



**TECNOLOGIAS DE CAPTURA E
ARMAZENAMENTO DE CARBONO
(CCUS) E SUA IMPORTÂNCIA
PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA
NO BRASIL: **O PL 1425****

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.

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.

Figura 1. Etapas dos sistemas de CCUS



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

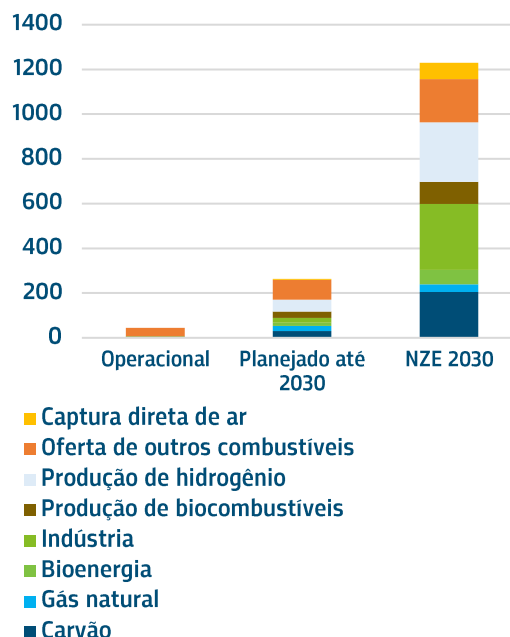
As tecnologias de CCUS são apontadas como uma das ferramentas necessárias entre as opções tecnológicas disponíveis para atingir as metas de redução de emissões até 2050. Essa importância é considerada como fundamental para mitigar as emissões de GEE em setores *hard to abate* e para a remoção do CO₂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

De acordo com dados da Agência Internacional da Energia (AIE) (2022), atualmente existem 35 instalações de CCUS em operações com uma capacidade de captura de 45 Mt CO₂/ano. Contudo, no cenário net zero (NZE) construído pela agência internacional, estima-se que a capacidade de captura deve aumentar para 1.2 Gt CO₂/ano em 2030 e para 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 35 instalações de CCUS em operações com uma capacidade de captura de 45 Mt CO₂/ano.

”

Gráfico 1. Projeções de aumento da instalação de tecnologias de CCUS no cenário NZE



Em milhões de toneladas de CO₂

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.

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.

Adicionalmente, a regulação das atividades associadas à instalação de sistemas de CCUS precisa estar integrada dentro de um pacote de políticas públicas mais amplo com os incentivos adequados para estimular os agentes econômicos a contribuir no cumprimento das metas de mitigação. Nesse quesito, essas tecnologias podem ser incluídas entre as opções passíveis de incentivos, tais como financiamento, isenções fiscais ou como forma de obter de créditos válidos em mercados de carbono. Na atualidade já existem exemplos da adoção desse tipo de medidas. Entre os destaques, encontra-se o benefício tributário por carbono armazenado em vigor nos Estados Unidos (*Internal Revenue Code [IRC] Section 45Q*) e o financiamento do governo norueguês de 80% do investimento da primeira fase do hub de CCUS "*Northern Lights*".

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.



O aproveitamento dessas oportunidades pode contribuir na redução de GEE



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.



O aproveitamento dessas oportunidades pode contribuir na redução de GEE



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 2021, as metas de redução de emissões de GEE no Brasil foram atualizadas. Durante 2022, o governo federal publicou o decreto 11.075, no qual estabeleceu os procedimentos para preparação de planos setoriais de mitigação da mudança climática e o estabelecimento de um sistema nacional de redução de emissões de GEE⁴.

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 2022. Presidência da República. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2022/decreto/D11075.html#:~:text=DECRETO%20N%C2%BA%2011.075%2C%20DE%2019.21%20de%20mar%C3%A7o%20de%202022.

O projeto de lei (PL) n 1.425/2022

Ao longo de 2022, foi discutido no Congresso o projeto de lei (PL) n 1.425⁵ que disciplina a exploração da atividade de armazenamento permanente de dióxido de carbono de interesse público, em reservatórios geológicos ou temporários, e seu posterior reaproveitamento. O PL é um passo importante na busca por estabelecer uma nova atividade econômica no país a partir da instalação de sistemas de CCUS por meio da definição de normas para regular a organização dessa indústria em suas distintas etapas, a participação dos agentes públicos e privados e atrair os investimentos necessários para viabilizar a implantação em grande escala dessas tecnologias no país.

Contudo, existem algumas questões que ainda precisam ser avaliadas para garantir o alinhamento da regulação com as melhores práticas internacionais, para assegurar sua efetividade nos esforços nacionais de redução de emissões, e para incentivar a atração de investimentos para essa nova atividade econômica. Um primeiro aspecto de alta criticidade, e que poderia configurar uma barreira para o desenvolvimento de projetos de CCUS, é o impedimento que o responsável pela etapa de transporte seja também o responsável pela captura e armazenamento do carbono, conforme estabelecido no § 1º do Art. 21. De acordo com o texto do PL, nenhum ente pode ser responsável pela gestão todas as etapas de um sistema de CCUS, inviabilizando que uma empresa ou consórcio de empresas que detenham a capacidade para realizá-las integralmente possa fazê-lo, tanto em suas próprias operações ou prestar esse serviço integrado a terceiros. Assim, uma alternativa para adequar o PL as melhores práticas internacionais seria deixar como opcional a possibilidade de que um mesmo ente pudesse gerir atividades que fossem mais além de um elo da cadeia produtiva do CCUS, permitindo aos agentes interessados se organizar da forma mais adequada para reduzir os riscos técnicos e econômicos atrelados a esse tipo de projetos.

“
O PL é um passo importante na busca por estabelecer uma nova atividade econômica no país a partir da instalação de sistemas de CCUS
”



Uma outra questão que precisa ser avaliada está associada à responsabilidade pela gestão dos reservatórios de armazenamento permanente uma vez concluído o período de monitoramento por parte da empresa operadora da área. O § 3º do artigo 18 estabelece que a responsabilidade é transferida para uma gestora de ativos de armazenamento de natureza privada. Considerando a importância dessa etapa da cadeia de CCUS e os potenciais riscos associados, uma alternativa capaz de brindar melhores condições de segurança para os agentes seria transferir a responsabilidade pela gestão desses reservatórios a um ente da União com a capacidade de fiscalização desses ativos em perenidade.

Nesse sentido, a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), seria a instância com a experiência e perpetuidade capaz de assumir a responsabilidade pela gestão dos ativos de armazenamento que é necessária para viabilizar o desenvolvimento dessas atividades. Nessas condições, os riscos de tipo técnico e ambiental podem ser administrados junto com os agentes privados através da criação de um fundo financeiro para ser utilizado em caso da ocorrência de vazamento de CO₂.

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/>.

⁵ 2022. Senado Federal.
<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/153342>



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



/ibpbr



@ibpbr



@ibpbr



/ibp_br



/ibpbr

Expediente

Presidência/CEO do IBP:

Roberto Furian Ardenghy

Diretora Executiva Corporativa:

Fernanda Delgado

Diretor Executivo de E&P:

Julio Moreira

Diretora Executiva de Gás Natural:

Sylvie D'Apote

Diretora Executiva de Downstream:

Valéria Amoroso Lima

Coordenação de Análise Econômica:

Leandro Monteiro

William Vitto

André Alves

Vinicius Daudt

Luiza Machado

Gerência de Comunicação e

Relacionamento com Associados:

Tatiana Campos

Priscila Zamponi

Alexandre Romão