



H2 de baixo carbono

Evolução recente e cenários

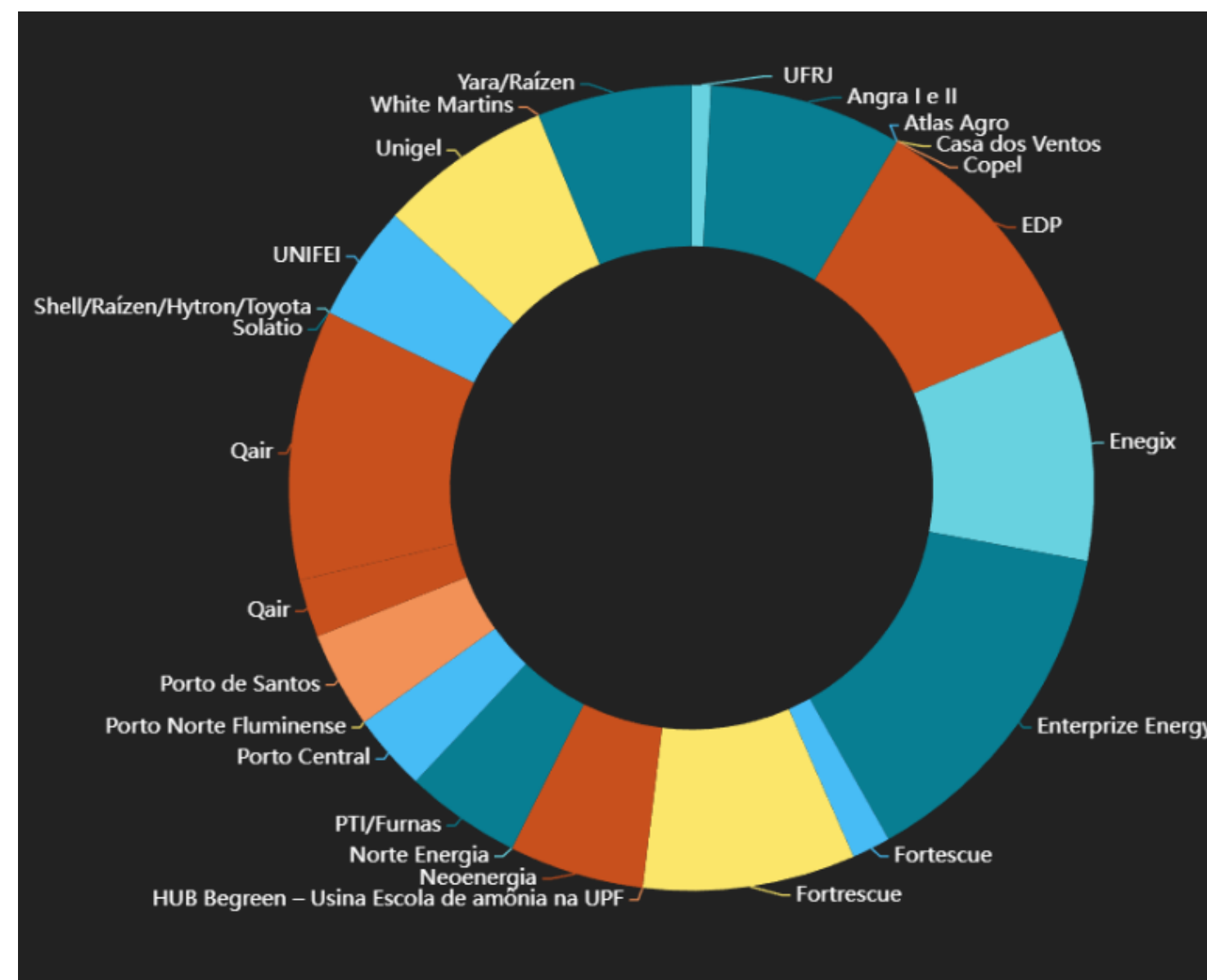
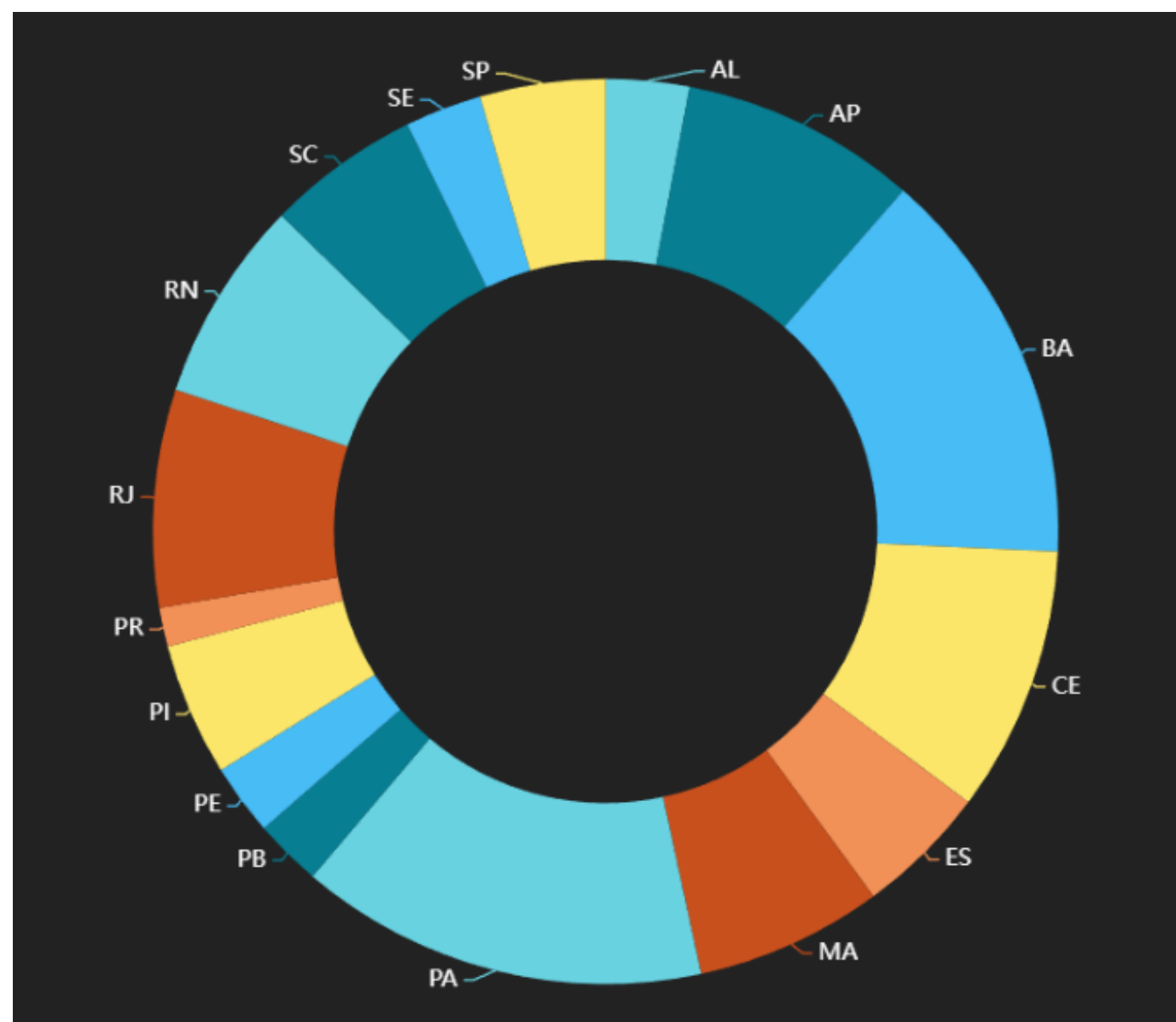
Caio Soares
Felipe Novaes

