

SUSTENTABILIDADE DE HIDRÓXIDOS DUPLOS LAMELARES DE Mg_xAl-CO_3 , X= 2 E 3: AVALIAÇÃO DE CUSTO.

Lucas Vieira de Souza¹
João Mario Neto Brito²
Rayane Souza Soares³
Luiza Cristina de Moura⁴
Jussara Lopes de Miranda⁵

Química Ambiental

Resumo

Atualmente existem diversos materiais que podem desempenhar várias funções em nossa sociedade, sendo um deles o Hidróxido Duplo Lamelar (HDL) que possui diversas aplicações, como por exemplo, no tratamento de água e na captura de gases estufa. Com isso, é necessário realizar a avaliação energética e econômica de sua produção de forma a estudarmos seu custo com matérias-primas, transporte e energia. Logo, o objetivo deste trabalho é realizar a avaliação energética e econômica da produção de Hidróxidos Duplos Lamelares de Mg_xAl-CO_3 , $x=2$ e 3 obtidos pelo método de coprecipitação produzidos com pH não controlado e a pH 8,5, de forma a destacar as principais contribuições para seu custo e consumo de energia relacionados a sua síntese. Por meio deste estudo, nota-se a maior contribuição para o custo da síntese são os sais de nitrato, por serem importados e necessitarem de um alto grau de pureza, seguido pelo consumo de energia. Logo, de forma a torná-lo economicamente mais atraente e sustentável, melhorias em relação ao projeto precisam ser tomadas de forma a baratear sua síntese, além disso uma maior eficiência energética dos equipamentos utilizados na síntese junto ao desenvolvimento de uma matriz energética mais limpa contribuiria benéficamente ao processo e ao ambiente.

Palavras-chave: HDL; Coprecipitação; Impacto; Hidrotalcita.

¹Aluno do Curso de Graduação em Química com Atribuições Tecnológicas, UFRJ, departamento de química inorgânica, lvsouza1999@gmail.com.

²Aluno do Curso de Graduação em Química com Atribuições Tecnológicas, UFRJ, departamento de química inorgânica, joamarioneto.brito@gmail.com.

³Aluna do Curso de Graduação em Química com Atribuições Tecnológicas, UFRJ, departamento de química inorgânica, rayanesouzasouares55@gmail.com.

⁴Prof. Dr. UFRJ – Departamento de Química Inorgânica, lcmoura@acd.ufrj.br

⁵Prof. Dr. UFRJ – Departamento de Química Inorgânica, jussara@iq.ufrj.br

INTRODUÇÃO

Os Hidróxidos Duplo Lamelares (HDL), também conhecidos como argilas aniônicas, são compostos que possuem diversas aplicações em nossa sociedade, inclusive aplicações voltadas para a conservação do meio ambiente como por exemplo na captura de gases estufa, no tratamento de gases e na produção de hidrogênio, sendo este utilizado para produção de energia (GAINI, 2009; LIN, 2015). Tanta aplicabilidade desses materiais se justifica por propriedades vantajosas, com os HDL possuindo alta área superficial, alta estabilidade térmica e química, uma grande quantidade de sítios básicos que são fundamentais para a adsorção de CO₂, além de serem compostos bastante baratos de serem produzidos e estão altamente disponíveis no mercado (BUKHTIYAROVA, 2019; BHATTA, 2015).

Os HDL são materiais semelhantes à hidrotalcita, formado por lamelas constituídas por uma mistura de cátions di e trivalentes, e intercaladas com ânions. Com isso, as sínteses desses materiais podem ser realizadas com diversas opções de cátions e ânions, sendo utilizada a seguinte fórmula geral para identificar a composição desses materiais: $[M^{2+}_{1-x}M^{3+}_x(OH)_2]^{x+}A^{m-}_{x/m} \cdot nH_2O$, sendo M²⁺ referente ao cátion divalente (Mg²⁺, Zn²⁺, Ni²⁺, etc.), M³⁺ ao cátion trivalente (Al³⁺, Cr³⁺, Fe³⁺, etc.), A^{m-} ao ânion intercalado (CO₃²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, etc.) e x referente a razão molar entre os cátions utilizados M²⁺/M³⁺ (MOURA, 2001).

No entanto, mesmo apresentando ótimas características e sendo um bom candidato para inúmeras funções, é necessário avaliar a sustentabilidade dos HDL. Logo, este trabalho tem como objetivo a avaliação energética e econômica da produção de HDL de Mg_xAl-CO₃ nas razões molares de 2 e 3, pelo método de coprecipitação, mantendo o pH constante em 8,5 ou não o controlando.

METODOLOGIA

Os HDL foram obtidos pelo método de coprecipitação, que consiste na adição de uma solução de metais di e trivalentes, com Mg²⁺/Al³⁺ = 2 e 3, em uma solução alcalina de Na₂CO₃, sendo realizada a pH não controlado e a pH 8,5.

