

GLICÓLISE DE PET VIA MICRO-ONDAS CATALISADA POR NANOTUBO DE TITANATO

ANANDA RAMIRES DAS NEVES STIGGER¹; TIAGO VIDALETTI²; WESLEY MONTEIRO³; MARIO LUCIO MOREIRA⁴; ROSANE LIGABUE⁵

¹ Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul– anandaramires@gmail.com

² Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – tiago.vidaletti@edu.pucrs.br

³ Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – wesley.monteiro@edu.pucrs.br

⁴ Universidade Federal de Pelotas – mlucio3002@gmail.com

⁵Nome da Instituição do Orientador – rligabue@pucrs.br

1. INTRODUÇÃO

O Poli tereftalato de etileno (PET) é um polímero muito utilizado atualmente, ele apresenta características importantes e relevantes para diversas aplicações, como por exemplo na indústria alimentícia. As garrafas PET são utilizadas como embalagens de refrigerantes, água, sucos e outros, são leves, facilitando o transporte, apresentam baixo custo para sua produção. Entretanto, o descarte inadequado deste material vem acarretando sérios problemas ambientais, quando descartados de forma inapropriada, sendo uma das principais fontes de poluição dos oceanos.

A reciclagem do PET vem crescendo nos últimos anos, segundo a Associação Brasileira da Industria PET (ABIPET) em 2021 o Brasil atingiu um índice de 56,4% de embalagens de PET recicladas descartadas pela população, obtendo um aumento de 15,4% em relação ao ano de 2019. Existe três tipos de reciclagem de PET, são elas: a reciclagem mecânica, a reciclagem energética e a reciclagem química [1]. No processo de reciclagem mecânica ocorre a separação dos rótulos das embalagens e a garrafa é processada em um processo de moagem obtendo flakes, ou seja, o próprio material (PET) picado, já o processo de reciclagem energética ocorre pela incineração do PET, transformando a energia térmica proveniente da queima do material em energia elétrica e por fim, a reciclagem química é o tipo de reciclagem mais atrativos dentre eles, neste processo obtém-se a materiais prima (monômeros) necessária para criação de produtos totalmente novos, ou seja, livre de contaminação, um dos principais problemas encontrados em materiais reciclagens, impossibilitando serem utilizados na indústria alimentícia novamente.

Deste modo a pesquisa em reciclagem química vem ganhando notoriedade, ela pode ser dividida em metanolise, hidrólise, aminólise amonólise e glicólise, cada um destes processos obtém seus respectivos monômeros. No processo de glicólise utiliza-se etileno glicol e o PET na reação e o resultado do processo é o Tereftalato de bis-hidroxietila (BHET), com este monômero, através do processo de repolimerização, forma-se o PET virgem novamente (rPET), no entanto, este processo é lento. Para acelerar o processo de glicólise utiliza-se um catalisador, o mais utilizado na literatura é o acetato de zinco, mas outros catalisadores já vêm sendo relatados, como por exemplo, o Nanotubo de Titanato (TNT) [2].

Este trabalho tem como objetivo avaliar o tempo de reação da glicólise de PET via micro-ondas utilizando o Nanotubo de Titanato como catalisador do processo.

2. METODOLOGIA

A fim de obter o Nanotubo de Titanato utilizou-se o método adaptado de Kasuga. Adicionou-se em um bêquer 1,5 g de dióxido de titânio em 120ml de solução de hidróxido de sódio 10 mol/l, a solução permaneceu sob agitação magnética por 30 minutos à temperatura ambiente, após decorrido o tempo, a suspensão foi transferida para um reator de aço inox do tipo autoclave, este reator permaneceu por 72 horas à 135 °C em uma estufa. Para finalizar, o precipitado foi lavado diversas vezes com água destilada, para neutralizar o pH e seco na estufa por 24 horas à 85 °C. Caracterizações estruturais e morfológicas foram realizadas para verificação da obtenção do material desejado.

