

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ADMINISTRAÇÃO E
ECONOMIA

Pedro Ernesto de Oliveira Santos

MUDANÇAS CLIMÁTICAS: A RENOVABILIDADE DA MATRIZ ENERGÉTICA
NACIONAL E OS BIOCOMBUSTÍVEIS SOB O PONTO DE VISTA DE UMA DAS
PROPOSTAS DO DECRESCIMENTO ECONÔMICO

Ouro Preto

2023

Pedro Ernesto de Oliveira Santos

MUDANÇAS CLIMÁTICAS: A RENOVABILIDADE DA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL E OS BIOCOMBUSTÍVEIS SOB O PONTO DE VISTA DE UMA DAS PROPOSTAS DO DECRESCIMENTO ECONÔMICO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador(a): Prof. Dra. Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino

Ouro Preto

2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S237m Santos, Pedro Ernesto de Oliveira.

Mudanças climáticas [manuscrito]: a renovabilidade da matriz energética nacional e os biocombustíveis sob o ponto de vista de uma das propostas do decrescimento econômico. / Pedro Ernesto de Oliveira Santos. - 2023.

41 f.: il.: color., gráf..

Orientadora: Profa. Dra. Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino. Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Energia - Fontes alternativas. 2. Oferta Total de Energia Primária (OTEP). 3. Recursos naturais renováveis. 4. Mudanças climáticas. 5. Biocombustíveis. I. Flausino, Bruna de Fátima Pedrosa Guedes. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,
ADMINISTRAÇÃO E ECONOMIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Pedro Ernesto de Oliveira Santos

Mudanças climáticas: a renovabilidade da matriz energética nacional e os biocombustíveis sob o ponto de vista de uma das propostas do decrescimento econômico

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 01 de novembro de 2023.

Membros da banca

[Dra.] - Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Dr.] - Magno Silvério Campos - (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Dr.] - Yã Grossi Andrade - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 01/11/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/11/2023, às 09:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Magno Silverio Campos, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/11/2023, às 09:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Yã Grossi Andrade, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/11/2023, às 16:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0619523** e o código CRC **3A373575**.

AGRADECIMENTOS

Sou grato a meu pai, Vicente, e a minha mãe, Maria Selva, por sempre me apoiarem, acreditarem e possibilitarem de tudo isso ser possível. Sem vocês eu não seria nada.

Sou grato à Mixuruka por sempre ser meu lar, aos moradores e ex-alunos por fazerem da república um lugar de amigos e de família!

Sou grato à professora Bruna pela orientação e paciência durante o desenvolvimento do trabalho e ao longo da graduação, você foi determinante para que isso acontecesse.

Agradeço à UFOP pelo ensino GRATUITO e de QUALIDADE, o qual deve ser direito de todos!

Por fim, agradeço a todos os professores e a todos que me ajudaram de alguma forma a chegar até aqui.

Obrigado!

RESUMO

Este estudo tem como objetivo apresentar como o Brasil tem se organizado para a mitigação das mudanças climáticas, a partir da diversificação da matriz energética, de acordo com o que foi proposto nacionalmente na ratificação do Acordo de Paris, como, por exemplo, a comercialização de créditos de descarbonização (CBIOs). Além disso, para que fosse possível apreender melhor os resultados obtidos, realizou-se uma contextualização do cenário energético brasileiro e a posição do país dentro do cenário mundial de capacidade de energia renovável em comparação com outros países. Para tanto, partiu-se de uma análise dos dados disponibilizados por órgãos oficiais, como a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e Agência Internacional de Energias Renováveis e outros. Atrrelado à proposta de decrescimento, o presente trabalho traz como resultado a posição de destaque do Brasil em termos de renovabilidade energética, com crescimento da participação de fontes, como a eólica e solar fotovoltaica, bem como a política RenovaBio, em que há aposta nos biocombustíveis para alcance das contribuições nacionalmente determinadas (NDCs). Nesse último ponto, por exemplo, em 2022, o saldo de CBIOs atingiu um valor superior à comercialização de 39 milhões de reais. Além disso, de acordo com relatório da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, A ANP, atualmente 122 empresas são certificadas para solicitar a emissão de pré-CBIOs. Contudo, este trabalho não tem a intenção de encerrar o debate sobre o uso de fontes energéticas renováveis, mas fomentar ainda mais a discussão em busca de mitigar os efeitos climáticos que já estão sendo vivenciados em diversas regiões mundiais.

PALAVRAS-CHAVES: Energia Renovável; Matriz Energética; Decrescimento; Mudanças climáticas; Biocombustíveis.

ABSTRACT

The aim of this study is to present how Brazil has organized itself to mitigate greenhouse effects by diversifying its energy matrix, in line with what was proposed nationally in the ratification of the Paris Agreement, such as the commercialization of decarbonization credits (CBIOs). In addition, in order to better understand the results obtained, a contextualization of the Brazilian energy scenario and the country's position within the world scenario of renewable energy capacity compared to other countries was carried out. This was done by analyzing the data provided by official bodies such as the National Agency for Petroleum, Natural Gas and Biofuels and the International Renewable Energy Agency, among others. Linked to the proposal of degrowth, this work shows Brazil's prominent position in terms of energy renewability, with an increase in the participation of sources such as wind and solar photovoltaics, as well as the RenovaBio policy, in which there is a commitment to biofuels in order to achieve the nationally determined contributions (NDCs). On this last point, for example, in 2022, the balance of CBIOs amounted to more than 39 million reais. In addition, according to a report by the National Petroleum, Natural Gas and Biofuels Agency (ANP), 122 companies are currently certified to apply for pre-CBIOs. However, this work is not intended to end the debate on the use of renewable energy sources, but to further encourage discussion in the quest to mitigate the climate effects that are already being experienced in various regions of the world.

KEYWORDS: Renewable Energy, Energy Matrix, CBIOs, Biofuel, Degrowth.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Como as mudanças climáticas podem impactar o mundo.	8
Figura 2 - Soluções naturais para o futuro da água.	9
Figura 3 - INFOGRÁFICO: Principais Marcos das COPs	15
Figura 4 - Capacidade Instalada no Brasil	19
Figura 5 - Capacidade das fontes energéticas	24
Figura 6 - Consumo Final Por Fonte	27
Figura 7 – Oferta Interna de Energia Elétrica por fonte em 2012	33
Figura 8 - Oferta Interna de Energia Elétrica por fonte em 2022	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.2. Objetivos	10
1.2.1. Objetivo Geral	10
1.2.2. Objetivos Específicos	10
1.3. Metodologia	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 O início das discussões sobre sustentabilidade	12
2.2 O Brasil inserido nas questões climáticas	16
2.3 O cenário energético do Brasil	18
2.4 O Decrescimento e as suas alternativas energéticas	20
3. RESULTADOS	24
3.1 Cenário Energético Nacional	24
3.2 Planos e Programas no Brasil para Energia Renovável	25
3.3 Os biocombustíveis como destaque na renovabilidade energética	29
3.4 Como os biocombustíveis têm sido alternativa	32
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

Em meio ao cenário de aceleradas mudanças climáticas e ao uso ainda intensivo de energias provenientes de fontes fósseis (MARQUES, 2018), implicam-se efeitos adversos do aumento da temperatura global perceptíveis nos últimos anos. Essas mudanças fazem com que as projeções afirmem que a humanidade poderá estar à beira do colapso nos próximos 40 anos (BOLOGNA e AQUINO, 2020).

Dados de 2018, publicados por um relatório especial do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, em inglês), mostraram um aumento em 1,0°C de temperatura média do planeta em relação à era pré-industrial e, que este aumento poderia chegar a até 1,5°C entre 2030 e 2052, ou seja, bem antes do que era estimado – o final do presente século. Os dados também reforçam os reflexos do planeta às ações humanas. O fato é justificado pela constante emissão de gases de efeito estufa na atmosfera e projeta quais seriam os cenários imprescindíveis para a limitação dessa emissão, uma vez que o presente cenário, ainda que limitado, se estenderá por algum tempo ainda no planeta. Outras informações acerca do crescente aumento nas temperaturas globais contemplam extremos de calor na maioria das regiões habitadas, fortes e constantes chuvas em várias regiões e probabilidade de seca e ausência de chuva em outras (IPCC, 2018).

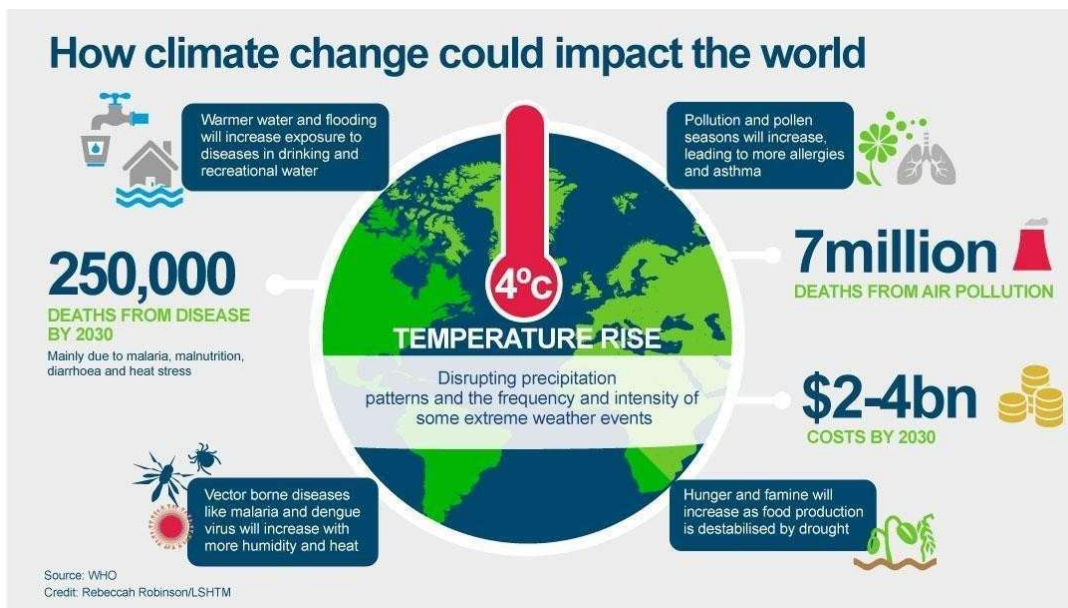
Em 2022, o sexto relatório do IPCC (mais conhecido como AR6, do inglês Assessment Report) foi lançado contemplando medidas para que o aumento da temperatura em 1,5°C seja ao menos estancado, e como fazer para que evitemos alcançar os 2°C a mais. Ou seja, fora percebido que a redução ainda está bem distante do índice e, será necessário traçar objetivos plausíveis e reais. O AR6 aumenta o seu foco em riscos e estruturas pensadas para soluções, visto que os riscos podem ser abordados desde as melhores estimativas com alta probabilidade até riscos menos conhecidos, ainda que sua probabilidade seja baixa; ou seja, o sexto relatório visou a contemplar todos os riscos iminentes às mudanças climáticas, com base nos dados mais recentes e atualizados.

