Gestão:

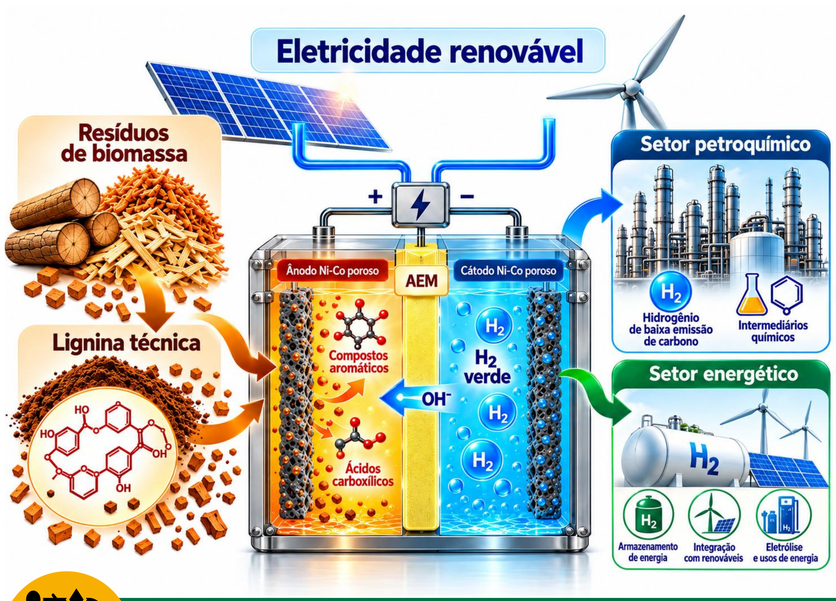
Reunião de Acompanhamento e Avaliação - RAA 2026

ENGENHARIA DE ELETRODOS Ni-Co PARA ELETRORREFINARIA DE LIGNINA ACOPLADA À PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE

Oliveira, Herbet L.[1]; Martínez-Huitle, Carlos A.; Dos Santos, Elisama V.[2]

[1]Bolsista do PRH-ANP 44/UFRN, curso de doutorado (DSC) em Engenharia Química, Natal – RN. E-mail: 2hloliveira@gmail.com

[2]Docente da Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN. E-mail: elisama.vieira@ufrn.br



Introdução

- Produção sustentável de H_2 como alternativa de interesse energético, a partir da HER (*Hydrogen Evolution Reaction*).
- Substituição da OER (*Oxygen Evolution Reaction*) por reações anódicas de maior valor agregado.
- Lignina como matéria-prima renovável, abundante e rica em estruturas aromáticas.
- Eletro-oxidação da lignina para gerar compostos aromáticos e ácidos carboxílicos, associada à produção de H_2 no cátodo.

Objetivos

- Desenvolver eletrodos porosos de Ni e Ni-Co por DHBT (*Dynamic Hydrogen Bubble Template*).
- Avaliar suas propriedades morfológicas e eletroquímicas.
- Aplicar os eletrodos na eletro-oxidação da lignina e produção de H_2.
- Avaliar a formação de produtos de valor agregado em célula AEM (*Anion Exchange Membrane*) dividida.

Metodologia

1 Processo de Eletrodeposição Dinâmico de Bolha de Hidrogênio



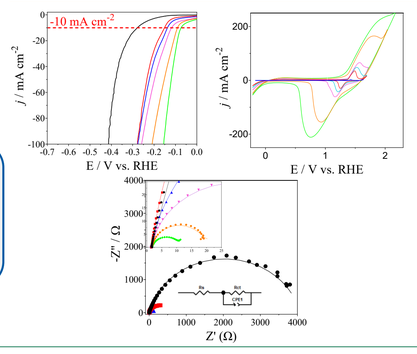
Substrato: Folha de Ni (1 cm^2)

Banho de deposição: 0,1 M $NiCl_2$ + 2 M NH_4Cl com Co (+ 0,1 M $CoCl_2$) (pH ~ 4,5)

Condições: -0,5 a -2,0 A cm^{-2} 90 s

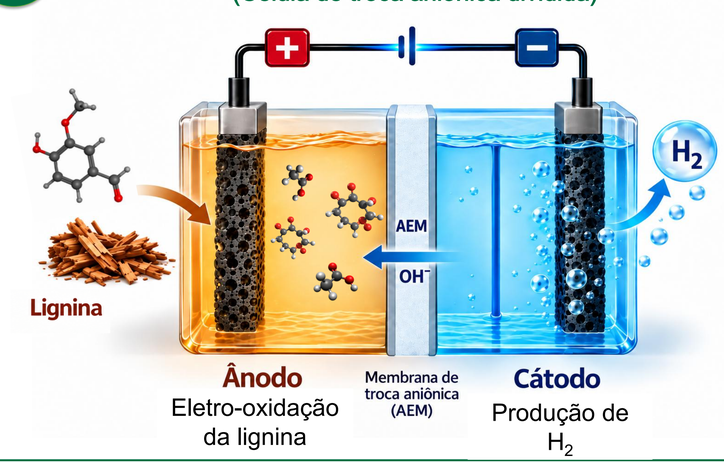
Testes eletroquímicos

- Voltametria de varredura linear
- Voltametria de varredura cíclica
- Espectroscopia de impedância
- Teste de Estabilidade



2 Eletro-oxidação da Lignina e Produção de H_2

(Célula de troca aniônica dividida)



