



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SOCIOECONÔMICO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Ian Jesus Silva Ribeiro

A transição energética na Alemanha: Desempenho e Desafios da *Energiewende*

Florianópolis

2024

Ian Jesus Silva Ribeiro

A transição energética na Alemanha: Desempenho e Desafios da *Energiewende*

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Relações Internacionais do Centro Socioeconômico (CSE) da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Relações Internacionais

Orientador: Prof. Dr. Klaus Guimarães Dalgaard

Florianópolis

2024

Ribeiro, Ian Jesus Silva

A transição energética na Alemanha : Desempenho e
Desafios da Energiewende / Ian Jesus Silva Ribeiro ;
orientador, Klaus Guimarães Dalgaard, 2024.

76 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro
Socioeconômico, Graduação em Relações Internacionais,
Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Relações Internacionais. 2. energiewende. 3.
alemanha. 4. política de transição energética. 5.
sustentabilidade. I. Dalgaard, Klaus Guimarães. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Relações Internacionais. III. Título.

Ian Jesus Silva Ribeiro

A transição energética na Alemanha: Desempenho e Desafios da *Energiewende*

Florianópolis, 05 de Dezembro de 2024.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi avaliado e aprovado pela banca examinadora composta pelos seguintes membros

Prof.(a) Dr.(a) Clarissa Franzoi Dri
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Dr.(a) Helton Ouriques Ricardo
Universidade Federal de Santa Catarina

Certifico que esta é a versão original e final do Trabalho de Conclusão de Curso que foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Relações Internacionais por mim e pelos demais membros da banca examinadora

Prof. Klaus Guimarães Dalgaard, Dr.

Orientador

Florianópolis, 2024.

Dedico este trabalho aos meus pais que me ensinaram que não há vida sem amor ao próximo e ao meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que protege e me guia em todos os momentos. Agradeço aos meus pais, pois me ensinaram que gentileza, educação e dedicação me levam longe. Aos meus avós que aquecem meu coração mesmo a quase dois mil quilômetros de distância. Obrigado Iago, por me ensinar a ter garra e Peach, obrigado por me acalmar. Obrigado à UFSC por oferecer um ensino plural de extrema qualidade, como todos os brasileiros devem ter, e pela oportunidade de realizar sonhos.

Agradeço ao Gabriel Vinícius, Lilith, Beatriz e Maria Eduarda que foram bússolas para minhas aventuras na ilha. Para João Guilherme, Ana Júlia, Virgínia Mariana, Bárbara, Débora e Renata que acompanharam meu florescer e espero que continuem sempre me fazendo companhia no jardim da vida. À Amira Farhana, Gabriela e Montserrat que fizeram eu me sentir em casa estando do outro lado do Atlântico.

Agradeço também ao Governo Alemão pela bolsa de estudos, através da qual pude ser representante da UFSC na Alemanha, no primeiro semestre de 2023, por meio da Baden-Württemberg-STIPENDIUM. A vivência na Alemanha me proporcionou experiências antes inimagináveis, e fez com que esse tema de TCC se tornasse realidade.

“Prezo insetos mais que aviões.
Prezo a velocidade
das tartarugas mais que a dos mísseis.
Tenho em mim esse atraso de nascença.
Eu fui aparelhado
para gostar de passarinhos.”
(De Barros, 2018, p.25)

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo compreender os fatores políticos, econômicos, sociais e tecnológicos que influenciam o desempenho da *Energiewende* em atingir suas metas: redução de emissões de carbono, ampliação da participação de fontes renováveis na matriz energética e aumento da eficiência energética. Para isso, adotou-se uma abordagem hipotética dedutiva, que se relacionava com a relação de causalidade entre os fatores e o desempenho do país. Com base na análise de dados secundários, incluindo relatórios governamentais e estudos acadêmicos, foi possível entender como o país tem se saído. Através de uma análise histórica e empírica foi destacado que o país pode atingir suas metas na ampliação de participação de energias renováveis na matriz elétrica, graças à legislação EEG e aos subsídios fiscais que estimularam a adesão social. No entanto, para às outras duas variáveis precisam de mais esforços. Há uma redução das emissões de GEE, mas ela ainda não atinge às metas, enquanto a eficiência energética passou a ter uma delimitação e uma mensurabilidade somente em 2023. Ainda existem problemas internos de coesão do governo, e problemas externos, como a guerra entre Rússia e Ucrânia, que também afetam o desempenho. Os resultados apontam ainda que para atingir as ambiciosas metas de médio e longo prazo, o país precisará intensificar esforços a partir de tecnologia e ter um olhar especial para os setores da economia, como transportes e indústria, que são historicamente os mais poluentes do país. Esse trabalho contribui para que outros países possam se inspirar nas estratégias energéticas que funcionaram bem na Alemanha, e apliquem elas à sua realidade, assim em conjunto haverá um combate mais efetivo contra às mudanças climáticas.

Palavras-chave: *energiewende*; Alemanha; política de transição energética; sustentabilidade.

ABSTRACT

The aim of this work was to understand the political, economic, social and technological factors that influence the Energiewende's performance in achieving its goals: reducing carbon emissions, increasing the share of renewable sources in the energy matrix and increasing energy efficiency. To this end, a hypothetical deductive approach was adopted, which related to the causal relationship between the factors and the country's performance. Based on the analysis of secondary data, including government reports and academic studies, it was possible to understand how the country has performed. Through a historical and empirical analysis, it was pointed out that the country has been able to achieve its goals in increasing the share of renewable energy in the electricity matrix, thanks to EEG legislation and tax subsidies that have stimulated social adherence. However, the other two variables require more effort. There has been a reduction in GHG emissions, but it has not yet reached the targets, while energy efficiency will only be delimited and measurable in 2023. There are still internal problems of government cohesion, and external problems, such as the war between Russia and Ukraine, which also affect performance. The results also indicate that in order to achieve the ambitious medium- and long-term targets, the country will need to step up its efforts in terms of technology and take a special look at sectors of the economy, such as transport and industry, which have historically been the most vulnerable. This work will help other countries to be inspired by the energy strategies that worked well in Germany and apply them to their reality, thus working together to combat climate change more effectively.

Keywords: *Energiewende*; germany; sustainability; energy transition politics.

LISTA DE FIGURAS

- Gráfico 1: Tendência de Emissão de Gases do Efeito Estufa na Alemanha por setor (1990-2023)
- Gráfico 02: Evolução das Metas de Redução das Emissões de Gases do Efeito Estufa
- Gráfico 03: Eficiência Energética e Metas de Consumo (Status 2020)
- Gráfico 04: Desempenho das Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) a partir de 1990
- Gráfico 05: Metas de Redução das Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE)
- Gráfico 06: Metas do Desempenho das Emissões de GEE (2005-2045)
- Gráfico 07: Evolução das Emissões Totais de Gases de Efeito Estufa na Alemanha (1990-2023)
- Gráfico 08: Sobreposição das Metas nas Emissões de Carbono (1990-2045)
- Gráfico 09: Participação Anual das Energias Renováveis na Geração e Carga Líquida Total de Eletricidade na Alemanha
- Gráfico 10: Participação Anual das Energias Renováveis na Geração e Carga Líquida Total de Eletricidade na Alemanha com Linha de Tendência
- Gráfico 11: Evolução das Metas da EEG de Participação das Energias Renováveis
- Gráfico 12: Sobreposição Metas e Participação ER na Produção Total (%)
- Gráfico 13: Evolução do Consumo Final de Energia na Alemanha (2000-2021)(Milhão de TJ)
- Gráfico 14: Evolução do Consumo Final de Energia por Setor na Alemanha (2000-2021)
- Gráfico 15: Fornecimento Total de Energia por Unidade do PIB (MJ) (2000-2023)
- Gráfico 16: Metas de Redução do Consumo de Energia
- Gráfico 17: Evolução das Metas de Redução no Consumo de Energia
- Gráfico 18: Sobreposição da Meta com o Consumo de Energia Final

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Evolução dos Objetivos da *Energiewende* em Diferentes Áreas (2016–2021)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- EEG Erneuerbare-Energien-Gesetz (Lei de Energias Renováveis)
- GEE Gases do Efeito Estufa
- UBA Umweltbundesamt (Agência Ambiental da Alemanha)
- IEA International Energy Agency (Agência Internacional de Energia)
- EnEfG Energieeffizienzgesetz (Lei de Eficiência Energética)
- EU União Europeia
- NAPE Nationaler Aktionsplan für Energieeffizienz (Plano Nacional de Ação para Eficiência Energética)
- PIB Produto Interno Bruto
- BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Ministério Federal do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear)
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Ministério Federal da Economia e Energia)
- Fraunhofer ISE Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Instituto Fraunhofer de Sistemas de Energia Solar)
- VDA Verband der Automobilindustrie (Associação Alemã da Indústria Automotiva)
- EU ETS European Union Emissions Trading System (Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia)
- SPD Partido Social-Democrata
- CDU União Democrática Cristã

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 ORIGEM E EVOLUÇÃO INICIAL DA ENERGIEWENDE	19
2.1 ORIGEM DO TERMO “ENERGIEWENDE”	19
2.2 HISTÓRICO POLÍTICO E SOCIAL	20
2.3 OBJETIVOS DA ENERGIEWENDE	25
2.4 EVOLUÇÃO DAS METAS DA ENERGIEWENDE	29
3 ANÁLISE DO DESEMPENHO E DAS METAS DA ENERGIEWENDE	34
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS DADOS	34
3.2 ANÁLISE DE VARIÁVEIS	36
3.2.1 Análise Das Emissões De Gases De Efeito Estufa	36
3.2.2 Análise Da Participação De Fontes Renováveis Na Matriz Energética	43
3.2.3 Análise Da Eficiência Energética Alemã	49
4 ANÁLISE DOS FATORES DETERMINANTES PARA O DESEMPENHO DA ENERGIEWENDE	58
5 CONCLUSÃO	71

1 INTRODUÇÃO

Esse trabalho tem como objetivo o entendimento dos motivos que influenciam o desempenho atual da *Energiewende*, política de transição energética alemã, em atingir ou não os objetivos estipulados: redução de emissões de carbono, aumento da parcela de fontes de energia renováveis na matriz energética e o aumento da eficiência energética no país. A interconexão global torna essencial compreender como diferentes países abordam estratégias semelhantes ao aquecimento global. Além disso, transições energéticas e tomadas de decisões impactam não apenas suas próprias nações, mas o mundo todo. Nesse sentido, a *Energiewende* surge como um caso emblemático, graças à abordagem pioneira de transição energética.

A transição energética alemã, conhecida como *Energiewende*, mescla a sua base teórica e a implementação prática, integrando princípios de sustentabilidade, segurança energética e competitividade econômica. Esta construção multissetorial visa não apenas mitigar os impactos ambientais negativos das fontes de energia tradicionais, mas também promover um sistema energético mais resiliente e adaptável às demandas do futuro. Nesse contexto, a *Energiewende* exemplifica como teorias e conceitos acadêmicos podem ser traduzidos em políticas públicas concretas, evidenciando a importância do alinhamento entre a academia e os governos na formulação de estratégias eficazes para a transição energética.

No contexto das Relações Internacionais, onde a ação de um país repercute em consequências globais, investigar o desenvolvimento das fontes de energia renovável se alinha diretamente com a essência do curso. A questão do aquecimento global transcende fronteiras, tornando-se uma preocupação planetária, que acaba trazendo a necessidade de ações sustentáveis conjuntas entre os países. A compreensão de como os países tomam decisões para tornar seus processos energéticos mais limpos e eficientes, torna-se, assim, uma necessidade inescapável.

Espera-se contribuir para uma compreensão mais profunda das interações entre energia, meio ambiente e política global. Essa compreensão é fundamental para informar futuras decisões políticas e promover a cooperação internacional na busca por um futuro energético sustentável e equitativo. A partir da pergunta de pesquisa: *Quais são os motivos pelo atual desempenho da política de transição energética alemã (Energiewende) em atingir ou não os objetivos estipulados, em relação aos setores: redução de emissões de carbono, fomento da eficiência energética e fomento do número de fontes de energia renováveis na matriz*

energética?, o principal objetivo do trabalho é compreender quais motivos políticos, econômicos, sociais e tecnológicos afetam o desempenho da política de transição energética alemã, com foco no desempenho alemão em atingir os objetivos nos setores já citados, especialmente na redução de emissões de carbono, fomento da eficiência energética e fomento do número de fontes de energia renováveis na matriz energética. Dessa forma, para atingir o proposto, é necessário atingir os objetivos específicos, sendo eles: entender a origem histórico política da *Energiewende*, analisar o desempenho e a evolução das metas das variáveis: emissões de carbono, fomento da eficiência energética e fomento do número de fontes de energia renováveis na matriz energética e investigar fatores econômicos, sociais, políticos que impactam o desempenho da política de transição energética da Alemanha.

Sob a perspectiva de uma abordagem hipotético-dedutiva, parte-se da hipótese de que o desempenho da *Energiewende*, em atingir ou não as metas estipuladas pelo governo, é determinado por fatores sociais, políticos, econômicos e tecnológicos, os quais impactam de forma distinta os objetivos de redução de emissões de carbono, fomento da eficiência energética e ampliação da participação de fontes renováveis na matriz energética. Essa abordagem permite uma análise das possíveis relações causais entre fatores determinantes para um desempenho que cumpra com as metas estipuladas e resultados observados. Com base nisso, o procedimento de pesquisa se refere ao levantamento bibliográfico, mediante dados secundários, utilizando fontes do governo alemão e de estudos acadêmicos que analisam as causas e o desempenho da *Energiewende*. As bases de dados utilizadas para parte do levantamento acadêmico correspondem ao Google Scholar, Scopus, IRENA e IEA. Além disso, foram utilizados também artigos de autores internacionais e devido à contemporaneidade dos eventos, fontes jornalísticas para complementar o contexto.

Para a resolução da hipótese elaborada, o trabalho se encontra dividido em três capítulos, e a conclusão. O primeiro capítulo apresenta a origem e evolução inicial da *Energiewende*, seu histórico político e social, os objetivos da *Energiewende* e a evolução das metas da *Energiewende*, com o objetivo de apresentar a importante origem dessa política de transição. O segundo capítulo apresenta a análise empírica do desempenho e das metas da *energiewende*, assim, este capítulo contém análises das seguintes variáveis: emissões de gases do efeito estufa, participação das energias renováveis na matriz energética e eficiência energética do país. Logo, o terceiro capítulo engloba a análise dos fatores determinantes para

o desempenho da transição energética, são eles fatores: políticos, sociais, econômicos e tecnológicos.

2 ORIGEM E EVOLUÇÃO INICIAL DA *ENERGIEWENDE*

2.1 ORIGEM DO TERMO “*ENERGIEWENDE*”

Segundo Jacobs (2012), o termo “*Energiewende*” nasceu nos anos 70 na Alemanha como parte de um movimento dos opositores da energia nuclear, que buscavam demonstrar a viabilidade de um fornecimento alternativo de energia. Esse conceito evoluiu para um conjunto abrangente de políticas públicas que visam a reorientação da política energética, mudando o foco da demanda para a oferta de energia e da geração centralizada para a distribuída, como a produção de calor e energia em pequenas unidades de cogeração. Assim, a transição está sendo fundamental para substituir a superprodução e o consumo excessivo de energia através de economia energética e aumento da eficiência.

O termo “*Energiewende*” (“transição energética”) foi formalmente cunhado pelo Instituto de Ecologia Aplicada da Alemanha (Öko-Institut¹) no livro *Energiewende: Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uranium* (Transição energética: crescimento e prosperidade sem petróleo e urânio, tradução nossa) de 1980. O livro serviu de base para o Relatório Especial “*Energie und Umwelt*” do Conselho de Especialistas em Questões Ambientais do Governo Federal Alemão, apresentado ao *Bundestag* em 1981. Este relatório, (Alemanha, 1981) propôs pela primeira vez uma estratégia energética inovadora para o país, centrada na transição para as energias renováveis e no desligamento progressivo da energia nuclear e dos combustíveis fósseis. A adoção dessas ideias no relatório tem ligação com a influência do conceito de “*Energiewende*” nas políticas públicas alemãs, impactando o debate sobre sustentabilidade e segurança energética nas décadas seguintes.

Lovins (1976) argumenta pela necessidade de redirecionar os sistemas de energia centralizados, altamente dependentes de combustíveis fósseis e energia nuclear, para um modelo descentralizado e eficiente, alicerçado em energias renováveis. Para o autor, essa transição é não apenas possível, mas também crucial, se quisermos garantir a segurança energética e a sustentabilidade a longo prazo. Ele propõe que o crescimento econômico possa ser mantido, e até impulsionado, por meio de uma economia com menor consumo de energia, baseada em tecnologias de energia, que priorizam fontes renováveis e eficiência

¹ O *Öko-Institut* é uma organização sem fins lucrativos, especializada em pesquisa ambiental, promove a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável.

energética (*soft energy paths*). Esse pensamento do autor influenciou significativamente o debate sobre políticas energéticas, fornecendo a base teórica para estudos e estratégias futuras, incluindo aqueles realizados pelo *Öko-Institut*, que demonstram a viabilidade de alcançar o crescimento econômico com uma menor dependência de energia convencional.

Assim, o surgimento da *Energiewende* na política alemã se dá em 1979, o Partido Social-Democrata (SPD) em Schleswig-Holstein, um estado no noroeste da Alemanha, aprova uma moção apelando à "*Energiewende*". Dentre as primeiras metas, encontra-se a eliminação gradual da energia nuclear, a eficiência energética e a diminuição da dependência de energia importada, em particular, do petróleo. Deve-se notar que, naquele momento, o carvão ainda tinha "prioridade" em relação ao futuro fornecimento de energia. Para entender isso melhor é preciso levar em consideração que historicamente o carvão já tinha um papel crucial na geração de energia do país, isso por dois motivos, sua disponibilidade no território e também para a infraestrutura existente que suporta o seu uso, fazendo com que fosse viável economicamente para as indústrias. Além disso, os subsídios governamentais para a utilização do carvão eram um ponto favorável, até terem sido tornados ilegais pela União Europeia (LAUBER; MEZ, 2006). Naquele momento o SPD, da oposição, perdeu as eleições para o governo estadual daquele ano para União Democrática Cristã (CDU). À medida que o Partido Verde alemão vai se afirmando no parlamento nacional, mais frequentemente o termo "*Energiewende*" entra nas discussões, como veremos em seguida, na década de 70, à medida que o movimento antinuclear se fortalece, mais a transição energética passa a ser vista como uma alternativa viável (LAIRD; STEFES, 2009).

2.2 HISTÓRICO POLÍTICO E SOCIAL

Em 1973, foram anunciados planos para construir uma usina nuclear na vila de *Wyhl*, na fronteira com a França. A decisão revelou-se fatídica, pois criou um movimento de resistência forte e sustentado em grandes setores da sociedade. Estudantes de *Freiburg* uniram-se aos viticultores de *Kaiserstuhl*, enquanto cientistas como Florentin Krause, o autor da *Energiewende*, engajaram-se no processo. As crises petrolíferas de 1973 e 1979 foram eventos que mudaram drasticamente como a Alemanha e o mundo encaravam o fornecimento de energia. A crise de 1973 foi desencadeada pelo embargo de petróleo imposto pelos países árabes membros da (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) OPEP em resposta ao apoio ocidental a Israel durante a Guerra do Yom Kippur. Esse

embargo resultou em um forte e repentino aumento do preço do petróleo, que quadruplicou em poucos meses. O aumento dos preços levou a uma inflação generalizada, recessão econômica e uma crise energética que revelou a vulnerabilidade das economias dependentes de petróleo importado (LAIRD; STEFES, 2009).

Na Alemanha, a situação se traduziu em reconhecer os riscos econômicos de ser um país dependente de combustíveis fósseis e em abrir um novo chamado para de forma urgente repensar a matriz energética do país. A crise de 1979, agravada pela Revolução Iraniana, reforçou essa percepção ao causar outro choque no mercado global de petróleo. Como resultado, a Alemanha percebeu o risco econômico do aumento dos preços da energia, e percebeu a importância de diversificar suas fontes de energia (LAIRD; STEFES, 2009).

Em resposta à crise do petróleo, a Alemanha implementou uma política energética destinada a promover a conservação de energia e o desenvolvimento de recursos renováveis. Isto incluiu o uso de conversores catalíticos em veículos que requerem combustível sem chumbo, o que eventualmente levou a União Europeia a proibir totalmente a gasolina com chumbo em 2000. Estas medidas ajudaram a reduzir a poluição, mas não melhoraram a conservação de energia. Logo, a ideia básica de conservação dos recursos energéticos continuou a fazer parte da política alemã e também era uma forma de reduzir a dependência das importações de matérias-primas, finalmente tornou-se ainda mais difundida desde a década de 1970 (LAIRD; STEFES, 2009).

Em 1980, uma Comissão de Inquérito do *Bundestag* recomendou "uma mudança de paradigma na política energética, com o afastamento da energia nuclear" (MEZ; SCHNEIDER; THOMAS, 2009). Essa proposta desempenhou um papel crucial na mudança da opinião pública na Alemanha, levando à formação do Partido Verde e à sua eleição para o *Bundestag* alemão em 1983. Derivada dessa mudança política, o sucesso do movimento encorajou pessoas em toda a Alemanha e na Europa a acreditar que poderiam impedir a construção de centrais nucleares. Isso não aconteceu, já que durante a década de 70 a Alemanha continuou a ampliar sua base de energia atômica.

