



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS - CCS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA E MEIO AMBIENTE

**TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA VERDE NO BRASIL: DESAFIOS,
OPORTUNIDADES E PARCERIAS ESTRATÉGICAS**

HUGO GERÔNIMO REBOLEDO SCIANCA

ORIENTADORA: REJANE CRISTINA DE ARAÚJO RODRIGUES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

RIO DE JANEIRO, 25 DE MAIO DE 2024

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

Centro de Ciências Sociais

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao programa de graduação em Geografia da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de graduação.

Rio de Janeiro, 25 de Maio de 2024.

BANCA EXAMINADORA

NOME DO AVALIADOR (Instituição)

NOME DO AVALIADOR (Instituição)

Resumo

SCIANCE Hugo TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA VERDE NO BRASIL: DESAFIOS, OPORTUNIDADES E PARCERIAS ESTRATÉGICAS Rio de Janeiro, 2024. Número de páginas p 44. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Geografia e Meio Ambiente. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Palavras-chave Sustentabilidade. Descarbonização. Cooperação Internacional.

RESUMO

O presente trabalho explora a transição para uma economia verde no Brasil, analisando três áreas-chave: energia solar, bioeconomia e cooperação internacional para produção de hidrogênio verde. Através de notícias recentes, o estudo examina as iniciativas em andamento e identifica desafios e oportunidades para uma transição bem-sucedida. Na área de energia solar, observa-se um crescimento significativo, sinalizando uma tendência positiva para diversificação da matriz energética. A bioeconomia é destacada como uma estratégia importante para descarbonização, com potencial para gerar faturamento industrial e reduzir emissões de gases de efeito estufa. A cooperação internacional, especialmente a parceria entre Brasil e Alemanha para a produção de hidrogênio verde, demonstra como alianças globais podem impulsionar a transição energética. Apesar dos avanços, ainda existem desafios significativos. A regulamentação clara, a coordenação de políticas públicas e a inclusão social são elementos cruciais para o sucesso da transição. A necessidade de infraestrutura adequada, investimento em pesquisa e desenvolvimento, e uma abordagem inclusiva são aspectos que devem ser considerados para garantir que a transição para uma economia verde seja sustentável e justa. O trabalho destaca a importância de uma abordagem integrada que equilibre crescimento econômico, sustentabilidade ambiental e inclusão social, estabelecendo uma base sólida para um futuro mais sustentável.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Descarbonização. Cooperação Internacional.

ABSTRACT

This work explores the transition to a green economy in Brazil, analyzing three areas: solar energy, bioeconomy and international cooperation for the production of green hydrogen. Through recent news, the study examines initiatives and identifies challenges and opportunities for a successful transition. In the area of solar energy, significant growth has been observed, signaling a positive trend towards diversification of the energy matrix. The bioeconomy is highlighted as an important strategy for decarbonization, with the potential to generate industrial revenue and reduce greenhouse gas emissions. International cooperation, especially the partnership between Brazil and Germany for the production of green hydrogen, demonstrates how global alliances can boost the energy transition. Despite advances, significant challenges remain. Clear regulation, coordination of public policies and social inclusion are crucial elements for the success of the transition. The need for adequate infrastructure, investment in research and development, and an inclusive approach are aspects that must be considered to ensure that the transition to a green economy is sustainable and fair. The work highlights the importance of an integrated approach that balances economic growth, environmental sustainability and social inclusion, establishing a solid foundation for a more sustainable future.

Key-words: Sustainability. Decarbonization. International cooperation.

Lista de Siglas

IBGE.....Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PUC- Rio.....Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

ANEEL.....Agencia Nacional de Energia Elétrica

PUC- Rio.....Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

UFMGUniversidade Federal de Minas Gerais

UFRJUniversidade Federal do Rio de Janeiro

ABCE Associação Brasileira de Companhias de Energia Elétrica

FGV Fundação Getulio Vargas

MME..... Ministério de Minas e Energia

Lista de figuras

Figura 1	-.....P.33
Figura 2	-.....P.35
Figura 3	-.....P.37
Figura 4	-.....P.39

Lista de Gráficos

Gráficos 1 -	P.20
Gráficos 2 -	P.20
Gráficos 3 -	P.21
Gráficos 4 -	P.22
Gráficos 5 -	P.22
Gráficos 6 -	P.22
Gráficos 7 -	P.23
Gráficos 8 -	P.25
Gráficos 9 -	P.26
Gráficos 10 -	P.26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 BREVE HISTÓRICO DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	9
3 A ENERGIA RENOVÁVEL	10
3.1 ENERGIA HIDRÁULICA	10
3.2 ENERGIA SOLAR	11
3.3 ENERGIA EÓLICA	
3.4 BIOMASSA	13
3.5 HIDROGÊNIO	13
4 EVOLUÇÃO DA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA	15
4.1 DIVERSIDADE DA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA EM COMPARAÇÃO COM O MUNDO E AS GRANDES POTÊNCIAS	25
4.2 PROJEÇÕES PARA O FUTURO EM TERMOS DE PRODUÇÃO ELÉTRICA E TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO DAS FONTES DE ENERGIA	27
5 RUMO A UMA ECONOMIA VERDE: PARCERIAS E POLÍTICAS PARA UMA TRANSIÇÃO SUSTENTÁVEL	31
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1 INTRODUÇÃO

A busca por uma economia verde é um dos maiores desafios do século XXI, exigindo a reconciliação entre crescimento econômico, sustentabilidade ambiental e inclusão social. O Brasil, como uma das maiores economias do mundo e detentor de uma rica diversidade biológica, encontra-se numa posição única para liderar essa transição. A abordagem brasileira para a economia verde envolve uma complexa rede de parcerias, políticas públicas e inovação tecnológica.

Este trabalho explora a dinâmica da transição para uma economia verde no Brasil, dividindo-se em três partes que tratam de aspectos críticos desse processo. A primeira parte faz um apanhado histórico da geração e gestão da energia elétrica no Brasil a partir do século 19

Na segunda parte, o foco recai sobre a análise inclui um estudo sobre as diferentes fontes de energia renováveis suas características e particularidades

A terceira parte aborda as parcerias e políticas necessárias para uma transição sustentável, destacando a cooperação internacional e as iniciativas nacionais. Exemplos como o empréstimo do Banco Mundial para projetos de sustentabilidade no Rio de Janeiro e a parceria entre Brasil e Alemanha para a produção de hidrogênio verde são discutidos, mostrando como a colaboração internacional pode ser uma ferramenta poderosa para promover práticas verdes e inovadoras.

Ao longo deste trabalho, é evidente que a transição para uma economia verde no Brasil é um processo multidimensional, exigindo uma combinação de ações locais e cooperação global. Este estudo busca oferecer uma visão abrangente dos esforços do Brasil em direção a uma economia mais sustentável, destacando as oportunidades, desafios e a importância de uma abordagem inclusiva para atingir esse objetivo.

2 BREVE HISTÓRICO DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

A Geração de energia elétrica foi iniciada no século 19 no governo de Dom Pedro II como pode ser visto de acordo com as informações disponíveis no site da

companhia mineira de eletricidade CEMIG e no site Memória da Eletricidade (mantido pela própria CEMIG, pela Light, pela Eletrobrás e pela ABCE – Associação Brasileira de Companhias de Energia Elétrica), o uso e a produção de energia elétrica no Brasil remontam ao século XIX, quando a primeira usina hidrelétrica foi construída no país, na cidade de Diamantina, convertendo a energia potencial fornecida pelas águas do Ribeirão do Inferno, em 1883. No mesmo ano, D. Pedro II, tendo cedido a Thomas Edison o privilégio de introduzir no país aparelhos de sua invenção, destinados à utilização da luz elétrica, tendo sido inaugurado na cidade de Campos (RJ) o primeiro serviço público municipal de energia elétrica do Brasil e da América do sul. Houve, porém, instalações anteriores em pontos isolados, como a instalação de iluminação permanente (em 1879) da Estação Central da Estrada de Ferro Dom Pedro II.

Na década seguinte, após algumas novas instalações (como o serviço permanente de bondes elétricos, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro em 1892, e a inauguração do serviço de iluminação elétrica em Belo Horizonte, logo na véspera da fundação da própria cidade, em 1897), entrou também em operação a usina hidrelétrica Parnaíba, possuindo barragem com mais de 15 metros de altura. Pouco tempo depois, no início do século XX, também foi criado o primeiro texto de lei que objetivava disciplinar o uso da energia elétrica no país. Novas regulamentações e instituições envolvendo o uso e a geração de energia (principalmente de fonte hidrelétrica) foram criadas no início do século XX, muitas pelo presidente Getúlio Vargas, sendo elas: o Código de Águas (que concedia ao poder público o controle sobre as concessionárias de energia elétrica) em 1934, o Conselho Nacional de Água e Energia (CNAE), a regulamentação da situação das usinas termelétricas do país (com integração ao Código de Águas), e a regulamentação do “custo histórico” para o cálculo das tarifas de energia. Essas mudanças ocorreram concomitantemente com a aceleração do desenvolvimento econômico Brasileiro.

Em 1960, como parte do Plano de Metas do governo de Juscelino Kubitschek, foi criado o Ministério das Minas e Energia, MME, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) começou seu funcionamento, e em 1985, foi construído o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), incentivando a racionalização do uso da energia elétrica. Foi também no

mesmo ano que entrou em operação a Usina Termonuclear Angra I, a primeira usina nuclear do Brasil. Outros projetos de usinas termonucleares brasileiras foram delegados, posteriormente, a Eletrobrás Termonuclear S.A, criada em 1997. No ano 2000, foi instituído o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) com a atribuição de formular e propor as diretrizes da política energética nacional.