Convergindo com os dados do relatório de 2016, um estudo do mesmo ano da ONU afirma ainda que as mudanças climáticas podem levar a óbito até 250.000 pessoas por ano, como é possível visualizar na Figura 1; e os afetados serão pessoas de classe social mais vulnerável. Já no AR6, é afirmado, ainda, que a distribuição de emissão de gases é bastante desigual, visto que países mais desenvolvidos são responsáveis por uma quantidade bem maior quando comparados aos países caracterizados como “em desenvolvimento”, ainda que

os últimos enfrentem impactos mais severos tanto das emissões de gases quanto de outras consequências que são contempladas pelo relatório (OMS, 2016; IPCC, 2022).

Tantas afirmações contundentes alertam para que soluções sejam pensadas de forma racional e objetiva, a fim de que todas as conclusões de riscos iminentes e sintomas já percebidos possam ser, no mínimo, mitigados.

Figura 1 - Como as mudanças climáticas podem impactar o mundo.

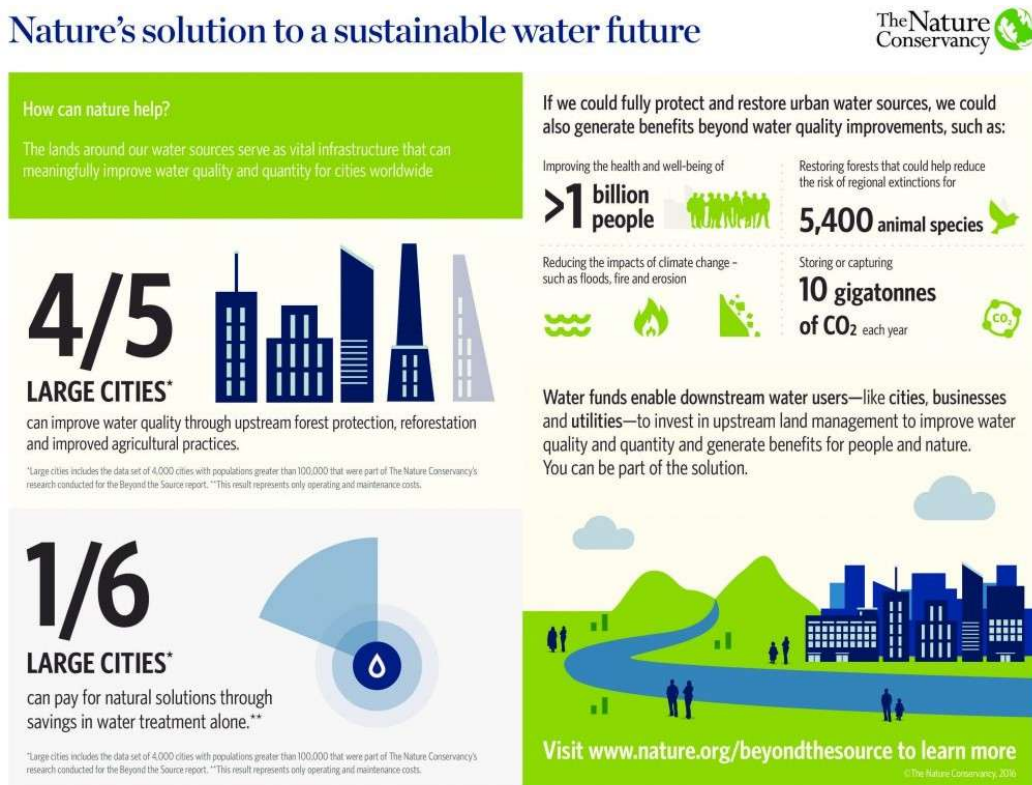


Fonte: OMS, 2016

O AR6 traz dados que, até 2030, 108 a 116 milhões de pessoas estarão expostas ao aumento do nível do mar na África, comparado aos 54 milhões em 2000; ainda, que em 2060 esse número pode subir para até 245 milhões. Dados esses que reforçam o fato de países menos favorecidos economicamente tendem a sofrer mais com a poluição dos maiores vilões. Portanto, com todos os marcos negativos expostos e com metas fracassadas, como pensar em uma estrutura político-econômica para que tenhamos algo menos utópico?

Com base em dados de alta probabilidade do AR6, adotar soluções naturais e híbridas (green-grey solutions ou soluções “verde e cinza”) pode ser interessante, porém ainda estão surgindo na América do Sul. Na Figura 2, a IWA (International Water Association, ou Associação Internacional da Água) traz um infográfico bastante otimista de como soluções verdes podem amenizar a situação.

Figura 2 - Soluções naturais para o futuro da água.



Fonte: International Water Association, 2017

O desafio é enorme. As ânsias capitalistas de mais produzir, consumir e, consequentemente, mais lixo e extração serem gerados e necessários, fazem com que a carga seja muito maior que o planeta suporta, colocando em risco as condições básicas para a sobrevivência. Surge, então, na França, o termo “decrecimento”, muito recente no debate econômico e social, em 2001, a partir da corrente ecossocialista radical (Latouche, 2018). Serge Latouche é um cientista político e PhD em Filosofia. Ele se define como “objeto do crescimento”, e sustenta que o modelo de crescimento econômico é insustentável e precisa ser substituído por um modelo de decrecimento (Traduzido e adaptado pelo autor, do site do Centro de Cultura Contemporânea de Barcelona verificar essa citação: forma de colocação, ano etc.).

No presente trabalho, para desenvolver exatamente o que fora supracitado - estabelecer metas reais - e não tornar a discussão ainda mais complexa - o foco será cerceado

à matriz energética nacional, visto que a produção de energia é o setor mais importante na discussão de emissão de Gases Estufa, utilizando cerca de 34% de combustíveis fósseis.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar as propostas nacionais assumidas no Acordo de Paris, no tocante à renovabilidade da matriz energética nacional, com destaque para os biocombustíveis e seu alinhamento ao decrescimento.

1.2.2. Objetivos Específicos

Visando ao alcance do objetivo proposto acima, foram estabelecidos outros específicos, a saber:

- Analisar o surgimento do debate sobre mudanças climáticas e seus desdobramentos ao longo dos anos até os dias atuais;
- Avaliar como a matriz energética tem impacto no clima e confirmar se as propostas para ela podem ser efetivas para a mitigação dos resultados negativos no ambiente;
- Estudar os resultados já obtidos após a entrada em vigor dos instrumentos da Política Nacional de Biocombustíveis - RenovaBio;
- Apresentar o estudo da arte do tema “decrescimento” para que se possa encontrar alternativas na matriz energética nacional para redução de impactos descritos;
- Analisar desdobramentos de cenários decrescentistas e possíveis expectativas futuras para a implantação destes.

1.3. Metodologia

Por ser um procedimento racional e sistemático na busca de solução de problemas propostos, a pesquisa envolve diversas etapas, que vão desde a apropriada formulação do problema até a acertada apresentação dos resultados. Logo, a mesma pode ser classificada como exploratória, descritiva e explicativa. Já em relação aos procedimentos técnicos utilizados para a coleta de dados, o método adotado pode ser quantitativo ou qualitativo (GIL, 2002).

A proposta deste trabalho é, quanto ao objetivo, uma pesquisa descritiva, já que busca investigar formas e estratégias de mitigar mudanças climáticas que avançam de forma ligeira e comprometem saúde, bem estar e condições de vida humana. Além disso, coloca em risco biomas e ecossistemas ao redor de todo o planeta. Por conseguinte, quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa de caráter bibliográfico e documental, uma vez que tem como base de estudo a análise de publicações, documentos e relatórios tidos como oficiais e dos dados históricos fundamentados em livros e artigos científicos.

Inicialmente, faz-se necessário contextualizar o cenário atual da matriz energética do Brasil e das emissões de gases estufas. E para que isso fosse possível, foram utilizados textos que analisassem de maneira mais crítica o modo como as emissões de gases estufa podem ser um dos principais responsáveis pelas mudanças climáticas atuais, como por exemplo Acosta e Ulrich (2018). Estes autores, a partir do conceito de pós-extrativismo, propõe maneiras alternativas para o uso de fontes energéticas renováveis. Ademais, também foi necessário analisar relatórios de reuniões e assembleias organizadas pela ONU, como a Conferência das Nações Unidas sobre o Clima (COP), ou então a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD).

A partir disso, propõe-se uma discussão sobre o cenário brasileiro no que concerne às questões e mudanças climáticas. Neste momento essa pesquisa propõe um olhar atento para o aumento das temperaturas no território brasileiro. Desse modo, foi utilizado dados do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas de 2020, assim como dados do IPCC de 2022. Logo após, foi feita uma breve contextualização do cenário energético atual do Brasil, analisando descritivamente como que está dividido o emprego das diferentes fontes renováveis e não renováveis que possuímos no presente momento. Os dados utilizados a partir deste ponto foram retirados de estudos publicados pelo Centro Internacional de Energias Renováveis, pelo Ministério de Minas e Energia, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, dentre outros.

Por fim, foi feita uma análise crítica dos resultados encontrados durante a pesquisa, visando enxergar quais as soluções viáveis para a diversificar a matriz energética brasileira e mitigar os efeitos dos gases estufa a partir da diminuição de sua emissão, como por exemplo a capitalização de créditos de descarbonização (CBIOS).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O início das discussões sobre sustentabilidade

Para entender como se iniciou a discussão sobre desenvolvimento sustentável, deve-se fazer a contextualização de onde o termo surgiu. Em 1987, mais precisamente em uma assembleia da Organização das Nações Unidas (THE UNITED NATIONS WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1987), foi apresentada, no Relatório Nosso Futuro Comum, a definição de “desenvolvimento sustentável” como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (ONU, 1987). Pouco depois, a partir da década de 1990, muitas foram as legislações criadas e expandidas, e acordos que traçaram o perfil ambiental dos países e cercearam tratados internacionais (FEIL, 2016) a fim de definir caminhos para tal desenvolvimento sustentável. Em 1992, ocorreu, então, Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), que ficou conhecida como Rio-92 ou Eco-92, a qual visou balancear o que se compreendia como desenvolvimento socioeconômico com o cuidado com recursos naturais e a manutenção do meio ambiente.