Ao longo da década de 1980, diversos grupos locais em apoio a *Energiewende* foram formados em toda a Alemanha, à medida que as pessoas procuravam maneiras de agir localmente contra a energia nuclear. Esse movimento, enraizado em preocupações

ambientais e influenciado por valores pós-materialistas, foi uma das principais forças sociais que impulsionaram o surgimento do Partido Verde na Alemanha como uma alternativa política. Dessa forma, a crescente mobilização dos cidadãos em torno da questão nuclear, juntamente com a crítica ao modelo atual de energia, fez o caminho para o fortalecimento do Partido Verde como uma voz política institucionalizada que articulava demandas ambientais e sociais emergentes (KAELBERER, 1998).

Outro passo importante na trajetória das energias renováveis na Alemanha ocorreu em 1991 com a introdução da Lei de Alimentação na Rede (*Stromeinspeisungsgesetz*, StrEG), que foi precursora da Lei de Energias Renováveis (*Erneuerbare-Energien-Gesetz*, EEG) aprovada em 2000. Esta legislação pioneira, que posteriormente inspirou o atual conjunto de leis de fontes de energia renováveis, foi decisiva para estabelecer um marco regulatório que garantiu tarifas fixas para a eletricidade gerada a partir de fontes renováveis. O StrEG representou o primeiro esforço significativo do governo alemão para promover a energia renovável ao fornecer um incentivo financeiro direto para pequenos produtores de energia renovável, criando as bases para o crescimento do setor que culminaria na EEG de 2000 (WÜSTENHAGEN; BILHARZ, 2006).

Em 1986, o reator de Chernobyl (Ucrânia) explodiu e os detectores de radioatividade, em toda a Europa, começaram a registrar picos nos níveis de radiação e pela proximidade geográfica das chuvas radioativas acabaram interferindo de certa forma na Alemanha. Por conta do acidente, a popularidade da segurança da energia nuclear caiu muito entre os alemães, entretanto ainda não havia conhecimento de como a substituir (LAIRD; STEFES, 2009). Após isso, houve um aumento na desconfiança pública na segurança dos reatores nucleares, o que impulsionou o crescimento dos movimentos contrários à energia nuclear. Inclusive é importante afirmar que foi após esse acidente que o Ministério Federal do Meio Ambiente (BMU) surgiu (HATCH, 2007). Autoridades alemãs, ao longo dos anos, reiteraram a segurança das centrais nucleares no país, negando a possibilidade de acidentes como o de Chernobyl (LAIRD; STEFES, 2009).

Para estimular o uso de energias renováveis, foram criadas as “tarifas *feed in*” na Alemanha, um incentivo fiscal para estimular pequenos produtores a gerarem a própria energia, que vem funcionando desde os anos 90. O estímulo foi importante para haver um respaldo financeiro aos pequenos produtores, motivando-os a enfrentar as grandes

produtoras de energia. Após questionada, a União Europeia avaliou que as tarifas *feed in* não configuram um auxílio estatal, e com isso elas não são conflituosas com os parâmetros europeus (JACOBS, 2012). Embora esta decisão dissesse respeito à primeira lei de tarifas *feed-in* de 1991 e não necessariamente ao EEG de 2000, a decisão do tribunal foi amplamente entendida como aplicável a ambos.

Em 2009, antes da Conferência climática de Copenhague, o Partido Social-Democrata (SPD) , em uma coalizão com o União Democrática Cristã (CDU) da presidente Angela Merkel, teve posicionamentos que não estavam alinhados com a perspectiva da EEG, por exemplo, a tentativa de fortalecer a eficiência energética do país com usinas de energia movidas a carvão e propostas de estender a vida útil das usinas nucleares já existentes como forma de desenvolver pesquisas em armazenamento de energia e eficiência energética (LAWTON, 2009).

Foi apenas em 2011, quando no Japão, em decorrência do tsunami e consequente acidente de Fukushima, que a dirigente da Alemanha altera seu posicionamento e começa a apoiar a desativação nuclear do país, com a total planejada para 2022. Consoante a isso, foram criadas leis para aumentar as metas de eletricidade verde, e criar um fundo nacional de clima e energia. Assim, no mesmo ano, Merkel e o partido União Democrática Cristã (CDU) optam pela *Energiewende*, o que faz com que o termo já utilizado pelo Partido Social-Democrata (SPD) e Partido Verde tivesse um aumento na popularidade.

Em 2013, formou-se uma coalizão entre os dois maiores partidos da Alemanha, os Sociais Democratas (SPD) e os Democratas Cristãos (CDU/CSU), visando consolidar as diretrizes energéticas e climáticas do país. O SPD, que havia sido um dos principais defensores da *Energiewende* desde sua concepção, alinhou-se aos Democratas Cristãos em um acordo que buscava não apenas manter o impulso da transição energética, mas também expandir seus objetivos a longo prazo. Um dos principais compromissos firmados foi a proposta de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 95% até 2050, tomando como base os níveis de 1990. Essa coalizão demonstrou a crescente importância da *Energiewende* nas políticas nacionais, visto que ambos os partidos concordaram em realizar reformas significativas na Lei das Energias Renováveis (EEG) e nas tarifas *feed-in*, elementos fundamentais para o avanço da geração de energia renovável no país (AMELANG, 2016).

A trajetória da política energética alemã entre 2009 e 2013 demonstra uma evolução significativa nas metas de descarbonização e na adoção da *Energiewende*. Enquanto a coalizão de 2009 trouxe tensões entre a continuidade do carvão e nuclear, o desastre de Fukushima em 2011 foi um divisor de águas, levando Angela Merkel a reverter seu posicionamento sobre a energia nuclear. A partir de 2013, a coalizão entre SPD e CDU consolidou a transição energética, propondo metas mais ambiciosas de redução de emissões e incentivando reformas no arcabouço legislativo. O cenário, então, preparou o terreno para as reformas energéticas mais estruturadas de 2014.

Em 2014, a criação do *Kilmaschutzplan* (Plano de Ação Climática) representou um marco importante para o país, pois reforçou seu compromisso com a meta de redução de emissões de 2020. O plano foi elaborado com o objetivo de combater o aumento das emissões, com um novo patamar de exigências aos limites das emissões do setor de energia, visando uma transição energética mais eficaz e consequentemente uma maior eficiência energética (Hope, 2014). Em 2015, a Alemanha flexibilizou as restrições de carbono em resposta à pressão da indústria do carvão e ao interesse em preservar empregos. Uma das medidas principais foi a transição gradual de usinas de lignito², para uma reserva de capacidade, seguida de seu eventual fechamento. A decisão incluiu compromissos de redução adicional de emissões de CO₂ no setor de lignito e a implementação de medidas de eficiência energética em setores chave, como energia e transporte, com o objetivo de alinhar o país às metas de longo prazo (EVANS, 2015).

Inicialmente, a coalizão em 2015 representou uma consulta popular sobre o *Kilmaschutzplan* (Plano de Ação Climática) de 2050, foram levantados pontos como limites específicos de emissões para transporte, agricultura e propriedades. Além de zerar o uso de carvão no país, o plano sofreu vazamentos, e quando publicado teve uma atualização nas metas (ALEMANHA, 2016).

A Lei das Energias Renováveis (EEG) de 2023, é um dos pilares da *Energiewende*, Trata-se de uma peça legislativa fundamental que estabelece um quadro para o desenvolvimento de energia renovável na Alemanha, garantindo incentivos a partir da tarifa de incentivo *feed-in* para os produtores (especialmente os pequenos produtores) de energia

² Lignito é um tipo de carvão mineral de baixa qualidade, também conhecido por *brown coal* composto principalmente por matéria orgânica vegetal, com baixo teor de carbono e alto teor de umidade (Environment News Service, 28 de maio de 2004.).

renovável, incentivando assim a expansão da capacidade de energia renovável de forma descentralizada.

Logo, as manifestações políticas iniciais foram fundamentais na formação e moldagem da *Energiewende*, estabelecendo as bases para a transição energética que ocorre na Alemanha até hoje. Havia uma necessidade de um posicionamento político dos governantes da Alemanha levando às energias renováveis como uma prioridade, e para isso ocorrer, foi necessária uma grande movimentação da sociedade. Inicialmente, a resistência popular em Wyhl, juntamente com as crises do petróleo e o desastre de Chernobyl, demonstraram a importância da participação cidadã em liderar um redirecionamento para se distanciar da energia nuclear e em direção da eficiência energética e do desenvolvimento de fontes de energia renovável para garantir um futuro sustentável e seguro. Esses eventos históricos influenciaram diretamente as políticas energéticas subsequentes na Alemanha, como a criação da EEG nos anos 2000 e suas periódicas atualizações, que foram pioneiras para a popularização e adoção generalizada de energias limpas e a redução da dependência de combustíveis fósseis e energia nuclear. No entanto, para compreender plenamente o impacto dessas decisões, é essencial analisar os objetivos estratégicos da *Energiewende* e como suas metas de longo prazo visam não apenas descarbonizar a economia alemã, mas também garantir a segurança energética e a sustentabilidade ambiental.

2.3 OBJETIVOS DA *ENERGIEWENDE*

A respeito dos objetivos da *Energiewende*, inicialmente estes não foram delimitados de forma clara pelo Governo Federal Alemão, o que causou com que pesquisas e políticas sobre a *Energiewende* tivessem posicionamentos divergentes a respeito do grau de prioridade dos objetivos. Joas *et al* (2016), por meio de entrevistas com cientistas, administradores públicos, jornalistas, políticos e a população, ressaltam a necessidade de delimitar as metas da *Energiewende*.

Joas *et al* (2016) explicam que os principais objetivos envolvem cinco áreas principais. A respeito da primeira, a prevenção do aquecimento global, tem-se: prevenção das mudanças climáticas através da redução das emissões nacionais de GEE (Gases do Efeito Estufa), ser líder na proteção climática global e por fim redução de custos das energias renováveis. Todos esses aspectos estão associados à liderança climática, já que o país pretende ser pioneiro e servir de exemplo para outros.

Na segunda área levantada no artigo, o autor aborda a proteção e conservação do ambiente nacional e internacional (além do aquecimento global), com isso, se destacam os seguintes objetivos: abandonar o uso de energia nuclear, proteção do meio ambiente regional e nacional e a conservação de recursos naturais. Já na terceira área levantada por Joas *et al* (2016), há a expansão dos objetivos do triângulo energético, que consistem em: segurança no fornecimento de energia, preços acessíveis de eletricidade e redução da dependência dos combustíveis fósseis.

A quarta área consiste em outros domínios de políticas, podendo ser na criação de empregos e no valor agregado nas indústrias de energia renováveis ou na tecnologia e liderança de mercado. Por fim, na quinta área o artigo cita as últimas metas que são relacionadas a ideais políticos, como ao reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados, conflitos políticos em relação à produção podem ser evitados, descentralização do sistema de energia e criar um senso de integração social.

A respeito da descentralização do sistema de energia, é interessante ter em mente a abordagem de Paulitz (2006) A descentralização energética implica uma mudança significativa nas estruturas de poder e na distribuição dos recursos financeiros. Ou seja, através da implementação de políticas como a EEG houve um aumento na produção de energia de forma descentralizada por pequenos produtores, o que diversifica a distribuição de remuneração e os lucros, trazendo retorno econômico para comunidades locais e reduzindo a dependência e a influência política das grandes corporações.

É interessante citar que essa descentralização fortalece a democracia ao envolver os cidadãos na produção e gestão de energia, isso não só fortalece a responsabilidade da produção, mas também promove o envolvimento cívico, à medida que as pessoas se engajam mais em decisões que impactam diretamente suas vidas e formas de sustento. Esse envolvimento com a população é de extrema importância, haja vista que um dos desafios enfrentados pela *Energiewende*, que será abordado no terceiro capítulo desta monografia, é a adesão popular (PAULITZ, 2006).

Enquanto os objetivos supracitados representam a perspectiva dos documentos de 2016, atualmente com uma nova atualização da lei, é possível notar objetivos mais

completos em relação à redução das emissões de gases de efeito estufa, aumento da produtividade energética e aumento das fontes renováveis.

Em 2019 os legisladores alemães aprovaram a Lei de Ação Climática da Alemanha, mas após entender que essa não era suficiente, ela foi atualizada com metas mais ambiciosas e detalhadas em 2021, o projeto do país se tornou mais assertivo em direção à neutralidade climática (APPUNN, 2021) cuja meta atual é ser alcançada em 2045. Ademais, a reforma da lei climática incluiu a intensificação do corte de emissões de carbono, e novas metas de redução gerais para a década de 2030. O próprio pacote de propostas políticas com a redução das metas explica que:

Em quase todos os setores, ou seja, no setor da energia, dos transportes, da indústria, do setor da construção, da gestão de resíduos, da agricultura, da utilização dos solos e da silvicultura, há uma necessidade urgente de ação nos próximos anos, tendo em conta as reduções inadequadas de emissões registadas no passado. E o, portanto, previsível fracasso no cumprimento das metas alemãs e europeias de proteção climática nos próximos anos[...]
(Alemanha, 2021a, p.1, tradução nossa)

Conforme o relatório de progresso da *Energiewende*, publicado em março de 2021, a principal estrutura das metas da Alemanha é constituída por: metas climáticas, eliminação progressiva da energia nuclear (até 2022), saída do carvão (até 2038, o mais tardar), competitividade e segurança do abastecimento energético (ALEMANHA, 2021a).

Uma estrutura de áreas mais especializada presentes no documento constitui em: a ampliação da participação das energias renováveis no consumo total de energia e reduzir o consumo de energia primária e aumentar a eficiência energética, a partir dessas áreas pode-se notar: calor proveniente de energias renováveis, consumo de energia proveniente de energias renováveis, energias renováveis no setor dos transportes, redução do consumo de eletricidade, aumento da produtividade energética final, redução do consumo final de energia para aquecimento, reduzir o consumo de energia para transportes (ALEMANHA, 2021a). Assim, é possível classificar os objetivos acima nos seguintes critérios: objetivos políticos, estratégicos, de otimização, eficiência de custos, integração de sistemas, sincronização de energias renováveis e capacidades da rede (ALEMANHA, 2021a).

Tabela 1- Evolução dos Objetivos da *Energiewende* em Diferentes Áreas (2016–2021)

Área	Objetivos de 2016 (Joas, <i>et al.</i>)	Objetivos de 2020/2021 (ALEMANHA, 2021a)
Redução de Emissões de GEE	Redução de emissões de GEE em até 80-95% até 2050 para limitar o aquecimento global.	Neutralidade climática até 2045, com metas intermediárias de redução de 65% até 2030 e 88% até 2040.
Eficiência Energética	Melhorar a eficiência em todos os setores para reduzir o consumo de energia.	É vista como um pilar principal da transição de energia e essencial para alcançar neutralidade climática em 2045.
Integração de Fontes Renováveis	Aumentar a participação das renováveis para 80% do consumo de eletricidade até 2050.	Aumentar a quota das energias renováveis no consumo de energia para 80% até 2030.
Segurança Energética	Manter o nível atual de segurança do fornecimento de energia, reduzindo dependência de combustíveis fósseis, abandono da energia nuclear.	Fortalecer a segurança energética através da diversificação, mantendo a confiabilidade da rede com fontes renováveis.
Descentralização da Produção de Energia	Encorajar a participação local e diversificar a produção, com incentivos a projetos comunitários e cooperativas.	Incentivar a geração distribuída, promovendo autonomia energética local com foco em sustentabilidade e inovação. Autonomia energética como estratégia central.

Fonte: Joas *et al.*, 2016 e Alemanha, 2021a (Elaboração própria)

A tabela acima apresenta uma comparação entre os objetivos da *Energiewende* entre 2016 e 2020/2021, destacando novas prioridades e metas mais ambiciosas. Notadamente, o compromisso com a neutralidade climática até 2045 reflete um avanço significativo em relação às metas anteriores, estabelecendo reduções intermediárias de emissões para 2030 e 2040. Além disso, é possível notar um reforço na descentralização da produção energética, com maior participação de pequenos produtores e comunidades locais, promovendo a democratização do sistema energético e há um destaque para o ano de 2021 que adotou como estratégia central a autonomia energética. Ademais, a política de eliminação do uso do carvão até 2038 consolida o compromisso com a descarbonização da matriz energética, sendo complementada pela inclusão de metas para emissões negativas após 2050, que amplia a perspectiva de sustentabilidade energética a longo prazo, ausente nas versões anteriores.

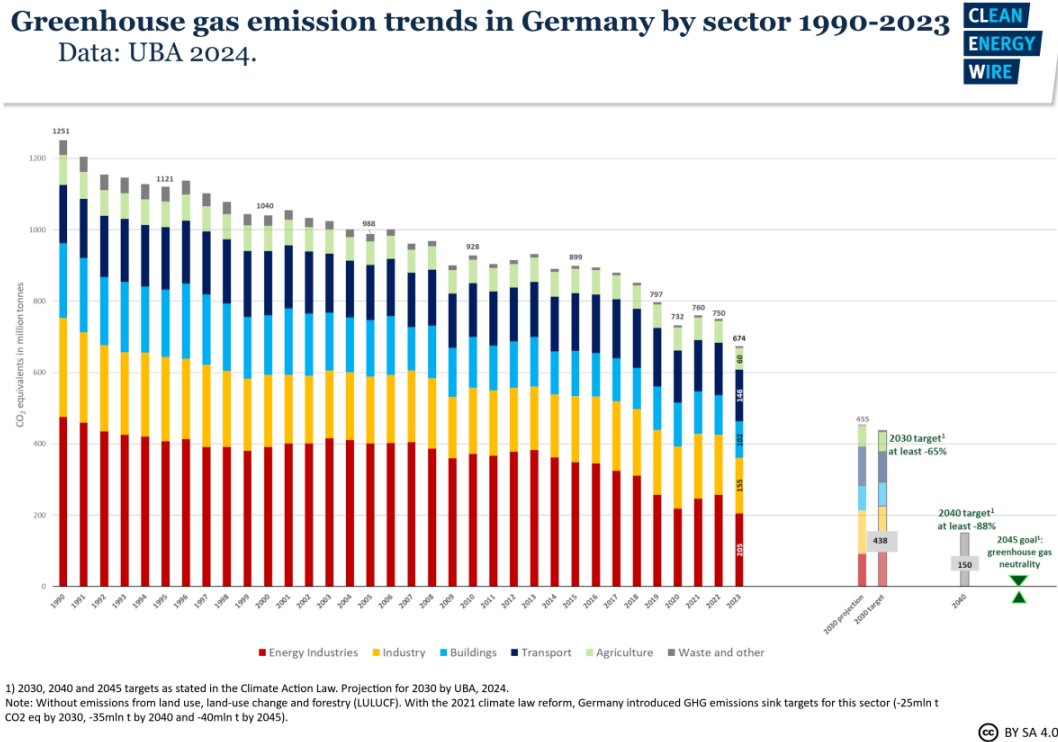
2.4 EVOLUÇÃO DAS METAS DA *ENERGIEWENDE*

A evolução das metas de redução de emissões de gases de efeito estufa na Alemanha começou em 1987, com uma proposta do Partido Verde, elaborada em conjunto com uma comissão especializada e apoiada pelo Ministério Federal do Meio Ambiente (BMU). A meta original recomendava uma redução de 25% nas emissões de carbono até o ano de 2005, tomando como base os níveis de 1987. Essa proposta foi posteriormente consolidada na década de 1990, quando o Governo Federal estabeleceu uma meta oficial de redução entre 25% e 30%, ainda com base nos níveis de 1987 (HATCH, 2007).

Essa política de redução de emissões estava em consonância com as diretrizes da Comunidade Europeia, que buscava estabilizar as emissões nos níveis da década de 1990, quando foram atingidos 1.248 milhões de toneladas de CO₂. Entretanto, é importante ressaltar que a redução de 23% nas emissões até o final da década de 1990 foi influenciada por uma combinação de fatores internos e externos, como, segundo HATCH (2007) dificuldades econômicas da antiga Alemanha Oriental, decorrentes do colapso industrial soviético.

Em relação à métrica de emissões de carbono por setor, o gráfico 1 ilustra a expectativa de uma redução de no mínimo 65% até 2030, de 88% até 2040, e a eliminação completa das emissões até 2045, segundo o Acordo Federal de Mudanças Climáticas (ALEMANHA, 2021b).

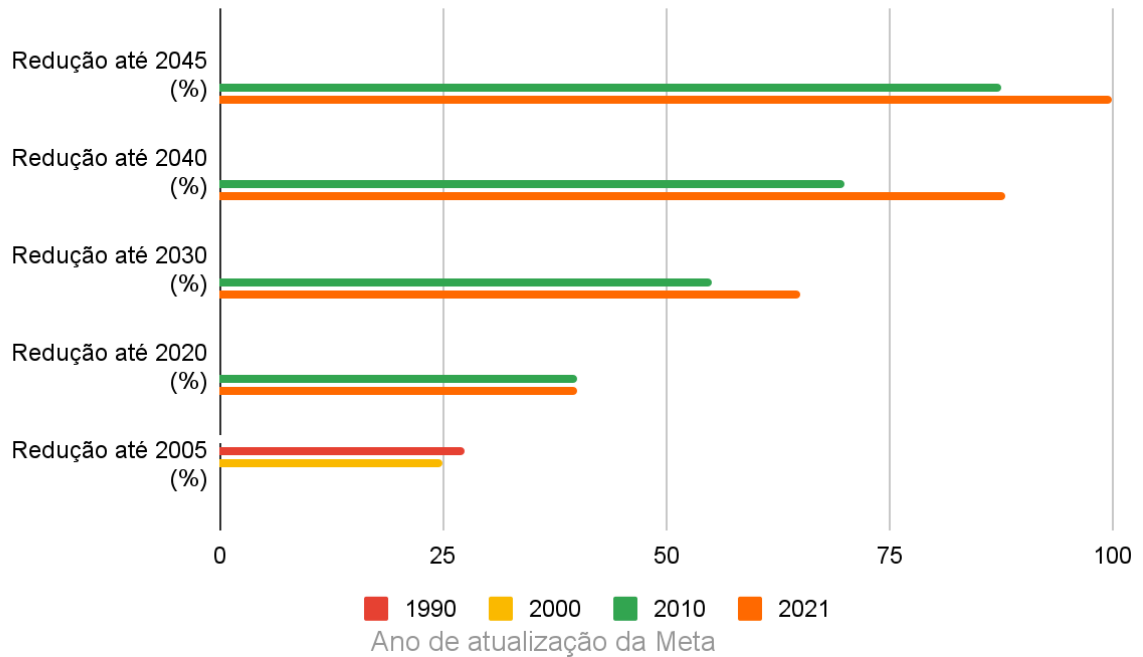
Gráfico 1: Tendência de Emissão de Gases do Efeito Estufa na Alemanha por setor (1990- 2023)



Fonte: Clean Energy Wire (2024) Nota: coloração vermelha representa indústrias energéticas, amarelo representa indústria, azul claro é residencias, azul escuro é o setor de transporte, verde claro é agricultura e em cinza rejeitos.

