

Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono

Manual para formuladores de políticas



Carta de abertura da Secretária Raimondo

As alterações climáticas constituem um desafio profundo e global. Os Estados Unidos estão preparados para enfrentar este desafio. No Decreto Presidencial 14008, a Administração reconheceu que, agora é o momento de agir para evitar os piores impactos da crise climática, bem como para aproveitar a oportunidade que o combate às alterações climáticas representa. O Departamento de Comércio dos E.U.A. faz parte deste esforço de todo o governo para enfrentar este momento climático e garantir uma transição rápida e justa para um futuro sustentável, próspero e com menos carbono.

Além dos esforços de mitigação em grande escala, a Administração indicou que o cumprimento das ambições globais relativas ao clima exigirá uma implementação responsável de tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS) e de remoção de dióxido de carbono (CDR). A CCUS tem uma função essencial a desempenhar nos sectores industriais em que é difícil lidar com as emissões. Da mesma forma, a CDR pode ajudar a remover o dióxido de carbono do ar ambiente. Os E.U.A. e os seus parceiros estão a trabalhar agora para ajudar os países a adotar políticas de CCUS, mobilizar o financiamento do clima, usar tecnologias e práticas de CCUS e leis e regulamentos de reforma para atrair um investimento responsável em CCUS.

No Departamento do Comércio dos E.U.A., o Programa de Desenvolvimento do Direito Comercial (CLDP) do Gabinete do Conselheiro Geral tem vindo a ajudar os países a atualizar as suas leis e regulamentos comerciais há mais de 30 anos. Agora, com o financiamento e o apoio do Gabinete de Recursos Energéticos (ENR) do Departamento de Estado dos E.U.A., o CLDP organizou um guia gratuito, acessível e adequado para formuladores de políticas e reguladores sobre como catalisar o investimento para a captura de emissões de dióxido de carbono para utilização ou armazenamento permanente.

Ao desenvolver o manual, o CLDP reuniu um grupo de especialistas em CCUS do Governo dos E.U.A., instituições multilaterais, organizações não governamentais, indústria e universidades. Estes autores e muitos outros apoiantes do manual dedicaram coletivamente inúmeras horas de trabalho voluntário. O resultado é um guia, que os legisladores, funcionários ministeriais e reguladores, de todo o mundo, podem agora utilizar para redigir, aprovar e aplicar nova legislação que irá acelerar a implementação de CCUS.

Este manual também alarga o âmbito de uma série desenvolvida pelo CLDP. Esta série começou com os nossos guias "Understanding Power" patrocinados pela Power Africa: uma biblioteca de manuais informativos de acesso público numa linguagem simples, que explicam uma série de temas essenciais relacionados com contratos, financiamento e aquisições de projetos de energia. Em parceria com a ENR, a série continuou com novos guias de descarbonização. O primeiro destes novos guias sobre a descarbonização era sobre a redução do metano no setor do petróleo e gás. Estes manuais promovem os objetivos de comércio climático e de tecnologias limpas dos Departamentos de Comércio e de Estado dos E.U.A, para além de apoiarem os objetivos climáticos globais.

Estou grato ao CLDP e aos autores, patrocinadores e apoiantes por terem desenvolvido este importante contributo para o nosso esforço coletivo de aproveitar a oportunidade. Trabalhando juntos, podemos enfrentar a crise climática, desenvolver soluções criativas e estar à altura do desafio.



Gina M. Raimondo

Secretária de Comércio dos E.U.A

Í N D I C E

GUIA PARA ESTE LIVRO	7
-----------------------------	----------

RESUMO EXECUTIVO	14
-------------------------	-----------

1. PORQUÊ O CARBONO?	19
-----------------------------	-----------

O CO ₂ e a sua contribuição para as alterações climáticas	20
Abordagens de atenuação das alterações climáticas	23
O que é a CCUS?	24

2. O QUE É A CAPTURA, TRANSPORTE, UTILIZAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE CARBONO?	28
---	-----------

Introdução	29
Captura	31
Transporte	35
Armazenamento	37
Utilização	40
Considerações transversais	42

3. ENVOLVIMENTO EM PROJETOS DE CCUS	45
--	-----------

Introdução	46
Principais intervenientes	52
Processos de envolvimento: Foco na comunidade	58

4. CRIAÇÃO DE CAPACIDADES	65
Introdução	66
Necessidades da mão de obra para a CCUS	67
Desenvolver profissionais de CCUS	69
Investigação, desenvolvimento e implementação	76
5. ROTEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO DE ENQUADRAMENTOS LEGAIS E REGULAMENTARES	86
Introdução	87
Um roteiro para o desenvolvimento de um enquadramento	88
6. RECURSOS E RESPONSABILIDADES RELATIVOS AOS ENQUADRAMENTOS	95
Introdução	96
Normas internacionais	97
Enquadramentos pioneiros	100
Convenções internacionais	103
7. QUADROS ESPECÍFICOS DOS PROJETOS	110
Introdução	111
Boas práticas para enquadramentos para projetos específicos	118

8. FINANCIAMENTO E INCENTIVOS	122
Introdução	123
Economia dos projetos de CCUS	126
Viabilidade bancária e redução do risco da CCUS	127
Empréstimos e garantias financeiras	138
Mercados para produtos com baixo teor de carbono	138
Consequências não intencionais	139
Impulsionadores externos	139
9. RECURSOS ADICIONAIS	143
ACRÓNIMOS	150
GLOSSÁRIO	154
OBSERVAÇÕES	161
CÓLOFON	173

Guia para este livro

Para quem é este livro?

A comunidade internacional comprometeu-se a reduzir rapidamente as emissões de dióxido de carbono (CO₂) dos sectores do petróleo, da energia, da indústria transformadora e de outros sectores com grande intensidade de emissões, a fim de cumprir os objetivos em matéria de alterações climáticas e reforçar a segurança económica e energética. No entanto, muitos países ainda procuram compreender como atingir estes objetivos, particularmente através da utilização e implementação da Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (CCUS). Este manual apresenta aos funcionários governamentais uma série de opções para a CCUS e orienta a conceção e implementação de quadros jurídicos e regulamentares, que catalisarão o investimento privado sustentável em projetos de CCUS, com base nas lições aprendidas com regimes regulamentares em vários países. Os formuladores de políticas e os reguladores das economias emergentes, incluindo as da Ásia,¹ que estejam a considerar ou a procurar ativamente qualquer parte da cadeia de valor da CCUS, podem beneficiar deste manual.

Qual é o âmbito deste livro?

Este manual contém informações para apoiar os formuladores de políticas no desenvolvimento e implementação de políticas e regulamentos eficazes em matéria de CCUS. Descreve as tecnologias, os quadros legais/regulamentares e as políticas e o envolvimento em toda a cadeia de valor da CCUS. Este manual cobre algumas das tecnologias de CCUS específicas em profundidade e centra-se em pontos importantes de outros tópicos. Este manual não tem como objetivo defender um conjunto específico de políticas de CCUS, mas apresenta uma visão geral das opções.

Quem escreveu este livro?

Os autores são diversos profissionais do sector da energia, incluindo funcionários governamentais, engenheiros, especialistas em políticas públicas, advogados e académicos. Este manual procura captar a sua experiência prática coletiva e os conhecimentos atuais. Não representa, porém, as políticas das organizações, instituições, países e/ou empresas com os quais os autores individualmente estão ou estiveram afiliados. Para conhecer essas opiniões, consulte as publicações e os websites das respetivas organizações, instituições, países e/ou empresas.

A resposta à crise climática é uma questão crítica em muitos países. Muitos especialistas e organizações indicam, que um processo chave para mitigar as emissões de CO₂ e os efeitos dos gases com efeito de estufa conexos é através da utilização de CCUS. Os autores esperam que este manual promova o desenvolvimento e a implementação de políticas e regulamentos de CCUS e contribua para reduzir as emissões globais de dióxido de carbono nos sectores em que a redução é difícil.

Como é que este livro foi desenvolvido?

O manual foi produzido utilizando o método Book Sprints (www.booksprints.net), que permite a redação, edição e publicação de um produto completo em apenas cinco dias.

Os autores agradecem sinceramente às nossas facilitadoras da Book Sprint, Barbara Rühling e Anna Roxas, pela sua orientação paciente e liderança inabalável ao longo do processo de redação de quase 75 horas. Os autores agradecem também a Henrik van Leeuwen e Lennart Wolfert por terem transformado os nossos rabiscos apressados em ilustrações bonitas e significativas e a Agathe Baëz pela conceção do livro. Gostaríamos também de reconhecer o trabalho incansável das revisoras de texto da Book Sprints, Raewyn Whyte e Christine Davis.

Os autores gostariam de agradecer às seguintes pessoas e instituições, que ajudaram a centrar o diálogo na criação de um consenso em torno do potencial deste manual: Gabinete de Recursos Energéticos, Departamento de Estado dos E.U.A. e Stephen Gardner e Kenyon Weaver (Programa de Desenvolvimento do Direito Comercial, Departamento de Comércio dos E.U.A.). Os autores gostariam também de agradecer a todos os que prestaram apoio durante o processo de redação. Entre eles, Ian Havercroft, do Global CCS Institute; Tim Dixon, do IEAGHG; Savita Bowman, da ClearPath; Dr. Sallie Greenberg; Dr. Sean Brennan, do U.S. Geological Survey; Alec Mullee e William Bates, da U.S. Environmental Protection Agency; Toby Lockwood, da Clean Air Task Force; Dr. Udayan Singh; Isabella Mullee e William Bates, da U.S. Environmental Protection Agency; Toby Lockwood, da Clean Air Task Force; Dr. Udayan Singh; Dr. Udayan Singh. Udayan Singh; Isabella Corpora do Carbon Business Council; Dr. Owain Tucker da Shell International Petroleum Company Ltd.; Dra. Susan Hovorka do Bureau of Economy Geology da Universidade do Texas em Austin; CLIMIT; Macey Mayes; Tara Wildlife (das instalações da Book Sprint) e as nossas famílias. Além disso, foi necessário um planeamento e desenvolvimento consideráveis para a criação deste manual. Os autores gostariam também de agradecer o generoso patrocínio do Gabinete de Recursos Energéticos do Departamento de Estado dos E.U.A., Programa de Governação Energética e Mineral (EMGP), que financiou integralmente este livro.

Como posso utilizar este livro?

Na tradição da partilha de conhecimentos de acesso público, este manual pretende refletir a natureza vibrante do processo da Book Sprints e servir de referência e ponto de partida para novas discussões e estudos. É publicado ao abrigo da licença internacional Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 (CC BY NO SA). Ao selecionar esta licença de

publicação, qualquer pessoa pode copiar, extrair, reestruturar, traduzir e reutilizar o texto, para qualquer fim não comercial, sem pedir autorização aos autores, desde que o trabalho resultante seja também publicado ao abrigo de uma Licença Creative Commons. O manual é inicialmente publicado em inglês. As traduções poderão ser publicadas em breve. Está disponível em formato digital <https://cldp.doc.gov/resources> e impresso. Além disso, o manual pode ser utilizado como um recurso interativo online. Muitos dos autores que contribuíram para o manual estão também empenhados em trabalhar nas suas instituições para adaptar este recurso para ser utilizado como base em cursos de formação e iniciativas de assistência técnica.

Atenciosamente,

Os Autores que Contribuíram



Autores durante o Book Sprint.
Da esquerda para a direita: Priya, Atsumasa, Vikram, Pamela, Ingvild, George,
Richard e José

<p>Vikram Vishal, Ph.D. <i>Centro Nacional de Excelência em CCU</i> <i>Instituto Indiano de Tecnologia, Mumbai</i> <i>UrjanovaC Private Limited</i> <i>(Índia)</i></p>	<p>Atsumasa Sakai <i>Banco para o Desenvolvimento Asiático</i> <i>(Filipinas)</i></p>
<p>Priya Prasad <i>Programa de Desenvolvimento do Direito Comercial</i> <i>Departamento de Comércio dos E.U.A</i> <i>(Estados Unidos)</i></p>	<p>José Benítez Torres <i>Gabinete de Energia Fóssil e Gestão de Carbono</i> <i>Departamento de Energia dos E.U.A.</i> <i>(Estados Unidos)</i></p>
<p>Ingvild Ombudstvedt <i>IOM Law</i> <i>(Noruega)</i></p>	<p>Richard Esposito, Ph.D. <i>Southern Company</i> <i>Centro Nacional de Captura de Carbono dos E.U.A.</i> <i>(Estados Unidos)</i></p>
<p>George Koperna <i>Advanced Resources International, Inc.</i> <i>(Estados Unidos)</i></p>	<p>Pamela Tomski <i>ENTECH Strategies, LLC</i> <i>Experiência de Investigação no Sequestro de Carbono (RECS)</i> <i>(Estados Unidos)</i></p>

Resumo Executivo

A captura das emissões de dióxido de carbono (CO₂) será uma ferramenta fundamental para travar as alterações climáticas. Por conseguinte, os países estão a procurar acelerar rapidamente o investimento em CCUS: Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono. A CCUS tem sido demonstrada com sucesso à escala comercial. O desafio atual consiste em catalisar um investimento suficiente na CCUS, em especial nos sectores em que as emissões são difíceis de reduzir. As economias emergentes estão especialmente preparadas para tirar partido do investimento em CCUS, beneficiando de custos comparativamente mais baixos e do investimento transfronteiriço.

Este Manual é um guia para os formuladores de políticas sobre como adotar as políticas, leis e regulamentos que irão atrair com sucesso o investimento privado responsável em projetos de CCUS. Definimos o conjunto de políticas, leis e regulamentos de um país, que regem o investimento num projeto, como "enquadramento". O dióxido de carbono é armazenado comercialmente há quase 30 anos. Muitos países já têm políticas, leis e regulamentos de longa data e testados ao longo do tempo, que regem o petróleo e o gás e, muitas vezes, recorrem ao seu sector do petróleo e do gás para orientação quanto às políticas, leis e regulamentos que regem a CCUS. No entanto, a CCUS tem as suas próprias considerações no que se refere à criação de valor, tecnologia, envolvimento da comunidade, reforço das capacidades, riscos e sanções e incentivos financeiros. Isto cria um desafio para os formuladores de políticas responsáveis pela criação de um quadro de investimento para a CCUS e ameaça abrandar o investimento necessário. As empresas preparadas para despende um capital significativo num projeto de CCUS analisarão as políticas, leis e regulamentos de um país, o seu enquadramento de CCUS interno, e optarão por investir num país que tenha um enquadramento de CCUS fiável em detrimento de um que não o tenha.

Para começar, a CCUS é um conjunto de diferentes componentes interligados: captura, transporte, utilização e armazenamento.

Cada um destes componentes requer a sua própria infraestrutura e, por conseguinte, as suas próprias considerações em matéria de governação. Os componentes da captura de carbono incluem equipamentos de captura em instalações industriais, centrais elétricas e instalações de remoção. Após a captura, o CO₂ tem frequentemente de ser transportado para o local onde será utilizado ou armazenado. O CO₂ pode ser transportado por condutas, ferrovia, navios/barcaças e camiões para as instalações de armazenamento e/ou utilização. A utilização significa o uso do CO₂ capturado, que resulte numa redução líquida das emissões de CO₂. As instalações armazenarão permanentemente o CO₂ capturado em formações geológicas. O Capítulo 2 apresenta uma explicação pormenorizada da CCUS.

Para que os formuladores de políticas estejam preparados para criar um enquadramento de CCUS, este guia recomenda que os formuladores de políticas implementem primeiro processos para o envolvimento das partes interessadas e o reforço das capacidades. Estes são os temas dos Capítulos 3 e 4. Para que um enquadramento de CCUS seja duradouro, e para que os projetos de CCUS individuais sejam construídos a tempo e dentro do orçamento, os formuladores de políticas deverão ter o envolvimento das partes interessadas "incorporado" no processo de desenvolvimento do enquadramento. Como se explica no Capítulo 3, um dos riscos mais significativos para os novos projetos de CCUS é a falta de coordenação entre os intervenientes-chave na CCUS: os formuladores de políticas, os reguladores, os promotores de projetos e o público/comunidades locais. Outro risco é a falta de capacidade entre os intervenientes-chave na CCUS. O Capítulo 4 detalha a forma como os formuladores de políticas podem criar a capacidade de cada um destes intervenientes-chave: a capacidade dos formuladores de políticas para aprovar um enquadramento de CCUS duradouro, a capacidade do regulador para implementar as normas de CCUS, a capacidade de um promotor de projetos para construir projetos

de CCUS em conformidade com essas normas e a capacidade da mão de obra local do país de satisfazer as necessidades dos projetos de CCUS.