Muito confundidos, Desenvolvimento Sustentável e Sustentabilidade possuem discussões intermináveis, nas quais é possível traçar paralelos, mas também características opostas. A ideia de sustentabilidade não é tão recente assim (FEIL, 2016). Van Zon (2002) e Hofer (2009) datam o termo utilizado na Alemanha em 1713, onde já se pensava na possibilidade de esgotar-se os recursos e a capacidade natural da terra de suportar a extração que ali fosse feita. No relatório Nosso Futuro Comum, há a chamada para uma postura ética que repense o uso do meio ambiente. Esta postura costura a relação entre economia, tecnologia, sociedade e política.

Porém, são encobertas questões políticas passadas relacionadas a quem de fato foram os autores que promoveram maior degradação ambiental, colocando o cenário de que é de interesse comum a todos, contrapondo questões éticas. Outro aspecto comum ao relatório e à lógica de Desenvolvimento Sustentável é que limites ecológicos não são imutáveis e que podem ser expandidos a partir do desenvolvimento da tecnologia. Portanto, seguindo esta

lógica, a cada avanço tecnológico estaria mais distante de ser atingido e isso pode não ser uma verdade. Isto, pois, a lógica de Desenvolvimento Sustentável omite um ponto significativo ao citar que ‘as necessidades básicas devem ser atendidas’ - ou seja, há um nível mínimo de consumo - porém não existe para tal o nível máximo, fazendo com que o limite ecológico possa ser, de fato, alcançado ao não se limitar o consumo e ao sempre postergar esse limite.

Em 1992, ocorreu uma segunda conferência internacional da ONU sobre a questão ambiental (a primeira havia sido em 1972, em Estocolmo) chamada Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), também conhecida como Rio-92. A respeito do tema “Mudanças Climáticas”, a Rio-92 ficou marcada por discutir o primeiro relatório do IPCC, apresentado no final dos anos 80, tendo ainda enorme repercussão na primeira Conferência das Partes - COP da história, ocorrida em Berlim, em 1993. Este relatório apresentava a certeza que as emissões provenientes de ações humanas estavam aumentando substancialmente a concentração atmosférica dos gases de efeito estufa, aumentando, portanto, a temperatura média da superfície do planeta.

À época, a previsão era de que a temperatura na Terra aumentaria, a cada década, aproximadamente 0,3 °C - o que, pouco tempo depois, passou a se tornar 0,6 °C, 1,0 °C, 1,5 °C, e, recentemente, 2,0 °C: quase sete vezes maior que a primeira expectativa. O aumento gradual da temperatura em 0,3 °C era maior do que os últimos dez mil anos, o que confirmava a “teoria” de que o aumento era proveniente das ações humanas; ainda, algumas previsões ainda eram relativamente incertas, quando se olha a magnitude e os padrões das mudanças climáticas, pois não havia um entendimento tão profundo a respeito das calotas polares e dos oceanos, por exemplo. O Segundo Relatório do IPCC teve como resultado a adoção do protocolo de Kyoto em 1997, na cidade que leva o seu nome, no Japão. Ele foi um acordo internacional que estabelece objetivos para a redução das emissões que eram responsáveis pelo aumento da temperatura global por parte dos países desenvolvidos.

Após a sua publicação, cresceu significativamente o número de artigos, pesquisas e relatórios a respeito do tema. Cento e setenta e cinco países assinaram o mesmo, incluindo o Brasil, apesar de ser uma nação emergente e, portanto, não obrigada a fazê-lo. Os países industrializados se comprometeram a reduzir em 5% a 7% suas emissões, principalmente de CO₂, vistas as emissões observadas em 1990. Os países emergentes receberam metas mais subjetivas e escusáveis (SAR, 1996). No ano de 2015, um ano que se tornou referência no debate sobre desenvolvimento sustentável, sobretudo acerca das questões climáticas, tem-se a

assinatura do Acordo de Paris, que definiu metas para estancar o aquecimento da temperatura média global em 1,5° C no século XXI, independentemente do nível de desenvolvimento dos países.

Em razão da pandemia de COVID-19, que mudou todo o cenário mundial desde 2020, a 27ª Conferência das Partes foi atrasada e, portanto, gerou muita expectativa, não somente pelo histórico de debates, mas também para fazer uma avaliação pós-pandemia. Ela aconteceu em novembro de 2022 e foi considerada a mais importante a respeito do tema de mudanças climáticas. O tema mais recorrente foi o cumprimento das regras do Acordo de Paris e a diversificação da matriz energética mundial - tema a ser debatido neste trabalho - com foco na descarbonização. Um resultado expoente da COP 27 foi a criação do que se chamou de “Fundo de Perdas e Danos”, com objetivo de financiar países vulneráveis em sua recuperação por desastres climáticos.

Esta foi vista como uma importante medida de transferência de renda e de responsabilização dos países menos vulneráveis por suas ações danosas que acarretam consequências aos países mais pobres. Porém, não ficou claro quem serão os países que irão despende recursos no projeto e quais serão os países que poderão ter acesso aos mesmos. Este ano, a COP 28 em Dubai deve apresentar as regras para tal. A Figura 3, a seguir, apresenta uma síntese sobre os principais resultados da Conferência das Partes ao longo dos anos.

Figura 3 - INFOGRÁFICO: Principais Marcos das COPs



Fonte: Neoenergia, 2022

2.2 O Brasil inserido nas questões climáticas

Em 1992, ao sediar a Rio-92, o Brasil deu o primeiro passo para olhar para questões ambientais, além do fato de este ter sido um dos maiores eventos diplomáticos sediados no país. Apesar da presença em todas as COPs desde então, o Brasil tem sofrido com os efeitos da mudança climática. Somente no Século XX, o país teve sua temperatura média aumentada em 0,7° C (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2014). Além disso, desde 2020, queimadas e desmatamento intenso têm comprometido o propósito de conter emissões. Ainda que a pandemia tenha freado a emissão de GEE (gases de efeito estufa) em razão do cenário econômico, por aqui o cenário foi o contrário em supressão vegetal, batendo recordes no quesito e aumentando em 10% a 20% suas emissões (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2020).

Dados do IPCC de 2022 mostram que em toda a região que contempla e cerca a Amazônia, as queimadas não são assunto recente, sendo estudadas desde a década de 1970, e exercendo papel crucial nas mudanças climáticas por aqui. Queimadas essas que são motivadas, em geral, para abrir espaço para o agronegócio ou para a criação de pequenas e médias hidrelétricas. Porém, ainda assim, os efeitos são exatamente contrários: rios mais secos e hidrelétricas operando com valores bem abaixo de suas capacidades instaladas (exemplo observado entre 2016 e 2017 nas hidrelétricas presentes no Rio São Francisco, que trabalharam com somente 23% e 17% (de Jong et al., 2018). O clima brasileiro é conhecido por sua diversidade, com regiões que vão desde a Floresta Amazônica até o Cerrado, passando pelo Pantanal e pelo litoral. Essa diversidade torna o Brasil suscetível a uma ampla gama de impactos climáticos.

Nos últimos 30 anos, o Brasil tem enfrentado problemas relacionados às mudanças climáticas que afetaram o país de diferentes maneiras. Ao longo desse período, foram observadas mudanças significativas nos padrões climáticos do país. O aumento da temperatura média, eventos extremos, como secas prolongadas e enchentes intensas, e a elevação do nível do mar são alguns dos efeitos das mudanças climáticas que afetaram o Brasil. A Amazônia, por exemplo, considerada por muitos como o "pulmão do mundo" devido à sua vasta biodiversidade e capacidade de absorver dióxido de carbono da atmosfera, tem enfrentado um aumento no desmatamento, principalmente devido à expansão da

agricultura e da pecuária, o que contribui para a emissão de gases de efeito estufa e reduzem a capacidade do ecossistema de atuar como um sumidouro de carbono.

Outra região bastante afetada é o Pantanal: um ecossistema único, com uma das maiores áreas úmidas do mundo. Nos últimos anos, o Pantanal tem sofrido com incêndios florestais de grandes proporções, causados por condições climáticas extremas e atividades humanas. Esses incêndios têm um impacto significativo na biodiversidade e no ecossistema do Pantanal. Além do Pantanal e da Amazônia, outros impactos ambientais negativos podem ser percebidos no Brasil.

Atualmente, o país tem sofrido com mudanças climáticas severas. Segundo uma matéria publicada no blog Eco (2022), a previsão é de que na próxima década o mundo pode alcançar um aumento de 1,5°C na temperatura global. Para o Brasil, isso pode significar um crescimento de 3% das mortes por calor até 2050 e de 8% até 2090. Contudo, caso as emissões de gases estufas sejam reduzidas, existe a possibilidade de que essas mortes caiam 2%. Além disso, o texto diz que cidades como São Paulo e Rio de Janeiro correm grandes riscos por estarem tão expostas aos efeitos das ilhas de calor.

Outra consequência desse aumento drástico de temperatura pode ser a transformação de regiões como o Nordeste em áreas semidesérticas, uma vez que o nível das precipitações (chuvas) sofreu uma redução de 20% em grande parte da região. Em contrapartida, regiões como o sul amazonense, o Pará, Acre e Rondônia podem sofrer com enchentes provenientes do crescimento das chuvas extremas. E a previsão é de que a população que sofre com esse tipo de consequência climática triplique.

Ademais, a matéria ainda traz alertas para o risco de queda entre 3% a 70% na produção de grãos (arroz, soja e milho), até o fim do século. E isso também pode afetar no desenvolvimento do setor pecuário e aviário, diminuindo a produção de carnes, ovos e leites. Além de afetar, também, a pesca e produção de peixes. Todos esses dados apresentados até o momento podem oferecer um risco agressivo para a economia nacional, uma vez que pode diminuir em até 24% a capacidade trabalhista, impactando diretamente na renda média nacional, que pode ser até 83% menor do que a atual em 2100.

