



HIDROGÊNIO

Clarissa E. L. Lima
Vanessa H. Grunwald

SÃO PAULO
2022

Agenda

1. Classificação das Rotas Tecnológicas
2. Cadeia de Valor
3. Oferta e Demanda
 - i. Mundo
 - ii. Brasil
4. Projetos de Hidrogênio Renovável
5. Custos de Produção
6. Desafios Logísticos
7. Células de Combustível

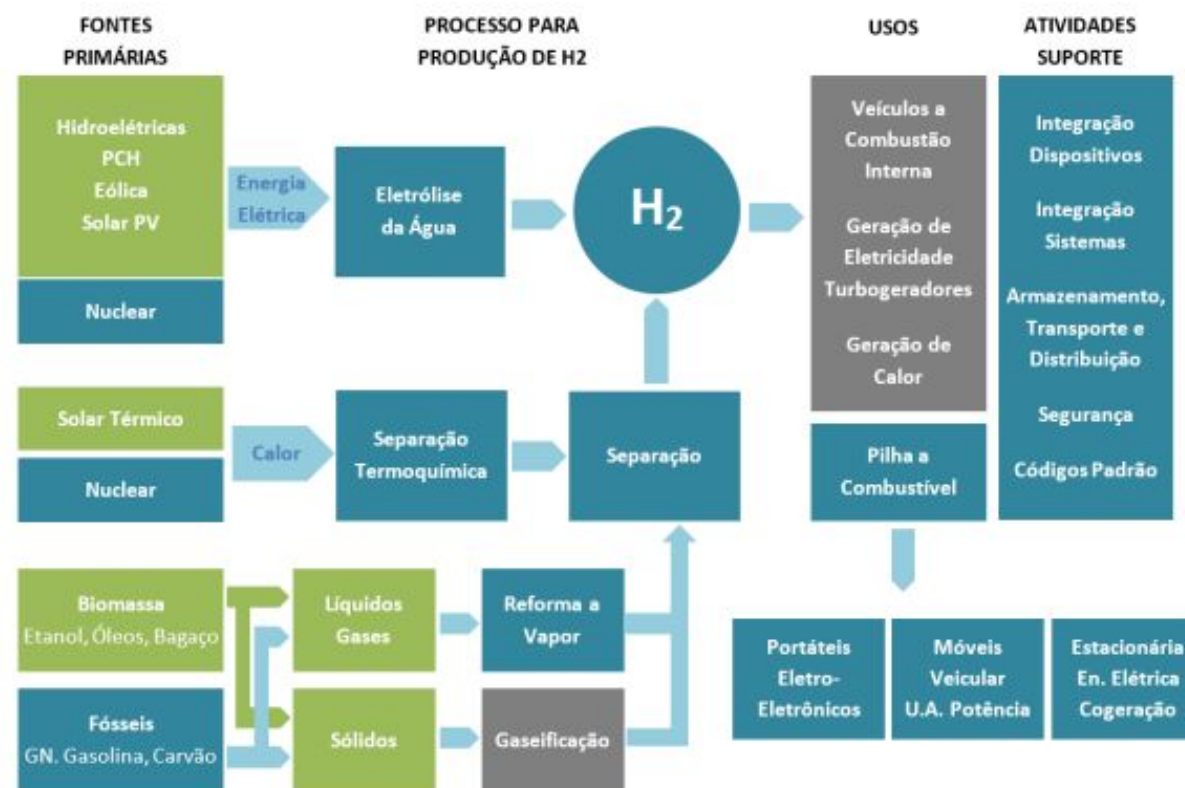


Classificação das Rotas Tecnológicas

Fontes para obtenção do Hidrogênio

Classificação do hidrogênio em escala de cores

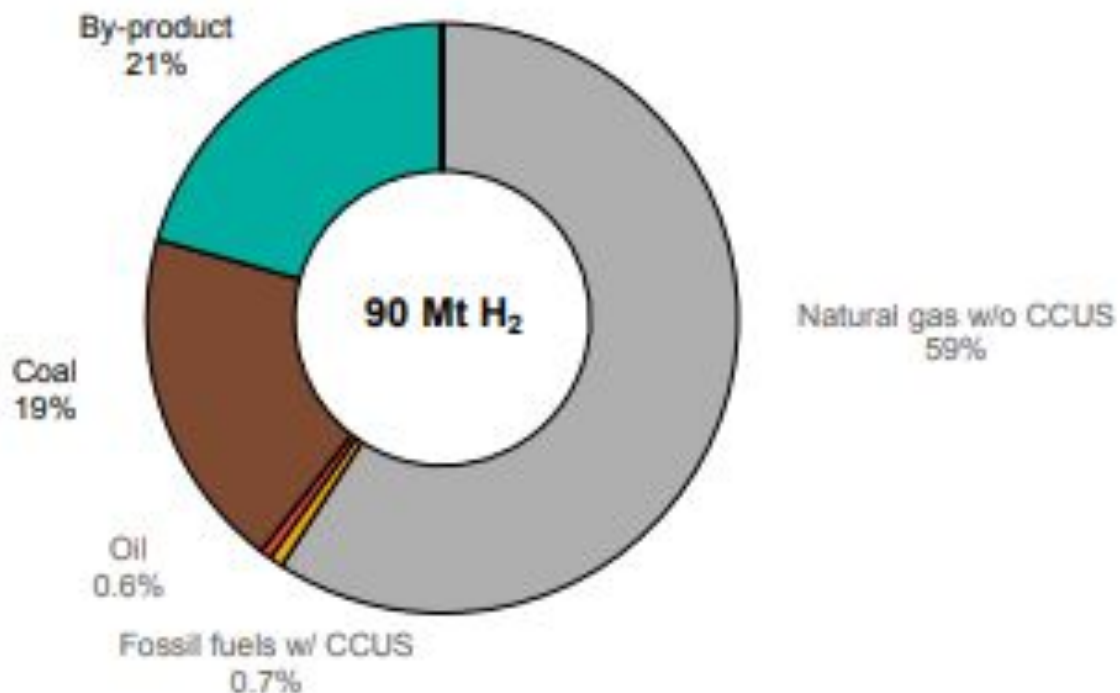
Cor	Classificação	Descrição
■	Hidrogênio Preto	Produzido por gaseificação do carvão mineral (antracito), sem CCUS
■	Hidrogênio Marrom	Produzido por gaseificação do carvão mineral (hulha), sem CCUS
■	Hidrogênio Cinza	Produzido por reforma a vapor do gás natural, sem CCUS
■	Hidrogênio Azul	Produzido por reforma a vapor do gás natural (eventualmente, também de outros combustíveis fósseis), com CCUS
■	Hidrogênio Verde	Produzido via eletrólise da água com energia de fontes renováveis (particularmente, energias eólica e solar).
■	Hidrogênio Branco	Produzido por extração de hidrogênio natural ou geológico
■	Hidrogênio Turquesa	Produzido por pirólise do metano, sem gerar CO ₂
■	Hidrogênio Musgo	Produzido por reformas catalíticas, gaseificação de plásticos residuais ou biodigestão anaeróbica de biomassa ou biocombustíveis, com ou sem CCUS
■	Hidrogênio Rosa	Produzido com fonte de energia nuclear



Representação esquemática de rotas tecnológicas para obtenção de hidrogênio

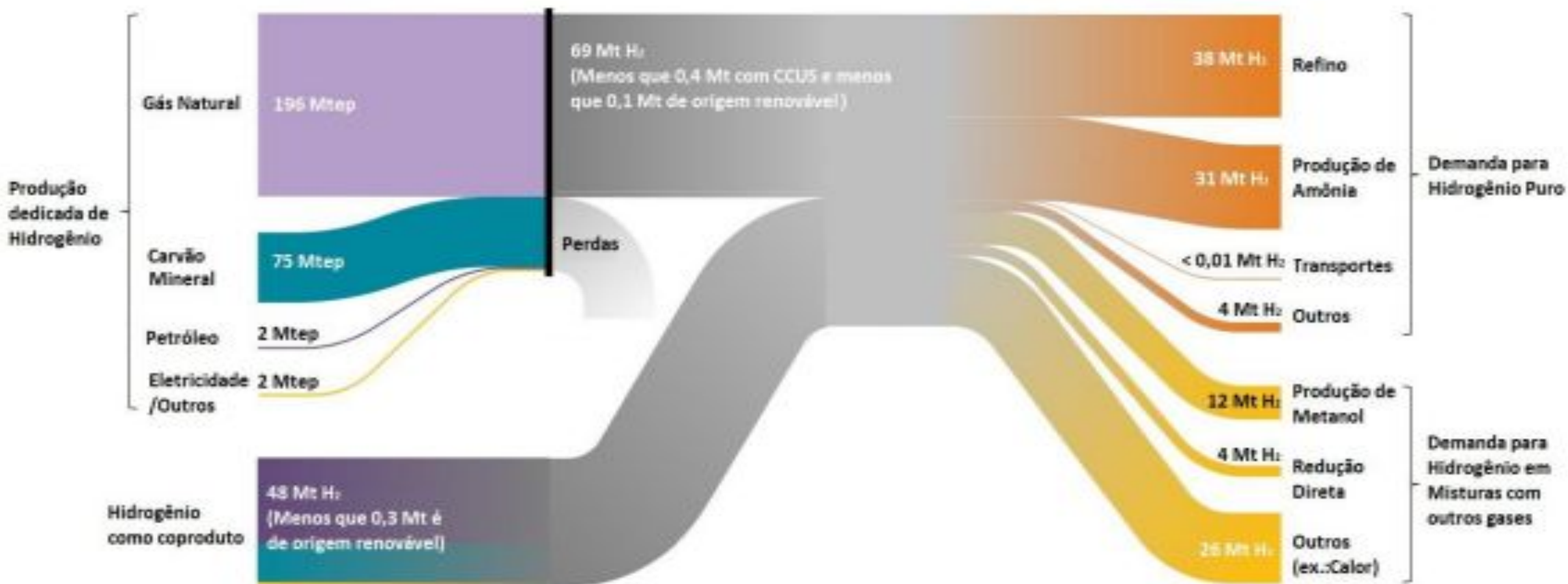
Classificação das Rotas Tecnológicas Fontes para obtenção do Hidrogênio