Com o envolvimento das partes interessadas e os processos de reforço das capacidades implementados, um governo está pronto a aprovar um enquadramento de CCUS. O Capítulo 5 apresenta um processo em seis etapas para a implementação de um enquadramento de CCUS que cumpra as expectativas dos setores público e privado e catalise o investimento em novas infraestruturas de captura, transporte, utilização e armazenamento. O primeiro passo começa com a adoção de uma política (ou estratégia) clara, que declare o interesse do país no investimento responsável em CCUS e a forma como irá proceder para a aprovação de um enquadramento para o investimento. Isto prepara o terreno para os formuladores de políticas determinarem se as leis e regulamentos precisam de ser aprovados ou alterados para atrair os promotores e o financiamento para novos projetos de CCUS.

Ao aprovar e alterar estas leis e regulamentos, os formuladores de políticas não estão sozinhos. O Capítulo 6 explica como os formuladores de políticas podem começar por compreender as suas obrigações ao abrigo do direito internacional e do conjunto de normas internacionais existentes para a CCUS. Há várias convenções internacionais que obrigam os países quanto à forma de reger o investimento em CCUS, tanto a nível interno como transfronteiriço. Além disso, a Organização Internacional de Normalização (ISO) tem normas relacionadas com a CCUS, que podem constituir uma fonte útil de orientação regulamentar para um enquadramento de CCUS, que catalise o investimento responsável.

Para aumentar verdadeiramente o investimento na CCUS, de modo a enfrentar o desafio climático, será necessário financiamento. Por conseguinte, é essencial que os formuladores

de políticas compreendam os aspetos económicos dos projetos de CCUS e a forma como os governos se devem posicionar para atrair empréstimos responsáveis. O Capítulo 7 explica como é que os projetos CCUS se tornam "financiáveis": determinados como valendo o risco dos empréstimos concedidos pelas instituições financeiras. Os países precisam de desenvolver um enquadramento legal e regulamentar de CCUS para a implementação segura das tecnologias de CCUS. Um enquadramento de CCUS determinará se um projeto de CCUS é financiável, porque são as políticas, leis e regulamentos internos do país, que determinarão os riscos legais para os promotores e financiadores do projeto.

A CCUS está a tornar-se rapidamente um destino para avultados investimentos. Estão a surgir novas instituições, associações e recursos para os formuladores de políticas e outros intervenientes-chave, para ajudar a CCUS a alcançar todo o seu potencial. Este guia termina com um conjunto de recursos adicionais para os formuladores de políticas e com uma chamada de atenção para o facto de ainda haver muito a fazer.

1. Porquê o carbono?

Pontos principais

- Prevê-se que a captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS) venha a desempenhar um papel fundamental na gestão das alterações climáticas.
- O aumento da CCUS tem também importantes benefícios em termos de crescimento económico: A CCUS tem o potencial para criar empregos, catalisar a inovação, impulsionar o comércio, rentabilizar o fabrico de produtos com baixo teor de carbono e sustentar as indústrias existentes com a descarbonização.
- As empresas estão prontas para investir, dado que a CCUS tem, desde há décadas, demonstrado sucesso comercial. O primeiro projeto comercial de CCUS, que não incluía a recuperação avançada de petróleo foi em 1996 e, desde então, os projetos de CCUS têm aumentado significativamente. Por exemplo, só na China, três projetos entraram em funcionamento apenas em 2023.
- Por conseguinte, para muitos países, o desafio consiste em implementar a política, as leis e os regulamentos que incentivem ao investimento responsável na CCUS.

O CO₂ e a sua contribuição para as alterações climáticas

O dióxido de carbono (CO₂) é um gás com efeito de estufa (GEE) e um dos principais fatores que contribuem para as alterações climáticas. O CO₂ faz parte do ciclo natural do carbono. As atividades humanas, incluindo o aumento do uso dos combustíveis fósseis, estão a contribuir para um volume sem precedentes de CO₂ na atmosfera (ilustrado abaixo na Figura 1.1), que o ciclo natural do carbono não consegue absorver. Como o CO₂ atua como um mecanismo de aprisionamento de calor, que

causa o aquecimento global, o CO₂ adicional atua para aumentar a temperatura global. Como resultado, são necessárias reduções e remoções significativas das emissões de CO₂ para minimizar o aumento da temperatura global e cumprir os objetivos climáticos para limitar o aumento da temperatura global a 1,5 °C.¹

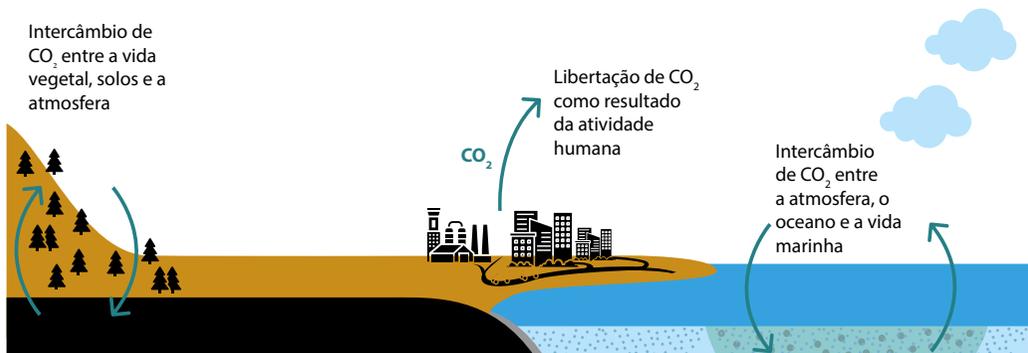


Figura 1.1: O dióxido de carbono tem origem na atmosfera.

Necessidades energéticas mundiais e fatores de atenuação das alterações climáticas

Nas próximas décadas, o desenvolvimento das economias emergentes fará aumentar drasticamente o consumo de energia per capita. Por exemplo, em 2022, os países da Ásia emitiram mais de ~58 por cento do CO₂ mundial.² À medida que os países da região se desenvolvem, as emissões de CO₂ também podem aumentar.

A luta contra as alterações climáticas exige transições importantes nos sectores da utilização de energia, incluindo a atenuação das alterações climáticas, o que implica a redução do fluxo de gases com efeito de estufa que retêm o calor (incluindo o CO₂) para a atmosfera. Há vários fatores que contribuem

para a atenuação das alterações climáticas. Um objetivo geral é a necessidade de reduzir ou eliminar os impactos climáticos regionais (por exemplo, recordes de temperaturas altas/baixas e padrões meteorológicos). Outros incluem:

- Políticas internacionais e nacionais para atingir emissões líquidas nulas de acordo com os objetivos climáticos do Acordo de Paris.³
- O Mecanismo de Ajustamento Carbónico Fronteiriço da União Europeia impõe uma tarifa de CO₂ sobre as importações de determinados bens provenientes de países que não estão abrangidos por um regime de fixação de preços do carbono.⁴
- Os regimes de incentivo disponíveis, como os mercados de carbono e os créditos fiscais alavancados.
- A insistência do público em geral na transparência e na responsabilização pela redução e comunicação das emissões.

As economias emergentes, incluindo alguns países asiáticos, tomaram medidas para combater as alterações climáticas. O estudo de caso abaixo destaca as medidas adotadas na Índia.



Agenda Panchamrit da Índia relacionada com a atenuação das alterações climáticas⁵

A Índia, que ratificou o Acordo de Paris em 2016, anunciou posteriormente a Panchamrit, a Agenda de Cinco Pontos, para fazer face às alterações climáticas. A redução das emissões de CO₂ constitui uma parte essencial da agenda. Anunciado durante a cimeira sobre o clima COP26 em 2021, o plano inclui medidas para que o país:

- Atinja 500 Gigawatts de capacidade energética não fóssil até 2030;
- Satisfaça 50 por cento das suas necessidades energéticas através de energias renováveis até 2030;
- Reduza as emissões totais de carbono projetadas em mil milhões de toneladas até 2030;
- Reduza a intensidade de carbono da economia em 45% até 2030, em comparação com os níveis de 2005;
- Atinja emissões líquidas nulas até 2070.

Abordagens de atenuação das alterações climáticas

Nenhuma abordagem de atenuação, por si só, resolverá o desafio climático. Cada uma tem pontos fortes e limitações em termos de custo, fiabilidade, acessibilidade, escala e desempenho ambiental. Os especialistas concordam que uma carteira de diferentes opções de atenuação oferece a via menos dispendiosa

e economicamente mais sustentável para atingir os objetivos de atenuação das alterações climáticas.⁶

Embora cada país seja diferente na sua abordagem de atenuação, é necessária uma carteira de soluções. Algumas soluções incluem a redução das emissões de combustíveis fósseis, a melhoria da eficiência energética, a expansão da utilização de fontes de energia renováveis e o desenvolvimento e utilização de combustíveis alternativos, como o hidrogénio. Para além destas estratégias de atenuação, existe a captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS).

O que é a CCUS?

Conforme ilustrado abaixo (Figura 1.2), a CCUS pode incluir (1) a captura de CO₂ de fontes pontuais ou diretamente da atmosfera, (2) o transporte do CO₂ capturado para (3a) armazenamento geológico ou (3b) utilização. A CCUS pode contribuir para reduções substanciais das emissões de CO₂, diminuindo simultaneamente os custos globais de atenuação. A cadeia de valor da CCUS é única na medida em que as tecnologias em si não são necessariamente novas, mas a combinação de tecnologias existentes está ligada de uma forma única para atingir o objetivo de redução das emissões.

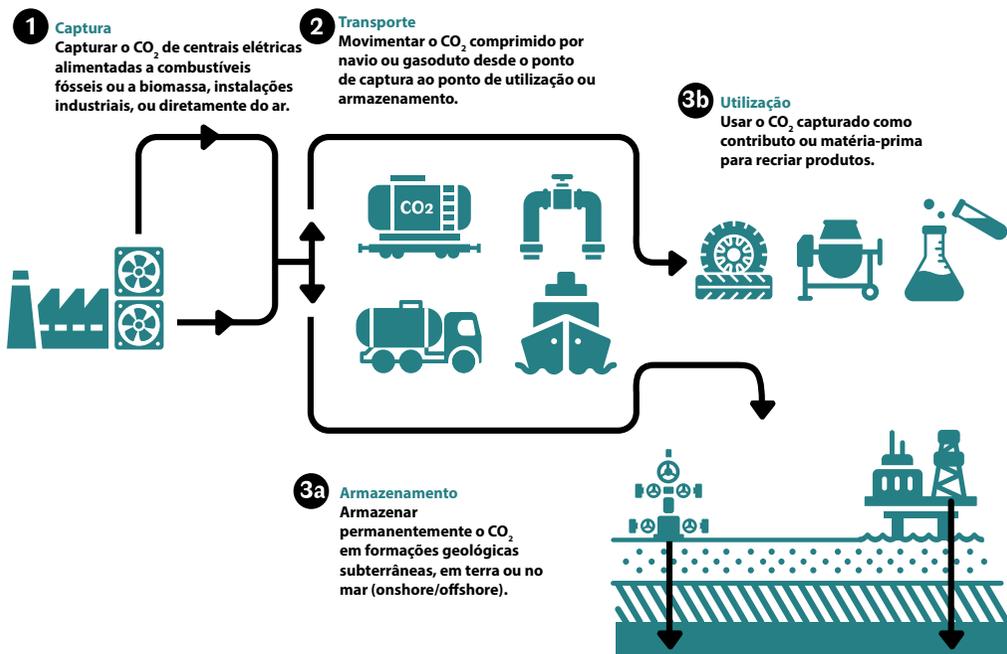


Figura 1.2: Diagrama do fluxo da captura, transporte, utilização e armazenamento de carbono.

É necessário que a implementação da CCUS ocorra nesta década, para que possa ser alcançado o objetivo do Acordo de Paris de limitar o aumento da temperatura global a 1,5°C até 2030.⁷ Trata-se de uma opção de atenuação fundamental, que permite reduzir as emissões de CO₂ provenientes de centrais elétricas alimentadas a combustíveis fósseis e de grandes instalações industriais, permitindo simultaneamente que os países cumpram os objetivos climáticos previstos no Acordo de Paris. Embora as estimativas de custos variem, não há dúvida de que o cumprimento dos objetivos climáticos custará

significativamente mais sem a CCUS (em alguns casos, 138% mais caro) do que com a CCUS.⁸ O desenvolvimento de uma indústria de CCUS também tem o potencial de criar emprego, catalisar a inovação, impulsionar o comércio, rentabilizar o fabrico de produtos com baixo teor de carbono e sustentar as indústrias existentes com a descarbonização.⁹

A tecnologia de CCUS está pronta para ser comercializada

A captura e o armazenamento de carbono têm sido implementados com êxito desde 1996,¹⁰ com um historial muito mais longo de implementação comercial das tecnologias componentes à escala, incluindo a captura em várias indústrias e a recuperação avançada de petróleo. Existe uma enorme dinâmica e atividade a nível mundial, que dá confiança no êxito da implementação da CCUS. Em janeiro de 2024, havia mais de 500 projetos de CCUS, a nível mundial, em várias fases de desenvolvimento e funcionamento.¹¹ Embora a indústria do petróleo e do gás tenha tradicionalmente liderado a implementação da CCUS, várias outras indústrias estão também envolvidas na atividade dos projetos, como os produtores de eletricidade, cimento, fertilizantes, aço e etanol.

A Ásia tem oportunidades substanciais de CCUS

A região asiática oferece grandes oportunidades para a implementação de CCUS. Mais de metade da CCUS global até 2050 poderá ter lugar na região da Ásia-Pacífico.¹² Uma rede pan-asiática de CCUS poderia incluir um conjunto de mais de 20 centros de captura e armazenagem subterrânea de carbono.¹³

Este potencial é mais do que meramente teórico. Há uma série de projetos e atividades que transmitem confiança quanto à capacidade da região para implementar a CCUS. Na China, por exemplo, entraram em funcionamento três projetos em 2023

(a maior instalação de CCUS de uma central elétrica a carvão da Ásia, a primeira instalação offshore de armazenamento de CO₂ e de captura de carbono numa refinaria de petróleo).¹⁴ O Japão anunciou sete redes de CCUS que irão capturar CO₂ no Japão para armazenamento.¹⁵

Base da colaboração regional em matéria de CCUS

A Ásia criou uma base para a colaboração regional em matéria de CCUS. A capacidade e o potencial de implementação de CCUS na Ásia-Pacífico promovem a coordenação e a colaboração em toda a região. Os países estão a convidar os seus vizinhos a visitarem as instalações e a participarem em diálogos técnicos e políticos para partilha das suas experiências. Para além dos projetos, tem-se verificado também um aumento da regulamentação e do desenvolvimento de políticas na região. Isto, por sua vez, pode incentivar a indústria internacional a implementar a CCUS na região.¹⁶

Para além da região da Ásia-Pacífico, estão a surgir globalmente ligações e consórcios para reunir as partes interessadas e promover os enquadramentos da CCUS. Como será descrito no Capítulo 6: Recursos e responsabilidades pelos enquadramentos, em que um dos recursos é o comité da Organização Internacional de Normalização (ISO) para a CCUS, que conta com quase 50 países que se reúnem para desenvolver normas e relatórios técnicos em toda a cadeia de valor da CCUS. A coordenação é particularmente crítica quando o transporte e o armazenamento de CO₂ atravessam fronteiras internacionais.

2. O que é a captura, transporte, utilização e armazenamento de carbono?

Pontos principais

- O dióxido de carbono e outros gases com efeito de estufa são habitualmente emitidos no local onde são produzidos. A CCUS captura o CO₂ antes deste ser libertado (ou, no caso da Captura Direta de Ar, da atmosfera) e transporta-o para um local onde possa ser utilizado ou armazenado permanentemente no subsolo.
- Em termos simples, a CCUS é, assim, um conjunto de quatro componentes interdependentes: captura, transporte, utilização e armazenamento. Cada um destes componentes requer a sua própria consideração por parte dos formuladores de políticas e dos reguladores.
- Como ponto de partida, é essencial que os formuladores de políticas e os reguladores compreendam as opções e a tecnologia em evolução subjacentes a cada um destes quatro componentes, como as opções do espaço poroso para o armazenamento seguro e protegido, a longo prazo, do CO₂.
- Embora o "U" em CCUS signifique Utilização, estima-se que, embora o CO₂ capturado encontre meios de ser convertido e/ou utilizado, a maior parte do CO₂ terá de ser injetado no subsolo para armazenamento permanente.
- Há também uma série de considerações transversais. Por exemplo, os requisitos técnicos para os projetos de CCUS terão de integrar disposições de segurança em toda a cadeia de valor.