Com esse cenário, o Brasil é um caso muito especial pois revela se que a matriz energética Brasileira, como um todo, apresenta forte participação de fontes renováveis. Levando em conta a matriz energética mundial, conforme dados da IEA 2018, somente 2% da energia produzida provém de fontes renováveis e segundo os dados da EPE, com relação ao ano de 2020, 48,4% da energia produzida no Brasil era proveniente de fontes renováveis.

3 A ENERGIA RENOVÁVEL

A energia renovável por definição são consideradas aquelas que se renovam constantemente ao serem usadas. São exemplos de fontes renováveis: hídrica (energia da água dos rios), solar (energia do sol), eólica (energia do vento), biomassa (energia de matéria orgânica), geotérmica (energia do manto da Terra e vulcões) e oceânica (energia das marés e das ondas) a seguir irei enumerar as características de cada uma delas

3.1 Energia hidráulica

A energia gerada por esta fonte vem do aproveitamento da água dos rios a partir do seu represamento com isso aumentando sua eficiência e potência além de tornar mais previsível a geração de energia. Nas usinas hidrelétricas, as águas movem turbinas que transformam a energia potencial gravitacional da água em energia mecânica e depois em elétrica

Para diminuir a variação na produção de energia ao longo do ano, algumas usinas são construídas com os chamados reservatórios de acumulação. Eles servem para guardar a água no período chuvoso para usar durante a seca. A água guardada não só gera energia, mas também pode ajudar no abastecimento das cidades, na irrigação das lavouras, na navegação, entre outros usos.

A construção de uma barragem prejudica os peixes que se deslocam ao longo do rio em busca de locais para reprodução, mas para diminuir esse problema, podem ser construídas passagens artificiais. Além disso, o alagamento de áreas pode causar o deslocamento de pessoas que moram por ali e atrair outras pessoas que vem trabalhar na construção da usina. O quanto essas questões serão importantes vai depender do tamanho da usina e das características do rio e da região onde for construída. Por isso, antes da instalação de grandes empreendimentos, realizam-se os Estudos de Impacto Ambiental (EIA), que preveem os impactos e quais as ações necessárias para mitigá-los

Esta fonte é variável ao longo do ano, porque depende do quanto chove nas cabeceiras dos rios, afinal, é essa água que moverá as turbinas.

3.2 Energia Solar

A energia solar é uma fonte inesgotável que pode ser aproveitada na forma de calor ou na forma de luz.

Para aproveitamento do calor, os raios do sol atingem a superfície dos painéis coletores térmicos, que aquecem a água no seu interior. A água quente pode ser utilizada nas residências (chuveiros, piscinas, torneiras, máquina de lavar, etc.), em processos industriais ou na geração de eletricidade.

A eletricidade pode ser gerada diretamente a partir da luz (nos painéis fotovoltaicos) ou através do aproveitamento do calor (na usina heliotérmica).

Nos painéis fotovoltaicos, a radiação solar (luz) interage com um material semicondutor (geralmente, o silício), gerando eletricidade diretamente. Os sistemas fotovoltaicos não geram eletricidade à noite. As áreas no Brasil com melhor incidência de radiação solar estão localizadas na região Nordeste. As usinas solares fotovoltaicas (formada por um conjunto de painéis) precisam ser instaladas em áreas sem cobertura vegetal, portanto as áreas já desmatadas podem ser escolhidas, diminuindo a degradação do meio ambiente. Painéis (ou placas) solares também podem ser instalados em telhados de casas, shoppings e estacionamentos. Isto é chamado de Geração Distribuída ou microgeração. O custo das placas solares ainda é elevado, mas está cada vez mais acessível no Brasil.

Nas usinas solares chamadas de usinas heliotérmicas é utilizada a energia solar concentrada. A energia solar concentrada é produzida com a ajuda de diversos espelhos que direcionam a energia do sol em um ponto para aquecer a água, que será transformada em vapor. Este vapor irá girar uma turbina, gerando eletricidade.

3.3 Energia eólica

A energia eólica é obtida através do aproveitamento do vento, que é o movimento das massas de ar. Para transformar a energia dos ventos em energia elétrica são usados aerogeradores, que possuem imensas hélices que se movimentam de acordo com a quantidade de vento no local

Essas hélices, em geral são instaladas em torres de até 150 metros de altura. Uma usina eólica utiliza um recurso energético renovável

Esta fonte só pode ser aproveitada nos momentos em que há vento suficiente. No sul e no nordeste do Brasil, os ventos são abundantes e permitem a instalação de vários “parques eólicos” (conjuntos de aerogeradores; equivalentes às usinas). Mas deve-se tomar cuidado ao instalar parques eólicos em locais que ofereçam muito risco às aves, que podem bater nas hélices dos aerogeradores. Também se deve cuidar para não prejudicar os ambientes naturais com as obras para implantação do parque.

3.4 Biomassa

Toda a matéria vegetal e orgânica existente, biomassa, pode ser utilizada na produção de energia. A lenha, bagaço de cana-de-açúcar, cavaco de madeira, resíduos agrícolas, algas, restos de alimentos e até excremento animal que, após sua decomposição, produzem gases que são usados para gerar energia.

A biomassa também pode ser queimada diretamente, como no fogão a lenha, para aproveitamento do calor. Ou ainda pode ser utilizada para aquecer água e produzir vapor em alta pressão, que é usado para acionar turbinas e geradores elétricos.

No Brasil, a biomassa mais utilizada para geração de eletricidade em atualmente é oriunda da cana-de-açúcar, plantada e processada principalmente nas regiões Sudeste e Centro-oeste.

Biocombustíveis a biomassa pode também originar compostos tais como álcool (etanol), óleos vegetais e gorduras, que são processados e usados como combustíveis. Os materiais mais usados vêm da soja, cana-de-açúcar, mamona e milho. O cultivo de produtos agrícolas usados como fonte de geração de energia requer cuidados conservacionistas, como: evitar o desmatamento de áreas naturais para iniciar novas áreas de plantio, uso controlado de agrotóxicos e fertilizantes e controle de resíduos.

3.5 Hidrogênio

O hidrogênio é consumido predominantemente na indústria (uso não energético). Por exemplo, entra na síntese da amônia usada nos fertilizantes da agricultura e é aplicado nos processos químicos necessários para produzir os derivados de petróleo (relembre o Processamento de petróleo em O que são combustíveis). Sua utilização como combustível (uso energético) ainda está em desenvolvimento: para geração de energia, o processo ocorre a partir da reação do hidrogênio com oxigênio, produzindo calor sem a emissão de poluentes atmosféricos ou geração de resíduos. O hidrogênio é o menor elemento químico conhecido e está muito presente no nosso dia a dia, principalmente combinado com outros elementos, formando, por exemplo, água, plásticos, pães, seres vivos etc. Apesar de ser o elemento mais abundante do universo, a sua forma pura, gasosa, existe em pequena quantidade na atmosfera terrestre. O hidrogênio, para ser uma fonte de energia, precisa ser gerado, por isso, ele é considerado uma fonte secundária de energia e não é naturalmente repostado pela natureza.

O hidrogênio pode ser produzido a partir de diversas técnicas e diferentes fontes de matéria-prima e de energia. Atualmente, os combustíveis fósseis gás natural e carvão mineral são as matérias-primas mais utilizadas. Entretanto, existem várias pesquisas e iniciativas que buscam viabilizar outras rotas de produção, principalmente a partir de fontes renováveis.

É comum classificar o hidrogênio em cores de acordo com seu processo de obtenção. O hidrogênio verde, por exemplo, é obtido a partir da quebra das moléculas de água usando eletricidade de fontes renováveis (solar, eólica). O hidrogênio cinza é produzido a partir de combustíveis fósseis. Já o hidrogênio azul é gerado da mesma forma que o hidrogênio cinza, mas com a utilização de técnicas para captura e armazenamento do CO₂, de modo a evitar as emissões desse gás de efeito estufa

Depois da pandemia de Covid-19, o mundo passou a viver um período de grandes transformações estruturais nas relações econômicas e políticas com os países com o recrudescimento com a alta do petróleo causados pela guerra na Ucrânia e instabilidade nos países produtores do oriente médio causado pelo conflito Israel Palestina com isso a menor dependência de combustível fóssil se tornou um grande objetivo dos países

Em 2017, o Brasil atingiu a marca de 1,0 GW (gigawatt) de capacidade instalada de energia solar fotovoltaica conectada à rede elétrica nacional, sendo 505,00 MW provenientes de geração distribuída (GD). Dessas instalações de GD, 233,15 MW foram destinados à classe comercial, 146,2 MW à classe residencial, com uma média de 4,9 kW por consumidor, e 63,67 MW instalados para a classe industrial, com média de 18,7 kW por consumidor (TOLEDO, 2015).

Junto com os avanços regulatórios, o Governo implementou medidas de estímulo para impulsionar a expansão da geração distribuída, promovendo o crescimento no mercado de Geração Distribuída solar fotovoltaica. Em 15 de dezembro de 2015, o Ministério de Minas e Energia (MME) lançou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), com o objetivo de fomentar a geração de energia pelos próprios consumidores (residencial, comercial, industrial e agrícola), utilizando fontes renováveis, especialmente a solar fotovoltaica (ALTOÉ et al. 2018).

4 EVOLUÇÃO DA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

É notório perceber que o consumo de eletricidade cresce não somente na escala nacional mas global, nas diversas esferas de trabalho e vida como casas, comércio, hospitais, e indústrias o seu consumo está presente e é essencial para o

funcionamento, sendo ela um fator de extrema importância para o desenvolvimento econômico, e um símbolo da era em que vivemos, a Era técnico científico informacional que Milton Santos preconizou com as informações e bens cada vez mais interligados e interdependentes

No Brasil a energia elétrica a sua produção é feita majoritariamente através de usinas hidrelétricas, não se limitando a ela, podendo ser produzida em usinas eólicas, solares, termoelétricas (usando de combustível fóssil ou biomassa) e nucleares, Sua produção é de fundamental importância para o funcionamento da sociedade tal qual conhecemos, diante da era digital, e do surgimento de todos os equipamentos elétricos e eletrônicos com o qual consumimos diariamente (DEVEZA 2016).