Um estudo publicado em 2019 pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) revelou que o Brasil tem experimentado um aumento gradual da temperatura média em várias regiões. Entre 1961 e 2015, a temperatura média no Brasil aumentou

aproximadamente 0,74°C. Esse aquecimento tem consequências diretas nas condições climáticas e nos ecossistemas do país. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) analisou a variabilidade climática no Brasil entre 1980 e 2016. Os resultados mostraram que houve um aumento na ocorrência de eventos climáticos extremos, como secas e chuvas intensas, em várias regiões do país. Esses eventos extremos têm impactos significativos na agricultura, no abastecimento de água e nas atividades econômicas.

2.3 O cenário energético do Brasil

Em sua matriz energética, o Brasil possui uma matriz energética diversificada, com destaque para a hidroeletricidade. Aproximadamente 60% da energia elétrica gerada no Brasil é proveniente de usinas hidrelétricas. No entanto, as mudanças climáticas têm afetado a disponibilidade de água em algumas regiões do país, afetando diretamente a geração de energia hidrelétrica. Períodos de seca, como os registrados nos últimos anos, reduzem o volume de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas, levando à diminuição da capacidade de geração de energia. Isso resulta na necessidade de acionar usinas termelétricas, que geralmente utilizam combustíveis fósseis, como gás natural e carvão, para suprir a demanda energética. Essa transição da hidroeletricidade para a termoeletricidade tem implicações no aumento das emissões de gases de efeito estufa e no custo da energia.

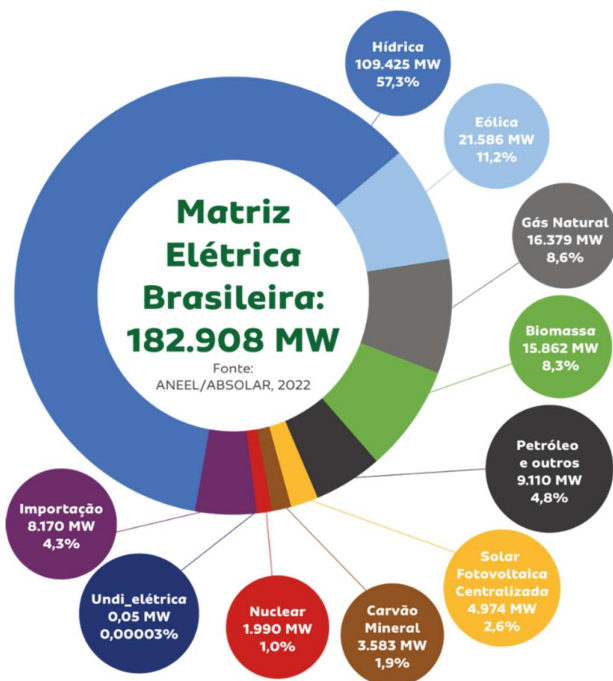
Diante desses desafios, o Brasil tem buscado diversificar sua matriz energética e investir em fontes renováveis, como energia eólica e solar. Essas fontes têm apresentado crescimento significativo nos últimos anos e podem ajudar a reduzir a dependência da energia hidrelétrica e das usinas termelétricas, mitigando assim os impactos ambientais e contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa. No entanto, é importante ressaltar que as mudanças climáticas são um problema global que requer ações coordenadas em nível internacional. O Brasil tem um papel fundamental a desempenhar na redução de emissões e na promoção de práticas sustentáveis, tanto na produção de energia quanto em outros setores da economia.

Segundo estudo publicado em 2018, pelo Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás (CIBiogás), a redução na disponibilidade de água devido à escassez hídrica afeta diretamente a geração de energia hidrelétrica no Brasil. Isso tem levado ao aumento da utilização de usinas termelétricas, que são mais poluentes e contribuem para as emissões de gases de efeito estufa. Por outro lado, um estudo de 2020 conduzido por pesquisadores da

Universidade de São Paulo (USP) revelou que também há impacto na geração de energia eólica no Nordeste brasileiro, pois as mudanças no clima podem afetar a disponibilidade e a intensidade dos ventos, o que pode ter implicações nesse tipo de produção de energia.

É evidente que as mudanças climáticas têm impactado o Brasil nas últimas décadas, afetando tanto os ecossistemas naturais quanto o setor de produção de energia. Pesquisas são fundamentais para embasar políticas públicas e ações voltadas para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas, buscando uma transição para uma matriz energética mais sustentável e a redução das emissões de gases de efeito estufa, o que nos leva a buscar alternativas político-econômicas para tratar esses problemas e frear os impactos que têm sido percebidos.

Figura 4 - Capacidade Instalada no Brasil



* A potência total da matriz não inclui a importação.

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2022

Na Figura 4 acima, é possível ver a distribuição da capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil em 2022. Há de se destacar a evolução da energia solar em relação a 2021, com um crescimento absoluto de 59,5% (BEN – Balanço Energético Nacional, EPE, 2023) e uma redução de 6,2% nos derivados de petróleo, também em relação a 2021, demonstrando as possibilidades que podemos encarar no presente e no futuro. É importante

destacar na figura também o fato de termos dez fontes energéticas apresentadas, o que representa grandíssima quantidade de fontes energéticas, possibilitando autonomia e segurança para o país.

Além de a possibilidade de renovação para suprir demandas nacionais e de exportação, sem dependências externas e sem problemas de sazonalidade. De acordo com o ex-secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia, Paulo Cesar Domingues, a matriz energética brasileira é uma das mais renováveis dentre todos os países, chegando a 48%. Além disso, em 2021, ONU escolheu o Brasil como um dos países líderes no tema “Transição Energética”, dada a sua renovabilidade na matriz e a sua “fama” no âmbito de energias limpas e renováveis.

2.4 O Decrescimento e as suas alternativas energéticas

O conceito de "decrecimento" surgiu como uma resposta crítica ao modelo predominante de crescimento econômico ilimitado e seus impactos negativos no meio ambiente e na sociedade. Embora não haja um ponto de partida exato, o decrecimento começou a ser discutido de forma mais ampla a partir do final do século XX. Ele propõe uma reavaliação do atual modelo de desenvolvimento, buscando reduzir o consumo excessivo e a produção de bens e serviços, a fim de alcançar um equilíbrio entre as necessidades humanas e os limites planetários.

O livro "La décroissance: Entropie, écologie, économie" ("O Decrecimento: Entropia, Ecologia, Economia"), publicado em 1979 por Serge Latouche, é frequentemente citado como um marco inicial no desenvolvimento do conceito. Latouche criticava o paradigma do crescimento econômico infinito, argumentando que ele leva a uma exploração insustentável dos recursos naturais e a desigualdades sociais. Embora o decrecimento seja um conceito multidimensional, com implicações sociais, econômicas e ambientais, vamos nos concentrar em como ele propõe mudanças para interromper as mudanças climáticas, com base em pesquisas científicas.

O atual modelo de crescimento econômico baseado na exploração contínua de recursos naturais e na queima de combustíveis fósseis não demonstra, com base nos resultados

supracitados, que está regredindo, mas, sim, que está contribuindo para o aumento das emissões de gases de efeito estufa. O decrescimento propõe algumas medidas para enfrentar esse problema, como redução do consumo excessivo, reorganização dos sistemas de transporte, transição para fontes de energia renováveis, agricultura sustentável e redução do desperdício alimentar e mudanças nos sistemas financeiros e econômicos.

Essas são algumas das mudanças propostas pelo decrescimento com base em pesquisas científicas. É importante ressaltar que o decrescimento não sugere uma redução indiscriminada e abrupta da atividade econômica, mas sim uma transição planejada e gradual para um modelo mais sustentável, que leve em consideração os limites do planeta e as necessidades humanas. A pesquisa científica desempenha um papel fundamental na identificação e avaliação dessas medidas, fornecendo informações embasadas para orientar a tomada de decisões em direção a uma economia mais sustentável e resiliente frente às mudanças climáticas.

Várias correntes de pensamento e movimentos sociais têm contribuído para o desenvolvimento e a disseminação do conceito de decrescimento em diferentes partes do mundo, incluindo o Brasil. No Brasil, o debate sobre o decrescimento tem sido influenciado por diferentes perspectivas, como a ecologia política, o movimento ambientalista e a economia ecológica. Alguns pesquisadores brasileiros têm abordado a temática do decrescimento em suas pesquisas e publicações, buscando entender os desafios do modelo de crescimento econômico e propor alternativas mais sustentáveis. Um exemplo de contribuição brasileira é o livro "Decrescimento: Viver Bem com Menos" (2019), organizado por Ana Esther Ceceña e Francisco de Oliveira, que reúne ensaios de pesquisadores brasileiros e estrangeiros sobre as questões relacionadas ao decrescimento e seus desafios no contexto brasileiro.

O movimento ambientalista brasileiro tem abraçado algumas das ideias do decrescimento, promovendo a conscientização sobre os limites ecológicos do crescimento econômico e a necessidade de uma transição para um modelo mais sustentável. Embora o conceito de decrescimento ainda seja uma perspectiva relativamente marginal no contexto brasileiro, o debate e a pesquisa científica sobre o tema estão em desenvolvimento, contribuindo para a reflexão crítica sobre o atual modelo de desenvolvimento e para a busca de alternativas mais sustentáveis e equitativas. O livro *Pós-extrativismo e decrescimento*, de

Alberto Acosta e Ulrich Brand (2018) traz algumas alternativas que combinam decrescimento e pós-extrativismo, dados os seguintes pontos:

No Brasil, alternativas ao decrescimento têm ganhado força, como o pós-extrativismo, haja vista que o cenário europeu é bastante diferente da América latina, portanto o decrescimento será aplicável à realidade de onde ele se consolidou. Sendo assim, o pós-extrativismo se baseia em alguns pontos: Diversificação econômica: Acosta e Ulrich (2018) apontam que o pós-extrativismo propõe a diversificação da economia, buscando reduzir a dependência de setores extrativistas. Também, mostra que a diversificação econômica pode contribuir para a resiliência econômica, promover a criação de empregos em setores mais sustentáveis e impulsionar a inovação tecnológica.