Introdução

A CCUS é composta por quatro componentes interdependentes, conforme referido no capítulo anterior e se reproduz na Figura 2.1. Começa com a **captura (1)** de CO₂, que pode ocorrer em instalações industriais, centrais elétricas e instalações de emissões negativas (por exemplo, captura direta do ar ou instalações de queima de biomassa). O CO₂ pode então ser **transportado (2)** para

a localização de **utilização** ou **armazenamento** final. Os modos disponíveis de transporte (2) de CO₂ incluem condutas, ferrovia, navios e caminhões. Quando apropriado, os locais de captura e armazenamento ou utilização podem ser colocados para minimizar as necessidades de infraestruturas de transporte.

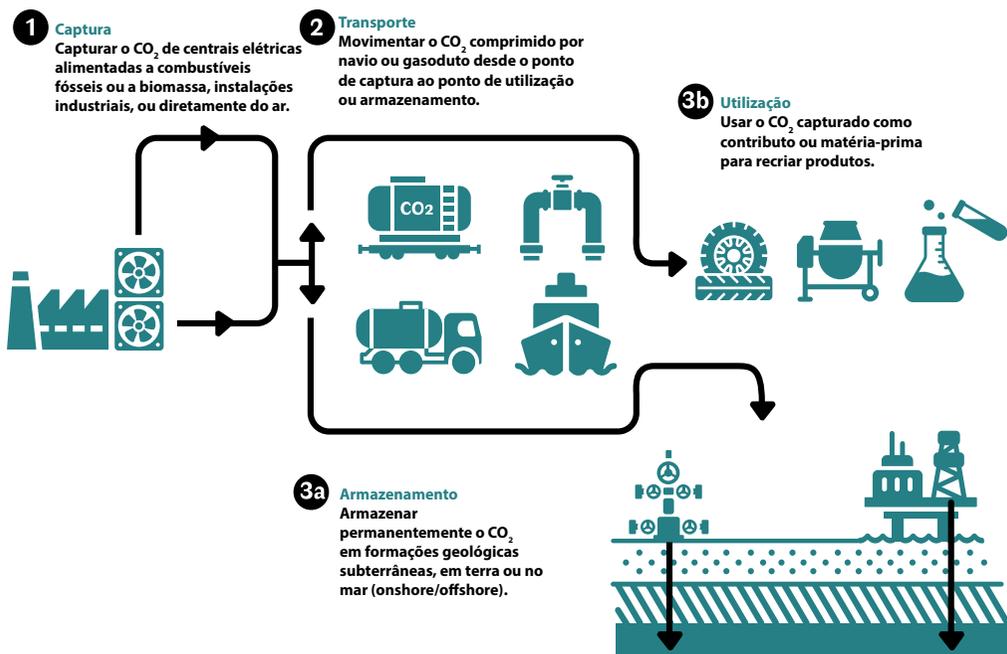


Figura 2.1: Componentes de CCUS.

No caso do armazenamento geológico (3a), o objetivo é o armazenamento seguro a longo prazo. O armazenamento pode consistir de um ou mais tipos de locais de armazenamento geológico. No caso da utilização (3b), o objetivo é utilizar o CO₂ de forma benéfica para a criação produtos, reduzindo assim a quantidade de CO₂ emitida para a atmosfera. Um caso especial é a

utilização de CO₂ para a recuperação avançada de petróleo (EOR), que atua para gerar a produção adicional de petróleo.

Captura



A captura de CO₂ pode ser efetuada através de várias tecnologias comerciais. O CO₂ pode ser capturado a partir de fontes pontuais ou da atmosfera. A escolha da tecnologia de captura utilizada baseia-se normalmente em critérios de seleção que podem abranger o tipo de instalação, a localização geográfica e o custo. A um nível muito elevado, os tipos de instalações são frequentemente subdivididos em fontes de baixa e alta concentração de CO₂, em termos de pureza das emissões antes da captura.

Tabela 2.1. Principais considerações sobre a captura.

Critérios de seleção	Volume de emissões, concentração de CO ₂ , vida remanescente do ativo, pressão e temperatura dos gases de combustão, proximidade do armazenamento, espaço disponível para o equipamento de captura e abastecimento de água (para arrefecimento).
Segurança / Integridade	Minimizar as emissões que não sejam de CO ₂ , a degradação dos materiais, a eliminação de resíduos, a conceção do processo, a adaptação em vez de construção nova.

Captura de elevada concentração

A captura de CO₂ de fontes de elevada concentração pode exigir um processamento muito reduzido antes de ser transportado. Um exemplo disto são as emissões das instalações de produção de

etanol que produzem CO₂ essencialmente como um subproduto puro do processo de fermentação. Poderá ser efetuada alguma remoção de oxigénio antes da compressão do CO₂ para transmissão.

Outros processos considerados como fontes de emissões de elevada concentração incluem a refinação de petróleo, a produção de hidrogénio a partir de gás natural (reformação do metano), a produção de amoníaco (reformação do metano) e as aplicações de processamento de gás natural.

Captura de baixa concentração

As emissões de gases de combustão de uma central elétrica são um excelente exemplo de uma fonte de emissões de baixa concentração. O volume de gás de combustão é muito grande e a quantidade total de CO₂ no fluxo de emissões, dependendo da fonte, pode ser inferior a 10 por cento. Outras fontes de baixa concentração podem provir de processos como a calcinação do cimento, a produção de aço, a produção de pasta e papel e o fabrico de produtos químicos.

Os sistemas de captura de baixas concentrações incluem solventes químicos (frequentemente baseados em aminas), separação criogénica, membranas e sorventes. Estes tipos de sistemas precisam geralmente de ser desenvolvidos para a aplicação específica do anfitrião. As necessidades de energia e de arrefecimento para esse sistema poderiam aproveitar a infraestrutura existente na instalação de acolhimento (por exemplo, extração de vapor, utilização de água de arrefecimento, recuperação de calor residual).

O aumento da escala das tecnologias de captura de baixa concentração é normalmente efetuado por fases, desde o banco de ensaio, demonstração/piloto, até à comercialização. Um exemplo de um projeto de demonstração/piloto de IDI da CCUS

de fontes de baixa concentração é a instalação Plant Barry da Alabama Power, descrita a seguir. Há também exemplos fora dos E.U.A. de comercialização de CCS fora dos E.U.A. Por exemplo, em 2014, a barragem SaskPower Boundary Dam, no Canadá, tornou-se a primeira central elétrica do mundo a utilizar com êxito a tecnologia de CCS.



Aumento de escala do Projeto de Captura de 25 Megawatts da Central Barry da Alabama Power



Em 2009, um Projeto de Demonstração de CCUS de 25 Megawatts na Central Barry da Alabama Power Company, nos E.U.A., foi a maior captura de carbono do mundo numa central elétrica de carvão pulverizado.

O CO₂ foi capturado do gás de combustão utilizando a tecnologia avançada de captura de solventes de amina da Mitsubishi Heavy Industries. O CO₂ foi comprimido no local e transportado 19,3 km para o local de armazenamento geológico. Ao longo do projeto-piloto foi capturado, transportado, armazenado e monitorizado um total de 114 kt de CO₂.

Os dados dos testes recolhidos e as lições aprendidas com este projeto proporcionaram uma excelente base de teste para o aumento de escala desta tecnologia, desde a captura de 25 megawatts de fluxo de escorregamento na Central Barry, perto de Mobile, Alabama, até ao sistema de captura de 240 megawatts na Estação de Geração W.A. Parish da NRG, perto de Houston, Texas. O projeto da NRG ainda continua a funcionar .

Remoção de dióxido de carbono (CDR)

A remoção de dióxido de carbono (CDR) é um processo através do qual o CO₂ é removido da atmosfera e armazenado permanentemente. Devido a semelhanças tecnológicas são descritos abaixo dois processos de CDR associados à CCUS.

Captura direta do ar

A captura direta do ar (DAC) é um tipo de CDR, que envolve a utilização de processos para remover o CO₂ do ar. Trata-se, geralmente, da utilização de tecnologias baseadas em solventes ou sorventes. Dada a concentração diluída de CO₂ no ar, é necessário processar grandes volumes de ar por cada unidade de CO₂ capturada. Isto torna o processo intensivo em termos

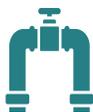
energéticos e geralmente mais dispendioso do que os sistemas de captura industrial.

Um tipo emergente de CDR é a captura direta de CO₂ da água do mar. A concentração de CO₂ na água do mar é superior à do ar, pelo que estão a ser desenvolvidos vários projetos-piloto para remover o CO₂ da água do mar.

CCSa partir da Biomassa

A CCS a partir da biomassa envolve a conversão direta de matérias-primas em energia ou num produto químico, com a remoção do carbono produzido pelo processo. A conversão direta em energia inclui a combustão para produção de eletricidade e/ou vapor, com captura na fonte pontual no fluxo de combustão. A conversão química ocorre através da gasificação da biomassa em gás de síntese e pelo processamento adicional do gás de síntese em hidrogénio e CO₂.

Transporte



Após a captura, o CO₂ pode ser transportado por conduta, via férrea, camiões e navios. As condutas são conhecidas como o modo de transporte mais utilizado para transportar grandes volumes de CO₂. As opções de transporte ferroviário, por camião e marítimo requerem a construção de instalações de carga e descarga para gerir o transporte.

Tabela 2.2: Principais considerações sobre o transporte.

Critérios de seleção	Volume, pureza do CO ₂ , distância, geografia, custo e limitações de uso do solo.
Segurança/integridade	Limitações de uso do solo, requisitos de pressão e temperatura, impurezas e distância.

Condutas

O transporte por conduta é utilizado em terra e no mar. Onshore, o CO₂ é transportado geralmente através de condutas de aço de carbono enterradas no subsolo. No mar (offshore), as condutas são geralmente assentes sobre o leito marinho. Para ser transportado através de conduta, o CO₂ precisa de ser comprimido. Este processo é energívoro e pode levar a emissões associadas de CO₂ se a energia para os compressores não for proveniente de fontes de baixo carbono. As condutas de CO₂ funcionam nos E.U.A. há mais de 50 anos, com mais de 8046 km de condutas atualmente em funcionamento.¹

Caminhos-de-ferro

O transporte ferroviário de CO₂ ocorre principalmente através da utilização de vagões-cisterna pressurizados que transportam CO₂ líquido. Para o transporte ferroviário, o operador terá de desenvolver a infraestruturas adequada para liquefazer, armazenar, carregar e descarregar o CO₂ nos vagões-cisterna. É necessário haver, no local de armazenamento, o equipamento adequado para a descarga, o armazenamento em tanques e a recompressão para manusear o CO₂. O transporte de CO₂ por via férrea terá de também ter em consideração a ebulição de parte do CO₂, designada como perdas por ebulição, ocorrida durante o transporte.

Navio/ barcaça

O transporte de CO₂ por via marítima² requer instalações de carga e descarga na zona portuária para facilitar o transporte. O transporte por navio tem sido considerado uma opção viável para projetos offshore destinados a armazenar pequenos volumes ou volumes provenientes de várias fontes, e uma opção viável para o transporte transfronteiriço de CO₂ (atualmente a ser considerado em estudos de viabilidade e estudos-piloto no Norte da Europa e no Sudeste Asiático). No Japão, foi construído em 2023³ um navio com uma capacidade de 1450 m³ para transportar CO₂ liquefeito para demonstrações em grande escala em Tomakomai.⁴

Camião

O transporte de CO₂ por camião é largamente utilizado para o transporte de pequenos volumes em trajetos relativamente curtos. Normalmente, são utilizados camiões-cisterna criogénicos de baixo volume ou navios pressurizados para transportar o CO₂. Esta tecnologia também requer instalações de carga e descarga para transferir o CO₂ de e para os camiões.

Armazenamento

Após o transporte, o CO₂ pode ser armazenado geologicamente em reservatórios salinos profundos, reservatórios de petróleo e gás esgotados e outras formações, como mostra a figura abaixo (Figura 2.3). O armazenamento através da utilização (1) pode ocorrer na subsuperfície durante a recuperação avançada de petróleo (EOR) e a recuperação avançada de gás (EGR) e (2) pode também ser utilizado para criar produtos como materiais de construção, carvão vegetal, fibra de carbono ou plásticos.

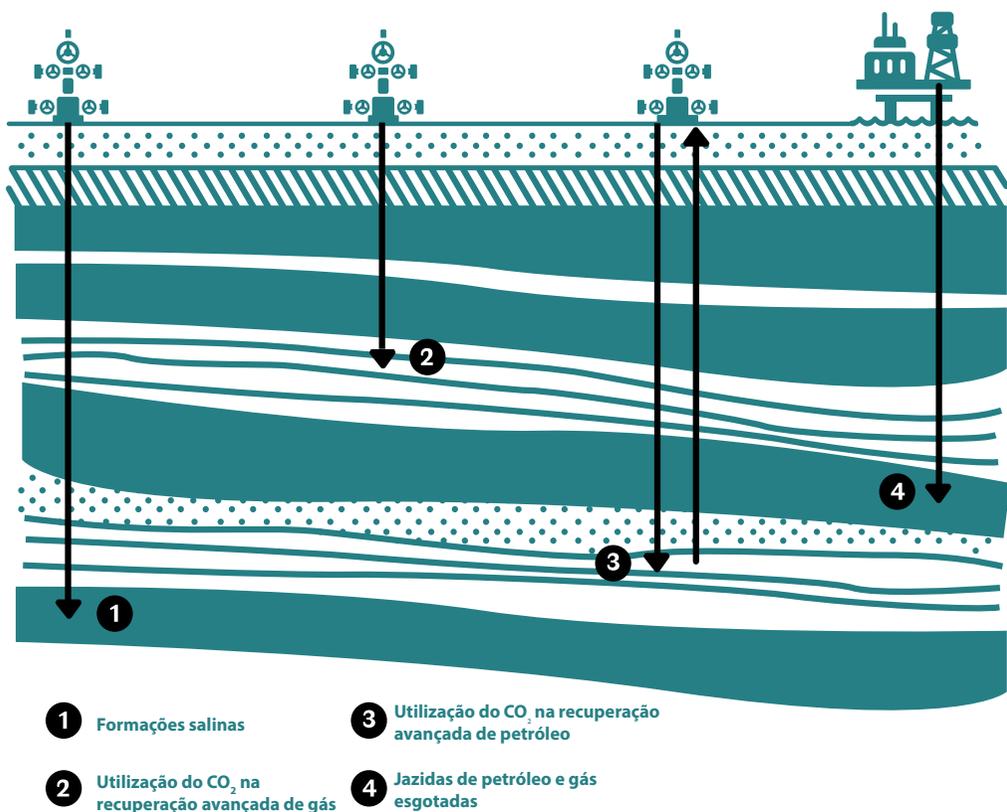


Figura 2.3: Opções de locais para armazenamento geológico de CO₂.

Embora existam múltiplas vias para a utilização do CO₂ capturado, a mitigação em grande escala do CO₂ capturado tem de ser efetuada através do armazenamento.⁵

Tabela 2.3: Principais considerações sobre o armazenamento.

Critérios de seleção	Volume de CO ₂ , profundidade, pressão, temperatura, porosidade disponível, injetividade, condições dos limites geológicos, complexidade geológica, grau de confinamento da rocha de cobertura, mecânica das rochas, topografia, limitações de uso do solo, poços antigos, disponibilidade de infraestruturas antigas e custo.
Segurança/integridade	Requisitos de pressão e temperatura, contenção, sismicidade induzida inaceitável, limitações de uso do solo, poços antigos, proteção dos recursos naturais e equipamento de segurança.

Armazenamento em formações salinas

As formações salinas são estratos sedimentares porosos, que existem em bacias onshore e offshore e são normalmente constituídas por arenitos e carbonatos que contêm salmoura nos seus espaços porosos. Estas formações apresentam algumas das maiores oportunidades de armazenamento de volumes comerciais de CO₂. As propriedades adequadas para o armazenamento em formações salinas incluem a profundidade, a contenção stratigráfica, a porosidade e a permeabilidade. A contenção do CO₂ injetado nas camadas impermeáveis subjacentes é necessário para garantir o armazenamento seguro e a estabilidade a longo prazo do CO₂ injetado.