De acordo com o gráfico 1, em 2010, o governo alemão delineou um plano mais ambicioso para a transição energética, com o objetivo de atingir um patamar sustentável até 2050. Embora o termo *Energiewende* não tenha sido utilizado formalmente no documento, os objetivos estabelecidos foram claros: reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 40% até 2020, 55% até 2030, e entre 80% e 95% até 2050, sempre em comparação aos níveis de 1990. Dados que como se pode notar no gráfico 1, foram atualizados, já que o *net zero* se encontra atualmente em 2045.

Gráfico 2: Evolução das Metas de Redução das Emissões de Gases do Efeito Estufa



Fonte: Elaboração própria (2024).

No ano 2000, a coalizão entre o Partido Social-Democrata (SPD) e o Partido Verde resultou em um acordo histórico para a desativação gradual das usinas nucleares, que, na época, representavam cerca de 30% da geração de energia do país. Esse acordo foi seguido pela criação da Lei de Energias Renováveis (EEG), que tinha como uma de suas metas dobrar a participação das fontes renováveis na matriz energética alemã até 2010. Essa meta foi atingida, e a lei passou por revisões nos anos subsequentes (2004, 2009, 2010, 2012 e 2014), refletindo a contínua adaptação das políticas energéticas.

Além disso, o documento previa que as fontes renováveis deveriam compor 35% da geração de energia até 2020, 50% até 2030, 65% até 2040 e 80% até 2050 (BMW, 2010). De forma mais ampla, estipulava-se que as energias renováveis deveriam atender de 30% a 45% das necessidades energéticas até 2040 e 60% até 2050.

Gráfico 3: Eficiência Energética e metas de consumo (status 2020)

Germany's energy efficiency and consumption targets, status 2020

Data: BMWi, 8th Monitoring Report on the Energy Transition (2021) / AGEB (2021).



	Status		Targets			
	2019	2020	2020	2030	2040	2050
Energy efficiency and consumption						
Primary energy consumption (compared to 2008)	-11 %	-18.1 %	-20 %	-30 %		-50 %
Final energy productivity	1.4 % per year (2008-2050)	ND*	2.1 % per year (2008-2050)			
Gross electricity consumption (compared to 2008)	-7.1 %	-11.1 %	-10 %	→		-25 %
Primary energy demand buildings (compared to 2008)	-23.6 %	ND*	→		-55 %	
Heat demand buildings (compared to 2008)	-10.9 %	ND*	-20 %			
Final energy consumption transport (compared to 2005)	7.2 %	ND*	-10 %	→		-40 %

*No data

CC BY SA 4.0

Fonte: BMWi, 2021. Elaborado por Clean Energy Wire.

O Gráfico 3, que ilustra as metas de eficiência energética e consumo energético da Alemanha, evidencia as dificuldades enfrentadas pelo país para reduzir a demanda de energia e aumentar a produtividade energética, ambos essenciais para atingir a meta de 2045 que consiste na neutralidade climática. Em 2020, a Alemanha alcançou uma redução de 18,1% no consumo de energia primária em comparação aos níveis de 2008, ficando aquém da meta de 20%. Embora em 2020 tenha havido avanço, como a redução de 11,1% no consumo bruto de eletricidade.

O Gráfico 3, que ilustra as metas de eficiência energética e consumo energético da Alemanha, evidencia as dificuldades enfrentadas pelo país para reduzir a demanda de energia e aumentar a produtividade energética, ambos essenciais para atingir a meta de 2045 que consiste na neutralidade climática. Em 2020, a Alemanha alcançou uma redução de 18,1% no consumo de energia primária em comparação aos níveis de 2008, ficando aquém da meta de 20%. Embora em 2020 tenha havido avanço, como a redução de 11,1% no consumo bruto de eletricidade.

Portanto, a transição energética alemã, também conhecida como *Energiewende*, é fruto de uma manifestação política e social que remonta à década de 1970, quando as questões da energia nuclear e outras fontes seguras de energia alternativa foram levantadas na opinião pública, focando a necessidade de mudanças em um sistema provavelmente insustentável. Assim, os primeiros objetivos da *Energiewende* estavam focados na proteção ambiental, na segurança do fornecimento de energia e na promoção das energias renováveis.

Com o passar dos anos, e especialmente com a adoção de medidas mais rigorosas, como a Lei de Ação Climática de 2021, essas metas foram expandidas para incluir a neutralidade climática até 2045 e metas mais ambiciosas de redução de emissões de carbono. As métricas passaram por uma evolução, que foram além das metas iniciais de emissões de carbono para abranger uma diversificação maior das fontes de energia e um uso mais eficiente dos recursos energéticos.

No entanto, apesar dos progressos realizados, a *Energiewende* continua enfrentando desafios substanciais, como a necessidade de investimentos contínuos em infraestrutura, desenvolvimento tecnológico e integração das fontes renováveis na matriz energética. No próximo capítulo, a análise empírica do desempenho das políticas de transição energética focará nesses desafios, especialmente na redução de emissões de carbono, aumento da eficiência energética e expansão das energias renováveis, avaliando como cada setor tem contribuído para esses objetivos e identificando lacunas que precisam ser preenchidas.

Por fim, o progresso da *Energiewende* até o momento reflete conquistas e desafios, destacando a importância de uma abordagem integrada e multidisciplinar para a transição energética. Assim, a análise detalhada do desempenho, a ser realizada no próximo capítulo, fornecerá percepções sobre a efetividade dessas políticas, possibilitando uma compreensão mais ampla das oportunidades e desafios que ainda se apresentam na busca da Alemanha por uma matriz energética sustentável e carbono neutra.

3 ANÁLISE DO DESEMPENHO E DAS METAS DA *ENERGIEWENDE*

O segundo capítulo consiste em uma análise empírica do desempenho da *Energiewende*, examinando não apenas o progresso nos pilares da política, mas também as discrepâncias em relação às metas estipuladas : de emissão de carbono, participação de energias renováveis e eficiência energética. Enquanto o capítulo anterior focou na evolução histórica e teórica das metas da transição energética, aqui o objetivo é analisar concretamente resultados observáveis até o momento, avaliando se houve um impacto efetivo das políticas implementadas e como o país se orientou ao progresso objetivando se tornar um país energeticamente limpo.

Enquanto no primeiro capítulo, as metas da transição energética foram discutidas em termos teóricos, com foco na evolução histórica e nas políticas que moldaram o caminho até aqui, agora, com base nessas metas abordadas no primeiro capítulo, este capítulo visa apresentar uma análise prática e visual, permitindo ao leitor observar como as metas se traduzem em resultados reais. Cada gráfico representa não apenas o progresso atual, mas também o caminho projetado para os próximos anos, a partir de 2025 até 2060, por meio das metas estipuladas pelo governo alemão.

Ao longo do capítulo, serão apresentados gráficos que comparam as metas de redução das emissões de gases ao progresso real obtido, a evolução da participação de energias renováveis na matriz energética, e o consumo de energia da Alemanha ao longo do tempo. Com um recorte temporal do início dos anos 2000 até o dado mais atualizado, os gráficos de barras horizontais serão facilitadores para acompanhar a evolução das metas, já os gráficos de pontos/linhas serão utilizados para demonstrar as metas se sobrepondo nos gráficos de desempenho. Por fim, os gráficos de barras verticais destacarão o desempenho da Alemanha em cada respectiva área: emissões de carbono, participação das energias renováveis na matriz energética e eficiência energética. Os gráficos de forma geral são uma clara representação das tendências em relação às metas.

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS DADOS

As análises serão fundamentadas em dados atualizados dos seguintes órgãos: o *Umweltbundesamt* (UBA), a *Energy Charts* e a Agência Internacional de Energia (IEA),

permitindo uma avaliação completa de como a Alemanha tem se comportado frente às metas estabelecidas. A coleta de dados será focada em três áreas principais, como será visto a seguir.

A primeira é a redução das emissões de gases do Efeito Estufa, observando inicialmente as tendências de redução desde os anos 90 até atualmente (UBA, 2024), para que consequentemente seja analisada a linha de tendência dessas emissões, e por fim haja uma comparação com as metas levantadas pelo país nos anos subsequentes. Ademais, a fonte dos dados utilizada para o desempenho será o *Umweltbundesamt* (UBA) (Agência Ambiental da Alemanha), enquanto isso a fonte dos dados utilizada para as metas serão extraídas de documentos como a Resolução do Gabinete Federal da Alemanha de 13 de junho de 1990, o Programa Nacional de Proteção Climática de 2000 e 2005, e o *Energiekonzept*, publicado em 2010, que estabelece um roteiro para a transição energética da Alemanha.

Em seguida será avaliada a evolução da participação das energias renováveis na matriz energética, sendo a área mais promissora dentre as que estão sendo analisadas, medindo a evolução do uso dessas fontes desde 2002, até os dados mais atualizados de setembro de 2024. Conforme estará presente, na análise mais adiante no capítulo, será possível notar que pelo fato desde o início dos anos 2000 já haver uma lei específica, a EEG, “O objetivo da EEG é promover a expansão das energias renováveis na geração de eletricidade, aumentando sua participação de forma sustentável” (ALEMANHA, 2023c, pág. 8, tradução nossa). E a partir desse objetivo bem definido desde os anos 2000, acaba sendo proporcionado um desempenho consolidado do país em direção aos objetivos das metas estipuladas.

Os dados da respectiva área foram encontrados no IEA, enquanto as metas foram obtidas através da EEG, Lei de Energias Renováveis³, A EEG surgiu em 2000, mas recebeu atualizações nos anos 2004, 2009, 2012, 2014, 2017, 2019, 2021 e 2023 que refletem ajustes nas metas conforme o progresso da transição energética e serão abordadas na análise deste capítulo.

³ A EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) foi criada por uma coalizão entre o Partido Verde e o Partido Social-Democrata (SPD) nos anos 2000. Todo o movimento para que a lei fosse possível teve como liderança o chanceler Gerhard Schröder e o Ministro do Meio Ambiente Jürgen Trittin, que era afiliado ao PV.

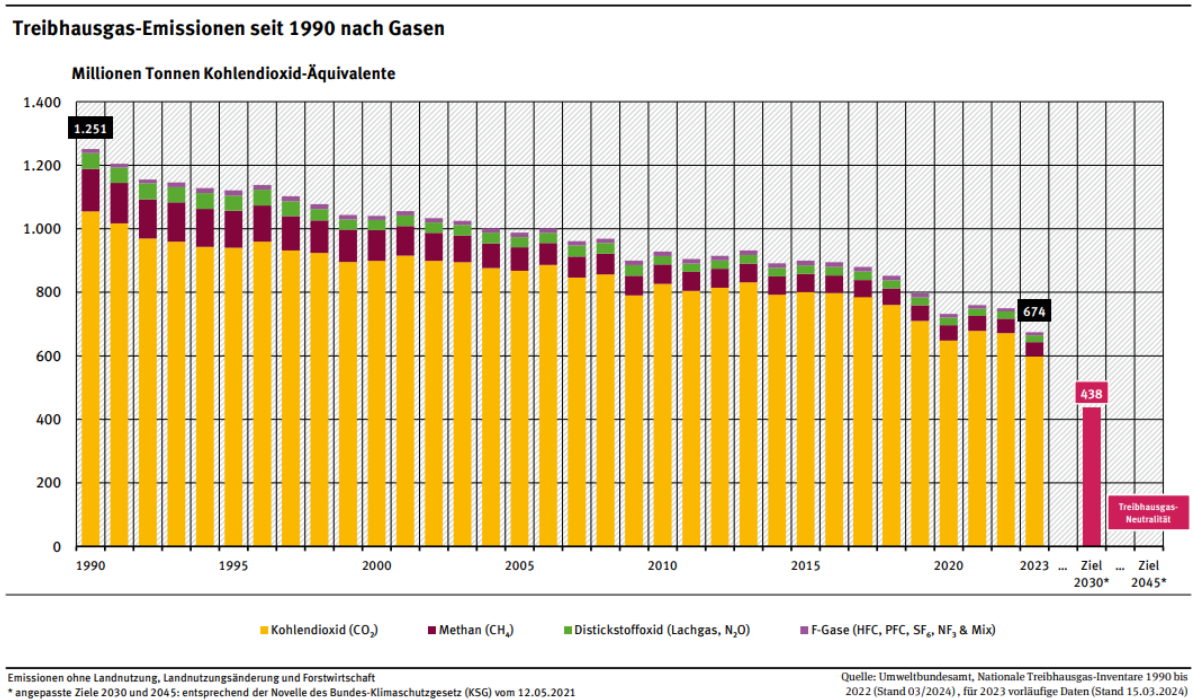
Por fim, a terceira área é a da eficiência energética, onde será analisada se a produção de energia evoluiu juntamente com uma redução no consumo de energia, o que pode indicar um uso consciente e mais sustentável de energia e a evolução das tecnologias, assim de forma alinhada com as metas da EnEfG e da UE. No entanto, como identificado tanto na literatura quanto em fontes especializadas sobre transição energética, essa área não pode ser compreendida por meio de um único gráfico ou indicador. Por conta disso, para compreender a totalidade da eficiência energética alemã, será apresentado inicialmente um gráfico do consumo final de energia no país, abrangendo o período de 2000 a 2021, a fim de observar como a demanda energética evoluiu em diversos setores e analisar a linha de tendência do consumo final geral. Em seguida, será considerada a relação entre o consumo de energia e o crescimento econômico, utilizando o indicador de produtividade energética, que mede a quantidade de energia utilizada para gerar o Produto Interno Bruto (PIB). Esse índice é crucial para a análise, pois revela se a Alemanha tem conseguido aumentar sua produção de riqueza com menos consumo de energia, um sinal de eficiência energética aprimorada.

Através dessa abordagem multidisciplinar, é possível analisar a eficiência energética do país e juntamente com às análises das emissões de gases e da participação de fontes renováveis na geração de energia, o resultado disso possibilitará verificar se o país está no caminho certo para alcançar às metas selecionadas e quais das áreas ainda necessitam de mudanças para terem seus objetivos alcançados. Enquanto a fonte para os dados será o Energy Charts, as fontes das metas são: *Energiekonzept*, NAPE (Plano de Ação Nacional em Eficiência Energética) de 2014 e 2019, Diretiva de Eficiência Energética da União Europeia de 2012, e por fim o Plano de Proteção Climática de 2016 (Klimatshutz Plan), a análise será reforçada com a Lei da Eficiência Energética - EfEnG, criada em 2023.

3.2 ANÁLISE DE VARIÁVEIS

3.2.1 Análise Das Emissões De Gases De Efeito Estufa

Gráfico 4: Desempenho das Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) a partir de 1990.



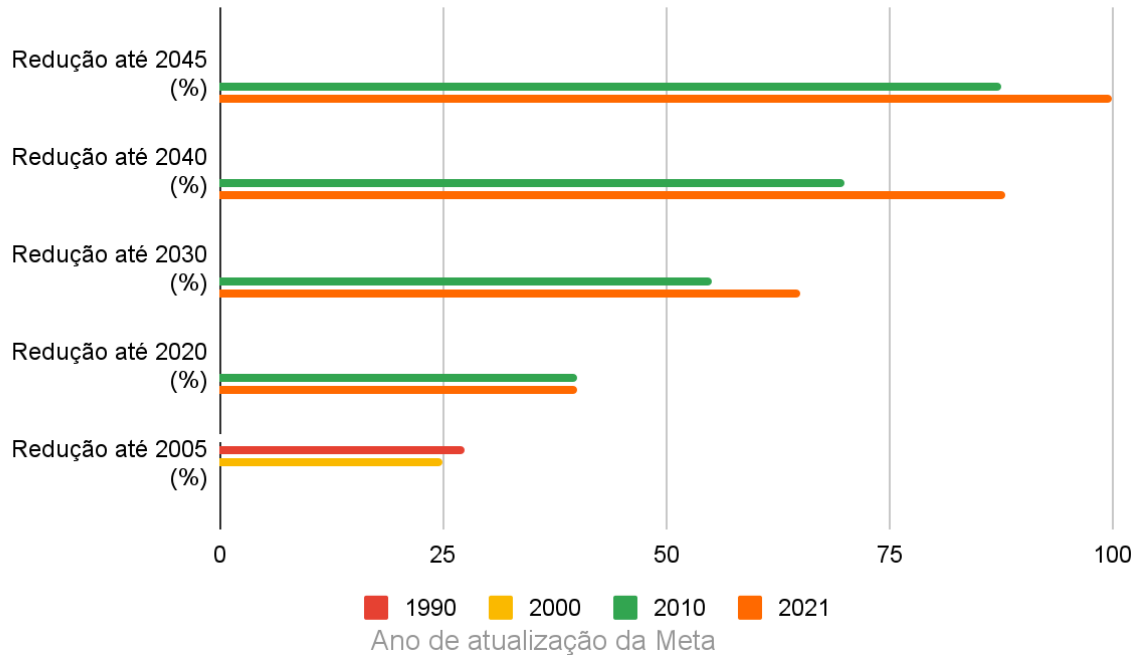
Fonte: Umweltbundesamt (UBA), 2024.

O gráfico 4 gerado pela UBA, no “Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa” ilustra a evolução das emissões de gases de efeito estufa na Alemanha, medidos em milhões de toneladas de CO₂ equivalente, entre os anos de 1990 e 2023. O gráfico apresenta a tendência de redução das emissões ao longo das últimas três décadas, evidenciando um progresso gradual e contínuo na diminuição da quantidade de gases emitidos. Inicialmente, em 1990, as emissões totais somavam 1.251 milhões de toneladas de CO₂ equivalentes, é notável que há uma trajetória de declínio constante nas emissões, com quedas perceptíveis ano após ano, com ritmo variado (UBA, 2024).

Esse mesmo gráfico também demonstra a contribuição de diferentes gases para as emissões totais, o principal sendo o dióxido de carbono (CO₂), representado pela cor amarela. Outros gases de efeito estufa, como o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e os gases fluorados, também significativos, estão representados no gráfico, mas em proporções menores. Até 2023, as emissões de gases de efeito estufa foram reduzidas para 674 milhões de toneladas de CO₂ equivalente, representando uma diminuição substancial em relação a 1990, onde o CO₂ possuía quase o dobro de toneladas. Contudo, o gráfico também registra metas

futuras ambiciosas. Em 2030, no gráfico 4 marcado em rosa, a meta estabelecida é de reduzir as emissões para 438 milhões de toneladas, evidenciando um novo marco no processo de redução. Logo em 2045, a meta é ainda mais desafiadora: alcançar emissões líquidas zero.

Gráfico 5: Metas de Redução das Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE)



Fonte: Elaboração própria.

O gráfico apresentado demonstra a evolução das metas de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) na Alemanha ao longo das últimas décadas, com atualizações em 1987, 1990, 2000, 2010 e 2021. À medida que as preocupações com as mudanças climáticas se intensificaram globalmente, a Alemanha revisou suas políticas climáticas, aumentando significativamente suas ambições de redução de emissões. Esses ajustes não foram isolados, mas sim respostas diretas aos compromissos internacionais, como o Protocolo de Kyoto (2000), que reforçaram a necessidade de metas mais rígidas para combater as mudanças climáticas.

Conforme apresentado por Hatch (2007) em 1987, a fonte das metas é o Ministério do Meio Ambiente Alemão (BMU), que teve as metas adotadas pelo gabinete federal em junho de 1990. E nos seguintes marcos temporais elas foram atualizadas. Em 1990, as metas foram observadas em uma Resolução do Gabinete Federal da Alemanha, onde foi estabelecido o "Grupo de Trabalho Interministerial para a Redução de CO₂". Nos anos 2000, as metas foram

retiradas do Programa Nacional de Proteção Climática dos anos 2000 (*Programm*). Uma década depois, em 2010, as metas foram atualizadas e são encontradas no “*Energiekonzept 2050*”, plano energético do Governo Federal Alemão. Já em 2021, tem-se a última atualização das metas até o ano de 2024, quando a Lei Federal de Mudanças Climáticas fez as últimas atualizações vistas no gráfico.

A progressão das metas no gráfico reflete claramente um aumento contínuo da ambição climática por parte do governo alemão. No entanto, à medida que as metas se tornaram mais rigorosas, as datas de cumprimento também se aproximaram, criando um paradoxo interessante: quanto mais o tempo avança e os prazos estabelecidos se aproximam, as metas continuam a se tornar mais ambiciosas. Esse paradoxo sugere que, apesar do progresso feito até agora, os desafios para atingir as metas são maiores e exigem mudanças mais acuradas.