Agosto/2025

Contexto institucional no BR

> Potencial de produção de hidrogênio de baixo carbono (EPE)

31 projetos mapeados e potencial de produção de 18,5 milhões de toneladas/ano



| Panorama Nacional para o H2



Categoria	Projetos incluídos	Características principais	Situação atual
Projetos mais avançados em hubs e polos industriais	Hub do Pecém (CE), Porto do Açu (RJ), Suape (PE), Unigel – Camaçari (BA)	Iniciativas de grande escala, com planos de produção/exportação de H ₂ e derivados (amônia, e-metanol). Baseadas em hubs portuários e/ou polos industriais químicos. Envolvem grandes investimentos (até US\$ 24 bi em intenções no Pecém), reservas de área (Açu), anúncio de plantas de derivados (Suape) e projeto pioneiro privado (Unigel).	Pré-contratos, anúncios e reservas firmados, mas ainda sem decisões finais de investimento (FID) concretas . Infraestrutura de suporte (água, energia, logística portuária) em fase de consolidação.
Projetos piloto e experimentais	USP – São Paulo (SP), EDP – Pecém (CE), CSN + Petrobras (PR)	Iniciativas voltadas a pesquisa aplicada e pilotos de demonstração. A USP opera a primeira estação de etanol → H ₂ (~100 kg/dia). A EDP mantém planta piloto de eletrólise solar (250 Nm ³ /h). O projeto CSN+Petrobras testa uso de H ₂ na siderurgia, apoiado por crédito da FINEP.	Em operação experimental (USP, EDP) ou em fase de estudos técnicos e financiamento inicial (CSN + Petrobras). Escala reduzida, mas papel central para validação tecnológica.

Panorama Nacional: hubs (1/4)

Projeto / Local

Hub do Pecém (CE)

Tecnologia / Rota

Produção de hidrogênio verde via eletrólise, com energia renovável dedicada. O complexo industrial e portuário foi desenhado como hub exportador, com projetos conectados a terminais marítimos e à futura infraestrutura de água de reuso.