Reservatórios de petróleo/gás esgotados

Os reservatórios de petróleo e gás que estão a chegar ao fim da sua vida produtiva podem ser potenciais candidatos para o armazenamento de CO₂. Estes reservatórios são semelhantes às formações salinas acima indicadas, mas têm petróleo e gás retidos, em camadas sedimentares ou em armadilhas estruturais. Com o acréscimo de

CO₂, a pressão do reservatório pode ser restaurada para condições próximas das originais através de um campo monitorizado.

Rochas ígneas máficas

As rochas máficas, como os basaltos e os peridotitos, contêm minerais que reagem com o CO₂ para formar carbonatos minerais estáveis (mineralização in situ). Este processo pode ser importante em locais onde este tipo de rocha é o recurso disponível para armazenamento.

Utilização



Após o transporte, o CO₂ pode ser utilizado para ajudar na extração de hidrocarbonetos ou na criação de produtos. A utilização pode contribuir para o desenvolvimento de infraestruturas de CCS, nomeadamente para EOR ou EGR. O CO₂ também pode ser utilizado para criar produtos como materiais de construção, carvão vegetal, fibra de carbono ou plástico.

Recuperação avançada de petróleo

A EOR é uma tecnologia de produção de petróleo madura utilizada desde a década de 1970.⁶ O CO₂ à pressão do reservatório é um gás de fase densa com propriedades semelhantes às do líquido, que se pode misturar com o petróleo. Esta mistura diminui a viscosidade dos hidrocarbonetos e permite uma maior recuperação de petróleo do reservatório. Habitualmente, o CO₂ é injetado no reservatório, mas é utilizado um sistema de circuito fechado para retirar o CO₂ produzido a partir do fluxo de produção, comprimi-lo e misturá-lo novamente com novo CO₂ que pode ser proveniente de uma fonte de captura.

Recuperação avançada de gás

A EGR é uma técnica de produção de hidrocarbonetos, que pode ser utilizada tanto em reservatórios de gás natural como em camadas de carvão. A EGR funciona através da substituição direta do gás natural. A aplicação da tecnologia funciona melhor quando as condições *in situ* minimizam a difusão de CO₂ e as ruturas prematuras no reservatório. Um caso especial de EGR é a recuperação avançada do metano do carvão em camada. Este processo funciona através da utilização de CO₂ para substituir o metano do carvão.

Conversão de CO₂ em produtos

Excluindo a criação de combustível, que leva à libertação direta do CO₂, existem múltiplas opções de utilização de CO₂ para produtos que podem ser considerados como armazenamento a longo prazo. A conversão de CO₂ em produtos para efeitos de utilização deve considerar o efeito total do processo em relação à atmosfera, também designado como avaliação do ciclo de vida.

O estudo de caso abaixo destaca um processo de seleção de produtos, numa fábrica de cimento indiana, para identificação de opções viáveis e das condições de mercado para a comercialização.



Avaliação de produtos derivados do CO₂ capturado na indústria de cimento da Índia⁷

Em 2021, o Banco de Desenvolvimento Asiático (ADB) apoiou um estudo sobre cimento na Índia para avaliar a viabilidade de produtos convertidos a partir do CO₂ capturado. O estudo avaliou seis produtos: ureia, carbonato de sódio, mineralização, metanol, algas para alimentação animal e biocombustível de algas. A avaliação pré-selecionou a ureia e a mineralização como as melhores opções. A instalação de captura de CO₂ pode adotar a tecnologia de pós-combustão com uma capacidade de 500kt de CO₂ por ano. Esta quantidade de CO₂ capturado pode ser convertida em 680 kt de ureia. A análise financeira indicou um baixo retorno do investimento sob as condições normais assumidas. Para melhorar a viabilidade comercial, o estudo concluiu que são fundamentais os seguintes fatores:

- Disponibilidade de baixos custos operacionais para a eletricidade e o vapor no local.
- Um nível específico de preços dos créditos de carbono para colmatar o déficit de viabilidade financeira.

Considerações transversais

Segurança

Os requisitos técnicos para os projetos de CCUS terão de integrar disposições de segurança em toda a cadeia de valor. As considerações de segurança para os projetos CCUS devem incluir:

- Proteção contra grandes liberações de CO₂ (asfixia, impacto das impurezas do CO₂, impacto nos ecossistemas marinhos), incluindo disposições para resposta a emergências e para a conceção de sistemas de segurança.
- Monitorização do aumento das emissões atmosféricas de poluentes atmosféricos perigosos (produtos de degradação de aminas, amoníaco, matéria particulada).
- Avaliação da integridade do armazenamento. A principal via de fuga subsuperficial para o CO₂ deslocado é através de penetrações em poços antigos completados através do sistema de confinamento. Por exemplo, para proteger as fontes de água potável, as penetrações dos poços devem manter a sua integridade para garantir que não existem vias de fuga para o CO₂. Além disso, as características geológicas, como as falhas, devem ser analisadas.

Análise e gestão do risco

Os riscos para o êxito de um projeto de CCUS podem incluir riscos financeiros, operacionais, de armazenamento, de saúde/segurança e de perceção pública. As entidades reguladoras terão de considerar o desenvolvimento e a implementação de sistemas de análise e mitigação de riscos. No caso dos riscos operacionais, de saúde e de segurança, os sistemas de mitigação podem incluir sistemas de controlo de supervisão e aquisição de dados (SCADA) que fornecem sistemas automatizados de controlo e alarme para proteger vários componentes da CCUS. Além disso, devem ser realizadas regularmente formações em gestão e mitigação dos riscos para os identificar, acompanhar e eliminar.

Especificações de qualidade

O CO₂ produzido a partir de diferentes fontes de captura pode ter uma composição de impurezas diferente. As opções de transporte

e armazenamento exigirão que algumas destas impurezas sejam removidas como medida para proteger de danos as infraestruturas de transporte ou armazenamento (por exemplo, corrosão e risco para a saúde pública). Vários países estão também a desenvolver requisitos regulamentares para limitar as impurezas nos fluxos de CO₂. Todos estes requisitos terão de ser tidos em conta pelos operadores de captura e transporte para garantir a conformidade. Algumas operações de captura poderão exigir equipamento de processamento adicional.

Infraestrutura integrada

À medida que a infraestrutura de CCUS for sendo construída, será importante integrar todos os componentes necessários para o projeto CCUS. Por exemplo, os requisitos operacionais baseados na fonte de CO₂ para captura podem exigir considerações sobre o sistema de transporte e armazenamento.

3. Envolvimento em projetos de CCUS

Pontos principais

- Os projetos de CCUS necessitam de envolvimento para serem bem sucedidos. O envolvimento é a comunicação entre formuladores de políticas, reguladores, promotores de projetos e o público ao longo da vida de um projeto.
- Os formuladores de políticas e os reguladores têm de estar preparados para se envolverem desde o início com os intervenientes públicos, incluindo as comunidades locais, para evitar atrasos e cancelamentos.
- Um primeiro passo fundamental é compreender os principais intervenientes, as suas respetivas atividades e o nível adequado de envolvimento: mapeamento e planeamento das partes interessadas.
- Mesmo as comunidades que estão familiarizadas com projetos de petróleo e gás, ou outros projetos de extração, podem ficar céticas em relação aos projetos de CCUS. O Projeto Barendrecht, nos Países Baixos, mostra os riscos de não envolver as comunidades num projeto de CCUS.

Introdução

O envolvimento é o processo de envolver os formuladores de políticas, os reguladores, os promotores de projetos e o público na comunicação ao longo da vida de um projeto. O envolvimento da comunidade não é um conceito novo para o sector da energia, mas mudou significativamente na última década para se tornar mais inclusivo, reativo e sólido. Os grandes projetos de infraestruturas, incluindo turbinas eólicas e linhas de caminho de ferro, têm proporcionado experiência sobre a importância de conseguir um envolvimento público correto, no início de um projeto.¹ O risco de não conseguir um envolvimento significativo com a comunidade local e com o público em geral pode ser o atraso do

projeto, ou mesmo o seu cancelamento. De forma mais positiva, os elementos-chave do envolvimento, que definem a estratégia/orientação, supervisão, tomada de decisões e a partilha de informações são apresentados a seguir. A interseção das políticas e das leis/regulamentos para gerar o impacto das comunicações ao público sobre um projeto, pode constituir os elementos do envolvimento. Este capítulo descreve estes elementos e vários outros em mais detalhe.



Figura 3.1: Elementos de envolvimento de CCUS.

O desconhecimento ou a falta de sensibilização para a captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS) como tecnologia de mitigação climática podem ser problemáticos para o sucesso e a implementação de projetos. Simplificando, uma informação insuficiente sobre o desenvolvimento do projeto, as tecnologias, antecedentes ou o processo de decisão pode levar à não aceitação ou falta de apoio entre as comunidades circundantes. Para vários projetos, isto pode resultar no cancelamento do projeto. Assim, a comunicação e o envolvimento são elementos-chave na implementação de projetos de CCUS.

Importância do envolvimento e princípios fundamentais

Um envolvimento efetivo é fundamental para estabelecer linhas de comunicação abertas, informar as partes interessadas sobre os potenciais riscos e benefícios, responder a questões, preocupações e riscos observados, trocar ideias, cultivar conhecimentos e criar relações de confiança e envolvimento a longo prazo. Pode também sensibilizar, aumentar o apoio, criar influência, apoiar o desenvolvimento de políticas e regulamentos, melhorar os processos de decisões e mitigar proativamente uma potencial oposição. Note-se que o método e o nível de envolvimento do público evoluirão ao longo da vida de qualquer projeto de CCUS.

Segue-se uma lista não exaustiva de princípios-chave para o envolvimento na CCUS, com base na experiência dos colaboradores desta publicação nestes projetos.



Transparência. Partilhe informações factuais, desenvolvimentos, impactos na comunidade e potenciais riscos e benefícios de uma forma clara, aberta e direta; faculte um registo público que resuma os eventos.



Diversidade, inclusão e acessibilidade. Seja inclusivo e envolva pessoas com diferentes pontos de vista e experiências de vida. Assegure-se de que as oportunidades de participação oferecem total acessibilidade. Faça adaptações razoáveis para as pessoas com necessidades especiais.



Compreender as comunidades. Os promotores de projetos podem reconhecer os problemas que as comunidades enfrentam e, à medida que um projeto se vai desenvolvendo, tornar-se-ão parte da comunidade. Diferentes comunidades lidam com a informação e comunicam de forma diferente. Isto pode exigir diversas estratégias de comunicação e envolvimento no âmbito de um projeto.



Envolva-se cedo e com frequência. Identifique o nível de necessidade e a frequência/fórum adequado para esse envolvimento.



Tomada de decisões. Inclua a comunidade no processo de decisão e examine o projeto com os seus pares técnicos em simpósios e eventos técnicos.



Diretrizes para o envolvimento. Estabeleça diretrizes para apoiar uma troca respeitosa de pontos de vista, que evolua no sentido de um entendimento comum.



Troca recíproca de informação. Promova a troca recíproca de informação, incentive a escuta ativa e reconheça e integre novas perspetivas e ideias.



Colaboração e parcerias Estabeleça ativamente colaboração e parcerias entre os diversos grupos e indivíduos para promover os objetivos partilhados.



Faça a ligação com o panorama geral. Comunique com clareza o “Porquê da CCUS” e estabeleça a relação entre as atividades e o panorama geral.



Benefícios para a comunidade. Compreenda o contexto local, trabalhando com os residentes no terreno para determinar o valor direto para uma comunidade que resulte do desenvolvimento do projeto. Para além dos proprietários tenha em atenção outros membros da comunidade, incluindo a forma como o projeto de CCUS pode proporcionar oportunidades aos insuficientemente servidos, empresas pertencentes a minorias, empresas pertencentes a mulheres e empresas pertencentes a veteranos.



Medição/impactos do inquérito. Inclua métricas de sucesso mensuráveis para compreender o impacto das atividades de envolvimento nas partes interessadas ao longo do tempo (consulte o estudo de caso sobre a Houston CCS Alliance abaixo). Avalie para compreender o que está a funcionar e o que não está e reveja em conformidade.



Flexibilidade. Seja flexível e reconheça, adapte e incorpore o feedback na medida em que seja possível.



Línguas. Identifique as principais línguas das comunidades relevantes e desenvolva materiais e organize reuniões nessas línguas, conforme necessário.



Clareza. Utilize gráficos claramente compreensíveis, incluindo escalas de profundidade não exageradas para transmitir a distância.



Criação de capacidades. Explique o desenvolvimento do pessoal e o envolvimento do projeto com o meio académico (p. ex., o estabelecimento de programas de estágio).



Esforços de envolvimento da Houston CCS Alliance



Figura 3.2: Com base numa análise dos dados do Departamento de Energia dos E.U.A. (2018) e do Gabinete de Sustentabilidade do Presidente da Câmara de Nova Iorque.
(Gráfico, cortesia da Houston CCS Alliance)

A zona de Houston tem uma das fontes mais concentradas de emissões de CO₂, nos Estados Unidos, e está localizada perto de prolíficas formações de armazenamento geológico subterrâneo, o que a torna ideal para o desenvolvimento de projetos de CCS em grande escala. Em 2021, onze dos maiores emissores industriais de CO₂ em Houston, Texas, formaram a Houston CCS Alliance para melhor responder à necessidade de um maior envolvimento do público e de educar mais profundamente as comunidades sobre os benefícios locais, que a captura e armazenamento de carbono podem trazer para a região da Costa do Golfo do Texas.

As empresas associadas trabalharam em conjunto para organizar mais de 30 debates públicos sobre a CCS, desenvolver recursos impressos bilingues para a comunidade e vídeos educativos, patrocinar eventos locais importantes e organizar atividades de voluntariado com impacto para melhorar os recursos públicos. Estes esforços resultaram em mais de 20 declarações de apoio de responsáveis eleitos e organizações, cobertura positiva dos meios de comunicação social nos mercados locais, duas resoluções de governos locais a reconhecer a Houston CCS Alliance e, mais recentemente, um prémio de um Comissário do Condado de Harris a homenagear a Alliance por ajudar as comunidades a prosperar. A Aliança continua a envolver as comunidades até hoje.

Principais intervenientes

Os principais intervenientes no envolvimento dividem-se em quatro esferas principais: formuladores de políticas, reguladores, promotores de projetos e o público. A tabela abaixo (Tabela 3.1) resume os principais papéis e a natureza do envolvimento de cada um deles.



Formuladores de políticas. Podem estar envolvidas no desenvolvimento de políticas de CCUS várias agências governamentais o que pode exigir um processo de envolvimento de vários intervenientes. Um mecanismo é um grupo de trabalho entre agências para coordenar e alinhar o desenvolvimento das políticas, partilhar informação, incorporar recomendações de todos os ministérios relevantes, desenvolver enquadramentos legais e/ou delegar o desenvolvimento de enquadramentos nas respetivas agências governamentais e identificar fatores como penalizações/mandatos, incluindo a definição de objetivos nacionais abrangentes para a redução de emissões, conforme o caso. Outro mecanismo consiste em desenvolver os principais conjuntos de dados, nomeadamente por agências científicas governamentais e laboratórios estatais, que apoiam as decisões relativas às políticas. Isto pode incluir uma avaliação do potencial de CCUS numa determinada jurisdição e/ou um roteiro para apoiar a redução das emissões, conforme descrito no Capítulo 5: Roteiro para o desenvolvimento de enquadramentos legais e regulamentares. Particularmente nas economias emergentes, os formuladores de políticas têm um papel fundamental na identificação da agência líder, não só para a conceção e aplicação da legislação/regulamentação, mas também para a coordenação das partes interessadas e para a fase preparatória que constitui a base do processo regulamentar.



Reguladores. Os reguladores desenvolvem as normas, supervisionam a sua aplicação (por exemplo, através da análise dos pedidos de autorização) e fazem-nas cumprir. Os reguladores são, muitas vezes, obrigados a liderar o envolvimento do público nas normas e projetos propostos. Através de comentários e reuniões públicas, os reguladores podem recolher os comentários e as preocupações da comunidade local. Muitas vezes, os reguladores respondem aos comentários do público, mas os promotores de projetos também podem responder. A participação/consulta pública em fases-chave do projeto, seleção do local, operações e desativação, é normalmente incentivada.



