁷ PIAUÍ é o estado com maior crescimento na geração de energia eólica. Governo do Piauí, 2023.

¹⁰⁸ GOMES, Clayton. Governador apresenta diferenciais do Piauí na produção de hidrogênio verde na Alemanha. Governo do Piauí, 2023.

(118,800 MW), Queimada Nova (264,300 MW), Simões (375,100 MW)".¹⁰⁹ Dados esses que não contabilizam os projetos de expansão já anunciados e as estimativas do potencial da produção do Estado.¹¹⁰

Já no campo da *energia solar*, o Piauí também é destaque nacional, possuindo uma operação de 1,46 GW em operação, com mais 867,22 MW em empreendimentos em construção, além de estimativas de um investimento potencial de mais de 13,14 GW de geração; distribuída em mais de 50 empreendimentos em operação, e mais de 36 mil micro e mini usinas em 220 municípios do Estado, com destaque para cidades como "Alegrete do Piauí (2,500 MW), Caldeirão Grande do Piauí (213,094 MW), Floriano (2,455 MW), João Costa (30 MW), Ribeira do Piauí (210 MW), São Gonçalo do Gurguéia (790,368 MW), São João do Piauí (216,050 MW) e Teresina (1 MW)".¹¹¹ Exemplo dessa posição privilegiada na geração de energia por fontes fotovoltaicas, o Piauí conta com o maior parque solar da América do Sul, o projeto localizado em São Gonçalo do Gurgueia/PI¹¹², constituído por mais de 2.2 milhões de painéis solares, cuja produção após a finalização da sua terceira seção ultrapassará montantes como 2,3 TWh, evitando a emissão anual de mais 1.2 milhões de toneladas de gás carbono.¹¹³

Essa alta capacidade de produção, já reconhecida e instalada, se coaduna com as estimativas nacionais de crescimento da participação das fontes eólicas na matriz energética nacional, e proporciona a segurança para que novas empresas do ramo sejam instaladas e/ou absorvidas, a fim de trazer a energia limpa apta a subsidiar as células de Hidrogênio Verde no Estado, refletindo um posicionamento

¹⁰⁹ CARVALHO, Bruna. Piauí é terceiro do Brasil na produção de energias renováveis eólica e solar. Governo do Piauí, 2023. Disponível em: <https://antigo.pi.gov.br/noticias/piaui-e-terceiro-do-brasil-na-producao-de-energias-renovaveis-eolica-e-solar/>. Acesso em: 02 de out. de 2023.

¹¹⁰ Nesse sentido, ver. ENERGIA VERDE: conheça o maior parque eólico da América do Sul. Exame, 2022. Disponível em: <https://exame.com/negocios/energia-verde-parque-eolico-america-sul/>. Acesso em: 02 de nov. de 2023.

¹¹¹ CARVALHO, Bruna. Piauí é terceiro do Brasil na produção de energias renováveis eólica e solar. Governo do Piauí, 2023.

¹¹² ENERGIA VERDE: conheça o maior parque eólico da América do Sul. Exame, 2022.

¹¹³ Informações sobre o complexo no portal eletrônico institucional do projeto, disponível em: <https://www.enelgreenpower.com/pt/nossos-projetos/highlights/parque-solar-sao-goncalo>. Acesso em 02 de nov. de 2023.

estratégico do Governo Estadual.¹¹⁴¹¹⁵ Aqui, retoma-se o questionamento acerca do subsídio normativo que dispõe o Estado para que esse potencial de recursos naturais e atividades industriais possa ser convertido em fatores de desenvolvimento sustentável do Estado.

Relacionando-se a essa preocupação regional e estadual, foi apresentado o Projeto de Lei Estadual nº 157/2023, que almeja instituir a “Política Pública Estadual do Hidrogênio Verde” no Piauí.¹¹⁶ No seu conteúdo, o PL Piauiense não possui grandes distinções quanto às demais regulações aprovadas recentemente sobre o mesmo tema, tendo como principal escopo a criação de uma Política Piauiense do Hidrogênio Verde, com os objetivos definidos, conceituação rígida dos principais termos desse segmento – Hidrogênio Verde e sua cadeia produtiva -, ilustrando os desafios, projetos de concretização e regime de responsabilização por eventuais repercussões negativas.

A despeito da observância da padronização já trazida por legislações afins, esse projeto inova ao fixar que os empreendimentos por ele disciplinados, inclusive os estruturados em regimes de consórcios, cooperativa e parceria público-privada, poderão ser categorizados como “Empresas de Bases Tecnológica”, permitindo que gozem de benefícios previstos na legislação sobre incentivos governamentais à inovação e à pesquisa científica, ensejando uma vantagem competitiva adicional aos

¹¹⁴ Noticiando investimentos planejados no estado: “Atualmente, o Piauí é destaque nacional no que diz respeito à produção de energia eólica. Por isso, acredita-se que o estado tenha grandes chances de se tornar um produtor de hidrogênio verde (h2v), tendo em vista que essa commodity é obtida a partir de recursos naturais. O Piauí é banhado por água doce e possui mais de 80 empreendimentos voltados à energia limpa (incluindo eólica e solar), o que faz com que haja mais facilidades na produção do h2v. Com isso, já existem empresas estrangeiras interessadas em investir na produção da commodity no Piauí” (PEDROSA, Robert. Hidrogênio verde: Piauí está entre os estados com potencial de produção. **Piauí Negócios**, 2023).

¹¹⁵ Ainda nesse setor, são esperados investimentos adicionais em projetos voltados à implementação do Hidrogênio Verde no Piauí, aqui exemplificado por notícias de indústrias desse produto na ZPE de Parnaíba e construção de parques no segmento. Disponíveis em: <https://www.pi.gov.br/noticia/piaui-tera-industria-de-producao-de-hidrogenio-verde-na-zpe-de-parnaiba> e <https://www.pi.gov.br/noticia/empresa-europeia-assina-acordo-para-investir-rdollar-50-bilhoes-em-parque-de-hidrogenio-verde-no-piaui>. Acessos em 05 de set. de 2023.

¹¹⁶ Íntegra do projeto disponível em: Apresentado pelo Deputado Estadual Fábio Novo, e lida no expediente do dia 05/07/2023 da Assembleia Legislativa do Piauí, cujo inteiro teor pode ser consultado no portal eletrônico: https://sapl.al.pi.leg.br/media/sapl/public/materialegislativa/2023/18535/pl_no_157.pdf. Sobre o tema, ver: FURTADO, Gabriel; TAVARES, Luís Guilherme. Hidrogênio Verde: a regulação no Estado do Piauí e o PL nº 157/2023. **Cidade Verde**, 2023.

empreendimentos localizados no Estado para fins comerciais.¹¹⁷ Coaduna-se com esse incentivo a existência de projetos no estado do Piauí que beneficiem iniciativas comerciais ligadas à inovação energética (v.g. instalação do “Distrito Tecnológico do Piauí”, voltado para a atração de *startups* e fomento ao desenvolvimento desse segmento).¹¹⁸

Contudo, a despeito desse esforço de atualização normativa para acompanhar os rápidos avanços tecnológicos e de investimentos no setor, o PL nº 157/2023 incorre em algumas limitações também identificadas nos dispositivos equivalentes de outros Estados, v.g. carência de especificidade quanto à terminologia, especialmente se considerada os projetos federais em tramitação; a confusão entre alguns objetivos, princípios e ferramentas de implementação; e a ausência de um detalhamento na definição da estrutura administrativa/institucional responsável pelo setor.¹¹⁹ Outro destaque normativo no Piauí foi a edição da Resolução nº 52 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), regulamentando o licenciamento ambiental de empreendimento de Hidrogênio Verde no Piauí, abrangendo tanto a produção do Hidrogênio Verde como de seus subprodutos – Metanol Verde –, incluindo flexibilização da emissão da primeira licença.¹²⁰

Os pontos aqui levantados quanto o potencial do Piauí na implementação, produção e comercialização do Hidrogênio Verde exigem, para além das intenções políticas, acordos comerciais e parcerias para investimento, uma coordenação dos interesses formalizados na normativa estadual com o arcabouço regulatório federal em desenvolvimento, a fim de propiciar a segurança jurídica necessária à atração

¹¹⁷ Aqui, faz-se remissão à possibilidade de adoção de medidas de incentivo como previsões de investimentos, subvenções econômicas, desenvolvimento de contratos de concessão de serviços públicos e/ou regulações setoriais, incentivos fiscais, todas modalidades constantes no art. 19 da Lei Federal nº 10.971/2004.

¹¹⁸ Informações disponíveis em: <https://investepiaui.com/distrito-tecnologico/>. No mesmo sentido, ganha destaque a instalação da ZPE localizada em Parnaíba, cujo desenvolvimento tecnológico e industrial é apoiado por medidas como incentivos fiscais, disponível em: https://investepiaui.com/wp-content/uploads/2022/11/Folder_ZPE.pdf. Acessos em 07 de set. de 2023.

¹¹⁹ FURTADO, Gabriel; TAVARES, Luís Guilherme. Hidrogênio Verde: a regulação no Estado do Piauí e o PL nº 157/2023. **Cidade Verde**, 2023.

¹²⁰ Informação disponível no portal eletrônico da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí em: http://www.semar.pi.gov.br/wagtail/home_page/noticias/semarh-publica-resolu%C3%A7%C3%A3o-que-garante-licenciamento-e-investimentos-em-hidrog%C3%AAnio-verde-no-piau%C3%AD/. Acesso em: 04 de nov. de 2023.

dos investimentos e celeridade dos empreendimentos projetados. Atender a essa compatibilização é providencial à modernização da legislação atinente ao tema e à comunhão de esforços para acelerar o desenvolvimento nacional, com inevitável repercussão sobre as iniciativas estaduais em desenvolvimento, no caso deste trabalho, o crescimento sustentável do Piauí.

O desafio de viabilizar essa indústria do Hidrogênio Verde no Piauí acaba refletindo alguns dos obstáculos no desenvolvimento nacional desse setor, como as exigências de fortes investimentos em uma expansão e modernização da produção de energia renovável, diversificando a matriz com maior participação de energias como a eólica e solar; ao estabelecimento de mecanismos financeiros que tornem o investimento nesse setor atrativo e sustentável; à padronização das normas de certificação, a fim de harmonizar os polos regionais de produção com os objetivos da Política Nacional do Hidrogênio e com as exigências dos mercados consumidores, internos ou externos. Assim, para resolução desses desafios, colacionados exemplificativamente, podem ser fixadas metas de cunha gradual, ou seja, segmentadas em ações imediatas, curto, médio e longo prazo, perpassando desde uma contribuição inicial para a consolidação de uma política nacional do hidrogênio verde e padrões de certificação e padronização (curto prazo), até uma eventual expansão das exportações para outros mercados e colocação do Brasil – e Piauí – como um fornecedor de destaque no cenário mundial (longo prazo).¹²¹

Em síntese, o desenvolvimento do Brasil e do Piauí como um dos polos de produção e exportação de Hidrogênio Verde e seus derivados – e.g. amônia verde –, dependerá em grande parte da implementação dessas medidas de consolidação, a fim de obter a confiança internacional quanto à viabilidade da utilização de sua matriz energética rica em fontes sustentáveis para a implementação definitiva desse Hidrogênio limpo e essencial às metas de preservação; em um processo de esforços contínuos e graduais. Contudo, esse desafio é reduzido pela conjunção da disponibilidade de recursos naturais e recente implementação de projetos necessários à projeção internacional (e.g. construção do Porto no município de Luís Correia/PI; estabelecimento de Zona de Processo de Exportação no Piauí – ZPE).

¹²¹ GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, **McKinsey & Company**, 2021.

Resta acompanhar se o potencial energético será transformado em um desenvolvimento sustentável, pois o Piauí já dispõe das “credenciais necessárias para revolucionar a capacidade econômica e história local, utilizando sol, vento, calor e rios de que abundantemente dispõe”.¹²²

Referências

AHUJA, Abhisek et al. **Driving sustainable and inclusive growth in G20 economies.** Mckinsey, 2023. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/in/our-insights/driving-sustainable-and-inclusive-growth-in-g20-economies>. Acesso em: 22 de set. de 2023.

AMADO, Frederico. **Direito Ambiental.** 10. ed. Salvador: Juspodvim, 2019.

BENJAMIN, Antônio Herman. Constitucionalização do ambiente e ecologização da Constituição brasileira. In: CANOTILHO, José Joaquim Gomes; LEITE, José Rubens Morato (orgs.). **Direito constitucional ambiental brasileiro.** São Paulo: Saraiva, 2007.

BETHÔNICO, Thiago. Entenda a corrida pelo Hidrogênio Verde e porque o Brasil pode ser uma potência. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 10 de jan. de 2023. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2023/01/entenda-a-corrida-pelo-hidrogenio-verde-e-por-que-o-brasil-pode-ser-uma-potencia.shtml>. Acesso em: 22 de set. de 2023.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia - MME. **Programa Nacional do Hidrogênio: plano de trabalho trienal 2023-2025.** Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/PlanodeTrabalhoTrienalPNH2.pdf>. Acesso em 15 de set. de 2023.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050.** Brasília: MME/EPE, 2020.

BRASIL, Ministério da Economia, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Panorama do Hidrogênio no Brasil.** Rio de Janeiro: Ipea, 2022.

BRASIL, Ministério do Planejamento e Orçamento, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **A organização das Nações Unidas e o objetivo de desenvolvimento sustentável 14: desafios para o Brasil na década do oceano.** Brasília, Rio de Janeiro: Ipea, 2023.

¹²² FURTADO, Gabriel; TAVARES, Luís Guilherme. **Hidrogênio Verde: a regulação no Estado do Piauí e o PL nº 157/2023.** Cidade Verde, 2023.

CAETANO, Rodrigo. O custo do hidrogênio verde no Brasil: o mais competitivo do mundo? **Exame**, 2023. Disponível em: <https://exame.com/esg/o-custo-do-hidrogenio-verde-no-brasil-o-mais-competitivo-do-mundo/>. Acesso em 01 de nov. de 2023.

CANOTILHO, J. J. Gomes *et al.* **Comentários à Constituição do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

CARVALHO, Bruna. **Piauí é terceiro do Brasil na produção de energias renováveis eólica e solar**. Governo do Piauí, 2023. Disponível em: <https://antigo.pi.gov.br/noticias/piaui-e-terceiro-do-brasil-na-producao-de-energias-renovaveis-eolica-e-solar/>. Acesso em: 02 de out. de 2023.

CHIAPPINI, Gabriel. O hidrogênio verde vai pular o gás natural? **Epbr**, 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/o-hidrogenio-verde-vai-pular-o-gas-natural/>. Acesso em: 15 de set. de 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 2022.

DAROS, Leatrice Faraco. "Sierra Club v. Morton, 1972: a questão do standing na litigância ambiental". In: BECKER, Rodrigo Frantz (coord.). **Suprema Corte dos Estados Unidos: casos históricos**. São Paulo: Almedina, 2022.

DE LIMA, S. L. *et al.* **Projeto da Usina Maremotriz do Bacanga: Concepção e Perspectivas**. Universidade Federal do Maranhão, v. 19, 2018. Acesso em: 10 de ago. de 2023.

EBNER, Michael; ENGELMANN, Thomas. **Green H2 investments from buzz to boom: a macroeconomic, technological, regulatory and market overview of hydrogen opportunities**. KGAL, 2022.

ENERGIA VERDE: conheça o maior parque eólica da América do Sul. **Exame**, 2022. Disponível em: <https://exame.com/negocios/energia-verde-parque-eolico-america-sul/>. Acesso em: 02 de nov. de 2023.

ENERGY Transition Factbook, **BloombergNEF (BNEF)**, 2023. Disponível em: <https://www.cleanenergyministerial.org/content/uploads/2023/07/cem-factbook-1.pdf>. Acesso em: 30 de out. de 2023.

FERNANDES, Bernardo Gonçalves. **Curso de Direito Constitucional**. 6. ed. Salvador: Juspodivm, 2014.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Curso de direito ambiental brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2013.

FONSECA, Ênio; MICHELLIS JÚNIOR, Décio. O arco íris do hidrogênio, o pote de ouro e a margarina. **Direito Ambiental**, 2023. Disponível em: <https://direitoambiental.com/o-arco-iris-do-hidrogenio-o-pote-de-ouro-e-a-margarina-hidrogenio-verde/>. Acesso em: 10 de ago. de 2023.

G20. **G20 New Dehli Leaders' Declaration**. **New Dehli**, India, 2023, 09 de set. de 2023. Disponível em: <https://www.mea.gov.in/Images/CPV/G20-New-Delhi-Leaders-Declaration.pdf>. Acesso em: 15 de set. de 2023.

GENGE, Lucien *et. al.* **What do we know about green hydrogen supply costs?** Brandenburg University of Technology, Cootbus, Germany, 2022.

GOMES, Clayton. **Governador apresenta diferenciais do Piauí na produção de hidrogênio verde na Alemanha**. Governo do Piauí, 2023. Disponível em: <https://antigo.pi.gov.br/noticias/governador-apresenta-diferenciais-do-piaui-na-producao-de-hidrogenio-verde-na-alemanha/>. Acesso em: 02 de nov. de 2023

GONÇALVES, Felipe. O hidrogênio de baixo carbono: mais uma via para o país do futuro. **FGV Energia**, 2023. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/artigo_opinioao_-_h2_-_felipe_g.pdf. Acesso em 03 de nov. de 2023

GONÇALVES, Felipe *et. al.* Panorama dos desafios do hidrogênio verde no Brasil. **FGV Energia**, 2023. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/opinioes/panorama-dos-desafios-do-hidrogenio-verde-no-brasil>. Acesso em 03 de set. de 2023.