Escala anunciada

Não há número único consolidado, mas existem **7 pré-contratos assinados com diferentes empresas**, representando **intenções de investimento da ordem de US\$ 24 bilhões**.

Estágio de desenvolvimento

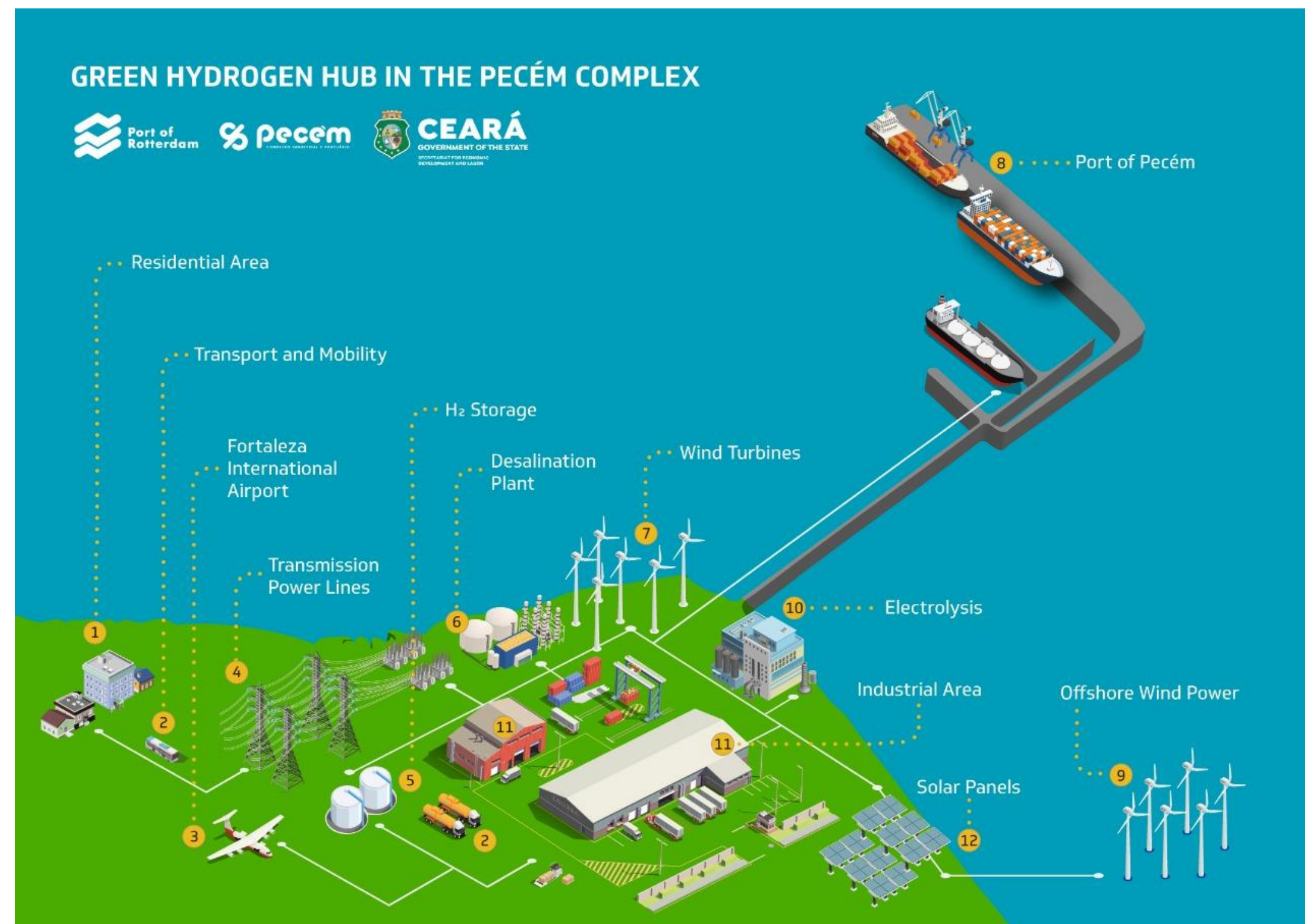
Até o momento, o hub opera em fase de pré-contratos e planejamento de infraestrutura. Há destaque para o contrato de fornecimento de água de reuso (essencial dada a escassez hídrica do Ceará), já assinado com a Utilitas, para garantir insumo ao processo de eletrólise.

Status atualizado

Em 2025, o Pecém é o hub mais avançado no Brasil em termos institucionais, embora ainda não haja decisão final de investimento (FID) de nenhum projeto individual. A agenda de infraestrutura (água, energia, porto) avança de forma paralela à prospecção de offtakers internacionais.

Principais atores e contexto

Governo do Ceará; Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP); Utilitas; EDF; Auren; Casa dos Ventos; Fortescue; FRV; Voltalia; Fuella.