Promotor do projeto. Com base num estudo de viabilidade, os promotores de projetos orientam o projeto ao longo do mesmo e até à sua conclusão. Frequentemente, as equipas de desenvolvimento de projetos de uma empresa realizam um amplo envolvimento interno e externo para assegurar que a CCUS é apoiada pelas unidades de negócio e pela liderança. Uma vez identificada a localização do projeto, os promotores do projeto podem realizar um exercício de mapeamento responsável do envolvimento das partes interessadas e da comunidade para desenvolver e implementar um plano de envolvimento.



Comunidades. O núcleo do envolvimento na CCUS é a comunidade afetada pelo projeto. A comunidade inclui líderes locais, responsáveis eleitos, proprietários de terras, ONG e o público em geral. É importante tomar nota e compreender as questões relacionadas com as populações desfavorecidas e/ou marginalizadas, incluindo o estatuto das diversidades demográficas de diferentes tipos que serão afetadas significativamente por um projeto de CCUS. Há também considerações significativas do ponto de vista jurídico relativamente à questão da "legitimidade" para determinar quem pode estar envolvido na contestação formal de quaisquer decisões relativas aos projetos.

Os principais intervenientes reúnem-se numa série de atividades para se envolverem. A natureza destas atividades é apresentada abaixo.

Tabela 3.1: Atividades e natureza do envolvimento dos intervenientes-chave.

	Atividades	Natureza do envolvimento
Formuladores de políticas 	<ul style="list-style-type: none">→ Desenvolver políticas de CCUS, apoiar a inovação e as parcerias público-privadas→ Orientar o envolvimento de várias partes interessadas→ Envolver-se na coordenação entre agências	<ul style="list-style-type: none">→ Determinar os níveis de envolvimento→ Institucionalizar os processos através de grupos de trabalho

<p>Reguladores</p> 	<ul style="list-style-type: none"> → Regulamentação → Analisar os pedidos de licença → Supervisão e implementação do compromisso pelo do promotor do projeto → Aplicação das normas 	<ul style="list-style-type: none"> → Estabelecer processos de participação → Solicitar atualizações junto dos promotores de projetos → Avaliar os impactos → Melhorar os níveis de participação
<p>Promotores de projetos</p> 	<ul style="list-style-type: none"> → Implementar projetos → Realizar o levantamento e a avaliação das partes interessadas → Envolver-se num diálogo bidireccional → Desenvolver relações equitativas e criar relações de confiança 	<ul style="list-style-type: none"> → Implementar processos de envolvimento → Consultar e negociar → Discutir os benefícios, os riscos e a mitigação
<p>Comunidade</p> 	<ul style="list-style-type: none"> → Participar em diálogos → Solicitar informações → Partilhar preocupações e garantir a sua resolução → Influenciar os formuladores de políticas e os promotores de projetos 	<ul style="list-style-type: none"> → Diálogo regular e contínuo com os promotores de projetos → Comunicar com os reguladores → Comentar as avaliações de impacto ambiental

Estes grupos interagem ao longo do projeto de CCUS para trocar planos, desafios, experiências e conhecimentos para uma tomada de decisão informada. A interação entre estes quatro grupos é

fundamental para que os projetos de CCUS sejam seguros e bem sucedidos.

Como mostra a figura abaixo (Figura 3.3), o envolvimento deve ser um processo contínuo, com os principais intervenientes, ao longo da vida do projeto. O envolvimento começa mesmo antes da seleção do local e mantém-se durante o desenvolvimento, operações, encerramento e após o encerramento. Os autores reconhecem que nem todo o envolvimento seguirá uma curva natural como a apresentada na figura, uma vez que um evento durante as operações pode resultar num pico de envolvimento ou, após o desenvolvimento, o nível de envolvimento pode diminuir devido a questões concorrentes, que as partes interessadas possam enfrentar. No entanto, a criação de relações requer tempo, esforço, transparência e planeamento.

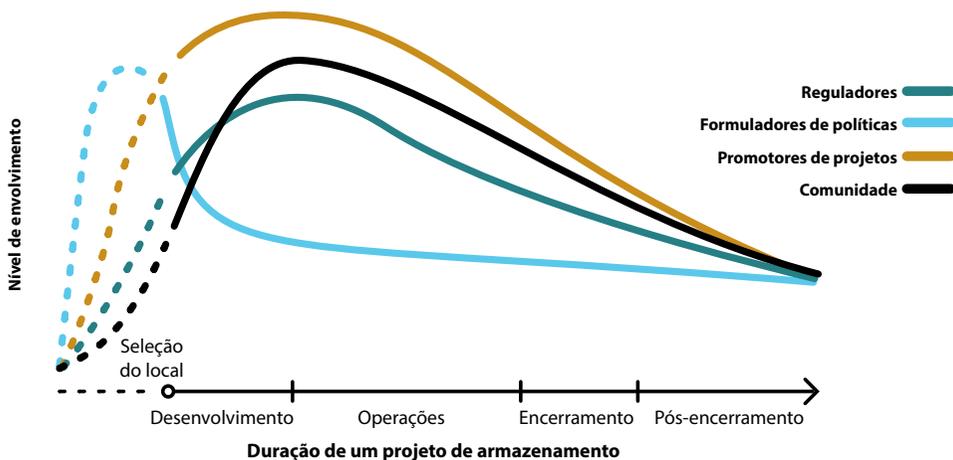


Figura 3.3: Nível de envolvimento dos principais intervenientes ao longo da vida do projeto.

Processos de envolvimento: Foco na comunidade

Os princípios fundamentais e os principais intervenientes de um projeto de CCUS foram abordados. Esta secção descreve o processo de envolvimento com foco nas comunidades. Primeiro, considere compreender quem são os seus constituintes através do mapeamento e dos inquéritos. De seguida, adapte a(s) técnica(s) de divulgação com base no tipo de mensagem e na composição da comunidade.

Compreender os constituintes

Existem muitas abordagens e alternativas para o envolvimento. Estes processos dependem do desenvolvimento de uma boa compreensão dos assuntos importantes para as comunidades locais e para as partes interessadas afetadas. Podem ser desenvolvidas abordagens ponderadas através da utilização de inquéritos específicos, que mapeiem ou avaliem os sentimentos da comunidade em relação a determinadas ações ou temas. Estas técnicas podem avaliar rapidamente segmentos mais amplos da comunidade. Os processos participativos da comunidade, em que os seus membros identificam os métodos de envolvimento e os tópicos que são mais importantes para eles, também podem ser uma técnica útil para compreender os constituintes.

O envolvimento direto com as partes interessadas também pode ser realizado através de reuniões presenciais, onde essas possíveis ações e temas são transmitidos à comunidade para obter feedback. Os eventos de divulgação consistem geralmente em reuniões públicas, que podem incluir um grande número de constituintes e um conjunto de apresentações, perguntas e respostas, comentários públicos e comunicação individual com essas partes interessadas.

Normalmente, não existe um meio único de determinar a opinião das partes interessadas relativamente a determinadas questões. Uma das práticas mais comuns é interagir com eles frequentemente e de várias formas, para garantir que é recebida uma amostra razoável de opiniões.

A tabela seguinte (Tabela 3.2) resume alguns métodos de envolvimento, bem como as suas vantagens e desvantagens em geral. Em todos os casos, quando se aplicam os princípios fundamentais de envolvimento, estas atividades são fundamentais para estabelecer a confiança.

Tabela 3.2: Métodos de divulgação e potenciais vantagens e desvantagens.

Método de divulgação	O que é?	Vantagens	Desvantagens
Inquéritos	Um conjunto de perguntas para avaliar a opinião da comunidade sobre atividades ou questões	Pode atingir um grande número de pessoas na comunidade	Não há interação direta e a percentagem de retorno é frequentemente baixa; pode atingir apenas um subconjunto da comunidade
Reunião pública	Um evento em que são apresentadas informações, os representantes respondem a perguntas da comunidade e recebem comentários.	As mensagens podem ter um grande alcance em toda a comunidade de uma só vez. Capacidade de compreender as principais questões e preocupações e de incorporar o feedback	A conversa pode ser conduzida por um pequeno número de pessoas

Divulgação direcionada	Um evento em que os representantes apresentam os pormenores do projeto. Este pode incluir visitas ao local e perguntas e respostas	Melhoria da comunicação bidirecional	Frequentemente uma amostragem mais pequena da comunidade, talvez líderes comunitários
Gabinete/ Balcão público	Um local fixo onde o público pode informar-se livremente sobre o projeto e envolver os representantes	Promove a comunicação individual e a partilha de informações	Há um grande envolvimento para chegar a um menor número de pessoas na comunidade
Divulgação técnica	Apresentações em reuniões, simpósios e fóruns	Verificação técnica do projeto pelos pares	Envolvimento com um pequeno subconjunto técnico da comunidade
Jornais / Notícias locais	Divulgação através dos meios de comunicação social	Chegar às comunidades locais e poder envolver a participação de terceiros (jornalistas) na comunicação	Não há interação direta; nem todas as pessoas podem ter acesso às notícias e pode haver envolvimento de terceiros (jornalistas) na comunicação

Websites	Um website do projeto com informações sobre o projeto, as tecnologias, os riscos e os processos de decisão	Pode chegar a um grande número de pessoas na comunidade; uma plataforma dinâmica com opções de atualização à medida que o projeto se desenvolve; pode ser traduzido em várias línguas	Sem interação direta
Folhetos/ anúncios	Informação direcionada pendurada ou distribuída em locais públicos	Chegar às comunidades locais	Sem interação direta

Muitas vezes, é necessário utilizar mais do que um destes processos em combinação para garantir um nível adequado de envolvimento. Consulte o estudo de caso sobre a Houston CCS Alliance, acima.

Técnicas de envolvimento

Existem várias formas de partilhar e trocar informações com as partes interessadas. Ao abordar o envolvimento da comunidade, pode ser útil reunir-se primeiro com os principais líderes para começar a entender questões importantes que podem exigir atenção adicional antes do envolvimento direto com a comunidade.

O mapeamento das partes interessadas pode ser uma ferramenta importante para apoiar atividades de envolvimento eficazes (consulte a secção Recursos para o envolvimento no Capítulo 9: Recursos Adicionais). Inclui uma estrutura para identificar,

avaliar e mapear visualmente potenciais indivíduos e grupos a envolver, identificar papéis-chave, considerar potenciais pontos em comum e obstáculos, determinar a potencial frequência e prioridade do envolvimento e desenvolver mensagens-chave.

Os parceiros e facilitadores locais podem ajudar a identificar estes grupos de indivíduos. Podem ser convidados especialistas que sejam neutros (por exemplo, académicos) para partilharem as suas opiniões imparciais sobre a solidez desses projetos na comunidade. As ONG podem também desempenhar um papel importante, representando interesses como o ambiente ou a saúde e segurança da comunidade.

Existem também várias técnicas de comunicação unidirecional. A utilização de websites ou de redes sociais para envolver as partes interessadas é uma faceta crescente da divulgação. As entrevistas com os meios de comunicação social (impressos, rádio, podcasts ou televisão) também podem ser utilizadas para transmitir mensagens à comunidade.

No entanto, as práticas mais comuns indicam que os métodos de comunicação bidirecional, aqueles em que ambas as partes podem receber e divulgar informações, são melhores. O desafio com esta técnica de envolvimento é garantir que as mensagens do projeto chegam a um grande número de pessoas na comunidade.

Para isso, é provável que os promotores do projeto tenham uma presença direta na comunidade e se tornem parte da mesma. Isto ajuda a estabelecer a confiança e permite um envolvimento mais frequente e contínuo. Podem ser utilizadas várias formas para desenvolver este sentido de comunidade, mas não há substituto para uma presença direta na comunidade. Alguns promotores de projetos bem sucedidos abrem um gabinete de divulgação na comunidade para permitir o envolvimento diário.

O exemplo abaixo descreve como um mau plano de envolvimento da comunidade pode levar ao cancelamento de um projeto de CCUS.



Projeto Barendrecht nos Países Baixos cancelado devido a um envolvimento insuficiente da comunidade

A falta de aceitação pública pode ser uma das principais causas do cancelamento dos projetos. Um exemplo é o projeto Barendrecht nos Países Baixos. O projeto pretendia separar e capturar as emissões de CO₂ de uma refinaria de petróleo antes de injetar e armazenar cerca de 10 Mt de CO₂ durante 25 anos num campo de gás esgotado sob a cidade de Barendrecht. A comunidade estava preocupada com os danos nas habitações e com as potenciais quedas no valor dos imóveis devido à sua proximidade de um local de armazenamento. Havia também um forte sentimento de que a comunidade não tinha sido mantida informada sobre os desenvolvimentos do projeto e de que lhe tinha sido dada muito pouca ou nenhuma possibilidade de participar no processo de tomada de decisão. Além disso, houve desacordos, entre os reguladores locais e nacionais, relativamente ao processo de envolvimento do público e aos riscos percebidos do projeto. O projeto acabou por ser cancelado.²

Os promotores do projeto envolveram-se nas comunidades e investiram tempo e recursos no envolvimento da comunidade. No entanto, o envolvimento começou numa fase demasiado tardia do processo. Dado que o projeto foi concebido como exclusivamente comercial,³ houve pouca participação da comunidade nos processos iniciais de definição do âmbito e de tomada de decisão. Após o cancelamento do projeto, os promotores do projeto não tinham muitas dúvidas quanto às lições aprendidas no que se refere ao envolvimento da comunidade. Afirmaram que "[a] lição mais importante aprendida com o projeto Barendrecht é que é importante criar uma confiança mútua entre as partes interessadas e um compromisso entre si e com o projeto. Isto pode ser feito através da inclusão de todas as partes interessadas no processo do projeto numa fase inicial e da comunicação do projeto e do seu processo à comunidade".⁴

O envolvimento inclui a disponibilização das competências, conhecimentos, recursos e redes necessários para fazer avançar o sector da CCUS, tal como descrito no Capítulo 4: Criação de capacidades.

4. Criação de Capacidades

Pontos principais

- Os países terão de assegurar que todos os intervenientes-chave, formuladores de políticas, reguladores, promotores de projetos e comunidades, têm capacidade. O reforço das capacidades é o processo para desenvolver e melhorar as competências, conhecimentos, recursos e redes locais necessários para fazer avançar a indústria da CCUS.
- Uma indústria de CCUS emergente pode criar empregos sustentáveis, mas o pessoal que trabalha na CCUS necessita de uma vasta gama de competências científicas, de engenharia, jurídicas e outras.
- As atividades de reforço das capacidades incluem a criação de centros de teste e formação em CCUS, o apoio a atividades de IDI, a promoção de estágios e a criação de redes de carreiras.
- Os estudos de caso dos E.U.A. e da Noruega mostram a importância e o potencial dos mecanismos de reforço das capacidades.

Introdução

O reforço das capacidades para a CCUS visa dotar as organizações e os indivíduos das competências, conhecimentos, recursos e redes necessários para o desempenho e o avanço da indústria de CCUS. Deve também visar apoiar o crescimento de redes fortes e recrutar os profissionais necessários para catalisar esta indústria emergente. O reforço das capacidades pode ser feito através de várias abordagens, incluindo a transferência de conhecimentos, a formação, o desenvolvimento profissional, os estágios e a investigação.

Dado que a tecnologia de CCUS não é do conhecimento geral, o envolvimento em atividades de reforço das capacidades pode beneficiar praticamente qualquer pessoa, que trabalhe direta

ou tangencialmente neste domínio. O reforço das capacidades em países com projetos e enquadramentos precursores centra-se frequentemente em atividades em torno de projetos de demonstração que levam a projetos comerciais. Nos países emergentes, a troca de conhecimentos de projetos pioneiros permite-lhes aprender com o que foi feito noutros locais. Este capítulo aborda as necessidades de mão de obra, os desafios, o desenvolvimento, a investigação académica e a investigação/desenvolvimento/implementação (IDI).

Necessidades da mão de obra para a CCUS

Embora algumas das competências necessárias para a CCUS sejam transferíveis de outras indústrias, a CCUS inclui considerações específicas necessárias para a reconversão da mão de obra existente ou para a próxima geração de trabalhadores para a CCUS. A indústria emergente de CCUS tem potencial para criar muitos empregos de qualidade e ser uma parte importante de um sector energético global mais sustentável. São necessários trabalhadores ao longo de todo o ciclo de vida do projeto de CCUS, desde a captura (que exigirá mais pessoal de formação e mais equipamento), passando pelo rastreio, seleção e caracterização do local, até à conceção e aprovação do local, construção, operações, monitorização pós-injeção e encerramento do local (ver Tabela 4.1 abaixo).