O consumo de energia elétrica se faz essencial na sociedade moderna, provendo conforto para a população, e aumentando a capacidade produtiva de bens e serviços. A agricultura e a indústria foram os setores onde esse benefício é mais perceptível, com a criação de máquinas e equipamentos que facilitam e aprimoram o trabalho, exigindo menos mão de obra, e tempo para sua realização e aumentando sua produtividade (CASTRO *et al.*, 2019).

Esse desenvolvimento de maquinário dependente de energia elétrica para o seu funcionamento, acabou por tornar a consumo de eletricidade o melhor parâmetro para medir o desenvolvimento econômico de um país, visto que, conforme a renda cresce, o consumo aumenta, principalmente de bens elétricos e eletrônicos, que demandam eletricidade, aumentando assim o seu consumo; esse parâmetro fica ainda mais evidente em economias desenvolvidas e industrializadas (PIOTROWSKI *et al.*, 2020).

O Setor Elétrico Brasileiro vem se transformado ao longo dos anos, incluindo outras fontes de geração de eletricidade, baseando-se nas pesquisas da EPE para elaboração de um planejamento de longo prazo.

O presente capítulo consiste em uma revisão bibliográfica da matriz Elétrica Brasileira e suas transformações através dos anos, mediante coleta de dados de relatórios fornecidos pelos órgãos responsáveis pela apuração, planejamento e execução das medidas relacionadas ao setor. Tendo como foco analisar a Matriz Elétrica Brasileira e suas transformações e apresentar um breve histórico do Setor

Elétrico Brasileiro, sua formação e desenvolvimento e apresentar os dados históricos que desencadearam as mudanças na Matriz ao longo dos anos 2005 a 2020.

O setor elétrico é fundamental para o desenvolvimento do país. O Brasil, com suas dimensões continentais, tem sua matriz elétrica fortemente atrelada a fonte de energia hidroelétrica.

Autores como Borges (2021) e Fontes (2022) criticam a grande dependência que o Brasil tem de fontes hídricas de energia, e apontam as incertezas que essa dependência pode causar ao setor elétrico, como em períodos de seca. Esses mesmos autores incentivam uma diversificação da nossa matriz elétrica, aproveitando recursos renováveis e sustentáveis que temos disponíveis em abundância no país para que a nação possa crescer de forma segura, continua e sustentável.

A EPE é um órgão vinculado ao Ministério de Minas e Energia, responsável por elaborar estudos e pesquisas nas áreas relacionadas ao planejamento do setor energético, e suas fontes energéticas. Uma das atribuições da EPE é elaborar e publicar anualmente o Balanço Energético Nacional (BEN), inicialmente elaborado pela MME, desde 2005 passou a ser elaborado pela EPE.

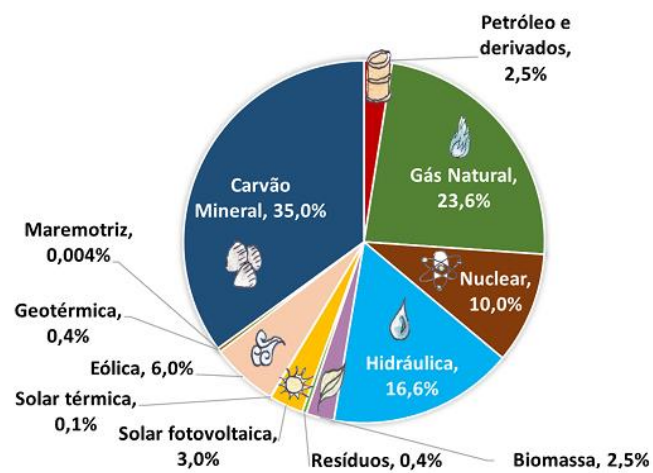
O Balanço Energético Nacional é o documento que divulga as informações de consumo e oferta de energia, desde a sua extração, a sua conversão, importação, exportação, distribuição e uso final, sendo assim uma das mais completas bases de dados do setor energético brasileiro.

Com o intuito de analisar a evolução da matriz elétrica brasileira serão utilizados dados retirados dos relatórios anuais do BEN. Será considerado o período de 2004 a 2022 (ano base 2003 e 2021 respectivamente) por esse período apresentar as maiores mudanças em relação a matriz energética brasileira, em 2003 estavam sendo realizadas mudanças relativas a um maior gerenciamento de crises, posterior a grande crise de 2001/2002, além de ter sido o ano da criação do programa Luz para Todos, acarretando em um crescimento no consumo elétrico no país, e no ano de 2021 tivemos outra grande crise hídrica que caracteriza esse intervalo de tempo como um período marcante para a matriz brasileira.

O Brasil apresenta diversas fontes de geração de energia elétrica, podendo ser hídricas, eólicas, solar e térmicas. Desde os anos 80 apresenta uma matriz

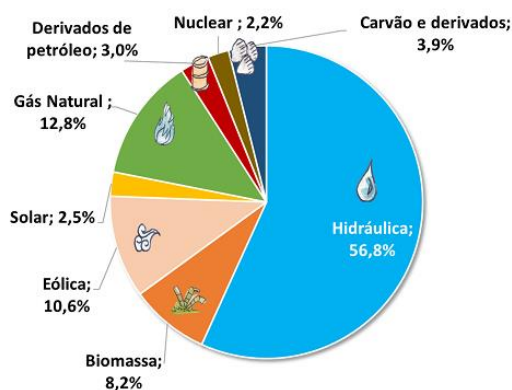
diferente da mundial como pode ser visto no comparativo nas Figuras 1, 2, e 3, que tem como base os anos de 2020 a 2022, pela forte presença de fontes renováveis como a hidroeletricidade, que corresponde a grande parte da matriz nacional.

Gráfico 1: Matriz Elétrica Mundial (2020)



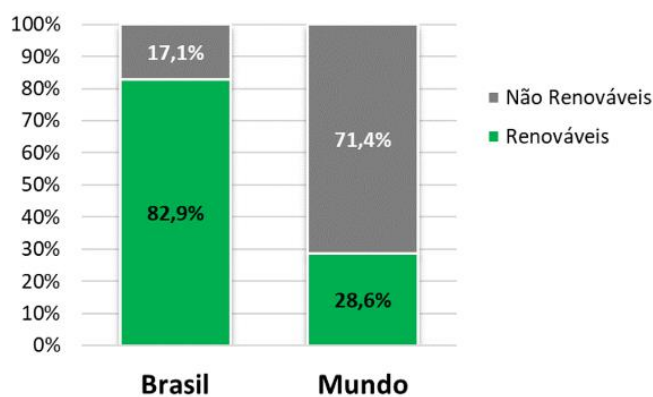
Fonte: EPE (2022)

Gráfico 2: Matriz Elétrica Brasileira (2021)



Fonte: EPE (2022).

Gráfico 3: Fontes Renováveis e Não Renováveis no Brasil e no Mundo

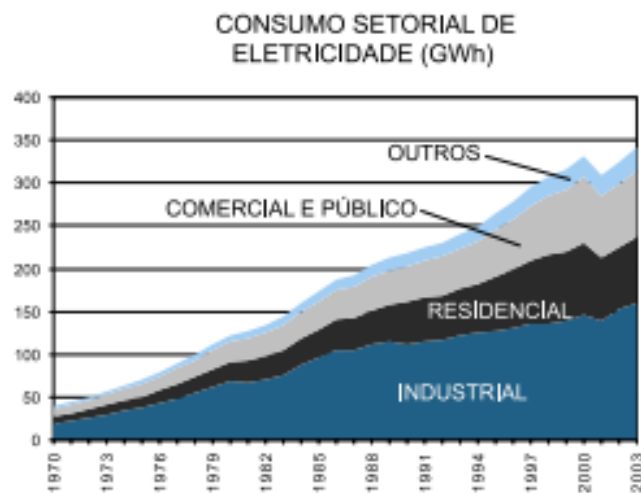


Fonte: EPE (2022).

Entre os anos 2002 e 2008, no Balanço Energético Nacional (BEN 2003 a BEN 2009) a oferta de energia elétrica foi classificada em 5 categorias: Hídrica - >30MW; Térmica; Nuclear; Pequena Central Hidrelétrica (PCH) – até 30MW; Importação. Os dados apresentados no gráfico 1 mostram a proporção que cada categoria representava no ano de 2002 e no gráfico 2 no ano 2008. Em 2003, a capacidade instalada hidráulica representava cerca de 25% do potencial total brasileiro, houve também a expansão das linhas de transmissão.

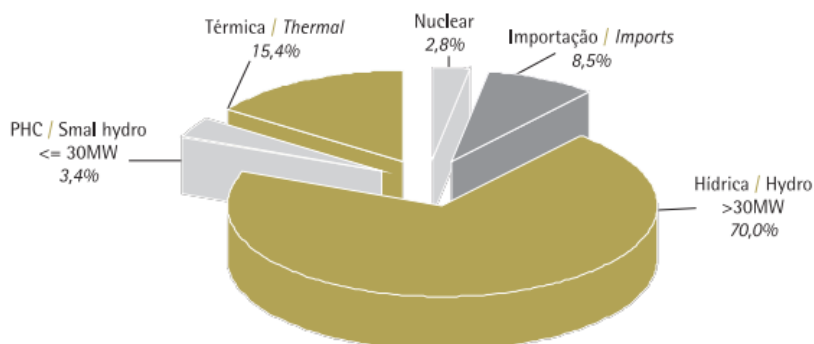
Em 2003 o consumo final de eletricidade superou o ano de 2002, devido ao consumo residencial, que se comparado ao ano de 2002 que ainda se recuperava do racionamento, teve impacto nesse aumento de consumo, e também ao bom nível de importações desse período.