É importante notar a variação nos níveis-base utilizados para calcular as reduções ao longo do tempo. As metas de 1987 estabeleceram a redução de 25% nas emissões até 2005, utilizando os níveis de 1987 como referência. No entanto, em 1990, o governo alemão aumentou a meta para entre 25% e 30% de redução até 2005, tomando como base os níveis de 1990, essa mudança de ano base é a referência até os dias atuais (HATCH, 2007).

Em 2000, as metas se alinharam ao Protocolo de Kyoto, estabelecendo a redução de 21% nas emissões dos seis principais gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC e SF₆) no período entre 2008 e 2012. Essa meta já incluía uma abordagem mais abrangente ao combate das emissões, considerando não apenas o dióxido de carbono (CO₂), mas também outros gases de efeito estufa. Nesse sentido, o ano de 2000 foi um marco para o pioneirismo da Alemanha em estabelecer políticas climáticas abrangentes e complexas.

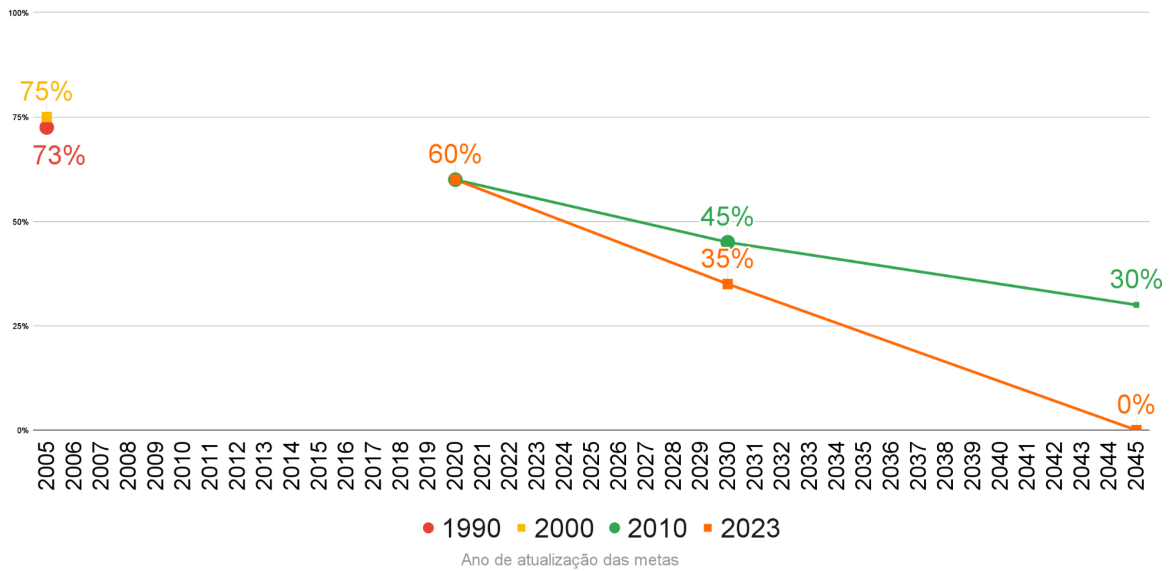
Em 2010, as metas de redução climática foram revisadas e ampliadas, dessa vez no *Energiekonzept 2050* com um salto significativo na ambição: o objetivo passou a ser a redução de 40% das emissões até 2020, 55% até 2030 e 70% até 2040, com projeções de uma redução entre 80% e 95% até 2050, utilizando os níveis de 1990 como referência.

Contudo, a mudança recente mais significativa nas metas ocorreu com a adoção da Lei Federal de Mudanças Climáticas de 2021, que ajustou as metas para uma redução ainda maior: 65% até 2030, 80% até 2040 e a neutralidade climática até 2045. Essa revisão foi uma resposta à crescente pressão internacional e ao entendimento de que, para cumprir o Acordo de Paris, seria necessário adotar metas mais ousadas e implementar políticas mais rigorosas.

A neutralidade climática alemã está como meta para o ano de 2045, é uma das mais ambiciosas no gráfico e destaca o compromisso da Alemanha em eliminar as emissões

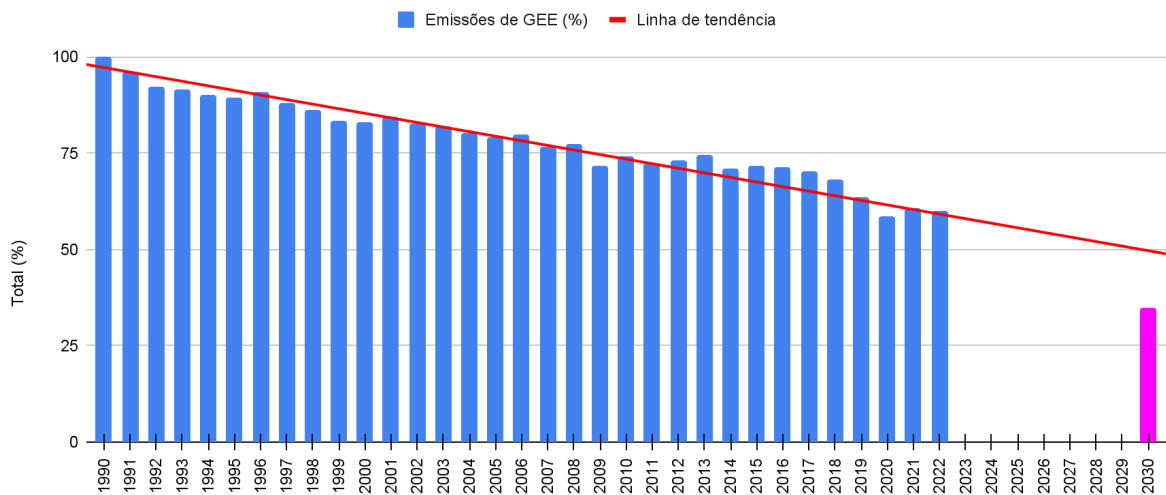
líquidas de gases de efeito estufa. Essa meta é de certa forma dependente das metas intermediárias, como as de 2030 e 2040, que são marcos de monitoramento, principalmente para averiguar se as políticas implementadas estão funcionando esperado.

Gráfico 6: Metas do Desempenho das Emissões de GEE (2005-2045)



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 7: Evolução das Emissões Totais de Gases de Efeito Estufa na Alemanha (1990-2023)



Fonte: Elaboração própria com base em Umweltbundesamt (UBA), 2024.

O gráfico 7, feito com base no gráfico 4, ilustra a trajetória das emissões totais de gases de efeito estufa (GEE) na Alemanha entre 1990 e 2023, destacando a tendência de declínio ao longo das últimas três décadas. Além disso, nota-se a partir da comparação entre a linha verde e laranja, que a legislação mais recente está mais ambiciosa. A linha de tendência

em vermelho adicionada ao gráfico sugere uma redução contínua das emissões, na maioria impulsionada pelas políticas climáticas implementadas ao longo do período. Já a barra rosa em 2030, representa a meta de emissões de GEE no valor de 35% com base no ano de 1990.

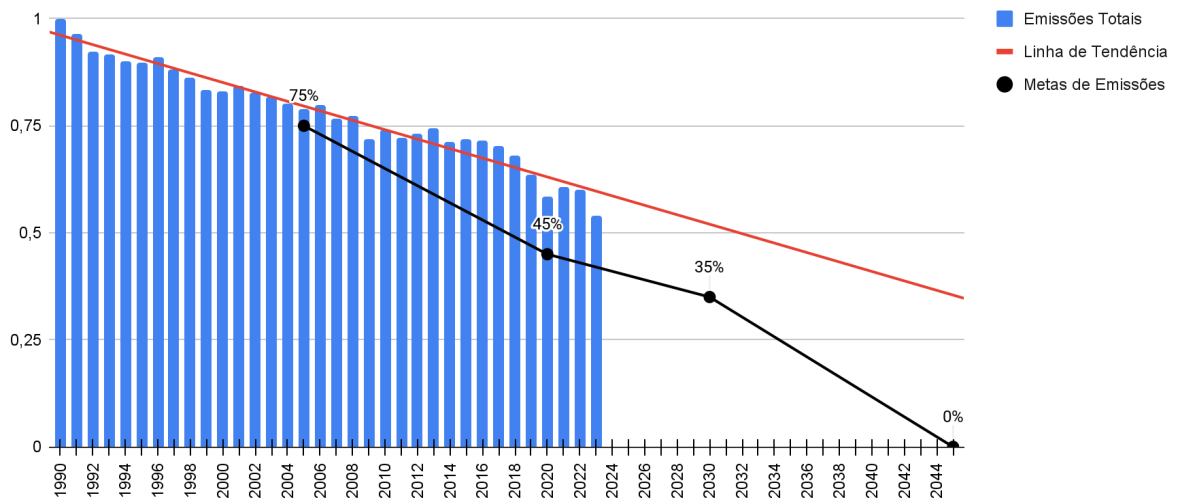
Nos primeiros anos do gráfico, observa-se uma redução gradual nas emissões, especialmente entre 1990 e 2000, quando a Alemanha iniciou sua primeira fase de descarbonização, influenciada pela reunificação alemã e a modernização industrial do leste do país. A partir de 2000, com a introdução de políticas ambientais mais robustas, como a Lei de Energias Renováveis (EEG), e a crescente implementação de fontes de energia renováveis, as emissões que estavam em grande número atreladas às fontes de energias com emissão de carbono, passaram a cair de forma mais consistente.

A linha de tendência que atravessa o gráfico demonstra claramente o progresso até o momento e serve como uma ferramenta de previsão para a análise do alcance das metas. Este gráfico, portanto, não apenas ilustra o progresso da Alemanha até 2023, mas também serve como um ponto de reflexão para futuras políticas. A meta de redução das emissões de gases de efeito estufa para 438 milhões de toneladas de CO₂ equivalente até 2030 é uma das principais metas intermediárias do plano de neutralidade climática da Alemanha. No entanto, a linha de tendência mostra que, mantendo o ritmo de declínio das emissões conforme observado entre 1990 e 2023, a Alemanha ficará acima desse valor em 2030.

Seguindo o mesmo caminho, a neutralidade climática até 2045, que implica emissões líquidas zero, parece ainda mais distante de ser atingido segundo a linha de tendência. Ao observar o gráfico, nota-se que com o atual ritmo de redução, a Alemanha não atingirá as emissões líquidas zero até 2045. Embora as emissões de CO₂ tenham uma tendência regressiva, a divergência entre a linha de tendência e a meta de 2045 é clara e reflete o grande desafio que o país ainda enfrenta para descarbonizar setores como transporte, indústria e agricultura, que como poderá ser visto no gráfico de consumo, são grandes consumidores de energia e atingir a meta depende de uma ação rápida, eficiente e conjunta entre os setores da economia alemã.

Ainda a respeito do gráfico 7, um aspecto que corroborou muito com uma redução maior a partir dos anos 2000 foi graças a políticas implementadas, como o EEG, que será abordado especificamente no gráfico 9, já que foram específicos para a ampliação da participação das energias renováveis na matriz energética. Além disso, no mesmo gráfico se destaca a ambição alemã em deixar as metas cada vez mais intensas, principalmente quando comparados a metas internacionais como a do Protocolo de Kyoto.

Gráfico 8: Sobreposição das Metas nas Emissões de Carbono (1990-2045)



Fonte: Elaboração própria

O gráfico 8 acompanha a evolução das emissões em comparação direta com as metas de emissões estipuladas pelo país. Anteriormente, já havia sido levantado que a Alemanha possui uma redução nas emissões de carbono a partir de 1990, há uma desaceleração conforme representado pela linha de tendência. Em relação às metas, ao analisá-las isoladamente, nota-se um comportamento ambicioso do governo alemão em deixar as metas cada vez menores a cada nova atualização. A partir da sobreposição das metas nas emissões da Alemanha, é possível entender que mesmo com metas mais ambiciosas, o ritmo de desaceleração nas emissões ainda não alcança as metas nos anos de 2005, 2020 e pela linha de tendência não alcança as metas de 2030 e 2045.

O gráfico 8 mostra que, apesar do aumento das metas de redução, o progresso real das emissões não está avançando no ritmo necessário para atingir esses objetivos. A linha de tendência, calculada com base nas emissões, também não alcança às metas maiores dos anos de 2030 e 2045, esse último sendo a neutralidade climática. Desse modo, a seguir serão listados fatores que poderiam potencializar o desempenho alemão em direção ao cumprimento das metas no período estipulado.

Conforme Jacobs (2012) grande parte dos esforços de descarbonização da Alemanha se concentra no setor de eletricidade, então embora a Alemanha tenha alcançado progressos substanciais nesse setor, especialmente com o aumento das energias renováveis, outros setores como o de transporte, industrial e a agricultura continuam a ser grandes emissores de gases de efeito estufa, como será visto na terceira parte deste capítulo. A transição nesses

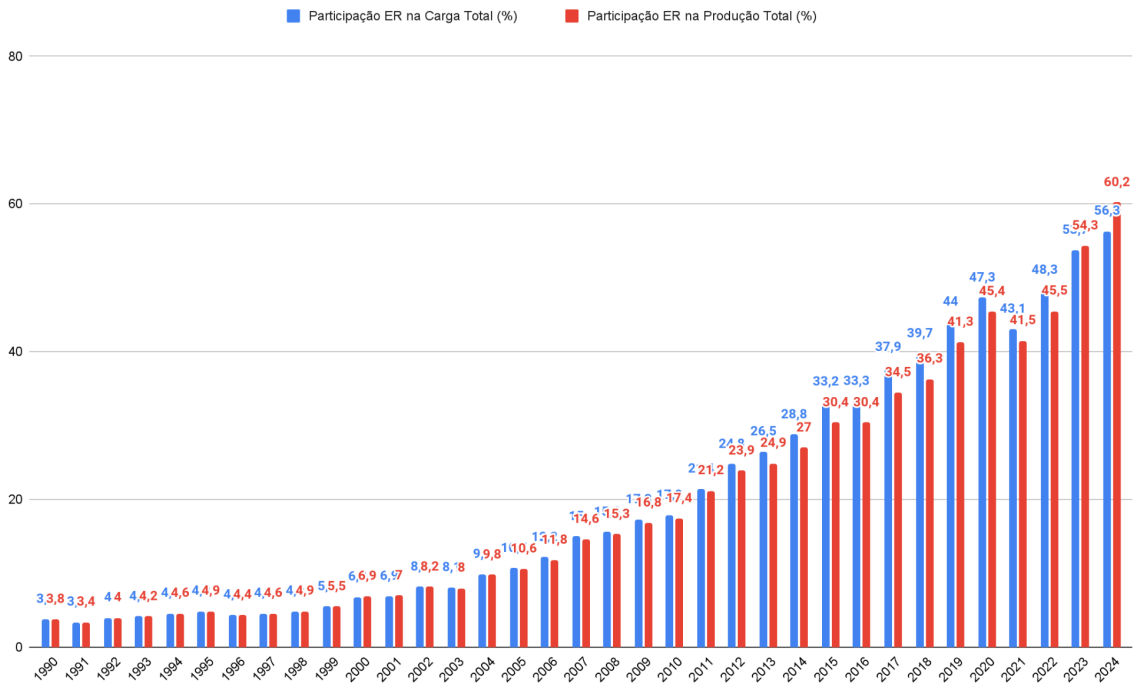
setores tem sido mais lenta, por diversos motivos, o que impede uma redução mais acelerada das emissões globais.

As energias renováveis podem substituir fontes geradoras que emitem carbono, entretanto, Jacobs (2012) aponta a falta de políticas que sejam efetivas em transicionar o alto uso de carvão, pois enquanto esse continua sendo usado, há um atraso na redução das emissões de CO₂.

Assim, a primeira parte deste capítulo tratou da evolução das emissões de gases de efeito estufa na Alemanha, destacando os esforços do país para reduzir suas emissões desde 1990. A análise revelou que, embora as emissões tenham diminuído consideravelmente até 2023, os desafios permanecem, já que o ritmo de redução atual não é suficiente para que a Alemanha atinja suas metas climáticas para 2030 e de neutralidade para 2045. Setores como o energético, residencial, transporte e a indústria continuam a ser os maiores emissores, conforme visto no gráfico 1 e demandam políticas mais incisivas e inovações tecnológicas para atingir as metas futuras. As metas ambiciosas, especialmente as de neutralidade climática até 2045, exigem uma aceleração nos esforços de descarbonização, bem como uma abordagem integrada e a longo prazo que combine a diminuição das emissões com o desenvolvimento econômico sustentável.

3.2.2 Análise Da Participação De Fontes Renováveis Na Matriz Energética

Gráfico 9: Participação Anual das Energias Renováveis na Geração e Carga Líquida Total de Eletricidade na Alemanha

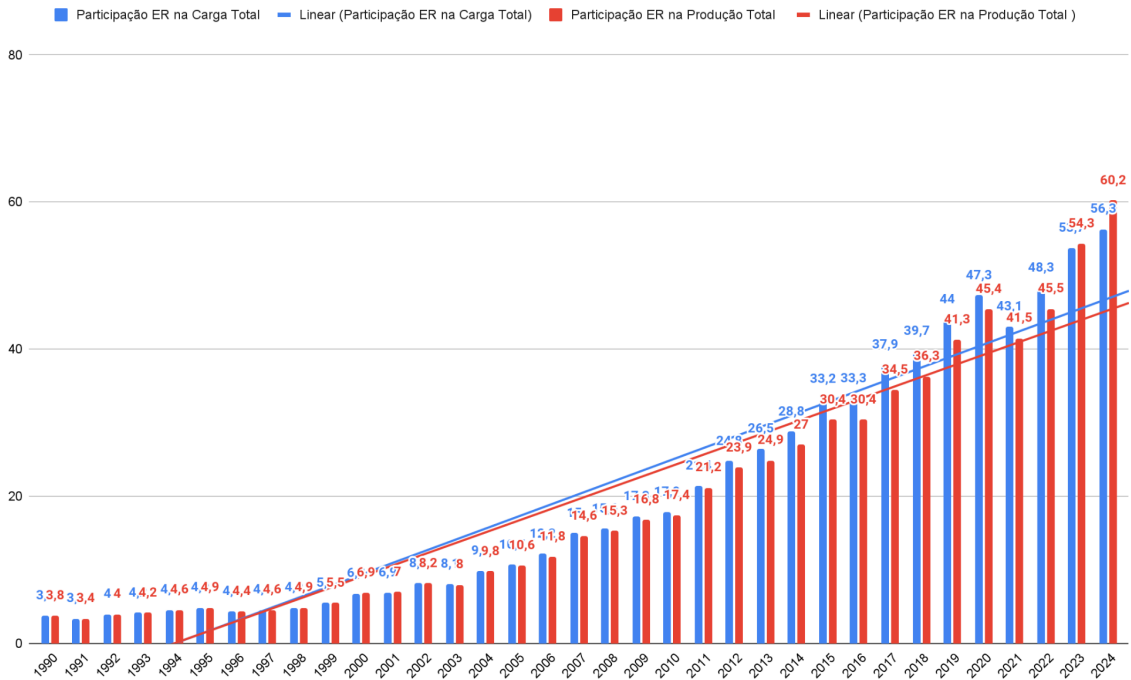


Fonte: EnergyCharts.com. Elaboração própria

No gráfico 9, as colunas vermelhas representam a porcentagem de energia renovável em relação ao total de energia elétrica gerada no país. Isso inclui toda a eletricidade produzida a partir de fontes renováveis em relação ao total de eletricidade gerada de todas as fontes. Basicamente, o quanto da eletricidade vem de fontes renováveis, quanto maior o valor indicado, maior a contribuição das renováveis na matriz elétrica do país.

Já as colunas azuis representam a porcentagem de energia renovável em relação à demanda líquida de eletricidade no país, após considerar perdas no sistema, exportações e importações de eletricidade é o consumo final. Assim, as colunas azuis mostram quanto dependente o consumo interno da Alemanha é das fonte renováveis, quanto maiores isso significa que o consumo interno alemão está utilizando das energias renováveis.

Gráfico 10: Participação Anual das Energias Renováveis na Geração e Carga Líquida Total de Eletricidade na Alemanha com Linha de Tendência



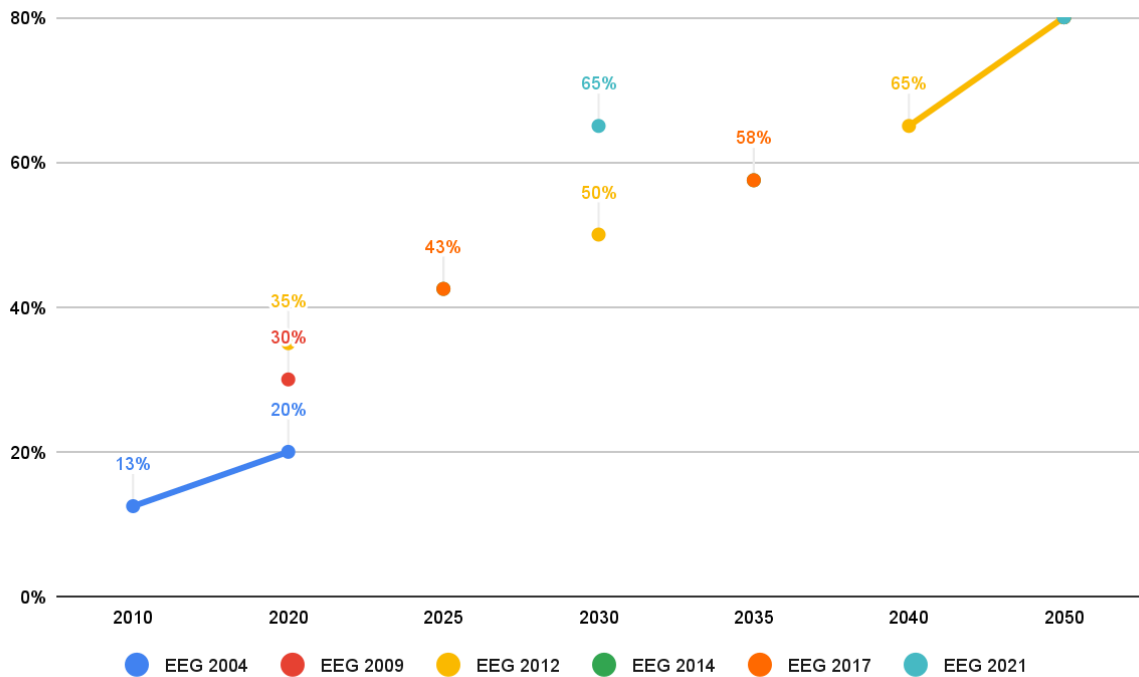
Fonte: EnergyCharts.com. Elaboração própria.