Sources of hydrogen production, 2020



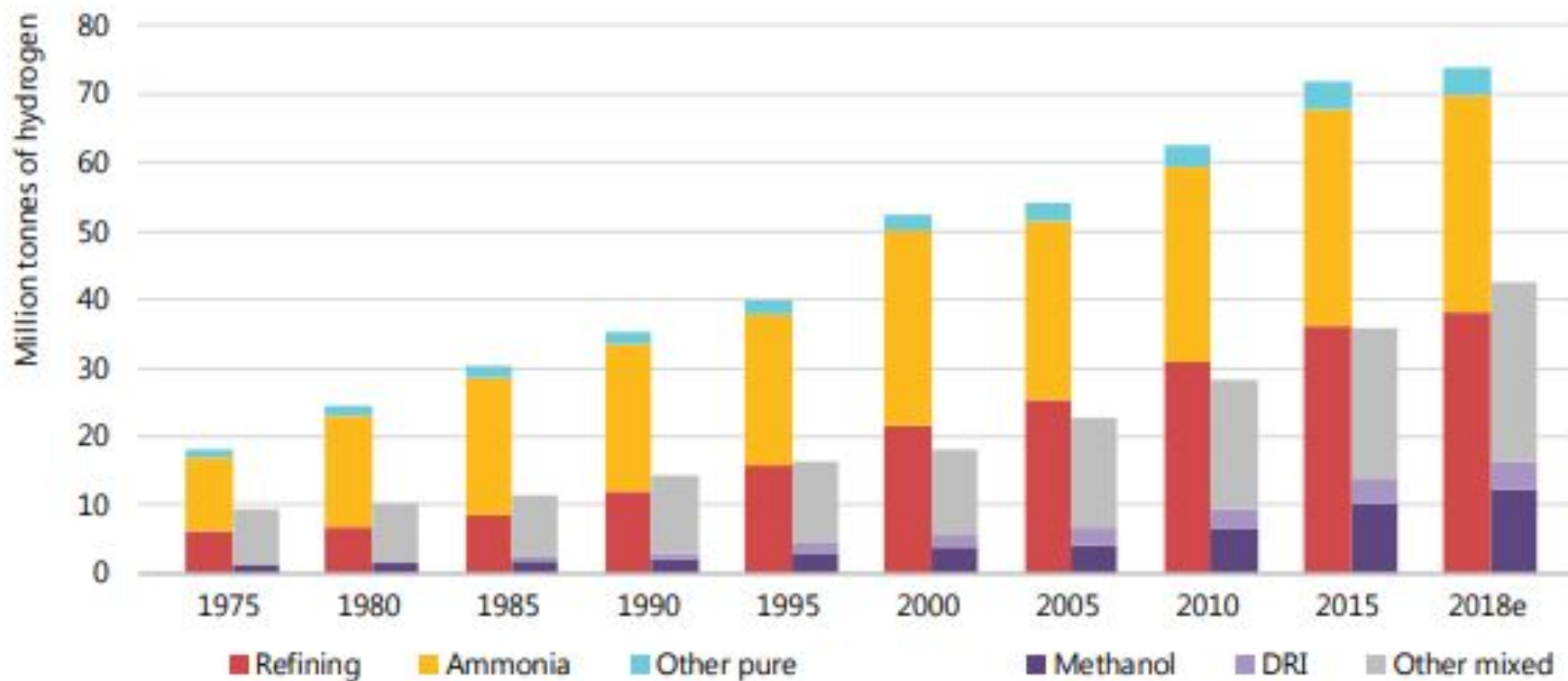
79% de plantas dedicadas à produção de hidrogênio;
21% como subproduto hidrogênio produzido em instalações projetadas principalmente para outros produtos, principalmente refinarias nas quais a reforma da nafta em gasolina resulta em hidrogênio.

Cadeia de Valor do Hidrogênio



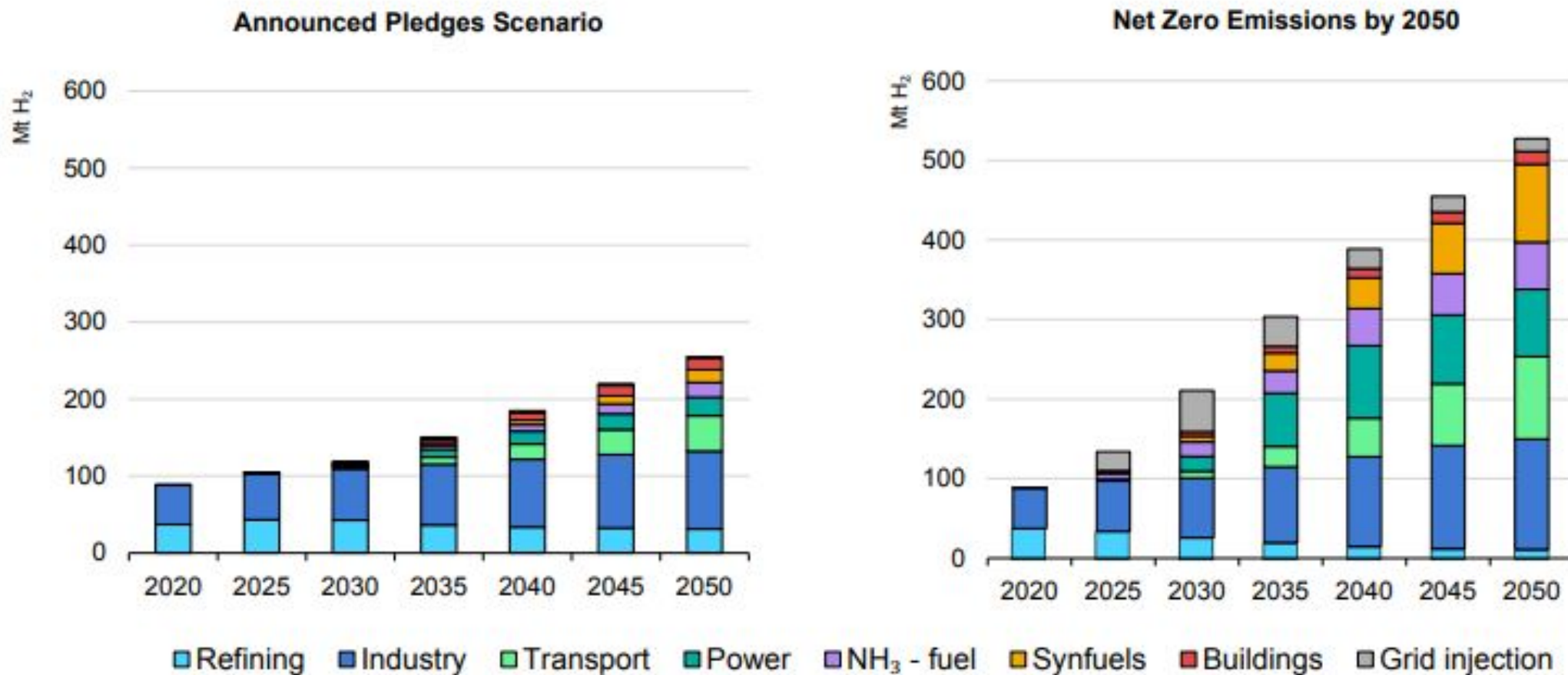
Oferta e Demanda Passado e Presente

Global annual demand for hydrogen since 1975



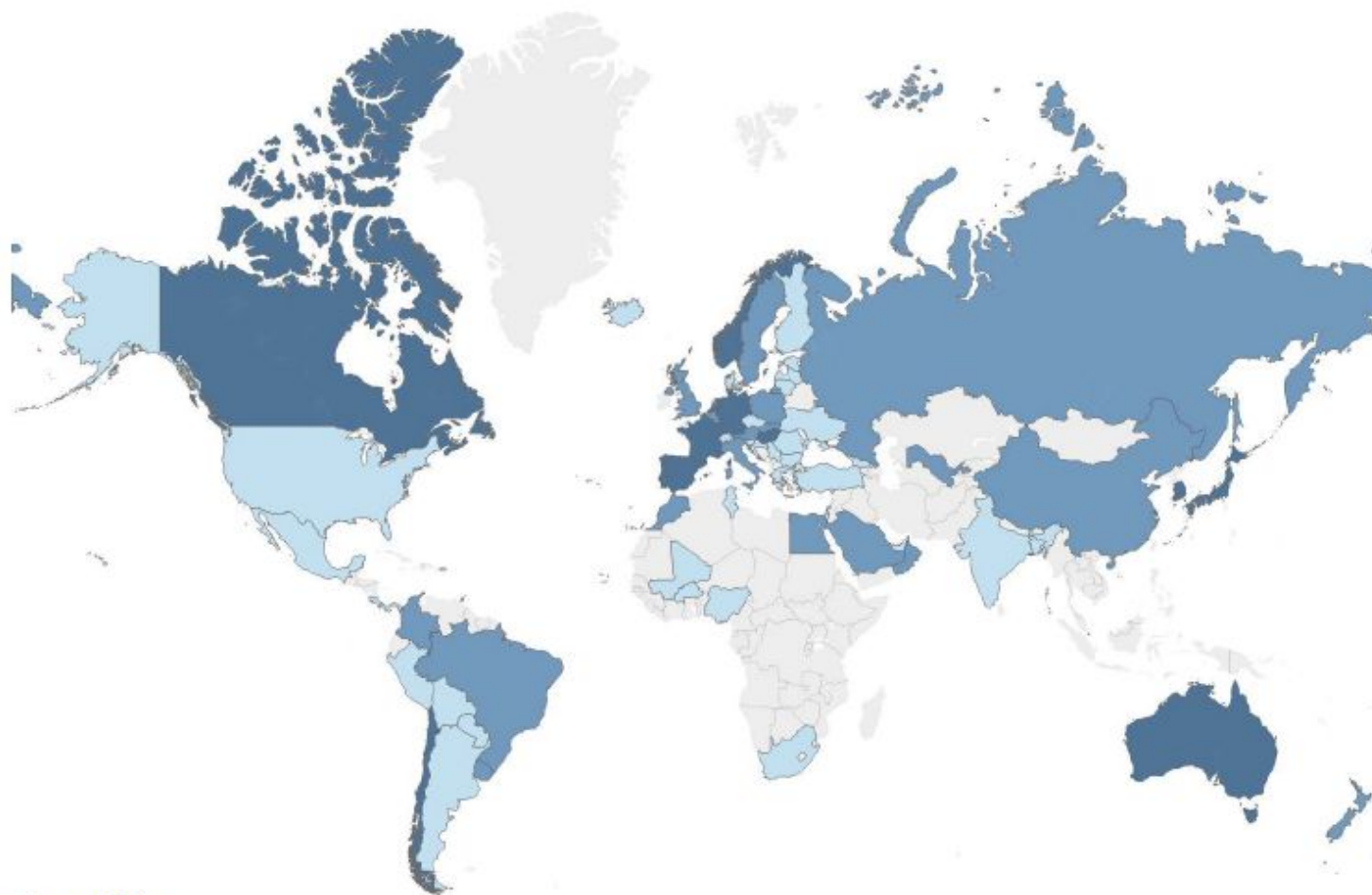
Oferta e Demanda Futuro

Hydrogen demand by sector in the Announced Pledges and Net zero Emissions scenarios, 2020-2050