Para além das necessidades de mão de obra específicas dos projetos, os formuladores de políticas, os reguladores, os líderes comunitários e os responsáveis eleitos, que queiram compreender como maximizar a oportunidade de CCUS, devem também desenvolver um certo nível de capacidade e de conhecimento sobre a CCUS. A investigação académica pode

apoiar o domínio de tópicos e a inclusão de tópicos de CCUS nos currículos acadêmicos, o que aumenta o interesse e a capacidade em CCUS.

Tabela 4.1: Necessidades de mão de obra para os projetos CCUS.

Transversais	Gestores de projetos; profissionais de saúde, segurança e ambiente; hidrólogos; engenheiros eletrotécnicos; engenheiros civis; economistas; advogados; eletricitistas; soldadores; canalizadores; camionistas; operadores de equipamento pesado; segurança de instalações; analistas financeiros; contabilistas; responsáveis pela conformidade e especialistas em relações com a comunidade.
Captura	Engenheiros químicos; engenheiros mecânicos; modeladores de emissões atmosféricas e engenheiros de processos.
Transporte	Engenheiros ferroviários; condutores ferroviários; despachantes; pilotos; capitães; estivadores; marinheiros da marinha mercante; pessoal de construção e manutenção de condutas.
Utilização	Químicos; vendas e marketing e engenheiros de materiais.
Armazenamento	Geólogos; geofísicos; petrofísicos; geomecânicos; engenheiros de petróleo; sismólogos; hidrogeólogos, geoquímicos, profissionais de serviços de petróleo e gás; perfuradores e equipas de perfuração; engenheiros de completação de poços e engenheiros de perfuração.

Desafios para o pessoal de CCUS

A CCUS necessita de uma série de funções técnicas e não técnicas. Do lado técnico, os profissionais do petróleo e gás têm muitas competências de base para a realização de operações

de transporte e armazenamento de CO₂ e as indústrias de processamento de químicos e gás têm experiência relacionada com a captura de CO₂. Tal como descrito no Capítulo 2: O que é a captura, transporte, utilização e armazenamento de carbono? Os requisitos para a CCUS vão muito além da indústria atual. Por isso, é importante catalisar uma indústria CCUS que tenha profissionais com ligações às universidades, escolas do ensino superior locais, institutos vocacionais e programas de formação especializada. A criação de redes fortes é também importante para garantir a colaboração em projetos complexos transversais à cadeia de valor da CCUS.

Desenvolver profissionais de CCUS

De seguida, descrevem-se brevemente várias abordagens para desenvolver capacidades para a CCUS e visando a criação de profissionais de CCUS, incluindo a integração do reforço das capacidades na divulgação do projeto, a criação de redes fortes, o estabelecimento de centros de teste e formação em CCUS e o apoio à investigação académica.

Integrar o reforço das capacidades na divulgação do projeto

Os projetos de CCUS da vida real podem constituir pontos focais para o reforço das capacidades. As parcerias entre a indústria e a administração pública podem apoiar o desenvolvimento de know-how e de práticas mais comuns através da implementação bem sucedida de projetos de CCUS, começando com demonstrações no terreno em pequena escala e aumentando a escala. Todas as demonstrações no terreno devem incluir atividades de formação e divulgação e ser um ponto focal para o reforço das capacidades.

Criar redes fortes

Há muitos aspetos através da cadeia de valor da CCUS, que devem ser integrados para que o projeto seja implementado com êxito. É importante criar redes fortes que apoiem a colaboração e a comunicação entre todas as funções necessárias para um projeto de CCUS e para a indústria em geral.

Criar centros de teste e formação em CCUS

Os centros de testes tecnológicos oferecem a oportunidade para testar e fazer avançar as tecnologias de CCUS (especialmente para a captura), fornecendo uma plataforma para testes e desenvolvimento economicamente viáveis e catalisando implementações em maior escala. Permitem também o reforço das capacidades práticas e a formação de futuros profissionais e proporcionam um local para o envolvimento entre os profissionais do desenvolvimento de tecnologias e um vasto conjunto de interessados, incluindo a indústria, os formuladores de políticas, os reguladores, os funcionários governamentais e o público. Um exemplo de um centro de formação, como descrito abaixo, é o Centro Nacional de Excelência em Captura e Utilização de Carbono (NCoE-CCU) da Índia.



Centro Nacional de Excelência em Captura e Utilização de Carbono da Índia



Figura 4.1: Inauguração do NCoE-CCU. (Cortesia de Vikram Vishal)

Em 2021, o Ministério da Ciência e Tecnologia do Governo da Índia criou o primeiro Centro Nacional de Excelência (NCoE) no Instituto Indiano de Tecnologia, em Bombaim. O NCoE funciona como um centro multidisciplinar de investigação a longo prazo, de desenvolvimento de projetos, de colaboração e de reforço das capacidades para investigação de ponta e iniciativas orientadas para a aplicação no domínio da captura e utilização de carbono. O NCoE está mandatado para definir marcos e liderar iniciativas científicas e tecnológicas para a inovação orientada para a indústria CCUS na Índia, desenvolvendo simultaneamente novas metodologias para melhorar os níveis de preparação tecnológica da CCUS.

O NCoE está a trabalhar na conversão do CO₂ capturado em produtos químicos, no transporte, compressão e utilização do CO₂, bem como na recuperação avançada de petróleo e gás como benefício conexo. O NCoE desenvolveu novos métodos sustentáveis, de baixo custo e escaláveis para a captura de CO₂ utilizando um sistema de captura de base aquosa e a conversão de sais de carbonato e monóxido de carbono, entre outros. O NCoE funciona como consultor e parceiro de conhecimento de vários ministérios do governo indiano, ao mesmo tempo que dá acesso às suas instalações de IDI a outras entidades nacionais. O NCoE organiza regularmente programas de reforço das capacidades, como cursos de curta duração para a indústria e outros.

Apoio à a investigação académica

Embora a indústria de CCUS ainda esteja numa fase inicial, o apoio governamental contínuo à investigação em CCUS no ensino superior é fundamental para o reforço das capacidades em CCUS e para o desenvolvimento profissional. Para além do apoio governamental ao desenvolvimento dos profissionais de CCUS, as principais associações de geociências e engenharia estão a realizar atividades de reforço das capacidades em CCUS (como formações focadas na CCUS ou sessões técnicas em grandes reuniões internacionais). Consulte a secção Envolvimento no Capítulo 9: Recursos Adicionais para mais informações.

Desenvolver experiências de formação e redes de carreiras focadas

A formação e o ensino focados podem ser um excelente meio de aprendizagem direcionada. A Escola de verão Internacional

Interdisciplinar de CCS do IEAGHG, que decorre desde 2007 e conta com mais de 700 antigos alunos de 60 países, proporciona aos jovens cientistas e investigadores que pretender ter uma maior compreensão da CCS, uma oportunidade educativa imersiva de uma semana.¹ O estudo de caso seguinte descreve um programa internacional de reforço d capacidades para estudantes de mestrado e profissionais em início de carreira nos E.U.A.



Experiência de Investigação em Sequestro de Carbono (RECS): Um Modelo de Reforço das capacidades para desenvolver a liderança de CCUS, um canal de profissionais e uma rede de carreiras



Figura 4.2: Os participantes na RECS visitaram o Projeto Citronelle no Alabama, Estados Unidos, onde o CO₂ da Alabama Power-Plant Barry foi transportado por gasoduto e injetado a uma profundidade de 3-3,4 km. (Cortesia de Pamela Tomski)

Em 2004, o Gabinete de Energia Fóssil e Gestão de Carbono do Departamento de Energia dos E.U.A. apoiou o lançamento do programa Experiência de Investigação em Sequestro de Carbono (RECS) com o objetivo de criar profissionais de CCUS de nível internacional e criar uma comunidade de jovens profissionais para ajudar a liderar a indústria emergente de CCUS e a transição para a energia limpa.

A RECS é amplamente reconhecida como a principal experiência de educação e formação em CCUS, bem como uma rede de carreiras para estudantes de mestrado e profissionais em início de carreira nos E.U.A. O RECS oferece um programa anual intensivo de 8 dias que combina instrução em sala de aula, exercícios de grupo, visitas a locais de CCUS, formação em comunicações e atividades práticas de campo em CCUS. Estas atividades abrangem um vasto leque de temas, incluindo ciência, tecnologia, políticas, envolvimento e aspetos comerciais associados à implementação da CCUS. A RECS também oferece oportunidades de criação de redes, envolvimento das partes interessadas e formação de equipas para melhorar as competências de envolvimento e promover o conhecimento e a colaboração interdisciplinares.

Um princípio fundamental do RECS é concentrar as atividades de aprendizagem nos locais de CCUS e melhorar a compreensão do ciclo de vida do projeto e das considerações de implementação comercial. Os participantes na RECS ganham uma experiência prática inestimável e exposição a projetos de CCUS da vida real, reforçando a sua compreensão dos desafios e oportunidades no terreno e equipa os participantes com as competências e redes necessárias para navegarem no complexo cenário de CCUS e promoverem a implementação de CCUS.

A RECS é um catalisador para o desenvolvimento da liderança e de crescimento profissional em CCUS, e os antigos alunos da RECS estão na vanguarda da promoção da CCUS nos E.U.A. e a nível global. O RECS facilita o trabalho em rede e a colaboração entre mais de 700 antigos alunos da RECS, que estão ativamente envolvidos em todas as facetas da CCUS, desde o governo e a indústria até às ONG e à investigação académica.

Os antigos alunos preenchem parte das funções profissionais da CCUS, incluindo a gestão de projetos, várias funções técnicas e de engenharia, desenvolvimento de económico, aspetos políticos e regulamentares e promoção da inovação e do empreendedorismo através das suas próprias empresas em fase de arranque.

O RECS serve como um modelo de sucesso a ser considerado por outros países e jurisdições. Programas como a RECS podem desempenhar um papel significativo na ajuda à criação de profissionais de CCUS qualificados e diversificados, a criar e apoiar redes de CCUS eficazes, a desenvolver capacidades e líderes de CCUS que impulsionem a implementação e criem um futuro sustentável.

Investigação, desenvolvimento e implementação

O investimento em investigação, desenvolvimento e implementação (IDI) apoia diretamente as estratégias de descarbonização, reduz os custos, aumenta a eficiência, diminui os riscos e reduz os impactos ambientais da CCUS. As atividades de IDI podem também ajudar a acelerar a integração dos componentes da CCUS e são importantes para o reforço das capacidades.

Os programas de IDI devem potenciar parcerias público-privadas para promover as atividades de desenvolvimento e implementação. É necessária uma maior atenção nas seguintes áreas de ID para o desenvolvimento comercial da CCUS com novas

soluções que sejam económicas, escaláveis e sustentáveis. As recomendações para uma IDI eficaz em matéria de CCUS incluem:

- **Apoiar as tecnologias em todas as fases de desenvolvimento.** O sucesso comercial exige o apoio às tecnologias em todas as fases de desenvolvimento e o aproveitamento de cada experiência para projetos cada vez maiores e mais eficientes. A IDI em CCUS deve apoiar a tecnologia desde a primeira até à seguinte, de modo a que o sector privado possa aproveitar as reduções de custos resultantes da aprendizagem experimental para implementar amplamente a CCUS à escala comercial.
- **Continuação e reforço da investigação da fase inicial.** Para as economias emergentes interessadas em acelerar a adoção da CCUS (como o Vietname, a Tailândia, a Indonésia e a Malásia), a investigação que está na base dos avanços tecnológicos é importante para atenuar a vinculação tecnológica e criar novas oportunidades de implementação da CCUS.
- **Alargar o âmbito e a aplicação da investigação.** A CCUS pode ser aplicada eficazmente em muitas fontes diferentes de CO₂. A IDI não deve ser confinada apenas a um único tópico, mas abranger toda a gama de potenciais aplicações para incentivar a implementação generalizada da tecnologia e a integração em atividades económicas mais vastas. Para as economias emergentes que se concentram mais numa parte da cadeia de valor da CCUS, pode ser mais realista um esforço de IDI nesse tópico.
 - **IDI para a captura de carbono.** A investigação alargada sobre a captura é essencial para reduzir os custos e melhorar o desempenho à medida que a captura de carbono é aplicada à produção de energia fóssil e às indústrias transformadoras. Embora as tecnologias de captura de primeira geração estejam ampla e comercialmente disponíveis, a IDI poderia otimizar e baixar os custos das tecnologias comerciais existentes e

ajudar a desenvolver tecnologias de segunda geração com melhor desempenho técnico e económico.

- **IDI para vias de utilização.** Embora a recuperação avançada de petróleo (EOR) continue a ser uma opção economicamente viável para o armazenamento de CO₂ a longo prazo, muitas das grandes fontes emissoras de CO₂ não estão localizadas perto de campos EOR adequados. As receitas da EOR dependem também fortemente dos preços do petróleo e poderão diminuir à medida da transição mundial para outras fontes de energia. Por estas razões, a IDI relativa às opções armazenamento e de utilização sem a EOR é imperativa para desenvolver novos mercados e oportunidades de utilização do CO₂. Existem outras oportunidades de IDI para a utilização e reutilização do carbono com a investigação apoiada por laboratórios, fornecendo mecanismos tecnológicos para a utilização do CO₂ e têm o potencial de proporcionar benefícios económicos através da criação de novos produtos para exportação.
- **IDI para o transporte.** O transporte de CO₂ é uma atividade bastante madura, mas que pode, no entanto, beneficiar da realização de atividades de IDI. As atividades de IDI podem centrar-se na melhoria da segurança, na redução dos custos, na descoberta de novas rotas e na otimização dos modos de transporte. A investigação de novos materiais é também uma área de oportunidade que pode resultar em reduções de custos significativas e numa maior segurança do transporte.
- **IDI para o armazenamento.** A injeção subterrânea de CO₂ exige uma compreensão detalhada dos processos de armazenamento e das condições geológicas locais. São necessários avanços na investigação para melhorar as técnicas comerciais de caracterização do local,

ferramentas informáticas avançadas para o tratamento de grandes volumes de dados e melhores sistemas de monitorização.

- **IDI para questões transversais.** As despesas com a IDI em ciência fundamental podem catalisar inovações e avanços nas tecnologias de CCUS. O apoio à análise integrada e do mercado pode ajudar os países a compreender de que forma a CCUS e outras estratégias podem contribuir para os objetivos de descarbonização e determinar vias de solução economicamente eficientes.

Os seguintes estudos de caso do Centro Nacional de Captura de Carbono (NCCC) nos Estados Unidos e do Centro de Testes de Mongstad (TCM) na Noruega mostram o valor dos centros de investigação/teste no desenvolvimento das tecnologias de CCUS.



Centro Nacional de Captura de Carbono (NCCC) no Alabama



Figura 4.3: Centro Nacional de Captura de Carbono.
(Cortesia da Southern Company)

O Departamento de Energia dos E.U.A./Laboratório Nacional de Tecnologia Energética (NETL) e a Southern Company operam o NCCC, uma unidade de investigação neutra, que trabalha para promover o avanço das tecnologias de redução das emissões de gases com efeito de estufa das centrais elétricas e processos industriais baseados em combustíveis fósseis e para promover inovações na conversão e remoção de carbono, como a captura direta do ar (DAC).

Localizado em Wilsonville, Alabama, o Centro oferece um banco de ensaios único para avaliações por terceiros de tecnologias rentáveis de captura de CO₂, conversão de CO₂ e DAC, colmatando a lacuna entre a investigação laboratorial e as demonstrações e implementação em grande escala. Só em 2023, mais de 50 organizações de partes interessadas visitaram e percorreram o NCCC.

O NCCC oferece benefícios aos promotores de tecnologias, proporcionando-lhes oportunidades de teste em condições de funcionamento reais de um local industrial, acelerando assim a comercialização de processos de captura e conversão de carbono de baixo custo, bem como de tecnologias de DAC emergentes. Através do teste de mais de 75 tecnologias, para inovadores nos E.U.A. e em seis outros países, o Centro participou diretamente na redução do custo projetado da captura de CO₂ gerado por combustíveis fósseis em mais de 40 por cento. O NCCC apoia a avaliação de tecnologias avançadas de criadores nacionais e internacionais. Estas avaliações são fundamentais para identificar e resolver problemas ambientais, de saúde e segurança, operacionais, de componentes e de desenvolvimento de sistemas, bem como para conseguir aumentos de escala e melhorias de processos em colaboração com os criadores de tecnologia. Os projetos patrocinados pelo DOE, bem como os projetos da indústria, universidades e outras instituições colaborante, oferecem um espectro completo de tecnologias para testes no Centro.