Com um perfil crescente, o gráfico gerado pelo Fraunhofer ISE no Energy Charts.com representa a ampliação da participação das energias renováveis no setor de eletricidade do país, seja na geração (representado pela cor vermelha) e também no consumo da população (representado pela cor azul). Em 1990, as energias renováveis representavam apenas 3,8%, enquanto em 2024 ultrapassaram 60%. É crucial notar que há uma diferença entre a participação das energias renováveis na geração de eletricidade (colunas vermelhas) e sua contribuição para a demanda líquida (colunas azuis), apesar que na maior parte do tempo registrado no gráfico a demanda superava a oferta, ainda é possível ocorrer o contrário, como foi o caso de 2023. Os dados de 2024 continuam sendo atualizados e poderão mudar até o final do ano.

Essa grande ampliação da participação se dá por alguns motivos, mas principalmente, pois em comparação com às outras variáveis analisadas, a participação das energias renováveis na geração de energia do país é a única que recebeu por mais tempo mais atenção e um enfoque específico bem delimitado o que permite fazer análises mais claras. A participação das energias renováveis no setor energético, é de extrema importância para alcançar meta de neutralidade climática em 2045, inclusive a Lei de Energias Renováveis

(EEG) é específica para essa área desde o início dos anos 2000, com metas bem definidas e especificadas e atualizadas com certa frequência, como será visto a seguir.

Gráfico 11: Evolução das Metas da EEG de Participação das Energias Renováveis



Fonte: Elaboração própria.

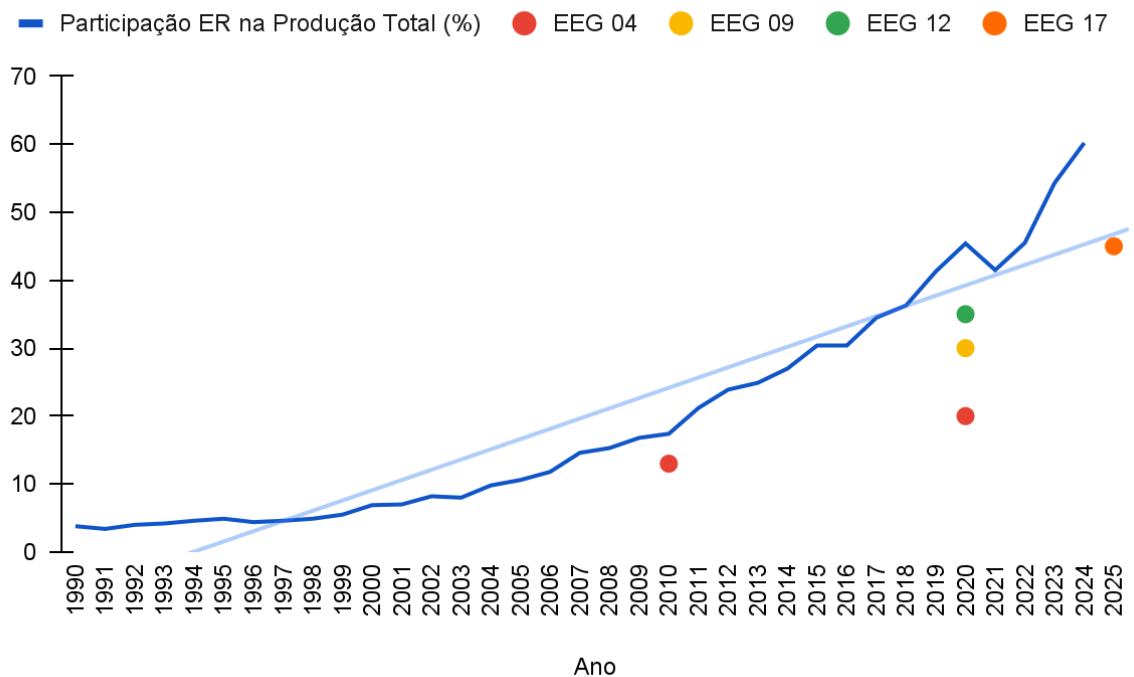
Esse gráfico demonstra a evolução das metas estabelecidas pela Lei de Energias Renováveis (EEG) ao longo dos anos. Criada em 2000, a EEG tem como principal objetivo aumentar a participação das energias renováveis na geração de eletricidade na Alemanha, com o intuito de mitigar as mudanças climáticas e promover a sustentabilidade. É possível notar no gráfico que as metas possuem intervalos de tempo menores que as outras duas variáveis do capítulo.

A partir de 2012 todas as atualizações da lei tiveram múltiplas metas atualizadas, reforçando o compromisso a curto, médio e longo prazo. E a lei de 2017 foi responsável por estipular às metas intermediárias em 2025 e 2035, servindo como um guia para as metas de 2030 e 2040, já que correspondem temporalmente à metade da década e quantitativamente à metade da meta respectiva de cada ano. Entretanto, com a versão mais recente da EEG, em 2021, foi estabelecida uma meta clara de 65% de energias renováveis até 2030, conforme é visto no gráfico. Isso reflete o bom desempenho do país e o compromisso contínuo da Alemanha em expandir as fontes de energia renováveis.

Em comparação com o gráfico anterior, que mostra o aumento real da participação de energias renováveis até 2024, esse gráfico de metas demonstra que a Alemanha está no caminho certo, e tem mais chances de alcançar metas como o de 43% em 2025 e de 65% até 2030. Essa variável possui mais chances de alcançar a meta principalmente em comparação com a redução de emissão dos GEE, mas o sucesso das energias renováveis consequentemente auxilia na redução dos gases.

Um ponto importante a comentar é que, ao longo dos anos, as metas da EEG se tornaram progressivamente mais ambiciosas, refletindo tanto o desempenho do país e a necessidade urgente de ação climática. Conforme estabelecido na lei de 2017, a versão inicial tinha como objetivo promover a ampliação da participação das energias renováveis na geração de eletricidade, após uma atualização a versão final apesar de similar, ressalta no corpo da lei um foco na promoção da sustentabilidade (Clearingstelle EEG, 2017). A mudança nas metas entre 2017 e 2020 reflete essa evolução, e o EEG 2021 é um marco na transição energética, principalmente no setor das energias renováveis com a EEG, que tem objetivos bem estabelecidos e realistas.

Gráfico 12: Sobreposição Metas e Participação ER na Produção Total (%)



Fonte: Elaboração própria.

Ao analisar a sobreposição de metas e desempenho, nota-se no gráfico 12, como o desempenho da participação sempre superou as metas estipuladas até 2024, e a projeção da linha de tendência demonstra o mesmo para a próxima meta, a de 2025. O gráfico tem um desempenho contínuo e crescente e o único momento em que apresenta uma maior redução na participação é do ano 2020 para 2021, correspondente ao período da pandemia de COVID-19, no qual não foi possível manter o ritmo das participações.

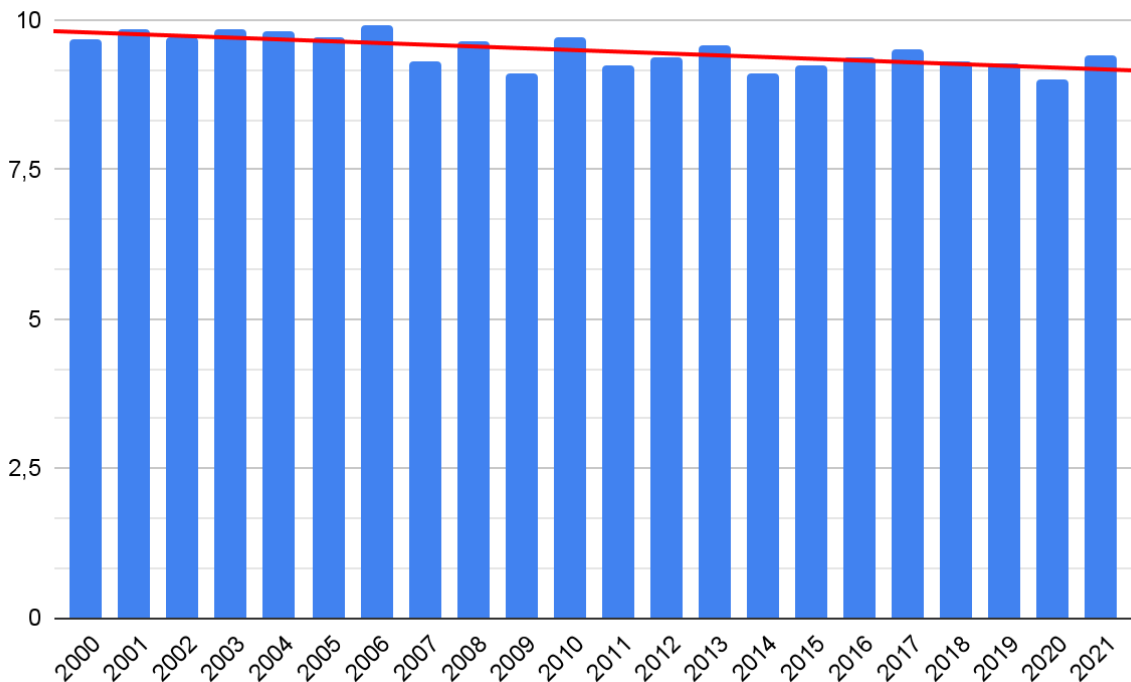
A grosso modo, desde os anos 2000 a trajetória da porcentagem de participações foi crescente. O que é concomitante com o surgimento da EEG, ou seja, conforme as tecnologias de eficiência energética avançam e os desafios climáticos se intensificam, a Alemanha ajusta suas políticas já elaborando as metas de participação na geração total de eletricidade. Este é atualmente o pilar da *Energiewende* que mais está bem desenvolvido e estruturado, com um caminho claro para atingir as metas a longo prazo e tornar conseqüentemente o país cada vez mais verde.

3.2.3 Análise Da Eficiência Energética Alemã

Antes de iniciar essa análise é necessário frisar que não existem indicadores específicos que contemplem sozinhos a eficiência energética alemã. Para compreender melhor essa variável, que é um dos pilares centrais da *Energiewende*, é necessária uma análise multifatorial. Neste caso será necessário analisar o consumo final de energia, e comparar este com as metas de redução do consumo do país, juntamente com a produtividade energética, já que através dela pode-se entender quanto de energia foi produzido pelo país. Essa última variável, quando é analisada juntamente com o PIB, gera um índice fundamental, conforme será visto mais a frente. Ao realizar uma análise integrada dos dados será possível entender se a Eficiência Energética alemã está melhorando ou decaindo com o passar do tempo.

(...) o desempenho das políticas em termos de eficácia e eficiência só pode ser avaliado em relação aos objetivos da política que eles deveriam atingir. Se esses objetivos nunca foram claramente comunicados ou unificados em um processo de política completo, uma avaliação posterior se torna difícil ou mesmo impossível. (Joas *et al.*, 2016, p. 50, tradução nossa)

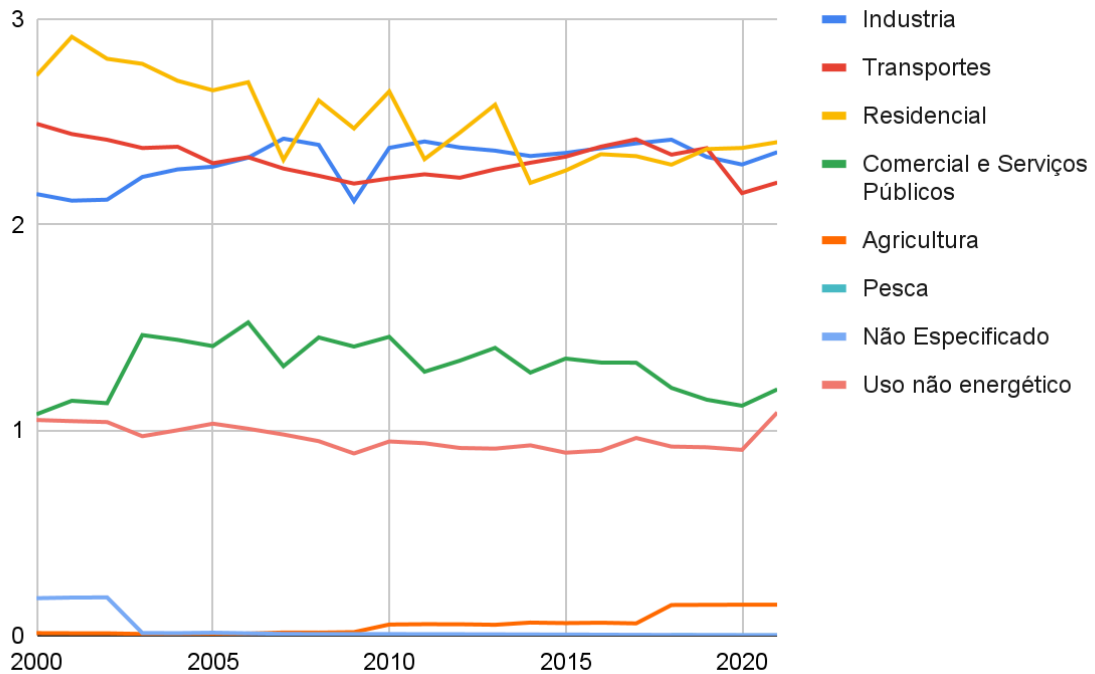
Gráfico 13: Evolução do Consumo Final de Energia na Alemanha (2000-2021) (milhão de TJ)



Fonte: IEA, 2024. Elaboração própria.

Quando observado de forma geral, o consumo final de energia do país acaba parecendo quase constante, as variações eram mínimas quando comparados o início dos anos 2000 até 2021. Entretanto, uma análise setorial nos possibilita entender como cada setor afeta as emissões de carbono, como foram variando com o passar dos anos e quais não conseguiram, no decorrer do tempo, reduzir as suas emissões.

Gráfico 14- Evolução do Consumo Final de Energia por Setor na Alemanha (2000-2021)
(milhão de TJ)



Fonte: IEA, 2024. Elaboração própria.

O gráfico em linhas, idealizado pelo IEA, ilustra "Evolução do Consumo Final de Energia por Setor na Alemanha (2000-2021)" e destaca a distribuição e a evolução do consumo de energia em diferentes setores da economia alemã. Em comparação com o gráfico 13 com este é possível compreender melhor o desenvolvimento de cada setor individualmente. Dentre os setores presentes no gráfico, o de transportes (vermelho) e o industrial (azul) são os principais consumidores de energia, com o setor de transporte tendo uma estabilidade que representa um desafio para às políticas de eficiência energética,

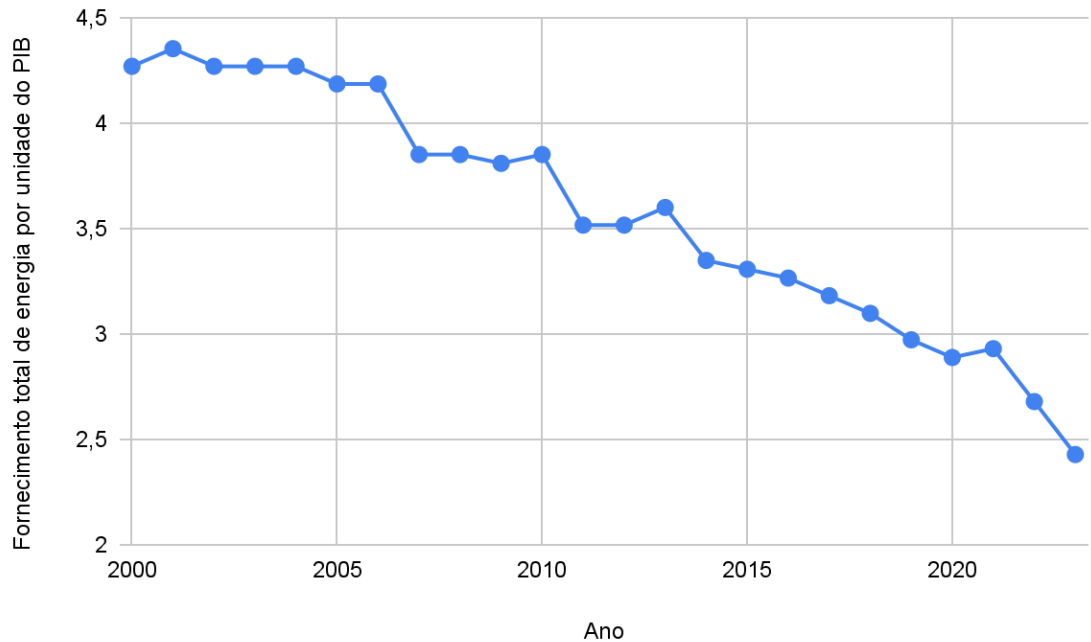
principalmente pela Alemanha ser o maior produtor de carros da Europa (VDA, 2024). Esse fato se alinha com às metas da Lei de Eficiência Energética, EnEfg (2023), que definiu a redução do consumo com um foco nos setores que eram os principais consumidores, como o de transporte.

Sob essa mesma perspectiva, o setor industrial, embora com uma leve ascensão, não representa uma variação grande em relação aos dados dos anos 2000. Já o setor residencial, que historicamente era o maior consumidor, continua atualmente, e, em contrapartida, representa um grande declínio em relação aos dados do início dos anos 2000 consequentemente um comportamento favorável às metas de transição energética, refletindo avanços na eficiência do país. Isso se dá principalmente devido à grande parte desse consumo ser dos mecanismos de isolamento térmico e aquecimento das casas.

O gráfico 14 também apresenta outros setores marcantes para o consumo como o agrícola e de pesca, que historicamente têm um consumo baixo e sem grandes variações, enquanto o setor de comércios e serviços públicos, sempre teve um consumo baixo-médio. Dessa forma, enquanto o setor residencial, no sentido das metas, garantiu um declínio comparando 2000 com 2021, os setores industrial e de transporte representam os pontos focais dos empecilhos para o progresso em eficiência energética do país, já que o setor industrial, comparado com 2000, teve uma elevação no índice e o setor de transporte, apesar de ter seu índice diminuído, ainda apresenta estabilidade e como um dos maiores consumidores pode ser otimizado.

Como abordado anteriormente, somente uma análise da evolução de consumo do país não seria suficiente para compreender a eficiência energética do país, desse modo para complementar os índices setoriais serão complementados com os índices de intensidade energética da economia alemã, como representados no gráfico a seguir, gerado pelo IEA.

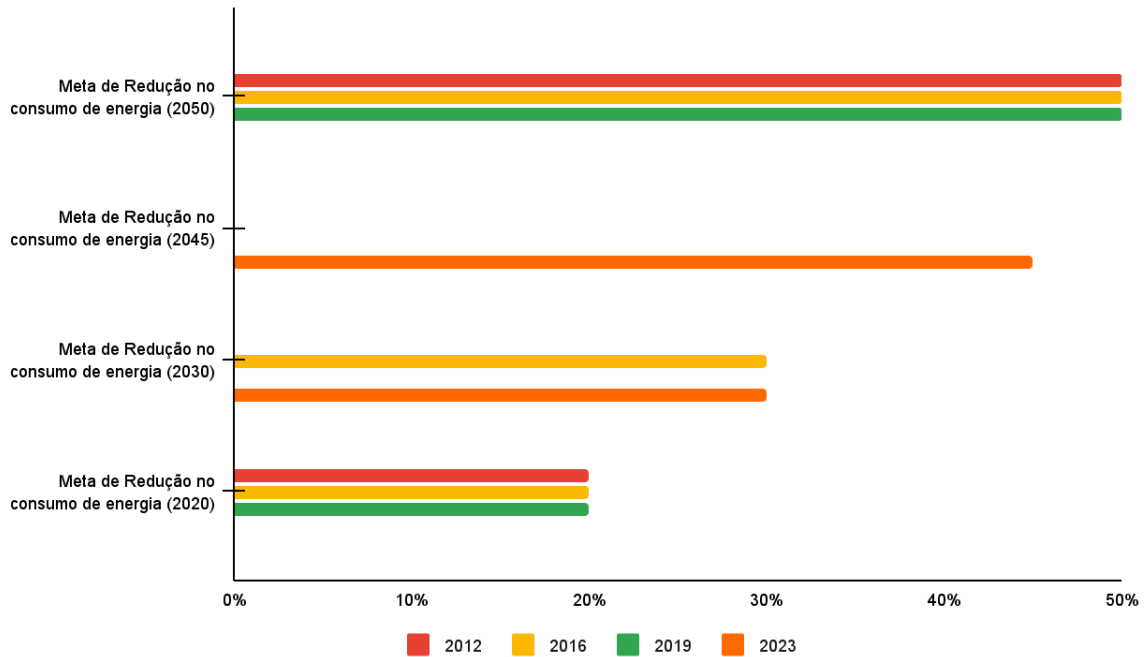
Gráfico 15- Fornecimento total de energia por unidade do PIB (MJ) (2000-2023)



Fonte: IEA.com, 2024 . Elaboração própria.