Lignina: 500 mg L^{-1} Alkali

Eletrólito: 1 M NaOH

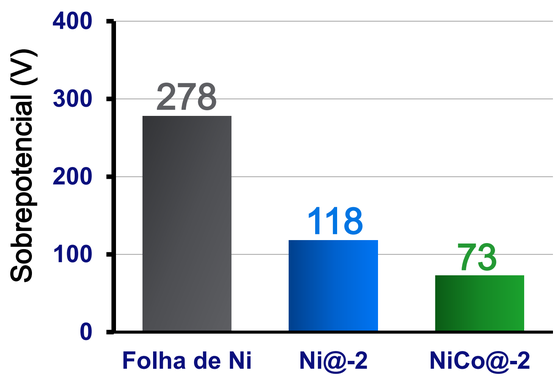
Condições: 1,5 e 3,0 V vs. RHE 4 horas

Análises: DQO, HPLC (Produtos oxidados)

Resultados

A Desempenho para HER

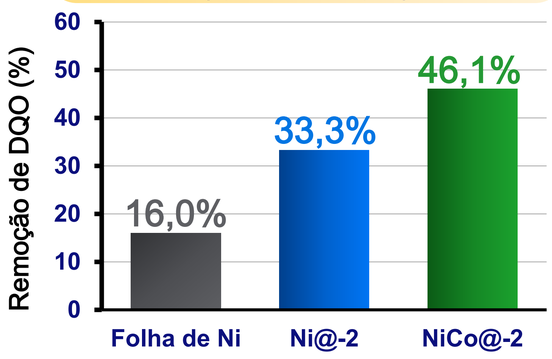
Sobrepotencial para -10 mA cm^{-2}



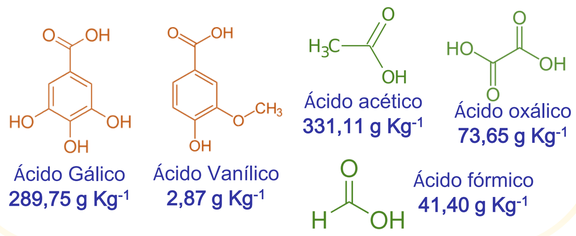
Desempenho de NiCo@-2 para HER	
η_{100}	155 mV
Inclinação de Tafel	64 mV dec^{-1}
Cdl	14,6 mF cm^{-2}
R_{CT}	10,7 Ω

B Eletro-oxidação da Lignina

Remoção de DQO em reator batelada (3,0 V vs. RHE, 4h)

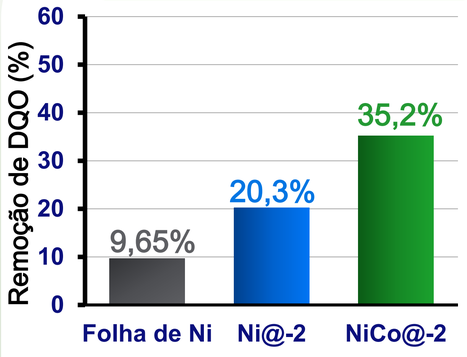


Principais Produtos (NiCo@-2)

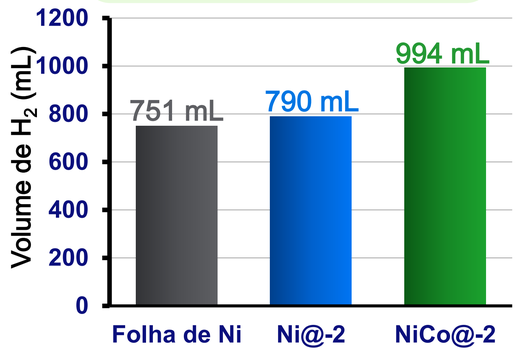


C Eletrólise Híbrida da Água

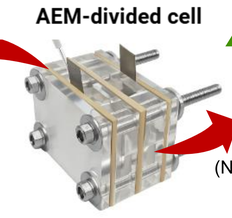
Remoção de DQO após 4 h



Volume acumulado de H_2 após 4 h



3,65x maior remoção de DQO (NiCo@-2 vs. Folha de Ni)



+32% maior produção de H_2 (NiCo@-2 vs. Folha de Ni)

Produtos na célula AEM – NiCo@-2:

- Ác. acético: 184,9 g kg^{-1}
- Ác. oxálico: 44,8 g kg^{-1}
- Ác. fórmico: 47,1 g kg^{-1}
- Ác. gálico: 97,89 g kg^{-1}
- Ác. vanílico: 2,35 g kg^{-1}

A arquitetura porosa de Ni-Co favoreceu o aproveitamento integrado do sistema, associando a conversão da lignina à geração simultânea de H_2.

Conclusões

- DHBT permitiu obter eletrodos porosos tridimensionais de Ni e Ni-Co.
- O eletrodo NiCo@-2 apresentou o melhor desempenho para HER e para a conversão eletroquímica da lignina.
- A célula AEM dividida demonstrou a viabilidade da produção integrada de H_2 com a valorização da biomassa.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Energias Renováveis – PRH-ANP 44/UFRN sob gestão da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Processo N. 2025/02723-7.

Referências

1. LI, D.; TU, J.; LU, Y.; ZHANG, B. Recent advances in hybrid water electrolysis for energy-saving hydrogen production. *Green Chemical Engineering*, v. 4, n. 1, p. 17-29, 2023. DOI: 10.1016/j.gce.2022.11.001
2. TAILORING porous Ni–Co alloy structures via dynamic hydrogen bubble templating (DHBT) using a design of experiments approach. *Journal of Materials Research and Technology*, v. 43, p. 6682-6695, 2026. DOI: 10.1016/j.jmrt.2026.07.166
3. DYNAMIC hydrogen bubble templated NiCu phosphide electrodes for pH-insensitive hydrogen evolution reactions. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, v. 6, n. 3, p. 2866-2871, 2018. DOI: 10.1021/acssuschemeng.7b02492