Para glicólise de PET em um bêquer colocou-se 5g de pellets de PET virgem, 20 g de EG e 17 mg de catalisador, utilizando uma ração de EG/PET de 4:1 e PET/catalisador de 300:1, já utilizada na literatura [3], onde permaneceu sob agitação por 15 minutos, logo após transferiu-se para um reator autoclave onde permaneceu sob irradiação magnética por 1h, 2hs, 3hs 4hs à 198°C com taxa de aquecimento de 10 °C/min. Por fim, transferiu-se o meio reacional para um bêquer e acrescentou aproximadamente 100 ml de água quente, o PET não despolimerizado e o catalisador foram separados do produto (BHET) por meio de filtração à vácuo, para este processo utilizou-se um finil de Büchner. O líquido resultante foi armazenado por 72h à 6 – 10 °C para a formação dos cristais de BHET e então, filtrado a vácuo. O material obtido permaneceu na estufa por 24 horas à 60 °C para secar. Avaliou-se a conversão (c) e o rendimento (x) em BHET da glicólise de PET utilizando as seguintes equações, respectivamente:

$$c = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100\% \quad (1)$$

$$x = \frac{m_{BHET,f}/MM_{BHET}}{m_{PET,i}/MM_{PET}} \times 100\% \quad (2)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar a estrutura cristalina do Nanotubo de Titanato utilizou-se a técnica de Difração de Raio-X. A Figura 1 mostra o difratograma obtido, onde observa-se picos característicos do material, localizados em $2\theta = 10^\circ$, 24° , 28° , 48° e 62° . A estrutura interlamelar do TNT é representada pelo pico localizado em $2\theta = 10^\circ$, estando de acordo com a literatura [2].

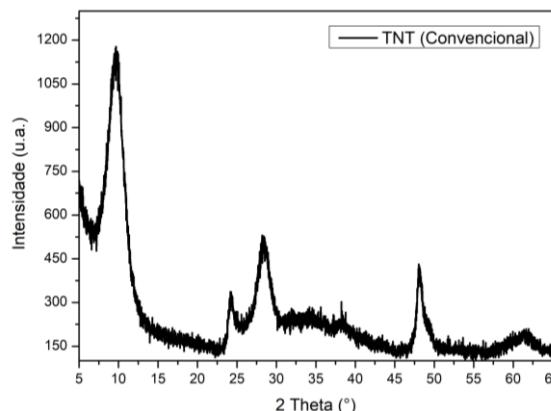


Figura 1. Difratograma do Nanotubo de Titanato

Para melhor visualização da formação dos TNTs e avaliar a formação interlamelar utilizou-se a técnica de Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM). A Figura 2 (A) apresenta a imagem obtida pela técnica, fazendo uma ampliação da região indicada, Figura 2 (B) pode-se observar a formação de uma estrutura lamelar de múltiplas camadas nas paredes do Nanotubo de Titanato, o diâmetro interno do nanotubo é de aproximadamente $8,5 \text{ nm} \pm 1,3 \text{ nm}$, estando de acordo com a literatura [2].

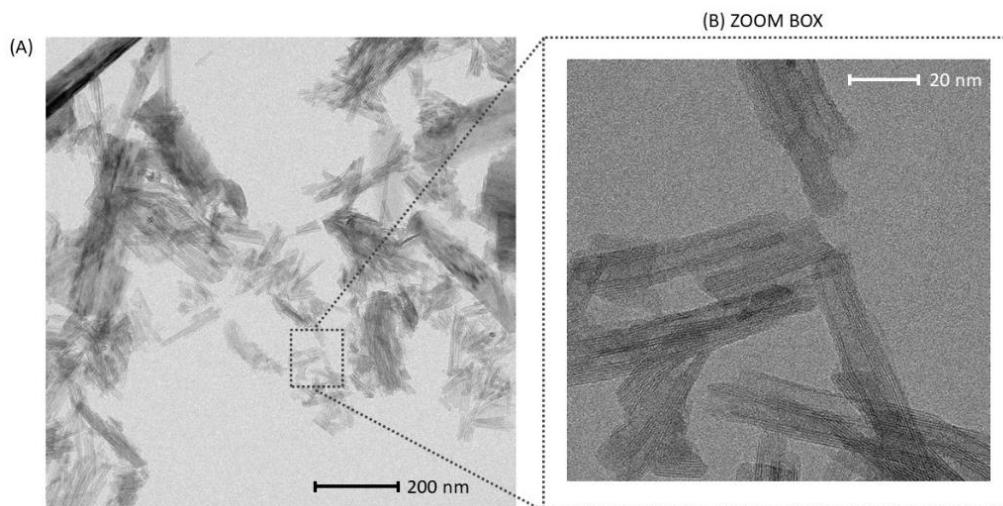


Figura 2. (A) Microscopia Eletrônica de Transmissão do Nanotubo de Titanato (B) Ampliação da região indicada.