O gráfico 15 apresenta o fornecimento total de energia em megajoules (MJ) por cada mil dólares do Produto Interno Bruto (PIB), permitindo a análise da quantidade de energia utilizada para gerar essa unidade de valor econômico. Entre os anos de 2000 e 2022, a Alemanha reduziu essa intensidade em 43% (IEA, 2024). Contudo, essa redução não pode ser interpretada exclusivamente como um aumento de eficiência energética, mas, possivelmente, como resultados de mudanças na economia alemã. A melhoria que o gráfico apresenta sugere que a Alemanha tem conseguido aumentar a produtividade energética apesar dos desafios (como visto no gráfico 14, nos setores industrial e de transportes), reduzindo o consumo para gerar a mesma quantidade de riqueza econômica. Desse modo, a redução na intensidade energética reflete não apenas o uso mais racional de energia, mas também pode refletir uma transição setorial que contribui para uma menor demanda energética relativa no crescimento econômico. O PIB ao entrar na análise, por ser um indicador com múltiplas variáveis, acaba demonstrando necessário um esforço generalizado da sociedade e os diversos setores da economia alemã para que o país continue no caminho do cumprimento das metas de eficiência.

Gráfico 16 - Metas de Redução do Consumo de Energia



Fonte: Elaboração própria

As metas ilustradas no gráfico 16 representam os objetivos estabelecidos pela Alemanha e União Europeia para a redução do consumo de energia ao longo de diversos anos, com foco tanto no consumo final quanto no consumo de energia primária. As metas, alinhadas com os compromissos climáticos nacionais e internacionais da Alemanha, foram definidas como parte de um esforço para reduzir o consumo energético do país. Além disso, como supracitado, a eficiência energética é um componente fundamental da *Energiewende*, e são provas do compromisso contínuo do país em enfrentar a crise climática global.

Outrossim, as metas do gráfico estão fundamentadas em diversos documentos oficiais, estabelecidos em diferentes momentos e revisados com o tempo, conforme às necessidades e os avanços do cenário da época. Inicialmente, a *Energiekonzept*, publicado em 2010, foi pioneira e um dos primeiros a formalizar o compromisso do país com a transição energética, assim estabeleceu as primeiras metas de longo prazo para a redução de consumo de energia na Alemanha. O próximo marco foi continental, em 2012 a União Europeia adotou a Diretiva 2012/27/EU, que introduziu para todos os Estados-Membros às metas, nesse caso, a central era a redução de 20% no consumo de energia primária até 2020. Em 2014, o Plano Nacional

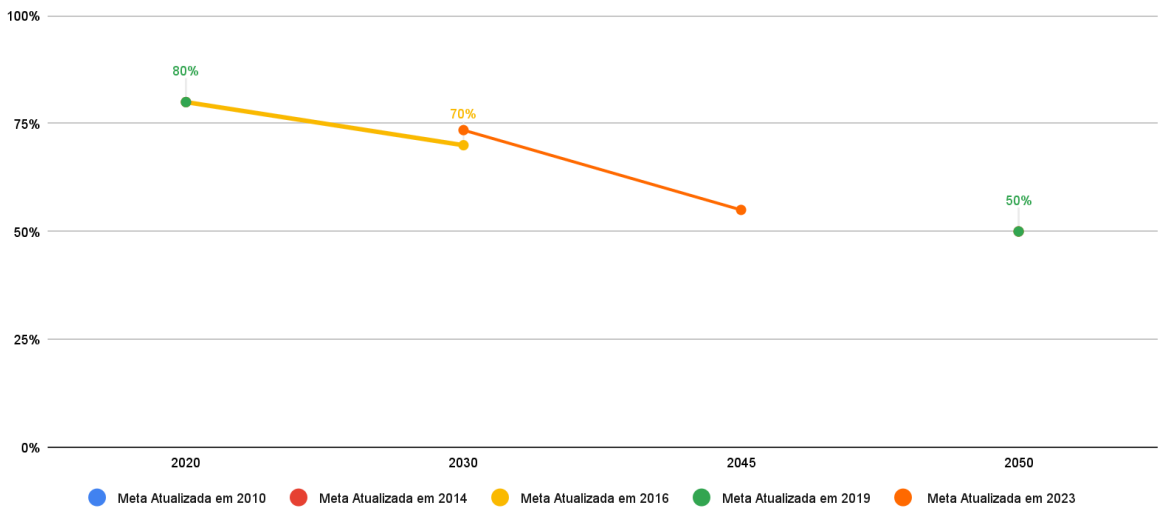
de Ação para Eficiência Energética de 2014 reiterou as metas do *Energiekonzept* 2010, mas sugeriu uma revisão para aumentar a meta de 2020 para 30%, essa foi a mesma meta proposta em 2016 pelo *Klimaschutzplan*, que no decorrer do documento fazia uma ponte entre os objetivos nacionais da Alemanha e o Acordo de Paris.

As metas de longo prazo, principalmente as de 2050, são as mais ambiciosas, visando 50% da redução do consumo de energia com base nos níveis de 2008. Esse foco na redução do consumo de energia é particularmente relevante, pois esse tipo de consumo é um indicativo da eficiência geral do sistema energético, significando assim uma transformação nos setores de alta demanda como transporte e a indústria.

O Plano Nacional de Ação para Eficiência Energética (NAPE) foi atualizado em 2019 e tinha como objetivo aprofundar às políticas de eficiência energética visando os setores específicos que continuavam a demandar muito da energia, ele apenas repetiu as mesmas metas dos anos anteriores. Já em 2023, a Diretiva de Eficiência Energética da União Europeia introduziu uma meta de 30% na redução do consumo até 2030. Concomitante com a urgência da crise climática, é notado um aumento das metas de eficiência energética, já que há necessidade de intensificar as medidas para mitigar os efeitos das mudanças climáticas. Um exemplo é o *Energiekonzept* de 2010 estipulando uma meta de 20% para 2020 e com o passar do tempo as metas foram evoluindo e o *Klimaschutzplan* de 2016 apoiou uma elevação da meta para 30% em 2030.

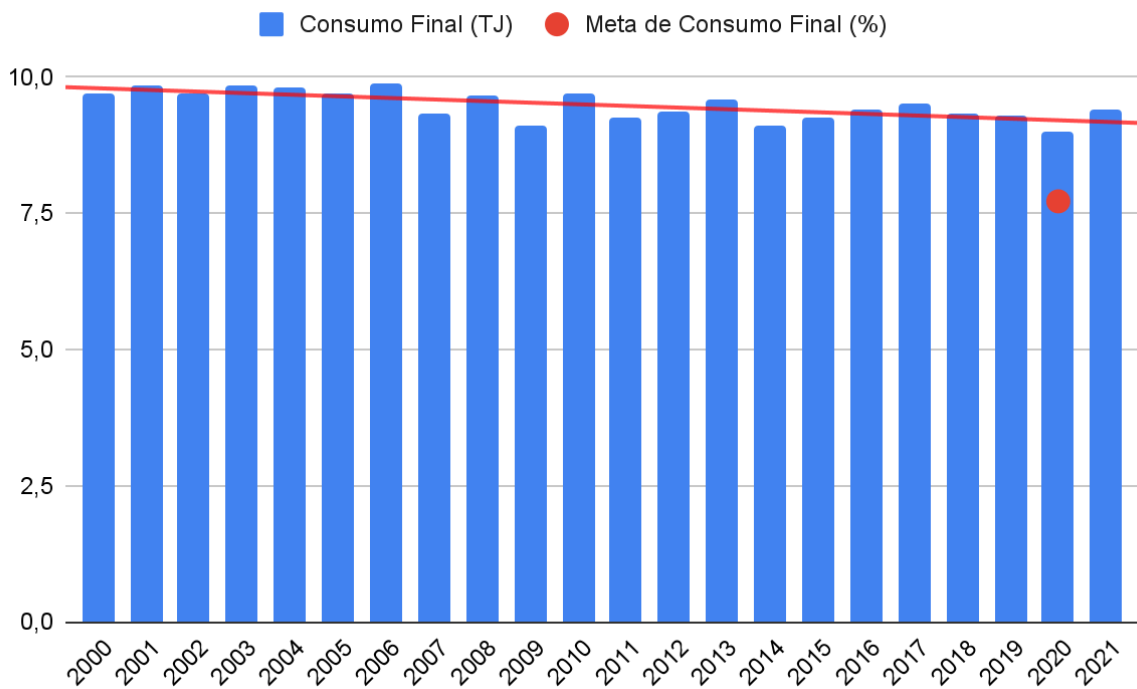
É interessante notar que nenhum destes documentos era específico a respeito da Eficiência Energética alemã, e uma lei voltada somente para isso foi criada em 2023, a EfEnG, até antes de 2023 o país não tinha nenhuma legislação específica para mensurar suas metas de eficiência energética. É graças a essa lei que é possível notar no gráfico uma evolução das metas na coloração laranja, que corresponde às metas da EfEnG. Para efeito de comparação, o subtópico 2 “Participação de Fontes Renováveis na Matriz Energética” deste capítulo tem um desenvolvimento das metas contínuo e acurado por conta da lei focada naquela área, o que possibilita produzir uma análise mais coerente por poder se analisar a variável sob o mesmo espectro com uma certa frequência caso o mesmo esforço seja aplicado com o surgimento da EfEnG pode-se esperar uma continuidade e coesão maior por parte das metas estipuladas pelo governo.

Gráfico 17- Evolução das Metas de Redução no Consumo de Energia



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 18 - Sobreposição da Meta com o Consumo de Energia Final



Fonte: IEA, 2024. Elaboração própria

O gráfico 18 apresenta o consumo final de energia (em Tj) ao longo dos anos 2000 a 2021 e a meta que se encontra nesse gráfico é uma redução de 20% de consumo com relação ao consumo do ano de 2008, estabelecida pelos seguintes documentos oficiais: Energiekonzept de 2010, Diretiva da UE de 2012, NAPE de 2014. Conforme a Linha de tendência do consumo, apesar de ter uma inclinação negativa e estar em declínio, os dados

apontam que mesmo com os esforços das duas primeiras décadas dos anos 2000 não será possível atingir as metas de 2030, 2040 e 2050. É notável que as políticas de eficiência energética, como as exigências da Diretiva de Eficiência Energética da União Europeia, não têm sido suficientes para alcançar as metas estabelecidas (Jacobs, 2012).

Entretanto, com base na análise das Fontes Renováveis e interpretação a partir da lei EEG, é esperado que com a recente criação da EfEnG, haja uma maior coesão e convergência entre as metas, e envolvendo esforços diferenciados dos atuais, resultados mais promissores sejam relatados pelo país.

Na terceira parte do capítulo, o foco foi na eficiência energética, analisando a relação do consumo de energia na Alemanha com outras variáveis como o PIB e a geração de energia. É notado a partir desta parte que apesar da estabilização dos índices de consumo, houve uma melhora na intensidade energética entre 2000 e 2022, o que revela que o país está se tornando mais eficiente na geração de energia, gerando crescimento econômico com menor consumo de energia. No entanto, o setor de transportes representa o maior desafio do país atualmente, já que seu consumo ainda é muito elevado, com o setor industrial e residencial. (IEA, 2024) O sucesso do desempenho do país depende do sucesso da EnEfG, que prevê uma diminuição de 39,9% no consumo de energia primária até 2030 (ALEMANHA, 2024). Portanto, o desafio não é apenas definir metas ambiciosas, mas também garantir que as políticas, a tecnologia, a sociedade e a economia, estejam adequadamente alinhadas para que essas metas sejam alcançadas no tempo necessário.

Com base nas três variáveis observadas, a grosso modo o descompasso entre a ambição crescente das metas e o ritmo real do desempenho coloca a política climática alemã em uma posição paradoxal. Por um lado, as metas mais ambiciosas são necessárias para combater as mudanças climáticas de maneira eficaz e alinhar a Alemanha com seus objetivos. Já, por outro lado, a execução dessas metas enfrenta desafios estruturais e setoriais que ainda não foram superados, como a transição para energias limpas no transporte e na indústria.

Em relação à redução das emissões de gases de efeito estufa, embora houve uma redução significativa desde 1990, o ritmo atual de declínio não é suficiente para atingir as metas intermediárias para 2030 e a neutralidade climática prevista para 2045. Os setores de transporte e indústria continuam a ser os principais emissores, o que requer políticas mais incisivas e o desenvolvimento de inovações tecnológicas para acelerar a descarbonização dessas áreas.

A participação de fontes renováveis na matriz energética, a única variável analisada com resultado, totalmente positivo, revelou-se um componente essencial para o sucesso da transição energética. A crescente participação das energias renováveis, como a eólica e a solar, tem contribuído significativamente para a substituição de combustíveis fósseis e para a diversificação da matriz energética do país. Essa é a variável mais bem estruturada, já que com a EEG, que surgiu nos anos 2000, o caminho a ser trilhado para às metas de longo prazo está todo definido, e o desempenho nessa variável superou todas as metas estipuladas.

Já a eficiência energética, os dados demonstram que, apesar da estabilização no consumo final de energia, desde o início do século XXI, houve uma evolução notável na redução da intensidade energética. No entanto, o setor de transportes continua a ser um dos principais desafios para o cumprimento das metas estabelecidas pela EnEfG, que teve um surgimento tardio quando comparado à EEG.

Logo, o desempenho atual da *Energiewende* é bom, mas não o suficiente para atingir todas às metas climáticas e energéticas estabelecidas pelo país. Há a necessidade de uma sinergia maior entre os pilares da política: a redução de emissões, a melhoria da eficiência energética e a ampliação da participação de fontes renováveis, para que os setores mais poluentes, que são historicamente os mesmos, possam se desenvolver mais profundamente em direção a um posicionamento mais verde.

4 ANÁLISE DOS FATORES DETERMINANTES PARA O DESEMPENHO DA *ENERGIEWENDE*

Após analisar os fundamentos teóricos e os resultados empíricos da *Energiewende* nos capítulos anteriores, no terceiro capítulo deste trabalho se encontra a resposta do problema de pesquisa desse trabalho. Para isso, serão entendidos os fatores que impactaram nos resultados da *Energiewende*, que resultaram em sucessos ou em desafios. As estratégias alemãs serão destacadas em fatores políticos, sociais, econômicos e desenvolvimento tecnológico. Assim, será possível entender lacunas em algumas variáveis, como visto no capítulo 2, onde duas das três variáveis analisadas não foram atingidas até setembro de 2024, sendo elas emissões de carbono e eficiência energética.

Este capítulo será organizado em quatro eixos principais: fatores políticos, sociais, econômicos e tecnológicos. Por meio dessa abordagem multidimensional, será possível compreender as inter relações que impactam os resultados da *Energiewende*, contribuindo para uma visão ampla e integrada dos desafios e avanços. Por ser necessário o entendimento de resultados tão recentes, se fez necessário utilizar dados majoritários do Clean Energy Wire, um jornal especializado na transição energética que fez cobertura da *Energiewende* na Alemanha, a utilização de seus dados e reportagens permite contextualizar os resultados e os desafios com informações atualizadas até setembro de 2024.

O desempenho atual da Alemanha como liderança no aspecto climático se deve em partes a Lei de incentivo à Energia Renovável (EEG), e a Lei de Eficiência Energética (EnEfG), que já foram citadas no capítulo 2. É interessante analisar como a EEG, criada nos anos 2000, tem um impacto positivo na mensuração da evolução do país no caminho mais sustentável. Isso é de extrema importância, pois possibilita ao país acompanhar o que de fato está funcionando para que as metas sejam alcançadas. Ademais, ambas têm caráter voluntário, então todo o resultado atual foi em razão do esforço voluntário dos setores da economia e da sociedade, mas em 2024 já foram estipuladas formas de tornar as metas do governo juridicamente vinculativas para todo o país (KYLLMANN, 2024a).

A respeito das políticas públicas e estratégias utilizadas pelo governo alemão, algumas dessas podem ser citadas como fatores cruciais para o atual desempenho da *Energiewende*. Conforme explicado pelo BMUV⁴ (2024), em razão do país estar enfrentando secas prolongadas, aumento das temperaturas e uma grande perda de água, entrou em vigor em 1º

⁴ BMUV significa *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit* é o Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear da Alemanha

de julho de 2024 a Adaptação Climática Federal (*Bundes-Klimaanpassungsgesetz - KAnG*), uma lei que vincula juridicamente a elaboração de avaliações de risco climático e a prática. Em detalhe, essa nova estratégia exige que todas as esferas governamentais na Alemanha adaptem-se aos impactos das mudanças climáticas. Agora, com a lei aprovada, é obrigatório realizar avaliações de risco climático e implantar medidas para lidar com esses eventos. Entre as inovações apontadas por Kyllmann (2024b) estão a proteção contra inundações e a criação de espaços verdes em cidades, além de estratégias específicas para hospitais e residências. Kyllmann (2024b) ressalta que a lei introduz uma abordagem estruturada e nacional, e impõe a responsabilidade legal de realizar ações contrárias às mudanças climáticas, o que é inovador, pois amplia a responsabilidade do governo, e expande as metas mensuráveis de adaptação do país à transição energética.

Além disso, em outubro de 2024, foi criada uma nova “Estratégia de Adaptação Climática”, idealizada pelo Ministério do Meio Ambiente (BMUV) que estabelece legalmente metas mensuráveis vinculadas à jurisdição do país, em conjunto com avaliações detalhadas de risco e medidas práticas. Agora segundo Kyllmann (2024) é possível uma adesão maior da sociedade alemã em conjunto com outros setores da economia. Além da estratégia, englobar a vinculação jurídica das metas, também conta com a padronização dos indicadores de forma detalhada, o que possibilita um sistema de monitoramento que contemple as especificidades de cada área. Em relatório realizado pelo Instituto de Pesquisa em Economia Ecológica⁵ (IÖW) (2023) foi afirmado que em razão do agravamento do aquecimento global, as estratégias de adaptação foram revisadas nos setores do país, como a estratégia hídrica de 2023.

Conforme abordado no relatório (BMWK, 2024) o limite de emissões para manter o aquecimento global em 1,5 °C será esgotado em 2030, tornando a meta mais difícil de ser alcançada. Para compensar a situação e visando alcançar a neutralidade de GEE segundo o proposto pelo Acordo de Paris, a Alemanha busca estratégias para potencializar emissões negativas. Afinal, como visto no capítulo 2, o desempenho real do país em duas das variáveis estudadas não atinge as metas, são necessárias estratégias para compensar esse desempenho.

Ademais, segundo Amelang e Wettengel (2023) uma tática essencial para a mitigação das emissões se dá através da Estratégia Nacional de Hidrogênio da Alemanha, nela o país

⁵ IÖW faz parte do do Instituto de Pesquisa em Estruturas Econômicas (GWS) e produziu o relatório em parceria com Prognos, uma firma de consultoria especializada na transição energética da Alemanha.

delimita metas para a produção de hidrogênio verde⁶, que quando atingidas farão com que a dependência de combustíveis fósseis reduza nos setores que historicamente possuem altas emissões de carbono, como industrial, transporte e residencial, destacados no gráfico 14. Sob uma perspectiva de longo prazo, o governo alemão irá adotar uma estratégia com o objetivo de atingir emissões negativas⁷ em 2060 para emissões líquidas de GEE e metas intermediárias para sequestro de carbono, envolvendo diferentes mecanismos para retirar o CO₂ da atmosfera. Segundo Wettengel (2024a) dentre as estratégias utilizadas estão: captura e armazenamento de Carbono (CCS)⁸, utilização do carbono capturado (CCU)⁹ e por fim remoção direta de CO₂ da atmosfera (DACCS)¹⁰.

É de extrema importância compreender quais os fatores políticos afetam a *Energiewende*. Nesta seção serão abordadas mudanças no governo, as decisões políticas que a acompanham e como crises externas impactam a transição energética, como na guerra entre Rússia e Ucrânia. Segundo Kyllmann; Whermann; Wettengel (2024), o cenário político na Alemanha estava sob influência central de partidos conservadores até 2021, quando foi eleita uma coligação progressista¹¹ que propôs inicialmente o *Klimaschutzprogramm* (Programa de proteção climática do Governo Federal), um plano com compromissos climáticos alinhados com a redução climática de 1,5 °C do Acordo de Paris, uma antecipação da “saída do carvão” do país e um aceleração na implementação de energia renovável.

Nesse contexto, em 2023, o gabinete do governo alemão adotou a versão final do programa visando atingir as metas da Lei de Ação Climática, e para isso a perspectiva foi

⁶ Com a atualização da estratégia em julho de 2023, a capacidade do hidrogênio verde produzido dobrará de 5GW para 10GW, significando uma maior produção e uma maior redução da dependência de combustíveis fósseis.

⁷ Emissões de Carbono Negativas, são definidas pelo IPCC (2018) como “Remoção de gases de efeito estufa (GEE) da atmosfera por atividades humanas, ou seja, além da remoção que ocorreria por meio de processos naturais do ciclo do carbono.”

⁸ CCS, na definição do IPCC (2018) “Um processo no qual um fluxo relativamente puro de dióxido de carbono (CO₂) de fontes industriais e energéticas é separado (capturado), condicionado, comprimido e transportado para um local de armazenamento para isolamento de longo prazo da atmosfera.”