Gráfico 4: Consumo Setorial de Eletricidade



Fonte: BEN (2009)

Gráfico 5: Estrutura da Oferta Interna



Notas / Notes:

¹ Inclui centrais elétricas autoprodutoras. / ¹ Includes self-producers power plants.

² Centrais hidroelétricas são aquelas com potência superior a 30 MW. / ² Hydroelectric plants are those with power higher than 30 MW.

³ Pequenas centrais hidroelétricas são aquelas com potência igual ou inferior a 30 MW. / ³ Small hydroelectric plants are those with power equal or lower than 30 MW.

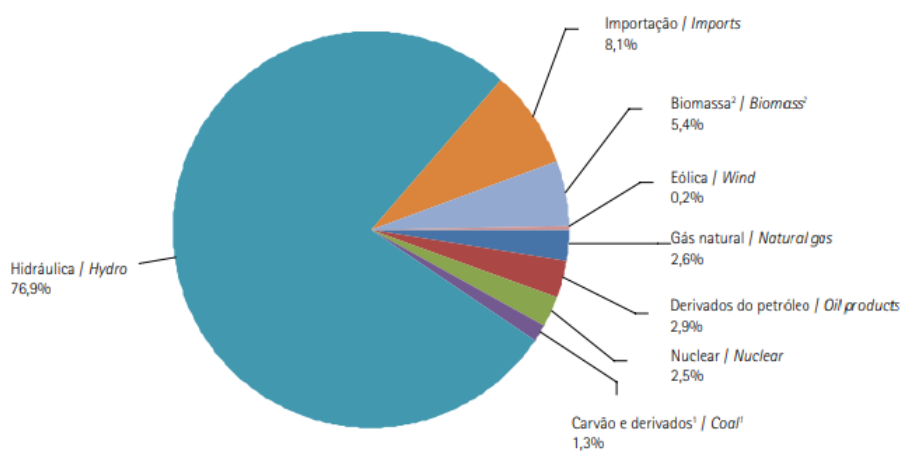
⁴ A importação inclui a parcela paraguaia de Itaipu. / ⁴ Imports includes the Paraguayan electricity from Itaipu.

Fonte: BEN (2009)

Pode-se observar que por mais que se preserve as fontes de energia elétrica entre os anos 2002 e 2008, houve pequenas alterações em proporção de oferta dessas fontes, onde a hídrica, a nuclear as importações cederam campo para a térmica e PCH que apresentaram um leve crescimento em oferta. Pode-se observar também que o Brasil apresenta uma matriz predominantemente renovável, com montante superior a 70% da oferta, e se levarmos em consideração que as importações também são essencialmente energia renovável, esse percentual sobe para cerca de 80% (EPE, 2009).

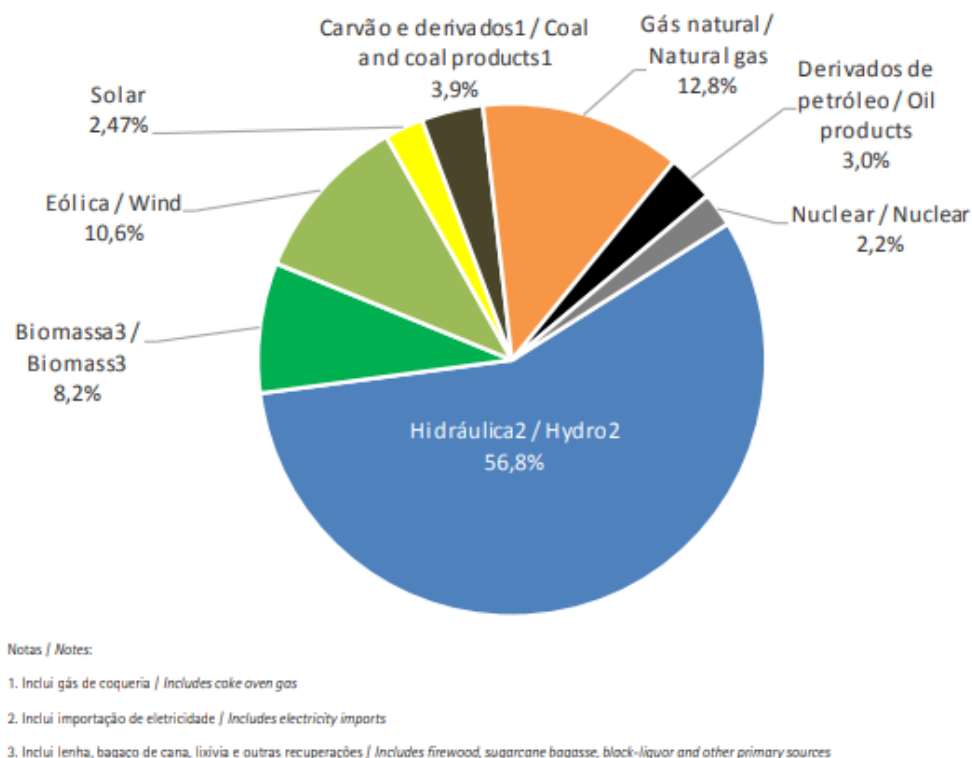
Entre 2009 e 2021 (BEN 2010; BEN 2022) algumas fontes de captação de energia elétrica foram adicionadas a matriz elétrica brasileira, e foi classificada em 8 categorias: Hidráulica; Importação; Biomassa; Eólica; Gás Natural; Derivados de Petróleo; Nuclear; Carvão e derivados.

Gráfico 6: Oferta Interna de Energia Elétrica



Fonte: BEN (2010).

Gráfico 7: Oferta Interna de Energia Elétrica



Fonte: BEN (2022).

Observa-se que a fonte de energia elétrica hídrica continua sendo a de maior destaque na matriz brasileira, com 53,4% interna, atingindo 56,8% considerando as importações da usina de Itaipu, em 2021 (BEN, 2022), mantendo a matriz brasileira ainda predominantemente renovável, representando 78,1% da oferta interna de eletricidade (EPE, 2022).

O consumo de eletricidade residencial em 2003 (BEN 2004) mostra tendência de crescimento em relação aos dois anos anteriores, que ainda sofriam resquícios do racionamento implementado em 2001 por conta da crise hídrica daquele ano, os consumos comercial e industrial também apresentam melhora, devido aos sinais de recuperação da economia derivado dos bons níveis de exportação.

As maiores mudanças que vemos na estrutura elétrica brasileira se dá a partir de 2008 (BEN 2009) onde o consumo residencial apresenta crescimento, devido ao aumento da renda e a ligação de domicílios que não eram atendidos por redes elétricas. O setor comercial também apresenta crescimento devido a um aumento do poder de compra das famílias decorrente do aumento da renda.

É em 2008 que as fontes de captação de eletricidade mudam, como mostra o gráfico 2 e, onde a matriz elétrica brasileira permanece predominantemente renovável, aproximadamente 70%. Com a produção de eletricidade a partir da fonte eólica alcançando 556,9 GWh, além do incremento na capacidade instalada para geração eólica em cerca de 68%, porém esses novos aerogeradores só entraram em funcionamento a partir do final de 2008.

Em 2009 a geração hidráulica apresentou crescimento devido ao regime hidrológico favorável naquele período. O contrário se observou nas fontes gás natural e óleo combustível. O consumo residencial em 2009 aumentou devido principalmente as políticas de redução de impostos para alguns bens de consumo durante a crise econômica, além do aumento da renda.

Em 2010 a produção de eletricidade a partir da fonte eólica cresceu 75,8% em relação ao ano anterior, e sua potência instalada aumentou 54,1% em decorrência da inauguração de 14 parques eólicos. O consumo residencial manteve a tendência de crescimento devido as políticas de inclusão social (BEN 2011)

Em 2015 (BEN 2016) a produção de energia elétrica a partir de fontes eólicas superou a geração nuclear, atingindo 12.210 GWh, a geração elétrica de fontes não renováveis no Brasil correspondia a 26% do total nacional. Do lado do consumo residencial, houve uma quebra na tendência de crescimento, com uma queda de 1,8% no consumo. A capacidade instalada de geração elétrica do Brasil em 2015 alcançou 140.858 MW (BEN 2016)

As centrais hidráulicas ainda correspondem a maior parte da capacidade instalada de geração de eletricidade no Brasil, cerca de 63,8%, seguido das fontes não renováveis que correspondem a 17,2% da capacidade instalada.

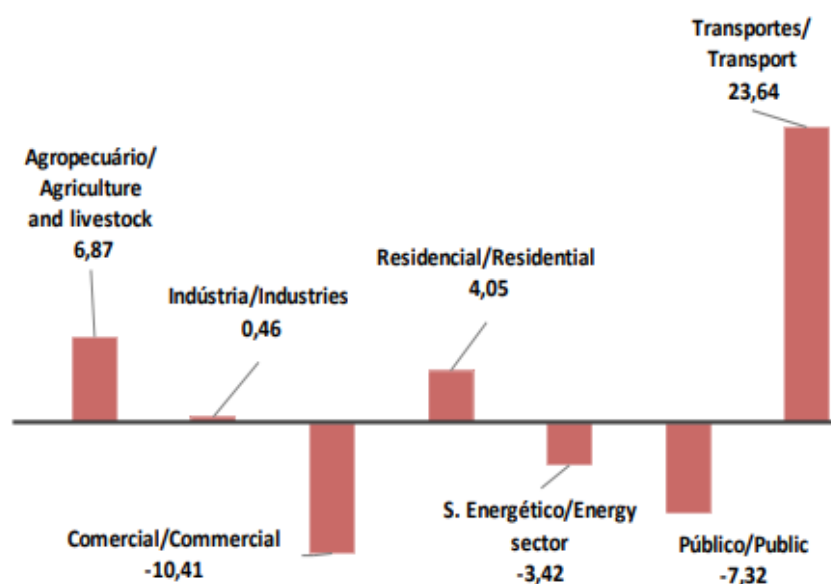
Em relação a micro e mini geração distribuída de energia elétrica, o crescimento foi incentivado por ações regulatórias como a compensação de energia excedente produzida por sistemas de menor porte, atingindo capacidade instalada de 246,1 MW, com destaque para a fonte solar com potência instalada de 174,5 MW.