GURLIT, Wieland. *et. al.* Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, **McKinsey & Company**, 2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>. Acesso em: 31 de out. de 2023.

HEINEN, Juliano. Energia que dá gosto: regulação do Hidrogênio Verde no Brasil. **Conjur**, 2022. Disponível: <https://www.conjur.com.br/2022-nov-13/juliano-heinen-regulacao-hidrogenio-verde-brasil>. Acesso em 15 de ago. de 2023.

HIDROGÊNIO da América Latina pode ser o mais barato do mundo. **Bloomberg**, 2022. Disponível em: <https://www.bloomberg.com.br/blog/hidrogenio-da-america-latina-pode-ser-o-mais-barato-do-mundo/>.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Towards hydrogen definitions based on their emissions intensity**. IEA, 2023.

KINCH, Diana. Brazil 'well positioned' as green hydrogen exporter to EU steel: speakers. **S&P Global**, 2023. Disponível em: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/metals/062223->

brazil-well-positioned-as-green-hydrogen-exporter-to-eu-steel-speakers. Acesso em 08 de ago. de 2023.

LIMA, M. M. *et al.* The potential of renewable sources of electric energy in Maranhão. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 7, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/42690>. Acesso em: 09 de set. de 2023.

MENDES, Gilmar Ferreira. **Curso de Direito Constitucional**. 18. ed. São Paulo: SaraivaJur, 2023.

MOURA JÚNIOR, Flávio Paixão. O direito constitucional ambiental: a constituição como via da ecologização do direito. In: SOUZA NETO, Cláudio Pereira de ; SARMENTO, Daniel (Org.). **A constitucionalização do direito: fundamentos teóricos e aplicações específicas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2007. v. 1. p. 783-802.

OLIVEIRA, Rafael Carvalho Rezende. **Licitações e contratos administrativos: teoria e prática**. 12. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2023.

PATEL, Shivam. **G20 agrees to pursue tripling renewables capacity but stop short of major goals**. Reuters, 2023. Disponível em: <https://www.reuters.com/sustainability/g20-agrees-pursue-tripling-renewables-capacity-stop-short-major-goals-2023-09-09/>. Acesso em: 24 de set. de 2023.

PEDROSA, Robert. **Hidrogênio verde: Piauí está entre os estados com potencial de produção**. Piauí Negócios, 2023. Disponível em: <https://pinegocios.com.br/noticia/1651-hidrogenio-verde:-piaui-esta-entre-os-estados-com-potencial-de-producao>. Acesso em: 02 de set. de 2023.

PEDROSA, Robert. Hidrogênio verde: Piauí está entre os estados com potencial de produção. **Piauí Negócios**, 2023. Disponível em: <https://pinegocios.com.br/noticia/1786-atraida-pelos-recursos-naturais-do-piaui-empresa-vai-investir-r-30-bilhoes-em-hidrogenio-verde>. Acesso em: 02 de set. de 2023.

PERLINGIERI, Pietro. **O direito civil na legalidade constitucional**. Rio de Janeiro: Renovar, 2008.

PERLINGIERI, Pietro. **Perfis de Direito Civil: Introdução ao Direito Civil Constitucional**. 3. ed. Rio de Janeiro: Renovar, 2002.

SILVA, Larissa Tavares da; DANA, Manuela Carneiro. **Regulação do hidrogênio no Brasil: descarbonização do setor de óleo e gás para metas climáticas**, 2020. Disponível em: https://icongresso.ibp.itarget.com.br/arquivos/trabalhos_completos/ibp/3/final.IB.P0737_20_26112020_203039.pdf . Acesso em: 01 de set. de 2023.

SOUZA NETO, Cláudio Pereira de; MENDONÇA, José Vicente Santos de. Fundamentalização e Fundamentalismo na interpretação do princípio constitucional da livre iniciativa. IN: SOUZA NETO, Cláudio Pereira de; SARMENTO, Daniel (Org.). **A constitucionalização do direito: fundamentos teóricos e aplicações específicas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2007. v. 1. p. 709-741.

TARTUCE, Flávio. **Responsabilidade Civil**. 4. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2022.

TEPEDINO, Gustavo. A Função Social da Propriedade e o Meio Ambiente. In: TEPEDINO, Gustavo. **Temas de Direito Civil**. v. III. Rio de Janeiro: Renovar, 2009. p. 175-199.

TEPEDINO, Gustavo; OLIVA, Milena Donato. **Fundamentos de direito civil – Teoria geral do direito civil**. Rio de Janeiro: Forense, 2020. v. 1.

UNITED NATIONS. **Framework Convention on climate change. Technical dialogue of the first global stocktake**. 2023. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/sb2023_09_adv.pdf. Acesso em: 23 de set. de 2023.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Green Hydrogen Industrial Clusters Guidelines**. Vienna, June 2023.

CAPÍTULO III

A EXPLORAÇÃO MINERAL SUSTENTÁVEL COMO NOVO OÁSIS DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO NO ESTADO DO PIAUÍ



<https://doi.org/10.36592/9786554601337-03>

Géssica Moura Fonteles¹

Sebastião Patrício Mendes da Costa²

Sumário: 1. História do desenvolvimento econômico do estado do Piauí e a evolução do Setor Minerário na economia estadual. 2. O panorama acerca da implementação do desenvolvimento sustentável no estado do Piauí e o progresso do setor minerário piauiense no século XXI. 3. A “Era da Ebulição Global” e a mineração como aliada na transição energética. Referências.

1 História do desenvolvimento econômico do estado do Piauí e a evolução do Setor Minerário na economia estadual

O presente trabalho se dispõe a apresentar um recorte histórico acerca do desenvolvimento econômico da mineração no Estado do Piauí, de modo a proporcionar uma melhor compreensão acerca das potencialidades minerárias e das grandes oportunidades de inserção do estado no mercado nacional e internacional minerário, bem como identificar as peculiaridade na constituição e desenvolvimento da indústria minerária no estado do Piauí, desde sua fundação até o século XXI, além de mensurar quais condicionantes na formação do estado e seu desenvolvimento

¹ Mestranda em Direito, Democracia e Mudança Institucionais pelo Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Federal do Piauí-UFPI. Juíza Leiga pelo TJ/CE. Membro da Comissão de Direito à Saúde e Apoio ao Idoso da OAB Subseção Sobral-CE. Colunista da Revista Carreiras TI (ISSN 2675-9454). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2096-683>. E-mail: gessicamouraadvgmail.com.

² Pós-doutorado em Direito Civil e Filosofia do Direito pela Universidade de Augsburg (Alemanha). Doutor em Direito pela PUCRS. Mestre em Direito pela UnB. Mestre em Antropologia e Arqueologia pela UFPI. Graduação em Direito pela UnB. Professor de Direito da Universidade Federal do Piauí – UFPI. Advogado. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2821-1235>. Email: sebastiaocosta@ufpi.edu.br

econômico ao longo desses 265 anos desencadearam certas barreiras políticas, econômicas e sociais para o pleno desenvolvimento da cadeia minerária piauiense, bem como demonstrar as políticas públicas e incentivos de setores privados na mudança desse panorama e na adequação com o atual cenário de sustentabilidade defendida pelo mundo.

A História do Piauí, por grande parte dos historiadores, é estabelecida através de uma cronologia com o marco inicial fixado a partir da chegada dos bandeirantes e sertanistas no século XVII, todavia, esse recorte temporal acerca da formação histórica do Piauí não é unânime entre os pesquisadores, como afirma Claudete Maria Miranda Dias (Lima, 2020, p. 9).

Dias (2006, p. 419) ao analisar o processo histórico de povoamento do Estado do Piauí teceu críticas a historiografia dominante entre os historiadores de definir o início da formação dos primeiros núcleos de povoamento do Piauí como sendo somente no ano de 1674, quando, na verdade, o processo histórico de povoamento do estado piauiense remonta do período pré-histórico, devendo ser levado em consideração pelos pesquisadores que a formação de uma sociedade não deve partir apenas da perspectiva colonizadora, mas também da perspectiva nativa ou indígena de ocupação do território.

Dias (2006, p. 419) afirma que o sertão-sudeste piauiense é a região de povoamento mais antigo das Américas, pois há comprovação científica, através de pesquisas arqueológicas da Fundação Museu do Homem Americano – FUMDHAM, acerca da existência de povos vivendo na região piauiense entre os anos de 70.000 e 2.000 antes de Cristo (a.C.).

Nesse sentido, Sérgio Augusto de Miranda Chaves realizou o primeiro estudo palinológico do paleoambiente holocêntrico da região sudeste do Piauí entre os anos de 1994 a 1996, tendo publicado seu artigo sobre o tema em 2000³. O seu estudo concluiu que entre os anos de 8.700 e 7.000 a.C., as condições socioambientais e climáticas da Terra eram satisfatórias para existência de povos humanos na região brasileira (Chaves, 2000, p. 115-118).

³Os estudos paleontológicos em coprólitos humanos e animais são capazes de estabelecer uma sequência cronológica acerca da implantação de uma vegetação e com isso projetar uma curva evolutiva no clima, permitindo aos pesquisadores determinarem a existência de vida humana habitando tais lugares nos períodos pré-históricos (Chaves, 2000, p. 103).

Chaves (2000, p. 105) ressalta a importância das pesquisas arqueológicas desenvolvidas na região piauiense pelo grupo liderado pela arqueóloga Niède Guidon, responsáveis por um número importante de dados acerca do povoamento pré-histórico no estado do Piauí.

Nesse sentido, imprescindível destacar a teoria da mais célebre arqueóloga brasileira, a Dra. Niède Guidon, que defende que os seres humanos já povoavam as Américas há mais de 100 mil anos, teoria esta que não é aceita pelos arqueólogos, tendo em vista que os físicos afirmam que a datação que foi feita por termoluminescência pela arqueóloga é uma técnica passível de erros. Todavia, a comunidade arqueológica mundial, em dezembro de 2006, ao visitar a Parque Nacional Serra da Capivara, em São Raimundo Nonato, no sudeste do Piauí, confirmou em parte a teoria de Niède Guidon acerca da existência de povoamento humano nas Américas pelo menos há mais de 60.000 anos (Brasil, 2007).

Nesse cenário, convém destacar a importância não somente da biodiversidade, mas também da geodiversidade do território piauiense para compreender a origem do povoamento humano no planeta Terra, como também a evolução da relação entre a sociedade e biosfera e seus impactos para o progresso da humanidade.

O estado do Piauí possui como maior domínio morfoestrutural as bacias e coberturas sedimentares fanerozóicas, cuja formação geológica é de "planaltos e chapadas desenvolvidos sobre rochas sedimentares horizontais a sub-horizontais, eventualmente dobradas/ou falhadas, em ambientes de sedimentação diversos, dispostos nas margens continentais e/ou no interior do continente." (BRASIL, 2009, p. 29).

A cronologia histórica acerca da origem do Piauí é definida por alguns pesquisadores como sendo através dos marcos de povoamento humano na região piauiense, devendo ter o recorte dos povoados de acordo com o período pré-histórico, o povoamento dos nativos, em sua maioria indígenas e o período colonial, quando os bandeirantes e fazendeiros, no século XVII iniciaram o povoamento civilizatório na região do Piauí. Para o presente estudo, consideraremos como marco histórico inicial do estado do Piauí o período colonial.

O Piauí foi o derradeiro estado do Nordeste a ser povoado e colonizado pela Coroa Portuguesa, no século XVII, entre os anos de 1660 e 1670, tendo sua ocupação se centralizado de forma inversa aos outros estados nordestinos, pois ocorreu a partir do interior para o litoral, através da expansão das fazendas de gados de famílias pernambucanas e baianas, que migravam para um lugar longe da aridez do sertão central e mais perto da úmida zona da mata nordestina, local mais apropriado para a agropecuária. Todavia, no período colonial havia um decreto real que proibia a criação de animais na zona da mata, a única e exclusiva atividade econômica desenvolvida no Piauí era a produção de açúcar para exportação (Fundação CEPRO, 2004, p.57).

O estado do Piauí, durante o período colonial, não logrou importante êxito nos ciclos econômicos regionais e nacionais que dominaram os modos de produção daquela época, como produção açucareira, mineração e café, logo, sua parca economia se fechou para o comércio externo e passou a se desenvolver apenas internamente, sendo a bovinocultura seu maior expoente econômico, o que não se demonstrou potencialmente relevante na economia da Região Nordeste, uma vez que a sua principal atividade econômica se trata de um modelo de produção extensivo e primitivo, suscetível às adversidades, cuja mão-de-obra laboral era escassa de absorção pela população e cujos investimentos nesse setor eram parcos, tendo complementação econômica de pequena expressão através da produção agrícola familiar de subsistência e de pequenos excedentes comercializáveis em feiras locais. Desse modo, embora a bovinocultura despontasse em todo perímetro estadual, até a primeira metade do século XX, o Estado do Piauí se inseriu paulatinamente no setor agrário-exportador do Brasil, através da exportação de cera de carnaúba e cabotagem de carne de charque, cuja contribuição econômica ainda era diminuta frente aos outros estados nordestinos, todavia, gerou maior dinâmica econômica e riquezas para o estado, considerado o período de apogeu da economia piauiense até o período (Fundação CEPRO, 2004, p.57).

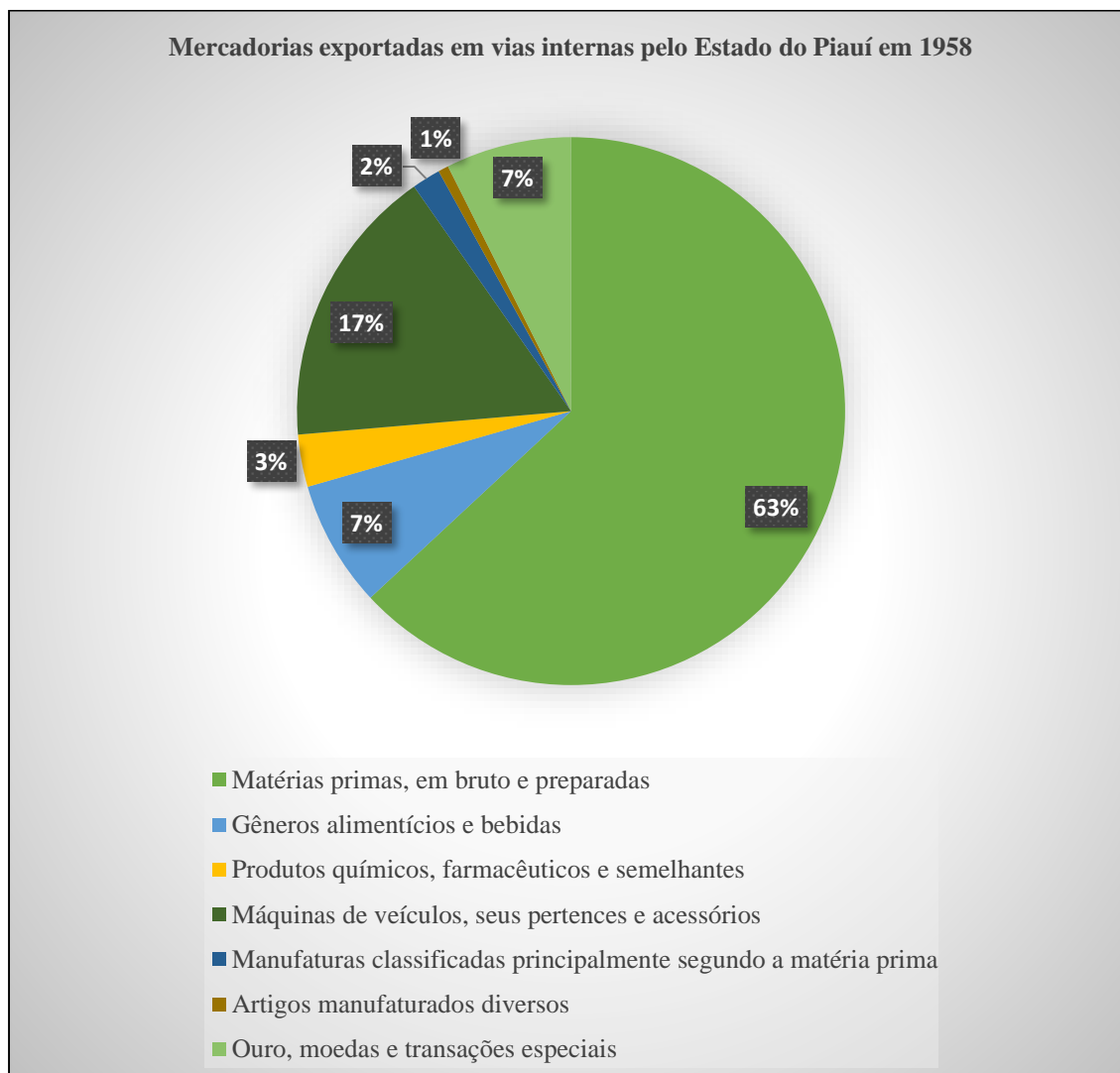
Entre os anos de 1930 e 1980 houve no Brasil um ciclo de industrialização, cuja proposta inicial era substituir o longo e primitivo agrarismo, como também substituir a crescente importação de produtos manufaturados pela articulação do mercado interno voltado aos ciclos de produção manufaturada, alterando a trajetória

para a integração inter-regional por meio da dinâmica industrial. Com o surgimento de uma nova sociedade urbana e industrial e a consolidação da economia de dimensão e integração nacional, a desigualdade econômica e produtiva regional sofreu uma grande inflexão, tendo despontado estados do Sul e Sudeste até então considerados com menor expressão econômica. Entretanto, as regiões Nortes e Nordeste permaneceram à margem do desenvolvimento industrial desse período, em razão das importantes dificuldades estruturais e culturais para se industrializar (Pochmann e Guerra, 2019, p. 34-37)

Nesse contexto, entre os anos de 1958 e 1966, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE elaborou coletâneas de tabelas relacionadas à exportação comercial por vias internas dos Estados da Federação brasileira. Os relatórios tinham a finalidade de mensurar o fluxo de intercâmbio comercial interno, a partir da utilização da infraestrutura das rodovias e ferrovias, bem como verificar qual a importância da malha rodoviária e ferroviária para o desenvolvimento econômico brasileiro (IBGE, 1958).