⁹ CCU, na definição do IPCC (2018) “Um processo no qual o CO₂ é capturado e então usado para produzir um novo produto. (...) Somente então, e somente combinado com o CO₂ recentemente removido da atmosfera, o CCUS pode levar à remoção de dióxido de carbono.”

¹⁰ DACCS, na definição do IPCC (2018) “Processo químico pelo qual o CO₂ é capturado diretamente do ar ambiente, com armazenamento subsequente. Também conhecido como captura e armazenamento direto do ar (DACS).”

¹¹ A coalizão era constituída pelo Partido Social Democrata (SPD), Partido Verde e Partido Democrático Livre (FDP).

direcionada para cada setor da economia com abordagens voltadas para a especificidade de cada um:

A situação inicial dificilmente poderia ser mais desafiante: em quase todos os setores, ou seja, no setor da energia, dos transportes, da indústria, do setor residencial, da gestão de resíduos, da agricultura, da utilização dos solos e da silvicultura, existe um problema tendo em conta a redução inadequada das emissões no passado. Há, portanto, uma necessidade urgente de ação, dado o previsível fracasso no cumprimento das metas alemãs e europeias de proteção climática nos próximos anos. Tendo em vista a meta climática para 2030 e o ano-alvo para a neutralidade climática de 2045 da Lei Federal de Proteção Climática, o ritmo das reduções de emissões deve mais do que duplicar nos próximos anos e depois quase triplicar até 2030. (Alemanha, 2023d, p.1, tradução nossa)

No programa há uma urgência para o alto desempenho das ações priorizadas, pois o governo está ciente de que muitas das metas não estão sendo atingidas, como visto acima e no capítulo 2. Entretanto, há de se destacar as decisões atuais que por vincular juridicamente as metas pela primeira vez, adere às metas uma obrigatoriedade. Ademais, outras políticas, conforme Amelang (2023) incluindo a eliminação gradual de sistema de aquecimento movidos a combustíveis fósseis,¹² estão atrasando o avanço das políticas.

Conforme Wettengel (2024b) os setores de energia e indústria reconhecem um bom trabalho do governo em estimular a participação das energias renováveis na geração de energia. “Ao mesmo tempo, em que lidava com os desafios impostos pela guerra de agressão contra a Ucrânia, o ministério da economia também adotou muitas medidas importantes que acelerarão a expansão das energias renováveis.” (ANDREAE *apud* WETTENGEL, tradução nossa, 2024). Entretanto, o autor aponta que o histórico do último governo é misto, pois apesar de haver um avanço no setor de geração de energia para o país, na perspectiva da transição ainda não é suficiente. Da mesma forma, a sociedade demonstra preocupação com a economia do país e num posicionamento semelhante à indústria se encontra pressionada internamente para atender as metas propostas pelo governo e em desfalque pela alta no preço da energia, o que atrapalha sua competitividade internacional.

A partir de uma perspectiva global, a guerra entre Rússia e Ucrânia causou uma crise securitária e energética no país, conforme Klann (2022) isso ocorreu devido à dependência do gás russo, que era mais barato e importante para o consumo e economia doméstica. O autor expõe que a situação compromete a segurança energética da Alemanha, mas destaca como isso ocorreu, pois essa dependência não era pauta prioritária do governo e conseqüentemente

¹² Segundo a autora Amelang (2023) foi um acordo que levou tempo para ser finalizado por conta de entraves, sendo o principal, o alto custo de instalação dos novos sistemas de aquecimento favoráveis ao clima.

não havia um esforço para idealização de políticas que revertersem a situação. Como consequência, inicialmente houve aumentos nos preços da energia, que impactaram o consumo e a produção industrial, e em contenção de danos o governo lançou subsídios. Outra medida utilizada foi prorrogar o *phase out* de usinas de carvão e da energia nuclear até 2023. Nesse caso, a estratégia imediata foi utilizar de sistemas de energia convencionais, mas antecipar planos de eliminar essas duas fontes de energia. A última usina nuclear foi desligada em 2023 (DW, 2023), e os planos para eliminar o uso de carvão foram antecipados para 2030 (QUEM, 2023).

Para remediar a situação da guerra a Alemanha precisou planejar formas de contornar a interrupção do fornecimento de gás russo, dentre elas estão: o redirecionamento das rotas de fornecimento de gás e a diversificação das fontes de gás, visto que conforme o DIW, Instituto de Pesquisa Econômica (2023) o país se tornou parceiro de fontes como a Bélgica, Países Baixos e Noruega. Ademais, houve a criação de infraestrutura específica para gás natural liquefeito que ocorreu no final de 2022 (KYLLMANN, 2022) e o armazenamento e mitigação no consumo do gás, pois com uma conscientização da população a demanda diminuiu e não houve escassez.

Embora a Rússia tenha deixado de fornecer gás natural, não surgiu nenhuma emergência de abastecimento porque outras fontes de abastecimento foram rapidamente ativadas e a procura caiu de forma relativamente acentuada. Também não são esperados estrangulamentos para o inverno de 2023/24, embora os esforços de poupança por parte da indústria e das famílias continuem a ser importantes. (Instituto de Pesquisa Econômica, 2023, p. 1, tradução nossa)

Em 2024, os desafios políticos que permeiam a transição energética na Alemanha, segundo Wettengel (2024d), envolvem divergências internas na coalizão e uma crise orçamentária, que foi decorrente de impactos energéticos causados pela guerra entre Rússia e Ucrânia, dificultando o avanço das metas energéticas. Além disso, a proximidade das eleições do país potencializa os discursos polarizados, o que não facilita a situação.

Diante dos desafios abordados, apesar do compromisso do governo com a agenda ambiental e climática do país, há entraves internos, como a divergência da coalizão, abordada por Wettengel (2024d) que dificulta a tomada de decisões, que impacta na unidade e no avanço das políticas. Além disso, há entraves externos como a guerra entre Rússia e Ucrânia que revelou a dependência do gás russo, conforme apresentado por Klann (2022) e fez com

que o país precisasse no curto prazo tomar decisões que não se alinham com as metas de médio e longo prazo, impactando assim, a execução das metas da *Energiewende*.

Conforme abordado no primeiro capítulo deste trabalho, a pressão social foi uma grande força motriz para o surgimento da *Energiewende*. Os protestos e manifestações em conjunto com o apoio dos cientistas foi necessário para atrair atenção dos políticos e tornar esse conceito em realidade. Assim, esta seção do capítulo terá como destaque o papel da sociedade civil e a aceitação pública em relação ao desempenho da política de transição energética alemã.

Em 2022, a ONG More in Common¹³ (2022), através de uma pesquisa, entendeu que a população alemã tinha como principal preocupação a inflação sobre alimentos e energia, e os entrevistados responsabilizam a falha governamental em investir em energias renováveis com antecedência. Segundo os entrevistados, atrasar ações contra as mudanças climáticas seria estimular a inflação em médio e longo prazo. A inquietação popular, a partir da perspectiva da pesquisa, se origina de uma sensação que a crise será prolongada, assim, demanda apoio à transição energética, com soluções de curto prazo para, por exemplo, reduzir impostos, enquanto exige planos de investimentos de longo prazo em energias renováveis, que beneficiariam setores como: ao securitário e o econômico (WETTENGEL, 2024c). É interessante levar em consideração que, de acordo com uma pesquisa da AEE, Agência de Energias Renováveis (2022) , foi durante a crise energética de 2022 que a falta de segurança no suprimento de energia aumentou a aceitação alemã em relação à expansão de energias renováveis.

Atualmente, conforme pesquisa de Rinscheid e Koos (2023), os cidadãos da Alemanha têm como suas prioridades ações climáticas, mesmo quando essas são comparadas com outras crises como a pandemia e a guerra entre Rússia e Ucrânia. O posicionamento favorável da população também é exposto pela pesquisa anual do Barômetro da Sustentabilidade Social realizada pelo Centro Helmholtz de Potsdam (RIFS) (2023), entretanto essa pesquisa também demonstrou que 53% das pessoas estavam insatisfeitas com a implementação política da *Energiewende*.

Em contrapartida, da maior parcela da sociedade que é favorável à transição energética, há uma parte da população que não concorda totalmente.

¹³ uma iniciativa que pesquisa coesão social.

Houve uma forte resistência, por parte dos habitantes locais, contra a construção de linhas de transmissão e contra parques eólicos - um claro exemplo da chamada síndrome de NIMBY (Not in my backyard, “não no meu quintal”, em tradução livre). (Dalgaard, 2021)

O NIMBY é uma terminologia para um desafio específico, ela identifica um grupo social em oposição a projetos de infraestrutura energética de larga escala, com o receio de haver desvalorizações financeiras, estéticas ou até identitárias para com suas propriedades ou regiões. Conforme pronunciamento do presidente da Free Horizon¹⁴, “O número crescente de turbinas eólicas está arruinando a imagem do nosso estado como uma região de paisagens intocadas e áreas naturais intactas e, portanto, ameaça nossos ganhos com o turismo” (SCHUMACHER *apud* BORCHERT, 2015). Outros participantes também têm receios em relação ao impacto das grandes obras no meio ambiente, na saúde geral, e no turismo (BORCHERT, 2015). Eles ativamente buscam uma maior inclusão na tomada de decisões energéticas, para que seus interesses sejam respeitados, o que pode causar atrasos no desenvolvimento das infraestruturas necessárias para o avanço da *Energiewende*.

No Relatório de Monitoramento do Governo Federal (2021), é abordado como essas resistências impactam o progresso da *Energiewende*, pois a oposição local pode atrasar projetos essenciais para atingir as metas climáticas. Uma das soluções propostas por Loschel *et al* (2021) envolve “Além disso, a aceitação local geralmente aumenta depois que as turbinas eólicas são colocadas em operação (DEVINE-WRIGHT, 2005). Uma expansão bem ponderada numa escala maior poderia desencadear um processo de auto-reforço de aceitação crescente.” Isso indica que o engajamento social e uma expansão cuidadosa são essenciais para consolidar a *Energiewende*.

Dentre os fatores econômicos que incentivam a transição, a política de subsídios é um exemplo de um dos mais importantes, pois impacta positivamente, servindo como estímulo para a população ou como apoio em tempos de crise. De acordo com Hitaj e Löschel (2019), uma tarifa *feed-in* (FIT) é um mecanismo de política projetado para promover o desenvolvimento de fontes de energia renováveis, garantindo pagamentos fixos aos produtores de energia pela eletricidade que eles geram e alimentam a rede. Ao garantir que os produtores recebam uma renda estável, o investimento em projetos de energia renovável, como eólica, solar e biomassa, se torna mais atraente. No gráfico 12 nota-se que os índices de

¹⁴ Free Horizon (horizonte livre, em tradução livre) é uma pequena organização política, com uma única característica: ser contrário ao desenvolvimento de turbinas eólicas.

participação das energias renováveis para 2024 (dados coletados até setembro/2024) alcançaram mais de 60%.

No entanto, enquanto esse investimento causa um impacto positivo para o desempenho do país, outros fatores econômicos acabam se tornando empecilhos para atingir as metas climáticas do país, dentre eles custos tecnológicos e operacionais, como mão de obra qualificada. Segundo Wehrmann (2020), apesar da Alemanha ser conhecida por seu pioneirismo na transição energética, essa postura não se estendeu para uma abordagem sustentável na área financeira e não foi tão ágil em exigir de atores financeiros como bancos a financiar alternativas limpas e reduzir o incentivo a projetos com relação à emissão de CO₂. Em 2019 houve a criação do comitê de finanças sustentáveis, responsável por delimitar às prioridades e campos de ação do governo alemão em relação à área de finanças sustentáveis.

Conforme Amelang e Wettengel (2022), outra medida econômica cujo objetivo é fortalecer a transição energética, idealizada pela coalizão do governo, a estratégia consiste em um “escudo de defesa” de 200 bilhões de euros para fomentar subsídio para a energia de empresas e residências, assim a alta importação de gás não teria um impacto alto nos preços. Wettengel (2023) adiciona que diversos subsídios para a amenização de preços foram implantados, entretanto, no início de 2023, um inverno mais ameno e uma rápida reativação de usinas nucleares foram fatores que reduziram a dependência do país do gás natural.

Wettengel e Wehrmann (2024) apontam que o Tribunal Constitucional Alemão, declarou inconstitucional a transferência de 60 bilhões de euros, originalmente destinados ao combate à pandemia de COVID-19, para o Fundo de Clima e Transformação (CTF). Houve um problema, pois, conforme a corte, houve uma mistura de orçamento de objetivos de longo prazo com o de curto prazo. Com isso, o CTF teve que realizar cortes e reestruturações para o ano de 2024. Por conta disso, alguns projetos e investimentos foram descontinuados ou atrasados e subsídios foram suspensos, como o subsídio que estimulava a compra de carros elétricos e o que apoiava a geração de energia individual (AMELANG, 2023).

Para o orçamento de 2025, realizará cortes nos fundos destinados à ação climática. Conforme Amelang (2024), especialistas criticaram o orçamento, apontando que um terço das despesas planejadas para 2025 baseia-se em suposições otimistas sem financiamento garantido. Amelang (2024) apresenta planos da coalizão de um sistema de bônus, *Klimageld*, onde os lucros obtidos com a precificação nacional de carbono sobre combustíveis de

transporte e aquecimento, seria devolvida aos cidadãos para compensar os custos adicionais decorrentes dessa política ambiental. Entretanto, alguns fatores inviabilizaram a proposta de acontecer em 2024, como a falta de um sistema direto para efetuar o repasse para os cidadãos.

Embora o surgimento dos carros elétricos tenha prometido uma mitigação nas emissões de carbono, apesar do avanço, o país ainda precisa intensificar seus esforços, principalmente nos setores de transportes e residenciais, para alcançar as metas. Inicialmente, no setor automobilístico o surgimento dos carros elétricos prometeu uma grande mitigação na emissão de carbono, e a movimentação do mercado apontava inicialmente um saldo positivo na venda dos carros elétricos. No entanto, Meza (2024) demonstra que a expectativa é que o país não atinja sua meta de colocar 15 milhões de carros elétricos nas ruas, pois o movimento de vendas está reduzindo e conseqüentemente os produtores de carros estão replanejando a escala de produção dos carros elétricos.

Segundo Kyllmann, Whermann e Wettengel (2024) os motivos em razão são de uma adaptação tardia das indústrias alemãs, que originalmente eram centradas em motores de combustão, e na adaptação para as tecnologias renováveis se depararam com altos custos para mudar as linhas de produção para motores elétricos. Além disso, também foram fatores importantes custos adicionais provenientes de uma readequação na mão de obra decorrente da crise financeira enfrentada pelo país. Todos esses fatores, somados a alta competitividade do mercado internacional, levam Wehrmann (2024) a entender que as metas só serão atingidas em parceria com outros países “intensificando a cooperação com montadoras da China”.

Em dezembro de 2023, houve uma suspensão dos subsídios do governo alemão que estimulava a compra de carros elétricos, esse acontecimento potencializou a queda nas vendas e segundo Meza (2024) resultou na queda do lucro de empresas do setor automobilístico, na Volkswagen houve queda de 14% na primeira metade do ano, na BMW houve queda de quase 15% e Mercedes-Benz quase 16%. A partir desse cenário, nota-se que a descarbonização da economia alemã, na área de transportes, ainda necessita de reforço, visto que a indústria ainda enfrenta altos custos na readaptação para o setor elétrico.

Apesar de no setor de transportes a inserção de novas tecnologias não representar, no período do segundo semestre de 2024, uma direta evolução a favor da transição energética, outros setores contam com relação direta entre a inserção da tecnologia verde e um desenvolvimento a favor da *Energiewende*. No setor industrial, conforme Wettengel (2024a)

tecnologias como o CCS, CSU e DACCS representam guias para um caminho promissor em direção ao sucesso da neutralidade climática, já que a partir delas haverá uma redução na emissão de carbono nos setores com maiores emissões. As inovações tecnológicas também tem um grande impacto positivo em conjunto da perspectiva social, segundo Kyllmann, Whermann e Wettengel (2024) principalmente graças as tecnologias solares e eólicas de geração de energia por parte dos cidadãos, a participação de energias renováveis na matriz energética do país teve grande aumento, que pode ser notado no gráfico 10.

No capítulo 3, pode-se entender quais fatores políticos, sociais, econômicos e tecnológicos afetam a *Energiewende*. De modo geral, dentre os elementos que afetam as três variáveis analisadas no trabalho: mitigação de emissões de carbono, fomento da eficiência energética e aumento de fontes renováveis na matriz energética, pode-se citar que a falta de alinhamento entre a coalizão do governo alemão é um dos principais fatores que impede um desenvolvimento fluido das políticas ambientais. Além disso, desgastes internos, como apontado por Wettengel (2024d), impactam a eficiência do governo e suas ações. Outrossim, outro motivo que impacta as três variáveis, é também relacionado ao governo, a dependência da *Energiewende* do financiamento público, pois em razão de uma alocação orçamentária ilegal, 60 bilhões de euros foram retirados de ações ambientais, o que resultou em projetos desativados, atrasados ou adiados (Wettengel; Wehrmann, 2024).

Sob a perspectiva de impactos positivos, todas as três variáveis serão impactadas positivamente a partir da vinculação jurídica das metas, conhecida como “Estratégia de Adaptação Climática” (BMUV, 2024). Assim, antigas metas que eram sugestões passam a ser de adesão obrigatória, e, além disso, contam com a padronização dos indicadores de forma detalhada, o que possibilitará um sistema de monitoramento que contemple as especificidades de cada área e facilite o governo a entender quais investimentos estão tendo mais resultados positivos, na prática. Em outra perspectiva, segundo Wettengel (2024) sobre a mitigação das emissões de gases do efeito estufa, há estratégias governamentais de incentivo à descarbonização industrial, como o uso de tecnologias promissoras CCS e DACCS (Captura e Armazenamento de Carbono e Remoção Direta de CO₂) têm a missão de reduzir a emissão de GEE.

A respeito da eficiência energética, conforme Klann (2022) durante o período da guerra entre Rússia e Ucrânia, campanhas de sensibilização popular foram de extrema utilidade para a mitigação de consumo de energia por parte da população alemã, que levou a

uma menor dependência do gás natural importado da Rússia, que era a principal fornecedora de gás para o país e atualmente não tem mais relações comerciais com a Alemanha. A alta participação social na geração de energia impacta diretamente a mitigação das emissões e a eficiência energética. Apesar disso, há o surgimento de novas tecnologias com relação direta à energia renovável e ao hidrogênio verde, substitutos para sistemas convencionais a base de carvão e gás.

Assim, a Lei de Energia Renovável (EEG) é a legislação mais antiga que trata diretamente de uma das variáveis analisadas neste trabalho, a participação das energias renováveis na geração de energia. Conforme apresentado no capítulo 2, essa lei é a única variável que atinge as metas estipuladas pelo governo alemão. Alguns fatores explicam esse desempenho, incluindo o estímulo proporcionado pela própria legislação, que antes era de adesão voluntária, a pressão popular que culminou no *nuclear phase-out*, a necessidade de mitigação de emissões de gases de efeito estufa, que demandava o desenvolvimento de novas tecnologias para diversos setores da economia, como indústria e transportes que se solidificaram na emissão de GEE, e precisavam de mais coordenação intersetorial para reduzir as emissões.

Embora o alto custo de algumas dessas tecnologias tenha dificultado uma adesão mais ampla e rápida por parte da população, a análise de médio prazo, desde os anos 2000, demonstra que as energias renováveis alcançaram as metas estabelecidas pelo governo alemão, conforme visto no gráfico 12. Segundo Wettengel e Wehrmann (2024), esses desafios econômicos atrelados ao déficit financeiro do governo alemão que ocasionou cortes de subsídios atrasaram o progresso nas áreas de eficiência energética e redução de emissões de carbono.

De forma mais recente, a guerra entre Rússia e Ucrânia trouxe grande urgência em relação ao fornecimento de gás natural ao país, que graças ao encerramento das relações comerciais com a Rússia, o país precisou encontrar alternativas para o suprimento desse déficit. Esse processo envolveu buscar outros fornecedores e até utilizar outras fontes energéticas, e como conciliar ambições climáticas com restrições financeiras é uma tarefa muito complexa, com isso não foi possível atingir as metas em todas as variáveis analisadas.

Para o cenário futuro, segundo Meza (2022) a esperança vem na forma tecnológica, através do hidrogênio verde que teve uma redução nos preços, em contrapartida, de uma alta

dos preços do gás natural, causada pela guerra da Ucrânia, isso promove a aceleração da transição energética, por ser economicamente viável e a independência energética do país.

Portanto, os resultados da *Energiewende*, mensurados até setembro de 2024, são reflexos de uma interação complexa entre avanços tecnológicos, movimentações sociais, decisões políticas e desafios econômicos, que concebem o desempenho atual em relação às metas estipuladas. Desse modo, no setor de redução de emissões de carbono, conforme o gráfico 8, apesar da intensificação das metas de redução, alinhadas com a intensificação dos problemas ambientais, o progresso real das emissões não está avançando no ritmo necessário para atingir esses objetivos estipulados. Já existe uma redução contínua nas emissões, conforme a linha de tendência do gráfico, e apesar de haver uma grande expectativa para tecnologias de captura e armazenamento de carbono e do hidrogênio verde, os altos custos de instalação e adaptação dos setores: industrial, transportes e residencial, indicam um desafio para a intensificação desses esforços renováveis, principalmente devido a restrições orçamentárias e corte de subsídios. Conforme o gráfico 1, esses setores são os principais historicamente vinculados a altas emissões de carbono.

