



Nanopartículas bimetálicas de cobalto e platina suportadas em carbono sulfonado como catalisador para a evolução de hidrogênio a partir de NH_3BH_3

Débora M. Fontes (G)^{1*}, Amanda C. Filgueiras (PG)¹, Garbas A. S. Junior (PQ)², Patrícia F. Pinheiros (PQ)¹

^{1*}debora.fontes@ufv.br; ¹patricia.pinheiro@ufv.br

¹Departamento de Química, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil, 36570-900.

RESUMO

O gás hidrogênio (H_2) é uma alternativa energética limpa, porém enfrenta limitações ligadas ao seu armazenamento e transporte por ser um gás altamente explosivo. Uma rota promissora para se obter H_2 é a hidrólise do borano de amônia (NH_3BH_3), embora de cinética lenta, o que exige catalisadores eficientes. Neste trabalho, foi sintetizado um nanocatalisador bimetálico de Co/Pt suportado em carbono sulfonado obtido da biomassa de *Salix babylonica*. O suporte foi preparado por sulfonação hidrotermal, seguido da deposição dos metais por redução com NaBH_4 . As caracterizações FT-IR, BET, Potencial ZETA, MEV/EDS confirmaram a deposição bimetálica e o aumento da área superficial (0,483 para 27,547 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$). O catalisador apresentou HGR máximo de 14250 $\text{mL min}^{-1} \text{g}^{-1}$ na proporção 80% Co:20% Pt na temperatura ambiente, além de boa estabilidade de rendimento em 10 ciclos. Assim, o Co/Pt-CS mostra-se eficiente e sustentável para produção de H_2 limpo.

Palavras-chave: gás hidrogênio, nanopartículas bimetálicas, carbono sulfonado, borano de amônia.

Introdução

O aumento expressivo da emissão de gases de efeito estufa (GEEs) na atmosfera tem contribuído significativamente para o aquecimento global. Dentre as principais fontes responsáveis por essa liberação, destaca-se a queima de combustíveis fósseis. Nesse contexto, o gás hidrogênio (H_2) surge como uma alternativa energética promissora para diminuir as emissões desses poluentes. Porém, o uso do H_2 enfrenta desafios relacionados ao seu armazenamento e transporte, devido à sua alta inflamabilidade e baixa densidade. Como estratégia para contornar essas limitações, o hidrogênio pode ser obtido a partir da hidrólise de uma espécie sólida, como o borano de amônia (NH_3BH_3) (1). No entanto, essa reação apresenta uma cinética lenta, exigindo o uso de nanocatalisadores para acelerar a taxa de geração de hidrogênio (HGR, do inglês “Hydrogen Generation Rate”) (2). Diante disso, o objetivo deste estudo foi sintetizar um nanocatalisador bimetálico à base de cobalto (Co) e platina (Pt), suportado em carbono sulfonado (CS), obtido a partir da biomassa residual resultante da extração do óleo essencial da planta *Salix babylonica*.

Experimental

Síntese do suporte carbono sulfonado

O suporte foi obtido a partir da extração do óleo essencial das folhas residuais da planta *Salix babylonica* e, em seguida, realizou-se a reação de sulfonação utilizando o processo hidrotermal.

Síntese das nanopartículas e evolução de H_2

As nanopartículas foram sintetizadas a partir da combinação do suporte com os sais precursores de Pt e Co, usando o NaBH_4 como agente redutor. Para a evolução de gás hidrogênio, transferiu-se o catalisador para um tubo Schlenk e então foi adicionada a solução de NH_3BH_3 no meio reacional. Utilizando-se um sistema próprio para geração de H_2 , o qual foi constituído por uma bureta conectada ao tubo Schlenk como mostrado na Figura 1, a produção em volume de H_2 a cada 10 segundos de reação foi monitorada. Com os dados coletados, foi possível determinar o parâmetro HGR e medir a eficiência do catalisador.

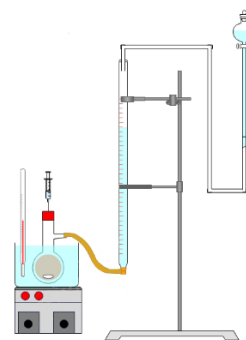


Figura 1. Sistema de Evolução de H_2 .



