

Transformação Circular: Pirólise Catalítica de resíduos de embalagens plásticas utilizando resíduo de CaO como catalisador baixo custo

Emily Chayane Costa dos Santos¹, Gislane Pinho de Oliveira^{*1,2}, Edyjanleide Rodrigues da Silva¹, Dulce Maria de Araújo Melo¹, José Luiz Francisco Alvez¹ e Renata Martins Braga¹

¹Laboratório de Tecnologia Ambiental, UFRN, Natal. gislaneoliveira@gmail.com.

²Coordenação do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, UFMA, Balsas-MA.

Resumo/Abstract

RESUMO - A proposta visa oferecer uma solução de baixo custo e sustentável para aproveitar o resíduo de gesso (RG), subproduto da construção civil como catalisador na pirólise de resíduos de embalagens plásticas (REB). A pirólise catalítica do REB com RG foi realizada em um micropirólizador PY-GC/MS a 650°C com leito catalítico a 500°C. Observou-se a formação significativa de hidrocarbonetos alifáticos cíclicos na pirólise catalítica, comparada à térmica, que agregam valor ao óleo pirolítico final. Os resultados demonstram que o catalisador favorece a quebra de cadeias poliméricas e possibilita a síntese de frações de querosene e hidrocarbonetos cíclicos. Essa abordagem se alinha com a economia circular, sustentabilidade e as ODS 7,9 11 e 13. *Palavras-chave:* resíduo de gesso, resíduo de embalagens plásticas, pirólise catalítica

ABSTRACT – This work aims to offer a low-cost, sustainable solution by utilizing gypsum residue (GR), a byproduct of the construction industry, as a catalyst for the pyrolysis of plastic packaging waste (PPW). Catalytic pyrolysis of PPW using GR was carried out in a PY-GC/MS micro-pyrolyzer at 650 °C, with a catalytic bed maintained at 500 °C. A significant formation of cyclic aliphatic hydrocarbons was observed in catalytic pyrolysis compared to thermal pyrolysis, enhancing the value of the resulting pyrolytic oil. The results demonstrate that the catalyst promotes polymer chain cracking and enables the synthesis of kerosene-range and cyclic hydrocarbon fractions. This approach aligns with circular economy, Sustainability, and SDGs 7,9 11 and 13.

Keywords: gypsum residue, plastic packaging waste, catalytic pyrolysis

Introdução

A gestão de resíduos plásticos, especialmente de embalagens pós-industriais e pós-consumo, representa um desafio ambiental crescente devido à sua persistência na natureza e à baixa taxa de reciclagem mecânica viável, sobretudo quando materiais são heterogêneos.

A pirólise, tanto térmica quanto catalítica, constitui-se como uma rota promissora de reciclagem terciária, permitindo a conversão de polímeros em frações de alto valor, tais como combustíveis e insumos petroquímicos [1]. O emprego de catalisadores é fundamental para craqueamento das longas cadeias poliméricas, a fim de reduzir a temperatura de operação, consumo energético e custos operacionais.

Os resíduos de gesso, abundantes em setores de construção civil podem ser reaproveitados como catalisadores sustentáveis aplicando tratamentos térmico simples obtêm-se catalisadores à base de CaO com boa atividade para pirólise [2]. A utilização de resíduo de gesso como catalisador de baixo custo é uma estratégia que valoriza resíduos da construção, reduzindo o descarte e aderindo a princípios de economia circular e da sustentabilidade. Assim, este trabalho visa investigar a aplicação de resíduo

de gesso como catalisador na pirólise catalítica de resíduos de embalagens plásticas.

Experimental

Materiais

O resíduo de gesso proveniente do setor de construção civil, foi tratado termicamente em um mufla a 850°C, em atmosfera de ar estagnado, por 3h a fim de remover impurezas e promover estabilidade térmica, denominado RG. O resíduo pós-industrial de embalagens plásticas derivados de filmes multicamadas à base de polietileno (REB) com barreira à base de álcool polivinílico, foram obtidos de uma empresa de embalagens plásticas localizada em Parnamirim-RN. O resíduo foi cortado uniformemente em quadrados de 1 mm². Mais informações sobre o REB estão disponíveis na literatura [2].

Pirólise catalítica

A pirólise flash foi conduzida utilizando o micropirólizador modelo 5200 HP-R (CDS Analytical, Oxford-PA, EUA), no qual um filamento de platina com aquecimento resistivo é controlado por computador. O material foi pirolisado a 650 °C dentro de um tubo de quartzo com uma taxa de aquecimento de 10 °C·ms⁻¹ e tempo de residência de 20 s. Os vapores resultantes da

pirólise flash foram transportados por N₂ de alta pureza, com fluxo de 50 mL·min⁻¹. Na pirólise catalítica, esses vapores foram direcionados para um leito catalítico aquecido a 500 °C contendo o catalisador resíduo de gesso. Em seguida, os vapores foram encaminhados para uma armadilha Tenax e posteriormente analisados por CG/EM. O experimento foi realizado com razão plástico:catalisador de 1:5.

