

## PROSPECÇÃO DE TECNOLOGIAS DE ADSORÇÃO PARA CAPTURA DE CARBONO

**Lucas Meireles Fontes<sup>1</sup>**; Gabriel de Veiga Cabral Malgaresi<sup>2</sup>; Reinaldo Coelho Mirre<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Controle e Automação; PRH-ANP 27.1; lucasfontes2002@gmail.com

<sup>2</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; gabriel.malgaresi@fieb.org.br

<sup>3</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador-BA; reinaldo.mirre@fbter.org.br

### RESUMO

A utilização de combustíveis fósseis nas indústrias é determinante para a intensificação do efeito estufa, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) representa aproximadamente 74% da emissão de gases poluentes, evidenciando a necessidade de mitigá-lo. Diante disso, processos industriais como os de pré-combustão, oxi-combustão e pós-combustão têm sido amplamente estudados e empregados para controlar tais emissões. Tais processos utilizam diferentes tecnologias, como a adsorção, absorção, criogenia ou membranas para separação do CO<sub>2</sub> do gás de combustão, sendo a técnica de adsorção PTSA (*Pressure and Temperature Swing Adsorption*) reconhecida como uma das mais eficientes. Dentre as opções de adsorventes utilizados na adsorção, as zeólitas, especialmente as 13X e 5A, são reconhecidamente promissoras devido às propriedades únicas e alta capacidade de adsorção, entre outras características. Contudo, são necessárias investigações mais aprofundadas acerca de seu desempenho e eficácia para possibilitar a redução de custos e aumentar sua eficiência na captura do CO<sub>2</sub>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pós-combustão; Zeólitas; Adsorção; Seletividade.

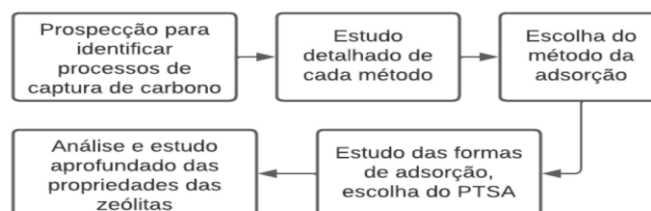
### 1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico, a demanda energética tem crescido constantemente, o que gera um ciclo vicioso de emissões de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que representa cerca de 74% dos gases poluentes da atmosfera, além de metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), com 17% e 6,2%, respectivamente. De acordo com as Nações Unidas, tais efeitos estão ligados à geração de energia baseada em fósseis, desmatamento, emissões de gases de combustão industriais e industriais.<sup>1</sup> A fim de mitigar tais emissões, diversos processos de captura estão sendo desenvolvidos, como os métodos de pré-combustão, oxi-combustão e pós-combustão. Estes métodos buscam separar e recuperar os gases poluentes, principalmente o dióxido de carbono. No entanto, a viabilidade financeira, o desempenho reduzido das usinas termelétricas e outros fatores acabam dificultando a aplicação dessas práticas. Assim, torna-se necessário estudar técnicas para reduzir a emissão de dióxido de carbono e diminuir sua concentração na atmosfera. O objetivo deste artigo é analisar a tecnologia de adsorção, utilizada como método de captura de carbono de gases de pós-combustão, e realizar uma comparação dos principais materiais adsorventes.

### 2. METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto, foi utilizada a abordagem qualitativa pautada em um levantamento bibliográfico em artigos e bibliotecas online, onde o principal processo industrial para a captura de carbono (pré-combustão, combustão enriquecida com oxigênio, e pós-combustão) foi inspecionado, e a aplicação de pós-combustão foi selecionada. A técnica de adsorção foi escolhida após o levantamento bibliográfico, comparando tecnologias de captura de carbono distintas, onde o método de adsorção e dessorção PTSA foi escolhido, por apresentar maior eficiência da capacidade de adsorção. Dentre os materiais adsorventes de alta maturidade tecnológica, as zeólitas, embora consagradas no mercado, requerem mais pesquisas e comparações. A Figura 1 apresenta a metodologia empregada nesta pesquisa conforme detalhado acima.