Os dados de desempenho gerados pelos testes no NCCC validaram os dados de laboratório, permitindo o aumento de escala da engenharia que, por sua vez, impulsionaram avanços em soluções de gestão de carbono. O NCCC também oferece assistência na procura de parceiros nacionais e internacionais para o aumento de escala. A operação do NCCC proporcionou mais de 150.000 horas de testes de enzimas, membranas, sorventes, solventes, híbridos e sistemas conexos para a captura de carbono pós-combustão, bem como tecnologias de conversão de CO₂ e tecnologias de DAC.

O NCCC concluiu, até à data, três testes de conversão de carbono, incluindo uma demonstração de um processo termoquímico da Southern Research para produzir etileno utilizando CO₂ de gases de combustão de carvão e etano e uma demonstração do processo de mineralização de CO₂ CarbonBuilt Reversa™, que utiliza CO₂ em gases de combustão e resíduos de combustão de carvão para produzir betão com baixo teor de carbono. Além disso, o NCCC concluiu testes em 2023 com a Helios-NRG LLC sobre a primeira tecnologia de conversão de algas, um novo sistema contínuo em vários estágios baseado em algas para capturar CO₂ do gás de combustão de centrais elétricas. Em 2023, o NCCC também concluiu o seu primeiro teste de DAC no local, em colaboração com o Southern States Energy Board e a Aircapture e está a realizar testes adicionais.



Centro de Tecnologia de CO₂ de Mongstad (TCM), Noruega



Figura 4.4: Centro de Tecnologia de CO₂ de Mongstad, Noruega.
(Cortesia do Centro Tecnológico de Mongstad, tcmda.com)

O TCM é propriedade conjunta do Estado norueguês e da indústria (Equinor, Shell e TotalEnergies). Está disponível, desde 2012, para investigadores nacionais e internacionais e para os criadores de tecnologia, que pretendam testar e verificar as tecnologias de captura de CO₂, testes de componentes e resolução de problemas. O TCM também oferece serviços de consultoria sobre captura e presta aconselhamento sobre aspetos como a degradação do solvente, corrosão, questões de emissão e manuseamento de resíduos, todos eles aspetos importantes do processo de captura.

Uma das contribuições mais importantes dos centros de teste como o TCM é testar e verificar tecnologias antes da comercialização. Até à data, foram realizadas 23 campanhas de teste no TCM. Por exemplo, a tecnologia de captura utilizada no projeto de demonstração norueguês Longship foi testada pela primeira vez no TCM.²

Um benefício frequentemente subestimado do TCM e de outros centros de teste é o efeito do reforço das capacidades após a existência e a entrada em funcionamento da instalação. O TCM produziu um grande número de publicações e relatórios de acesso público, para benefício da indústria, dos reguladores e do meio académico.³ O TCM oferece amplas oportunidades para o reforço das capacidades dos investigadores na Noruega e no estrangeiro. Encontram-se em vigor acordos que asseguram a colaboração com institutos de investigação, através da partilha de informações,⁴ e permitem aos investigadores testar tecnologias no centro de testes.⁵ Além disso, o TCM iniciou e participa na Rede Internacional de Centros de Testes, que visa partilhar conhecimentos, que podem ser vitais para aperfeiçoar e comercializar a CCS a nível mundial.⁶ Há testes de membros da China, Japão e Coreia do Sul nesta rede,⁷ permitindo que a região asiática beneficie de mais de 10 anos de operações do TCM, bem como do conhecimento e experiência de outros centros de teste da Europa, E.U.A., Canadá e Austrália.

Formuladores de políticas e reguladores

Os recursos descritos acima não se limitam apenas à utilização a nível interno, mas também podem ser utilizados para desenvolver conhecimentos relevantes no seio dos governos (por exemplo, com formuladores de políticas e reguladores). Existem iniciativas de intercâmbio bilaterais e multilaterais entre os E.U.A. e outros governos, que oferecem oportunidades de assistência técnica e cooperação.

A partilha de conhecimentos entre os pioneiros não é apenas importante para os desenvolvimentos técnicos da CCUS, mas também para o desenvolvimento de enquadramentos legais e regulamentares, conforme descrito no Capítulo 5: Roteiro para o desenvolvimento de enquadramentos legais e regulamentares.

5. Roteiro para o desenvolvimento de enquadramentos legais e regulamentares

Pontos principais

- Para estabelecer uma indústria de CCUS próspera e segura, os países precisam de desenvolver enquadramentos. Um enquadramento de CCUS consiste em políticas, leis, atos, regulamentos e instrumentos conexos, que estabelecem os termos para os principais intervenientes construir projetos de CCUS.
- Para criar um enquadramento bem sucedido, este Manual propõe um processo em seis passos, começando por avaliar as políticas existentes num país, de modo a estabelecer uma política (ou estratégia) nacional para a CCUS.
- O quarto passo deste processo de seis é a criação do enquadramento. Os países podem decidir se querem aprovar toda uma nova legislação para criar um enquadramento de CCUS autónomo; ou adaptar a legislação existente a um enquadramento existente (como o do petróleo e do gás). Os países podem também aproveitar, ou não, normas e fontes externas. Não existe uma forma "correta".
- Embora não exista uma única forma correta, um enquadramento de CCUS para ser bem sucedido terá de abordar todas as partes da CCUS, para garantir a coordenação das atividades reguladoras dos diferentes intervenientes governamentais.
- O Japão e a Noruega dão exemplos de como os projetos de CCUS podem avançar mesmo sem estar em vigor um enquadramento de CCUS totalmente desenvolvido.

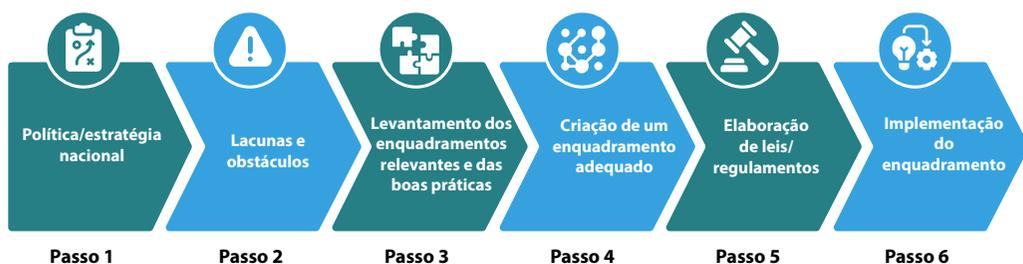
Introdução

Um enquadramento de CCUS é um conjunto de políticas, leis, atos, regulamentos e um conjunto de instrumentos jurídicos que constituem a estrutura base para o desenvolvimento da indústria de CCUS e a proteção do ambiente. Os sectores público e privado necessitam de um enquadramento para ajudar a

garantir a previsibilidade, operacionalidade, responsabilidade, transparência e viabilidade financeira dos projetos de CCUS.

Um roteiro para o desenvolvimento de um enquadramento

Há muitas formas de estabelecer um enquadramento de CCUS. Uma abordagem pode incluir uma combinação dos seis passos seguintes, conforme ilustrado abaixo:¹ Avaliar e rever a política ou estratégia nacional de um país; identificar lacunas e barreiras nos enquadramentos em vigor; mapear os enquadramentos relevantes e as melhores práticas utilizando os recursos disponíveis; desenvolver um quadro adequado; elaborar leis e regulamentos; e implementar o enquadramento.



Passo 1: Política/Estratégia do país



É importante que a CCUS seja incluída nos documentos nacionais de política e estratégia. Isto define o rumo para o desenvolvimento de enquadramentos de CCUS. Além disso, em muitos países, é necessária a aprovação do governo para que as leis possam ser elaboradas e promulgadas. Por conseguinte, uma política a nível nacional (ou um "documento estratégico"), que inclua a CCUS e identifique o ministério/agência responsável, é importante para apoiar os desenvolvimentos legais e regulamentares. Recomenda-se uma estratégia de envolvimento das partes interessadas para desenvolver e partilhar a política ou estratégia.

O primeiro passo, para estabelecer um enquadramento de CCUS, é avaliar as políticas e estratégias nacionais existentes para determinar se a CCUS está incluída. Como a CCUS é uma tecnologia de mitigação climática, pode ser incluída como parte da estratégia de mitigação de emissões como parte do objetivo climático de um país. Por exemplo, o Governo da Malásia identificou a CCUS como uma iniciativa fundamental no âmbito das suas alavancas para a transição energética.² Na Índia, o NITI Aayog, um grupo de reflexão política do governo indiano, publicou um relatório estratégico, que descreve as intervenções de políticas de carácter geral necessárias em vários sectores para a implementação da CCUS.³

Ao desenvolver uma política/estratégia nacional, as considerações incluem a identificação das indústrias relevantes, a determinação do papel do Estado, a abordagem da propriedade/responsabilidade/acesso, a recolha de recursos e a determinação das opções financeiras.

→ **Indústria relevante.** Produtores de eletricidade, petróleo e gás, fabricantes de produtos químicos, cimento e aço. Uma abordagem faseada para o desenvolvimento do

enquadramento pode, muitas vezes, ajudar a concentrar os esforços e a acelerar o calendário para, mais tarde, avançar para uma lei/regulamentação independente do sector.

- **Papel do Estado.** Regulamentar ou delegar poderes nos governos subnacionais.
- **Propriedade, responsabilidade, acesso.** Para o transporte e armazenamento, incluindo o papel dos contratos privados. Considere se o Estado assumirá a responsabilidade pela administração a longo prazo do armazenamento e como serão determinados os direitos e o acesso ao terreno (superfície/ subsuperfície).
- **Recursos.** Nacionais e internacionais. Capítulo 6: A secção Recursos e responsabilidades para enquadramentos aborda esta questão com mais detalhe.
- **Mandatos/Incentivos financeiros.** Para ajudar a incentivar a implementação de CCUS. O Capítulo 7 aborda esta questão com mais detalhe.

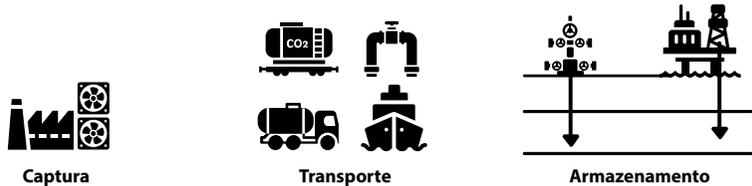


Figura 5.2: Exemplos de regulamentos existentes que podem ser relevantes para as atividades de CCUS. (Adaptado e ampliado do IEA 2022: CCUS Legal and Regulatory Handbook, p.24)

Passo 2: Lacunas e barreiras



O passo 2 envolve a realização de uma análise das lacunas e barreiras dos instrumentos legais e regulamentares existentes relacionados com a CCUS, para determinar se os enquadramentos existentes (como os utilizados para a EOR de CO₂) podem ser aproveitados para apoiar as atividades de CCUS ou se é necessário um novo enquadramento regulamentar. Um estudo do Banco Mundial concluiu que muitos países já dispõem de um grande número dos instrumentos legais necessários para apoiar um enquadramento de CCUS, como avaliações de impacto ambiental, uma classificação jurídica para o CO₂, critérios de licenciamento para condutas, emissões e tratamento de resíduos, etc.⁴

Estes instrumentos poderiam potencialmente incluir partes de um enquadramento de CCUS. Por exemplo, o Governo da Noruega considerou a que Lei e Regulamento do Petróleo em vigor era suficientemente flexível, para incorporar a captura, transporte e armazenamento de CO₂ proveniente da produção de gás natural offshore, sem quaisquer alterações. No Japão, os reguladores nacionais consideraram que algumas lacunas no enquadramento poderiam ser colmatadas para acomodar novas atividades. A figura anterior (Figura 5.2) ilustra exemplos de regulamentos que podem ser relevantes para um enquadramento de CCUS.

Passo 3: Recursos para o desenvolvimento dos enquadramentos



A etapa 3 envolve o levantamento dos quadros jurídicos/regulamentares relevantes e a identificação das melhores práticas. Durante o exercício de levantamento podem ser utilizados vários recursos de acesso público, como descrito

no Capítulo 6: Recursos e responsabilidades relativos aos enquadramentos.

Passo 4: Criar um enquadramento adequado à sua finalidade



O Passo 4 consiste na elaboração de um enquadramento de CCUS adequado à sua finalidade, utilizando os recursos descritos no Passo 3. Um enquadramento adequado à sua finalidade pode ser desenvolvido como um novo enquadramento de CCUS autónomo ou como uma alteração a um enquadramento existente. Se não existir um enquadramento, podem ser utilizados recursos externos para desenvolver um enquadramento adequado.

Passo 5: Elaboração de leis e regulamentos



Com base nos resultados da análise das lacunas (Passo 2), pode ser possível aplicar ou alterar uma lei em vigor, clarificando a sua aplicabilidade aos projetos de CCUS. Por vezes, pode ser necessário um processo mais rigoroso para elaborar novas leis/regulamentos.

Passo 6: Implementação do Enquadramento



A fase final é a aplicação do enquadramento. Nesta fase, estão envolvidas várias atividades e considerações, incluindo:

- Identificar as agências responsáveis pelo cumprimento e aplicação das leis/regulamentos
- Desenvolver ferramentas para o licenciamento, monitorização, relatórios e verificação
- Oferecer recursos e modelos online para candidaturas e requisitos de comunicação
- Desenvolver e disponibilizar recursos como um atlas geológico, dados relativos as licenciamento
- Desenvolver capacidades e fazer formações para os reguladores, a indústria e outras partes
- Teste piloto do enquadramento, por exemplo, através de um projeto de demonstração associado a um plano de envolvimento

Por último, embora estas atividades estejam enumeradas no Passo 6, podem ser fundamentais para o êxito da implementação de projetos de CCUS. Por exemplo, o sucesso de um número, cada vez maior, de projetos de captura de carbono depende da capacidade de obter atempadamente uma licença. Os atrasos na obtenção de licenças representam um risco significativo para os projetos, devido à incerteza quanto à data de obtenção da aprovação do projeto, comprometendo, assim, o financiamento do projeto e a sua implementação global. O estabelecimento de um calendário de licenciamento claro aumentará a eficiência do processo e dará maior segurança aos promotores de projetos.

Capítulo 6: Os Recursos e responsabilidades relativos aos enquadramentos disponibilizam recursos, desde a utilização de normas, pioneiros e convenções internacionais, que podem ser aproveitados aquando do desenvolvimento de um enquadramento legal e regulamentar nacional.

6. Recursos e responsabilidades relativos aos enquadramentos

Pontos principais

- Quando da elaboração de um enquadramento para a CCUS, os formuladores de políticas podem recorrer a uma série de recursos, incluindo normas internacionais, como as desenvolvidas pela Organização Internacional de Normalização (ISO), bem como a legislação em vigor em matéria de CCUS dos E.U.A., UE e doutros.
- Além disso, aquando da elaboração de um enquadramento, os formuladores de políticas devem ter em conta as convenções internacionais existentes. Estas convenções podem não só obrigar o país a regulamentar os projetos de CCUS de uma determinada forma, como também podem ser uma fonte de orientação.
- O Projeto Greensand é um exemplo de como dois países estão a utilizar normas internacionais e convenções internacionais num projeto de CCUS.

Introdução

Existem vários recursos de acesso público disponíveis, incluindo normas internacionais e enquadramentos pioneiros, que podem ser aproveitados para ajudar a estabelecer enquadramentos de CCUS. Alguns destes recursos são apresentados neste capítulo.

- As normas internacionais, particularmente as da ISO/TC 265 Captura, transporte e armazenamento geológico de dióxido de carbono, podem ajudar a desenvolver enquadramentos de CCUS específicos para cada país.
- Os enquadramentos pioneiros podem conter orientações para o desenvolvimento de enquadramentos regulamentares, incluindo o Enquadramento Jurídico e Regulamentar da AIE para a CCUS.¹

- Existem também modelos regulamentares para o transporte e armazenagem transfronteiriço de CO₂.
- Poderão também ser necessárias convenções internacionais, em função da natureza do projeto de CCUS.

