

TECNOLOGIAS DE CAPTURA E ARMAZENAMENTO DE CARBONO (CCUS) E SUA IMPORTÂNCIA PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL



O QUE SÃO?

As tecnologias de Captura, Uso e Armazenamento de Carbono (em inglês, CCUS) são ferramentas adotadas nos sistemas produtivos para capturar dióxido de carbono (CO₂), armazená-lo de forma segura em reservatórios geológicos (offshore ou onshore), ou ainda em tanques para reutilizá-lo como insumo para a fabricação de outros produtos. Essas tecnologias podem capturar até 90% do CO₂ emitido de distintas fontes, tais como a utilização de combustíveis fósseis para a geração de eletricidade e aquelas decorrentes de processos industriais e de setores hard to abate (produção de cimento, aço, fertilizantes, entre outros). As tecnologias de CCUS também permitem remover emissões de CO₂ que já se encontram na atmosfera através de sistemas de captura e armazenamento direto de ar (em inglês, DACCS) ou sistemas de bioenergia com captura e armazenamento (em inglês, BECCS).

COMO FUNCIONA?

Os sistemas de CCUS possuem quatro etapas principais: **captura, transporte, armazenamento e utilização**. Durante a **captura**, o CO₂ é separado dos outros gases nas grandes instalações industriais ou diretamente na atmosfera. A captura pode ocorrer de três formas: (i) pré-combustão; (ii) pós-combustão; e (iii) combustão oxi-combustível. Nos sistemas de pré-combustão, os combustíveis fósseis são submetidos a processos de gasificação ou reforma, permitindo convertê-los em uma mistura de gás carbônico e hidrogênio. Assim, o hidrogênio é extraído e pode ser utilizado como gerador de calor ou energia livre de CO₂.

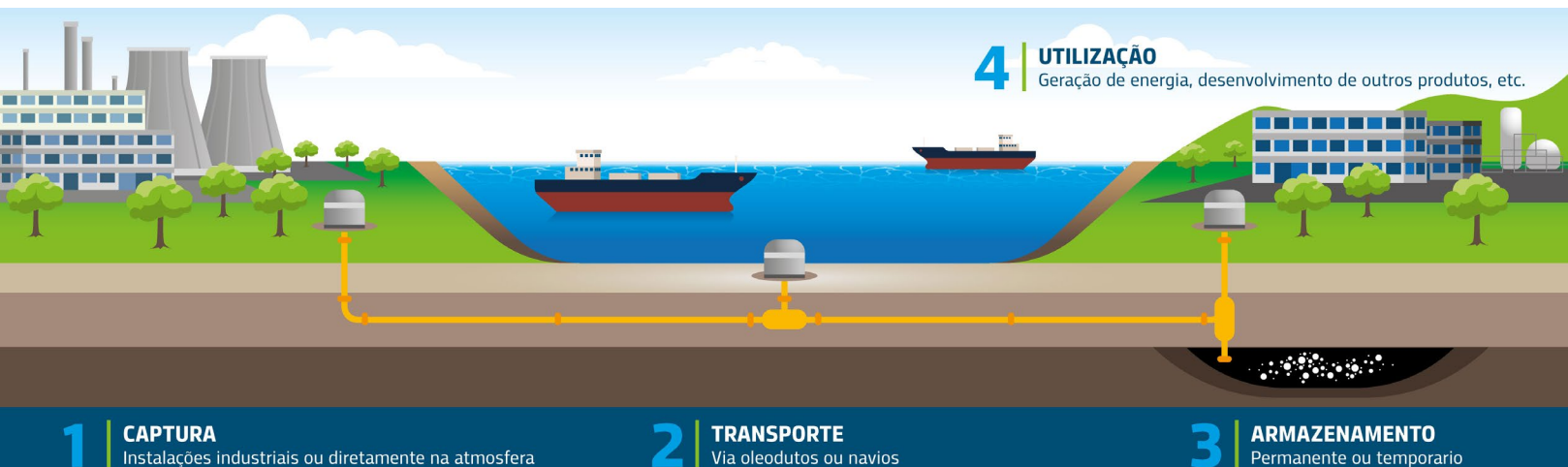
Figura 1. Etapas dos sistemas de CCUS

Nos métodos de captura pós-combustão, o CO₂ é capturado da exaustão dos sistemas de combustão e é absorvido em um solvente antes da remoção e a compressão dos elementos poluentes. O CO₂ também pode ser separado através da utilização de filtros por membrana de alta pressão ou por processos de separação criogênica. Por último, existe a combustão oxi-combustível, a qual consiste na queima de combustível junto com o oxigênio no lugar do ar, permitindo que o gás resultante seja constituído de vapor de água e gás carbônico.

Uma vez capturado e separado, o CO₂ precisa ser comprimido para seu **transporte**. Para isso, é necessário incrementar a pressão do CO₂ de forma que possa se comportar como um líquido. Nessas condições, o CO₂ é transportado em grandes quantidades através dutos, e, em alguns casos, por navios.