Realização



INSTITUTO FEDERAL
Sul de Minas Gerais
Campus Muzambinho



INSTITUTO FEDERAL
Sudeste de Minas Gerais
Campus Santos Dumont

Apoio Institucional



- **Síntese a pH não controlado**

Foi adicionada lentamente e sob agitação uma solução de $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ e $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ em uma solução de NaOH e Na_2CO_3 . Em seguida, a mistura é posta em digestão por 18 a 22 horas a $76^\circ C$, filtrada, lavada até pH 7 com água destilada e seca a $100^\circ C$ por 24 horas seguidas por 4 horas a $120^\circ C$ (Fig. 1a).

- **Síntese a pH 8,5**

Em pH 8,5, a solução de NaOH e Na_2CO_3 é adicionada simultaneamente a solução de nitratos com o auxílio de um titulador automático para que o pH desejado seja mantido, sendo feita esta adição de forma lenta e sob agitação. Após a adição, o método segue as mesmas etapas que a síntese em pH não controlado (Fig. 1b).

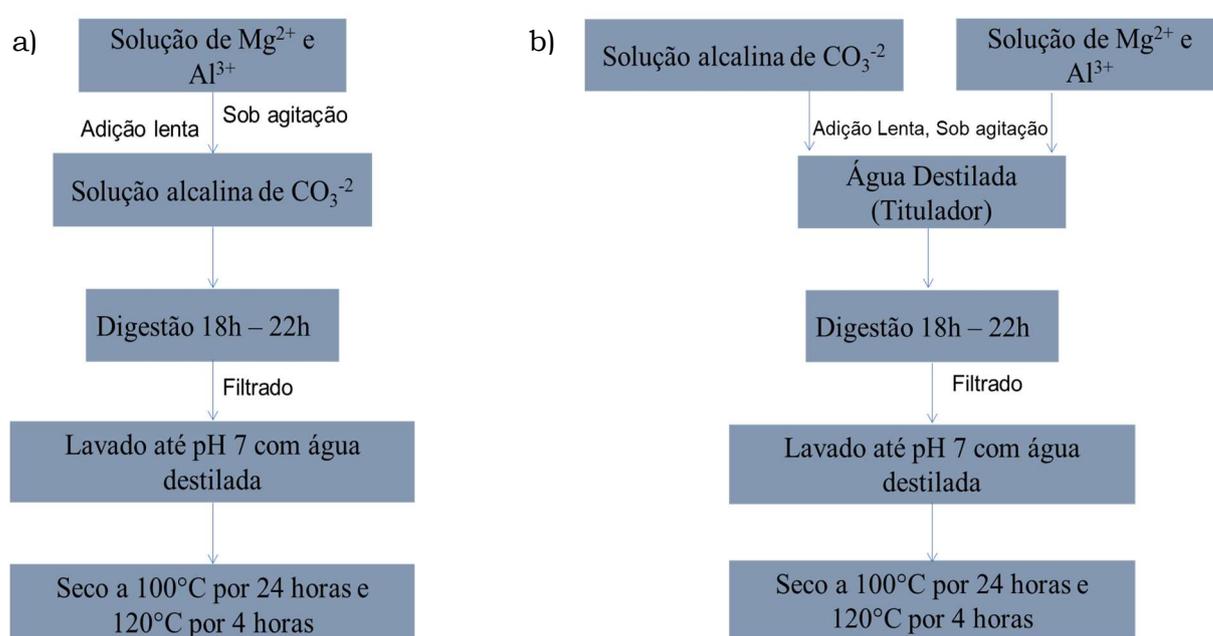


Figura 1: Fluxograma das sínteses dos HDL Mg_xAl-CO_3 : a) pH não controlado b) pH 8,5.

- **Avaliação de Custo**

Para avaliarmos o impacto econômico que a metodologia utilizada causa, utilizou-se dados da base Ecoinvent 3.7v, a qual apresenta dados da indústria brasileira e internacional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram gerados resultados sobre o custo de reagentes ($Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, $Al(NO_3)_3$

. $9\text{H}_2\text{O}$, NaOH e Na_2CO_3) e água para a produção de HDL (Fig 2). O gráfico apresentado na Figura 2 demonstra a elevada participação dos sais de nitrato utilizados no custo de produção do HDL. Isso é observado devido ao fato desses materiais serem importados e demandarem alto grau de pureza, sendo necessário considerar custos de transporte, que geralmente é realizado por navios e assim gerando o consumo de óleo combustível que são poluentes, e o investimento em equipamentos mais sofisticados para atender as demandas de pureza dos sais.