Oferta e Demanda Mundo

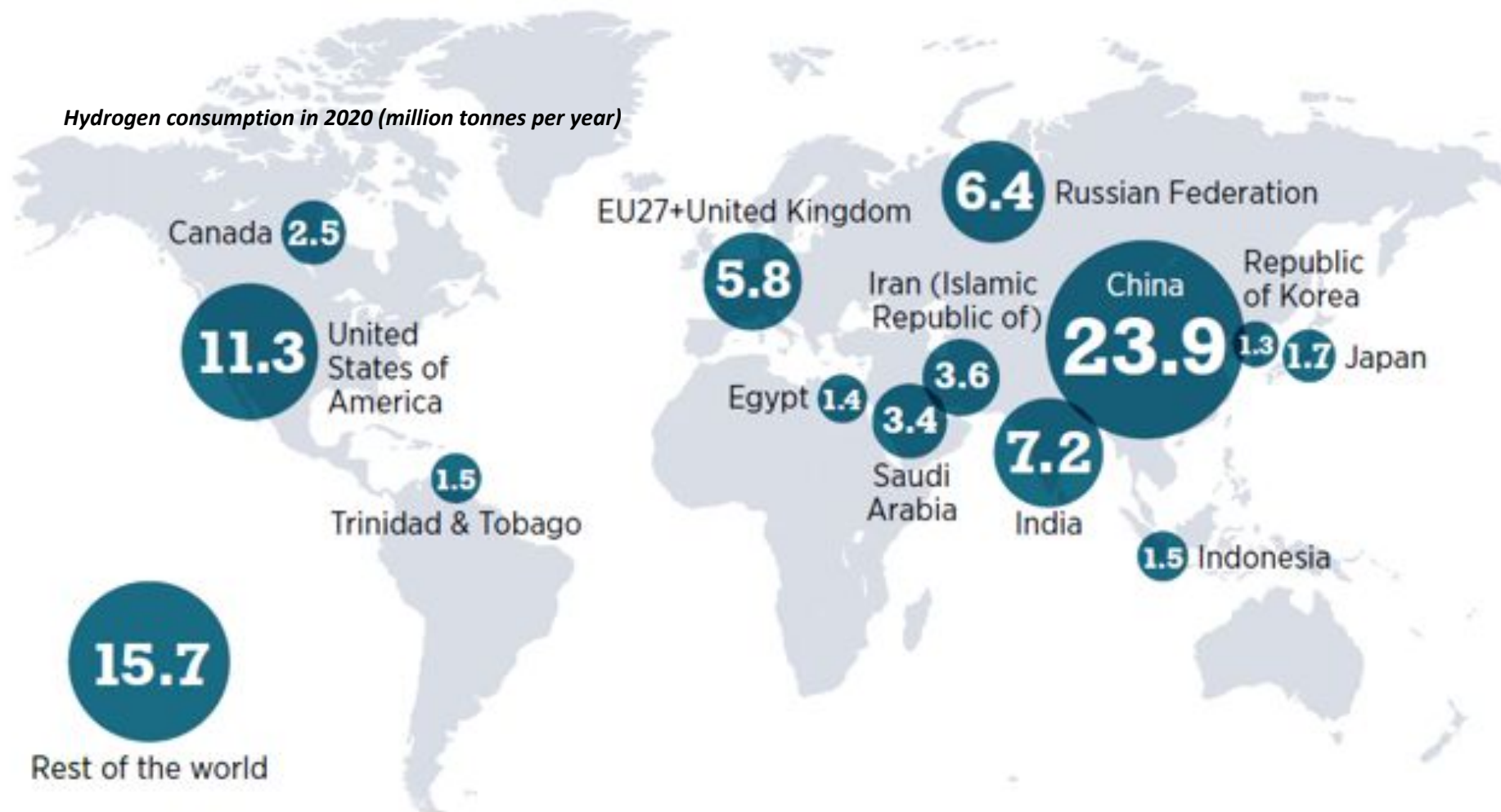
Figure 1. Overview map of the countries activities towards developing a hydrogen strategy



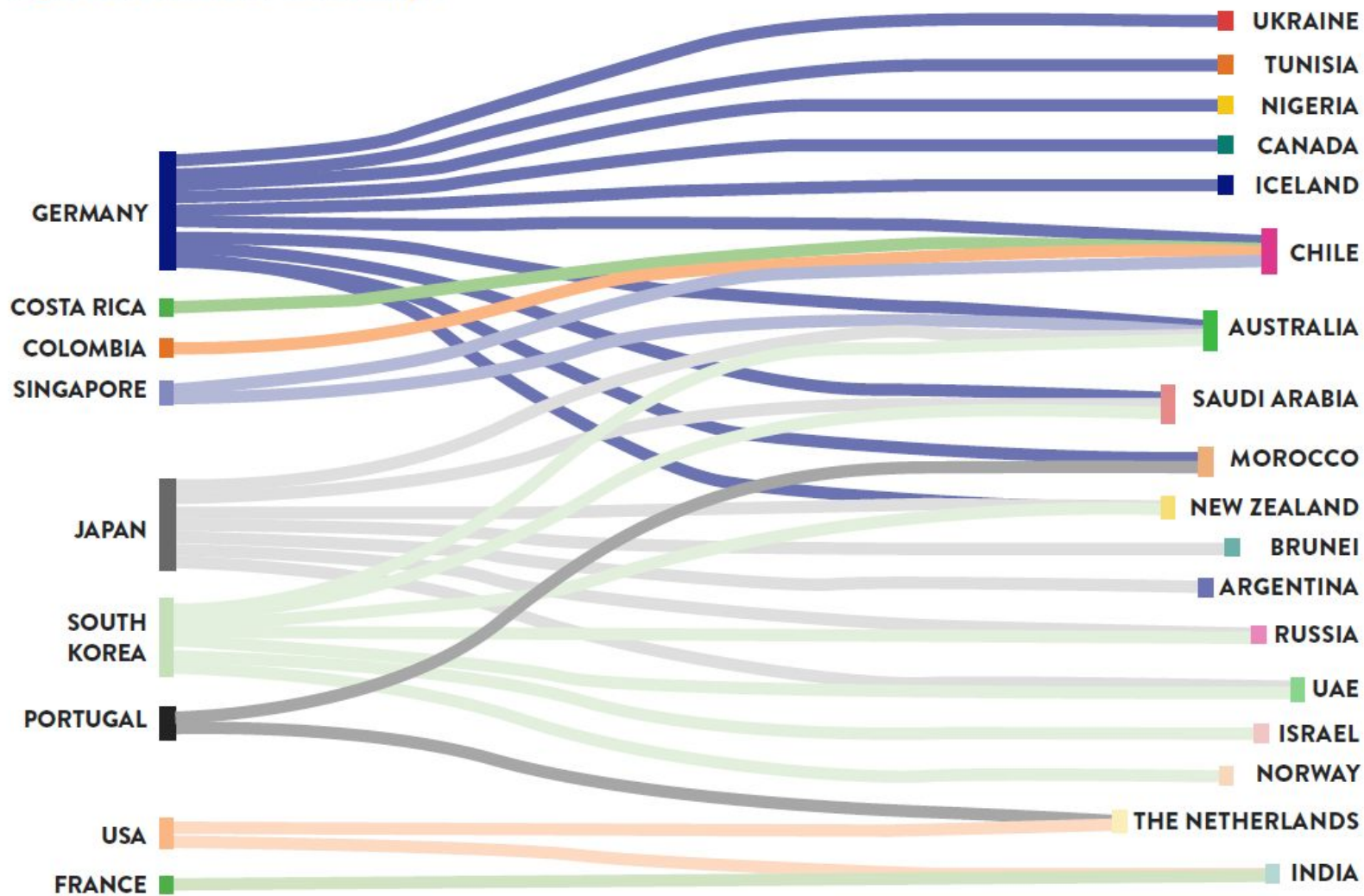
State of play

- Published national strategy
- National strategy in preparation
- Policy discussions/Initial demonstration projects

Principais Consumidores Mundo



Principais Acordos Bilaterais Mundo



Oferta e Demanda Brasil

Tabela 4 – Capacidade de produção de hidrogênio em UGH por refinaria

Refinarias	Capacidade nominal (Nm ³ H ₂ /d)
Refinaria de Paulínia (Replan)	3.570.000
Refinaria de Mataripe	1.360.000
Refinaria Duque de Caxias (Reduc)	625.000
Refinaria Henrique Lage (Revap)	1.488.000
Refinaria Presidente Getúlio Vargas (Repar)	1.870.000
Refinaria Alberto Pasqualini (Refap)	1.800.000
Refinaria Presidente Bernardes (RPBC)	2.870.000
Refinaria Gabriel Passos (Regap)	1.760.000
Refinaria Abreu e Lima (RNEST)	3.000.000
Refinaria de Capuava (Recap)	550.000
Refinaria Lubrificantes do Nordeste (Lubnor)	35.000

Tabela 5 – Capacidade de produção em unidades de Reforma Catalítica por refinaria

Refinarias	Capacidade nominal (m ³ /d de carga)
Refinaria de Paulínia (Replan)	2.620
Refinaria Duque de Caxias (Reduc)	1.900
Refinaria Henrique Lage (Revap)	1.500
Refinaria Presidente Getúlio Vargas (Repar)	1.100
Refinaria Presidente Bernardes (RPBC)	2.300

- Onze refinarias possuem Unidades de Geração de Hidrogênio, com uma capacidade total autorizada de 18,9 milhões Nm³/d. A Tabela 4 detalha a capacidade instalada de produção de hidrogênio por refinaria.
- Cinco refinarias brasileiras possuíam unidades de Reforma Catalítica.

Oferta e Demanda Brasil

Tabela 6 – Capacidade total de Hidrotratamento e Hidrodessulfurização por refinaria

Refinarias	Capacidade de Hidrotratamento (m ³ /d)	Capacidade de Hidrodessulfurização (m ³ /d)	Capacidade total (m ³ /d)
Refinaria de Paulínia (Replan)	30.600	8.800	39.400
Refinaria de Mataripe	11.000	10.200	21.200
Refinaria Duque de Caxias (Reduc)	12.500	5.000	17.500
Refinaria Henrique Lage (Revap)	13.200	17.400	30.600
Refinaria Presidente Getúlio Vargas (Repar)	10.800	11.000	21.800
Refinaria Alberto Pasqualini (Refap)	12.200	6.000	18.200
Refinaria Presidente Bernardes (RPBC)	18.200	6.000	24.200
Refinaria Gabriel Passos (Regap)	12.100	11.550	23.650
Refinaria Abreu e Lima (RNEST)	16.000	-	16.000
Refinaria de Capuava (Recap)	5.330	3.000	8.330