Após seu transporte, vem a fase de **armazenamento** que pode ser permanente ou temporária. Nos casos de armazenamento permanente, o CO₂ é injetado em formações rochosas localizadas no subsolo ou em reservatórios de petróleo no mar, onde fica armazenado de forma segura e permanente. Possíveis locais de armazenamento de carbono incluem aquíferos salinos, reservatórios depletados ou poços onshore abertos especificamente para essa finalidade, como é o caso dos BECCS.

Já o armazenamento temporário, pode ocorrer em reservatórios acima da superfície atendendo especificações mínimas aptas para garantir a segurança perante a possibilidade vazamentos. Esses casos se aplicam para situações em que CO₂ pode ser reutilizado e comercializado.



Apesar de o armazenamento ser a alternativa mais escolhida para destinar o CO₂ capturado, também é possível ocorrer sua **utilização**. Atualmente, o CO₂ já é utilizado com parte das técnicas de recuperação avançada de reservatórios de hidrocarbonetos, como insumo para a geração de energia e aquecimento de espaços e para o desenvolvimento de produtos de valor comercial nos setores de alimentação, petroquímica, de materiais de construção, entre outros. Nesse quesito, os estudos voltados à busca por novas formas de utilização desses gases em processos industriais continuam evoluindo, motivado pelo interesse das empresas em avançar em suas metas de mitigação de forma custo-efetiva.

IMPORTÂNCIA DAS TECNOLOGIAS DE CCUS NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

As tecnologias de CCUS são apontadas como uma das ferramentas necessárias entre as opções tecnológicas disponíveis para atingir as metas de redução de emissões até 2050. Essa importância é considerada como fundamental para mitigar as emissões de GEE em setores hard to abate e para a remoção do CO₂ que já se encontra na atmosfera.

De acordo com dados da Agência Internacional da Energia (AIE) (2024), atualmente existem 45 instalações de CCUS em operações com uma capacidade de captura de 50 Mt CO₂/ano. Contudo, no cenário net zero (NZE) construído pela agência internacional, estima-se que a capacidade de captura precisa alcançar 1.2 Gt CO₂/ano em 2030 e 6.2 Gt CO₂/ano em 2050 para evitar o aumento das temperaturas da terra em níveis superiores a 2 graus quando comparado com níveis pré-industriais (gráfico 1).

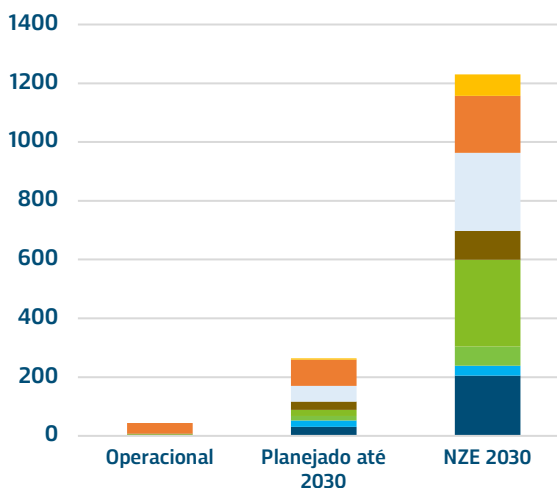
“ De acordo com dados da Agência Internacional da Energia (AIE) (2022), atualmente existem 45 instalações de CCUS em operações com uma capacidade de captura de 50 Mt CO₂/ano.

”

¹ 2022. IEA. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>.

² O Cenário Net Zero Emissions by 2050 (NZE), é um cenário normativo da IEA que estima os esforços que é necessário implementar no setor de energia para alcançar emissões líquidas zero de CO₂ até 2050.

Gráfico 1. Projeções de aumento da instalação de tecnologias de CCUS no cenário NZE
Em milhões de toneladas de CO₂



- Captura direta de ar
- Oferta de outros combustíveis
- Produção de hidrogênio
- Produção de biocombustíveis
- Indústria
- Bioenergia
- Gás natural
- Carvão

Fonte: elaboração própria a partir de dados da AIE (2022) ¹.

Não obstante, a difusão das tecnologias de CCUS na escala necessária para atingir as projeções do cenário NZE², o mais otimista da AIE, ainda precisa superar alguns desafios. Esses desafios estão associados aos riscos econômicos que envolve o desenvolvimento de grandes projetos de infraestrutura em ambientes regulatórios com entraves para viabilizar investimentos e permitir a geração de novos negócios.

A difusão dessas tecnologias de CCUS precisa estar inserida em ambientes regulatórios capazes de gerar segurança jurídica aos agentes, além de permitir a implantação e ganho de escala comercialmente viável para a indústria. Nessa ordem, o marco regulatório dessas atividades deve fornecer condições para permitir uma organização da indústria com estruturas de governança capazes de reduzir os riscos técnicos e econômicos para as empresas.