Esquema do complexo Pecém. (Figura: Pecém)

Panorama Nacional: hubs (2/4)

Projeto / Local

Porto do Açu (RJ)

Tecnologia / Rota

Desenvolvimento de um hub integrado de hidrogênio verde e derivados (como amônia e e-metanol). O modelo do Açu é voltado a atrair indústrias químicas e energéticas, aproveitando o porto como zona de exportação e conexão logística.

Escala anunciada

Foram firmados contratos de reserva de área para projetos de grande porte, incluindo a Fuella (**até 520 MW para amônia verde**) e a HIF Global (e-metanol, capacidade não divulgada). **A Shell Brasil desenvolve um piloto de ~10 MW**, considerado um dos primeiros em escala reduzida.

Estágio de desenvolvimento

O hub está em fase de estruturação de portfólio, com áreas reservadas para futuros projetos industriais e iniciativas de P&D já em andamento. Não há operação comercial de grande escala, mas sim projetos pilotos e reservas estratégicas de espaço no porto.

Status atualizado

Consolidou-se como um dos três principais polos nacionais (ao lado de Pecém e Suape), atraindo players internacionais para contratos de longo prazo. Porém, assim como os demais hubs, ainda não chegou à etapa de FID.

Principais atores e contexto

Prumo Logística/Porto do Açu; Fuella AS; HIF Global; Shell Brasil.



Esquema do complexo de Açu. (Figura: EDF Renewables)

Panorama Nacional: hubs (3/4)

Projeto / Local	Suape (PE)
Tecnologia / Rota	Projeto de produção de e-metanol a partir de hidrogênio verde e CO ₂ biogênico. O polo busca integrar a cadeia de derivados do hidrogênio diretamente na estrutura do porto.
Escala anunciada	Foi anunciado um investimento de cerca de R\$ 2 bilhões pela European Energy para a construção da primeira planta de e-metanol em escala no país.
Estágio de desenvolvimento	O projeto foi anunciado em setembro de 2024 e, em dezembro do mesmo ano, o hub de Suape foi selecionado pelo MME na chamada nacional de hubs de hidrogênio. Ainda não há FID público.
Status atualizado	O projeto marca a entrada de Pernambuco no mapa nacional, com forte expectativa de articular indústria local de derivados e consolidar a imagem do estado como polo de transição energética.
Principais atores e contexto	European Energy; Governo de Pernambuco; Porto de Suape; Ministério de Minas e Energia.



Evolução das obras do complexo de Suape para TechHub H2V. (Figura: Movimento Econômico, mai/2024)

Panorama Nacional: hubs (4/4)

Projeto / Local

Unigel – Camaçari (BA)

Tecnologia / Rota

Projeto industrial de produção de hidrogênio verde e amônia por eletrólise, com foco em fertilizantes nitrogenados e exportação.

Escala anunciada

Fase 1: 60 MW de eletrólise, com capacidade estimada de 10 kt/ano de H₂ e 60 kt/ano de NH₃. O investimento total previsto chega a US\$ 1,5 bilhão em diferentes fases.

Estágio de desenvolvimento

Obras iniciadas em 2022, mas suspensas em 2023 devido a dificuldades financeiras. A empresa passou por reestruturação extrajudicial, concluída em janeiro de 2025. Ainda não há FID formal divulgado para retomada em escala.

Status atualizado

Representa o primeiro grande projeto privado brasileiro, mas expôs a vulnerabilidade financeira da cadeia. Apesar do atraso, continua como referência por sua ambição em escala industrial.



Fábrica da Unigel. (Foto: Unigel)

Principais atores e contexto Unigel; thyssenkrupp nucera.

Panorama Nacional: Pilotos (1/3)

Projeto / Local

USP – São Paulo (SP)

Tecnologia / Rota

Projeto experimental de produção de hidrogênio renovável a partir do etanol, em escala piloto. O processo utiliza reforma catalítica para converter etanol em H₂, explorando a vocação agrícola do Brasil.

Escala anunciada

Capacidade de produção aproximada de 100 kg H₂ por dia, suficiente para abastecer uma pequena frota de ônibus e veículos em demonstração.

Estágio de desenvolvimento

Estação experimental inaugurada em fevereiro de 2025, em parceria entre universidade e setor privado.

Status atualizado

É a primeira planta-piloto do mundo dedicada a essa rota tecnológica, e já entrou em operação em fase de testes, servindo como caso emblemático de inovação em P&D aplicada ao transporte.

Principais atores e contexto

USP/RCGI; Shell; Raízen; Hytron; SENAI.



Ônibus movido a hidrogênio. (Foto: USP)

Panorama Nacional: Pilotos (2/3)

Projeto / Local

EDP – UTE Pecém (CE)

Tecnologia / Rota

Planta piloto de eletrólise alimentada por energia solar (3 MWp) com eletrolisador de 250 Nm³/h, voltada a projetos de P&D.

Escala anunciada

Produção estimada em 250 Nm³/h de H₂, com caráter experimental.

Estágio de desenvolvimento

Primeira molécula de H₂ foi produzida em dezembro de 2022. Planta apresentada oficialmente em janeiro de 2023.