O ano de 2020 foi marcado pela pandemia que impactou a economia mundial, e impactou diretamente o consumo de eletricidade, como se vê no gráfico 3. Setores comercial, público e energético tiveram uma queda nesse período, assim como o setor residencial, por conta do incentivo ao distanciamento e home office, teve um

aumento no consumo, nota-se no gráfico 4 que os setores industrial, residencial e comercial consomem 79,8% da energia disponibilizada no país em 2020. A capacidade instalada de geração elétrica no Brasil alcançou em 2020 174.737 MW, sendo 1.753 MW energia eólica, cerca de 38% do total adicionado.

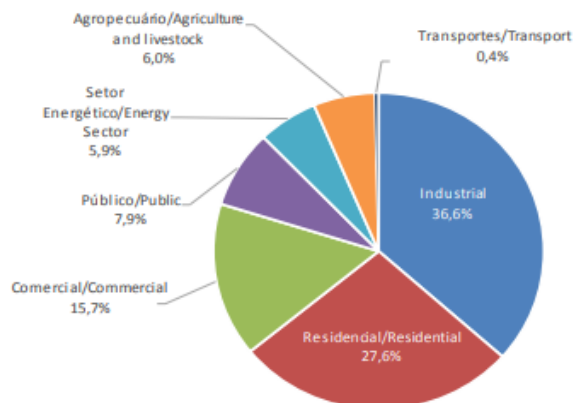
Em 2021, último ano analisado, 78,1% da matriz elétrica brasileira é derivada de fontes renováveis, isso incluindo as importações oriundas da usina de Itaipu, e 22,6% de fontes não renováveis. Como apresentado no gráfico 5, cerca de 79% do total disponibilizado são dos setores industrial, residencial e comercial. A capacidade instalada de eletricidade alcançou 181.610 MW em 2021, e na expansão da capacidade instalada, as centrais eólicas ficaram responsáveis por 53% do total adicionado (BEN 2022).

Gráfico 8: Variação do Consumo Setorial de Eletricidade



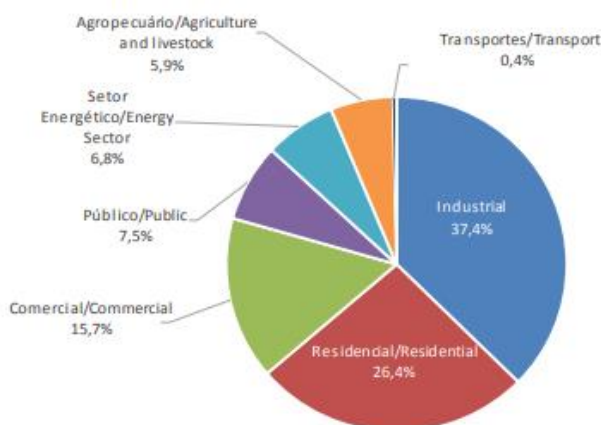
Fonte: BEN (2021).

Gráfico 9: Participação Setorial no Consumo de Eletricidade



Fonte: BEN (2021).

Gráfico 10: Participação Setorial no Consumo de Eletricidade



Fonte: BEN (2022).

4.1 DIVERSIDADE DA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA EM COMPARAÇÃO COM O MUNDO E AS GRANDES POTÊNCIAS

Ao longo das últimas décadas, a matriz elétrica brasileira tem testemunhado uma evolução complexa, marcada por mudanças na participação das diversas fontes de energia. Entre os anos de 2005 e 2020, o Brasil tem se destacado como um dos líderes mundiais na produção de energia, impulsionado principalmente pela presença de fontes renováveis, com destaque para a energia hidrelétrica. Durante

esse período, a matriz elétrica brasileira manteve uma diversidade notável, abrangendo uma gama de fontes que incluem não apenas hidrelétricas, mas também termelétricas, eólicas, solares, entre outras

A energia hidrelétrica tem historicamente sido a principal fonte de energia elétrica no Brasil, graças às vastas reservas de água e à extensa rede de rios presentes no país. No decorrer do período analisado, as usinas hidrelétricas mantiveram uma participação significativa na matriz elétrica, representando uma parcela substancial da capacidade instalada e da geração de energia. No entanto, o país também viu um aumento gradual na diversificação de sua matriz, com o surgimento e a expansão de outras fontes de energia.

A energia térmica, em exemplificação, demonstrou um papel importante como complemento à geração hidrelétrica, especialmente em períodos de seca ou quando a demanda por energia ultrapassava a capacidade das hidrelétricas. A participação das termelétricas na matriz elétrica brasileira aumentou ao longo dos anos, refletindo a necessidade de garantir a segurança e a estabilidade do suprimento de energia elétrica (VINICIUS NETTO, 2015).

Aliás, houve um crescimento exponencial na participação de fontes de energia renovável, como a eólica e a solar, durante o período analisado. O Brasil tem aproveitado seu imenso potencial eólico e solar para expandir sua capacidade de geração de energia limpa e reduzir sua dependência de fontes não renováveis. A energia eólica, em particular, tem ganhado destaque, com investimentos significativos em parques eólicos em diversas regiões do país (GONÇALVES *et al.*, 2016).

Todavia, é importante notar que, apesar do aumento na participação de fontes renováveis, as fontes não renováveis ainda desempenham um papel significativo na matriz elétrica brasileira. As usinas térmicas a carvão e a gás natural, por exemplo, continuam a contribuir para a geração de energia, embora em menor escala em comparação com as fontes renováveis (LOSEKANN; HALLACK, 2017).

Ao comparar a matriz elétrica brasileira com a de outros países ao redor do mundo, é possível identificar uma série de diferenças significativas que refletem as particularidades de cada região em termos de recursos naturais, políticas energéticas e desenvolvimento econômico. Uma das principais distinções entre a

matriz elétrica do Brasil e a de outros países reside na proporção de fontes de energia renovável versus não renovável (FARIAS; SELLITTO, 2013).

Enquanto o Brasil destaca-se por sua extensa utilização de fontes renováveis, como hidrelétricas, eólicas e solares, muitos outros países ainda dependem fortemente de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, para a geração de eletricidade. Essa diferença reflete tanto a disponibilidade de recursos naturais em cada região quanto as políticas energéticas e ambientais adotadas por governos e instituições reguladoras.

Enquanto alguns países possuem uma grande concentração em uma única fonte, como a energia nuclear na França ou o carvão na China, outros optam por uma abordagem mais diversificada, combinando várias fontes, como é o caso do Brasil. Tal diversificação pode ser influenciada por uma série de fatores, incluindo a disponibilidade de recursos naturais, a estabilidade política e econômica, as preocupações ambientais e tecnologias disponíveis (WAENGA; PINTO, 2016).

Além disso, as escolhas de matriz elétrica também são influenciadas pelo contexto socioeconômico de cada região. Países em desenvolvimento, por exemplo, podem optar por fontes de energia mais baratas e abundantes, como hidrelétricas e térmicas a carvão, para impulsionar o crescimento econômico e atender às demandas crescentes por eletricidade. Por outro lado, economias mais avançadas e conscientes ambientalmente tendem a investir em fontes de energia mais limpas e sustentáveis, mesmo que isso implique em custos iniciais mais elevados.

4.2 PROJEÇÕES PARA O FUTURO EM TERMOS DE PRODUÇÃO ELÉTRICA E TENDÊNCIAS DE CRESCIMENTO DAS FONTES DE ENERGIA

No período contemporâneo, diversas fontes de energia estão emergindo como impulsionadoras do crescimento na matriz elétrica brasileira, refletindo uma mudança gradual em direção a uma composição mais diversificada e sustentável. Entre essas fontes, destacam-se a energia eólica e solar, que têm ganhado significativa participação nos últimos anos. A energia eólica, por exemplo, tem experimentado um crescimento expressivo devido à abundância de recursos eólicos em várias regiões do país principalmente no litoral do nordeste , além do

desenvolvimento tecnológico que tornou essa fonte cada vez mais competitiva em termos de custo.

A energia solar também está ganhando espaço na matriz elétrica brasileira, impulsionada principalmente pelo potencial de irradiação solar do país e pela redução dos custos dos painéis solares e das tecnologias de armazenamento de energia. A crescente conscientização ambiental e as políticas governamentais de incentivo também têm desempenhado um papel fundamental no estímulo ao crescimento dessas fontes de energia limpa e renovável (DANTAS FILHO *et al.*, 2017).

Inclusive, as preocupações ambientais e as metas de redução de emissões de gases de efeito estufa têm levado o Brasil a buscar alternativas mais sustentáveis para a geração de eletricidade. Isso inclui não apenas a expansão das energias renováveis, mas também a modernização e a otimização das usinas hidrelétricas existentes, visando a aumentar sua eficiência e reduzir os impactos ambientais (ZANCHETTA, 2014).

Outro fator impulsionador dessas tendências de crescimento consiste na busca por maior segurança energética e diversificação da matriz elétrica. A dependência excessiva de uma única fonte de energia, como a hidrelétrica, pode tornar o sistema elétrico vulnerável a variações climáticas e eventos extremos, como secas prolongadas. Portanto, a introdução de fontes de energia complementares, como a eólica e solar, pode contribuir para a estabilidade do sistema e para a mitigação de riscos associados à dependência de uma única fonte (WAENGA; PINTO, 2016).