A Figura 3 apresenta o espectro de Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) do TNT. O espectro apresenta bandas características do TNT, em 3400 cm^{-1} refere-se as vibrações dos grupos hidroxilos provenientes das ligações Ti-OH, em 1640 cm^{-1} refere-se à vibração da molécula de água e por fim, em 930 cm^{-1} refere-se as vibrações da ligação Ti-O.

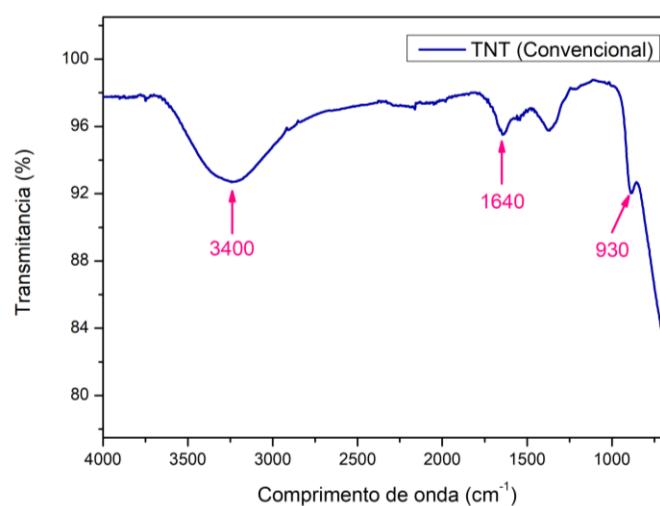


Figura 3. Espectro de FTIR do TNT.

A Figura 4 mostra os resultados de rendimento da glicólise de PET via micro-ondas utilizando Nanotubo de Titanato como catalisador.

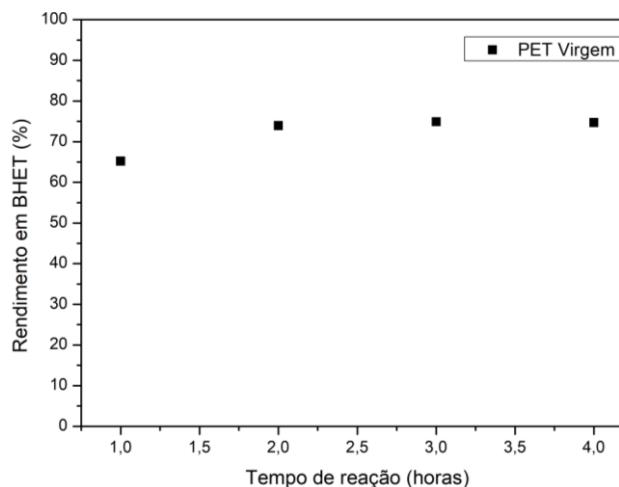


Figura 4. Rendimento em BHET obtido por glicólise de PET via micro-ondas.

Observa-se que a partir de 1 hora de reação já ocorre a conversão total do PET e seu rendimento varia entre 65,2 % à 74,9 %, descrito na Tabela 1. Mostrando que este método é eficiente na conversão de PET e apresenta redução de tempo de reação, quando comparado com os métodos tradicionais de glicólise.

PET	Tempo (h)	C (%)	X (%)
Virgem	1	100	65,2
	2	100	73,9
	3	100	74,9
	4	100	74,1

Tabela 1. Resultados de conversão e rendimento em BHET obtidos pelo processo de glicólise de PET via micro-ondas.

4. CONCLUSÕES

Deste modo, pode-se concluir que através da síntese ocorreu a formação de Nanotubos de Titanato e o material apresentou boas características catalíticas quando utilizado na glicólise de PET via micro-ondas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABIPET, A. B. DA I. DO. **Abipet**. Disponível em: <<https://abipet.org.br/reciclagem/>>. Acesso em: 17 set. 2023.
- [2] LIMA, G. R. et al. **Titanate nanotubes as new nanostructured catalyst for depolymerization of PET by glycolysis reaction**. Materials Research. Anais...Universidade Federal de São Carlos, 2017a
- [3] KASUGA, T. et al. Formation of titanium oxide nanotube. **Langmuir**, v. 14, n. 12, p. 3160–3163, 1998