De acordo com "Exportação do Piauí por vias internas", desprezando o comércio de cabotagem do referido estudo e considerando para o estudo apenas a classificação de mercadorias registradas na Nomenclatura Brasileira de Mercadorias (IBGE, 1958, p.6). Nesse sentido, o gráfico a seguir colacionado demonstrará quais mercadorias o estado do Piauí exportava por vias internas, de acordo com os valores comerciais exportados em moeda Cruzeiros (Cr\$ 1000).

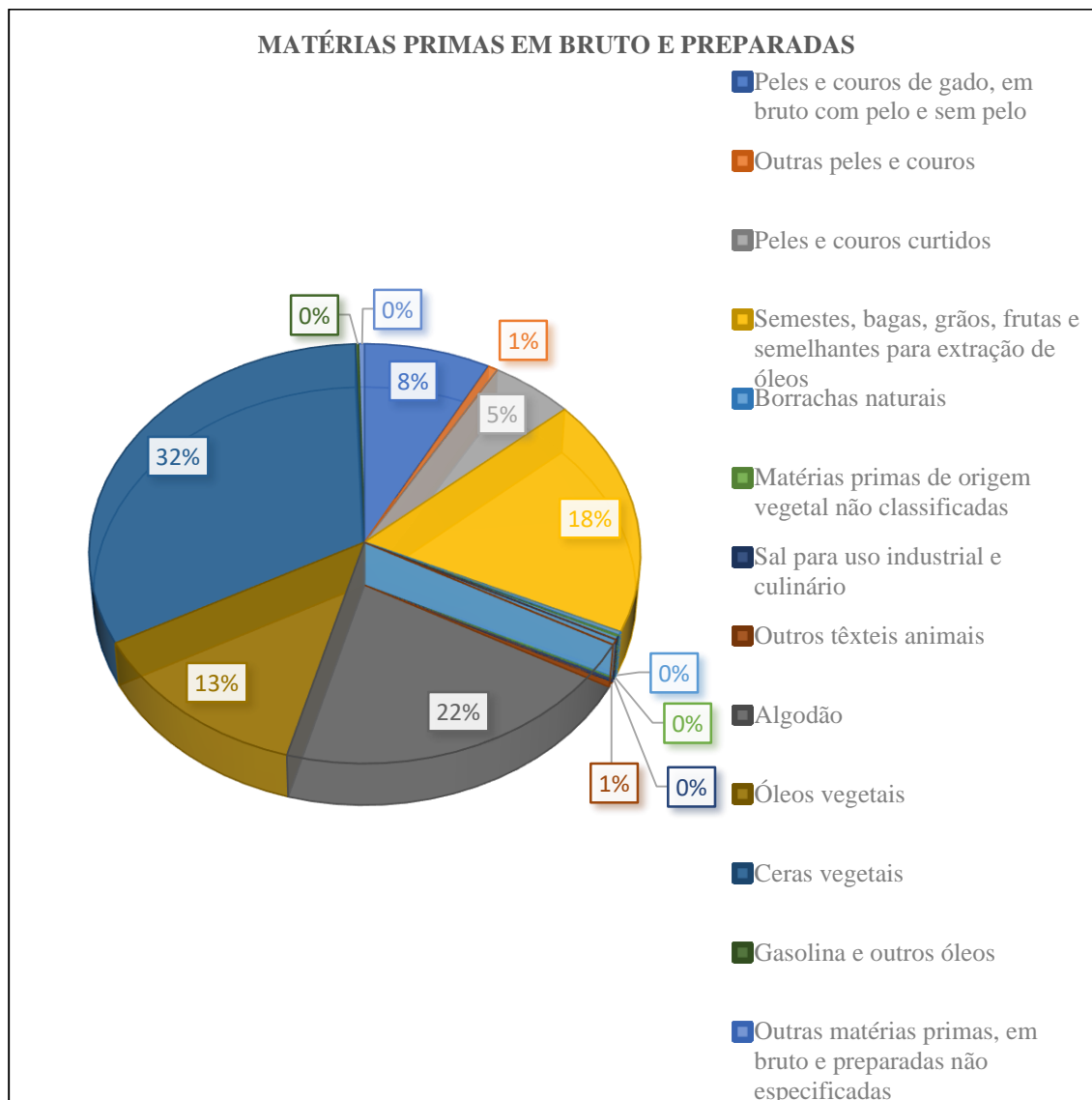
Gráfico 1 – Mercadorias exportadas por vias internas no Estado do Piauí em 1958



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

De acordo com IBGE (1958, p. 11), em 1958, primeiro ano de levantamento desses dados, o estado do Piauí tinha como principal produto de exportação comercial por vias internas as matérias primas em bruto e preparadas, que correspondiam 63% (sessenta e três por cento) do valor comercial total das exportações do estado, ou seja, o valor de aproximadamente Cr\$ 431.600,00 (quatrocentos e trinta e um mil e seiscentos cruzeiros) sendo a distribuição desse montante entre os seguintes produtos:

Gráfico 2 – Produtos exportados pelo estado do Piauí classificados como matérias-primas em bruto e preparadas



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O comércio exportador piauiense, nesse período, era dominado pelos produtos de matéria-prima bruta ou preparada, sendo as ceras vegetais os principais produtos exportados, correspondendo a quase um terço do montante auferido com as exportações de matérias primas, o que corrobora as observações teóricas da Fundação CEPRO.

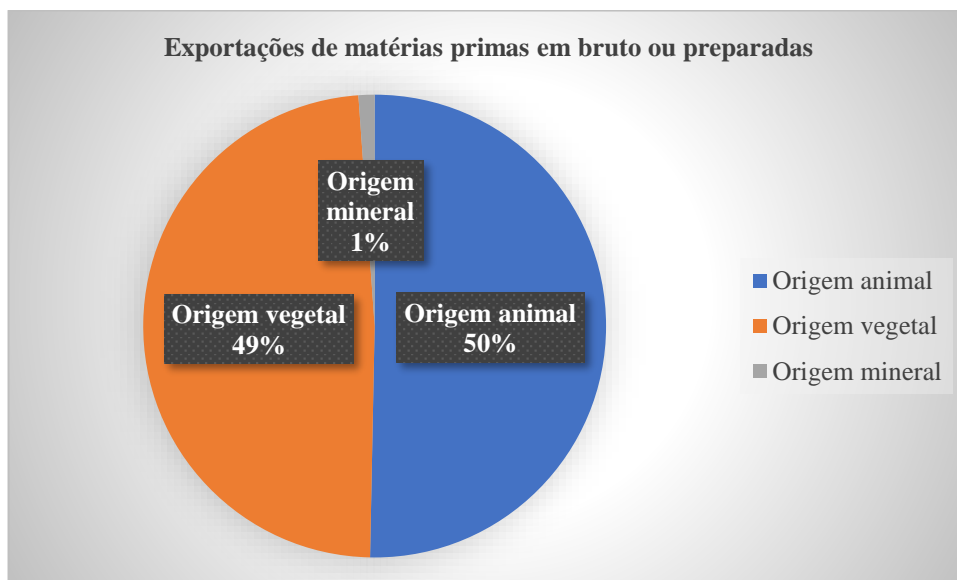
Quanto ao setor mineral, no relatório do IBGE do ano de 1958, os minérios foram classificados como “Manufaturas classificadas principalmente segundo a matéria prima”, tendo como mercadorias desse segmento, o cimento, exclusive hidráulico, pedras trabalhadas para construção e artigos de vidro e cristal. O sal para uso industrial e culinário foi o único mineral que fora classificado fora desse escopo, fez parte da categoria de “Matérias-primas em bruto e preparadas”, conforme Gráfico 2.

Conforme Gráfico 1, em 1958, os minérios correspondiam apenas a 7% (sete por cento) das exportações piauienses, o que não exprimia grande relevância desse setor para a economia local, tanto que não havia uma classificação de mercadorias específica para esses produtos.

Entretanto, a partir de 1960, houve uma mudança na classificação das mercadorias, com a segmentação das “Matérias-primas em bruto e preparadas” em seções, de acordo com a origem da matéria-prima, com a subclassificação em origem animal, origem vegetal e origem mineral. A partir dessa mudança, houve a possibilidade de mensurar a contribuição do setor minerário na economia piauiense (IBGE, 1960, p.8-10).

Em 1960, as “Matérias-primas em bruto e preparadas” novamente lideraram as exportações comerciais do estado do Piauí. Nesse sentido, o gráfico a seguir demonstrará a arrecadação em valores comerciais dessa classificação de mercadorias, de acordo com a segmentação em origem animal, vegetal e mineral.

Gráfico 3 - Gráfico 3 – Valores comerciais de exportações de “Matérias-primas em bruto ou preparadas”



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

De acordo com o Gráfico 3, em 1960, as matérias-primas em bruto ou preparadas de origem animal representaram 50% (cinquenta por cento) dos valores comerciais das exportações dessa classificação de mercadorias. As matérias primas de origem mineral, em contrapartida, corresponderam a apenas 1% (um por cento) das exportações de matérias-primas em bruto ou preparadas.

Vale ressaltar que, no relatório do IBGE do ano de 1960 (p. 9-10), as matérias primas em bruto ou preparadas de origem mineral exportadas pelo estado do Piauí, de acordo com os valores comerciais em cruzeiros, foram categorizadas conforme os produtos, sendo distribuídos economicamente, de acordo com o gráfico a seguir.

Gráfico 4 – Exportações do estado do Piauí, no ano de 1960, de matérias-primas em bruto ou preparadas de origem mineral



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

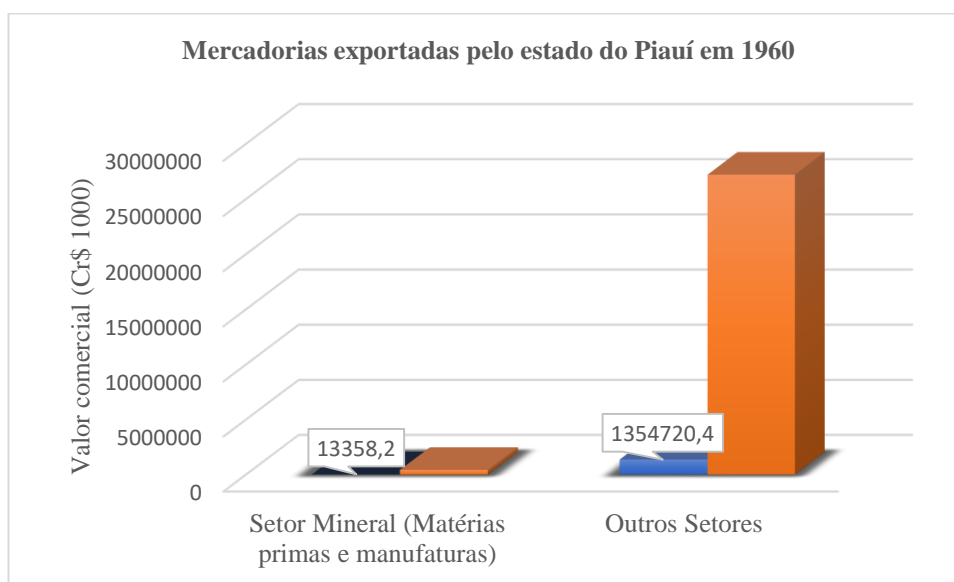
Verifica-se pelo Gráfico 4 que a matéria-prima em bruto ou preparada, de origem mineral mais exportada pelo estado do Piauí, em 1960, é o sal de uso industrial e culinário, que detém 63,66% (sessenta e três inteiros e sessenta e seis décimos por cento) de todo o comércio de exportação de matérias primas minerais. Ressalte-se a inclusão dos combustíveis, lubrificantes, óleos minerais e seus produtos como secção de classificação de matéria prima em bruto ou preparado, no

segmento mineral, bem como a relevância econômica desses produtos para a exportação piauiense do período.

Além disso, o relatório do IBGE de 1960 (p. 18-21) também segmentou a classificação de "Manufaturas classificadas principalmente segundo a matéria-prima" em diversas secções, tendo relevância para este estudo, a secção de mercadorias provenientes de manufatura, denominada "Minerais não metálicos", "Minerais preciosos e semipreciosos. Adereços e objetos semelhantes de adorno pessoal", "Metais".

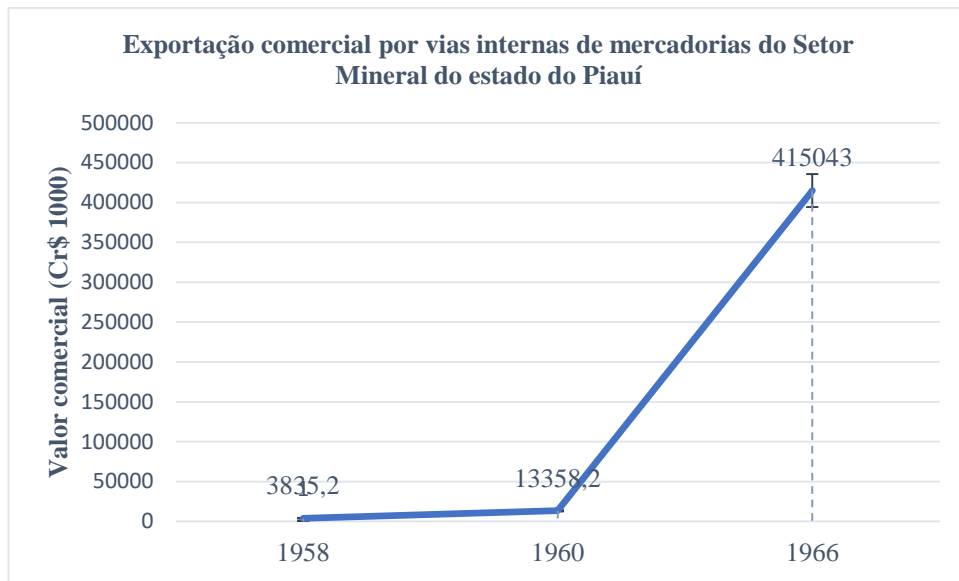
Reunindo todas as mercadorias pertencentes ao setor mineral e exportadas comercialmente pelo estado do Piauí, no ano de 1960, verifica-se que, as mercadorias do setor mineral correspondam a apenas 0,98% (noventa e oito décimos por cento) das exportações comerciais piauienses, valor considerado na época inexpressivo em relação a outros setores econômicos, conforme o gráfico abaixo.

Gráfico 5 – Mercadorias exportadas pelo estado do Piauí em 1960 de acordo com o setor econômico



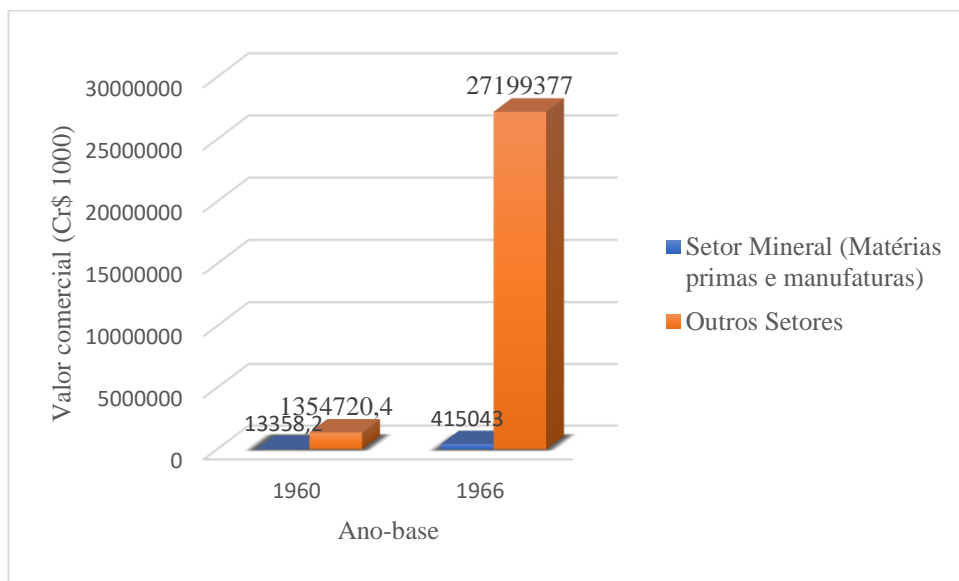
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Gráfico 6 – Evolução das exportações comerciais de mercadorias do setor mineral do estado do Piauí entre os anos de 1958, 1960 e 1966



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Gráfico 7 – Comparativo entre as exportações de mercadorias por vias internas do Setor Mineral e outros setores econômicos do estado do Piauí, do ano de 1960 e 1966



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Pela leitura do Gráfico 6, observa-se que em um quadro comparativo entre os valores comerciais de exportação do setor mineral do estado do Piauí, entre o ano de 1958 e 1966, houve um crescimento estratosférico de mais de 10.721% (dez mil e setecentos e vinte e um por cento). Todavia, analisando o Gráfico 7, verifica-se que, embora haja um crescimento significativo nos valores comerciais das exportações do setor mineral do estado do Piauí, entre os anos de 1960 e 1966, ainda sim, em relação ao montante de outros setores, o setor mineral piauiense, na década de 1960, não possuía relevância econômica suficiente para investimentos no setor pelo poder público ou privado.