No que diz respeito à participação e governança, o texto enfatiza a importância da participação e da governança democrática na tomada de decisões relacionadas aos recursos naturais. Os autores ressaltam que a inclusão de comunidades locais e povos indígenas na governança dos recursos pode levar a decisões mais sustentáveis, garantir a proteção ambiental e promover a justiça social. Além disso eles dão alternativas ao extrativismo, como o incentivo ao turismo sustentável, uma agricultura orgânica e energia renovável. Segundo ambos, essas alternativas podem proporcionar benefícios econômicos, sociais e ambientais, contribuindo para a transição para um modelo pós-extrativista.

Outro ponto defendido por Acosta e Ulrich (2018) é a valorização dos saberes locais, reconhecendo a importância e necessidade das práticas e conhecimentos dos povos tradicionais das regiões, e como eles gerem seus recursos naturais. Desse modo, segundo eles, é possível abordar a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável de modo mais holístico e adaptável.

O livro "A Natureza como Limite da Economia" é um livro escrito pelo economista britânico Herman E. Daly. Publicado em 1996, e pode ser observado como um bom exemplo de como devemos limitar a produção caso queiramos estender nosso tempo no planeta. O livro aborda a relação entre a economia e o meio ambiente, defendendo a ideia de que a natureza impõe limites ao crescimento econômico.

Daly (1996) argumenta que o modelo econômico dominante, baseado no crescimento contínuo do Produto Interno Bruto (PIB), é insustentável e está levando a uma série de crises ambientais. Ele questiona a crença de que a economia pode crescer indefinidamente em um

planeta finito, alertando para os impactos negativos desse crescimento desenfreado, como a degradação ambiental, o esgotamento dos recursos naturais e as mudanças climáticas. O autor propõe uma abordagem alternativa baseada na economia ecológica, que reconhece a dependência da economia em relação aos serviços e recursos fornecidos pela natureza. A economia deve “operar dentro dos limites da capacidade regenerativa e de suporte dos ecossistemas, respeitando os ciclos naturais e promovendo a sustentabilidade.” Um dos principais conceitos discutidos no livro é o de “capital natural”.

Os recursos naturais, como florestas, água, solo e biodiversidade, são uma forma de capital que sustenta a economia. Assim como o capital financeiro, o capital natural também possui limites e deve ser preservado e gerenciado de forma sustentável. Um ponto destacado no livro que vai de encontro ao decrescimento e ao pós-extrativismo é o da necessidade de repensar o conceito de progresso. Outra crítica é feita ao crescimento econômico como sinônimo de progresso. Essa ideia de progresso fracassou há algum tempo, em função do aumento da miséria, das desigualdades sociais etc. Sabe-se que o verdadeiro crescimento deve ser medido em termos de qualidade de vida, bem-estar humano e sustentabilidade ambiental.

Assim, Daly (1996) propõe uma economia voltada para o desenvolvimento humano, em que o objetivo central seja melhorar a qualidade de vida das pessoas, em vez de aumentar o consumo material. “A Natureza como Limite da Economia” oferece uma visão crítica do modelo econômico convencional e propõe uma abordagem mais holística e sustentável, e que é necessário repensar a relação entre a economia e o meio ambiente, reconhecendo os limites impostos pela natureza e promovendo um desenvolvimento que seja verdadeiramente sustentável.

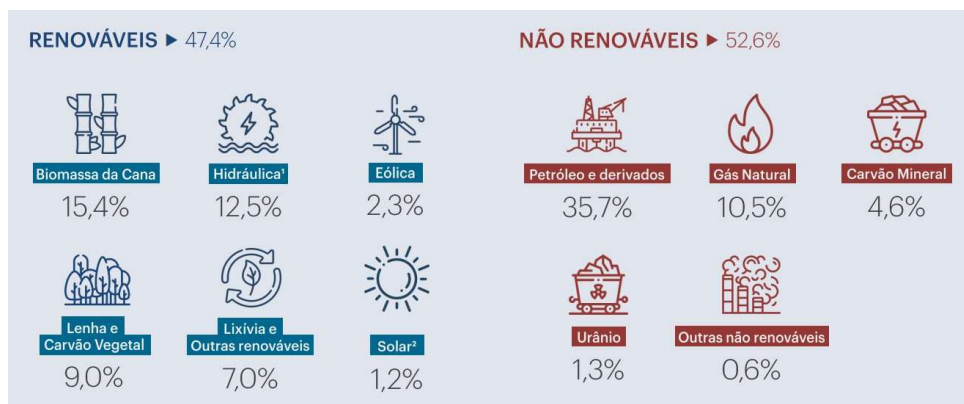
3. RESULTADOS

3.1 Cenário Energético Nacional

Antes de adentrarmos mais a fundo no cenário energético brasileiro, é importante fazer uma breve discussão sobre a posição do Brasil no cenário mundial de capacidade e geração de energia renovável. De acordo com um levantamento feito pela Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), em 2021 o Brasil ocupava a terceira posição entre os países com a maior capacidade e geração de energia renovável no mundo, ficando atrás apenas da China e dos Estados Unidos, com capacidade energética renovável de 161.135,9 MW e gerando 507.666,6 GWh. O colocando à frente de todos os países da União Europeia e em segundo entre os países em desenvolvimento.

O Brasil possui uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo, devido à sua dependência significativa de fontes como hidroeleticidade, biomassa e energia eólica. A energia hidrelétrica tem sido historicamente a principal fonte de energia renovável do país. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia do Brasil, em 2020, a energia produzida pela força das águas representou cerca de 62% da capacidade instalada e 68% da geração de eletricidade no país. Contudo, o uso dessa fonte energética tem diminuído, justificado pela busca por diversificação em outras fontes de energias renováveis.

Figura 5 - Capacidade das fontes energéticas



Fonte: EPE, 2022.

A biomassa também desempenha um papel relevante na matriz energética brasileira. O país é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar, e parte dessa biomassa é convertida em biocombustíveis, como o etanol, usado principalmente nos veículos. Além disso, a

biomassa também é utilizada na cogeração de energia elétrica, especialmente por meio da queima de resíduos agrícolas e florestais. A participação da biomassa advinda da cana na geração de eletricidade no Brasil foi de cerca de 8% em 2020. A energia eólica tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos. O Brasil possui um dos maiores potenciais eólicos do mundo, especialmente em regiões costeiras e em algumas áreas do interior do país.

A energia solar também tem experimentado um rápido crescimento. O Brasil possui um alto potencial para a geração de energia solar, especialmente nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. Dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) indicam que a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica atingiu cerca de 9 GW em 2020, representando aproximadamente 5% da capacidade instalada total. É importante destacar a descentralização na matriz solar, tanto na geração de energia elétrica quanto na utilização térmica para aquecimento de águas, o que possibilita aos habitantes do país ter sua pequena geração e aproveitamento solar em suas residências e/ou pequenos comércios e indústrias locais. A micro e a mini gerações descentralizada de energia, de acordo com o Balanço Energético Nacional de 2022, teve seu crescimento incentivado por ações regulatórias nacionais, como a compensação de energia excedente produzida em pequenos sistemas e esses sistemas alcançaram no dito ano a expressiva geração de 9.810 GWh, liderada pela energia solar, com 9.019 GWh.

3.2. Planos e Programas no Brasil para Energia Renovável

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, conhecido como PROINFA, foi um programa do governo brasileiro criado em 2002 com o objetivo de promover a diversificação da matriz energética do país, incentivando a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis não convencionais. Ele tinha como meta a contratação de 3.300 MW de capacidade instalada de energia elétrica proveniente de fontes como biomassa (cana-de-açúcar, resíduos agrícolas, resíduos urbanos), energia eólica e energia pequenas centrais hidrelétricas (PCHs). Foi o primeiro programa brasileiro a adotar um modelo de leilões para contratação de energia de fontes alternativas. Os leilões do PROINFA permitiam que projetos de energia renovável se candidatassem para receber

contratos de longo prazo para venda de energia elétrica. Esses contratos garantiam a compra da energia gerada pelos projetos a preços fixos, oferecendo segurança e estabilidade para os investidores.

O programa foi implementado em três fases, cada uma com um conjunto específico de fontes de energia. A primeira fase do PROINFA foi dedicada à biomassa, com contratação de projetos de usinas termelétricas movidas a bagaço de cana-de-açúcar e outros resíduos agrícolas. A segunda fase foi voltada para a energia eólica, com a contratação de parques eólicos. Na terceira fase, foram contratadas pequenas centrais hidrelétricas. Esse incentivo trouxe benefícios importantes para o setor energético brasileiro. Além de diversificar a matriz energética, promovendo o uso de fontes limpas e renováveis, o programa impulsionou o desenvolvimento da indústria de energia eólica no país, colocando o Brasil como um dos líderes mundiais nesse setor.

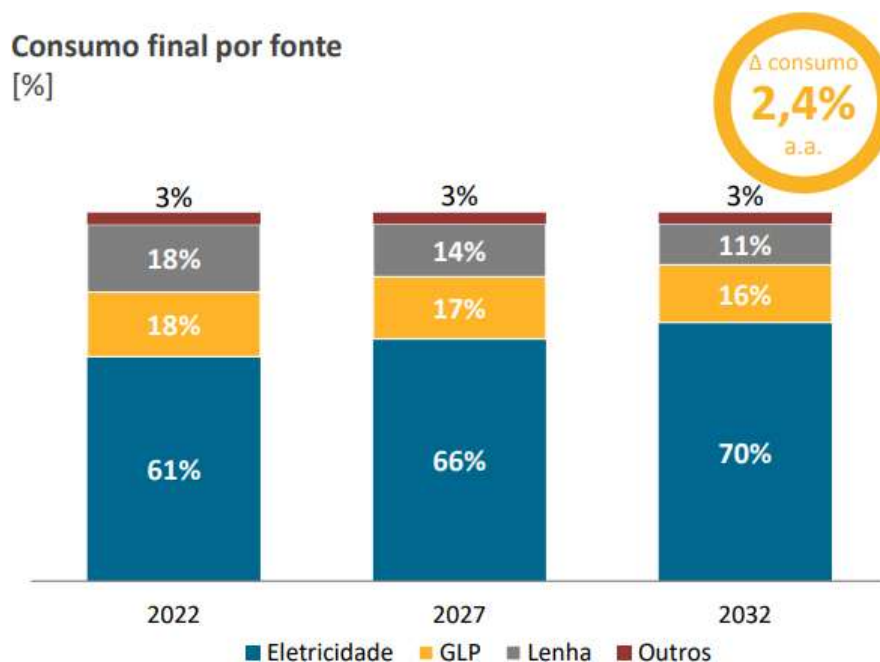
No entanto, o PROINFA não é, até hoje, livre de desafios e críticas. Uma delas é o fato de que houve atraso na implementação do programa, dificuldades na obtenção de licenciamentos ambientais e questões relacionadas à viabilidade econômica dos projetos contratados. Dados da ANEEL apontam que a previsão para 2023 das usinas do PROINFA é de 11.202.147 MWh, divididos entre distribuidoras, cooperativas e consumidores livres da rede básica, permissionária e das distribuidoras.