Resultados e Discussão

Os materiais obtidos foram caracterizados por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR), análise da área superficial por adsorção de N_2 (método BET), potencial ZETA e microscopia eletrônica de varredura acoplada à espectroscopia de energia dispersiva (MEV/EDS). A partir das caracterizações, constatou-se a deposição dos metais na superfície do suporte CS e notou-se uma elevação na área superficial específica após a incorporação das nanopartículas sobre o suporte, passando de $0,483 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ no caso do suporte CS para $27,547 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ no caso das CS contendo as nanopartículas bimetálicas de Co e Pt. A Figura 2 apresenta os resultados da evolução de H_2 em função da variação na razão bimetálica Co/Pt. O HGR foi utilizado como parâmetro para a seleção da melhor composição catalítica, sendo observado um valor máximo de $14250 \text{ mL min}^{-1} \text{ g}^{-1}$ para a proporção 80% Co : 20% Pt, em temperatura ambiente.

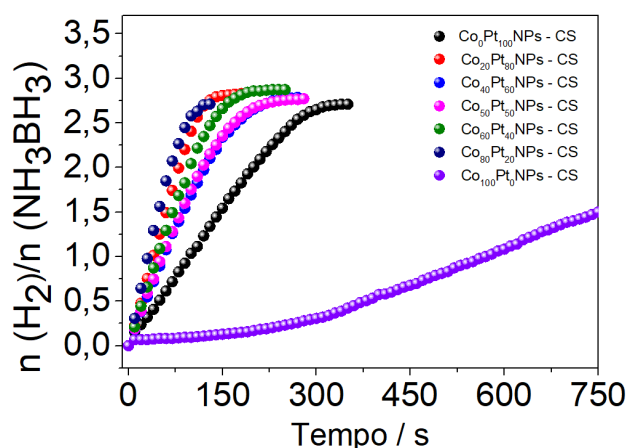


Figura 2. Evolução de H_2 a partir de NH_3BH_3 para diferentes composições bimetálicas Co/Pt-NPs suportadas em CS.

A Tabela 1 informa os parâmetros otimizados durante o estudo catalítico, bem como as melhores condições obtidas. Após a otimização do nanocatalisador, foram avaliadas sua durabilidade e capacidade de reuso, verificando-se a manutenção do rendimento reacional ao longo de 10 ciclos consecutivos.

Tabela 1. Relação entre os parâmetros estudados e as melhores condições.

Parâmetro	Faixa Estudada	Valor Ótimo
T (°C)	20-50	50
[NaOH] (mol mL^{-1})	0,00-0,20	0,00
[NH_3BH_3] (mol mL^{-1})	0,35-0,56	0,56
Dosagem (%)	1-4	4

Conclusões

Um novo e promissor nanocatalisador foi produzido para a evolução de H_2 a partir de borano de amônia, tendo um elevado HGR de aproximadamente $14250 \text{ mL min}^{-1} \text{ g}^{-1}$, em temperatura ambiente, e boa estabilidade, com rendimento estável em 10 ciclos comparado com a literatura (2) (3). Além disso, o nanocatalisador foi sintetizado com baixas concentrações de sais de Pt, diminuindo o custo de produção e também reaproveitando a biomassa residual de processos orgânicos. Dessa forma, Co/Pt-CS nas composições 80% Co: 20% Pt apresenta-se como um catalisador promissor para a produção limpa e eficiente de H_2 , contribuindo para o avanço de tecnologias energéticas alternativas e de baixo impacto ambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPEMIG (RED-00144-22, APQ-0008321 e APQ-03113-22) e CNPq (405828/2022-5).

Referências

1. J. Liu; W. Zhang; M. Gou; Y. Zhao; J. Wanga; X. Li; J. Li, *Journal of Alloys and Compounds*. **2025**, 1037, 182122.
2. U. M. Demirci, *International Journal of Hydrogen Energy*. **2017**, 42, 9978-10013.
3. I. B. Isik; K. Dogan; H. H. Isik; A. Ekicibil; F. Karadag. *Materials Science and Engineering*. **2024**, 300, 117081.