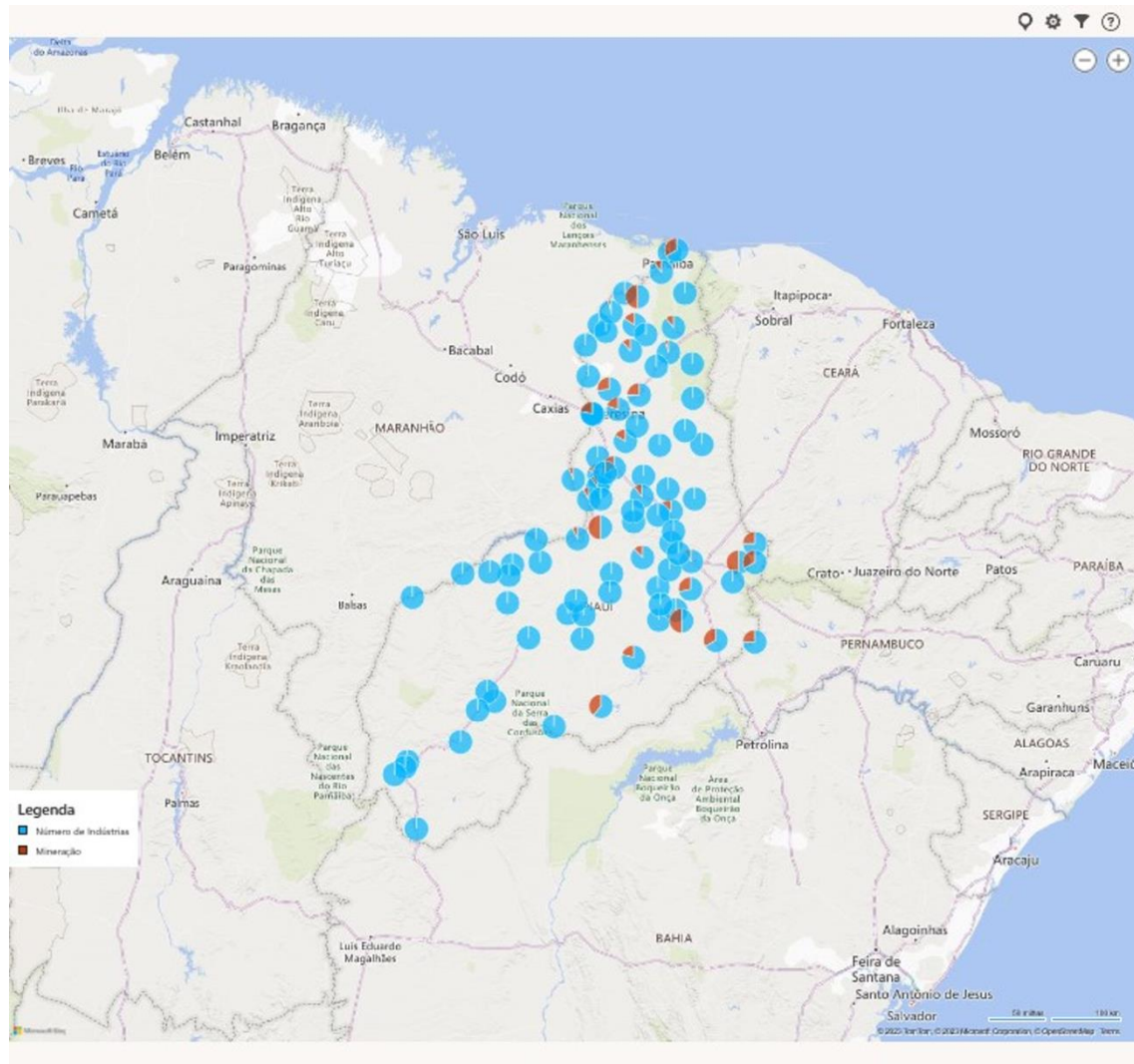
Corroborando com esse cenário, em 1968, o IBGE publicou o primeiro cadastro geral dos estabelecimentos industriais existentes no Brasil até 31 de dezembro de 1965. Contém nesse levantamento, dados quantitativos e qualitativos acerca da massa industrial brasileira, apresentados por Municípios, cuja exposição cadastral contém os gêneros de indústria e indicação do produto ou linha de produtos fabricados.

A finalidade do estudo realizado pelo IBGE em 1968 era mensurar quantitativa e qualitativamente os segmentos industriais existentes em cada município brasileiro, para promover ações de planejamento e pesquisa do mercado mais assertivas.

No volume 1 do cadastro geral dos estabelecimentos industriais (IBGE, 1968, p. 389-516) constam os dados dos municípios pertencentes aos estados de Roraima, Amapá, Rondônia, Acre, Amazonas, Pará, Maranhão, Piauí e Ceará.

Em um recorte de análise dos 114 municípios pertencentes ao estado do Piauí, em 1965, 94 municípios possuíam estabelecimentos industriais, sendo que 34 municípios piauienses possuíam pelo menos uma indústria do segmento minerário. O mapa gráfico a seguir apresenta a distribuição desses municípios de acordo com sua localização territorial.

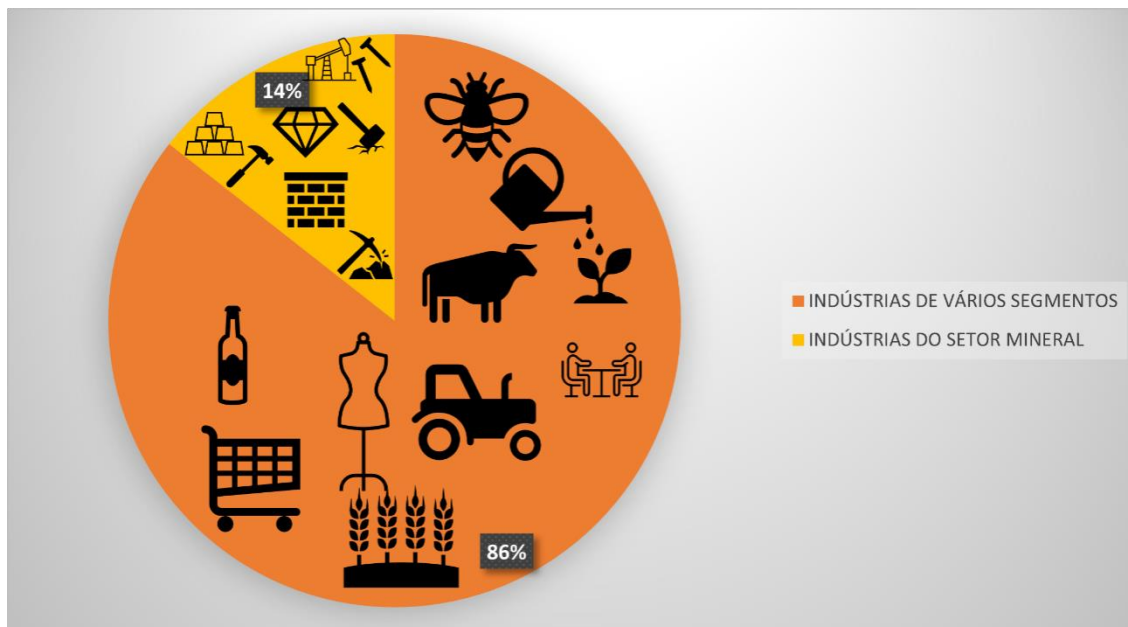
Mapa Gráfico 1 – Distribuição de municípios do estado do Piauí com cadastro geral de estabelecimentos industriais no ano de 1965



Fonte: IBGE (1968). Mapa gráfico elaborado pelos autores (2023).

De acordo com o mapa gráfico, percebe-se que, em 1965, o estado do Piauí possuía indústrias em toda a extensão de seu território, tendo uma maior concentração de indústrias minerárias nas regiões centro-sudeste do estado.

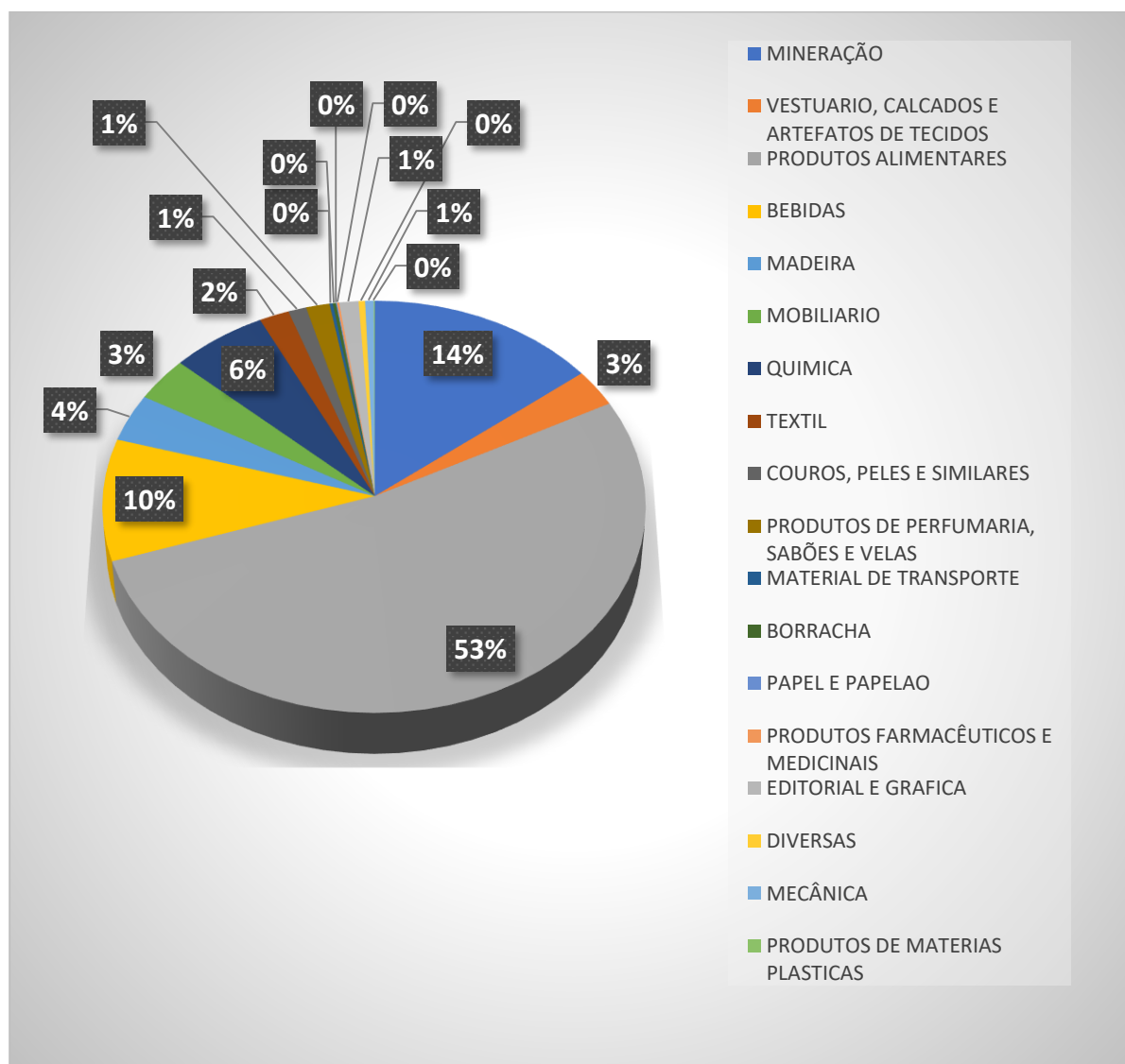
Gráfico 8 – Distribuição de indústrias minerárias em comparação com indústrias de outros segmentos, no estado do Piauí em 1965



Fonte: IBGE (1968). Gráfico elaborado pelos autores (2023).

Relevante ressaltar pela leitura do Gráfico 8, as indústrias do setor mineral correspondiam a 14% (216) e as indústrias de outros segmentos correspondiam a 86% (1281), de uma totalidade de 1497 indústrias existentes nos municípios piauienses no ano de 1965.

Gráfico 9 – Distribuição das indústrias do estado do Piauí, em 1965, por segmentação de produtos



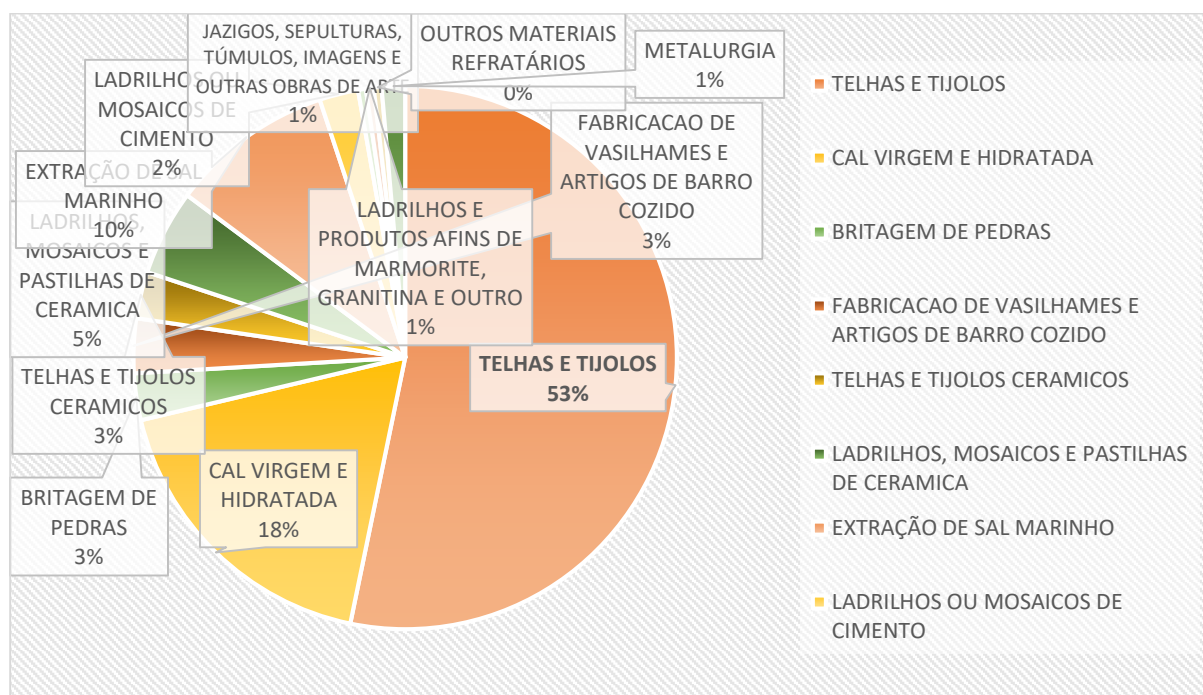
Fonte: IBGE (1968). Gráfico elaborado pelos autores (2023).

Verifica-se, no Gráfico 9, que as indústrias de produtos alimentares correspondiam a 53% de todo o setor industrial do Piauí em 1965. A mineração era o segundo maior segmento industrial no período com 14%, seguido das indústrias de bebidas com 10% da totalidade de indústrias piauienses.

Para melhor compreensão, o mapa a seguir demonstra com mais clareza a localização dos municípios que possuíam indústrias minerárias no estado do Piauí em 1965.

São João do Piauí, São Julião, São Pedro do Piauí, São Raimundo Nonato, Teresina e Valença do Piauí.

Gráfico 10 – Distribuição das indústrias minerárias do estado do Piauí, em 1965, por segmentação de produtos



Fonte: IBGE (1968). Mapa gráfico elaborado pelos autores (2023).

Verifica-se pelo Gráfico 10 que, em 1965, a maioria das indústrias minerárias cadastradas pelo IBGE eram manufaturas de telhas e tijolos (53%). Além disso, observa-se que 99% das indústrias minerárias piauienses eram de minerais não-metálicos, ou seja, apenas 1% das indústrias minerárias do Piauí eram de minerais metálicos, o que corresponde a 3 indústrias, todas localizadas na cidade de Teresina.

Nesse contexto, é importante observar que o mercado minerário no estado do Piauí já tinha uma considerável expressividade, entretanto, os modelos industriais minerários piauienses desse período eram em demasiada quantidade manufaturas de minerais não metálicos, logo, não havia qualquer relevância desse setor para o comércio externo de minérios.

Diante dessa contextualização, a Fundação CEPRO (2004, p. 57) acrescenta que, entre os anos de 1950 a 1970, o estado do Piauí vivenciou seu maior declínio econômico, desde então, transformando-se em uma economia periférica e pobre, funcionando apenas como importadora e consumidora de produtos industrializados, produzidos pelos estados da Região Sul e Sudeste do Brasil, tendo como principal agravante econômico um retardo de mais de 15 anos, frente a outros estados do Nordeste, na implantação de infraestrutura e disposição de energia hidrelétrica, o que atrasou, imprescindivelmente, o processo de industrialização do estado, tendo iniciado apenas a partir da década de 1970.

A energia hidrelétrica no estado do Piauí foi disponibilizada apenas em 1970, enquanto outros estados nordestinos já tinham essa disponibilidade de energia desde 1955, o que, de sobremaneira, prejudicou o desenvolvimento econômico regional do estado. Aliado a isso, a implementação da infraestrutura básica para o desenvolvimento de uma logística industrial, como a malha rodoviária asfáltica e obras correlatas, apenas foram construídas no estado a partir de 1972, como também o mercado consumidor piauiense possuía incipiente poder aquisitivo, o que corroborou para o desinteresse do setor industrial brasileiro em instalar empreendimentos no estado, causando um período de estagnação econômica do Piauí nesse período (FUNDAÇÃO CEPRO, 2004, p.57).