As projeções futuras da matriz elétrica brasileira apontam para um crescimento contínuo das fontes de energia renovável, com especialistas prevendo uma expansão substancial das energias solar, eólica e biomassa nos próximos anos. Estas previsões são embasadas em uma série de fatores, incluindo avanços tecnológicos, políticas governamentais e tendências globais de mercado.

Em relação à energia solar, espera-se um aumento substancial na capacidade instalada devido à contínua redução dos custos dos painéis solares e ao crescente interesse de investidores e consumidores em fontes de energia limpa. O Brasil possui um enorme potencial solar, especialmente em regiões como o

Nordeste, onde a incidência de radiação solar é elevada ao longo do ano. Isso torna a energia solar uma opção atrativa para a diversificação da matriz elétrica e para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Da mesma forma, a expansão da energia eólica também é estimulada por políticas de incentivo, como leilões de energia e programas de financiamento governamentais, que visam atrair investimentos para o setor. Ainda mais, a biomassa, especialmente a proveniente de resíduos agrícolas e florestais, é considerada uma fonte promissora de energia renovável no Brasil (DANTAS; APOLONIO, 2019).

A crescente conscientização sobre a importância da bioenergia na redução das emissões de carbono e na promoção da sustentabilidade ambiental tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias de conversão de biomassa, como a produção de biogás e bioetanol (WAENGA; PINTO, 2016).

Em contraste, as fontes tradicionais de energia, como a hidrelétrica e a térmica, podem enfrentar obstáculos progressivos devido a preocupações ambientais, restrições de licenciamento e viabilidade econômica. Embora as hidrelétricas continuem a desempenhar um papel importante na matriz elétrica brasileira, o potencial de expansão é limitado pela disponibilidade de novos locais de construção e pelos impactos socioambientais associados.

Este capítulo teve como propósito apresentar as mudanças na Matriz Elétrica Brasileira no período entre 2005 e 2020, através de um levantamento bibliográfico dos acontecimentos desse período. Para isso foi apresentada a formação do setor elétrico brasileiro, e as reformas pelos quais ele passou, com dados coletados do Balanço Energético Nacional, documento divulgado pela EPE com intuito de contabilizar a oferta e demanda de energia no país.

Os dados apresentados pelo BEN mostraram uma forte participação de fontes renováveis na estrutura energética do Brasil, com destaque, desde os primórdios para a hídrica. Os estudos e históricos de crises hídricas que aconteceram ao longo dos anos demonstraram que uma matriz diversificada é mais segura. Apesar da inclusão de novas fontes de energia ao longo dos anos, o Brasil ainda apresenta uma matriz predominantemente renovável, com grande crescimento de energia

eólica, solar e biomassa, provando que é possível manter uma matriz diversificada e sustentável.

Ainda mais, a diversidade da matriz elétrica brasileira foi comparada com a de outras nações, evidenciando diferenças e semelhanças com grandes potências como os Estados Unidos, China e Alemanha. Além disso, foram discutidas as tendências modernas de crescimento, as projeções futuras e os desafios e oportunidades associados à transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis.

Para pesquisas futuras, há uma ampla gama de áreas que poderiam ser exploradas em maior profundidade. Em exemplificação, torna-se relevante investigar detalhadamente o papel das políticas governamentais e regulamentações na promoção ou obstáculos na adoção de fontes de energia renovável no Brasil, tendo em vista as variações em diferentes regiões do país.

5 RUMO A UMA ECONOMIA VERDE: PARCERIAS E POLÍTICAS PARA UMA TRANSIÇÃO SUSTENTÁVEL

Este capítulo explora a evolução das políticas de transição para uma economia verde no Brasil, destacando a crescente cooperação internacional e as iniciativas nacionais voltadas para a sustentabilidade e a descarbonização. A análise é baseada em quatro notícias recentes que ilustram diferentes aspectos dessa transição, incluindo investimentos em economia verde, hidrogênio verde, bioeconomia e cooperação internacional.

Os investimentos do Banco Mundial no Rio de Janeiro sinalizam uma tendência positiva para a transição energética no Brasil, com foco na redução de carbono e ações inclusivas, como a expansão das ciclovias e melhorias no transporte público. O empréstimo de R\$ 700 milhões apoia projetos de sustentabilidade, incentivando a neutralização de carbono e reformas fiscais para uma economia verde financeiramente sustentável. No entanto, a gestão eficaz e a regulamentação adequada são cruciais para garantir o sucesso dessas iniciativas.

A cooperação entre Brasil e Alemanha na produção de hidrogênio verde representa uma oportunidade significativa para ambas as nações. A Alemanha busca parceiros estratégicos para descarbonizar sua economia, enquanto o Brasil pode se tornar um dos principais exportadores de hidrogênio verde, capitalizando seu potencial de energias renováveis. No entanto, desafios como regulamentação, infraestrutura e logística ainda precisam ser superados para que o Brasil aproveite plenamente essa oportunidade.

A bioeconomia no Brasil é outro componente crítico para a transição para uma economia de baixo carbono. Estudos indicam que o setor pode gerar um faturamento industrial anual de US\$ 284 bilhões até 2050, com uma redução significativa das emissões de carbono. A adoção da biomassa como matriz energética e tecnologias biorrenováveis é fundamental para esse cenário. No entanto, a implementação bem-sucedida depende de políticas públicas coordenadas e investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

Por fim, a visita do vice-chanceler alemão ao Brasil enfatiza a importância da cooperação internacional na promoção da sustentabilidade e do desenvolvimento

econômico verde. A relação entre Alemanha e Brasil reflete uma abordagem multinacional para a transição energética, incentivando a troca de tecnologias e conhecimentos. No entanto, é essencial abordar questões relacionadas à proteção ambiental e direitos trabalhistas para garantir que essa cooperação seja verdadeiramente sustentável.

Figura 1



Retirado de: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/para-ser-capital-verde-rio-pegas-emprestimo-de-r-700-milhoes-do-banco-mundial/> acesso 31 de janeiro de 2024

Fonte: Soares (2022)

O Rio de Janeiro obteve um empréstimo de R\$ 700 milhões do Banco Mundial para apoiar a transição para uma economia verde e de baixo carbono. A cidade planeja usar esses recursos para retomar o crescimento econômico e implementar projetos sustentáveis, como incentivos fiscais para empresas com projetos de neutralização de carbono. Além disso, o dinheiro será direcionado para ações inclusivas, como a ampliação da malha de ciclovias e melhorias no sistema de transporte público. O empréstimo também está associado a reformas fiscais, com o objetivo de fortalecer a sustentabilidade fiscal do município.

A notícia sugere que o Rio de Janeiro está tomando medidas para uma transição mais sustentável e inclusiva, mas há algumas considerações importantes que se conectam ao foco do presente trabalho.

- **Transição Energética e Sustentabilidade:** O empréstimo ao Rio de Janeiro sinaliza um passo significativo para a transição energética, alinhando o desenvolvimento econômico com práticas sustentáveis. As ações propostas, como incentivos fiscais para empresas com projetos de neutralização de carbono e investimentos em transporte público, ciclovias e infraestrutura urbana sustentável, são medidas positivas que podem reduzir as emissões de carbono e incentivar práticas verdes.
- **Reformas Fiscais e Sustentabilidade Financeira:** As reformas fiscais associadas ao empréstimo demonstram que a transição energética deve ser financeiramente sustentável. A simplificação do Imposto Sobre Serviços (ISS), o aumento da contribuição dos servidores para a previdência e a reforma da legislação para melhorar a sustentabilidade fiscal são componentes importantes para garantir que as políticas verdes tenham respaldo econômico.
- **Desafios na Implementação:** No entanto, a reportagem destaca alguns desafios que podem impactar a transição energética. A regulamentação federal do mercado de créditos de carbono ainda não está totalmente definida, o que pode afetar a eficácia dos incentivos fiscais propostos. Além disso, a administração do empréstimo e o cumprimento das reformas fiscais requerem uma gestão eficaz e transparente, o que pode ser desafiador.
- **Inclusão e Equidade:** Outro aspecto relevante é o foco em ações inclusivas, como a ampliação da malha de ciclovias e medidas para melhorar a segurança das mulheres no transporte público. Essas iniciativas indicam que a transição energética também pode promover equidade e qualidade de vida, algo que deve ser uma parte fundamental da política nacional.

O empréstimo do Banco Mundial ao Rio de Janeiro é uma peça importante no quebra-cabeça da transição energética em escala nacional. Ele mostra que as cidades brasileiras estão buscando estratégias para se tornarem mais sustentáveis e inclusivas. No entanto, a execução eficaz dessas propostas dependerá de regulamentações claras, gestão fiscal sólida e implementação consistente de ações

verdes. Este é um exemplo de como as cidades podem liderar a transição energética, mas também serve como lembrete dos desafios complexos que acompanham essa transição.



Figura 2

Retirado de: <https://www.dw.com/pt-br/hidrogênio-verde-promete-turbinar-parceria-brasil-alemanha/a-64599718> acesso dia 3 de fevereiro de 2024

Fonte: Soares (2023)

O hidrogênio verde (H2V) tem se destacado como uma solução-chave para a transição energética, com a Alemanha buscando parceiros estratégicos, como o Brasil, para impulsionar sua produção e utilização. Em um encontro entre o presidente brasileiro Luiz Inácio Lula da Silva e o chanceler alemão Olaf Scholz, a Alemanha destacou o potencial do Brasil para produção de H2V, considerando sua ampla disponibilidade de energias renováveis, como a eólica e solar, além de um custo de produção competitivo.

A Alemanha está avançando na política do hidrogênio verde, promovendo leilões para incentivar a importação do combustível. A primeira licitação será para contratos de amônia verde, um derivado do H2V, e uma segunda rodada será destinada a combustível sustentável para aviação e metanol. Este movimento tem como objetivo descarbonizar setores intensivos em CO₂, como a agricultura, transportes e indústria, e também busca reduzir a dependência da energia russa, em meio à crise provocada pela guerra na Ucrânia.