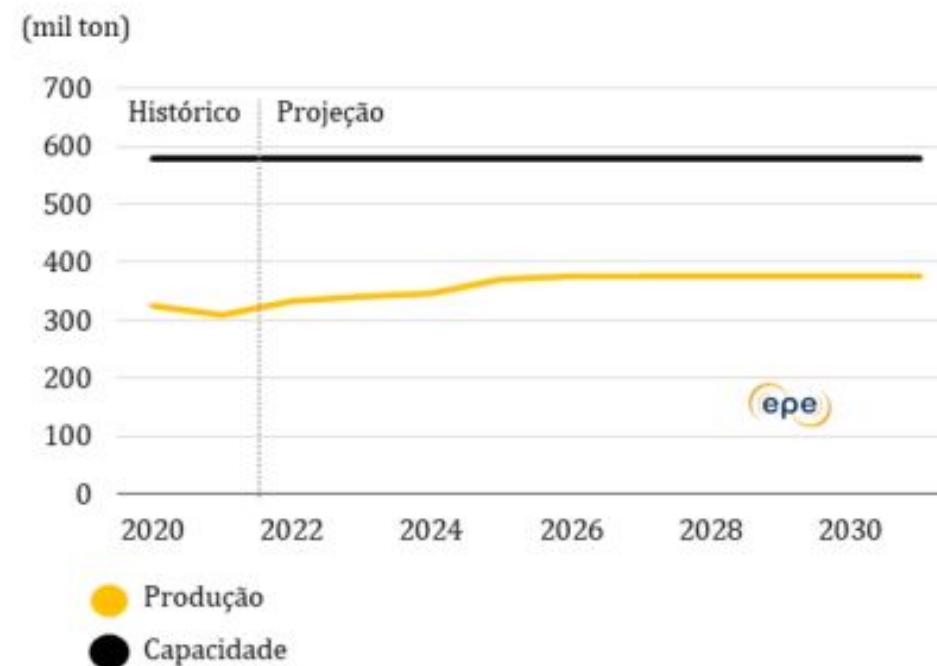


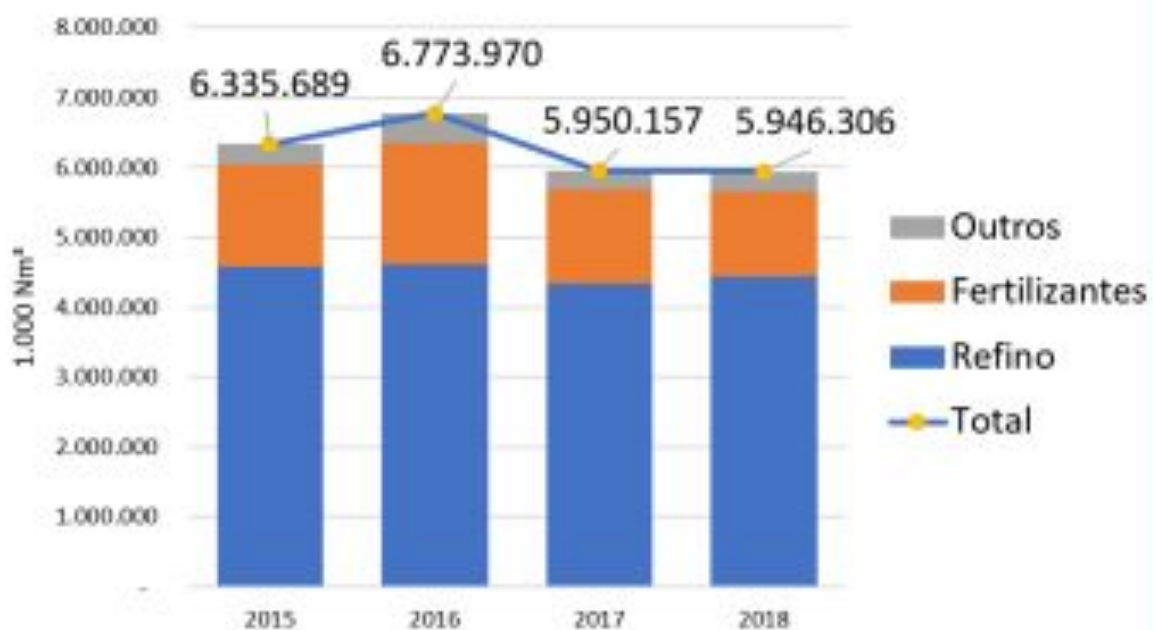
Figura 4 – Produção de hidrogênio em refinarias brasileiras

Fonte: Elaboração própria a partir de [ANP \(2021\)](#)

Oferta e Demanda Brasil

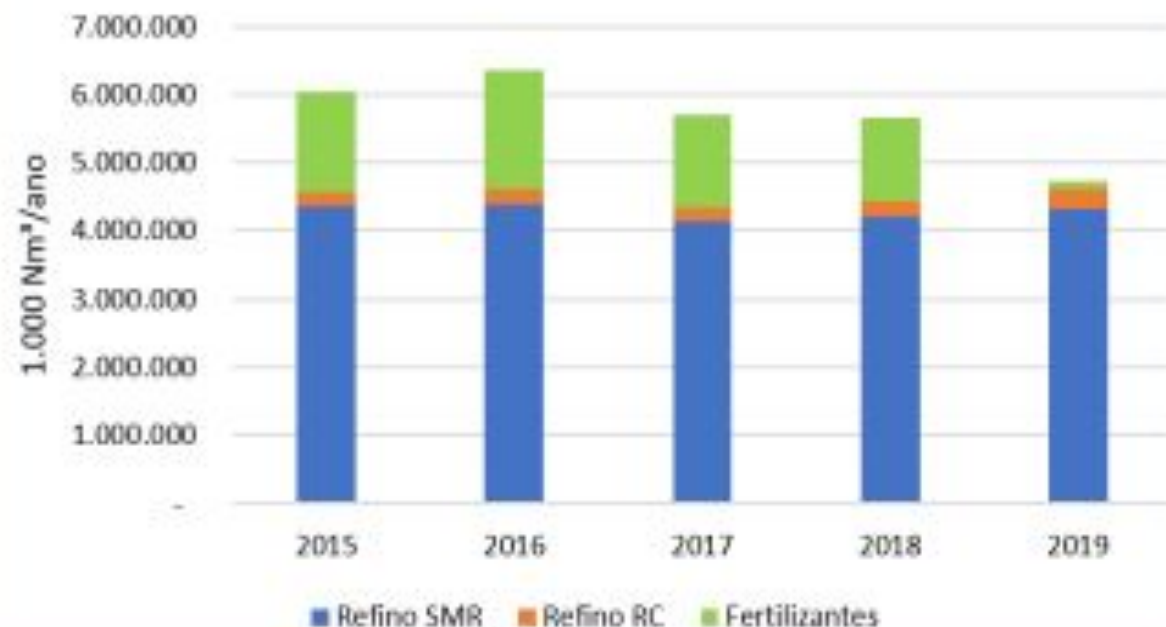
Produção Hidrogênio Brasil (1000 Nm³)

Fonte: PIA e Petrobras



Produção anual de H₂ no Brasil. Fonte: IBGE, Petrobras.

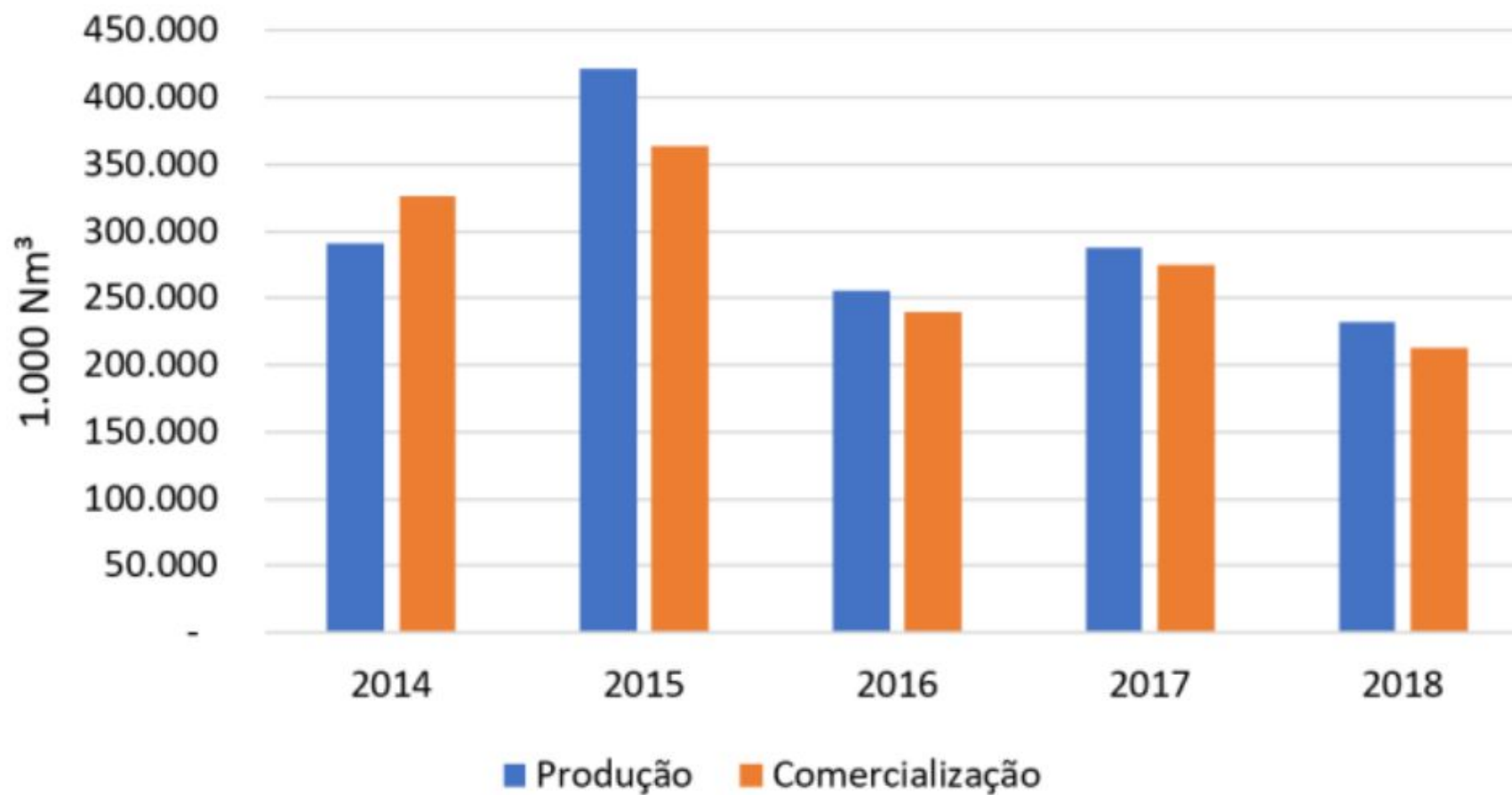
Produção de H₂ no Sistema Petrobras



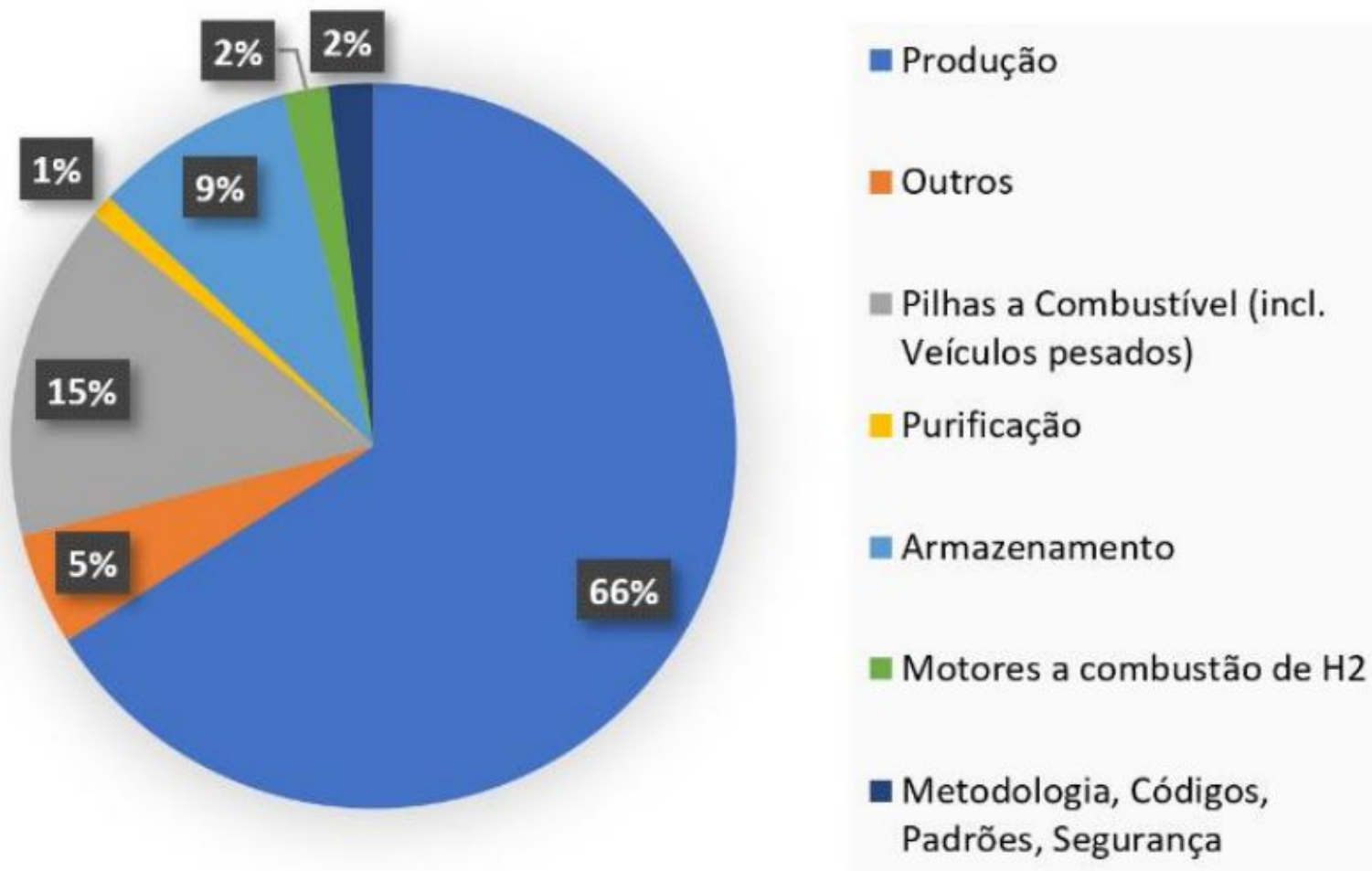
Produção de H₂ na Petrobras. Fonte: Petrobras.