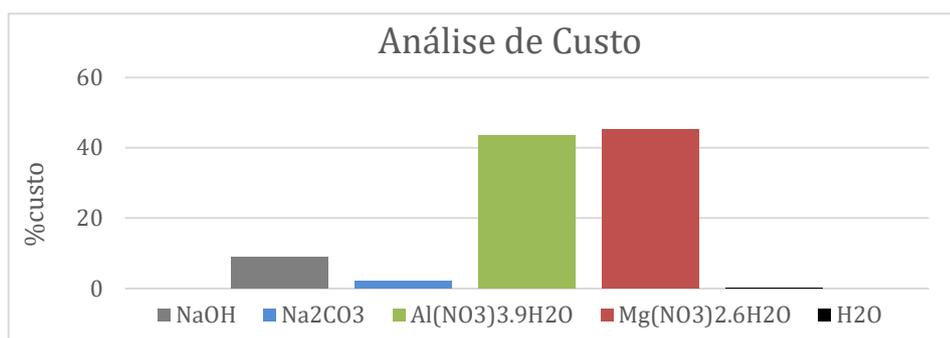


Figura 2: Análise de custo dos reagentes na síntese dos HDL

Do ponto de vista energético, a principal diferença é a utilização do titulador automático na etapa de precipitação. Desta forma, o emprego deste equipamento contribui com o acréscimo de 45% no custo comparado com o procedimento que apenas usou da placa de aquecimento. Este custo está relacionado com o valor da energia no Brasil, onde com a recente crise hídrica, houve a necessidade do uso de energia a partir de usinas termoeletricas que além de serem mais caras utilizam combustíveis fósseis como matéria prima (Fig. 3).

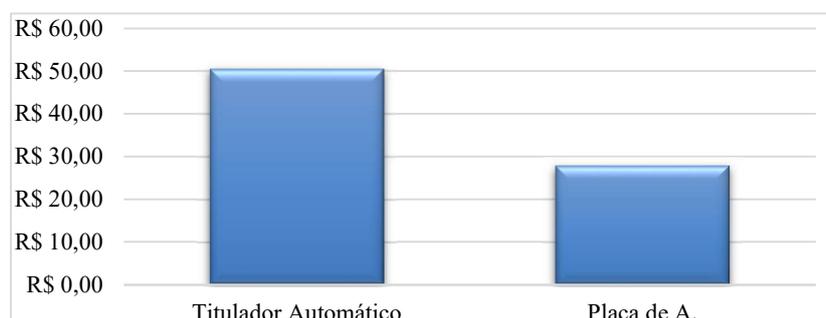


Figura 3: Custo da energia utilizada nas sínteses em pH 8,5 e não controlado

CONCLUSÕES

Os Hidróxidos Duplos Lamelares possuem propriedades vantajosas para a sua aplicação em diversas frentes de defesa ao meio ambiente. Contudo, de forma a torná-lo economicamente mais atraente e sustentável, melhorias em relação a aquisição de seus reagentes para sua extração, refino e transporte são necessárias de forma a baratear esse processo, além do aumento da eficiência energética dos equipamentos utilizados na síntese junto ao desenvolvimento de uma matriz energética mais limpa contribuiria benéficamente ao processo e ao ambiente.

REFERÊNCIAS

- BHATTA, L. K. G. *et al.* Progress in hydrotalcite like compounds and metal-based oxides for CO₂ capture: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 103, p. 171-196, 2015.
- BUKHTIYAROVA, M. V. A review on effect of synthesis conditions on the formation of layered double hydroxides. **Journal of Solid State Chemistry**, v. 269, p. 494-506, 2019.
- CREPALDI, Luis Eduardo; VALIM, João Barros. Hidróxidos duplos lamelares: síntese, estrutura, propriedades e aplicações. **Química Nova**, Ribeirão Preto, v. 3, n. 21, p. 300-311, 1997.
- GAINI, L. El *et al.* Removal of indigo carmine dye from water to Mg–Al–CO₃-calcined layered double hydroxides. **Journal of Hazardous Materials**, v. 161, n. 2-3, p. 627-632, 2009.
- LIN, Xingyi *et al.* Carbon dioxide reforming of methane over Ni catalysts prepared from Ni–Mg–Al layered double hydroxides: influence of ni loadings. **Fuel**, v. 162, p. 271-280, dez. 2015.
- MENDES, Natalia Crespo *et al.* Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos. **Production**, v. 26, n. 1, p. 160-175, 2015.
- MOURA, Luiza Cristina de. **Intercalação de Polioxometalatos em Hidróxidos Duplos Lamelares**. 2001. 119 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Departamento de Química Inorgânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- RADHA, S.; NAVROTSKY, A. Energetics of CO₂ Adsorption on Mg–Al Layered Double Hydroxides and Related Mixed Metal Oxides. **The Journal of Physical Chemistry C**, v. 118, n. 51, p. 29836-29844, 2014.
- ROCHA, Cláudio *et al.* Doping of hydrotalcite-based sorbents with different interlayer anions for CO₂ capture. **Separation And Purification Technology**, v. 235, p. 116140, 2020.

Realização



INSTITUTO FEDERAL
Sul de Minas Gerais
Campus Muzambinho



INSTITUTO FEDERAL
Sudeste de Minas Gerais
Campus Santos Dumont



INSTITUTO FEDERAL
Sudeste de Minas Gerais
Campus Santos Dumont

Apoio Institucional

