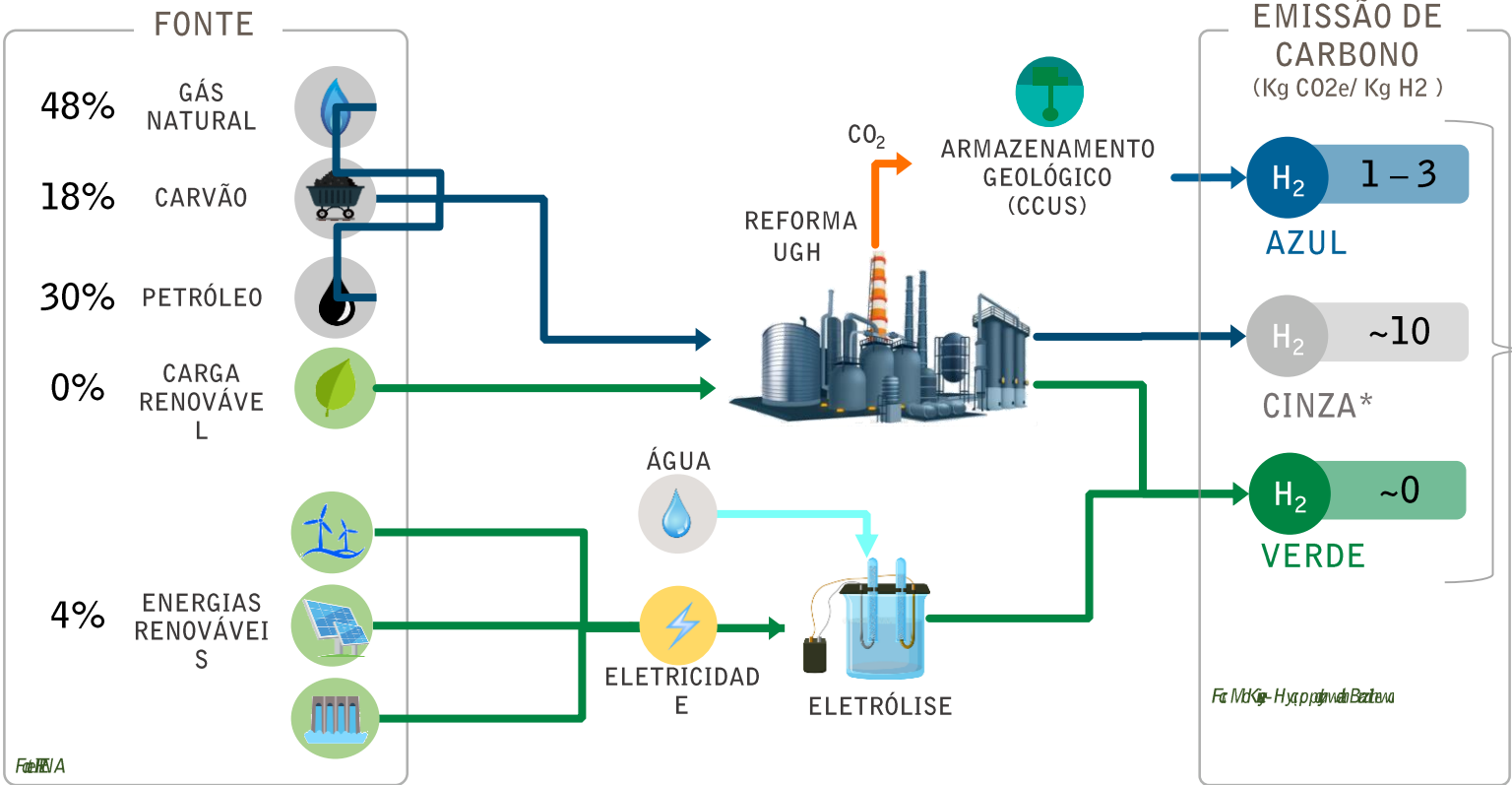


BR
Petrobras



PROCESSOS PRODUTIVOS DISTINTOS

LOGÍSTICA DE PRODUTOS PARA CONSUMO É IDÊNTICA, SEJA QUAL FOI A ORIGEM DO HIDROGÊNIO

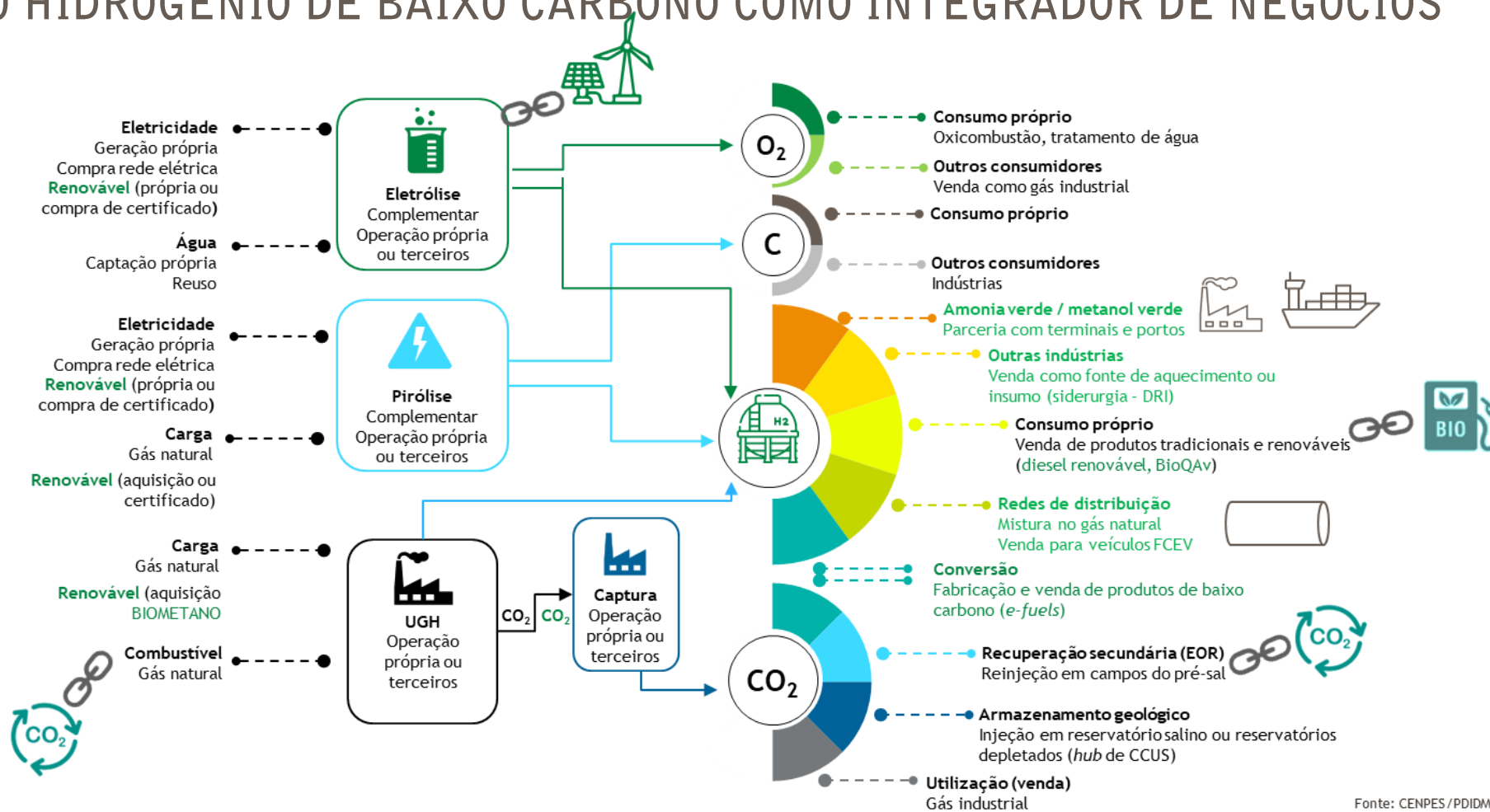


Números indicam emissões do processo produtivo "Gate-to-Gate"

Foto: PPA

* Petrobras é a maior produtora e consumidora de hidrogênio do Brasil. Produz H2 cinza a partir da reforma a vapor de GN em suas refinarias.

