

Situação atual e evolução esperada do hidrogênio

“O hidrogênio limpo prova que podemos conciliar nossa economia com a saúde do nosso planeta”
Ursula von der Leyen³²



Situação da produção e consumo atuais

Nesta seção, é feita uma análise quantitativa tanto da produção de hidrogênio, especificando quais países estão na vanguarda da produção desse recurso, quanto da demanda, analisando as porcentagens de hidrogênio que cada setor solicita.

Produção de hidrogênio

Em 2022, a produção global de hidrogênio teve um aumento de 3% em comparação com o ano anterior. Seguindo a tendência de 2021, a produção de hidrogênio continuou a ser dominada pelo uso de recursos fósseis. Especificamente, 62% da produção global veio do gás natural sem captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS), enquanto o carvão contribuiu com 21% da produção global. Além disso, 16% da produção global de hidrogênio foi um subproduto, gerado principalmente em refinarias e indústrias petroquímicas durante o processo de reforma da nafta.

Em 2022, apenas 0,1% da produção global de hidrogênio foi realizada por eletrólise³³. No entanto, nos últimos anos, houve um forte crescimento na capacidade de produção de hidrogênio, com aproximadamente 600 projetos anunciados com uma capacidade combinada de mais de 160 GW a partir de 2022. Até o final de 2022, a capacidade instalada global de eletrolisadores de água para a produção de hidrogênio atingiu quase 700 MW, um aumento de 20% em relação ao ano anterior (consulte a Figura 14). Os eletrolisadores alcalinos (ALK) foram responsáveis por 60% da capacidade instalada até o final de 2022, seguidos de perto pelos eletrolisadores de membrana de troca de prótons (PEM), com aproximadamente 30%.

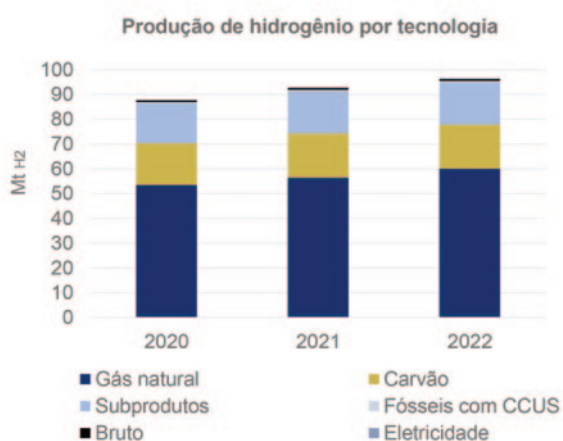
Por fim, a capacidade instalada global poderia triplicar até 2023, chegando a 2 GW até o final de 2023 (equivalente a aproximadamente 0,2 milhão de toneladas de produção de hidrogênio), supondo que todos os projetos sejam realizados conforme planejado.

³²Ursula von der Leyen, Presidente da Comissão Europeia.

³³IEA, "Global Hydrogen review" 2023.

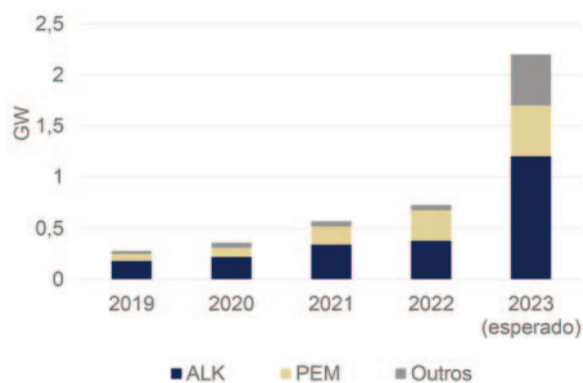
³⁴Dados baseados em projetos que alcançaram pelo menos a decisão final de investimento (FID) ou estão em construção.

Figura 13. Produção de hidrogênio de diferentes fontes.



Fonte: IEA "Global Hydrogen Review 2023".

Figura 14. Capacidade atual de produção de hidrogênio por eletrólise em GW de plantas existentes em todo o mundo³⁴.



Fonte: IEA "Global Hydrogen Review 2023".

Figura 15. Demanda global de hidrogênio por região em 2022.

