Gestão:

Reunião de Acompanhamento e Avaliação - RAA 2026

Análise econômica comparativa de tecnologias de eletrólise para produção de hidrogênio verde no Brasil

Lisboa, A. V. M.[1]; Morais, R. C.[2]. [1]Bolsista do PRH 16/UFRJ, curso de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro – RJ. E-mail:ana.lisboa.20222@poli.ufrj.br. [2]Docente da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: rafaelmorais@ppe.ufrj.br

1 INTRODUÇÃO

A transição para uma economia de baixo carbono impulsiona a busca por alternativas frente aos combustíveis fósseis, principalmente em setores de difícil eletrificação. O **hidrogênio verde**, produzido por eletrólise da água com eletricidade de fontes renováveis, é uma alternativa para esses usos.

O Brasil tem condições favoráveis pela grande disponibilidade de recursos eólicos e solares. Porém, os **custos elevados ainda limitam a competitividade** frente ao hidrogênio de origem fóssil.

47,4% da matriz energética do Brasil é renovável

14,3% é a fração renovável da matriz mundial

Fonte: EPE (2022).

2 OBJETIVO

Avaliar a viabilidade técnico-econômica da produção de hidrogênio verde no Brasil por meio do Custo Nivelado do Hidrogênio (LCOH), em diferentes configurações tecnológicas e cenários de suprimento elétrico.

3 METODOLOGIA

O **LCOH** é o custo médio de produção do hidrogênio ao longo da vida útil do projeto, em US$/kg H_2.

$$\mathrm{LCOH} = \frac{\sum_{i=0}^{VU} (I_i + O_i) / (1+r)^i}{\sum_{i=0}^{VU} Hp_i / (1+r)^i}$$

I: CAPEX; O: OPEX; Hp: produção de H_2; r: taxa de desconto; VU: vida útil.

Cenário 1: ON-GRID
Eletrolisador PEM

- Conectado diretamente à rede elétrica
- **Custos:** água, energia, manutenção, operação e CAPEX do eletrolisador

Cenário 2: OFF-GRID
Eletrolisador SOE

- Geração renovável dedicada com baterias (BESS)
- **Custos:** Cenário 1 incluindo, CAPEX e O&M da bateria e O&M da geração

Fontes avaliadas (com e sem bateria): eólica offshore e onshore no Nordeste, eólica onshore no Sul e solar fotovoltaica no Nordeste e Sudeste.

Análise de risco (Monte Carlo)

Premissas	Calibração	Simulação	Resultado
LCOH determinístico nas 10 configurações	FC anual (ONS e EPE), distribuição Beta	50.000 sorteios de fator de capacidade	100.000 LCOH: P5, mediana e P95

4 APLICAÇÃO NO SETOR DE PETRÓLEO E ENERGIA

O hidrogênio já é usado no refino e na produção de derivados e pode substituir insumos fósseis em processos industriais. Saber quais componentes mais pesam no LCOH ajuda a direcionar a redução de custos e as estratégias de investimento.

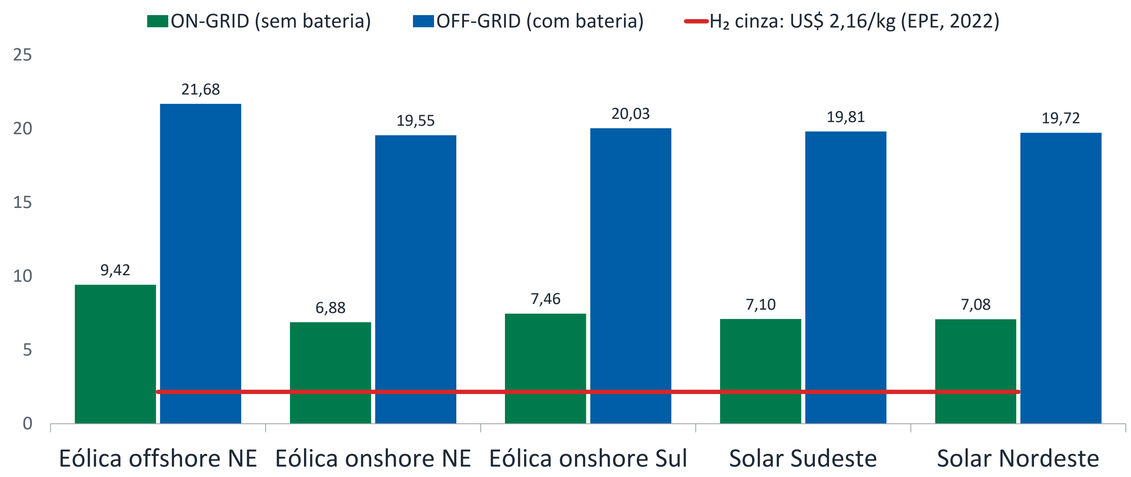
5 RESULTADOS

6,88–9,42
US$/kg H_2 · ON-GRID (PEM)

19,55–21,68
US$/kg H_2 · OFF-GRID (SOE + BESS)

2,16
US$/kg H_2 · H_2 cinza (EPE, 2022)