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) também representa um importante incentivo nacional à expansão do setor. O último é datado de 2022, com vigência de dez anos como o nome diz, o que o estende até 2032. Ele é elaborado e desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), sob a regulamentação do Ministério de Minas e Energia. O programa é uma forma de municiar decisões políticas sobre o setor e ditar os caminhos futuros para a produção, distribuição e consumo de energia, estudando cenários e adequando à realidade nacional.

Dados do último caderno de demanda do PDE mostram que o consumo nacional de energia elétrica aumentará em 9% até 2032, o que implica na urgência da expansão e da renovabilidade da matriz energética, para que seja possível atender ao consumo de forma correta e renovável. É importante ressaltar que, apesar da presença significativa de fontes renováveis, o Brasil ainda depende de combustíveis fósseis, principalmente petróleo e gás natural, para atender à demanda energética. No entanto, o país tem buscado aumentar a

participação de fontes renováveis em sua matriz energética, por meio de políticas e metas estabelecidas, como o Plano Nacional de Energia 2050.

Figura 6 - Consumo Final Por Fonte



Fonte: Caderno de Eficiência e Demanda Energética/EPE, 2022.

O Plano Nacional de Energia 2050, estabelecido pelo Governo Federal em dezembro de 2020, estabelece metas para a diversificação da matriz energética brasileira e a ampliação do uso de fontes renováveis. O plano busca aumentar a participação de energias renováveis, como a solar e a eólica, na matriz elétrica do país, além de promover a eficiência energética e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Uma das ferramentas do Plano, é o Painel PNE 2050. O painel contempla um conjunto de estudos para suportar a estratégia de longo prazo para a expansão do setor energético e, para cada questão abordada, são avaliados os desafios que afetem as tomadas de decisão no setor, recomendações e plano de ações para os decênios seguintes.

O RenovaBio surgiu como um programa brasileiro de política pública destinado a promover a produção e o uso de biocombustíveis no país, com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa no setor de transporte. Ele foi criado por meio da Lei nº

13.576/2017, com regulamentação pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). O programa busca incentivar a expansão da produção de biocombustíveis, como o etanol, biodiesel e biogás, ao mesmo tempo em que estabelece metas de descarbonização para o setor de combustíveis fósseis. As metas de descarbonização são estabelecidas de forma gradual e revisadas anualmente pela ANP, com base nas emissões de carbono evitadas pelos biocombustíveis em comparação com os combustíveis fósseis.

As empresas produtoras e importadoras de combustíveis fósseis, chamadas de "emissoras de créditos de descarbonização" (CBios), são responsáveis por cumprir as metas estabelecidas, e uma maneira de fazer isso é por meio da compra de CBios gerados pelos produtores de biocombustíveis. O programa visa a, assim, estimular a adoção de fontes renováveis de energia e incentivar a modernização e o crescimento do setor de biocombustíveis, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para o cumprimento das metas assumidas pelo Brasil no Acordo de Paris.

Em 5 de junho de 2018, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) publicou a Resolução nº 5 que, dentre outras determinações, previa metas que tinham como intuito reduzir a emissão de gases que causam o efeito estufa. Além disso, o documento propunha que até 2028 a Intensidade de Carbono Projetada chegasse à 66,75, uma vez que em 2018 esse número era de 73,55. Além disso, a META CBIO, era de 90,1 (em MM), um aumento de 73,3 entre 2019 e 2028

Em dezembro de 2022, foi instituída a Resolução CNPE nº 13, a fim de definir as metas compulsórias anuais de redução de emissões GEE para a comercialização de combustíveis, estabelecendo a meta de 37,47 CBIOs para o ano de 2023. Todos os anos metas preliminares e compulsórias são estabelecidas para o ano seguinte, para que seja possível definir o que se pretende atingir de créditos de descarbonização. Suas metas estabelecidas e o resultado atingido pelo programa fazem com que ele seja considerado o maior incentivador à descarbonização no mundo, e, segundo dados oficiais da ANP, até hoje 97.391.339 toneladas de CO₂ deixaram de ser emitidas à atmosfera em razão do programa. Vale lembrar, também, que em 2022, de acordo com o blog Fenasucro & Agrocana, o saldo de CBIOs atingiu a marca de 39,2 milhões de créditos em dezembro, o que foi 6% a mais do que era esperado para aquele ano. Além disso, de acordo com relatório da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, A ANP, atualmente 325 empresas são certificadas para solicitar a emissão de CBIOs.

3.3. Os biocombustíveis como destaque na renovabilidade energética

Como exemplo, os biocombustíveis são uma categoria de combustíveis derivados de matérias-primas renováveis, como culturas agrícolas, resíduos agrícolas e florestais, algas e até mesmo resíduos orgânicos, e que têm se tornado uma aposta nacional recente para a renovabilidade da matriz. Essa forma de energia renovável tem sido amplamente estudada e pesquisada devido ao seu potencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, diversificar as fontes de energia e diminuir a dependência de combustíveis fósseis.

Um dos biocombustíveis mais conhecidos e utilizados atualmente é o etanol, que é produzido principalmente a partir de culturas como a cana-de-açúcar e o milho. O etanol é uma alternativa aos combustíveis fósseis e pode ser misturado à gasolina em diferentes proporções. De acordo com uma pesquisa publicada no periódico científico *Environmental Science & Technology*, o etanol produzido a partir de cana-de-açúcar no Brasil tem um ciclo de vida com emissões de carbono significativamente menores do que a gasolina. O estudo demonstra que o etanol de cana-de-açúcar pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa em até 90% em comparação com a gasolina. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, a produção de etanol no país atingiu 35,9 bilhões de litros em 2020. O Brasil é o segundo maior produtor de etanol no mundo, atrás apenas dos Estados Unidos. O setor de etanol tem sido impulsionado por investimentos em infraestrutura, tecnologia e pesquisa. Em 2022, de acordo com números divulgados pela Secretaria de Comércio Exterior (Secex), do Ministério da Economia, a exportação de etanol brasileiro alcançou incríveis 2,43 bilhões de litros, representando um aumento de 26,3% em relação a 2021, demonstrando a capacidade de produção deste combustível no país.

Além do etanol, outro tipo de biocombustível em destaque é o biodiesel, que é produzido a partir de óleos vegetais, gorduras animais ou óleos residuais. O biodiesel pode ser usado puro ou misturado ao diesel convencional em diferentes proporções. O biodiesel apresenta vantagens em relação ao diesel de petróleo em termos de emissões de gases de efeito estufa e poluentes locais. Uma pesquisa publicada no periódico *Renewable and*

Sustainable Energy Reviews analisou mais de 100 estudos científicos sobre o impacto do biodiesel nas emissões de carbono e concluiu que, em média, o biodiesel pode reduzir as emissões de carbono em cerca de 50% em comparação com o diesel de petróleo. O Brasil é um dos principais produtores e exportadores de biodiesel no mundo e, de acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a produção de biodiesel no Brasil alcançou 6,5 bilhões de litros em 2020.

O bioquerosene e o biometano também se apresentam como boas alternativas no cenário de biocombustíveis. O primeiro é um biocombustível líquido que pode ser usado como substituto do querosene de aviação, reduzindo as emissões de carbono da aviação. Um estudo publicado no periódico *Energy & Environmental Science* avaliou diferentes rotas de produção de bioquerosene a partir de matérias-primas como óleos vegetais e algas e concluiu que ele pode alcançar emissões de carbono significativamente mais baixas do que o querosene de aviação convencional. Em 2022, a Petrobrás anunciou a implantação de uma planta em Cubatão, município de São Paulo, a primeira unidade no Brasil de produção de bioquerosene de aviação (BioQAV), parte do Plano Estratégico 2023-2027 da companhia, com investimentos que alcançam os US\$600 milhões, garantindo uma redução de 55% a 90% em comparação aos combustíveis derivados do petróleo, como afirma a empresa.

O biometano, por sua vez, é um biocombustível gasoso produzido a partir da decomposição anaeróbica de resíduos orgânicos, como resíduos agrícolas, resíduos de alimentos e esgoto. Um estudo publicado no periódico *Applied Energy* analisou o potencial do biometano na redução das emissões de gases de efeito estufa no setor de transporte rodoviário e concluiu que a substituição do gás natural por biometano pode levar a reduções significativas nas emissões de carbono.

Os biocombustíveis, em especial o etanol, têm ciclo de vida menor que os combustíveis de origem fóssil, o que faz com que esse impacto seja direto na redução da emissão dos GEEs. Outrossim, a cana-de-açúcar, matéria-prima do etanol, é uma cultura que capta CO₂ durante seu crescimento. É possível afirmar a importância dos biocombustíveis no fortalecimento da segurança energética do Brasil, com a iminente redução da importação de combustíveis fósseis. Nota-se que o país é capaz de atender sua demanda interna de energia por meio de biocombustíveis, não ficando suscetível às constantes variações de mercado, principalmente do mercado de petróleo. Deve ser levado em consideração o fato de que o uso em larga escala dos biocombustíveis é um grande desafio, haja vista a disponibilidade de

matéria-prima suficiente e a iminente concorrência com a produção de alimentos. Fato este que reitera a importância da diversificação da matriz energética nacional, de forma que toda a cadeia esteja bem distribuída.

A diversificação da matriz energética tem feito com que o Brasil contribua para o Acordo de Paris, uma vez que ela, como reiterado neste trabalho, ajuda a reduzir a emissão de GEEs, o principal fator do Acordo. Ademais, ele fortalece o desenvolvimento econômico do país através da geração de empregos diretos e indiretos, tanto na implantação das plantas eólicas, no cultivo de cana-de-açúcar e fazendas solares, por exemplo, principalmente em áreas rurais; bem como na operação dessas áreas, que demandam de mão-de-obra ao longo de cadeias extensas de produção, logística e comercialização.