Oferta e Demanda Brasil - Passado e Presente

Produção e Consumo de H₂ no Brasil

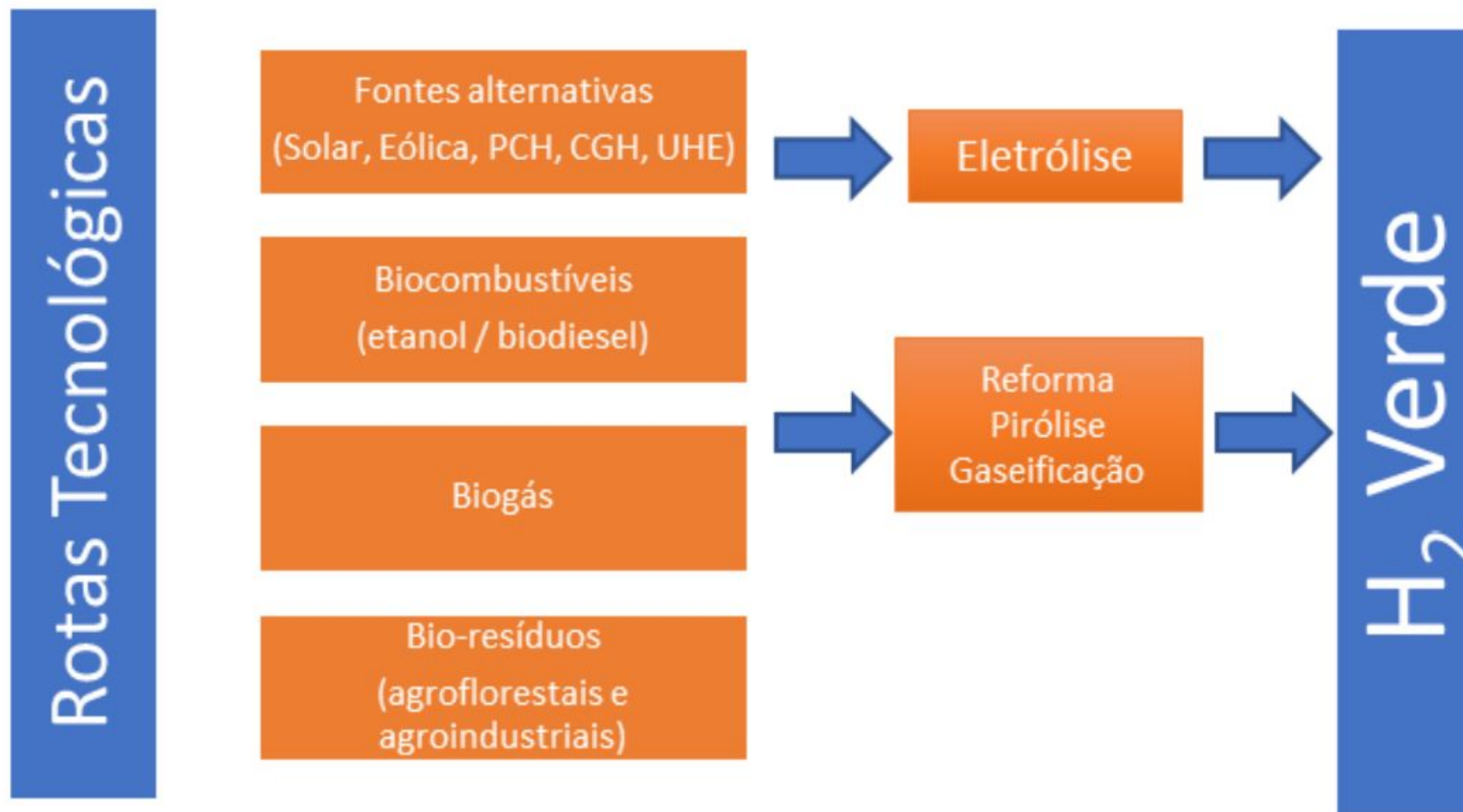


Oferta e Demanda Brasil - Futuro (Segmentação de P&D)