O Brasil, por outro lado, possui um grande potencial para se tornar um dos maiores exportadores de H₂V para a Europa e recuperar seu status como "potência verde". A consultoria alemã Roland Berger prevê que, se o mundo cumprir os compromissos estabelecidos no Acordo de Paris, o hidrogênio verde será a principal fonte de energia, com um mercado que poderá movimentar mais de 1 trilhão de dólares globalmente. O Brasil poderia liderar essa corrida, com estimativas de que o mercado nacional de H₂V alcance um valor anual de R\$ 150 bilhões, dos quais R\$ 100 bilhões provenientes de exportações.

Para alcançar esse potencial, o Brasil precisa implementar um arcabouço técnico, regulatório e tecnológico sólido. O Ministério de Minas e Energia (MME) lançou em 2021 o Programa Nacional de Hidrogênio (PNH₂), visando à cooperação internacional e desenvolvimento do mercado de H₂V. O relatório "Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro – Panorama Atual e Potenciais para o Hidrogênio Verde" destaca a necessidade de uma estratégia nacional para não perder a oportunidade de desenvolvimento econômico sustentável.

Sendo o foco do trabalho a política de transição energética em escala nacional, é importante considerar como a parceria Brasil-Alemanha em torno do hidrogênio verde se encaixa nessa narrativa. A transição para uma economia de baixo carbono requer o uso de energias limpas e tecnologias inovadoras, sendo o hidrogênio verde uma peça central nessa transformação.

Por um lado, a colaboração entre Brasil e Alemanha mostra uma abordagem multinacional para abordar a transição energética. Isso reforça a importância de parcerias internacionais para o desenvolvimento de tecnologias de energia limpa e para cumprir metas climáticas globais.

Por outro lado, é essencial discutir os desafios associados ao desenvolvimento do hidrogênio verde no Brasil. Embora haja um grande potencial para se tornar uma "Arábia Saudita do hidrogênio verde", questões relacionadas à regulamentação, infraestrutura, custos de produção e logística ainda precisam ser resolvidas. Além disso, o governo brasileiro ainda precisa definir um plano claro para o desenvolvimento do H₂V, com diretrizes específicas para incentivar investimentos e garantir a segurança jurídica dos projetos.

Em resumo, a notícia destaca o papel do hidrogênio verde na transição energética e como a cooperação internacional pode ser uma ferramenta poderosa para promover uma economia mais sustentável. No entanto, há desafios significativos que o Brasil precisa enfrentar para capitalizar seu potencial e se tornar um líder global nesse mercado. A transição energética em escala nacional deve considerar essas parcerias e trabalhar para criar um ambiente propício ao desenvolvimento e implementação de tecnologias inovadoras como o hidrogênio verde.



Brasil pode faturar US\$ 248 bi com implementação da bioeconomia

Estudo mostra que as emissões de carbono podem ser reduzidas em cerca de 550 milhões de toneladas nos próximos 27 anos

Figura 3

Fonte: PODER360 (2023)

Um estudo realizado pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) indica que a implementação da bioeconomia no Brasil pode gerar um faturamento industrial anual de US\$ 284 bilhões até 2050. O levantamento considera três frentes para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE): a consolidação da biomassa como principal matriz energética, a intensificação de tecnologias biorrenováveis e as políticas atuais para redução de emissões no país.

O estudo propõe três cenários potenciais para o Brasil até 2050:

Políticas Correntes: Considera a manutenção das políticas brasileiras atuais e o cumprimento das metas estabelecidas pela NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada) no Acordo de Paris.

Abaixo de 2°C: Pressupõe que a biomassa se torne a principal fonte de energia para a implementação de tecnologias de baixo carbono, com o objetivo de limitar o aumento da temperatura global "bem abaixo dos 2°C".

Potencial da Bioeconomia: Prevê uma adoção mais intensificada da bioeconomia, usando tecnologias biorrenováveis e promovendo sinergias entre diferentes setores industriais para descarbonização.

O estudo ressalta que, para o cenário "Potencial da Bioeconomia", é necessário um esforço coordenado de políticas públicas que aproveitem as vantagens competitivas do Brasil. O impacto ambiental positivo esperado seria uma redução de 550 milhões de toneladas nas emissões de carbono, decorrentes do crescimento de biocombustíveis e outros produtos biológicos. O estudo também indica que o Brasil tem condições de desenvolver uma agricultura dedicada à biomassa capaz de sustentar um setor bioindustrial inovador e competitivo.

Considerando o foco do trabalho, a implementação da bioeconomia representa uma estratégia crucial para alcançar metas de sustentabilidade e descarbonização no Brasil. Este estudo mostra que a transição para uma economia de baixo carbono pode ser catalisada pelo uso de biomassa e tecnologias biorrenováveis, contribuindo para um faturamento industrial significativo e uma redução substancial nas emissões de carbono.

Em contraste com outras abordagens da transição energética, a bioeconomia integra recursos naturais, como a biomassa, com tecnologias avançadas para gerar produtos de base biológica e limpa. Essa abordagem promove sinergias entre diferentes setores industriais, como energia, alimentos, química e materiais. Além disso, a bioeconomia pode ser uma ferramenta eficaz para a promoção do desenvolvimento regional, especialmente em áreas rurais.

Por outro lado, a implementação da bioeconomia no Brasil enfrenta desafios, como a necessidade de coordenação de políticas públicas, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, e infraestruturas adequadas para produção, armazenamento e distribuição de biomassa e seus derivados. O relatório também destaca a importância de abordar as particularidades e vantagens competitivas brasileiras para garantir uma transição bem-sucedida.

Portanto, a bioeconomia é uma peça fundamental na transição energética nacional, mas seu sucesso dependerá de políticas públicas eficazes e de uma abordagem integrada para aproveitar ao máximo o potencial econômico e ambiental que ela oferece. A discussão sobre a transição energética em escala nacional deve, portanto, incluir a bioeconomia como um componente crítico para alcançar um futuro sustentável e de baixo carbono.



DW EM DESTAQUE Enchente de 2024 no Rio Grande do Sul Guerra na Ucrânia Gue → Vídeos TV ao vivo

ECONOMIA | BRASIL

Energia verde e pacto com UE: a ida ao Brasil do vice alemão

12/03/2023

Chegada de vice-chanceler da Alemanha dá sequência a série de visitas ao país do primeiro escalão do governo Scholz após posse de Lula. Sustentabilidade e cooperação econômica são principais focos da viagem.

f X

Retirado de <https://www.dw.com/pt-br/energia-verde-e-pacto-com-ue-a-ida-ao-brasil-do-vice-alemão/a-64961980em> 22/05/2024

Figura 4

O vice-chanceler federal e ministro alemão da Economia e Proteção Climática, Robert Habeck, visitou o Brasil em março de 2023, acompanhado por uma delegação de empresários alemães e pelo ministro alemão de Alimentação e Agricultura, Cem Özdemir. A visita fazia parte de uma série de encontros entre autoridades alemãs e brasileiras após a posse do presidente Luiz Inácio Lula da Silva, com o objetivo de fortalecer e intensificar relações econômicas e cooperação na proteção climática.

Um dos destaques da visita foi a participação no 39º Encontro Econômico Brasil-Alemanha, realizado em Belo Horizonte, com o lema "Novas abordagens sobre energia, clima e digitalização". Além disso, estavam agendadas reuniões com

membros do governo brasileiro, como o vice-presidente Geraldo Alckmin, a ministra do Meio Ambiente e Clima, Marina Silva, e o ministro de Minas e Energia, Alexandre Silveira.

Considerando que o foco do presente trabalho pode estar ligado à cooperação internacional, sustentabilidade e transição para uma economia verde. A visita do vice-chanceler alemão ao Brasil é um sinal claro do interesse da Alemanha em fortalecer parcerias com países comprometidos com a sustentabilidade e a descarbonização. Esse tipo de cooperação pode trazer benefícios significativos para ambos os lados, pois possibilita a troca de tecnologias, conhecimento e experiências em setores-chave como energia renovável e bioeconomia.

No entanto, existem desafios e contrapontos a serem considerados. O acordo de livre comércio entre a União Europeia e o Mercosul, por exemplo, enfrenta críticas relacionadas à proteção ambiental e aos direitos trabalhistas. Durante a gestão de Jair Bolsonaro, o Brasil teve problemas com desmatamento e enfraquecimento das regulamentações ambientais, o que atrasou a conclusão do acordo.

A visita do vice-chanceler alemão ao Brasil também ressalta o interesse estratégico da Alemanha em diversificar suas fontes de energia e matérias-primas, especialmente devido à crise energética causada pela guerra na Ucrânia e às tensões entre EUA e China. Essa diversificação pode ser positiva para o Brasil, pois gera oportunidades econômicas, mas também exige compromisso com práticas sustentáveis e políticas ambientais rigorosas.

Portanto, embora a visita tenha sido um passo importante para a cooperação entre Alemanha e Brasil, é fundamental garantir que as parcerias sejam sustentáveis e contribuam para um futuro mais verde e justo. O equilíbrio entre crescimento econômico, proteção ambiental e justiça social deve ser um foco central para ambos os países à medida que aprofundam suas relações.

Este capítulo evidencia que a transição para uma economia verde no Brasil é um processo complexo que requer colaboração nacional e internacional, políticas públicas eficazes e uma abordagem sustentável e inclusiva. As parcerias estratégicas com outros países, como a Alemanha, podem ser um catalisador para o

desenvolvimento de tecnologias inovadoras e a promoção de uma economia mais verde.