Entre os anos 1970 e 1990, o Brasil vivenciou um grande processo de redemocratização de sua República, o que desencadeou graves momentos de instabilidade econômica e inflacionário, agravando ainda mais a situação financeira do estado do Piauí, que durante esse período não conseguiu evoluir em seu desenvolvimento econômico, mantendo-se até meados dos anos 2000 como um dos estados brasileiros mais pobres, o que resultou em um isolamento comercial durante esse período.

Após a estabilização econômica e inflacionária do Brasil, com a implantação de um novo plano estatal de desenvolvimento econômico, incluindo a descentralização dos recursos financeiros do Estado brasileiro entre a União, os Estados e Municípios, o estado do Piauí iniciou uma marcha em busca de se reposicionar frente ao cenário econômico nordestino e também nacional. A partir de

2003, o governo estadual iniciou projetos de investimentos e incentivos fiscais com vistas a atrair indústrias e serviços para o Piauí.

Aproveitando de todo o arcabouço de recursos naturais existentes em seu território, o Piauí avançou em seu desenvolvimento econômico, saindo do patamar de estado mais pobre e isolado em seu comércio, para um vitorioso parceiro de negócios regionais.

Nesse cenário, a partir dos anos de 1990, o estado do Piauí e os estados do Maranhão, Tocantins e Bahia iniciaram em suas regiões fronteiriças, cuja vegetação é predominantemente cerrado, uma expansão econômica através da agricultura de monocultura e pecuária, nos moldes produtivos para exportação, consolidando-se nos anos 2000 como um eixo regional brasileiro importante para o agronegócio nacional, conhecido pelo acrônimo MATOPIBA (junção das siglas dos estados mencionados acima), transformando o estado do Piauí em um dos grandes exportadores de soja e milho no país, cuja expansão avança ao longo das décadas, com potencial econômico relevante para a economia local e regional (Lobo, 2023, p. 303-304).

A mineração seguiu os moldes da agropecuária em escala industrial, introduzida nas regiões sudeste e sul do estado do Piauí no final do século XX e início do século XXI, promovendo, a partir dos anos 2000, no estado do Piauí, um novo ciclo de exploração minerária, fundada em um modelo industrial, cujas pesquisas de lavras se aprofundaram e vários potenciais minerais metálicos relevantes para a indústria minerária foram descobertos e indústrias do segmento minerário começaram a explorar os recursos minerais piauienses em larga escala.

A evolução econômica do Piauí durante esse novo milênio traz uma perspectiva positiva para o mercado minerário, pois se trata de um estado com recursos minerais relevantes para produção minerária nacional e internacional, além disso, por ter sofrido um período de grande estagnação econômica no século passado, o terceiro maior estado do Nordeste em território, com 224 municípios e mais de 3 milhões de habitantes (Superintendência CEPRO, 2019, p. 10-23) ainda está em ascensão econômica no âmbito industrial, principalmente quando se trata do segmento minerário, o que se torna mais uma ótima e atrativa oportunidade de investimentos econômicos estrangeiros. Por fim, vale destacar que a preservação

ambiental no estado do Piauí é uma das mais elogiadas no cenário nacional, podendo o Piauí se tornar um grande case de sucesso para o desenvolvimento sustentável da mineração, o que agregará grande evolução econômica e reconhecimento nacional no âmbito ecológico.

Nesse aspecto, o próximo capítulo revelará a atual situação da economia minerária no Piauí e qual tem sido o seu papel no desenvolvimento sustentável em meio às grandes transformações culturais e políticas desse novo milênio.

2 O panorama acerca da implementação do desenvolvimento sustentável no estado do Piauí e o progresso do Setor Minerário piauiense no século XXI

A construção e implementação de um desenvolvimento econômico sustentável se tornou um tema constante em debates e discussões no cenário mundial, a partir dos anos 1960, após a humanidade ter vivenciado no século XIX e primeira metade do século XX os horrores de grandes guerras e combates imperialistas entre países e continentes, além de enfrentar grandes desastres ecológicos, muitos ocasionados por ações humanas, desigualdade social, mudanças climáticas, má distribuição de riqueza natural e humana e demais mazelas que ameaçaram seriamente a sobrevivência humana na Terra, como os abomináveis ataques por meio de bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki, ocorridos durante a Segunda Guerra Mundial e a guerra nuclear fomentada entre as principais potências mundiais daquele período que trouxeram diversas agressões ao ambiente (Philippi Jr e Reis, 2016, p. 86).

A sustentabilidade é apresentada como a solução para o progresso da humanidade e o futuro das próximas gerações, visto que inclui a preservação ao meio ambiente e a proteção à vida humana como pilares do desenvolvimento econômico, contribuindo para organização da sociedade humana, uma vez que o modelo sustentável se propõe a valorizar os bens humanos e naturais. Dessa forma, a exploração econômica dos bens naturais deve ser realizada em consonância e equilíbrio com a natureza, de modo que, a utilização dos recursos naturais essenciais à vida no planeta, nos meios econômicos de produção, seja racional, já que são finitos (Philippi Jr e Reis, 2016, p. 86).

No Brasil, a sustentabilidade se tornou um tema relevante no contexto nacional a partir da ECO-92, quando o Rio de Janeiro – RJ sediou em 1992 um evento mundial, organizado pela ONU, para deliberação acerca do meio ambiente, que culminou na assinatura da Convenção sobre a Diversidade Biológica, um importante documento firmado entre as nações participantes da ECO-92, acerca da preservação do meio ambiente (Oliveira *et al*, 2019, p. 21).

Todavia, no cenário legislativo brasileiro, já nos anos 1960 existiam normas relacionadas à preservação da fauna, como a Lei nº 5.197/1967, que classificou a caça, seja amadora ou profissional, comercialização, utilização, perseguição e captura de animais silvestres (Brasil, 1967). Nos anos 1980, há a edição da Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu um plano nacional para preservação do meio ambiente, sob a ótica do desenvolvimento sustentável, um marco regulatório da sustentabilidade no Brasil, que, de acordo com Oliveira *et al* (2019, p. 44), a referida lei inspirou a edição do art. 225 da Constituição Federativa do Brasil, consolidando assim o embrionário Direito Ambiental brasileiro.

Após a promulgação da Constituição brasileira de 1988, o arcabouço jurídico relacionado à preservação do meio ambiente e desenvolvimento sustentável no Brasil ampliou significativamente, embora seja considerado incipiente quando comparado a outros ramos jurídicos.

Nessa esteira, um marco regulatório de grande expressão no Brasil, acerca da sustentabilidade, nos moldes da ecopolítica internacional, foi a publicação da Política Nacional sobre Mudança do Clima, Lei nº 12.187/2009, que estabeleceu, pela primeira vez, uma meta voluntária de redução nas emissões de gases do efeito estufa para o país até 2020, solidificando a posição do país quanto à importância da cooperação e solidariedade no enfrentamento de problemas globais como a mudança climática (Trennepohl, 2022, p. 36).

Nessa esteira, o estado do Piauí, em 1987, através da Lei nº 4.115/87, cria a Secretaria Estadual do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia e Desenvolvimento Urbano, primeiro órgão estadual unicamente responsável pela execução das políticas públicas de preservação e conservação do meio ambiente, bem como cria o Conselho Estadual do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia e Desenvolvimento Urbano piauiense, além de vincular a este órgão a Fundação Zoobotânica do Piauí –

FZPI, responsável pela administração do Parque Zoobotânico do Piauí⁴, um dos maiores zoológicos brasileiros, que antes era vinculada à Secretaria do Trabalho e Ação Social.

A partir da criação da primeira secretaria estadual responsável pela execução de políticas públicas de proteção do meio ambiente, em 1996, o estado do Piauí elaborou sua Política Ambiental Estadual, por meio da promulgação da Lei nº 4.854/1996. Esse programa estadual de preservação ao meio ambiente já tinha dentre seus objetivos a “adequação das atividades socioeconômicas rurais e urbanas às imposições do equilíbrio ambiental e dos ecossistemas naturais onde se inserem” e “A preservação e conservação dos recursos naturais renováveis, seu manejo equilibrado e a utilização econômica racional e criteriosa dos não renováveis” (Piauí, 1996, art. 3º, II e III).

As diretrizes da Política Ambiental piauiense correspondem aos mecanismos de controle, fiscalização, vigilância, proteção ambiental, com estímulo ao desenvolvimento científico e tecnológico voltado ao uso racional dos recursos naturais renováveis e, por fim, à educação ambiental. Os mecanismos supramencionados deveriam ser aplicados às mais diversas áreas, dentre elas, a Mineração (Piauí, 1996, art. 4º, parágrafo único, inciso VII).

Por fim, a Política Ambiental Estadual instituída em 1996 regulamenta acerca da concessão do licenciamento ambiental das atividades econômicas que produzam ou possam produzir alterações adversas ao meio ambiente, como a mineração (Piauí, 1996, art. 13 e 14).

A partir dos anos 2000, o estado do Piauí ampliou suas políticas públicas de incentivo ao desenvolvimento sustentável, como a Lei nº 5.813/2008 que instituiu o ICMS ecológico para beneficiar os municípios que se destacam na proteção ao meio ambiente, além de seguir as diretrizes nacionais e acordos internacionais e criar a

⁴O Governo do Estado do Piauí, através do Decreto Estadual nº 17.430/2017 transformou o Parque Zoobotânico do Piauí em Unidade de Proteção Integral – UPI, tornando-se Parque Estadual Zoobotânico, com a finalidade de preservar porção de floresta urbana em Teresina-PI, sede do parque, bem como transformar o parque em um abrigo de fauna e manutenção do microclima, além de local para desenvolvimento de pesquisas científicas e educação ambiental, bem como turismo e interpretação ambiental. Trata-se de uma das mais ricas áreas de proteção ambiental de Teresina, possuindo um dos maiores zoológicos do país, com cerca de 353 espécies de animais (Bezerra, 2019, p. 5-6).

Lei nº 6.140/2011, instituindo a Política Estadual sobre Mudança do Clima e Combate à Pobreza – PEMCP, cujo conceito de desenvolvimento sustentável é disposto como “O desenvolvimento que pode ser considerado socialmente incluyente, ambientalmente sustentável e economicamente viável, garantindo iguais direitos para as futuras gerações” (Piauí, 2011, art. 2º, inciso VI).

Mais recentemente, em julho de 2023, o estado do Piauí fortaleceu as práticas ambientais no Estado, através da edição de quatro leis, com intuito de priorizar a preservação e conservação dos biomas, fauna e flora pela gestão pública. A primeira legislação nesse escopo temático foi a instituição da Política Estadual de Prevenção e Combate ao Desmatamento Ilegal, cuja finalidade é a prevenção e controle progressivo do desmatamento ilegal, com vistas a erradicação. Também fora criada a Política Estadual de Combate à Desertificação e para fins de Recuperação de Áreas Degradadas no Piauí, Lei nº 8095/2023, para frear o processo de desertificação ocasionado no Estado, de modo que haja o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias científicas e sociais para preservação da vegetação nativa em harmonia com o desenvolvimento socioeconômico. Além disso, criou o Conselho Estadual de Proteção da Fauna Silvestre e de Animais Doméstico, por meio da Lei nº 8101/2023, com a finalidade de integrar às instituições e sociedade civil em torno da execução de políticas públicas estratégicas na proteção e defesa da fauna silvestre e doméstica. Por fim, instituiu uma nova Política Estadual de Educação Ambiental, através da edição da Lei nº 8.100/2023, revogando a Lei nº 6.565/2014, que tratava anteriormente da Educação Ambiental piauiense, de modo que, essa nova diretriz estadual sobre a preservação ambiental, regulamentou de forma mais adequada a implementação de políticas públicas interdisciplinares acerca da transformação sociocultural do povo piauiense, por meio da conscientização coletiva e promoção da preservação dos recursos naturais (Paz, 2023).

Verifica-se um grande avanço do estado do Piauí na promoção de políticas públicas relacionadas à preservação do meio ambiente, como também se relacionando com o desenvolvimento sustentável piauiense, porém ainda incipiente diante do cenário nacional.

Nesse sentido, importante pontuar que, há um “Ranking de Competitividade dos Estados”⁵, que se trata de um relatório comparativo entre as unidades federativas brasileiras, com dados coletados de Estados e Municípios, de modo a mensurar e avaliar, por meio de um sistemas de rankings, quais as melhores unidades federativas do Brasil para investimentos produtivos, de acordo com os 10 pilares temáticos considerados pela entidade como fundamentais para a promoção da competitividade e melhoria da gestão pública dos Estados brasileiros, que são: Infraestrutura, Sustentabilidade Social, Segurança Pública, Educação, Solidez Fiscal, Eficiência da Máquina Pública, Capital Humano, Sustentabilidade Ambiental, Potencial de Mercado e Inovação (Centro de Liderança Pública, 2023, p. 2-6).

O “Ranking de Competitividade dos Estados” de 2023 apontou o estado de São Paulo como sendo o primeiro colocado no ranking dos 27 estados brasileiros, com o estado de Santa Catarina em segundo lugar e, logo em seguida, o estado do Paraná em terceira colocação e o Distrito Federal na quarta posição. De acordo com esse ranking, os estados pertencentes às regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste permeiam em grande concentração a parte superior da competição, tendo os estados das regiões do Norte e Nordeste ocupando as últimas posições do *Ranking*, sendo o Ceará o estado nordestino melhor colocado, ocupando a 12^a posição, seguido do estado da Paraíba, com o Amazonas em 14^o lugar no ranking, sendo o estado representante do Norte mais bem colocado na competição, sendo os três últimos colocados todos pertencentes também da Região Norte, o estado do Acre, Amapá e por fim, Roraima (Centro de Liderança Pública, 2023, p. 8).

O estado do Piauí ocupa no “Ranking de Competitividade dos Estados” de 2023 a 22^a posição de 27 unidades federativas brasileiras e 7^a posição entre os estados da Região Nordeste, ficando atrás apenas de Rio Grande do Norte (23^a geral) e Bahia (24^a geral) (Centro de Liderança Pública, 2023, p. 9 e 11).

Considerando o desenvolvimento do estado por pilar temático, o estado do Piauí ocupou as seguintes posições “Ranking de Competitividade dos Estados” do ano de 2023, em cada tema indicador, de acordo com a nota de 0 a 100:

⁵ O Centro de Liderança Pública - CPL, uma associação suprapartidária, sem fins lucrativos, constituída em 2008, que tem por finalidade social o desenvolvimento de líderes públicos para o enfrentamento dos problemas mais urgentes do Brasil, criou em 2011 o “Ranking de Competitividade dos Estados” (Centro de Liderança Pública, 2023, p. 2-6).

Tabela 01 – Desempenho do Estado do Piauí por pilar temático no “Ranking de Competitividade dos Estados” do ano de 2023

Pilares temáticos	Nota (0-100)	Posição no Ranking Geral
Eficiência da Máquina Pública	18,2	24 ^a
Capital Humano	23,8	22 ^a
Sustentabilidade Ambiental	28,6	19 ^a
Potencial de Mercado	60,3	11 ^a
Inovação	12	23 ^a
Infraestrutura	23,1	23 ^a
Sustentabilidade Social	27,2	22 ^a
Segurança Pública	37,1	20 ^a
Educação	49	12 ^a
Solidez Fiscal	57,3	15 ^a

Fonte: Centro de Liderança Pública, 2023, p. 17-18. Tabela e organização dos dados realizados pelos autores, 2023.

Percebe-se, acima, que o Potencial de Mercado (11^a geral), Educação (12^a geral) e Solidez Fiscal (15^a geral) são as melhores políticas públicas desempenhadas pelo Estado do Piauí, o que não ocorre com os eixos temáticos da Infraestrutura (23^a geral), Inovação (23^a geral) e Eficiência da Máquina Pública (24^a geral), cujas posições foram as piores entre os 10 pilares.

Importante salientar que, considerando o desempenho do estado do Piauí pela atribuição da nota de 0 a 100 pontos, o tema Potencial de Mercado é o mais bem avaliado, com 60,3 pontos e o tema Inovação o mais mal avaliado, com apenas 12 pontos, de um total de 100.

As políticas públicas de Sustentabilidade, tema central do presente estudo, são acima representadas por dois eixos temáticos “Sustentabilidade Social” e “Sustentabilidade Ambiental”. Em ambos os temas, percebe-se que o Piauí ainda tem muito a aprimorar e desenvolver no âmbito sustentável de sua governança pública, visto que suas notas nesses temas foram negativamente parecidas, ambas não chegam nem a 30 pontos, de um total de 100 pontos, refletindo posições inferiores (19^a e 22^a geral) no contexto geral de desenvolvimento sustentável brasileiro.

Nesse sentido, o Centro de Liderança Pública (2023, p. 28) se refere ao pilar temático da “Sustentabilidade Social” como sendo um indicador criado para

mensurar de forma multidimensional o tema da vulnerabilidade social. O pilar da sustentabilidade, sob a ótica social foi criado pelo CLP como uma ferramenta capaz de aferir o grau de eficiência estatal na minimização da vulnerabilidade da população em seus diferentes estágios da vida e de forma subjacente, também ser um parâmetro melhor que os métodos tradicionais de indicadores de governança estatal, que se resumem apenas em analisar o bem-estar social de acordo com a dimensão de renda dos indivíduos (Centro de Liderança Pública, 2023, p. 28).