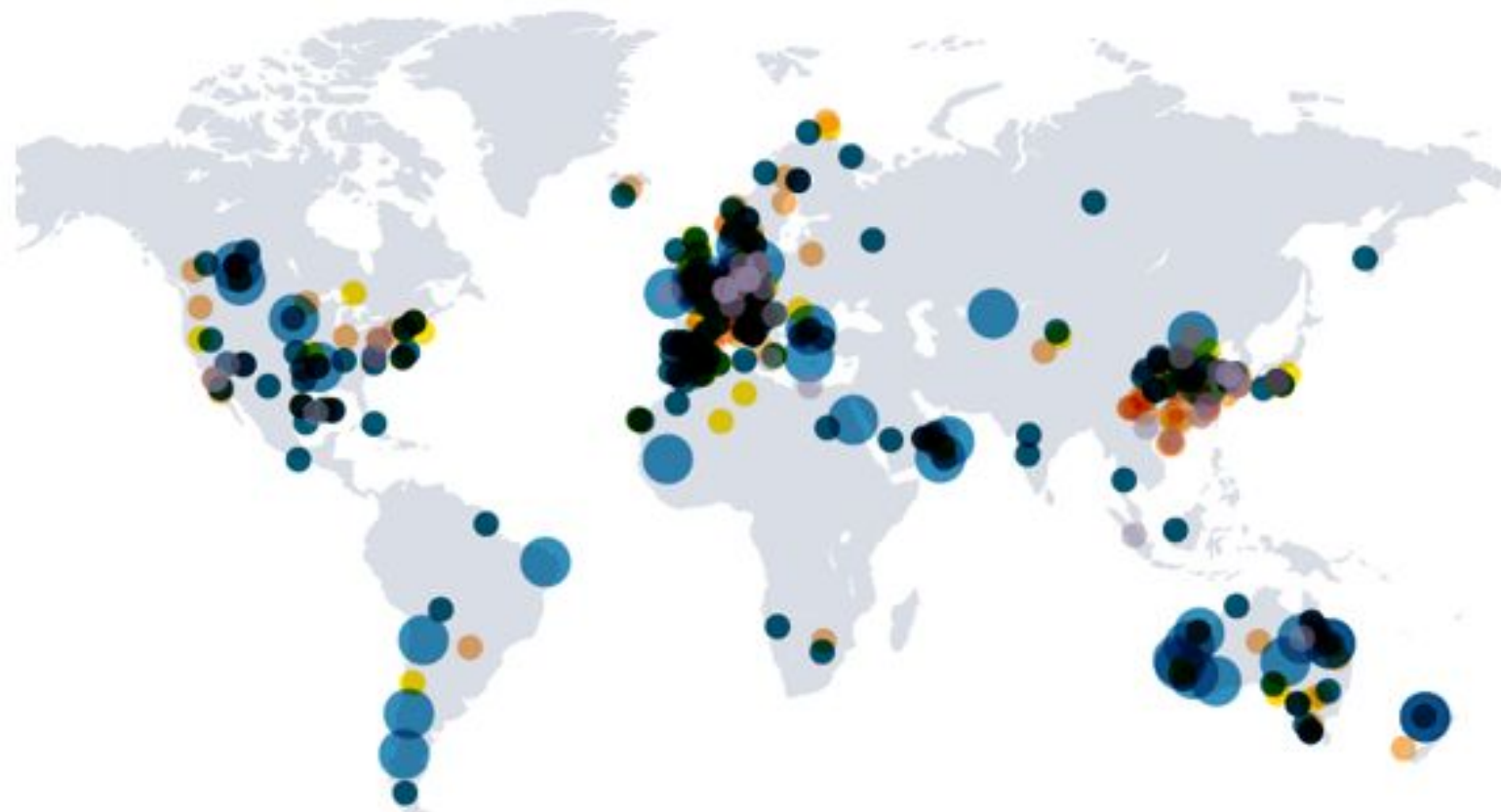
Projetos de Hidrogênio Renovável

Rotas Tecnológicas



Projetos de Hidrogênio Renovável

Projetos no Mundo



221 large-scale industrial usage

Refinery, ammonia, methanol, steel and industry feedstock

133 transport

Trains, ships, trucks, cars and other hydrogen mobility applications

74 integrated H₂ economy

Cross-industry and projects with different types of end uses

51 infrastructure projects

H₂ distribution, transportation, conversion and storage

43 giga-scale production

Renewable H₂ projects > 1 GW and low-carbon H₂ projects > 200 ktpa

Projetos de Hidrogênio Renovável

Projetos no Brasil



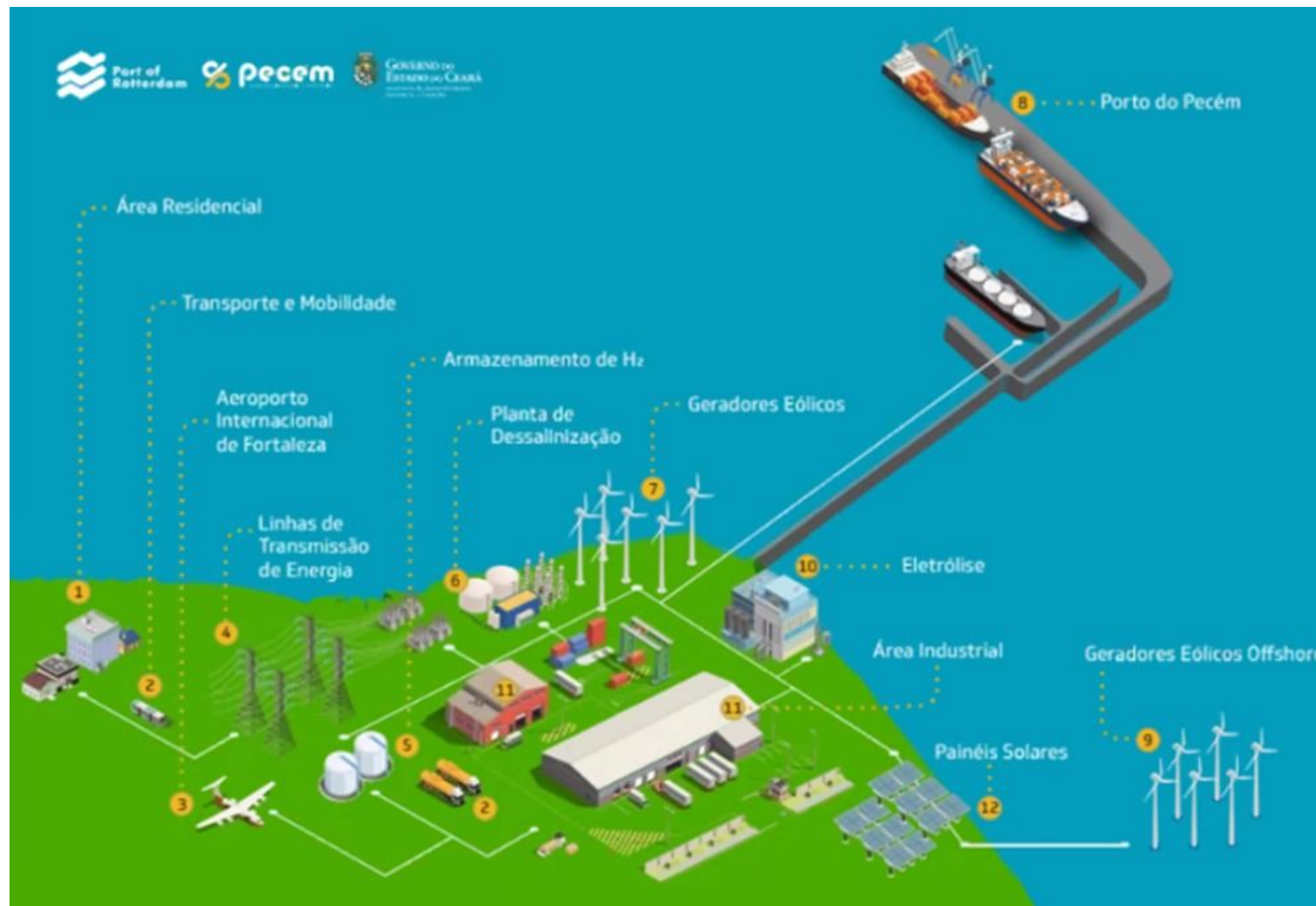
Projeto	Empresa	Local	Escala	Estágio	Forma de Obtenção do H2
Purificação de H2 gerado	Eletronuclear	Angra I e II - RJ	150-300 kg H2/d	P&D	H2 Rosa (nuclear)
H2V	PTI	Foz do Iguaçu-PR	Piloto	P&D	[não identificado]
H2V híbrido (UHE e FV)	PTI	CESP – SP	Piloto	P&D	H2 Verde (UHE e FV)
H2V híbrido (UHE e FV)	Furnas	Itumbiara-GO	Piloto	P&D	H2 Verde (UHE e FV)
Reforma a vapor de bioCH4 para produzir bioH2 e NH3V	Yara com CH4 da Raízen	Interior de SP	20.000m3 /d	Comercial em 2023	H2 musgo (Reforma a vapor de bioCH4 para produzir bioH2 e NH3V)
H2V em transporte público	Neoenergia	CE		MoU	[não especificado]
Fertilizante (NH3V)	Unigel	Camaçari – BA	Comercial	Conversão no final de 2022	[não especificado]
H2V e NH3V de eólica	Enterprize Energy	RN	Comercial	MoU	H2 Verde (EOL)
H2V	Fortescue	Porto do Açu - RJ	Comercial (300 MW e 250 kt NH3)	MoU	H2 Verde (EOL)
H2V	Fortescue	Porto do Pecém - CE	Comercial	MoU	H2 Verde (EOL e UFV)
H2V	Energix	Porto do Pecém - CE	Comercial (600 kt H2)	MoU	H2 Verde (EOL e UFV)
H2V	Qair	Porto do Pecém - CE	Comercial (540 MW)	MoU	H2 Verde (EOL)
H2V	White Martins (Linde/Praxair)	Porto do Pecém - CE	Comercial	MoU	H2 Verde (EOL e UFV)
H2V	EDP	Porto do Pecém - CE	Comercial (250 m³ H2/h)	MoU	H2 Verde (UFV)
H2 azul e verde	Qair	Porto de Suape - PE	Comercial (540 MW)	MoU	H2 Verde (UFV)
H2V	Neoenergia	PE	Piloto	MoU	H2 Verde (UFV)

Hubs de H2V:

- Pecém, CE
- Suape, PE
- Açu, RJ

Projetos de Hidrogênio Renovável

Porto do Pecém, Brasil



Projetos de Hidrogênio Renovável

Base One da Enegix, Brasil



Dispatchable Green Energy Markets

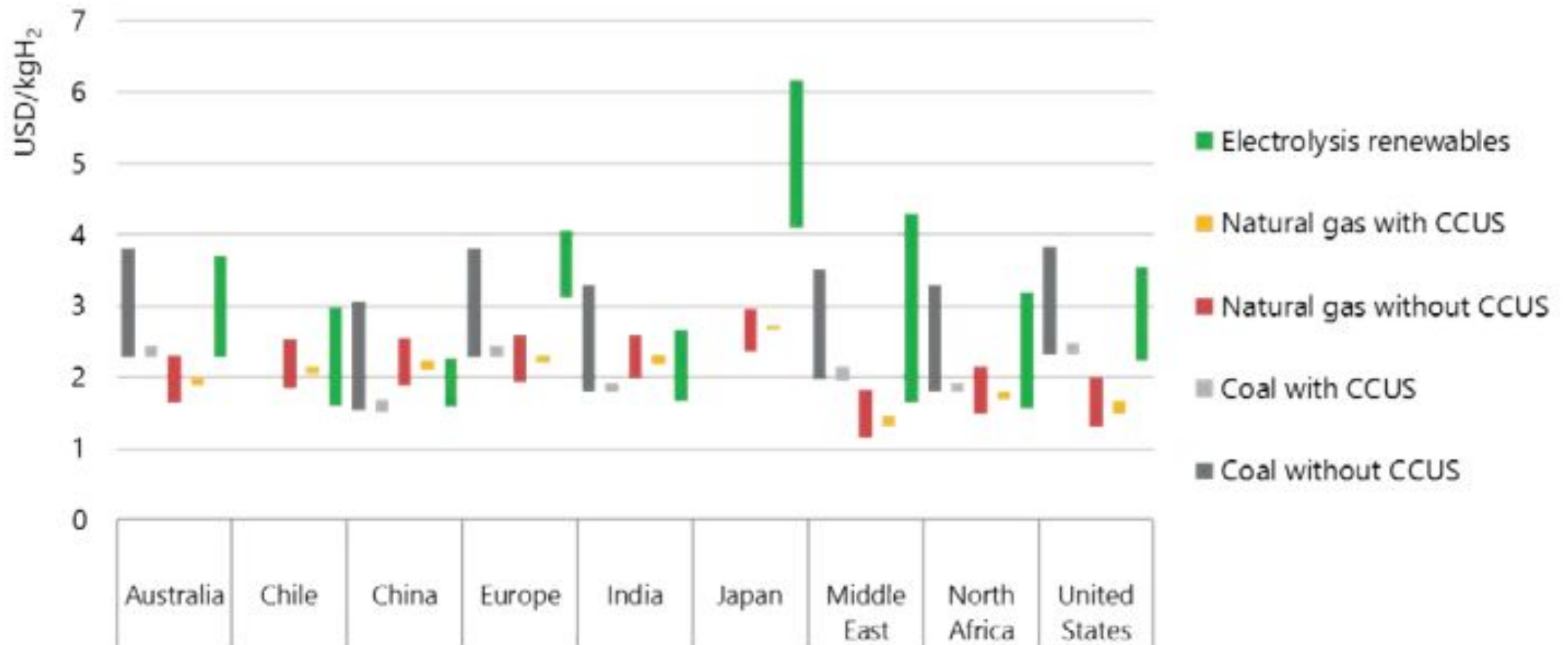


Maior usina de H2V do mundo!

- US\$ 5,4 bilhões
- 500 hectares
- 3,4 GW renováveis
- +600 mil Ton/ano

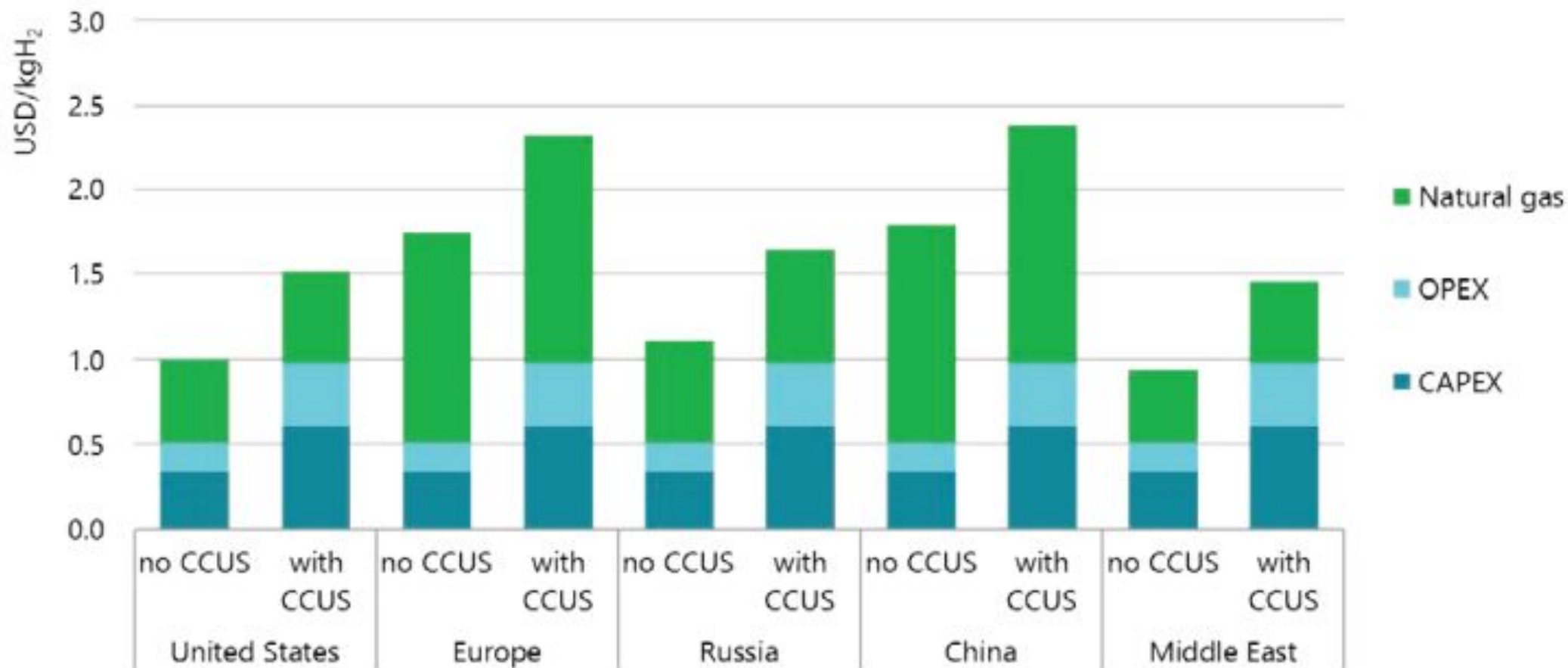
Custos de Produção Comparativo Global - Presente