Nesse sentido, a organização de clusters entre empresas geograficamente próximas tem permitido viabilizar a introdução de tecnologias de CCUS, por meio da execução de projetos conjuntos, permitindo o compartilhamento da infraestrutura, a redução dos riscos e consequentemente a redução dos custos via ganhos de escala.

IMPORTÂNCIA DAS TECNOLOGIAS DE CCUS PARA A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE O&G

A implantação de sistemas de CCUS constitui uma grande oportunidade para a indústria brasileira de O&G, considerando a ampla expertise nas atividades de separação, transporte e reinjeção de CO₂ (utilizado em larga escala nos reservatórios do pré-sal para a recuperação avançada de óleo) e pelo conhecimento da geologia do país. O aproveitamento dessas oportunidades pode contribuir na redução de GEE por parte dessas empresas em suas próprias operações (plataformas, refinarias, termoeletricas e unidades de tratamento de gás natural), se convertendo em potencial usuário em larga escala dessa tecnologia. Também há a possibilidade de utilizar a infraestrutura de gasodutos existentes das instalações de superfície e submarinas e dos reservatórios depletados, o que também se configura como uma oportunidade para redução de custos e consequente viabilização da indústria de CCUS no Brasil.

Em um reconhecimento desse potencial, nos últimos anos a Petrobras tem incorporado essa tecnologia entre as opções para avançar em seus planos de redução de emissões até 2050 e para o desenvolvimento de novos negócios. Devido as características dos recursos em alguns campos do pré-sal, nos quais o gás natural precisa ser separado do CO₂, a empresa teve que desenvolver soluções tecnológicas para viabilizar essa separação e reinjetar o CO₂ no reservatório e evitar ventilá-lo na atmosfera.



Na atualidade, a Petrobras possui o maior programa de captura, uso e armazenamento geológico de CO₂ em operação no mundo e o primeiro a ser implementado em águas ultra profundas. Localizados nos campos do Pré-sal, os sistemas têm capacidade processar 7 Mt CO₂/ano (9,3% da capacidade mundial total em 2022). Entre 2008, ano da primeira implementação de um sistema de CCUS pela empresa, e setembro de 2021, a Petrobras já reinjetou 28,1 Mt CO₂, e espera chegar até as 80 Mt CO₂ até 2025³.

Nos últimos anos, o Brasil também realizou avanços em matéria de política climática com o potencial de incentivar a adoção de tecnologias de CCUS. Em 2024, o Brasil atualizou as suas metas de descarbonização, definindo novos patamares da sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), o que direciona os planos setoriais de mitigação e adaptação da mudança climática, que estabelecerá um sistema nacional de redução de emissões.⁴

A consolidação de uma indústria de CCUS robusta no país é um dos caminhos para a indústria de O&G e de outros setores relevantes da economia brasileira para avançar na transição energética de baixo carbono. Portanto, considerando a crescente necessidade de acelerar os esforços nacionais de redução de emissões de GEE, assim como a importância atribuída às tecnologias de CCUS para contribuir nos planos de mitigação de países e empresas, o estabelecimento de um marco regulatório com os incentivos adequados é fundamental para estimular o desenvolvimento dessa indústria no Brasil.

Conheça o posicionamento do IBP sobre Transição Energética, acessando o link: <https://www.ibp.org.br/posicionamentos/>.

³ 2022. Petrobras. <https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/novo-plano-estrategico-2023-2027-preve-investimentos-de-us-78-bilhoes-nos-proximos-cinco-anos.htm>.

⁴ 2024. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/nova-ndc-do-brasil-representa-paradigma-para-o-desenvolvimento-do-pais-diz-marina-na-cop29>



CONECTAR TODA A INDÚSTRIA PARA IR CADA VEZ MAIS LONGE.
ISSO GERA ENERGIA.



@ibpbr



/ibpbr



@IBPbr

Expediente

Presidência/CEO do IBP:

Roberto Furian Ardenghy

Diretora Executiva

Corporativa:

Claudia Rabello

Diretor Executivo de E&P:

Claudio Fontes Nunes

Diretora Executiva de

Gás Natural:

Sylvie D'Apote

Diretora Executiva de

Downstream Interina:

Ana Mandelli

Gerência de Análises Técnicas do Setor de Óleo e Gás:

Aldren Vernersbach

Isabella Costa

Juliana Barretto

Leonardo Lima

Vinicius Daudt

Gerência de Comunicação e Relacionamento com Associados:

Alexandre Romão

Demy Gonçalves

Carolina Souza

Caroline Lyrio

Ingrid Buckmann

Tatiana Campos

Vanessa Rangel

IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás

Av. Almirante Barroso, 52 - 21º e 26º andares - RJ - ☎ (21) 2112-9000

ibp.org.br | relacionamento@ibp.org.br