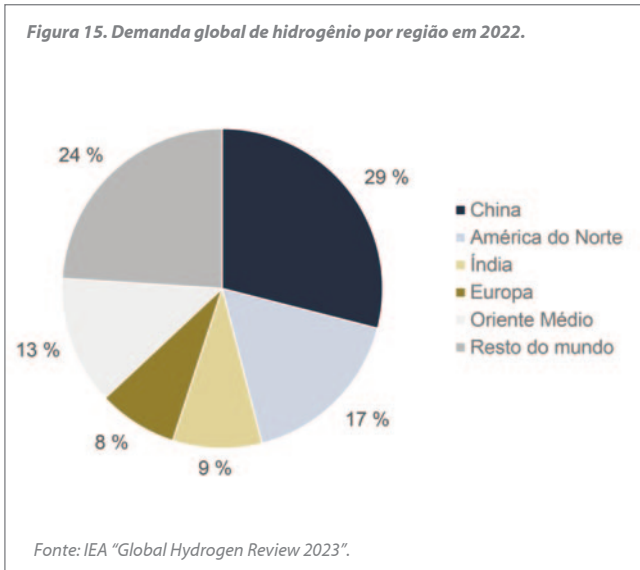
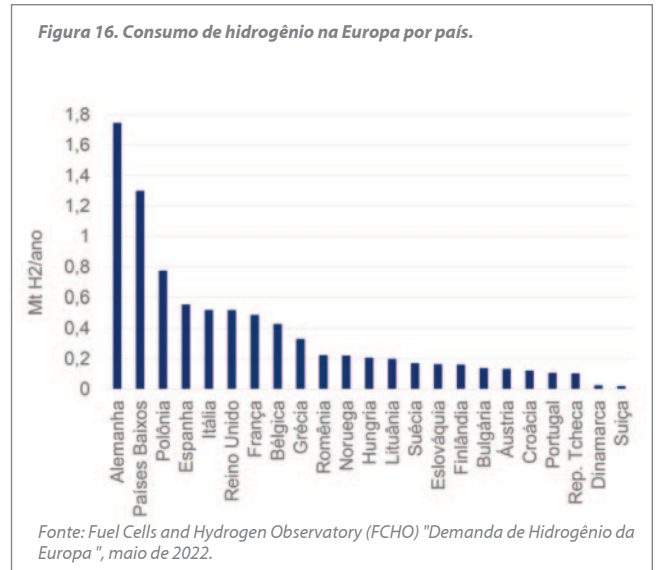


Figura 16. Consumo de hidrogênio na Europa por país.



Consumo de hidrogênio

A demanda global de hidrogênio para 2022 atingiu 95 Mt (milhões de toneladas), um aumento de quase 3% em relação ao ano passado³⁵. O uso de hidrogênio cresceu significativamente em todas as principais regiões consumidoras, exceto na Europa, devido à redução da atividade em decorrência do aumento acentuado dos preços do gás natural³⁶.

Em contrapartida, a América do Norte e o Oriente Médio aumentaram significativamente o uso de hidrogênio (cerca de 7% em ambos os casos). Na China, o uso de hidrogênio cresceu de forma mais modesta, mas o país continua sendo, de longe, o maior consumidor de hidrogênio, respondendo por quase 30% do consumo global.

Como nos anos anteriores, o crescimento do uso global de hidrogênio não é resultado de políticas de incentivo específicas, mas sim de tendências globais de energia. Praticamente todo o

aumento ocorreu em aplicações tradicionais, principalmente em processos químicos e de refino, e correspondeu a um aumento na produção baseada em combustíveis fósseis.

Na União Europeia, a Alemanha tem a maior demanda por hidrogênio, seguida pela Holanda, Polónia e Espanha (vide Figura 16).

Por tipo de atividade, o refino de petróleo, a produção de amônia e a produção de metanol são os principais usuários. No entanto, é o refino de petróleo que consome a maior parte do hidrogênio produzido em todo o mundo. Na Europa, por exemplo, a demanda de hidrogênio é de quase 50% para o refino de petróleo.

³⁵IEA, "Global Hydrogen Review 2023" (2023).

³⁶O setor químico reduziu sua produção, diminuindo o uso de H₂ na Europa em quase 6%.

Figura 17. Consumo de hidrogênio na Europa.