Status atualizado

É uma das primeiras demonstrações práticas do Brasil, embora em pequena escala e com foco em pesquisa e testes tecnológicos.

Principais atores e contexto EDP Brasil; Complexo do Pecém; Governo do Ceará.



Planta de produção de hidrogênio em projeto de P&D Pecém H2V, da EDP, no Ceará (Foto: Divulgação EDP)

Panorama Nacional: Pilotos (3/3)

Projeto / Local **CSN + Petrobras – Paraná (PR)**

Tecnologia / Rota Projeto de hidrogênio de baixo carbono aplicado à siderurgia, explorando rotas de eletrólise para reduzir emissões em processos industriais pesados.

Escala anunciada Inicialmente de 5MW

Estágio de desenvolvimento Assinado protocolo de intenções em dezembro de 2024 entre Petrobras e CSN. Em março de 2025, a FINEP aprovou R\$ 102,8 milhões de crédito para apoiar o projeto.

Status atualizado Projeto ainda em fase de avaliação de viabilidade técnica e econômica, representando o início da articulação entre grandes empresas nacionais e o setor siderúrgico.

Principais atores e contexto CSN; Petrobras; FINEP.



Esquematização dos planos de investimento. Fonte: CSN

| Oferta Global Total de Hidrogênio



- > **Produção Global Anual (Volume Total Produzido): ~ 97 Mt em 2023;**
- > A maior parte é de origem fóssil; **menos de 1 Mt é de baixo carbono;**
- > O Hydrogen Council destaca que, embora a produção total seja majoritariamente fóssil, o pipeline de **projetos de baixo carbono supera 1.400 projetos anunciados globalmente;**
- > O relatório da IRENA sobre leilões ressalta que a oferta futura depende de instrumentos regulatórios para destravar volumes;
- > A produção atual ainda é concentrada em hidrogênio cinza, mas o comércio internacional está sendo estruturado para absorver a futura produção verde.

Destques dos Principais Produtores



- > **China: MAIOR PRODUTOR**, princ. em gaseificação de carvão e em eletrólise.
- > **EUA: GRANDE PRODUTOR** via SMR (**REFORMA A VAPOR DE METANO**), com projetos **CCUS** (captura, estocagem e utilização do carbono).
- > **Europa: 7,94 Mt** produzidos em 2023, com capacidade instalada de **11,23 Mt**
- > **Oriente Médio**: É relevante em gás natural, e em projetos de exportação, com destaque para o projeto **NEOM** Green Hydrogen Company.
- > **Japão**: Tem forte demanda por H₂, dependente de importações.
- > **América Latina**: Projeção de **>7 Mt** até 2030.

| Participação do H2 de Baixo Carbono



> **H2 de baixo carbono é menos de 1% da produção global, ou seja, ainda muito incipiente.**

> **O Hydrogen Council registra ~1 Mt/ano de capacidade de baixo carbono efetivamente em operação atualmente.**

> **IRENA destaca que quase todos os projetos de exportação de derivados (amônia/metanol) são de hidrogênio verde.**

Capacidade Instalada de Eletrólise



> GLOBAL:

- **25 GW/ano** de capacidade industrial (2023).
- **2,5 GW** efetivamente instalados.

> GLOBAL:

- **50 GW** de projetos de eletrólise em desenvolvimento.
- **12 GW** em fase avançada.

> EUROPA:

- **258 MW** em operação.
- **1,86 GW** em construção.

> **CHINA: 60%** da capacidade global de manufatura de **ELETROLISADORES.**

| Distribuição por “Cor” (Fonte)



> **Cinza** (reforma hidrocarbs):

~99%

> **Azul** (reforma c/ CCS):

<0,5%

> **Verde** (eletrólise):

<1% (1 Mt/ano operacional).

> Nos **LEILÕES** apoiados por **GOVERNOS**, **100%** do volume contratado refere-se a H2 verde.

Tecnologias de Produção no Mundo

As CORES do Hidrogênio:

AMARELO: Eletrólise da água via **ENERGIA SOLAR**

VERDE: Eletrólise via **EÓLICA OU HIDRELÉTRICA**

AZUL: Reforma de gás (metano, etanol) com **CCS**

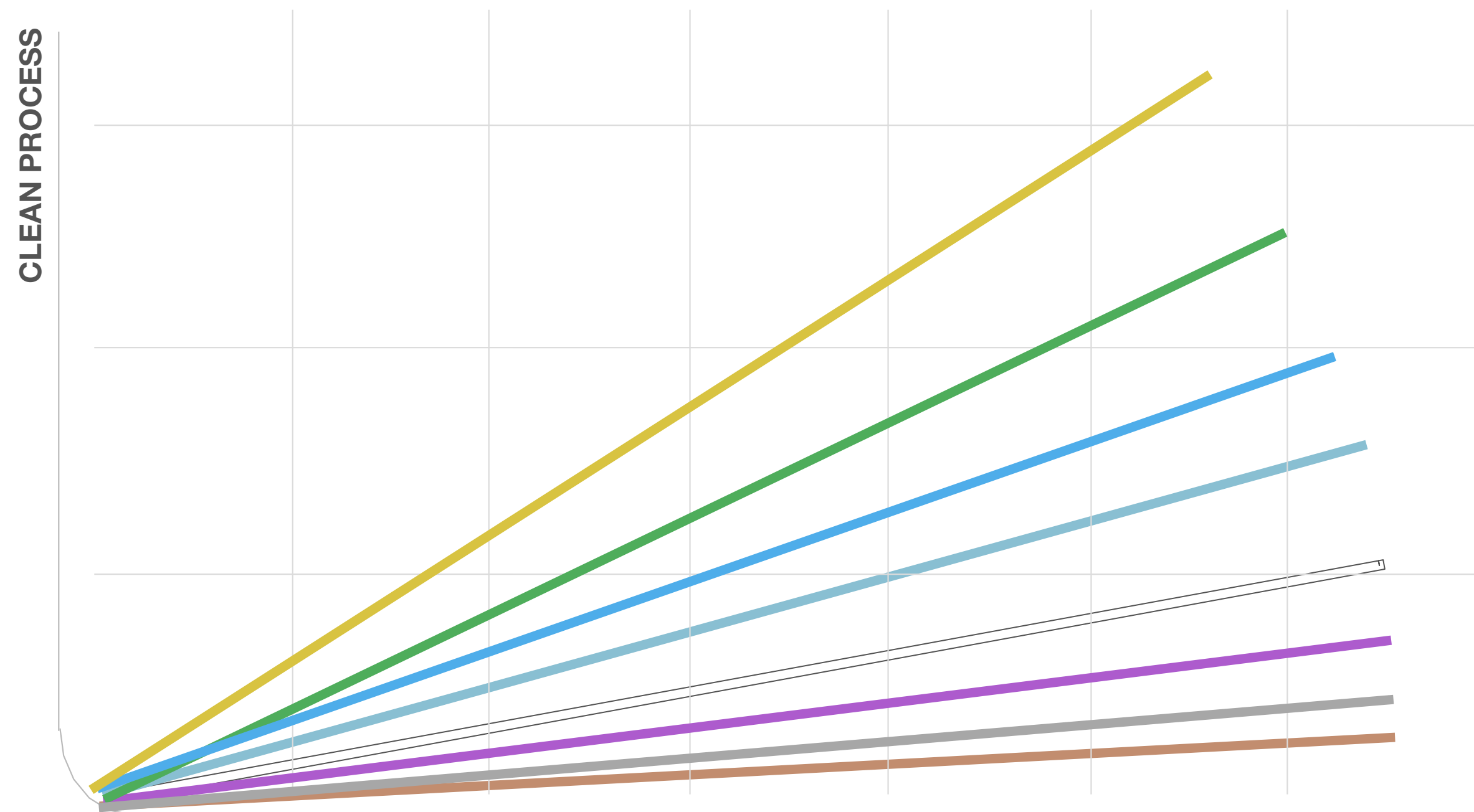
TURQUESA: Divisão térmica do metano por **PIRÓLISE**

BRANCO: Produção de H₂ à partir da **BIOMASSA**

ROSA: **NUCLEAR** (eletrólise ou vapor na reforma do gás)

CINZA: Reforma de **DERIVADOS** de **FÓSSEIS** sem **CCS**

MARROM: **FÓSSEIS** como lignito e carvão



Distribuição / Tecnologia de Produção



- > **Reforma a Vapor de Metano: É a DOMINANTE no mundo.**
- > **Gaseificação de Carvão: É a 2ª + relevante no mundo.**
- > **Oxidação Parcial: Relevante mas com menor participação.**
- > **Eletrólise: <1% da produção global, mas crescendo.**
- > **Reformas com CCUS: incipiente mas presentes em EUA e Europa.**

| Destaque em Aplicações da Produção



- > H₂ p/ **REFINO DO PETRÓLEO** é o maior uso global.
- > **METANOL** tem grande participação, especialmente na **CHINA**.
- > Transporte: **<1%** global.
- > Energia elétrica: **<1%** global.
- > Foco em **AMÔNIA** e **METANOL** como principais vetores de exportação.

| Valor de Mercado do H2 em USD



> Valor de Mercado Global (2024): **USD +180 bilhões.**

> Valor de Mercado do H2V (2024): **USD 4–5 bilhões.**

> Valor de Mercado **por Região:**

- Ásia-Pacífico **≈35%**
- Europa **≈25%**
- América do Norte **≈20%**
- Restante Mundo **≈20%**