Hydrogen production costs in different parts of the world



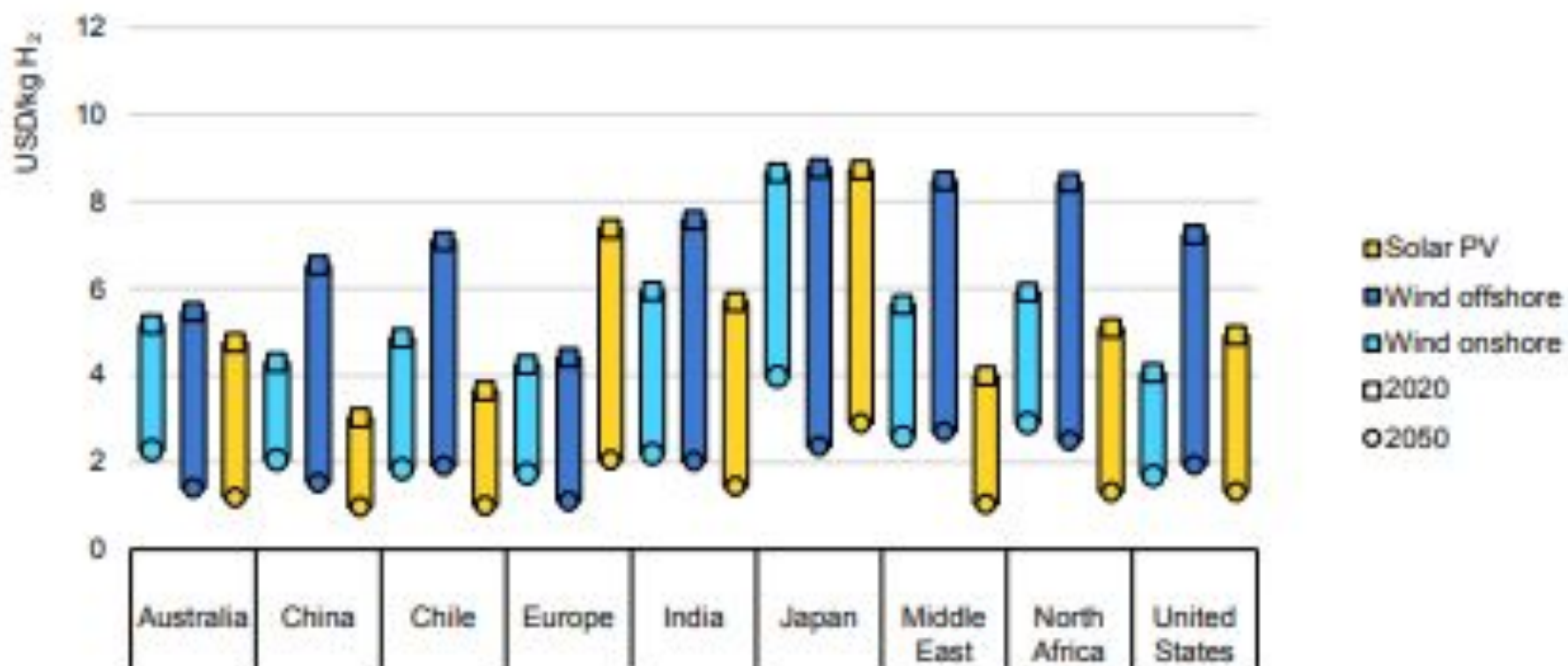
Custos de Produção Comparativo Global - Presente

Hydrogen production costs using natural gas in different regions, 2018

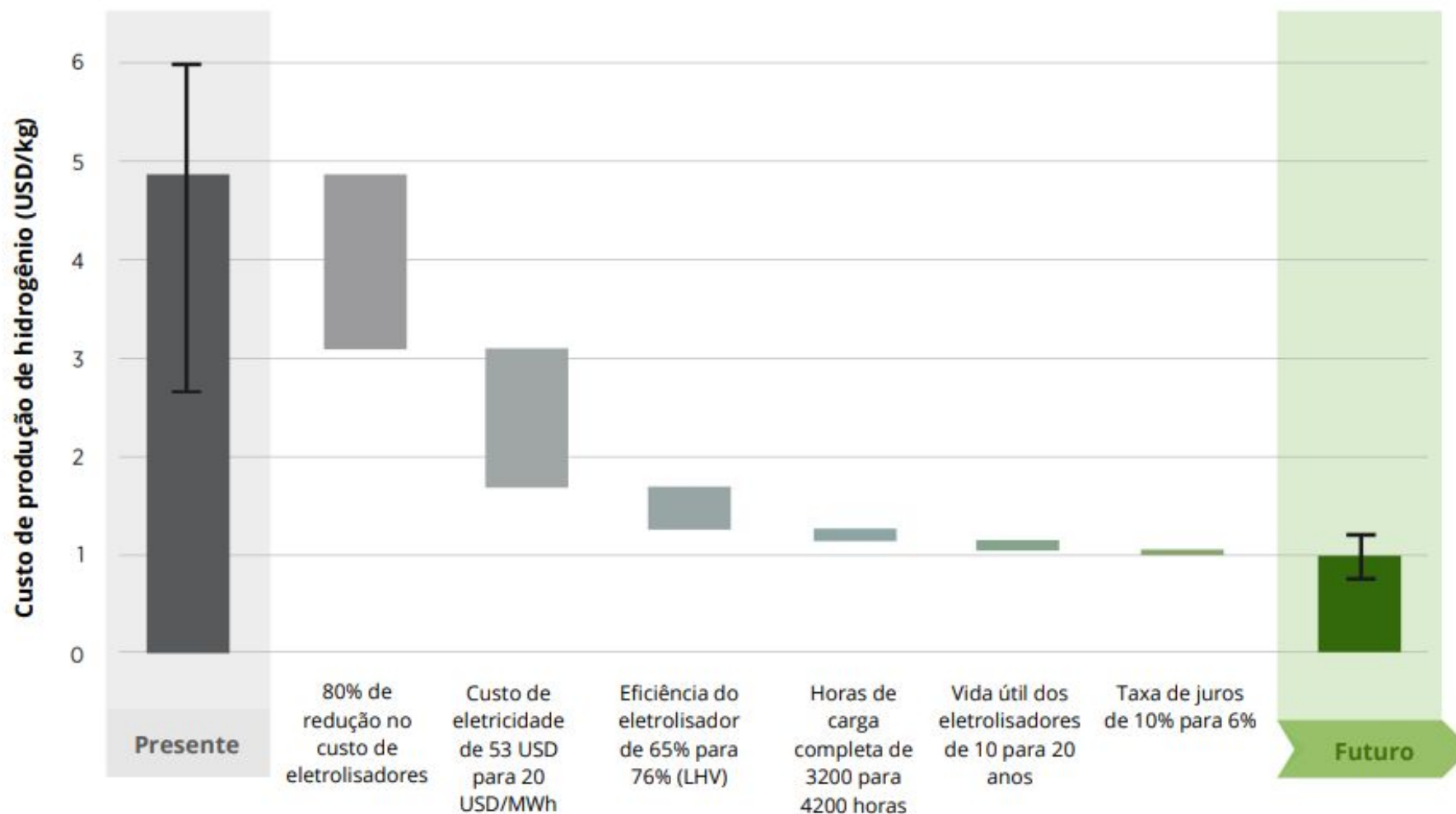


Custos de Produção Comparativo Global - Presente

Levelised cost of hydrogen production from renewables by technology and region in the Net zero Emissions Scenario, 2020 and 2050



Custos de Produção Comparativo Global - Futuro



Desafios Logísticos

Transmission, distribution and storage elements of hydrogen value chains

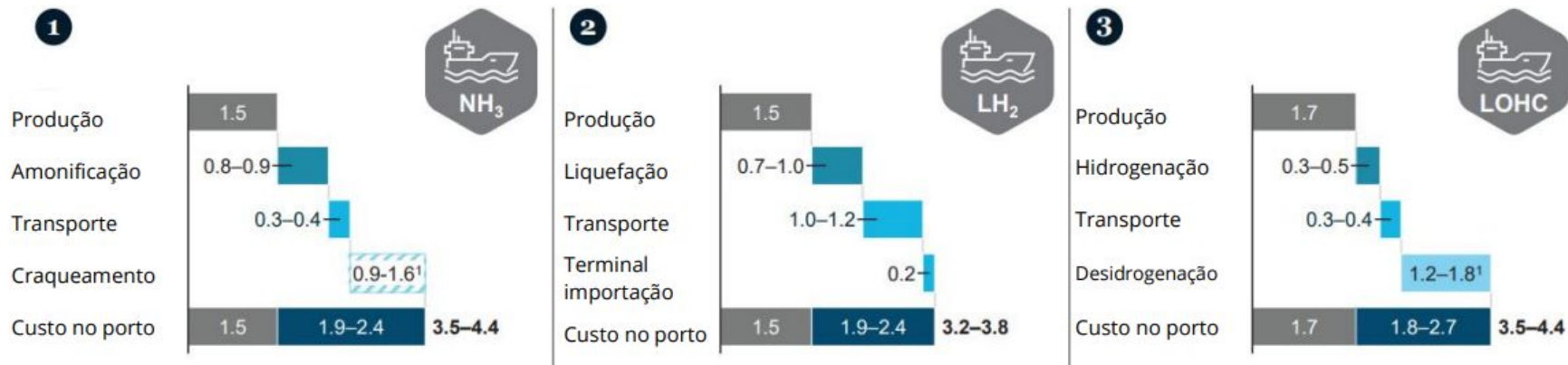


Note: LOHC = liquid organic hydrogen carrier.