De forma um pouco mais tangente, os estudos que são desenvolvidos acerca do assunto incentivam a pesquisa científica no país, melhorando a eficiência dos processos produtivos, aumentando a produtividade e reduzindo os impactos ao longo da cadeia, fazendo com que o Brasil possa ser competitivo no cenário mundial. Dessa forma, é possível realizar, também, melhores proteção e conservação da biodiversidade, característica essa que é muito atrelada mundialmente ao país, em especial pela tão conhecida região amazônica. Essas estratégias beneficiam o país no que diz respeito ao Programa de REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal), sendo o Brasil um dos pioneiros em sua implantação, garantindo incentivos financeiros para países em desenvolvimento que garantam a conservação e a manutenção de recursos naturais. Em 2022, o Projeto de Lei 6539/19 do Senado Federal do Brasil foi aprovado, e o mesmo atualiza a Lei 12.187, de 2009, para neutralizar 100% das emissões até 2050, em concordância com o que fora firmado em 2015 no Acordo de Paris.

Apesar dos avanços na diversificação da matriz energética, o Brasil ainda enfrenta desafios nesse processo. A dependência de fontes não renováveis, como o petróleo e o carvão mineral, ainda é significativa, principalmente no setor de transporte e na geração termelétrica. A necessidade de infraestrutura adequada, como linhas de transmissão, também é um desafio para o desenvolvimento das fontes renováveis. Além disso, políticas públicas consistentes, marcos regulatórios claros e investimentos contínuos são fundamentais para impulsionar a diversificação da matriz energética de forma sustentável.

Em seu livro *Pequeno Tratado do Decrescimento Sereno*, Serge Latouche defende a autonomia energética local quando afirma que as energias renováveis “são adaptadas às sociedades descentralizadas, sem grandes concentrações humanas. Mas essa dispersão é também uma vantagem: cada região do mundo possui um potencial natural para desenvolver um ou vários negócios de energia renovável”. Ou seja, cada país possui sua forma local e própria de geração de energia não associada aos combustíveis fósseis, e o incentivo à segurança e à autonomia energética favoreceriam a geração de empregos nesses locais e a movimentação da economia com empregos para o país. Outrossim, ele afirma ainda que, se a França possuísse em sua matriz 20% de fontes eólicas ou solares, seriam gerados 240 mil empregos. Se considerarmos que a França tem aproximadamente 4 milhões de desempregados (CEIC data, 2023), isso representaria 5% de desempregados a menos, com somente 20% de participação na matriz energética do país. Há de se pensar, ainda que a renovabilidade da matriz energética de países “desenvolvidos” como a França teria impacto direto nos países extrativistas, visto que o hemisfério Norte tem por histórico a infinita exploração dos países do hemisfério Sul, locais onde a concentração de petróleo é muito alta.

3.4. Como os biocombustíveis têm sido alternativa

Em outubro de 2015, com a publicação da ONU da Agenda 2030, foram estabelecidos os 17 objetivos para o Desenvolvimento Sustentável. Os objetivos estabeleceram, para o ano nomeado na publicação, além dos 17 objetivos, mais 169 metas em escala mundial a fim de encontrar “os direitos humanos para todos e alcançar a igualdade de gênero e o empoderamento de mulheres e meninas”.

Corroborando com o assunto tratado no presente trabalho, e olhando para o documento acima citado, podemos ressaltar dois objetivos da Agenda 2030:

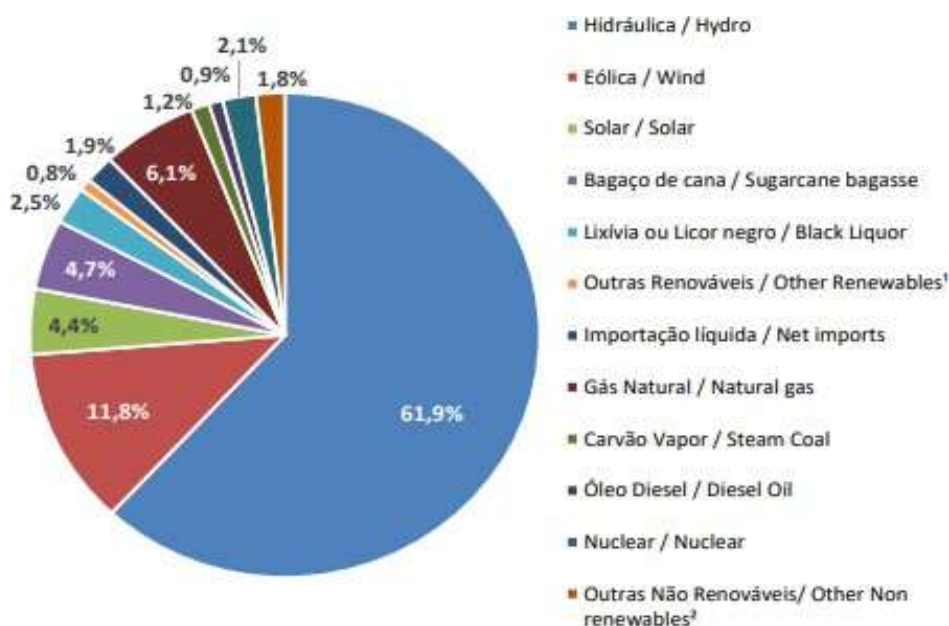
1. Objetivo 7: “Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos”.
2. Objetivo 13: “Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos.”

A partir deles, é possível entender e afirmar que a renovabilidade energética tratada aqui é de suma importância perante à ONU, que tem por objetivo garantir que tenhamos um país com recursos para todos. Frigo (2021) afirma que o acesso a energia de qualidade e em condições

acessíveis garante uma melhor qualidade de vida para os povos, estabelecendo correlação direta do acesso ao IDH dos países. Quanto ao objetivo 13, também já fora demonstrada a necessidade de combate às mudanças climáticas e, portanto, está intrinsicamente ligado ao objetivo 7.

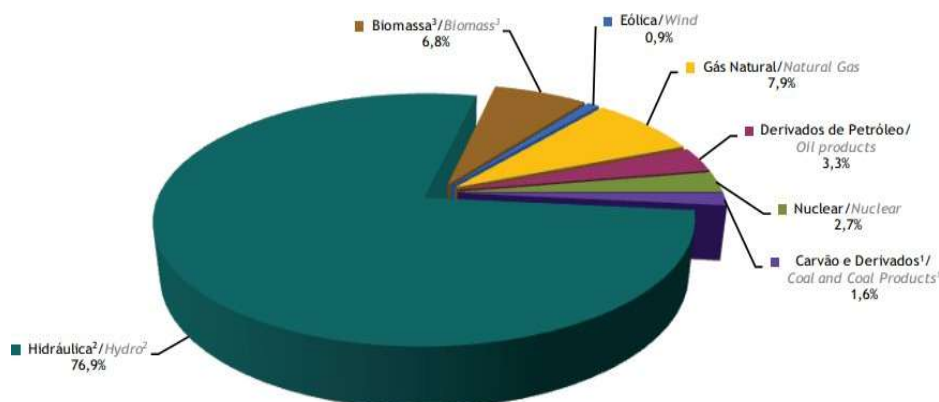
Os biocombustíveis, então, tornam-se uma alternativa bastante explorada no Brasil desde o decreto que fundaria o RenovaBio como uma política nacional de incentivo aos biocombustíveis, visando a, mas não somente, ir em direção aos objetivos mencionados anteriormente. Na Figura 7 e na Figura 8 fica evidente a expansão do uso de biocombustíveis para geração de energia no país.

Figura 7 – Oferta Interna de Energia Elétrica por fonte em 2022



Fonte: Balanço Energético Nacional, EPE, 2022

Figura 8 - Oferta Interna de Energia Elétrica por fonte em 2012



Fonte: Balanço Energético Nacional, EPE, 2012

Na Figura 9 também é possível ver como a capacidade instalada para produção de Biodiesel se expandiu ao longo dos últimos 17 anos, gerando uma produção de quase 240 mil barris por dia.

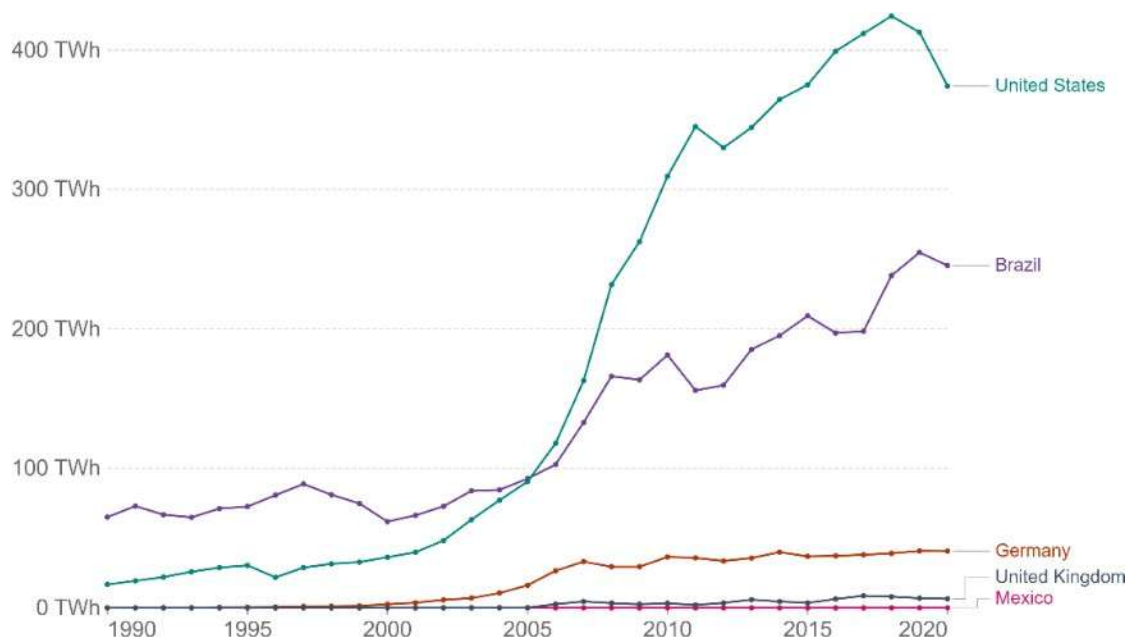
Figura 9 – Capacidade Instalada para Produção de Biodiesel

ANO / YEAR	b/ dia (day)	ANO / YEAR	b/ dia (day)
2005	1.470	2014	133.114
2006	11.005	2015	128.099
2007	42.651	2016	128.820
2008	57.131	2017	133.406
2009	75.681	2018	149.194
2010	100.601	2019	160.819
2011	116.678	2020	178.578
2012	129.367	2021	213.436
2013	138.110	2022	235.421

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2023 / Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP)

Além disso, em 1973, a produção nacional era de 30,48 EJ, saltando para 57 EJ em 2019 (Balanço Energético Nacional, EPE, 2023). Um artigo do Environmental Protection Agency (EPA) demonstrou que os biocombustíveis são uma saída potencial para os indesejáveis impactos de combustíveis fósseis, e que eles podem reduzir, não somente os impactos ambientais, mas também a dependência externa de combustível, garantindo, assim, vantagem socioeconômica para o país. No gráfico abaixo, é possível ver o considerável salto dos Estados Unidos e do Brasil como líderes na produção de biocombustíveis, concluindo que essas vantagens também podem ser percebidas no Brasil. O gráfico apresenta a produção total de biocombustíveis em TWh por ano, e ela inclui bioetanol e biodiesel.