De acordo com a entidade, o pilar da sustentabilidade social definido no presente *Ranking* está em consonância com os princípios dispostos na Constituição Federal de 1988, dentre eles, o princípio da dignidade da pessoa humana. Nesse sentido, o Centro de Liderança Pública (2023, p. 28) afirma que

“O pilar da Sustentabilidade Social é, em boa medida, uma síntese do princípio orientador do Ranking de Competitividade dos Estados como um todo. É o terceiro com maior peso no cômputo geral do ranking (11,6%), superado apenas por Segurança Pública e Infraestrutura. Além disso, juntamente com o pilar de Educação, o pilar de Sustentabilidade Social é o que mostra a maior aderência com o Ranking Geral, marcando também um contraste regional, com os Estados das regiões Sul e Sudeste, acrescidos do DF, dominando as primeiras posições do ranking, ao passo que os Estados do Norte e Nordeste ocupam, no geral, as últimas posições.”

Os indicadores pertencentes ao pilar temático da “Sustentabilidade Social”, cujos valores são responsáveis pelas notas de 0 a 100 do Ranking por eixo temático são: Índice de Desenvolvimento – IDH, mortalidade materna, desnutrição na infância, trabalho infantil, inadequação de moradia, trabalho escravo, famílias abaixo da linha de pobreza, mortalidade na infância, mortalidade precoce, acesso ao saneamento básico – água, cobertura vacinal e equilíbrio racial (Centro de Liderança Pública, 2023, p. 31).

A “Sustentabilidade Ambiental”, eixo temático de suma importância para o presente estudo, é conceituada como a ferramenta que dimensiona os indicadores relacionados à emissão de gases poluentes, desmatamento e manejo de esgoto,

resíduos e recursos hídricos nas esferas rurais e urbanas dos estados brasileiros, de modo a mensurar o papel do Estado na promoção de políticas públicas que padronizem o desenvolvimento econômico rural e urbano ambientalmente sustentável (Centro de Liderança Pública, 2023, p. 68).

No Ranking de 2023, foram incluídos como indicadores desse eixo a preservação da vegetação pelos imóveis rurais e quantidade vegetação nativa dos imóveis rurais. Os indicadores já existentes acerca do desenvolvimento pelos estados brasileiros, no âmbito da sustentabilidade ambiental, são os seguintes: emissões de CO², tratamento de esgoto, velocidade do desmatamento, serviços urbanos, destinação do lixo, perda de água, reciclagem de lixo, coleta seletiva de lixo, desmatamento, recuperação de áreas degradadas e transparência das ações de combate ao desmatamento (Centro de Liderança Pública, 2023, p. 70).

Diante disso, verifica-se que o estado do Piauí tem muito a evoluir nas políticas públicas acerca da sustentabilidade, para que possa exprimir o seu real potencial socioeconômico e cultural regional.

Nesse contexto, o "Ranking de Competitividade dos Estados" comprova que o estado do Piauí é um ente federativo com enorme potencial de crescimento econômico. O pilar "Potencial de Mercado", cuja pontuação foi a mais bem conquistada pelo estado do Piauí, ocupando o 11º lugar geral nesse pilar, trata-se de um índice que mensura a dinâmica do PIB de cada estado ao longo dos últimos 4 anos, bem como considera o crescimento potencial da força de trabalho nos últimos 10 anos. Além disso, o "Potencial de Mercado" analisam os indicadores de crédito, como evolução do investimento e consumo e o comprometimento de renda da população (Centro de Liderança Pública, 2023, p. 75-78).

Além disso, quanto ao pilar da "Solidez Fiscal", cujos indicadores mensuram se as receitas governamentais estão equilibradas, ou seja, se os governos conseguem "fechar suas contas" ou não, o estado do Piauí obteve uma pontuação de 53,7 de 100, ou seja, ocupa a 15ª posição geral no "Ranking de Competitividade dos Estados" nesse quesito, ficando à frente de estados como Minas Gerais (grande polo minerário nacional) e Distrito Federal. Quando se trata dos índices "Taxas de

Investimentos”⁶ e “Regra de Ouro”⁷, o estado do Piauí ocupa as 4^a e 5^a colocação geral, demonstrando que se trata de um estado com relevante credibilidade e confiança fiscal e financeira (Centro de Liderança Pública, 2023, p. 48-51).

Analisando-se toda a conjuntura formulada pelo “Ranking de Competitividade dos Estados”, observa-se que o estado piauiense é uma região promissora para investimentos e negócios de grandes empreendimentos financeiros.

Sendo assim, o setor minerário tem grande potencial de crescimento econômico sustentável no estado piauiense.

De acordo com o Cadastro Mineiro da Agência Nacional de Mineração, em 2023, dos 224 municípios piauienses, 181 municípios, cerca de 80,8% do estado do Piauí, encontram-se com atividades de pesquisa e 116 municípios, cerca de 51,79%, são produtores minerários. Há no estado do Piauí, em 2023, 79 municípios com disponibilidade de áreas⁸ para pesquisa e exploração mineral (Plataforma P3M do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2023).

Nessa perspectiva, de acordo com o “Mapeamento de empresas e processos minerários por regime de aproveitamento” da ANM (2023), existem em 2023 o total de 3211 processos minerários, distribuídos entre 808 empresas no estado do Piauí.

Em 2023, há 524 empresas com autorização de pesquisa mineral, 301 com licenciamentos concedidos, 45 empresas com concessão de lavra mineral, 9 empresas com lavra garimpeira e 1 empresa com registro de extração (ANM, 2023).

De acordo com a ANM (2023), as cinco substâncias minerais que são mais exploradas de acordo com o objeto dos processos minerários no Piauí são as seguintes: Areia, Rochas, Ferro, Fosfato e Cobre. A substância Areia é a única que possui uma empresa com Registro de Extração mineral no Piauí em vigência em 2023, bem como é o mineral que possui o maior número de empresas com licenciamentos (151). Já as Rochas são os minérios com maior número de empresas

⁶Investimento liquidado / receita corrente líquida (SICONFI, 2022).

⁷ Diferença entre as despesas de capital empenhadas e a receita de operações de crédito, dividida pela receita corrente líquida (SICONFI, 2022).

⁸ De acordo com a Agência Nacional de Mineração – ANM, Disponibilidade de Áreas é um procedimento conduzido pela autarquia federal com a finalidade de selecionar interessados em dar continuidade a projetos minerários que já obtém outorga a terceiros, mas por algum motivo, seja indeferimento de requerimento, caducidade do título minerário, abandono de jazida ou mina, desistência ou renúncia ao direito minerário, retornaram à carteira de disponibilidade da ANM para serem leiloadas novamente (ANM, 2023).

com concessões de lavras (12), seguida da Areia (3) e por fim, Ferro e Fosfato com apenas uma concessão de lavra. Analisando as autorizações de pesquisa mineral, o Ferro lidera o ranking, com 111 empresas no Piauí, seguida de Rochas com 109 empresas com autorização de pesquisa, 78 empresas com autorização de pesquisa em Fosfato, 70 empresas com autorização de pesquisa em Areia e, por último, 45 empresas com autorização de pesquisa em Cobre.

A ANM (2023) ainda analisou o quantitativo e porte das minas e usinas, bem como captações e complexos de água mineral em operação do estado do Piauí, constantes nos Sistema RAL, AMB, pelo que restou verificado que, até 2022, a quantidade total de minas e captações de água mineral no Piauí correspondiam a 116, sendo 115 micro, 43 pequenas e 6 médias⁹. As minas e captações de água mineral se concentram em maioria na cidade de Teresina-PI, que detém 48, o equivalente a 30% (trinta por cento) de todas as minas e captações de água mineral do Piauí, seguida da cidade de Antônio Almeida – PI, com 18 minas e captações, cerca de 11% (onze por cento), e Castelo do Piauí com 9 minas e captações, cerca de 5% (cinco por cento) do total de minas e captações do Piauí. Por fim, mais de 95% das minas e captações (154) piauienses produzem minerais não-metálicos, seguidas de 4 minas e captações de água mineral, 3 minas de gemas e diamantes e 2 minas de minerais metálicos.

No Piauí, até 2022, existiam pelo menos 30 usinas e complexos minerários, sendo 12 micro, 12 pequenas e 5 médias. Os minerais não-metálicos correspondem a mais de 88% (oitenta e oito por cento) da produção das usinas e complexos piauienses (27), a água corresponde a 8% (oito por cento), as gemas e diamantes a 5% (cinco por cento) e o minerais metálicos possuem 1 usina minerária (ANM, 2023).

As usinas e complexos minerários são distribuídos nos seguintes municípios e/ou localidades piauienses: Teresina (4), Antônio Almeida (3), Picos (2), Buriti dos Lopes (2), Monsenhor Gil (2), Santa Filomena (2), Lagoa do Piauí (2), Barras (2),

⁹ Os critérios de definição de porte das minas e captações de água mineral são calculados de acordo com o produto da mina ou captação, ou seja, o minério lavrado, denominado de ROM (*"run of mine"*), sendo calculado por tonelada, que equivale a 1 metro cúbico.

Micro: ROM = ou < 10.000t/ano. Pequena: ROM > 10.000t/ano e < 100.000t/ano. Média: ROM > 100.000t/ano e menor ou igual a 1.000.000t/ano. Grande: ROM > 1.000.000t/ano (Sistema RAL, AMB, 2023).

Campo Alegredo Fidalgo (2), Jose de Freitas (2), Parnaíba (2), Pedro II (2), Fronteiras (1), Morro Cabeça no Tempo (1), Acaua (1), Angical do Piauí (1), Aroazes (1), Batalha (1), Cabeceiras do Piauí (1), Capitão Gervasio Oliveira (1), Caraúbas do Piauí (1), Castelo do Piauí (1), Demerval Lobão (1), Dom Expedito Lopes (1), Esperantina (1), Floriano (1), Gilbués (1), Itaueira (1), Jacobina do Piauí (1), Jatobá do Piauí (1), Jerumenha (1), Joaquim Pires (1), Juazeiro do Piauí (1), Julio Borges (1), Luís Correia (1), Nazaria (1), Passagem Franca do Piauí (1), Paulistana (1), Pio IX (1), Piracuruca (1), Queimada Nova (1), Ribeiro Gonçalves (1), Santa Luz (1), São João do Piauí (1), São Lourenço do Piauí (1), São Raimundo Nonato (1), União (1) (ANM, 2023).

Quanto à produção minerária, conforme os Dados Abertos da ANM, Ipea e PIB Municipal 2010-2020, no estado do Piauí, em 2022, alcançou a cifra de R\$ 95 Mi (noventa e cinco milhões de reais) em produção mineral bruta, um crescimento de aproximadamente 287% (duzentos e oitenta e sete por cento) em comparação com a produção mineral bruta do ano de 2021, que correspondeu a R\$ 33 Mi (trinta e três milhões de reais), o que revela uma tendência positiva de potencial crescimento desse segmento econômico no estado do Piauí nos próximos anos (Plataforma P3M do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2023).

Já em comparação com a produção mineral bruta de 2010, o Piauí obteve um crescimento exponencial de 1055% (um mil e cinquenta e cinco por cento) em sua produção mineral bruta, que em 2010 perfazia o montante de apenas R\$ 9 Mi (nove milhões de reais), o que demonstra claramente o geométrico avanço do Piauí no setor minerário. O gráfico a seguir exposto ilustra com maiores detalhes os dados acima referenciados. Vejamos:

Gráfico 11 – Evolução do Valor de Produção Mineral Bruta do estado do Piauí entre os anos de 2010 e 2022



Fonte: Dados Abertos da ANM (2023), IPEA – IPA_DI – prod. Industriais (2023), PIB – Produto Interno Bruto Municipal: 2010-2020 (2023). Gráfico elaborado pelos autores (2023).

Em relação à produção mineral beneficiada¹⁰, o estado do Piauí, em 2022, obteve o valor de R\$ 230 Mi (duzentos e trinta milhões de reais), um crescimento de aproximadamente 155% em comparação ao valor de produção beneficiada do ano de 2021 (R\$ 148 Mi), além de uma gigantesca evolução econômica quando comparada a 2010, quando o Piauí produzia o equivalente a R\$ 35 Mi (trinta e cinco milhões), menos que 1/5 do valor de produção atual, conforme o gráfico ilustrará a seguir:

¹⁰Corresponde à “produção anual das usinas de beneficiamento (ou tratamento), que são instalações que realizam os seguintes processos aos minérios: 1- de beneficiamento, realizadas por fragmentação, pulverização, classificação, concentração (inclusive por separação magnética e flotação), homogeneização, desaguamento (inclusive secagem, desidratação e filtragem) e levigação; 2- de aglomeração, realizadas por briquetagem, nodulação, sinterização e pelotização; 3- de beneficiamento, ainda que exijam adição de outras substâncias, desde que não resulte modificação essencial na identidade das substâncias minerais processadas.

As quantidades do minério beneficiado disponível a partir da usina podem ter três destinos: Vendas, Consumo e Transformação” (Brasil, 2012)

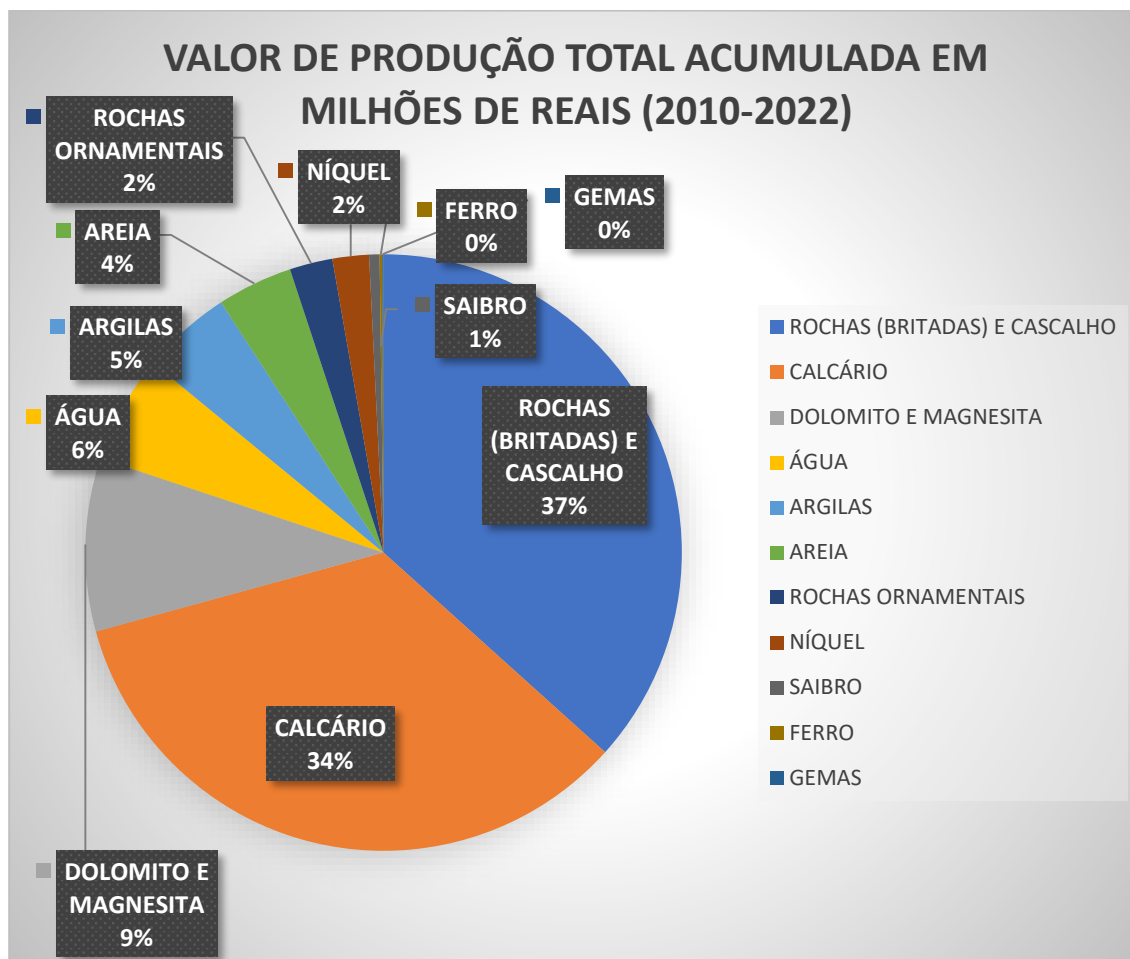
Gráfico 12 – Evolução do Valor de Produção Mineral Beneficiada do estado do Piauí entre os anos de 2010 e 2022



Fonte: Dados Abertos da ANM (2023), IPEA – IPA_DI – prod. Industriais (2023), PIB – Produto Interno Bruto Municipal: 2010-2020 (2023). Gráfico elaborado pelos autores (2023).

Em relação às substâncias minerárias, as Rochas (Britadas) e Cascalho lideraram a produção mineral bruta no estado do Piauí, no acumulado entre os anos de 2010 e 2022, no valor de R\$ 520 Mi (quinhentos e vinte milhões de reais), o equivalente a mais de 36% (trinta e seis por cento), seguida do mineral Calcário, com produção acumulada no valor de R\$ 483 Mi (quatrocentos e oitenta e três milhões de reais), correspondente a mais de 33% (trinta e três por cento) e Dolomito e Magnesita, com produção equivalente a R\$ 133 Mi (cento e trinta e três milhões), conforme gráfico a seguir:

Gráfico 12 – Valor de Produção Mineral Total (Bruta + Beneficiada) por substância, no acumulado de 2010 a 2022 no estado do Piauí



Fonte: Dados Abertos da ANM (2023), IPEA – IPA_DI – prod. Industriais (2023), PIB – Produto Interno Bruto Municipal: 2010-2020 (2023). Gráfico elaborado pelos autores (2023).