Desafios Logísticos

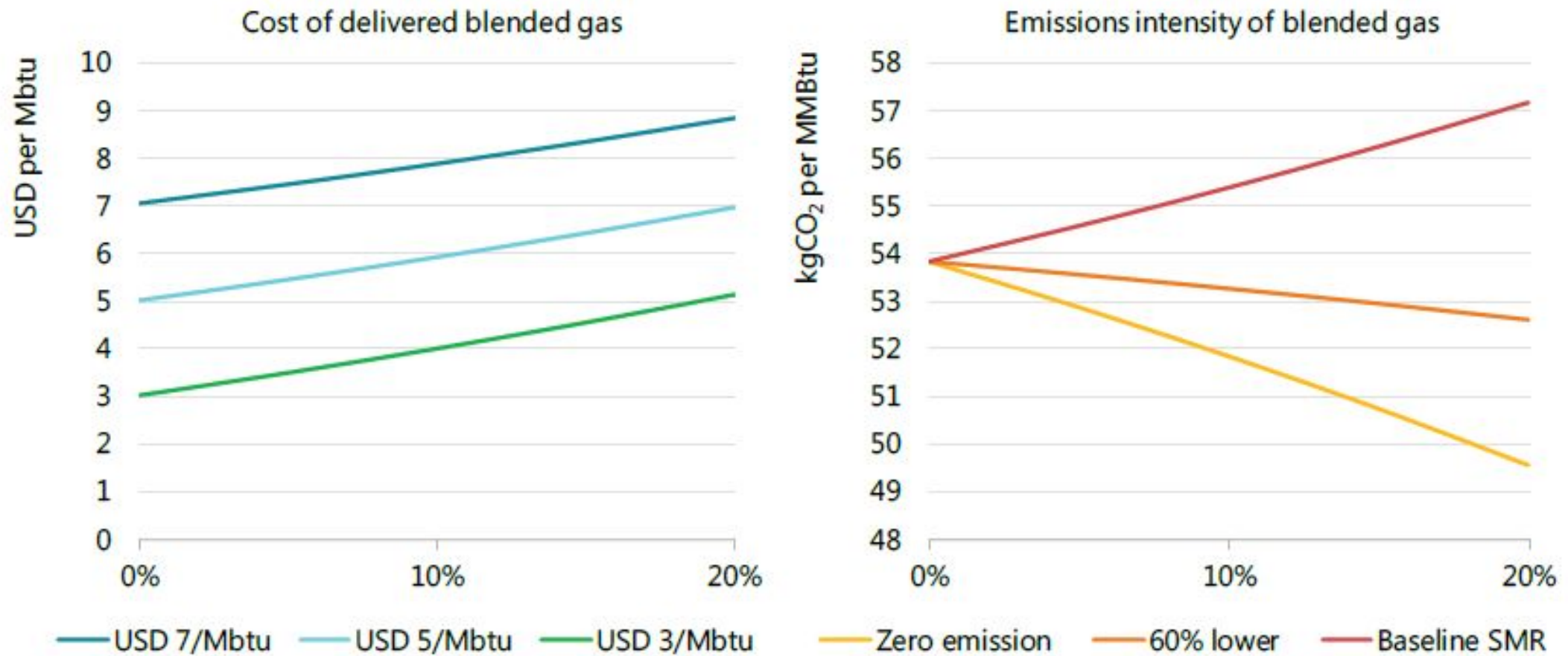


Rotas ilustrativas, em USD/kg de H₂



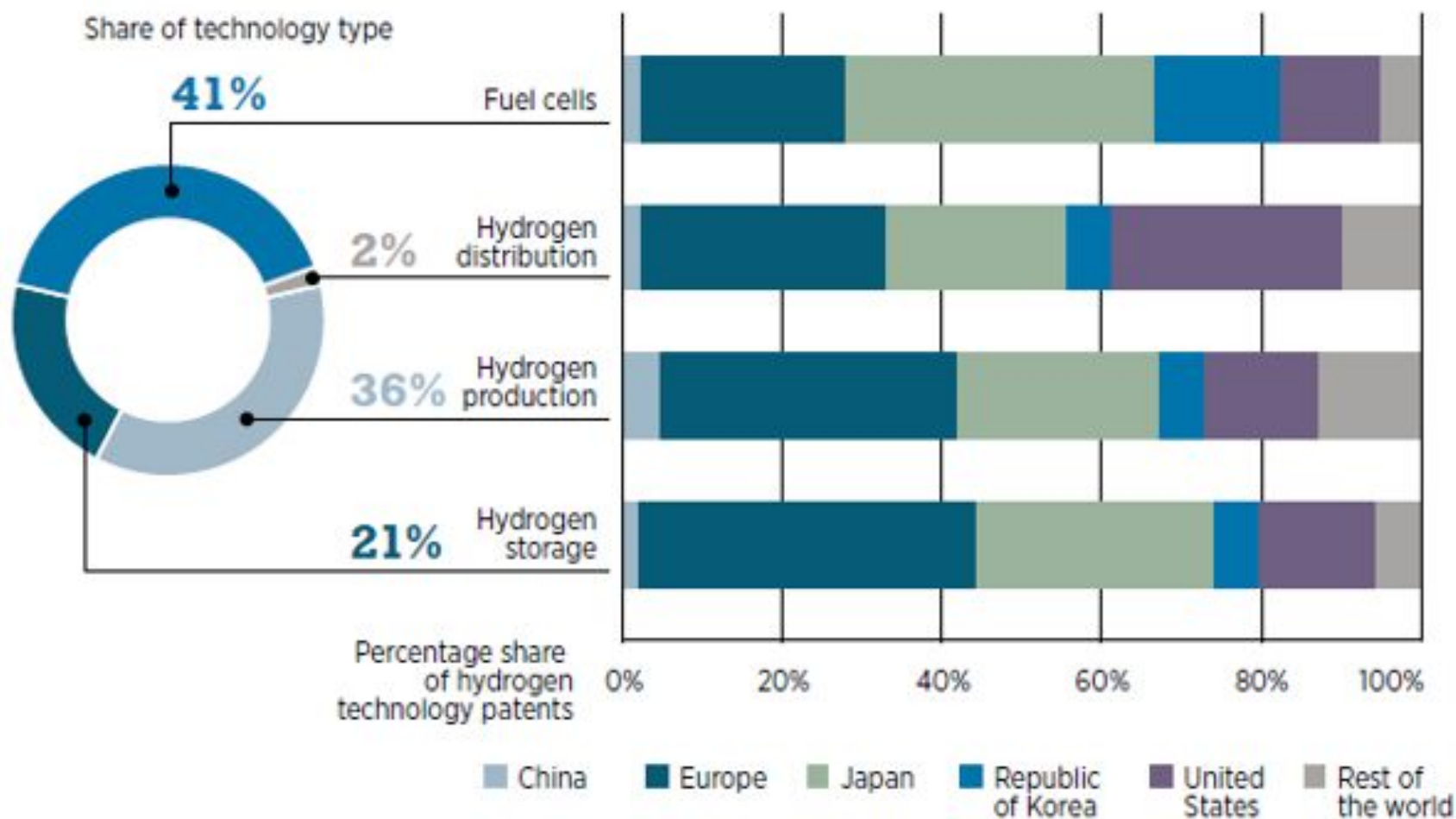
Desafios Logísticos

Cost and emissions intensity of blending hydrogen into the gas network at different blend shares

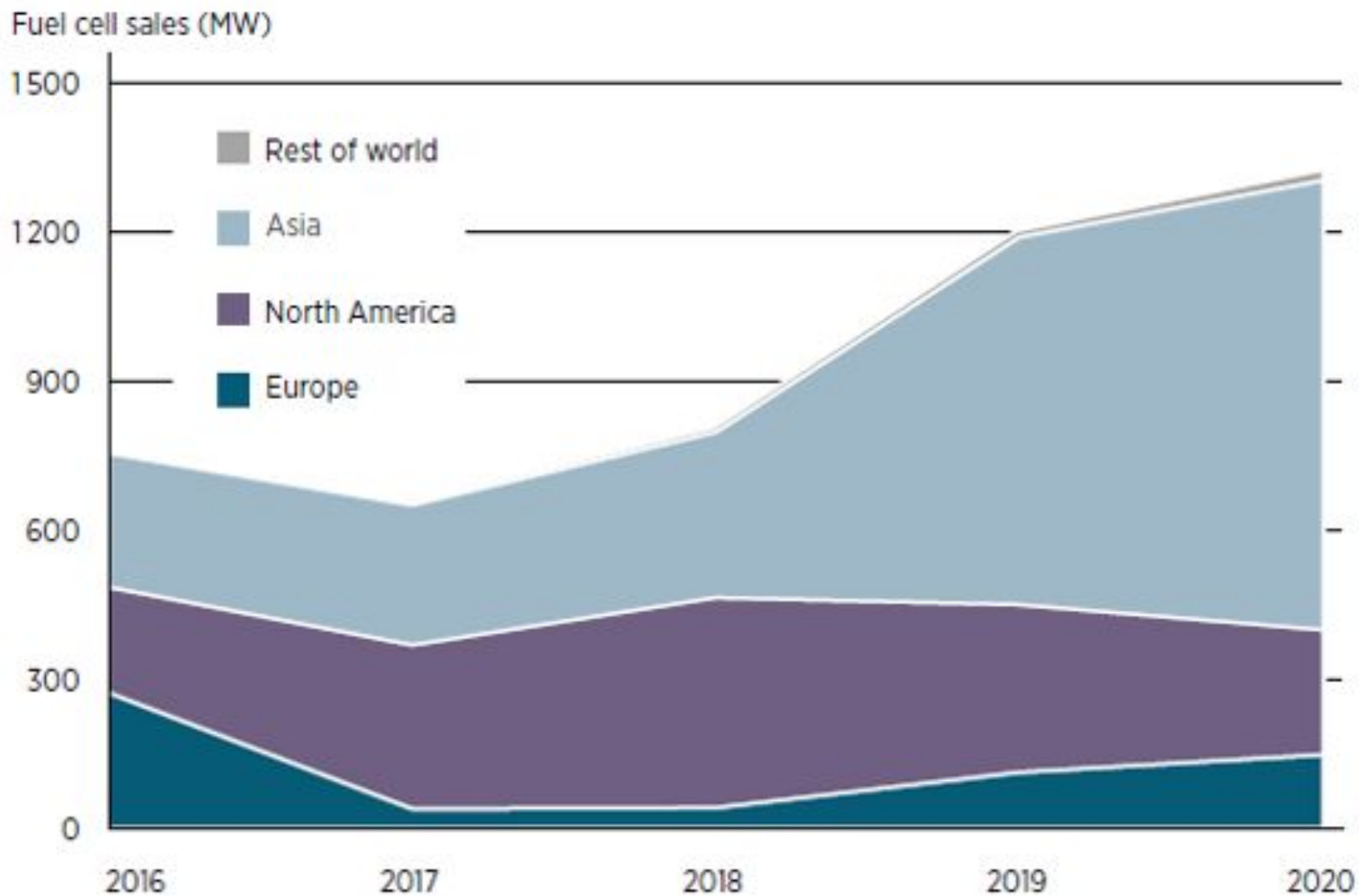


Patentes de Hidrogênio

Distribuição Geográfica 2010-2020



Células de Combustível Vendas por região, 2016-2020



Células de Combustível Viabilidade Financeira

Vender hidrogênio para indústria é mais lucrativo que transformá-lo em energia, diz estudo

Além da venda, outra saída é exportar hidrogênio. Segundo pesquisadoras da USP, Europa está de olho em potências em renováveis

Nayara Machado — 6 de junho de 2022 - Atualizado em 7 de junho de 2022
Em Diálogos da Transição, Mercados

Estudo de pesquisadoras da Universidade de São Paulo (USP) publicado no *International Journal of Hydrogen Energy* aponta que vender hidrogênio verde para setores como transporte ou indústria é mais lucrativo do que transformá-lo novamente em energia.

Outra saída é exportar o produto. “A Europa está de olho no Sul global, em países com grande potencial de fontes renováveis como Brasil e África do Sul. Nesse sentido, podemos ocupar uma posição de protagonismo mundial ao fechar parcerias para fornecer hidrogênio verde a outras nações”, aponta **Drielli Peyerl**, coautora do estudo.

AA

Referências Bibliográficas

EPBR. **Vender hidrogênio para indústria é mais lucrativo que transformá-lo em energia, diz estudo.** Disponível em: Disponível em: <https://epbr.com.br/vender-hidrogenio-para-industria-e-mais-lucrativo-que-transforma-lo-em-energia-diz-estudo/> (06/06/2022)

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio.** Rio de Janeiro: EPE, 2021.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031.** Rio de Janeiro: EPE, 2022.

GIZ - Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. **Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro.** Brasília: GIZ, 2021.

IEA - International Energy Agency. **Global Hydrogen Review 2021.** Paris: IEA, 2021.

IEA - International Energy Agency. **The Future of Hydrogen.** Paris: IEA, 2019.

IRENA - International Renewable Energy Agency. **Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor.** Abu Dhabi: IRENA, 2022.

WEC - World Energy Council. **National Hydrogen Strategies.** Londres: WEC, 2021.