O HIDROGÊNIO DE BAIXO CARBONO COMO INTEGRADOR DE NEGÓCIOS



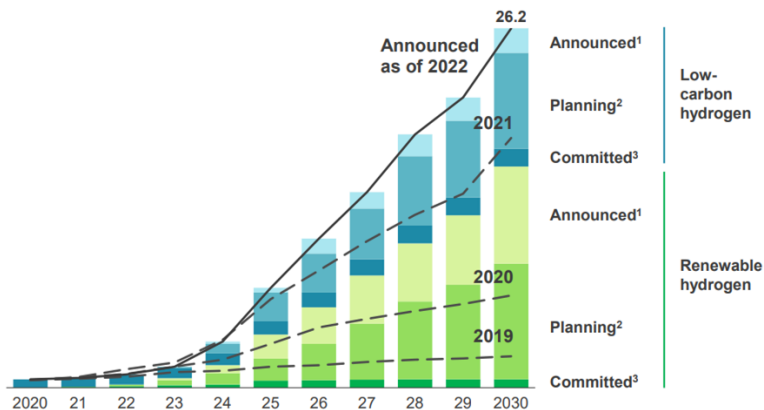
Fonte: CENPES/PDIDMS

HIDROGÊNIO

CRESCIMENTO EXPONENCIAL DE PROJETOS DE HIDROGÊNIO DE BAIXO CARBONO, MAS PROJETOS EFETIVAMENTE CONFIRMADOS AINDA SÃO MUITO DISTANTES DOS CENÁRIOS APS

LOW CARBON HYDROGEN PROJECTS

(BLUE- "low carbon" and GREEN – "renewable")



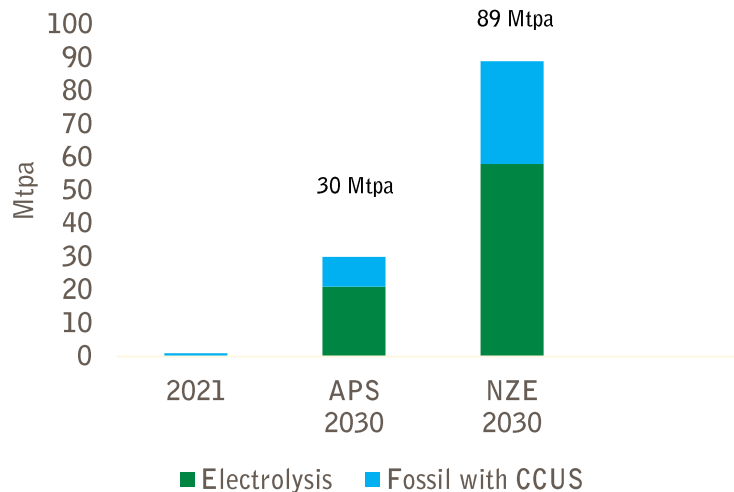
¹ Announced - Preliminary studies or at press announcement stage

² Planning - Feasibility study or front-end engineering and design stage

³ Committed - FID, under construction, commissioned or operational

PRODUCTION SCENARIOS

Low Carbon Hydrogen by Production Route APS and NZE (IEA)