LCOH por fonte e cenário (US$/kg H_2)

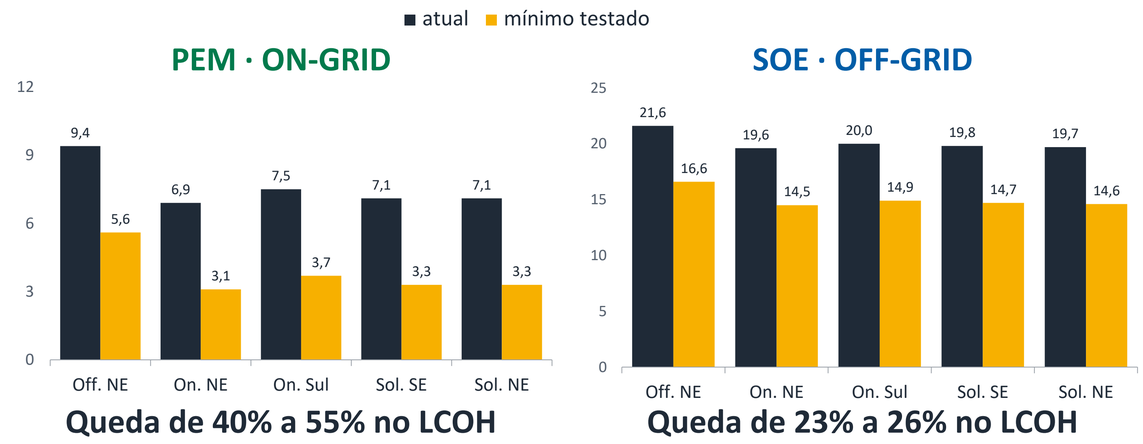


Fonte: elaboração própria.

A bateria quase triplica o LCOH

6 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

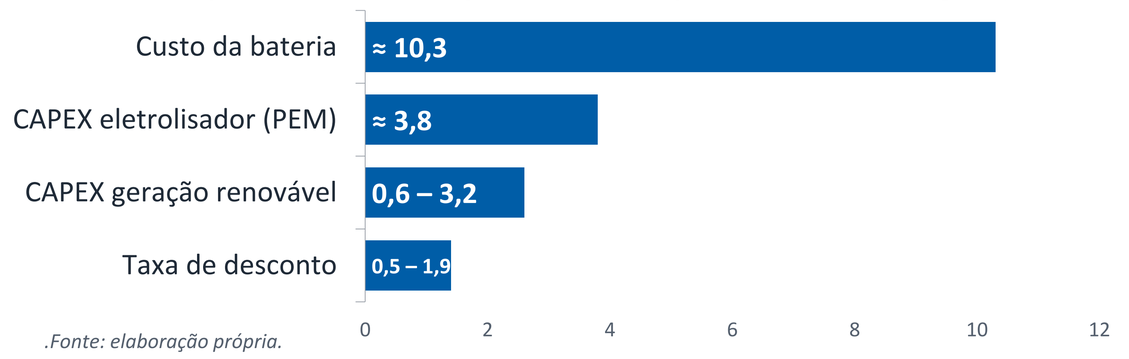
Efeito do CAPEX do eletrolisador (US$/kg H_2):



Queda de 40% a 55% no LCOH

Queda de 23% a 26% no LCOH

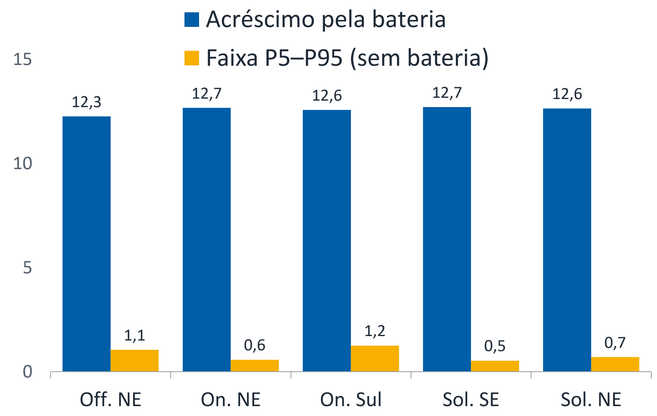
Amplitude de variação do LCOH por fator (US$/kg H_2)



.Fonte: elaboração própria.

O custo da bateria é o fator dominante; seguido pelo CAPEX do eletrolisador PEM.

7 ANÁLISE DE RISCO



Fonte: ONS 2010–2025; EPE; elaboração própria.

A variação anual do recurso renovável altera pouco o LCOH. A inclusão da bateria pesa muito mais.

No gráfico: acréscimo = LCOH com bateria − sem bateria; faixa = P95 − P5.

8 CONCLUSÕES

- A comparação ON-GRID × OFF-GRID mostra o trade-off entre flexibilidade, independência energética e necessidade de armazenamento.
- A variabilidade anual do recurso tem impacto pequeno sobre o LCOH, bem menor que o da bateria
- A competitividade do hidrogênio verde no Brasil ainda é limitada e depende da redução dos custos e de incentivos fiscais.