A respeito da eficiência energética, os motivos que causam o desempenho atual são relacionados aos principais setores da economia e seu respectivo consumo de energia, conforme o gráfico 14, os setores de indústria, transporte e industrial ainda apresentam dificuldades em reduzir o consumo de energia e se adaptar estruturalmente às energias renováveis. Há uma complexidade regulatória para a conciliação de metas climáticas e recursos financeiros escassos. Um fator crucial para essa análise ser multifatorial enquanto comparada com as outras variáveis, consiste na falta de definição do escopo “eficiência energética” e suas metas por parte do governo alemão. Segundo Joas, a falta de um objetivo delimitado para esse conceito central da *Energiewende* faz com que “uma avaliação posterior se torna difícil ou mesmo impossível” (2016, p. 50). Além disso, segundo o gráfico 15, a Alemanha tem utilizado menos energia para gerar uma unidade do PIB, isso não necessariamente significa que o país se tornou mais eficiente energeticamente, podendo somente significar que houve uma migração da economia para setores menos intensivos em energia, e com maior valor agregado, como serviços. O índice do gráfico apenas representa que há uma participação maior do PIB de setores que são menos intensivos energeticamente.

Finalmente, os motivos que levaram a Alemanha a atingir com sucesso os objetivos estipulados no fomento do número de fontes de energia renováveis na matriz energética, são

os seguintes: impulsionados pela Lei de Energia Renovável (EEG), que estimulou às energias renováveis, a pressão popular contrária às energias nucleares e ao carvão, fez com que o governo visasse o surgimento de outras alternativas de fornecimento de energia. Além disso, houve tarifas *feed in* que foram estímulos financeiros para incentivar investimentos em tecnologias como a solar e a eólica. Finalmente, eventos geopolíticos, como a guerra entre a Rússia e Ucrânia, reforçaram a urgência de diversificar a matriz energética, reduzindo a dependência da importação de fontes energéticas e promovendo a autossuficiência a partir de fontes renováveis.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo compreender quais fatores políticos, sociais, econômicos e tecnológicos influenciam o desempenho alemão em atingir as metas propostas da *Energiewende*. A partir de um estudo que combinou a análise histórica, dados secundários sobre emissões de carbono, eficiência energética e fontes renováveis, juntamente com a avaliação dos impactos dos fatores nas variáveis, foi possível responder à pergunta central deste trabalho “*Quais são os motivos pelo atual desempenho da política de transição energética alemã (Energiewende) em atingir ou não os objetivos estipulados, em relação aos setores: redução de emissões de carbono, fomento da eficiência energética e fomento do número de fontes de energia renováveis na matriz energética?*”.

A origem dessa política de transição energética é marcada pela participação da sociedade, que continua tendo questões climáticas como prioridade, pressiona o governo e permanece sendo uma das principais forças motriz do avanço do país em direção a um futuro mais verde. Numa perspectiva, a Alemanha obteve ótimos avanços na ampliação da participação de fontes renováveis, que atualmente ultrapassam 60% na matriz energética, ultrapassando todas as metas estipuladas, conforme o gráfico 12. Esse sucesso é consequência da Lei de Energias Renováveis (EEG), que é a legislação mais antiga que trata diretamente de um dos três pilares da *Energiewende* analisados neste trabalho. A lei, juntamente com subsídios como as tarifas *feed in* e a adesão da população, foram essenciais para os resultados positivos.

Entretanto, ao analisar a redução de emissões de carbono nota-se a existência de avanços em direção às metas, mas que ainda não as atingem. Conforme o gráfico 8, a partir da linha de tendência é possível entender que a meta de médio prazo, em 2030, e o net zero, em 2045, tem baixas chances de serem atingidos. A descarbonização do país é um processo difícil, pois os sistemas de aquecimento dos prédios e as indústrias tem suas estruturas idealizadas para a utilização de energia convencional e precisariam ser readaptados para energias renováveis, como solar ou a eólica.

A respeito do último pilar da *Energiewende* abordado no trabalho, a eficiência energética, desafios significativos permanecem desde a concepção do conceito. Conforme Joas, a falta de um objetivo delimitado para eficiência energética, faz com que “uma avaliação posterior se dificulte ou mesmo impossível” (2016, p. 50). Isso, juntamente com a estagnação do consumo final de energia do país, conforme o gráfico 18, reflete a falha em atingir as

metas propostas. Além disso, apesar da linha de tendência do gráfico 18 indicar uma sutil redução do consumo de energia, em uma perspectiva macro isso não demonstra avanços significativos.

Dentre os fatores gerais que desestabilizaram o desempenho mais eficiente da Alemanha em relação às suas metas, pode-se citar, a guerra entre Rússia e Ucrânia, que destacou a necessidade da Alemanha em diversificar sua matriz energética, fortalecendo assim sua segurança energética e se tornar independente de outros países no setor energético. Outrossim, é necessário superar barreiras estruturais e setoriais, por exemplo, os setores que mais consomem energia e emitem GEE são historicamente os mesmos, conforme os gráficos 14 e 1. Por fim, a falta de coesão interna da coalizão que se encontra no governo do país, resulta em um processo mais demorado de tomadas de decisões climáticas, pois os social-democratas, verdes e liberais têm posturas divergentes em relação às temáticas ambientais e, porque uma crise financeira fez com que as prioridades governamentais fossem revisadas.

Logo, o desempenho atual da *Energiewende* é positivo, mas não o suficiente para atingir todas as metas climáticas e energéticas estabelecidas pelo país. Há a necessidade de estratégias multissetoriais, que em conjunto com um alinhamento político proverão uma maior consistência e coesão nas políticas. Apesar dos grandes desafios, a vinculação jurídica das metas pela Lei Federal de Mudanças Climáticas e o investimento em novas tecnologias, como sistemas de captura e remoção de carbono, servirão de reforço às fontes renováveis. Além disso, uma maior descentralização da geração de energia é fundamental para com a participação social, promover a sustentabilidade e segurança energética.

De modo global, a *Energiewende* agrega à Alemanha uma posição de liderança climática. Entretanto, para essa posição ser consolidada há necessidade de um compromisso a longo prazo entre a população, grandes setores da economia e governo. Ao levar em consideração que a transição não é apenas um projeto nacional, mas inspira e influencia ações climáticas por todo o mundo, entende-se a necessidade de equilibrar desenvolvimento econômico, justiça social e sustentabilidade ambiental para moldar um futuro digno para as gerações futuras.

REFERÊNCIAS

- ALEMANHA. Bundesministerium Für Umwelt, Naturschutz, Bau Und Reaktorsicherheit (BMUB) . **Climate Action Plan 2050 Principles and goals of the German government's climate policy**. Berlin: Bundesministerium Für Umwelt, Naturschutz, Bau Und Reaktorsicherheit (Bmub), 2016. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Klimaschutzplan_2050_eng_bf.pdf. Acesso em: 13 set. 2024.
- ALEMANHA. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV). **Deutschland treibt Klimaschutz voran: Emissionsminderungen trotz Energiekrise**. 2024. Disponível em: <https://www.bmuv.de/PM11071>. Acesso em: 27 nov. 2024.
- ALEMANHA. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). **Konsequenter Klimaschutz und vorsorgende Klimaanpassung verhindern Milliarden Schäden**. 6 mar. 2023a. Disponível em: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/03/20230306-konsequenter-klimaschutz-und-vorsorgende-klimaanpassung-verhindern-milliardenschaeden.html>. Acesso em: 10 nov. 2024.
- ALEMANHA. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). **Roadmap Energieeffizienz für eine klimaneutrale Zukunft 2045**. 2023b. Disponível em: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/Energieeffizienz/roadmap-energieeffizienz-2045.html>. Acesso em: 15 ago. 2024.
- ALEMANHA. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). **Energieeffizienzstrategie 2050**. Dezembro de 2019. Disponível em: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-2050.pdf> . Acesso em: 27 set. 2024.
- ALEMANHA. BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ (BMWK) . **Stellungnahme zum achten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für die Berichtsjahre 2018 und 2019**. Berlin: Bmwk, 2021a. 393 p. Disponível em: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/stellungnahme-der-expertenkommission-zum-achten-monitoring-bericht.pdf?__blob=publicationFile&v=1. Acesso em: 15 abr. 2024.
- ALEMANHA. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi); Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). **Energy Concept for an Environmentally Sound, Reliable and Affordable Energy Supply**. Berlin, 2010. Disponível em: <https://www.bmwi.de>. Acesso em: 27 set. 2024.
- ALEMANHA. BUNDESTAG. **Antwort der Bundesregierung auf die Große Anfrage der Abgeordneten und der Fraktion DIE GRÜNEN: Energiepolitik – Verantwortung für die Zukunft**. Berlin: Bundestag, 1981. 131 p. (Bundestagsdrucksache 9/872). Disponível em: <https://dserver.bundestag.de/btd/09/008/0900872.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2024.
- ALEMANHA. **Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland (Energieeffizienzgesetz - EnEfG)**. Ausfertigungsdatum: 13 nov. 2023c. Disponível em:

<https://www.gesetze-im-internet.de/enefg/>. Acesso em: 20 set 2024.

ALEMANHA. Klimaschutzprogramm der Bundesregierung. Berlin: **Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz**, 2023d. Disponível em: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/klimaschutz/20231004-klimaschutzprogramm-der-bundesregierung.html> Acesso em: 20 nov. 2024

ALEMANHA. Lei para o aumento do uso de energias renováveis, estabelecendo diretrizes para expansão sustentável da matriz energética alemã.2014. **Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2023)**. Berlin, Disponível em: https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/index.html. Acesso em: 31 out. 2024.

ALEMANHA. **Pioneira na política climática**. Tatsachen über Deutschland, 2021b. Disponível em: <https://www.tatsachen-ueber-deutschland.de/pt-br/alemanha-sinopse/pioneira-na-politica-climatica#:~:text=Desde%20maio%20de%202021%2C%20objetivos,2030%2C%20em%20compara%C3%A7%C3%A3o%20com%201990>. Acesso em: 27 nov. 2024.

AMELANG, Sören; WETTENGEL, Julian. Germany's National Hydrogen Strategy. **Clean Energy Wire**. Berlin, jul. 2023. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-national-hydrogen-strategy>. Acesso em: 04 nov. 2024.

AMELANG, Sören; WETTENGEL, Julian. **Germany agrees 200-billion euro ‘defence shield’ against soaring energy prices**. Clean Energy Wire. Berlin, set. 2022. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/germany-agrees-200-billion-euro-defence-shield-against-soaring-energy-prices>. Acesso em: 15 out. 2024.

AMELANG, Sören. German finance minister says government won’t return CO2 income to citizens before 2025. **Clean Energy Wire**. Berlin, jan. 2024. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/german-finance-minister-says-government-wont-return-co2-income-citizens-2025>. Acesso em: 14 nov. 2024

AMELANG, Sören. Germany's energy transition revamp stirs controversy over speed, participation. **Clean Energy Wire**. Berlin, jun. 2016. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/dossiers/reform-renewable-energy-act>. Acesso em: 14 abr. 2024.

AMELANG, Sören. Germany agrees phaseout of fossil fuel heating systems. **Clean Energy Wire**. Berlin. set. 2023. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/qa-germany-debates-phaseout-fossil-fuel-heating-systems>. Acesso em: 06 nov. 2024.

APPUNN, Kerstine. Cabinet decides climate law reform, tougher sector emission budgets included. **Clean Energy Wire**. Berlin. maio 2021. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/cabinet-decide-climate-law-reform-tougher-sector-emission-budgets-expected>. Acesso em: 12 abr. 2024.

BORCHERT, Lars. Citizen participation as the key to energy transition success. **Clean Energy Wire**. Berlin, p.mar. 2023. Disponível em:

<https://www.cleanenergywire.org/news/citizen-participation-key-energy-transition-success>. Acesso em: 07 nov. 2024.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG (DIW). **Deutschlands Gasversorgung ein Jahr nach russischem Angriff: Versorgung gesichert – kein weiterer Ausbau von LNG-Terminals nötig**. DIW Aktuell, n. 86, 2023. Disponível em: https://www.diw.de/de/diw_01.c.866810.de/publikationen/diw_aktuell/2023_0086/deutschlands_gasversorgung_ein_jahr_nach_russischem_angriff__ine_gesichert__keinweiterer_ausbau_von_lng-terminals_noetig.html. Acesso em: 15 nov. 2024.

DW, Deutsche Welle. **Fim de uma era: Alemanha fecha suas últimas usinas nucleares**. Deutsche Welle (Dw). abr. 2023. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/fim-de-uma-era-alemanha-fecha-suas-%C3%BAltimas-usinas-nucleares/a-65335770>. Acesso em: 25 nov. 2024.

EVANS, Simon. German coal compromise leaves doubts over climate goal. **Carbon Brief: Clear on Climate**. jul. 2015. Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/german-coal-compromise-leaves-doubts-over-climate-goal/>. Acesso em: 14 abr. 2024.

FISCHER, W; *et al.* **German energy policy and the way to sustainability: Five controversial issues in the debate on the “Energiewende”**. Energy, p. 1–12, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.05.069>. Acesso em: 20 out. 2024

HATCH, Michael T. **The Europeanization of German Climate Change Policy**. Stockton: European Union Studies Association (Eusa), 2007. Disponível em: <https://aei.pitt.edu/7897/1/hatch-m-06b.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2024.

JACOBS, David. **The German Energiewende – History, Targets, Policies and Challenges**. Renewable Energy Law and Policy Review, v. 3, n. 4, p. 223-233, 2012. Claeys & Casteels Law Publishing. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24324660>. Acesso em: 08 abr. 2024.

JOAS, Fabian et al. Which goals are driving the Energiewende? Making sense of the German Energy Transformation. In: . **Energy Policy**. 95. ed.: Elsevier, 2016. p. 42-51. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2016.04.003>. Acesso em: 07 set. 2024.

KAELBERER, Matthias. Party competition, social movements and postmaterialist values: Exploring the rise of green parties in France and Germany. In: **Contemporary Politics**. 4. ed. Londres: Routledge, 1998. Cap. 3. p. 299-315. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13569779808449970>. Acesso em: 21 abr. 2024.

KLANN, Felix. **The growing dependency on Russian Gas import in German energy policy: A necessity of the “Energiewende”, or deliberate choice?** University Of Twente.ago. 2022. Disponível em: https://essay.utwente.nl/92751/1/Klann_MA_BMS.pdf. Acesso em: 20 nov. 2024.

KRAUSE, Florentin; BOSSEL, Hartmut; MÜLLER-REIßMANN, Karl-Friedrich. **Energie-Wende: wachstum und wohlstand ohne erdöl und uran**. Germany: S. Fischer Verlag, 1980. Disponível em:

<https://web.archive.org/web/20160914043645/http://www2.hu-berlin.de/sachbuchforschung/CONTENT/SBDB/pix/PDF/Krause-Energie-Inhalt.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2024.

KYLLMANN, Carolina; WEHRMANN, Benjamin; WETTENGEL, Julian. Snap elections add new uncertainties to Germany's 2030 climate targets. **Clean Energy Wire**. Berlin. out. 2024. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/clew-guide-germany-still-track-2030-climate-targets>. Acesso em: 08 nov. 2025.

KYLLMANN, Carolina. Adapting to effects of climate change now legally binding in Germany. **Clean Energy Wire**. Berlin. jul. 2024a. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/adapting-effects-climate-change-now-legally-binding-germany>. Acesso em: 25 out. 2024.

KYLLMANN, Carolina. Germany sets first national legally-binding climate adaptation targets. **Clean Energy Wire**. Berlin. out. 2024b. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/germany-sets-first-national-legally-binding-climate-adaptation-targets>. Acesso em: 30 out. 2024.

KYLLMANN, Carolina. Germany finishes construction of first floating LNG terminal. **Clean Energy Wire**. Berlin. nov. 2022. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/germany-finishes-construction-first-floating-lng-terminal>. Acesso em: 06 nov. 2024.

LAIRD, Frank N.; STEFES, Christoph. **The diverging paths of German and United States policies for renewable energy: Sources of difference**. Energy Policy, 2009. p. 2619-2629. (V. 37, n. 7.). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421509001189>. Acesso em: 12 abr. 2024.

LAUBER, Volkmar; MEZ, Lutz. **Renewable Electricity Policy in Germany, 1974 to 2005**. In: WILL, Jeffry. Bulletin of Science Technology & Society. 26. Sage, 2006. p. 105-120. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0270467606287070>. Acesso em: 14 abr. 2024.

LAWTON, Michael. **Merkel stands firm on nuclear power. Deutsche Welle (DW)**. jul. 2009. Disponível em: <https://www.dw.com/en/merkel-stands-firm-on-nuclear-power/a-4461243>. Acesso em: 10 jul. 2024.

LÖSCHEL, Andreas; GRIMM, Veronika; LENZ, Barbara; STAIß, Frithjof. **Stellungnahme zum achten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für die Berichtsjahre 2018 und 2019**. Expertenkommission zum Monitoring-Prozess „Energie der Zukunft“. Berlin: BMWi, 2021.

LOVINS, Amory B. **Energy Strategy: The Road Not Taken?** In: Foreign Affairs. 55. ed. Eua: Foreign Affairs, 1976. p. 65-96. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/20039628?origin=crossref>. Acesso em: 08 abr. 2024.

MEZ, Lutz; SCHNEIDER, Mycle; THOMAS, Steve. **International Perspectives on Energy Policy and the Role of Nuclear Power**. Hannover: 2009. 569 p. Disponível em: <https://www.gbv.de/dms/tib-ub-hannover/605043825.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.

MEZA, Edgar. German government invites car industry stakeholders to discuss sector's crisis. **Clean Energy Wire**. Berlin, p. 2011. fev. 2024. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/german-government-invites-car-industry-stakeholders-discuss-sectors-crisis>. Acesso em: 18 nov. 2024.

MEZA, Edgar. German government invites car industry stakeholders to discuss sector's crisis. **Clean Energy Wire**. Berlin. set. 2024. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/german-government-invites-car-industry-stakeholders-discuss-sectors-crisis>. Acesso em: 02 nov. 2024.

MORE IN COMMON. **Navigating the Cost of Living Crisis. More In Common**. Berlin out. 2024. Disponível em: <https://www.moreincommon.com/our-work/navigating-the-cost-of-living-crisis/>. Acesso em: 12 nov. 2024.

PAULITZ, Henrik. **Dezentrale Energiegewinnung: Eine Voraussetzung für Demokratie und Frieden**. Ippnw (Internationale Ärzte Für Die Verhütung Des Atomkriegs/Ärzte In Sozialer Verantwortung E.V.). Ippnw, 2006. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20241127021238/http://www.ippnw.de/atomenergie/energiewende/artikel/de/dezentrale-energiegewinnung-eine-r>. Acesso em: 11 abr. 2024.

RINSCHEID, Adrian; RINSCHEID, Adrian. War and pandemic do not jeopardize Germans' willingness to support climate measures. **Clean Energy Wire**. Berlin, p. abr. 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43247-023-00755-z>. Acesso em: 06 nov. 2024.

SCHOLTEN, Daniel. **Handbook on the Geopolitics of the Energy Transition**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4337/9781800370432>. Acesso em: 27 abr. 2024.

VON HIRSCHHAUSEN, Christian; *et al.* **Energiewende “Made in Germany”**: Low Carbon Electricity Sector Reform in the European Context. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95126-3>. Acesso em: 28 mar. 2024.

WEHRMANN, Benjamin. Germany's auto industry struggling with high investment costs and low demand for electric cars. **Clean Energy Wire**. Berlin. ago. 2024. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/germanys-auto-industry-struggling-high-investment-costs-and-low-demand-electric-cars>. Acesso em: 04 nov. 2024.

WEHRMANN, Benjamin. High-profile advisory group lays out proposals for Germany's sustainable finance push. **Clean Energy Wire**. Berlin, p. mar. 2020. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/high-profile-advisory-group-lays-out-proposals-germanys-sustainable-finance-push>. Acesso em: 24 out. 2024.

WETTENGEL, Julian. Germany's climate action programme 2023. **Clean Energy Wire**. Berlin, p.out. 2023. Disponível em:

<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germany-draft-climate-action-programme-2023>. Acesso em: 17 nov. 2024.

WETTENGEL, Julian. Govt strategy aims to adapt water supply to changing climate. **Clean Energy Wire**. Berlin. jan. 2022. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/govt-strategy-aims-adapt-water-supply-changing-climate>. Acesso em: 25 out. 2024.

WETTENGEL, Julian. Germany to adopt 2060 target for net-negative greenhouse gas emissions. **Clean Energy Wire**. Berlin, fev. 2024a. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/germany-adopt-2060-target-net-negative-greenhouse-gas-emissions>. Acesso em: 20 nov. 2024.

WETTENGEL, Julian. Lower energy prices mean Germany likely to spend much less on subsidies than planned – consultancy. **Clean Energy Wire**. Berlin, nov. 2024b. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/lower-energy-prices-mean-germany-likely-spend-much-less-subsidies-planned-consultancy>. Acesso em: 14 nov. 2024.

WETTENGEL, Julian. Polls reveal citizen support for climate action and energy transition. **Clean Energy Wire**. Berlin, set. 2024c. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/polls-reveal-citizens-support-energiewende>. Acesso em: 06 nov. 2024.

WETTENGEL, Julian. Uncertainty from govt turmoil casts doubt over Germany's energy transition progress. **Clean Energy Wire**. Berlin. out. 2024d. Disponível em: <https://www.cleanenergywire.org/news/uncertainty-govt-turmoil-casts-doubt-over-germanys-energy-transition-progress#four>. Acesso em: 06 nov. 2024.

WÜSTENHAGEN, Rolf; BILHARZ, Michael. Reen energy market development in Germany: effective public policy and emerging customer demand. In: **Energy Policy**. 34.ed 2006. Cap. 13. p. 1681-1696. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2004.07.013>. Acesso em: 15 abr. 2024.