



ARMAZENAMENTO GEOLÓGICO DE CO₂: UM REVISÃO BIBLIOGRÁFICA COM FOCO NA SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

Brenda Maria Bezerra da Silva¹, Érica Carolina de Freitas¹, Edson de Andrade Araújo¹

¹ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

RESUMO

A presente pesquisa aborda a técnica de armazenamento geológico de CO₂ como uma solução para redução das emissões de dióxido de carbono. É de extrema importância encontrar soluções imediatas que possam diminuir as emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, a fim de evitar os prejudiciais impactos associados às mudanças climáticas. É imperativo viabilizar a transição completa em direção a uma economia com baixas emissões de carbono, nessa jornada, a Captura e Armazenamento de Carbono (Carbon Capture and Storage- CCS) é destacada como uma parte crucial das estratégias para atingir tal objetivo. A metodologia da pesquisa envolveu uma revisão bibliográfica discutindo os estágios do processo, desde a captura até o transporte e armazenamento do CO₂, além dos desafios associados à técnica, a aceitação pública, regulamentações, tecnologia de captura, riscos geológicos e alternativas de baixo carbono. Em conclusão é ressaltado o papel crucial do armazenamento geológico de CO₂ na transição para uma economia de baixo carbono e na mitigação das mudanças climáticas, destacando seu impacto positivo potencial para o cenário global, além de indicar o potencial do ambiente *onshore* como uma opção viável para a aplicação do armazenamento geológico de CO₂.

Palavras-chave: Armazenamento geológico de CO₂; *Onshore*; Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A questão da sustentabilidade socioambiental tornou-se um imperativo global no contexto das mudanças climáticas e da necessidade premente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. No âmbito da indústria petrolífera, o Brasil desempenha um papel significativo, especialmente em suas operações *onshore*. Este setor, embora fundamental para a economia brasileira, enfrenta o desafio de conciliar a exploração de recursos naturais com a crescente demanda por práticas mais ecológicas. Neste cenário, as tecnologias de estocagem de dióxido de carbono (CO₂) emergem como uma solução crucial. A captura e armazenamento de carbono (CCS – Carbon Capture and Storage) é uma das principais tecnologias de mitigação das emissões de CO₂ (IPCC, 2007) e engloba todos os processos envolvidos nas etapas de captura, separação, transporte, injeção e armazenamento de CO₂ e posterior monitoramento do CO₂ injetado (IPCC, 2005; SNÆBJÖRNSDÓTTIR *et al.*, 2020).

A estocagem de CO₂ não é apenas uma abordagem inovadora para mitigar as emissões de carbono, mas também uma maneira de promover a sustentabilidade socioambiental em comunidades locais afetadas pelas operações *onshore*. Este artigo propõe explorar a interseção entre tecnologias de estocagem de CO₂ e a busca por práticas mais sustentáveis. A importância dessa pesquisa reside não apenas na necessidade de limitar as emissões de CO₂, mas também na compreensão de como as

abordagens inovadoras podem contribuir para um setor que é vital para a economia brasileira. Com um vasto território cobrindo vastas reservas de petróleo, o Brasil tem a oportunidade de liderar o caminho na adoção de tecnologias de estocagem de CO₂ que não apenas reduzem as emissões, mas também impactam positivamente as comunidades locais e o ambiente.

Nesta jornada, serão abordados os estágios do processo, desde a captura até o transporte e armazenamento do CO₂, além dos desafios associados à técnica. Além disso, pretendemos fornecer uma visão abrangente das abordagens inovadoras que podem moldar o futuro da sustentabilidade socioambiental no setor *onshore* brasileiro. Esta pesquisa não apenas aborda as questões críticas do presente, mas também busca inspirar soluções que possam levar a uma exploração de recursos mais responsável e ecologicamente consciente, alinhada com as demandas de um mundo em constante mudança.

METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica abrangente, que englobou a análise da literatura pertinente, incluindo estudos científicos, artigos acadêmicos e notícias correlatas ao tema.

ONSHORE

De acordo com Mendes *et al.* (2019), a produção de petróleo em campos terrestres é realizada majoritariamente no interior do Nordeste brasileiro, nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte e Sergipe. Os campos terrestres estão em regiões normalmente carentes de infraestrutura (estradas, energia elétrica etc.), com limitações de serviços, equipamentos e mão de obra especializada. Ainda, embora a exploração *onshore* tenha menos impacto ambiental do que a exploração *offshore*, ainda pode gerar preocupações ambientais, como a degradação do solo, riscos de vazamentos de petróleo e impactos nas comunidades locais. Dentro deste cenário, apesar das desvantagens, o ambiente *onshore* se mostra um cenário potencial para o armazenamento geológico de CO₂.

ARMAZENAMENTO GEOLÓGICO DE CO₂

Dentre as tecnologias estudadas, que auxiliam na estabilização e, também, na redução de emissões de CO₂ para a atmosfera, a captura, o transporte e o armazenamento do carbono (CCS) é a opção mais indicada, uma vez que ainda permite a utilização dos combustíveis fósseis como fonte principal de energia (PIRES *et al.*, 2011). A técnica de injeção e armazenamento geológico de CO₂ deve ser realizada partindo-se de alguns requisitos fundamentais, de forma a se garantir procedimentos seguros, que garantam o aprisionamento do gás por longos períodos de tempo, com minimização de vazamentos. Sendo assim, é importante que sejam realizados estudos detalhados para caracterização dos reservatórios geológicos a serem utilizados, bem como um monitoramento durante e após a injeção, para se garantir a eficácia do armazenamento, sem danos associados.