O equilíbrio entre crescimento econômico, proteção ambiental e justiça social deve ser o foco central das políticas de transição energética. À medida que o Brasil avança em direção a uma economia de baixo carbono, é crucial garantir que essas iniciativas beneficiem a sociedade como um todo e contribuam para um futuro mais sustentável. A cooperação internacional e o compromisso com práticas sustentáveis são componentes-chave para esse processo, e o Brasil está bem posicionado para liderar essa transição, desde que aborde os desafios com uma visão clara e um forte compromisso com a sustentabilidade

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões trazidas nesse trabalho reforçam a ideia de que a transição para uma economia verde no Brasil é um processo multifacetado que exige coordenação em diversas frentes. A análise das iniciativas relacionadas à energia solar, bioeconomia e cooperação internacional demonstra que o Brasil tem um grande potencial para se tornar líder em soluções sustentáveis, mas também destaca os desafios associados a essa transição.

Os esforços em prol das energias sustentáveis indicam um caminho promissor para diversificar a matriz energética e reduzir a dependência de fontes não renováveis. No entanto, o setor precisa de apoio contínuo em termos de políticas públicas e investimentos para superar obstáculos logísticos e financeiros.

A bioeconomia se apresenta como uma estratégia fundamental para alcançar a descarbonização, criando sinergias entre setores industriais e promovendo inovação. No entanto, seu sucesso dependerá de uma abordagem coordenada entre governo e indústria, bem como de investimentos significativos em pesquisa e desenvolvimento.

A cooperação internacional, como a parceria entre Brasil e Alemanha para a produção de hidrogênio verde, ilustra como a colaboração entre países pode acelerar a transição para uma economia verde. Contudo, é fundamental que essas parcerias estejam alinhadas com princípios de sustentabilidade e justiça social,

garantindo que os benefícios da transição energética sejam amplamente compartilhados

Para avançar na transição para uma economia verde, o Brasil precisará manter o equilíbrio entre crescimento econômico, sustentabilidade ambiental e inclusão social. As considerações finais apontam para a necessidade de uma estratégia clara, com regulamentações robustas e um compromisso com a transparência e a inclusão. Com uma abordagem integrada, o Brasil pode se tornar um modelo de transição para outras nações, demonstrando que é possível prosperar de maneira sustentável.

REFERÊNCIAS

ALTOÉ, Leandra et al. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estudos Avançados**, v. 31, p. 285-297, 2017.

ASSEF, Roberto. **Guia prático de formação de preços: Aspectos mercadológicos, tributários e financeiros para pequenas e médias empresas**. Elsevier Brasil, 2013.

BEN. **Balanço Energético Nacional**. 2003. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/>. Acesso em: 22/04/2024.

BEN. **Balanço Energético Nacional**. 2004. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/>. Acesso em: 22/04/2024.

BEN. **Balanço Energético Nacional**. 2009. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/>. Acesso em: 22/04/2024.

BEN. **Balanço Energético Nacional**. 2011. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/>. Acesso em: 22/04/2024.

BEN. **Balanço Energético Nacional**. 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/>. Acesso em: 22/04/2024.

BEN. **Balanço Energético Nacional**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/>. Acesso em: 22/04/2024.

BEN. **Balanço Energético Nacional**. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/>. Acesso em: 22/04/2024.

BIGOTO, Mariana Aparecida Munhaes. Impostos extrafiscais no ordenamento jurídico brasileiro frente a necessidade do mercado. **Revista Juris UniToledo**, v. 5, n. 01, 2020.

BORGES, F. Q. **Crise de energia elétrica no Brasil-uma breve reflexão sobre a dinâmica de suas origens e resultados**. RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218, v. 2, n. 10, p. e210809-e210809, 2021. Disponível em: <https://recima21.com.br/>. Acesso em: 21 fev. 2024.

CASTRO, N. J. de *et al.* **Perdas não técnicas na distribuição de energia elétrica: o caso da Light**. 2019. Disponível em: <https://www.ie.ufrj.br/>. Acesso em: 20 fev. 2024.

DANTAS FILHO, A. de A. *et al.* **Sistema de Distribuição de Energia Elétrica: A Qualidade da Energia na Área Urbana**. Universidade Potiguar – UNP. 2017. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/>. Acesso em: 19 fev. 2024.

DANTAS, O. de L; APOLONIO, R. **Impactos da alta penetração fotovoltaica na rede elétrica em relação à qualidade de energia**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 07, Vol. 11, pp. 166-177. Julho de 2019. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/>. Acesso em: 14 fev. 2024.

DEVEZA, A. C. P. **Análise dos Benefícios da Eficiência Energética para o Setor Elétrico Brasileiro** / Ana Carolina Peixoto Deveza – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016. Disponível em: <https://www.drhima.poli.ufrj.br/>. Acesso em: 13 fev. 2024.

DW. Energia verde e pacto com UE: a ida ao Brasil do vice alemão. **Economia Brasil**, 12 mar. 2023. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/energia-verde-e-pacto-com-ue-a-ida-ao-brasil-do-vice-alem%C3%A3o/a-64961980> Acesso em: 22/04/2024.

EPE. **Matriz Energética e Elétrica**. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/>. Acesso em: 12 de fev. 2024.

FARIAS, L. M.; SELLITTO, M. A. **Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras**. Revista Liberato, [S. l.], v. 12, n. 17, p. 07–16, 2013. Disponível em: <https://revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/164>. Acesso em: 21 fev. 2024.

FONTES, Y. Magalhães. **A Força Maremotriz: Uma Via Alternativa para a Captação de Energia no Brasil Perante as Ameaças de Crises Hídricas**. Pensar Acadêmico, v. 20, n. 3, p. 707-715, 2022. Disponível em: <http://www.pensaracademico.unifacig.edu.br/>. Acesso em: 21 fev. 2024.

GONÇALVES, R. *et al.* **Influência da geração distribuída em redes de distribuição de energia elétrica.** Brazilian Technology Symposium ISSN 2447-8326. V.1. 2016. Disponível em: <https://lcv.fee.unicamp.br/>. Acesso em: 15 fev. 2024.

GREEN, Martin A. *et al.* Very high efficiency silicon solar cells-science and technology. **IEEE Transactions on electron devices**, v. 46, n. 10, p. 1940-1947, 1999.

LOSEKANN, L.; HALLACK, M. **Novas Energias Renováveis no Brasil: Desafios e Oportunidades.** 2017. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/>. Acesso em: 21 fev. 2024.

LOVINS, Amory B. How big is the energy efficiency resource?. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 9, p. 090401, 2018.

MARQUES, Cristiane Diógenes. O impacto do ICMS na expansão do mercado de energia solar fotovoltaica no Ceará. 2020.

MARQUES, L. A.; FERNANDES, I. C.; COSTA, J. A. Energia solar fotovoltaica em unidades residenciais: estudo de caso. **IFRN EDU**, p. 11, 2013.

PIOTROWSKI, L. J. *et al.* **Análise das Perdas de Energia no Sistema Elétrico de Distribuição Brasileiro.** Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/>. Acesso em: 20 fev. 2024.

PODER360. Brasil pode faturar US\$ 248 bi com implementação da bioeconomia. **Poder360**, 5 fev. 2023. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/economia/brasil-pode-faturar-us-248-bi-com-implementacao-da-bioeconomiadomingobrasil-pode-faturar-us-248-bi-com-implementacao-da-bioeconomia/> Acesso em: 22/04/2024.

RALPH, Mark E.; GONZALEZ, Sigifredo; GINN, Jerry W. **Photovoltaics as a distributed energy resource.** Sandia National Laboratories (SNL), Albuquerque, NM, and Livermore, CA (United States), 2013.

RAMOS, Leonardo Affonso; DURANTE, Luciane Cleonice; CALLEJAS, Ivan Julio Apolônio. Geração de Eletricidade Abordando o Ciclo de Vida: Uma Revisão Sistemática sob a Ótica da Sustentabilidade Ambiental. **E&S Engineering and Science**, v. 6, n. 1, p. 14-28, 2017.

RUPP, Ricardo Forgiarini; GHISI, Enedir. Potencial de economia de energia elétrica através do uso da luz natural e da ventilação híbrida em edifícios comerciais em Florianópolis. **Ambiente Construído**, v. 13, p. 75-86, 2013.

SILVA, Rutelly Marques da. Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). 2020.

SOARES, Fernanda. Para ser “capital verde”, Rio pega empréstimo de R\$ 700 milhões do Banco Mundial. **CNN Brasil**, Rio de Janeiro, 17 jun. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/para-ser-capital-verde-rio-pegando-emprestimo-de-r-700-milhoes-do-banco-mundial/> Acesso em: 22/04/2024.

SOARES, João Pedro. Hidrogênio verde promete turbinar parceria Brasil-Alemanha. **Política Brasil**, 3 fev. 2023. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/hidrog%C3%AAnio-verde-promete-turbinar-parceria-brasil-alemanha/a-64599718> Acesso em: 22/04/2024.

TIEPOLO, Gerson Máximo et al. Atlas de energia solar do Estado do Paraná—resultados. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 9, n. 1, p. 01-10, 2018.

TRIGOSO, Frederico Bernardino Morante; ANDRADE, Cristiane Brito. Marco Regulatório Brasileiro da Geração Distribuída Baseada em Sistemas Fotovoltaicos. In: **Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2016. p. 1-8.

VINICIUS NETTO, D. **Sistema de Geração e Distribuição de Energia por Parte do Operador Nacional do Sistema Brasileiro-Ons o Pêndulo do Desenvolvimento**. R. Gest. Sust. Ambient. Florianópolis, v. 3, n. 2, p.339 - 362, out. 2014/mar.2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 12 de fev. 2024.

WAENGA, A. F. C.; PINTO, D. A. F. **Impactos da geração distribuída fotovoltaica no sistema de distribuição de energia elétrica**. 2016. 99 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/>. Acesso em: 20 fev. 2024.

ZANCHETTA, L. P. **Reconfiguração de Redes de Distribuição de Energia com Geração Distribuída Empregando Conceitos de Redes Elétricas Inteligentes**. Universidade Federal de Santa Catarina/SC, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/>. Acesso em: 16 fev. 2024.