Figura 10 – Produção de Biocombustíveis



Fonte: Our World in Data / BP Statistical Review of World Energy

Logo, após toda a pesquisa e os argumentos apresentados, é possível apreender que estes biocombustíveis evidenciam a tendência de crescimento dos esforços em busca por fontes de energia renováveis para suprir a demanda da matriz energética brasileira. E isso se dá com base na comparação dos gráficos a seguir, retirados do Balanço Energético Nacional de 2013 e de 2023, produzidos pela Empresa de Pesquisa Energética em conjunto com o Ministério de Minas e Energia.

O que os gráficos e tabelas nos mostram é que, nas últimas décadas, foi notório o crescimento e os incentivos, em grande parte, para uso de biocombustíveis na matriz energética do Brasil, o que corrobora o que esse trabalho discute. Além disso, eles também fortalecem o argumento principal dessa pesquisa, que é o fato de que ambas são determinantes para a renovabilidade da matriz energética brasileira. Outro fator que deve ser observado com atenção, devido à sua relevância, é que, apesar de ainda ser a principal fonte energética, tem havido uma queda considerável no uso da fonte hidráulica.

Por fim, mas não menos importante, a discussão sobre os nove limites planetários, Johan Rockström *et al.* (2009), integra os argumentos utilizados na defesa do uso de fontes energéticas renováveis no que diz respeito à contenção das mudanças climáticas. De acordo com eles:

The planet was largely ice free until atmospheric CO₂ concentrations fell to 450 ppm (± 100 ppm), indicating a danger zone when concentrations of CO₂ rise within the range of 350–550 ppm (Hansen et al. 2008). Despite uncertainties related to the degree of hysteresis in the relationship between ice growth and ice creation in response to temperature change, the above suggests that raising CO₂ concentration above 350 ppm may lead to crossing a threshold that results in the eventual disappearance of some of the large polar ice sheets, with a higher risk of crossing the threshold as the CO₂ concentration approaches the upper end of the range (ROCKSTROM *et al*, 2009, online)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As hidrelétricas continuam sendo primordiais para a matriz energética nacional, uma vez que elas ainda são bastante exploradas no país. Também se faz importante ressaltar que grande parte de sua capacidade está instalada na Amazônia, lugar que contempla grande parte das áreas de preservação permanente e que sofre com um contexto socioeconômico vulnerável e com dificuldades de exploração.

Ainda, de acordo com os dados e gráficos, é possível perceber que há uma gama variada de outras fontes, como lixo, carvão vegetal e óleo diesel, que não foi pesquisado mais a fundo nesse trabalho, mas que também contemplam as fontes renováveis e exemplifica outras possibilidades de fontes energéticas.

Um artigo do Departamento Americano de Agricultura demonstrou algumas razões para o investimento do Brasil em biocombustíveis, neste caso principalmente em etanol de cana-de-açúcar, para que haja nacionalmente a garantia do atendimento à demanda interna de energia, uma resposta para a alta do preço mundial de cana e a possibilidade de exportar combustível gerado a partir desta matéria-prima, além de minimizar as emissões de GEEs. A infraestrutura e a alta demanda energética mundial são possíveis obstáculos para isso, porém os incentivos nacionais já compõem parte das políticas de renovabilidade nacional.

Latouche (2006) acredita na melhor distribuição de terras para a produção correta de alimentos, para que haja mais igualdade e alimentação de todos, além da plantação orgânica de tais alimentos. A terra bem distribuída pode garantir também que haja uma logística onde os ganhos sejam distribuídos entre as famílias, de forma que não haja campos gigantescos de monocultura, atendendo aos interesses nacionais de produção de energia, mas também de distribuição econômica mais igualitária.

Ou seja, o que os autores sugerem é que apenas com a diminuição da incidência de CO₂ na atmosfera que poderemos, objetivamente, mitigar os impactos das mudanças climáticas no planeta. Dessa forma, Rockström *et al.* fortalece ainda mais o argumento de que o uso e a pesquisa por outras fontes de energia renovável é um dos caminhos mais viáveis para evitar a emissão de tais gases a partir da capitalização de créditos de descarbonização. Logo, deve partir da iniciativa governamental programas como o Plano

Decenal de Expansão Energética, que busca incentivar que mais e mais empresas assumam esse compromisso.

Portanto, é de crença do autor do presente trabalho que os biocombustíveis podem ser fator determinante na renovabilidade da matriz energética do Brasil, aliados às propostas do Decrescimento para mitigação das mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, Alberto; BRAND, Ulrich. **Pós-extrativismo e decrescimento: saídas do labirinto capitalista**. São Paulo: Editora Elefante, 2018. 224 p.
- ARIÈS, Paul. **Décroissance ou barbarie**. França: Golias, 2005. 162 p.
- ARIÈS, Paul. **La décroissance - un nouveau projet politique**. França: Golias, 2010. 367 p.
- BOLOGNA, Mauro; AQUINO, Gerardo. Deforestation and world population sustainability: a quantitative analysis. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 1-9, 6 maio 2020. Springer Science and Business Media LLC.
<http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-63657-6>. Disponível em:
<https://www.nature.com/articles/s41598-020-63657-6>. Acesso em: 21 abr. 2021.
- CECHIN, Andrei. **A Natureza Como Limite da Economia**: a contribuição de nicholas georgescu-roegen. São Paulo: Edusp, 2010. 364 p.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. O decrescimento. Entropia. Ecologia. Economia. São Paulo: Senac, 2012.
- CLIMÁTICAS, Painel Brasileiro de Mudanças. **Brasil vai na contramão do mundo e aumenta emissões com desmatamento**. Disponível em:
<http://pbmc.coppe.ufrj.br/index.php/en/news/1177-brasil-vai-na-contramao-do-mundo-e-aumenta-emissoes-com-desmatamento>. Acesso em: 23 jul. 2023.
- ENERGIA, Ministério de Minas e. **Balanço Energético Nacional**. Brasília: Epe, 2023. Disponível em:
<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>. Acesso em: 09 ago. 2023.
- ENERGIA, Ministério de Minas e. **Relatório Síntese 2022**. Brasília: Epe, 2022. 67 p. Disponível em:
https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 03 ago. 2023.
- HOFER, Rainer. History of the Sustainability Concept - Renaissance of Renewable Resources. In: HOFER, R. Sustainable Solutions for Modern Economies. Londres: Royal Society of Chemistry, 2009.
- LATOUCHE, Serge. **Pequeno tratado do decrescimento sereno**. São Paulo: Wmf Martins Fontes, 2009. 187 p. Tradução de: Claudia Berliner.
- JONG, Pieter de; *et al.* Hydroelectric production from Brazil's São Francisco River could cease due to climate change and inter-annual variability. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 634, p. 1540-1553, set. 2018. Elsevier BV.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.256>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718310143>. Acesso em: 19 jun. 2021.

FRIGO, Giovanni; BAUMANN, Manuel; HILLERBRAND, Rafaela. Energy and the Good Life: Capabilities as the Foundation of the Right to Access Energy Services, *Journal of Human Development and Capabilities*, 22:2, 218-248. Acesso em 28 ago. 2023.

JONAS. **Serge Latouche, o precursor da teoria do decrescimento, defende uma sociedade que produza menos e consuma menos.** 2013. Disponível em: <https://www.ihu.unisinos.br/noticias/523299-serge-latouche-o-precursor-da-teoria-do-decrescimento-defende-uma-sociedade-que-produza-menos-e-consuma-menos>. Acesso em: 15 jun. 2021.

LEME, Patrícia Cristina Silva; MORTEAN, Alan Frederico; BRANDÃO, Maicom Sergio. **Sustentabilidade em eventos acadêmicos:** guia prático para instituições de educação superior. São Paulo: Eesc/Usp, 2014. 100 p.

PRIZIBISCZKI, Cristiane. **O Brasil no relatório do IPCC – o que podemos esperar do futuro no cenário de mudanças climáticas.** Disponível em: <https://oeco.org.br/reportagens/o-brasil-no-relatorio-do-ipcc-o-que-podemos-esperar-do-futuro-no-cenario-de-mudancas-climaticas/>. Acesso em: 29 jul. 2023.

ROCKSTRÖM, Johan *et al.* Planetary Boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology & Society**, Brasília, v. 14, n. 32, [online], 2009. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>. Acesso em: 28 jul. 2023.

SENTHILINGAM, Meera. **How climate change is affecting your health.** 2016. Disponível em: <https://www.lshtm.ac.uk/research/research-action/features/how-climate-change-affecting-your-health>. Acesso em: 21 abr. 2021.

VAN ZON, Henk. **Geschiedenis & duurzame ontwikkeling: duurzame ontwikkeling in historisch perspectief:** enkele verkenningen. 5. ed. Holanda: Netwerk Duurzaam Hoger Onderwijs, 2002. 135 p.

VALDES, Constance. **Can Brazil Meet the World's Growing Need for Ethanol? 2011.** Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2011/december/can-brazil-meet-the-world-s-growing-need-for-ethanol/#:~:text=The%20push%20to%20promote%20Brazil%27s,in%20the%20international%20sugar%20market>. Acesso em: 29 ago. 2023.