A exploração de minerais metálicos no estado do Piauí ocorreu a partir da segunda década dos anos 2000, por conta disso constam poucos dados econômicos relacionados à produção bruta e beneficiada desses minérios no Piauí. De acordo com a ANM, o valor de produção mineral total acumulou, entre os anos de 2015 e 2022, o montante de R\$ 30,51 Mi (trinta milhões e quinhentos e dez mil reais), sendo R\$ 30 Mi (trinta milhões de reais) arrecadados pela produção bruta mineral, no ano de 2022, somada ao valor de R\$ 0,57 Mi (quinhentos e setenta mil reais) arrecadados com a produção beneficiada no ano de 2017. Entre os anos de 2015 e 2021, a

produção de minérios metálicos alcançou valores expressivos para a economia piauiense apenas nos anos de 2016 e 2022 (ANM, 2023).

O Níquel foi o metal que dominou a produção piauiense entre os anos de 2015 e 2022, cuja produção mineral total acumulou a cifra de R\$ 28 Mi (vinte e oito milhões de reais), sendo essa produção realizada apenas no ano de 2022. O Níquel correspondeu a mais 92% (noventa e dois por cento) da produção de minérios metálicos no Piauí, seguida pela produção de Ferro, cujo valor total de produção mineral no Piauí alcançou apenas R\$ 2 Mi (dois milhões), ou seja, aproximadamente 7% (cento por cento) da produção mineral total, seguida do Ouro, com produção tão incipiente que não fora disponibilizada pela ANM, por conta de os dados serem contabilizados por milhões de reais (ANM, 2023).

As Gemas e os Diamantes acumularam ao longo dos anos de 2010 a 2022 uma produção mineral total de R\$ 1,38 Mi (um milhão e trezentos e oitenta mil reais), sendo que as Gemas corresponderam a R\$ 1.315.900,00 (um milhão e trezentos e quinze mil e novecentos reais) da produção acumulada e os Diamantes apenas perfizeram o valor de R\$ 63.174,00 (sessenta e três mil e cento e setenta e quatro reais) da produção mineral piauiense no período mencionado (ANM, 2023).

Quanto aos investimentos em pesquisa mineral no Piauí, ao longo dos anos de 2010 a 2022, o investimento total acumulado foi de R\$ 139,19 Mi (cento e trinta e nove milhões e cento e noventa mil reais), tendo esse investimento alcançado o maior valor anual do período, no ano de 2013, cujo investimento em pesquisa mineral em território piauiense foi no montante de R\$ 29 Mi (vinte e nove milhões de reais). Em 2022, o investimento em pesquisa mineral, seja na fase de autorização de pesquisa ou na fase de lavra, orçou o valor de R\$ 17 Mi (dezessete milhões de reais), montante bem menor que em comparação com o ano de 2013, todavia, em comparação com os anos de 2020 e 2021, percebe-se uma tendência de crescimento acentuado nos investimentos entre os anos de 2020 e 2022, pois em 2020 o montante foi de R\$ 4 Mi (quatro milhões de reais), saltando para R\$ 11 Mi (onze milhões de reais) e depois para R\$ 17 Mi (dezessete milhões de reais) em 2022, conforme gráfico a seguir:

Gráfico 13 – Evolução do Investimento Total em Pesquisa Mineral no estado do Piauí no período de 2010 a 2022



Fonte: Sistema DIPeM e AMBWeb (2023). Gráfico elaborado pelos autores (2023).

Considerando todo o contexto histórico, socioeconômico e cultural do estado do Piauí, percebe-se que o setor minerário tem avançado a longos passos na economia piauiense, nos últimos anos, especialmente a partir de 2010, trazendo desenvolvimento socioeconômico para a região e proporcionando ao Piauí uma posição cada vez mais relevante no cenário político e econômico do Brasil. Por sua vez, o estado do Piauí, através da edição de leis e adesão a políticas públicas para o desenvolvimento sustentável de seu estado, beneficia-se ao longo desta última década com investimentos financeiros estratégicos em sua economia, o que tem oportunizado ao povo piauiense uma melhor qualidade de vida.

3 A “Era da Ebulição Global” e a mineração como aliada na transição energética

Um relatório lançado em setembro de 2023 pela Organização Meteorológica Mundial – OMM em parceria com o Serviço de Alterações Climáticas Copérnico revelou que a Terra teve o trimestre mais quente já registrado na história. Os órgãos meteorológicos mundiais confirmaram a piora na intensidade das alterações climáticas e suas consequências como as recentes ondas de calor extremo já registradas pelo mundo (ONU News, 2023).

De acordo com a OMM, agosto de 2023 foi 1,5°C mais quente do que a média pré-industrial entre 1850 e 1900, sendo considerado o segundo mês mais quente da história, perdendo apenas para o mês de julho de 2023, que registrou uma temperatura média global de 0,72°C acima da média entre 1991 e 2020, ultrapassando o maior recorde anterior, que tinha sido de média de 0,33°C em julho de 2019 (ONU News, 2023).

Diante da emergência climática vivenciada nesse ano de 2023, o secretário-geral da Organização das Nações Unidas - ONU, António Guterres, em discurso realizado em 27 de julho de 2023, falou sobre aumento das temperaturas climáticas de maneira acelerada em 2023, citando em especial julho de 2023, considerado o mês mais quente da história moderna, assim, Guterres revelou a era do aquecimento global tinha acabado e a partir de julho de 2023 perpassamos para uma nova era climática, denominada “ebulição global”, cujas mudanças climáticas serão ainda mais assustadoras e velozes, ressaltando que as ações humanas são as grandes responsáveis por essa terrível fase no cenário climático (Guterres, 2023).

A era da “ebulição global” é resultado da emissão significativa de dióxido de carbono – CO₂ para a atmosfera, realizada, majoritariamente, por meio da queima de combustíveis fósseis, como petróleo, carvão mineral e gás natural, sendo essas fontes energéticas dominantes no cenário mundial, as principais contribuintes para o efeito estufa (Araújo, 2023).

Nesse sentido, Guterres explicita em seu discurso que “O ar está irrespirável. O calor é insuportável. E a dimensão do lucro obtido pela queima de combustíveis fósseis e a inação climática são ambas inaceitáveis”. O secretário-geral da ONU conclui seu discurso dando um ultimato aos líderes mundiais e toda a comunidade

internacional, para que todos se comprometam a agir o mais rápido possível para evitar mudanças climáticas ainda piores, afirmando que ainda há possibilidade de as ações humanas limitarem o aumento da temperatura global em 1,5°C, através de medidas como a implantação de robustas energias renováveis (Guterres, 2023).

A substituição dos combustíveis fósseis como fontes de energia pelas fontes renováveis é a transição energética em vigor no cenário internacional. Esse processo de transição das matrizes energéticas de fontes altamente poluentes, como o petróleo, para fontes menos poluentes, como a energia eólica, trata-se de um desafio econômico e principalmente tecnológico.

Fernanda Delgado e Raquel Filgueiras (2022, p. 38) ressaltam que o setor energético está no cerne do debate climático, pois os combustíveis fósseis, responsáveis por cerca de 75% (setenta e cinco por cento) das emissões de gases do efeito estufa, são fontes energéticas com grande importância para a segurança energética do mundo, enquanto as matrizes energéticas renováveis, embora menos poluentes que os combustíveis, ainda são fontes com custo alto de implantação e produção energética, o que constitui um dos principais percalços dessa transição.

Nesse cenário internacional de promoção da transição energética, o Brasil, felizmente, encontra-se muito mais próximo de alcançar o perfil energético almejado para 2030, visto que tem mais de 48% (quarenta e oito por cento) de sua matriz energética abastecida por fontes energéticas, quantidade muito maior que a meta definida pela Agência Internacional de Energia desenha para a composição global, que seria de 30% da matriz energética mundial ser proveniente de fontes renováveis até 2030, bem como muito superior à média global atual que resulta em 14% de fontes energéticas renováveis (Delgado e Filgueiras, 2022, p. 38).

O mundo anseia por uma transição energética, com foco gradativo na substituição dos combustíveis fósseis como principal matriz energética mundial pelas fontes de energias renováveis, menos nocivas ao ecossistema, cujos modelos energéticos são embasados "em condicionantes como desenvolvimento sustentável, mudanças climáticas e inovações tecnológicas associadas à eletrônica e a entrada na era digital" (Segurança, 2023).

Nesse contexto, a 21ª (vigésima primeira) edição da Conferência das Partes – COP21¹¹, ocorrida entre os dias 30 de novembro a 11 de dezembro de 2015, em Paris, na França, foi um encontro que reforçou a necessidade da urgente implementação da transição energética, tendo em vista que, o Acordo de Paris incluiu em seus objetivos a imediata implementação do fortalecimento da resposta global às ameaças no cenário climático, com base no desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza, com foco em

“(b) Aumentar a capacidade de adaptação aos impactos negativos da mudança do clima e promover a resiliência à mudança do clima e um desenvolvimento de baixa emissão de gases de efeito estufa, de uma maneira que não ameace a produção de alimentos; e (c) Tornar os fluxos financeiros compatíveis com uma trajetória rumo a um desenvolvimento de baixa emissão de gases de efeito estufa e resiliente à mudança do clima.” (Brasil, 2016, p. 8)

Um dos principais pilares para implementação da transição energética, o desenvolvimento sustentável, na concepção de Reis *et al* (2019, p. 2-3) deve ser um modelo capaz de contribuir não somente para a superação dos atuais problemas, mas garantir a própria vida, através da proteção e manutenção dos recursos naturais que a tornam possível existir. Nessa ótica, há uma necessidade de se promover mudanças significativas na sistemática produtiva e organizacional da sociedade humana, bem como a mudança cultural na utilização dos recursos naturais essenciais à vida terrestre.

Nesse processo de descarbonização da produção energética, promovida pelas fontes renováveis, é importante salientar que os carros elétricos, painéis fotovoltaicos e parques eólicos, utilizados nessa transição de matriz energética, são oriundos de metais, como lítio, cobalto, níquel, urânio, quartzo e terras raras,

¹¹ A Conferência das Partes – COP se trata de um encontro anual que faz parte da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima desde 1995, cuja finalidade é o debate entre líderes mundiais sobre as mudanças climáticas. O primeiro evento foi realizado em Berlim, na Alemanha, todavia, o encontro mais emblemático para o cenário ambiental foi o COP3, realizado no Japão em 1997, evento que criou o Protocolo de Kyoto, o primeiro compromisso dos países-membros para reduzir a emissão dos gases de efeito estufa, com foco principal nos países industrializados (Agência Senado, 2015).

extraídos do subsolo por meio da exploração mineral, dessa forma, a mineração possui um papel significativo para a transição energética global, e necessariamente para o progresso da humanidade, através do desenvolvimento sustentável (Magalhães, 2023).

Os modais de transporte são um dos principais dilemas na questão da transição energética, em razão de que a imensa maioria dos veículos que trafegam pelo mundo utiliza combustíveis fósseis para transitarem, o que ocasiona ampla poluição atmosférica por emissão de gases que causam o efeito estufa, logo, na imediata corrida pela energia “limpa” a utilização de baterias elétricas como fonte de energia para funcionamento dos transportes é de urgência significativa. Nesse caso, o principal composto das baterias elétricas é o metal Lítio, apelidado pela indústria como o ouro branco, pois esse mineral, por meio de propulsão elétrica, faz com que as baterias produzam energia para que os carros funcionem sem precisarem emitir qualquer gás nocivo ao meio ambiente (Magalhães, 2023).

Da mesma forma, na conversão de energia solar em elétrica, através dos efeitos fotovoltaico e fotoelétrico, são 4 elementos fundamentais para este sistema de geração de energia: os painéis fotovoltaicos, as baterias, os reguladores de baterias e os inversores, cujos componentes essenciais são provenientes de recursos minerais, como o metal silício (Steiner, 2020, p. 24).

De acordo com o relatório de 2017 *“The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future”* - O crescente papel dos minerais e metais para um futuro de baixo carbono” (tradução nossa), produzido pelo Banco Mundial, a mineração é uma atividade econômica substancial no desenvolvimento da transição de energia limpa, oferecendo oportunidades econômicas para países em desenvolvimento e que são ricos em recursos minerários (The World Bank, 2019).

No mesmo sentido, o relatório de 2019 do Grupo Banco Mundial, *“Minerals for Climate Action: “The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition”* - Minerais para Ação Climática: “A intensidade mineral da transição de energia limpa” (tradução nossa), estimou que serão necessários mais de 3 bilhões de toneladas de minerais e metais para implantação da energia eólica, solar e geotérmica, essenciais no processo de transição energética. Nesse cenário, o relatório concluiu que pode haver um aumento de mais de 500% na produção de minerais estratégicos para os

componentes tecnológicos, como grafite, lítio e cobalto até 2050 para suprir a demanda por tecnologias de energia menos poluentes (The World Bank, 2019).

Nesse cenário, o Brasil terá fundamental oportunidade de desenvolvimento econômico com essa demanda por minérios fundamentais para a transição energética, uma vez que possui algumas das maiores reservas mundiais de uma variedade de minérios, incluindo a segunda maior reserva mundial de elementos de terras raras, perdendo apenas para a China, que possui o dobro das reservas brasileiras em minerais de terras raras (KPMG, 2022, p. 6-7).

Terras raras, nas palavras de Júlio Bernardes (2021), correspondem a um conjunto de elementos químicos encontrados juntamente com minérios, cujas propriedades são peculiares e de grande valia para uma infinidade de aplicações tecnológicas, todavia são elementos de difícil extração mineral, por isso a denominação "terras raras". O doutor Henrique Elsi Toma, professor do Instituto de Química da Universidade de São Paulo – USP, explica melhor sobre o conceito de terras raras, quais são os elementos químicos e qual utilidade deles para a indústria:

"Terras raras são um conjunto de elementos químicos abundantes na natureza, mas encontrados dispersos em minérios, e com propriedades químicas muito semelhantes, dos fatores que dificultam sua extração, separação e também a criação de uma cadeia produtiva como acontece no Brasil. As terras raras são consideradas estratégicas por suas propriedades, como magnetismo e absorção e emissão de luz, que possuem diversas aplicações tecnológicas, por exemplo: Cério (lâmpadas de LED), Európio e Cério (telas e monitores), Lantânio (painéis solares e lentes), Neodímio, Cério e Lantânio (catalisadores automotivos), Cério, Disprósio, Ítrio e Lantânio (veículos automotores), Európio, Cério, Disprósio, ítrio e Lantânio (aeronaves), Lutécio, Cério, Escândio, Lantânio e Neodímio (separação de componentes de petróleo), Neodímio e Disprósio (turbinas eólicas), Cério, Európio e Ítrio (diodo emissor de luz – LED), Itérbio e Lantânio (ligas de aço), Neodímio (ímãs de discos rígidos de computadores e carros elétricos, dispositivos laser) e Túlio (dispositivos de raio-X)" (Bernardes, 2021).

O professor Henrique Elsi Toma destaca ainda que o Brasil, entre o final do século XIX até metade do século XX, foi protagonista no desenvolvimento de

tecnologias para separação e purificação dos elementos químicos presentes em terras raras, tendo sua primeira jazida descoberta em 1886, na praia de Cumuruxatiba, estado da Bahia. Em 1915, o Brasil foi considerado o maior fornecedor mundial de monazita, um mineral extraído da areia de terras raras, muito utilizado na época para produzir mantas incandescentes, cuja finalidade era produzir luz branca nos lampiões de gás. Essa relevância na exploração mineral de terras raras pelo Brasil, especialmente da exploração da monazita, teve seu auge até o início da década de 1950, todavia, a partir da segunda metade do século XX, o foco de exploração mineral no Brasil se concentrou na extração de tório e urânio, utilizados na cadeia produtiva de energia nuclear. Um dos motivos desse declínio na exploração de terras raras pelo Brasil a partir de 1950 eram as poucas aplicações tecnológicas significativas para o mercado mundial naquele período, portanto, o Brasil, que dominava a tecnologia de extração desses elementos químicos raros, estagnou seus avanços científicos e tecnológicos acerca do tema, não mais ocupando o mesmo espaço no mercado mundial, tendo em 2004 encerrado a produção de terras raras e em 2012 interrompeu as exportações de monazita para a China, o que fez com que a China, no século XXI, monopolizasse o mercado mundial de terras raras com sua cadeia produtiva interna (Toma *apud* Bernardes, 2021).

O Brasil, nessa segunda década do século XXI, tenta se recolocar no mercado mundial de terras raras e promover a expansão econômica industrial do setor minerário em todos os estados brasileiros com potencial nesse segmento. Nesse cenário, o estado do Piauí se apresenta como um potencial cenário para a promoção de uma proeminente cadeia de produção minerária na região Nordeste, de modo a contribuir com essa nova política desenvolvimentista brasileira.

O Piauí tem sua formação geológica com predominante domínio morfológico de rochas sedimentares fanerozóicas, correspondendo a aproximadamente 85% do seu território, sendo o restante formado por rochas metamórficas e ígneas, cuja idade de formação perpassa os períodos Proterozóico e Arqueano (Pfaltzgraff, 2010, p. 29).

A formação geomorfológica do Piauí composta de rochas sedimentares da Bacia Maranhão-Piauí e rochas do período Pré-Cambriano originaram grupos de solos com bastante diversidade, cujas características mineralógicas são

predominantemente oriundas da sílica, além de extensas e representativas superfícies arenosas por todo o território piauiense (Fundação CEPRO, 2004, p. 24).

Essa composição geológica do estado do Piauí contém mineralizações economicamente importantes, como o mármore, calcário, ferro, cobalto, argilas refratárias, gipsita, vermiculita, fosfato, talco, níquel, calcário cristalino, diamante, manganês, titânio, ouro, rutilo, platina, chumbo, cobre, opala, cromo, turmalina, gemas, granitos e quartzitos (Fundação CEPRO, 2004, p. 85).