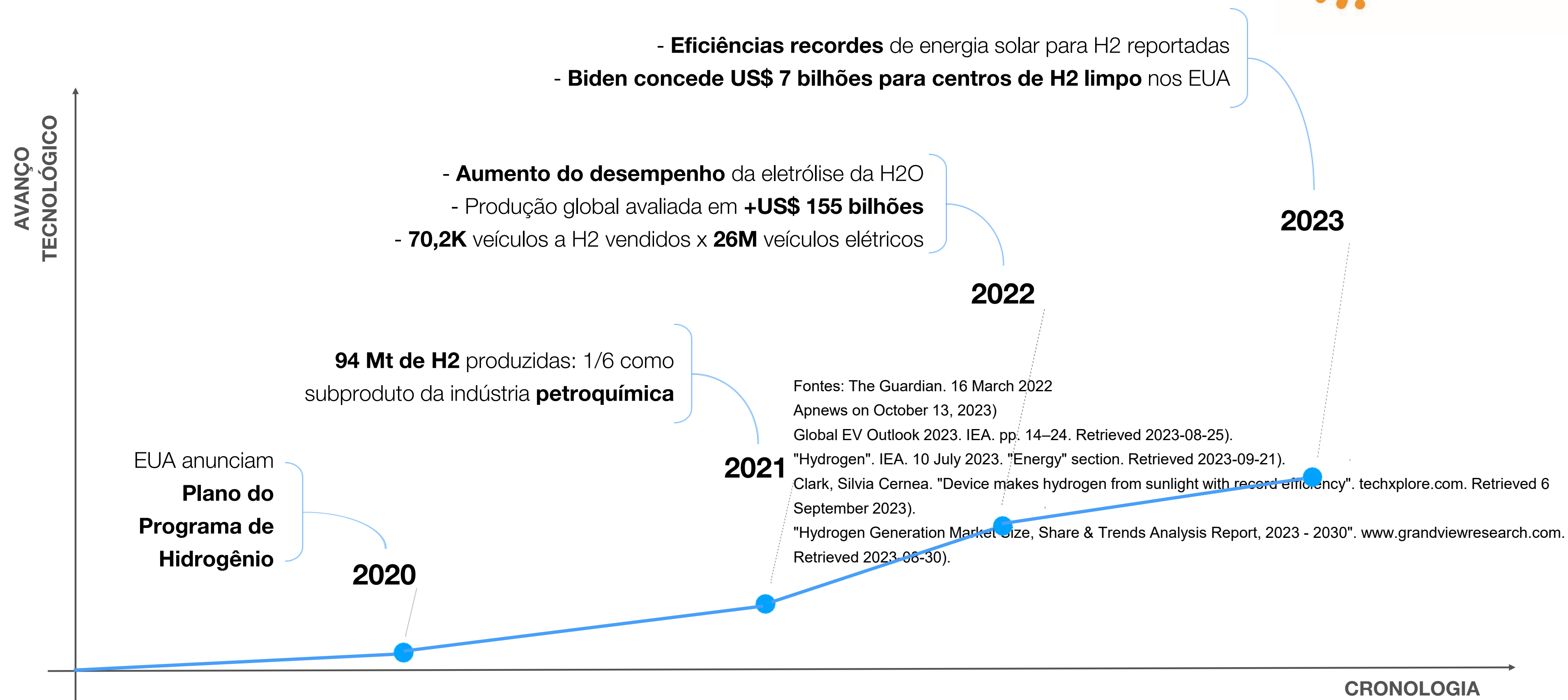
> Valor de Mercado **por "Cor" do H2:**

- Cinza **≈95%+**
- Azul **<1%**
- Verde **<1%**

> Valor de Mercado **por Aplicação:**

- Amônia **≈23%**
- Refino **≈20%**
- Metanol **≈10–12%**

Avanços Globais Recentes



Referências - Panorama Nacional



BRASIL. Lei nº 14.948, de 2 de agosto de 2024. Institui o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono. Brasília: Presidência da República, 2024.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Lei atribui à ANP a regulação do hidrogênio de baixa emissão de carbono no Brasil. 05 ago. 2024.

MME – Ministério de Minas e Energia. MME divulga resultado da chamada pública de hubs de hidrogênio com foco na descarbonização da indústria. 20 dez. 2024a.

MME – Ministério de Minas e Energia. Chamada pública para seleção de hubs de hidrogênio. 04 out. 2024b.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Complexo do Pecém firma pré-contrato com EDF para produção de hidrogênio verde. 21 maio 2025.

EIXOS. EDF firma pré-contrato com Pecém para planta de hidrogênio verde. 22 maio 2025.

COMPLEXO DO PECÉM. Governo firma pré-contrato de R\$ 9 bilhões com a Fuella AS para instalação de planta de H₂V. 30 out. 2024.

PORTO DE SUAPE. Governadora Raquel Lyra celebra investimento de R\$ 2 bilhões com instalação da primeira indústria de e-metanol do Brasil no Porto de Suape. 23 set. 2024.

PORTOS E NAVIOS. Pernambuco anuncia fábrica de e-metanol de R\$ 2 bilhões em Suape. 09 jun. 2025.

EIXOS. Pernambuco firma acordo com European Energy para instalação de indústria de e-metanol em Suape. 24 set. 2024.