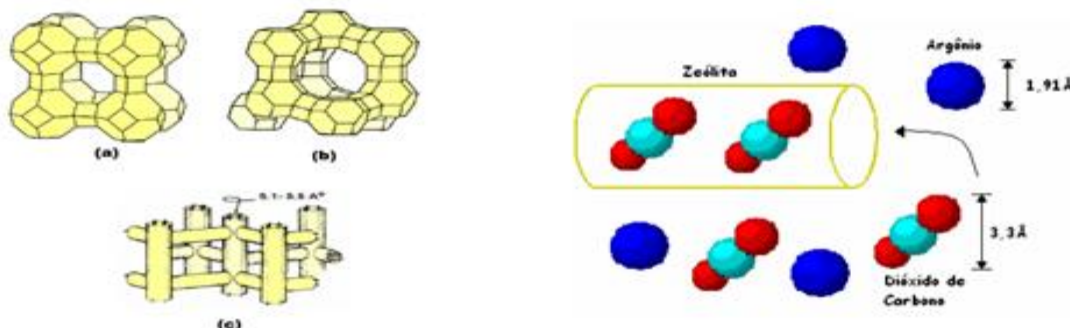
Figura 1 - Fluxograma da metodologia utilizada





os tipos A, X, Y e ZSM-5, porque, dos mais de 150 tipos de zeólitas sintetizadas, estas são as mais comuns comercialmente, pela adsorção única, troca iônica, peneira molecular e propriedades catalíticas.<sup>8</sup> A Figura 3 (i) mostra as estruturas das zeólitas em questão: (a) Zeólita A, (b) zeólitas Tipo X, Y e (c) zeólitas ZSM-5. Já na Figura 3(ii), o CO<sub>2</sub> entra na zeólita devido ao diâmetro reduzido.

Figura 3 – Estruturas de zeólitas (i) e zeólitas na adsorção de CO<sub>2</sub> (ii) [9-10]



Dada a seletividade da zeólita, a molécula de CO<sub>2</sub> de 3,3 Å é presa dentro de uma zeólita de maior diâmetro, 5 Å para a 5A e 7,8 Å para a 13X. O diâmetro molecular reduzido de 1,91 Å do Ar não é capturado.<sup>10</sup>

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de analisar vários métodos, verifica-se que processos de pós-combustão são mais baratos e acessíveis, sendo o mais utilizado e desenvolvido na indústria. A adsorção de PTSA é evidente durante a pós-combustão, pois estudos mostraram que sorventes sólidos podem proporcionar maior captura e separação de gases em um espaço menor com maior eficiência energética e menor custo do que outras tecnologias, embora ainda haja necessidade de maior desempenho na facilidade de manuseio e menor risco ambiental. Dentre os materiais adsorventes utilizados na tecnologia de adsorção, as zeólitas são as mais utilizadas devido a sua estrutura microporosa, além de sua seletividade para o CO<sub>2</sub> ser muito eficiente, necessitando de pesquisas para aplicações que visem a redução da emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao PRH 27.1, ANP/FINEP e SENAI/CIMATEC, pelo apoio financeiro e pelo incentivo à pesquisa.

#### 5. REFERÊNCIAS

1. Nações Unidas. **Causas e Efeitos das Mudanças Climáticas | Nações Unidas**. Accessed July 15, 2022. <https://www.un.org/pt/climatechange/science/causes-effects-climate-change>
2. Wallace B. **Análise E Levantamento Das Principais Técnicas Para**. Published online 2018:1-10.
3. Letterman S. **4 Adsorção 4.1**. Published online 1999:43-58.
4. Aksu GO, Daglar H, Altintas C, Keskin S. **Computational Selection of High-Performing Covalent Organic Frameworks for Adsorption and Membrane-Based CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>Separation**. *J Phys Chem C*. 2020;124(41):22577-22590. doi:10.1021/acs.jpcc.0c07062
5. Zhan G, Bai L, Wu B, et al. **Dynamic process simulation and optimization of CO<sub>2</sub> removal from confined space with pressure and temperature swing adsorption**. *Chem Eng J*. 2021;416(January):129104. doi:10.1016/j.cej.2021.129104
6. Luna FJ, Schuchardt U. **Modificação de zeólitas para uso em catálise**. *Quim Nova*. 2001;24(6):885-892. doi:10.1590/S0100-40422001000600027
7. Sherman JD. **Synthetic zeolites and other microporous oxide molecular sieves**. Published 1999. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.96.7.3471>
8. Bonenfant D, Kharoune M, Niquette P, Mimeault M, Hausler R. **Advances in principal factors influencing carbon dioxide adsorption on zeolites**. *Sci Technol Adv Mater*. 2008;9(1). doi:10.1088/1468-6996/9/1/013007
9. Diego A, Lisboa O, Fagundes RC, Lima YS. **Avaliação da capacidade de adsorção de CO<sub>2</sub> em zeólitas 13X e 5A através do Método Gravimétrico**. :9.
10. Figueiredo C De, Neves C, Abreu M De, Schwartzman M. **Separación de CO<sub>2</sub> por medio de tecnología PSA**. 2005;28(4):622-628.