Resultados e Discussão

O REP possui um poder calorífico de 42,89 MJ/kg e é composto por 81,74% de C e 12,59% de H [2]. Segundo os resultados obtidos por FRX, o RG calcinado possui 85% de Ca expresso na forma de óxido (CaO), óxido conhecido por seu potencial para catalisar a conversão do REP em combustíveis alternativos, de acordo com a Tabela 1.

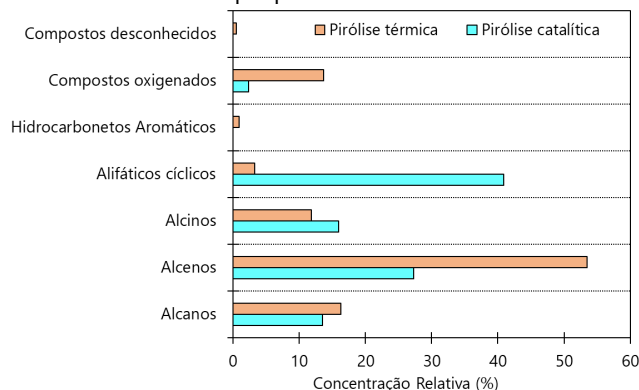
Tabela 1. Composição química do resíduo de gesso (RG) obtido por FRX.

	CaO	SO ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
RG	85%	8,97%	3,15%	1,21%	-

A Figura 1 apresenta a classificação dos compostos presentes na fração volátil condensável dos produtos da pirólise flash térmica e catalítica do REP. O catalisador foi eficiente na remoção dos compostos oxigenados, reduzindo seu percentual relativo em 4,7 vezes. A redução do teor de compostos oxigenados é desejada para obter um bio-óleo mais estável, de maior densidade energética, menor acidez e corrosividade, tornando-se mais compatível com refinarias convencionais.

Também demonstrou seletividade para obtenção de alifáticos cíclicos, aumentando o percentual relativo em 12,4 vezes. Hidrocarbonetos cíclicos alifáticos podem ser usados como compostos precursores na indústria petroquímica [3].

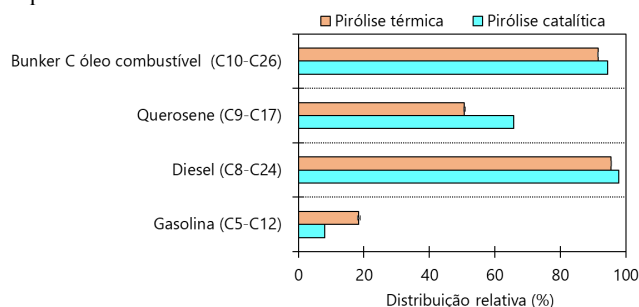
Figura 1. Classificação dos compostos identificados nos produtos voláteis condensáveis após pirólise flash do REP.



A Figura 2 a distribuição do número de cadeias de carbono identificados na fração volátil condensável dos produtos da pirólise flash térmica e catalítica do REP. O

RG aumentou a seletividade em 1,3 vezes para obtenção de hidrocarbonetos na faixa de querosene (C9-C17) ao passo que reduziu em 2,3 vezes a seletividade para hidrocarbonetos na faixa da gasolina (C5-C12). Estudos apontam que o CaO craqueam os hidrocarbonetos acima de C12, aumentando a distribuição relativa de compostos na faixa da gasolina [2]. Entretanto, neste trabalho este comportamento não foi observado. Reações de ciclização e desoxigenação promovidas pelo CaO presente no RG foram mais intensas que as reações de craqueamento e aromatização.

Figura 2. Teor relativo de hidrocarbonetos baseados na distribuição do número de carbono das categorias de combustíveis líquidos.



Conclusões

A pirólise catalítica de resíduos de embalagens plásticas, utilizando como catalisador resíduo de gesso apresentou maior seletividade para produção de hidrocarbonetos alifáticos cíclicos e hidrocarbonetos na faixa do querosene, em relação à pirólise térmica.

Dessa forma, o uso de resíduo de gesso como catalisador de baixo custo sustenta uma rota promissora sustentável para a reciclagem energética de plásticos, com direcionamento seletivo para querosene e hidrocarbonetos cíclicos de valor agregado, contribuindo para as ODS 7 (energia limpa), 9 (infraestrutura), 11 (consumo e produção responsáveis) e 13 (ação contra mudanças climáticas).

Agradecimentos

Ao LabTam/UFRN pela infraestrutura e ao CNPq (307433/202-0 e 407862/2022-6).

Referências

- [1] D. Almeida, M. de F. Marques, Polímeros. 26 (2016) 44–51. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.2100>.
- [2] J.L.F. Alves, E.R. da Silva, J.O. de D. Junior, J. de A.O. Marques, L.N.R. Silva, D.M. de A. Melo, R.M. Braga, Chem. Eng. Sci. 304 (2025) 121040..
- [3] D. V. Suriapparao, A. Yerrayya, G. Nagababu, R.K. Guduru, T.H. Kumar, Bioresour. Technol. 318 (2020) 124277.