UNIGEL. Com investimento total de US\$ 1,5 bilhão, Bahia terá primeiro projeto de hidrogênio verde em escala industrial no Brasil. 18 jan. 2023.

THYSSENKRUPP NUCERA. Unigel installs the first industrial-scale green hydrogen production site in Brazil using thyssenkrupp nucera technology. 26 jul. 2022.

UNIGEL. Unigel conclui processo de recuperação extrajudicial. 30 jan. 2025.

RCGI/USP. USP conducts tests on the world's first experimental station dedicated to the production of renewable hydrogen from ethanol. 19 fev. 2025a.

RCGI/USP. USP realiza testes da primeira planta de hidrogênio renovável a partir do etanol. 19 fev. 2025b.

FAPESP. Entra em operação na USP a primeira planta de conversão de hidrogênio a partir do etanol do mundo. 2024/2025.

FECOMBUSTÍVEIS. USP vai inaugurar 1º posto do mundo de hidrogênio feito de etanol. 2025.

EDP. EDP apresenta planta de hidrogênio verde no Ceará. 19 jan. 2023.

COMPLEXO DO PECÉM. EDP produz primeira molécula de hidrogênio verde no Ceará. 16 dez. 2022.

PORTO DO AÇU / PRUMO LOGÍSTICA. Relatório de Sustentabilidade 2024. Publicação 2025.

PRUMO LOGÍSTICA. Shell Brasil e Porto do Açu anunciam projeto inédito em hidrogênio verde. s.d.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Complexo do Pecém e Utilitas assinam pré-contrato para fornecimento de água de reúso no Hub de Hidrogênio Verde. 18 ago. 2025.

MEGAWHAT ENERGY. Complexo do Pecém avalia água de reúso para hub de hidrogênio verde e data centers. 19 ago. 2025.

PETROBRAS. Petrobras assina Protocolo de Intenções com a CSN. 19 dez. 2024.

FINEP. Finep apoia, com R\$ 102,8 milhões de crédito, projeto da Companhia Siderúrgica Nacional para utilização de hidrogênio verde na descarbonização da indústria siderúrgica. 28 mar. 2025.

Panorama Internacional - Referências



AP NEWS. AP News. 13 out. 2023.

CLARK, Silvia Cernea. Device makes hydrogen from sunlight with record efficiency. TechXplore. 6 set. 2023.

CLEAN HYDROGEN JOINT UNDERTAKING (Clean Hydrogen JU). The European Hydrogen Market Landscape. Bruxelas, 2024a.

CLEAN HYDROGEN JOINT UNDERTAKING (Clean Hydrogen JU); **EUROPEAN HYDROGEN OBSERVATORY.** The European Hydrogen Market Landscape. Bruxelas, nov. 2024b.

GRAND VIEW RESEARCH. Hydrogen Generation Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2023–2030. San Francisco, 2023.

GRAND VIEW RESEARCH. Hydrogen Generation Market and Green Hydrogen Market. San Francisco, 2024a.

GRAND VIEW RESEARCH. Green Hydrogen Market (valor H₂V 2024 e participação). San Francisco, 2024b.

HYDROGEN COUNCIL. Hydrogen Insights 2024. Executive Summary. Bruxelas, set. 2024.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Global EV Outlook 2023. Paris: IEA, 2023a.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Hydrogen. Paris: IEA, 2023b.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Global Hydrogen Review 2024. Paris: IEA, 2024a.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Global Hydrogen Review 2024. Paris: IEA, out. 2024b.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. Global Trade in Green Hydrogen Derivatives. Abu Dhabi: IRENA, 2024a.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. Global Trade in Green Hydrogen Derivatives. Abu Dhabi: IRENA, out. 2024b.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. Green Hydrogen Auctions Guide. Abu Dhabi: IRENA, 2024c.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. Green Hydrogen Auctions: A Guide to Design. Abu Dhabi: IRENA, out. 2024d.

MARKET.US. Hydrogen Market Report. Nova Iorque: Market.us, 2024a.

MARKET.US; MARKETDATAFORECAST; METICULOUS; RESEARCHANDMARKETS. Hydrogen Market Summaries and Catalog Pages (percentuais por fonte/tecnologia/aplicação). 2024b.

MARKETSANDMARKETS. Hydrogen Market Report 2024. Pune: MarketsandMarkets, 2024a.

MARKETSANDMARKETS. Hydrogen Market Summary and Projections by Technology, Application and Region. Pune: MarketsandMarkets, 2024b.

THE GUARDIAN. The Guardian. Londres, 16 mar. 2022.

Melhores Fontes de Dados do H2



- International Energy Agency – **IEA**
- International Renewable Energy Agency – **IRENA**
- **Hydrogen Council**
- **International Association for Hydrogen Energy**
- **European Hydrogen Observatory**
- Periódico de Artigos: **International Journal of Hydrogen Energy** (Elsevier)
<https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-hydrogen-energy>
- Normatização Internacional: **ISO/TC 197** <https://www.iso.org/committee/54560.html>