Source: IEA
APS - Commitment
NZE - Commitment

HIDROGÊNIO

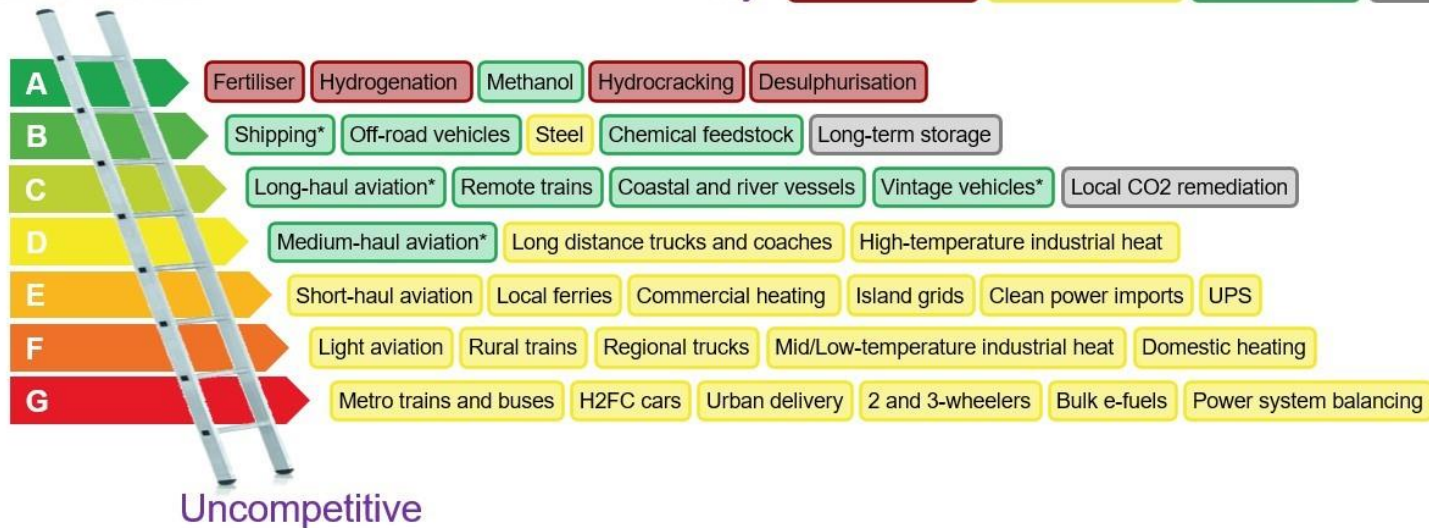
Utilização

Clean Hydrogen Ladder: Competing technologies

Liebreich Associates

Unavoidable

Key: No real alternative Electricity/batteries Biomass/biogas Other



* Via ammonia or e-fuel rather than H2 gas or liquid

Source: Liebreich Associates (concept credits: Adrian Hiel/Energy Cities & Paul Martin)

NOVOS DESAFIOS PARA A CADEIA DE VALOR

PRODUÇÃO

CONVERSÃO

TRANSPORTE

RECONVERSÃO

USO FINAL



- **Compressão**
- **Liquefação**

Síntese de amônia/metanol

Hidrogenação LOHC*

- Gaseificação de carvão com CCUS
- Reforma de metano a vapor com CCUS
- Eletrólise da água
- Conversão de biomassa



Caminhões



Pipelines (existentes e novos)



Transportadores de navios

- **Regaseificação**

- **Quebra de amônia**

- **Desidrogenação LOHC**

- **Purificação (se necessário)**

Indústria

- Refinarias
- Fertilizantes
- Produtos químicos
- Fabricação de aço
- Processos

Transporte

- Células a combustível
- Combustão direta

Energia Elétrica

- Turbina a gás
- Balanceamento de demanda

Edifícios

- Mistura de gás natural
- Retrofit para H₂ puro

AUMENTO DE ESCALA DO USO DO HIDROGÊNIO IMPLICA EM DESAFIOS NO TRANSPORTE, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO



Medo	Vantagens	Desafios
Comprimido	Alta eficiência para curtas distâncias	Ganho de escala limitado
Líquido	Maior capacidade em relação ao comprimido	Intensivo em energia Associado a plantas de liquefação
Duto (mistura com GN - blending ou substituição)	Uso de infraestrutura existente	Custos de adaptação da malha Poder calorífico do gás Purificação do H ₂ Adaptação nos consumidores (a depender do uso)
Duto (100% H ₂)	Uso parcial de infraestrutura existente Baixo OPEX	Especificações, segurança Flexibilidade
Amônia / MeOH	Potencial uso de infraestrutura existente Alta densidade para H ₂ Novos usos para NH ₃ / MeOH	Aspectos de Segurança e Meio Ambiente Baixa eficiência na reconversão para H ₂
LOHC	Alta densidade para H ₂	Maturidade tecnológica

ARMAZENAMENTO DE HIDROGÊNIO

		Gasoso				Líquido		
Opções de armazenamento		Cavernas de sal	Campos de gás depletados	Cavernas rochosas	Vasos pressurizados	Hidrogênio líquido	MeOH Amônia	LOHCs*
 Características	Capacidade	 Elevada	 Elevada	 Média	 Pequena	 Média-Pequena	 Elevada	 Elevada
	Período	De semanas a meses	Sazonal	De semanas a meses	Diário	De dias a semanas	De semanas a meses	De semanas a meses
 Disponibilidade geográfica		Limitada	Limitada	Limitada	Ilimitada	Ilimitada	Ilimitada	Ilimitada

Fonte: Adaptado de BloombergNEF, *Hydrogen Economy Outlook* (2020)

Cadeia de valor do hidrogênio com grande potencial na transição energética

Uso direto na forma gasosa é limitado a pequenas distâncias da produção

Além dos desafios comerciais e técnicos da produção, cadeias de valor com grandes capacidades de transporte a grandes distâncias demandarão desenvolvimento de cadeia logística integrada

BR
Petrobras