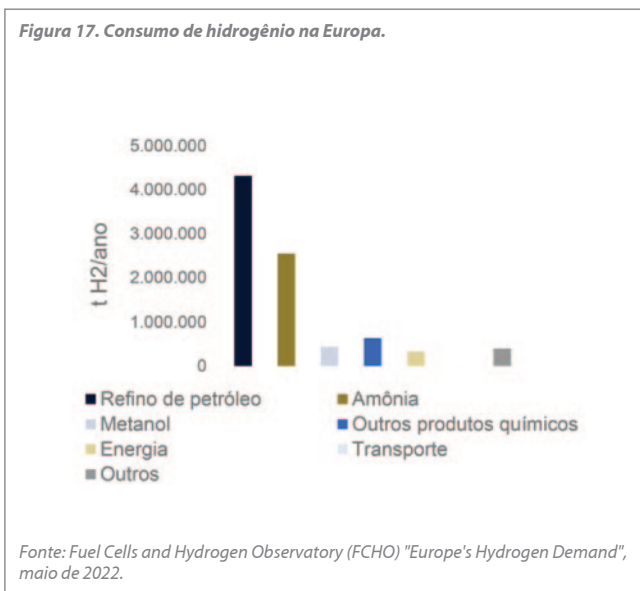
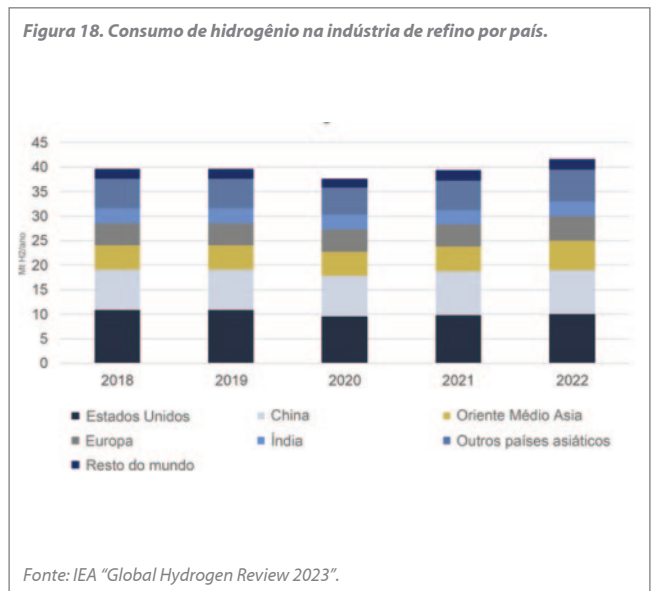


Figura 18. Consumo de hidrogênio na indústria de refino por país.



I. Consumo de hidrogênio na indústria)

a) Indústria de refino

O uso de hidrogênio no refino de petróleo atingiu mais de 41 Mt em 2022. As refinarias o utilizam principalmente para remover impurezas e transformar frações de petróleo em produtos mais leves. Nos últimos seis anos, a demanda permaneceu em torno de 40 Mt de H₂/ano, com a maior parte da produção sendo atendida pelo hidrogênio cinza e apenas 1% por tecnologias de baixa emissão.

b) Indústria química e metalúrgica

A produção de amônia e metanol e a redução do aço são os principais usos em que o hidrogênio desempenha um papel importante. Dos 53 Mt de hidrogênio usados em 2022, cerca de 60% foram para a produção de amônia, 30% para metanol e 10% para ferro de redução direta³⁷ no subsetor de ferro e aço.

II. Consumo de hidrogênio no transporte

Embora o transporte não seja atualmente um dos maiores demandantes de hidrogênio, esse setor teve um crescimento muito significativo. Em 2022, o uso de hidrogênio para o transporte rodoviário aumentou 45% em comparação com 2021 (vide Figura 20).

Embora os carros representem uma demanda menor de hidrogênio para transporte em comparação com os ônibus, vale a pena observar que a produção de veículos elétricos com célula de combustível (Fuel Cell Electric Vehicles ou FCEVs) aumentou consideravelmente nos últimos dois anos. Até o final de 2022, um total de 58.000 veículos elétricos havia sido registrado, representando um crescimento de mais de 40% em relação ao primeiro semestre de 2023. Algumas empresas já têm modelos de veículos elétricos com célula de combustível disponíveis no mercado e continuam investindo no desenvolvimento dessa tecnologia. Nesse contexto, espera-se que o mercado de veículos

elétricos a hidrogênio continue a se expandir na próxima década em todos os segmentos rodoviários.