A injeção de CO₂ em reservatórios geológicos deve ocorrer em unidades com profundidades maiores ou iguais a 800 m, de forma a se manter o fluido em estado supercrítico, garantindo o aumento de sua densidade e a redução de seu volume relativo, facilitando sua difusão por entre os espaços porosos e permitindo um maior

aproveitamento e eficácia do armazenamento de CO₂, segundo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2005) e Li *et al.* (2011). Além disso, é essencial que as rochas do reservatório sejam suficientemente porosas e permeáveis para permitir a mobilidade do CO₂ e, ao mesmo tempo, capazes de reter o gás por longos períodos. Idealmente, essas rochas devem estar cobertas por camadas de baixa permeabilidade, com uma espessura mínima de 10 metros, conforme sugerido por Weniger *et al.* (2010).

ETAPAS DO PROCESSO

1. Processo de Captura:

A primeira etapa do armazenamento geológico de CO₂ envolve a captura do CO₂ em fontes industriais, como usinas de energia e fábricas. Isso pode ser feito por meio de tecnologias de captura, como a captura pós-combustão, captura pré-combustão ou captura pós-processo.

2. Transporte:

Após a captura, o CO₂ é comprimido e transportado para o local de armazenamento. Isso geralmente envolve o uso de dutos ou caminhões-tanque.

3. Armazenamento:

O CO₂ é injetado em formações geológicas profundas, que podem incluir aquíferos salinos, campos de petróleo ou gás esgotados e reservatórios de rochas sedimentares. É fundamental que essas formações sejam geologicamente adequadas e apresentem características que garantam a retenção segura do CO₂.

4. Monitoramento:

O acompanhamento contínuo do local de armazenamento é vital para garantir que o CO₂ permaneça confinado. Isso envolve a avaliação da integridade das formações geológicas, a detecção de eventuais vazamentos e a garantia de que o CO₂ permaneça isolado da biosfera.

DESAFIOS

O armazenamento geológico de CO₂ tem um grande potencial para reduzir as emissões de CO₂ em setores difíceis de descarbonizar, como a indústria pesada e a produção de energia. No entanto, há desafios técnicos, regulatórios e econômicos a serem superados, destaca-se os seguintes:

- **Aceitação Pública e Regulamentação:** A aceitação pública é um desafio crítico. As comunidades locais podem se opor ao armazenamento de CO₂ devido a preocupações com a segurança e o impacto ambiental. A regulamentação precisa ser clara e eficaz para garantir a segurança e mitigar essas preocupações. Custos e
- **Viabilidade Econômica:** A captura e o armazenamento de CO₂ podem ser caros, especialmente em comparação com outras fontes de energia. Superar os desafios econômicos, tornando o processo mais acessível, é fundamental para a ampla adoção dessa tecnologia.
- **Tecnologia de Captura Aperfeiçoada:** Aprimorar as técnicas de captura de CO₂ é outro desafio. Melhorar a eficiência e reduzir os custos da captura é essencial para tornar o armazenamento geológico de CO₂ mais viável.
- **Riscos Geológicos:** Há preocupações com a possibilidade de perturbações geológicas, como terremotos, que poderiam comprometer a estabilidade dos

locais de armazenamento. Avaliar e mitigar esses riscos é uma parte crítica do processo.

- **Legislação Internacional:** Uma vez que o CO₂ pode migrar através de formações geológicas em escala global, questões de jurisdição e responsabilidade internacional surgem como desafios complexos. As regulamentações internacionais precisam ser estabelecidas e acordadas para tratar desse aspecto.

CONCLUSÃO

Torna-se evidente a necessidade de pesquisas contínuas e inovações tecnológicas para enfrentar os desafios em torno da temática de maneira eficaz e segura, tendo em vista o potencial significativo que a técnica tem para redução de emissões de carbono. O armazenamento geológico de CO₂ desempenha um papel vital na transição para uma economia de baixo carbono e na mitigação das mudanças climáticas, e sua pesquisa pode contribuir significativamente para esse esforço global.

REFERÊNCIAS

- IPCC. **IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage**. New York: Cambridge University Press, 2005.
- IPCC. 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change 2007: Mitigation. **Contribution of Working Group 111 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge**. Cambridge University Press, 2007.
- LI, H. et al. **PVTxy properties of CO₂ mixtures relevant for CO₂ capture, transport and storage: Review of available experimental data and theoretical models**. Applied Energy, v. 88, n. 11, p. 3567–3579, 2011.
- MENDES, A. A. P. do A. et al. **Produção de petróleo terrestre no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, v. 25, n. 49, p.[215]–264, mar. 2019.
- PIRES, J. C. M. et al. **Recent developments on carbon capture and storage: An overview**. Chemical Engineering Research and Design, v. 89, n. 9, p. 1446–1460, 2011.
- SENN, B. D. **Estudo da viabilidade econômica em campos maduros**. 2011. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011. 120 f. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/12945>. Acesso em: 20 out. 2023.
- SNÆBJÖRNSDÓTTIR, S. Ó. et al. **Carbon dioxide storage through mineral carbonation**. Nature Reviews Earth & Environment, v. 1, n. 2, p. 90–102, 2020.
- WENIGER, P; et al. 2010. **High-pressure methane and carbon dioxide sorption on coal and shale samples from the Paraná Basin**. Brazil International Journal of Coal Geology, 84, 2010, 190–205.