Nesse sentido, o Serviço Geológico do Brasil – CPRM classificou o Piauí, no ano de 2016, com um dos estados com a maior diversidade de minérios do Brasil, cuja potencialidade de exploração do setor mineral é bastante atrativa, em razão das favoráveis condições geológicas do território piauiense, especialmente a região Sudeste e Sul do estado, cuja ambiência geológica reúne minerais de elevado valor econômico, como cobre, chumbo, zinco, ferrocobalto, níquel, ferro, manganês, fosfato, mármore e calcário. Além disso, na região do município de Floriano, há indícios de gás natural e petróleo existentes em solo piauiense, isso porque já existem empreendimentos de exploração no município maranhense Santo Antônio dos Lopes, que fica na mesma região de Floriano, no Piauí (Instituto Cadeia do Zinco, 2016).

Francisco Lages Correia Filho, assessor da diretoria da CPRM em 2016, afirmou que o Piauí já havia ocupado o 3º lugar em solicitação no Departamento Nacional de Pesquisas Minerais – DNPM para estudos acerca da extração de minérios no cenário nacional, o que demonstra que o estado é bastante atrativo para o setor minerário, todavia, há necessidade de maior infraestrutura e energia por parte do estado piauiense, para que haja maiores investimentos de grupos empresariais do setor mineral na região (Instituto Cadeia do Zinco, 2016).

É nesse cenário promissor que o Estado do Piauí se apresenta como um oásis regional para a exploração industrial de minérios de forma sustentável.

Nessa perspectiva, o Planejamento de Desenvolvimento Econômico do Estado do Piauí no horizonte de 2050 (2015, p. 38) projetou a oportunidade de investimentos do setor público e privado no montante de mais de R\$ 11 bilhões de reais no setor minerário, o que corresponde ao percentual expressivo de 20% (vinte por cento) do total de projetos propostos pelo governo piauiense. O valor de investimentos no setor

mineral no estado do Piauí é maior inclusive que o setor de energias renováveis e gás, que corresponde à metade do valor despendido com investimentos na exploração mineral.

Nesse prisma, o estado do Piauí, a partir de 2020, de acordo com o IBGE, avançou com parcimônia rumo à desconcentração econômica de municípios piauienses concentradas nas receitas provenientes principalmente da Administração Pública e órgão vinculados para o advento da produção de atividades de agricultura, indústria de extração mineral e de transformação, geração e distribuição de energia elétrica eólica e solar, bem como comércios varejistas e serviços, o que resulta em um cenário estável e próspero para investimentos de grande monta no setor mineral estadual (Piauí, 2020).

Todavia, o maior desafio para o setor minerário do Piauí é a implementação da sustentabilidade nessa cadeia produtiva potencialmente poluente ao meio ambiente e desarmônica com a sociedade.

Referências

AGÊNCIA SENADO. **COP**. Senado Notícias. Brasília-DF: 2015. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/entenda-o-assunto/cop> Acesso em: 03 out. 2023.

ARAÚJO, Maria Eduarda. **O aumento da temperatura no globo e o impacto na indústria. TECVENT – Tecnologia em Ventilação Industrial**. Publicado em 13 set. 2023. Disponível em: <https://tecvent.com.br/o-aumento-da-temperatura-no-globo-e-o-impacto-na-industria-e-a-ebulicao-global> Acesso em: 03 out. 2023.

BERNARDES, Júlio. Valiosas e versáteis: pesquisas com terras raras mostram caminho para criar cadeia produtiva no Brasil. **Jornal da USP**. Publicado em 19 nov. 2021. Atualizado em 14 jan. 2022. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/valiosas-e-versateis-pesquisas-com-terras-raras-mostram-caminho-para-criar-cadeia-produtiva-no-brasil/> Acesso em: 11 out. 2023.

BEZERRA, Viviane Moura. **Resumo Executivo - projeto de concessão de uso para revitalização, modernização, operação e manutenção do Parque Zoobotânico**. Governo do Estado do Piauí. Secretaria de Administração – SEAD. Superintendência de Parcerias e Concessões – SUPARC. 2019. 24p. Disponível em: <http://www.ppp.pi.gov.br/pppteste/wp-content/uploads/2019/01/ZOOBOT%C3%82NICO-1.pdf> Acesso em: 30 nov. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração – ANM. **Estatísticas de Economia Mineral - Pesquisa e Produção**. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, P3M. Ministério de Minas e Energia - MME. Brasília-DF: 2023. Disponível em: <https://sgb.gov.br/p3m/estatisticas.html> Acesso em: 02 dez. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração – ANM. **Estatísticas de Economia Mineral - Pesquisa e Produção: Investimentos em Pesquisa Mineral - ANM**. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, P3M. Ministério de Minas e Energia - MME. Brasília-DF: 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTRkNjl3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection6057020db0500597ccea> Acesso em: 02 dez. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração – ANM. **Estatísticas de Economia Mineral - Pesquisa e Produção: Valor da Produção Mineral - ANM**. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, P3M. Ministério de Minas e Energia - MME. Brasília-DF: 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTRkNjl3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection0af4c3ce87e555926d41> Acesso em: 02 dez. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração – ANM. **Estatísticas de Economia Mineral - Pesquisa e Produção: Quantitativo e Porte dos Empreendimentos Minerários - ANM**. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, P3M. Ministério de Minas e Energia - MME. Brasília-DF: 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTRkNjl3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSectionbd5120153603fd6f4edc> Acesso em: 02 dez. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração – ANM. **Estatísticas de Economia Mineral - Pesquisa e Produção: Mapa de processos minerários e empresas com títulos de lavra e alvarás de pesquisa - ANM**. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, P3M. Ministério de Minas e Energia - MME. Brasília-DF: 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTRkNjl3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSectioncf7c2f0b85b237bc07a5> Acesso em: 02 dez. 2023.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm Acesso em: 29 jul. 2023.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Coordenadores Thiers Muniz Lima, Carlos Augusto Ramos Neves Brasília: DNPM, 2012. 136 p. Disponível em: https://sistemas.anm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=7366 Acesso em: 02 dez. 2023.

BRASIL. LEI Nº 5.197, DE 3 DE JANEIRO DE 1967. **Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências**. Brasília, DF: Presidência da República [1967]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5197.htm Acesso em: 30 nov. 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/l6938.htm Acesso em: 30 nov. 2023.

BRASIL. LEI Nº 12.187, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2009. **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências**. Brasília, DF: Presidência da República [2009]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm Acesso em: 30 nov. 2023.

BRASIL. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2ª Edição. 2009. Rio de Janeiro – RJ. 175p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv66620.pdf> Acesso em: 21 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento – SEPED. Coordenação-Geral do Clima – CGCL. **Acordo de Paris**. 2016. Brasília-DF. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf Acesso em: 03 out. 2023.

CENTRO DE LIDERANÇA PÚBLICA. **Ranking de Competitividade dos Estados**. Edição 2023. São Paulo-SP: CLP e Tendências Consultoria. 2023, 158p. Disponível em: https://www.clp.org.br/wp-content/uploads/2023/08/Relatorio_tecnico-Estados_2023-1.pdf. Acesso em: 27 set. 2023.

CHAVES, Sérgio Augusto de Miranda. Estudo palinológico de coprólitos pré-históricos holocenos coletados na Toca do Boqueirão do Sítio da Pedra Furada. Contribuições paleoetnológicas, paleoclimáticas e paleoambientais para a regisção Sudeste do Piauí – Brasil. **Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia**, São Paulo-SP, 10: 103-120. 2000

DELGADO, Fernanda; FILGUEIRAS, Raquel. **A crise do setor de óleo e gás e os desafios da transição energética brasileira**. Conjuntura Econômica – Conjuntura Energia. Abril de 2022. Fundação Getúlio Vargas. P. 38-41. Disponível em:

https://ibre.fgv.br/sites/ibre.fgv.br/files/arquivos/u65/04ce2022_fernanda_delgado.pdf Acesso em: 03 out. 2023.

DIAS, Claudete Maria Miranda. **Povoamento e despovoamento: da pré-história à sociedade escravista colonial**. In: Revista FUMDHAMentos. São Raimundo Nonato: FUMDHAM, 2006. v. 4, p. 417-429.

FUNDAÇÃO CEPRO. **Diagnóstico e Diretrizes para o Setor Mineral do Estado do Piauí**. 2004. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí – CEPRO. Empresa de Informática e Processamento de Dados do Piauí – PRODEPI. Piauí. Convênio nº 004/2004 MME. 170p. Disponível em: http://www.cepro.pi.gov.br/download/200804/CEPRO16_6695f7c23c.pdf Acesso em: 15 set. 2023.

GUTERREZ, António. **Coletiva de imprensa do secretário-geral da ONU sobre o clima**. Discurso. Organização das Nações Unidas – ONU. Publicado em 27 jul. 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/240543-coletiva-de-imprensa-do-secret%C3%A1rio-geral-da-onu-sobre-o-clima> Acesso em: 03 out. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Exportação do Piauí por vias internas**. 1958. Brasília-DF: IBGE. Conselho Nacional de Estatística. Diretoria de Levantamentos Estatísticos. 16p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/152/cevi_piaui_1958.pdf Acesso em: 16 set. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Exportação do Piauí por vias internas**. 1960. Brasília-DF: IBGE. Conselho Nacional de Estatística. Diretoria de Levantamentos Estatísticos. 23p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/152/cevi_piaui_1960.pdf Acesso em: 16 set. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Exportação do Piauí por vias internas**. 1966. Brasília-DF: IBGE. Conselho Nacional de Estatística. Diretoria de Levantamentos Estatísticos. 24p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/152/cevi_piaui_1966.pdf Acesso em: 16 set. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cadastro Industrial -1965**. Volume 1, Fev. 1968. Brasília-DF: IBGE. Conselho Nacional de Estatística. Diretoria de Levantamentos Estatísticos. 748p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81022_v1.pdf Acesso em: 16 set. 2023.

INSTITUTO CADEIA DO ZINCO. **Piauí é um dos estados com maior diversidade de minérios**. Notícias ICZ. Publicado em 11 out. 2016. Disponível em: <https://www.icz.org.br/noticias-detalhes.php?cod=5125#> Acesso em: 12 out. 2023.

PHILIPPI JR, Arlindo; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e sustentabilidade**. Barueri-SP: Editora Manole, 2016. E-book. ISBN 9786555761313. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555761313/>. Acesso em: 30 nov. 2023.

KPMG. **O papel dos minerais no processo de transição energética**. KPMG Consultoria Ltda. 2022. Disponível em: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/br/pdf/2023/2/O-papel-dos-minerais-no-processo-de-transicao-energetica_Brasil.pdf Acesso em: 11 out. 2023.

LIMA, Nilsângela Cardoso Lima (Organizadora). **Páginas da História do Piauí Colonial e Provincial**. Teresina-PI: EDUFPI, 2020, 278p. Disponível em: https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/570203/2/P%C3%A1ginas%20da%20Hist%C3%B3ria%20do%20Piau%C3%AD%20colonial%20e%20provincial_livro_Cead%20%5BE-book%5D.pdf Acesso em: 25 set. 2023.

LOBO, Ariana Souza. Capítulo 9: Transformações socioeconômicos na região do MATOPIBA: Reflexões a partir da teoria da base de exportação. *In*: MONTEIRO NETO, Aristides; COLOMBO, Lucileia Aparecida; ROCHA NETO, João Mendes da Rocha (Orgs.). **Desenvolvimento Regional do Brasil: políticas, estratégias e perspectivas**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, 2023, p. 303-342. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/12106/1/Desenvolvimento_Cap.9.pdf Acesso em: 28 nov. 2023.

MAGALHÃES, Jhonathan. Transição Energética e Mineração. **Igeológico**. Publicado em 03 jan. 2023. Disponível em: <https://igeologico.com.br/transicao-energetica-e-mineracao/> Acesso em: 03 out. 2023.

OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de; LEONETI, Alexandre; CEZARINO, Luciana O. **Sustentabilidade: princípios e estratégias**. Barueri: Editora Manole, 2019. E-book. ISBN 9788520462447. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520462447/>. Acesso em: 30 nov. 2023.

ONU NEWS. **Julho de 2023 é confirmado como o mês mais quente da história**. Organização das Nações Unidas – ONU. Publicado em 08 ago. 2023. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2023/08/1818742> Acesso em: 03 out. 2023.

ONU NEWS. **Planeta Terra teve o trimestre mais quente já registrado**. Organização das Nações Unidas – ONU. Publicado em 06 set. 2023. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2023/09/1820042> Acesso em: 03 out. 2023.

PAZ, Marcelino. **Governador sanciona leis que regulamentam novas práticas ambientais no Piauí**. Teresina-PI. Governo do Estado do Piauí. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH. Publicado em: 19 jul. 2023. Disponível:

http://www.semar.pi.gov.br/wagtail/home_page/noticias/governador-sanciona-leis-que-regulamentam-novas-pr%C3%A1ticas-ambientais-no-piau%C3%AD/
Acesso em: 30 nov. 2023.

PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos. **Geodiversidade do estado do Piauí**. Organização Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff, Fernanda Soares de Miranda Torres [e] Ricardo de Lima Brandão. – Recife: CPRM, 2010. 260 p. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewj59vHM906BAxUpqpUCHbrtC2sQFnoECBwQAQ&url=https%3A%2F%2Frigeo.cprm.gov.br%2Fjspui%2Fbitstream%2Fdoc%2F16772%2F1%2FGeodiv%2Fersidade_PI.pdf&usq=AOvVaw0pT5AMoG3xvm8f3flokSjR&opi=89978449 Acesso em: 11 out. 2023.

PIAUI. Lei nº 8100, de 14 de julho de 2023. **Institui a Política Estadual de Educação Ambiental e revoga a Lei nº 6.565, de 30 de julho de 2014, que dispõe sobre a Educação Ambiental**. Palácio de Karnak, Teresina-PI. Disponível em: https://sapl.al.pi.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2023/5721/lei_no_8100_d_e_14_de_julho_de_2023.pdf Acesso em: 30 nov. 2023.

PIAUI. **Legislação ambiental do estado do Piauí**. Secretaria do Meio Ambiente e de Recursos Hídricos do Estado do Piauí, Conselho Estadual de Recursos Hídricos. – Teresina: SEMAR, 2014. 431 p. Disponível em: <https://www.mppi.mp.br/internet/wp-content/uploads//2017/09/publicacao%20-%20legislao%20ambiental%20do%20estado%20do%20piaui%20-%20semar.pdf> Acesso em: 30 nov. 2023.

PIAUI. **PRODUTO INTERNO BRUTO DOS MUNICÍPIOS DO PIAUI- 2020**. Governo do Estado do Piauí. Secretaria do Planejamento. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais – CEPRO. Disponível: http://www.cepro.pi.gov.br/download/202306/CEPRO14_52781ce0c1.pdf Acesso em: 12 out. 2023.

POCHMANN, Marcio; GUERRA, Alexandre. **Piauí: trajetória e transição econômica**. Teresina-PI: CEPRO, 2019. 169p.

REIS, Lineu Belico dos; FADIGAS, Eliane A. F. A.; CARVALHO, Cláudio E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. 3. ed. Santana de Parnaíba – SP: Manole, 2019. E-book. ISBN 9788520456828. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520456828/>. Acesso em: 03 out. 2023.

HALLACK, Michelle Hallack; BORGES, Heloisa Borges; GANNOUM. Segurança, Integração e Transição Energética Justa. **Revista Tempo do Mundo**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea. Brasília-DF. 2023. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/revistas/index.php/rtm/chamadaseguranca> Acesso em: 03 out. 2023.

SUPERINTENDÊNCIA CEPRO. **Piauí em números**. 11. ed. Teresina, 2019. 101p.

Disponível em:

http://www.cepro.pi.gov.br/download/202001/CEPRO24_45c78f659a.pdf Acesso em: 28 nov. 2023.

STEINER, Kátia Helena. **Estudo sobre o impacto ambiental decorrente da utilização e descarte de placas fotovoltaicas**. Tubarão-SC. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro

Eletricista. Disponível em:

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUK EwiJ0uTd3->

[uBAxUGqZUCHZvIBdgQFnoECckQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.animaeducacao.com.br%2Fbitstream%2FANIMA%2F15334%2F1%2FTrabalho%2520de%2520onclus%25C3%25A3o%2520de%2520Curso-](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUK EwiJ0uTd3-uBAxUGqZUCHZvIBdgQFnoECckQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.animaeducacao.com.br%2Fbitstream%2FANIMA%2F15334%2F1%2FTrabalho%2520de%2520onclus%25C3%25A3o%2520de%2520Curso-)

[VF.pdf&usg=AOvVaw2tTrDX4oIdc8Nb6xsX74TV&opi=89978449](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUK EwiJ0uTd3-uBAxUGqZUCHZvIBdgQFnoECckQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.animaeducacao.com.br%2Fbitstream%2FANIMA%2F15334%2F1%2FTrabalho%2520de%2520onclus%25C3%25A3o%2520de%2520Curso-%2520VF.pdf&usg=AOvVaw2tTrDX4oIdc8Nb6xsX74TV&opi=89978449) Acesso em: 10 out. 2023.

THE WORLD BANK. **Climate-Smart Mining: Minerals for Climate Action**. Publicação em 26 maio. 2019. Disponível em:

<https://www.worldbank.org/en/topic/extractiveindustries/brief/climate-smart-mining-minerals-for-climate-action> Acesso em: 10 out. 2023.

TRENNEPOHL, Natascha. **Mercado de carbono e sustentabilidade: desafios regulatórios e oportunidades**. São Paulo-SP: Saraiva, 2022. E-book. ISBN

9786553620513. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786553620513/>. Acesso em: 30 nov. 2023.