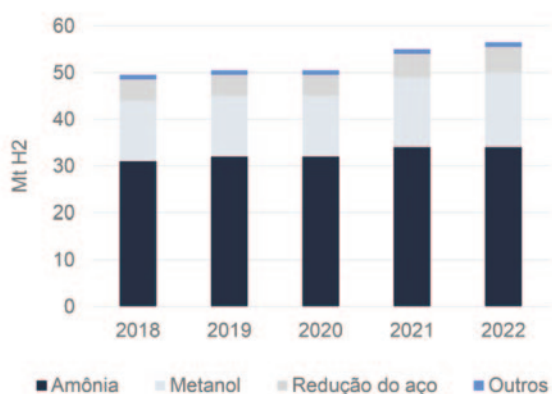
O estoque de ônibus a célula de combustível cresceu de forma semelhante ao de veículos particulares, com um aumento de cerca de 40% em 2022 em comparação com o ano anterior. Em junho de 2023, havia cerca de 7.000 ônibus de célula de combustível em todo o mundo, dos quais aproximadamente 85% estão localizados na China.

Globalmente, havia cerca de 1.100 postos de abastecimento de hidrogênio em operação em junho de 2023, com centenas de outros planejados. Por exemplo, o Regulamento de Infraestrutura de Combustíveis Alternativos da UE exige postos de abastecimento de hidrogênio a cada 200 km ao longo das principais redes rodoviárias e em todos os nós urbanos a partir de 2030.

No setor ferroviário, há muitos projetos em diferentes países europeus, como Itália, Canadá, Espanha e Japão; por exemplo, na Alemanha, há frotas de trens com células de combustível de hidrogênio.

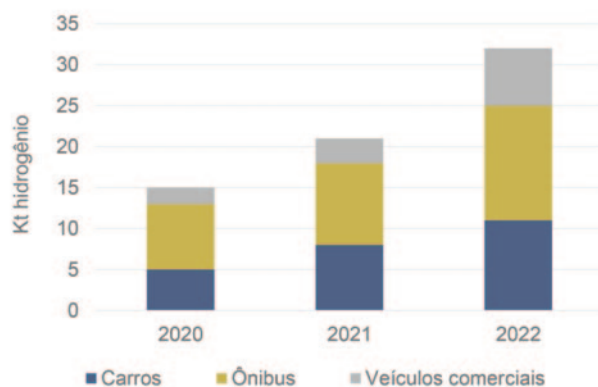
No setor de transporte marítimo, a iniciativa Getting to Zero, que visa reduzir a zero as emissões de gases de efeito estufa no setor marítimo até 2050, publicou vários projetos-piloto e demonstrações em andamento em 2022, dos quais cerca de 45 se concentram no uso de hidrogênio, 25 no uso de amônia e 10 no uso de metanol no transporte marítimo³⁸.

Figura 19. Demanda de hidrogênio na indústria química mundial.



Fonte: IEA "Global Hydrogen Review 2023".

Figura 20. Demanda de hidrogênio no setor de transportes em todo o mundo.



Fonte: IEA "Global Hydrogen Review 2023". Os veículos comerciais incluem veículos comerciais leves, caminhões médios e caminhões pesados.

III. Consumo de hidrogênio no setor de energia

Atualmente, o hidrogênio como combustível no setor de energia é praticamente inexistente, com uma participação de menos de 0,2% no mix geral de geração de eletricidade³⁹ (e, em grande parte, não a partir de hidrogênio puro, mas de gases mistos contendo hidrogênio provenientes da produção de aço, refinarias ou plantas petroquímicas).

IV. Consumo de hidrogênio no setor de construção

A contribuição do hidrogênio para atender à demanda de energia no setor de construção permanece insignificante e não há progresso significativo em 2022. Como parte dos esforços para cumprir as metas climáticas, é necessário mudar o uso de combustíveis fósseis em edifícios para alternativas de baixo carbono, mas opções como a eletrificação por meio de bombas de calor, aquecimento urbano e energias renováveis distribuídas parecem estar muito à frente das tecnologias de hidrogênio.

Desenvolvimento de hidrogênio verde

O nível de desenvolvimento global do hidrogênio verde pode ser medido pela capacidade de eletrólise instalada. Atualmente, até o final de 2022, a capacidade instalada global atingiu quase 0,7 GW⁴⁰. No entanto, o grande potencial do hidrogênio verde levou a um alinhamento global para sua promoção e uso como uma alavanca para a descarbonização. As principais economias do mundo estão promovendo novos projetos e espera-se que alcancem capacidades de 100 a 300 GW até 2030⁴¹, o que implica um aumento notável considerando os 2 GW que serão alcançados em 2023 com os projetos em andamento.



I. Metas globais de eletrólise

Conforme mencionado, a transição energética precisa de um impulso na produção de hidrogênio verde. Atualmente, foram anunciados cerca de 600 projetos com uma capacidade combinada de mais de 160 GW. Se todos os projetos anunciados para hidrogênio produzido a partir da eletrólise da água e de combustíveis fósseis com CCUS forem realizados, a produção anual de hidrogênio de baixa emissão poderá chegar a mais de 38 Mt (sendo 17Mt de projetos ainda em estágio inicial) até 2030, de acordo com esses projetos anunciados.

Metade do hidrogênio produzido pelos projetos anunciados até 2030 vem de projetos que estão atualmente em estudos de viabilidade, seguidos por projetos que estão em estágios muito iniciais. A primeira prioridade é mudar a demanda existente por hidrogênio na indústria e no refino de hidrogênio fóssil para hidrogênio de baixa emissão. Se esses projetos forem adiante, a capacidade global de eletrolisadores poderá chegar a 175 GW até o final de 2030 e até 300 GW (420 GW se forem considerados os projetos em estágio muito inicial).

A UE está perto de atingir sua meta de 44 GW estabelecida no pacote Fit for 55⁴² em 2021, graças a uma capacidade instalada projetada de 39 GW em 2030 com base nos projetos anunciados. No entanto, ainda há um longo caminho a percorrer para alcançar os 65 GW estabelecidos em 2022 no Plano REPowerEU, uma meta ainda mais ambiciosa. Para isso, será necessário um maior progresso no aumento da capacidade de eletrolisadores.

Mais especificamente, a Espanha, a Dinamarca, a Alemanha e a Holanda lideram a produção de hidrogênio eletrolítico e, juntas, respondem por quase 55% da produção europeia. Em 2022, a Comissão Europeia concentrou-se em projetos que promovem o fornecimento de hidrogênio renovável e de baixo carbono durante a segunda rodada de aprovações de financiamento para Projetos Importantes de Interesse Europeu Comum (IPCEI). Os primeiros leilões do Banco Europeu de Hidrogênio, programados para o final de 2023, também foram anunciados.

A Austrália, aproveitando suas abundantes fontes de energia solar e eólica renováveis, pretende produzir cerca de 6 Mt de hidrogênio de baixa emissão por meio da eletrólise da água até 2030, com muitos desses projetos voltados para os mercados de exportação.

Na América Latina, espera-se que a produção de hidrogênio por eletrólise atinja aproximadamente 6 Mt até 2030, de acordo com os projetos anunciados. O Chile lidera a região, respondendo por 45% da produção de hidrogênio eletrolítico dos projetos anunciados, seguido pelo Brasil e pela Argentina, que juntos respondem por 30% da produção.

³⁹Considerando a energia elétrica produzida com hidrogênio em motores de combustão interna (ICE) e turbinas a gás

⁴⁰IEA, "Global hydrogen review 2023" (2023).

⁴¹IRENA, "Green Hydrogen Cost Reduction" (2020).

⁴²Conjunto de propostas legislativas e medidas apresentadas pela Comissão Europeia em 2021 para combater as mudanças climáticas. Seu principal objetivo é reduzir as emissões de gases de efeito estufa na UE em 55% até 2030.

Nos EUA, projetos de eletrolisadores com uma capacidade total de 9 GW foram anunciados nos últimos 12 meses. Além disso, a China experimentou um desenvolvimento significativo na tecnologia de eletrolisadores e espera-se que atinja 1,2 GW até 2023 (representando metade da capacidade instalada global).

II. Projeções de demanda de hidrogênio: os cenários climáticos

O principal objetivo da UE é alcançar a neutralidade climática até 2050. Para isso, foram desenvolvidos diferentes cenários para simular como o sistema de energia poderia evoluir ao longo do tempo. O cenário Net Zero Emissions (NZE) foi projetado para atingir os resultados específicos de descarbonização, ou seja, reflete uma trajetória de emissões compatível com a manutenção do aumento da temperatura abaixo de 1,5 °C. O cenário de Compromissos Anunciados (Announced Pledges Scenario, APS) e o cenário de Políticas Declaradas (Stated Policies Scenario, STEPS) são exploratórios, pois definem um conjunto de condições iniciais, como políticas e metas, e analisam aonde elas levam com base em diferentes dinâmicas de mercado e progresso tecnológico.

O consumo total de energia final global é atualmente de 442 EJ. Esse consumo é projetado de acordo com o cenário: no NZE, o consumo de energia seria reduzido em uma média anual de 0,9% a cada ano até 2050 ; no APS, ele aumentaria até 2025 e depois começaria a diminuir gradualmente; finalmente, no STEPS, o consumo aumentaria 1,1% ao ano até 2030 e depois continuaria a aumentar em um ritmo mais lento até 2050.

O cenário NZE afirma que, embora a população mundial em 2030 possa aumentar significativamente, seguindo as tendências dos últimos anos, o consumo global de energia seria reduzido em 7% até 2030 . Para atingir esse objetivo, esse cenário se baseia principalmente no aumento da eficiência energética, ou seja, na necessidade de menos energia para os usos finais. A Comissão Europeia está alinhada com esse objetivo e considera fundamental aumentar a eficiência

energética para reduzir o consumo final e, assim, alcançar a ambição climática da UE . Outro dos pilares fundamentais em que esse cenário se baseia é a adoção e a promoção de novas tecnologias, principalmente baterias, eletrolisadores e tecnologias CCUS.

A participação do consumo final mundial total por tipo de combustível no cenário NZE baseia-se principalmente na eletricidade e no aumento das energias renováveis, já que 90% da geração de eletricidade viria dessas fontes. Isso exigiria um grande aumento na flexibilidade do sistema de eletricidade, como baterias, combustíveis à base de hidrogênio ou energia hidrelétrica, para garantir suprimentos confiáveis. Além disso, como a neutralidade de carbono implica uma grande redução no uso de combustíveis fósseis, os combustíveis fósseis passariam de quase quatro quintos do fornecimento total de energia atualmente para pouco mais de um quinto em 2050.

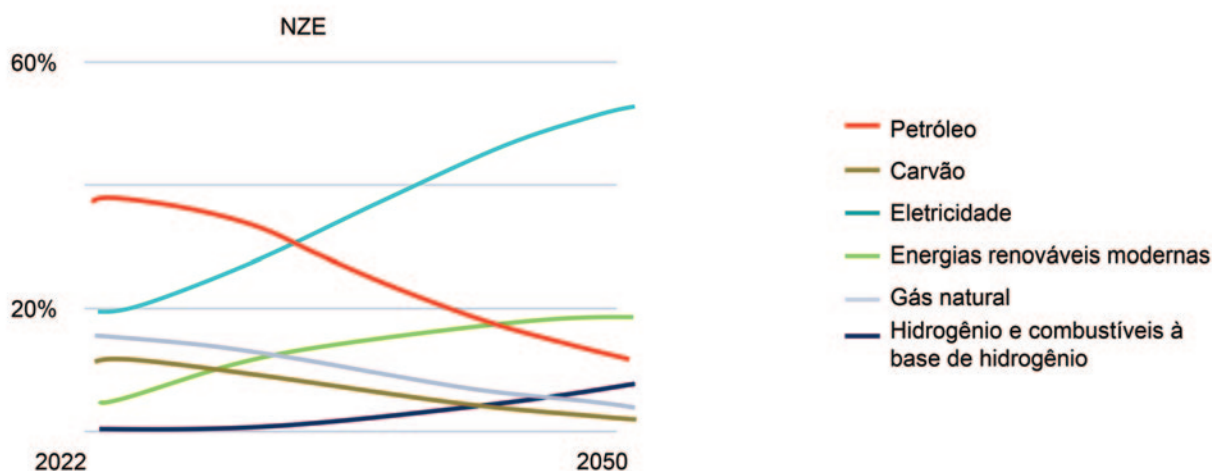
Em termos de hidrogênio limpo, de acordo com a NZE, até 2030, haveria uma capacidade instalada de 850 GW de eletrolisadores e uma produção de 150 Mt (em comparação com os projetos atualmente anunciados, que devem produzir 38 Mt e poderiam atingir uma capacidade instalada de 420 GW até 2030). Até 2050, a produção de hidrogênio limpo atingiria 520 Mt. Isso mostra a grande necessidade de aumentar ainda mais a produção de hidrogênio para atingir as metas de neutralidade de emissões.

⁴³IEA, "World Energy Outlook", (2023).

⁴⁴IEA. "Net Zero by 2050" (2021).

⁴⁵European Commission. "Energy Efficiency Directive". (2023).

Figura 21. Escenário NZE: consumo de energia por combustível.



Fonte: IEA, "World Energy Outlook" (2023)