Normas internacionais

As normas internacionais, em especial as desenvolvidas pelo ISO/TC 265 Captura, transporte e armazenamento geológico de dióxido de carbono, podem ajudar a desenvolver enquadramentos de CCUS específicos para cada país.

As normas são desenvolvidas através do consenso dos membros no âmbito da Organização Internacional de Normalização (ISO). A ISO é constituída por países e *liaisons* representados por peritos internacionais na matéria, que se reúnem em comités técnicos para formular uma especificação/orientação/definição baseada nas práticas mais comuns. Os membros votam então nas normas por voto secreto e, se forem aprovadas, são habitualmente revistas e atualizada de cinco em cinco anos. As normas são voluntárias e não podem ser utilizadas em substituição de regulamentos ou leis em vigor. No entanto, as normas podem ser referenciadas, dadas por reproduzidas ou aprovadas num regulamento. Quando as jurisdições aprovam uma norma, esta pode ajudar a harmonizar regulamentos e leis entre jurisdições.

A ISO/TC 265 foi estabelecida em 2011 e está atualmente em vigor. Vários grupos de trabalho cobrem a captura de CO₂, o transporte por condutas, o armazenamento geológico, as questões transversais, a recuperação avançada de petróleo e o transporte marítimo. As questões relativas à quantificação e verificação estão divididas entre os respetivos grupos de trabalho. À data da publicação deste manual, o ISO/TC 265 conta com 28 países membros participantes, 16 países membros observadores e

vários *liaisons*.² Assim que a ISO/TC 265 promulga uma norma, o organismo nacional de normalização de qualquer país pode adotar a norma no todo ou em parte (ver estudo de caso sobre a ISA 27914 abaixo). Essa adoção não implica que a norma tenha sido incluída no quadro legal. A implementação cabe às entidades reguladoras.



ISO 27914

A norma ISO 27914 foi desenvolvida em 2017 e abrange o armazenamento geológico de CO₂. Esta norma está atualmente a ser revista no âmbito do ISO/TC 265 para acrescentar uma parte de quantificação e verificação para o armazenamento sem produção de hidrocarbonetos e incluir as experiências feitas desde a publicação. Prevê-se que o processo de revisão esteja concluído em 2025.

A ISO 27914 foi aprovada pelo Japão e pelo Canadá e referenciada pelos reguladores da Noruega nas suas diretrizes para os regulamentos de segurança do CO₂. Também foi referida e utilizada por vários projetos, incluindo o projeto de armazenamento de CO₂ Greensand, na plataforma continental dinamarquesa³ e em projetos nas formações geológicas russas nas áreas licenciadas de Yamal e Gydan. Ambas as áreas licenciadas foram certificadas de acordo com a norma ISO 27914, confirmando a conformidade com a mesma, por exemplo, no processo de seleção do local e nas estimativas da capacidade de armazenamento.⁴

O exemplo abaixo descreve a forma como o Centro de Captura e Armazenamento de Carbono da Indonésia aproveitou recursos internacionais para promover a CCUS a nível nacional, incluindo a adesão à ISO/TC 265 como membro votante.



O Centro de captura e armazenamento de carbono da Indonésia aproveita recursos internacionais para promover a CCUS



Figura 6.1: Liderança do Centro de Captura e Armazenamento de Carbono da Indonésia (Cortesia do Centro)

Em 2023, foi inaugurado o Centro CCS da Indonésia (o Centro), liderado por uma equipa de especialistas abrangente em engenharia, ciência, políticas e negócios. Foram destacados vários membros de instituições-chave da Indonésia, incluindo a empresa petrolífera nacional Pertamina e o Ministério dos Assuntos Marítimos e Investimento. A criação do Centro foi motivada pelo imperativo de servir como um recurso dedicado para acelerar o desenvolvimento da tecnologia CCUS na Indonésia através da investigação, inovação e sensibilização.

O Centro organizou vários debates entre governos sobre a cooperação transfronteiriça na CCUS, participou em numerosas palestras internacionais, acolheu o primeiro fórum internacional de CCUS do país e apoiou a participação do organismo nacional de normalização como membro votante do ISO/TC 265. O Centro está ativamente empenhado no desenvolvimento de um quadro regulamentar de CCUS e no apoio a iniciativas nacionais e regionais entre empresas.

Enquadramentos pioneiros

Os enquadramentos desenvolvidos por aqueles que supervisionam os projetos de CCUS antigos (pioneiros) podem orientar a elaboração de leis e regulamentos emergentes. Exemplos de enquadramentos pioneiros incluem:

- A UE publicou o seu quadro global para o armazenamento de CO₂ em 2009, através da Diretiva 2009/31/CE relativa ao armazenamento geológico de dióxido de carbono (Diretiva CCS da UE).
- A Agência Internacional de Energia (AIE) publicou um modelo de quadro regulamentar para a CCS, aproveitando os enquadramentos da Austrália, Europa e E.U.A.⁵
- O programa de Controlo de Injeção Subterrânea, Classe VI, dos E.U.A. é abordado no estudo de caso abaixo.



"Primado" do UIC, Classe VI, dos E.U.A.

O principal instrumento regulamentar para o armazenamento subterrâneo de CO₂ nos E.U.A. é o programa de Controlo de Injeção Subterrânea (UIC), Classe VI (ao abrigo do Safe Water Drinking Act). O objetivo do programa UIC é proteger as fontes subterrâneas de água potável das atividades de injeção. O programa de Classe VI estabelece requisitos para a injeção de CO₂ para sequestro geológico permanente. Este regulamento é atualmente gerido a nível federal, com exceção de três estados (Dakota do Norte, Wyoming e Louisiana) que receberam a aprovação da EPA para administrar um programa de Classe VI (referido como aprovação para "primado"). A EPA tem uma série de documentos de orientação relacionados com a UIC Classe VI, que podem ser úteis para o desenvolvimento de enquadramentos de CCUS noutras jurisdições.⁶

A responsabilidade e a gestão do local de armazenamento de CO₂ são questões importantes a considerar aquando da promulgação de um quadro jurídico para a CCUS. O Enquadramento-tipo da AIE contém algumas orientações sobre este tema.



Enquadramento-tipo da AIE: Responsabilidade e gestão a longo prazo

O Enquadramento-tipo da AIE é um exemplo de um enquadramento pioneiro. Há várias questões relacionadas com a responsabilidade, incluindo a alocação do risco e a responsabilidade durante a fase de transporte do ponto de captura para o local de armazenamento. Uma questão particularmente complexa que tem sido objeto de grande debate é a da responsabilidade a longo prazo.

O Enquadramento-tipo da AIE observou que a questão da responsabilidade a longo prazo é geralmente abordada de uma de três formas: é adotada uma disposição que prevê a transferência de responsabilidade para a autoridade competente, a responsabilidade a longo prazo recai explicitamente sobre o operador ou a responsabilidade a longo prazo não é explicitamente abordada.⁷ Quando a responsabilidade não é explicitamente abordada, presume-se que o operador mantém a responsabilidade por um local de armazenagem perpetuamente.⁸ A norma da Classe VI exige cuidados pós-injeção no local por um período de 50 anos, durante o qual o operador terá de efetuar a monitorização da pluma de CO₂ para garantir que tudo corre como planeado. O operador tem de manter a responsabilidade financeira durante este período. Alguns estados desenvolveram quadros de responsabilidade a longo prazo que entrariam em vigor após o período de cuidados do local pós-injeção (como o estado do Louisiana).

Nos 30 países que transpuseram a Diretiva CCS da UE, a situação é diferente. A Diretiva CCS, prescreve que o operador tem uma responsabilidade objetiva relativamente ao local de armazenamento até um ponto de transferência, que ocorrerá antes de 20 anos após a cessação da injeção e o encerramento do local. O prazo para a transferência pode ser mais curto do que o período de 20 anos previsto na Diretiva CCS, se a autoridade competente considerar que a condição essencial de transferência se encontra cumprida numa data anterior. Essa transferência implica que o regulador está a assumir a responsabilidade e a gestão do local de armazenamento. No entanto, depende da demonstração pelo operador de que o "CO₂ armazenado será total e permanentemente contido".⁹ A forma como essa demonstração pode ser feita não é obrigatória, mas um aspeto importante é demonstrar que o local de armazenamento e a pluma de CO₂ se estão a comportar e a estabilizar conforme previsto. As entidades reguladoras podem utilizar listas de controlo nas licenças, normas técnicas e melhores práticas para permitir uma abordagem mais previsível e transparente da demonstração.

Convenções internacionais

Várias leis, regulamentos internacionais e tratados sobre transportes transfronteiriços podem ser relevantes para os projetos de CCUS transfronteiriços internacionais e para o desenvolvimento de enquadramentos nacionais. Nem todos serão ratificados ou geograficamente relevantes para os formuladores de políticas a quem este manual se dirige. No entanto, podem conter mecanismos ou texto que podem ser informativos ou

um potencial ponto de partida para a implementação de um enquadramento para a CCUS. A tabela abaixo (Tabela 6.1) resume alguns dos principais enquadramentos internacionais.

Tabela 6.1: Convenções internacionais.

A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (1982) (UNCLOS)

A UNCLOS não regulamenta expressamente as atividades de CCUS. As suas disposições podem ter impacto se as atividades CCUS forem consideradas como "poluição". Nos termos do artigo 210º da UNCLOS, o alijamento é uma forma de poluição. Não existe, atualmente, um parecer conclusivo sobre se o transporte de CO₂ para uma plataforma de injeção offshore ou a injeção de CO₂ em formações geológicas submarinas constituem alijamento e/ou poluição nos termos da UNCLOS. Além disso, o artigo 195º da UNCLOS refere que os Estados devem agir de modo "a não transferir direta ou indiretamente os danos ou riscos de uma zona para outra".

Protocolo de 1996 à Convenção para a Prevenção da Poluição Marinha causada por Operações de Imersão de Detritos e Outros Produtos, 1972. (Protocolo de Londres)

O Protocolo de Londres é um instrumento jurídico internacional abrangente para a proteção do ambiente marinho. É também o tratado internacional mais discutido no contexto do transporte transfronteiriço de CO₂. Embora muitas economias emergentes, particularmente as da região Ásia-Pacífico, não sejam Partes Contratantes do Protocolo, tal não as impede de importar/exportar CO₂ com uma Parte Contratante.¹⁰ O Protocolo de Londres proibia inicialmente a exportação de CO₂ para armazenamento offshore, uma vez que era considerado como uma eliminação no mar, o que é proibido (o artigo 6.º estabelece que "as Partes Contratantes não permitirão a exportação de resíduos ou outros produtos para outros países para imersão ou incineração no mar"). Em 2009, foi proposta uma alteração ao Protocolo de Londres para permitir a exportação de CO₂ para eliminação se os países em causa celebrassem um acordo (não tem de ser um contrato). Esta alteração não entrou em vigor, mas as partes adotaram uma resolução sobre a sua aplicação provisória. Esta ação apoia agora a transferência de CO₂ além fronteiras. Um país exportador, que seja Parte Contratante do Protocolo de Londres, é responsável por demonstrar que os quadros jurídicos/regulamentares do país importador cumprem os requisitos do Protocolo de Londres.

Vários países que não dispõem de enquadramentos pré-existentes para o armazenamento de CO₂ estão a considerar a possibilidade de aderir ao Protocolo de Londres e de utilizar as disposições do protocolo como elementos constitutivos dos enquadramentos nacionais.

A Organização Marítima Internacional (OMI) acolhe o secretariado do Protocolo de Londres e das suas partes contratantes. A OMI facilita a partilha de conhecimentos através do seu website, permitindo o acesso a documentos de orientação e resoluções,¹¹ e também presta assistência direta a potenciais novas Partes Contratantes e facilita o contacto com outras Partes Contratantes. Esta assistência pode consistir no aconselhamento sobre como se tornar Parte Contratante e como implementar os enquadramentos em conformidade com o Protocolo. A OMI dispõe também de uma série de documentos de orientação para venda na sua base de dados, sendo vários relacionados com a CCS.¹² O Protocolo de Londres tem 54 Partes Contratantes, muitas na região da Ásia-Pacífico.¹³

**Convenção de
Basileia (1989)**

A Convenção de Basileia estabelece que o comércio internacional de resíduos perigosos está sujeito a consentimento prévio, ou recusa, do país destinatário. Não é claro se o CO₂ constitui um resíduo perigoso no âmbito da Convenção de Basileia. Sem mais esclarecimentos, este facto poderia aumentar as dificuldades processuais, através da imposição de condições mais estritas para o transporte de CO₂ através das fronteiras internacionais.

Convenção relativa à Avaliação dos Impactos Ambientais num Contexto Transfronteiras ("Convenção de Espoo")

A Convenção de Espoo exige que as partes avaliem os impactos ambientais das suas atividades transfronteiras durante as fases iniciais do planeamento do projeto e que tomem todas as medidas adequadas para atenuar impactos transfronteiriços adversos significativos. A CCUS e as atividades relacionadas com o CO₂ não estão expressamente enumeradas como atividades abrangidas, mas um projeto de CCUS pode estar sujeito aos requisitos da convenção, se for realizado no território de partes da convenção ou pelas mesmas e cumprir os critérios do Apêndice III da convenção. A Convenção de Espoo tem 45 Partes Contratantes, mas atualmente nenhuma é da região da Ásia-Pacífico.¹⁴

Convenção sobre Acesso à Informação, Participação do Público no Processo de Tomada de Decisão e Acesso à Justiça em Matéria de Ambiente (Convenção de Aarhus)

A Convenção de Aarhus impõe requisitos de participação pública às partes membros no âmbito territorial da convenção para atividades que possam ter um efeito significativo no ambiente. A Convenção de Aarhus tem 48 Partes Contratantes, mas atualmente nenhuma é da região Ásia-Pacífico.¹⁵

O Protocolo de Londres é mais frequentemente discutido no contexto do transporte transfronteiriço de CO₂ na região asiática. Os dois exemplos abaixo ilustram como os países que ratificaram o Protocolo de Londres (como Partes Contratantes) podem trabalhar em conjunto e como um país que ratificou o Protocolo (como Parte Contratante) e outro que não o fez (como Parte Não-Contratante) podem trabalhar em conjunto.



Transporte de CO₂ entre duas partes contratantes do Protocolo de Londres



O projeto Greensand iniciou a injeção de CO₂ em Março de 2023, tornando-o o primeiro projeto transfronteiriço de CCS offshore em todo o mundo. O CO₂ capturado em Antuérpia, na Bélgica, foi enviado para o campo petrolífero esgotado de Nini West, na plataforma continental dinamarquesa, para injeção.¹⁶ A primeira fase do projeto foi realizada à escala piloto. A seleção e a caracterização do local foram feitas de acordo com a norma ISO 27914 sobre armazenamento geológico (referida acima), após o que o projeto-piloto foi implementado.¹⁷ Está ainda pendente uma decisão final de investimento. Se o projeto avançar, será necessária uma licença de armazenamento em larga escala. Este projeto poderia armazenar até 1,5 Mt de CO₂ por ano a partir de 2025/2026, com um potencial aumento para 8 Mt de CO₂ por ano em 2030.¹⁸ Tanto a Dinamarca como a Bélgica são Partes Contratantes no Protocolo de Londres. O Memorando de Entendimento (MoU) entre a Bélgica e a Dinamarca é o primeiro acordo nos termos do artigo 6.2 do Protocolo de Londres.¹⁹ O Memorando de Entendimento não juridicamente vinculativo é de alto nível e identifica as agências de licenciamento em ambos os países e confirma o objetivo e o âmbito, bem como a intenção de realizar as atividades em conformidade com as leis e regulamentos aplicáveis, sem entrar em pormenores específicos do projeto.²⁰ Considera-se que o Memorando de Entendimento cumpre os requisitos do artigo 6.2 e o formato é escolhido também num Memorando de Entendimento subsequente entre os Países Baixos e a Dinamarca. Outras Partes Contratantes estão a considerar acordos mais abrangentes e juridicamente vinculativos.



Transporte entre partes contratantes e não contratantes do Protocolo de Londres

Liderada pela empresa australiana Santos, a Timor Gap (empresa petrolífera estatal de Timor-Leste) assinou um memorando de entendimento com a joint-venture Bayu-Undan.²¹ O campo Bayu-Undan situa-se offshore na plataforma continental de Timor-Leste, com uma capacidade potencial de armazenamento até 10 MPTA. A Austrália é Parte Contratante do Protocolo de Londres, ao passo que Timor-Leste não o é. O artigo 6.2 é mais prescritivo para casos entre uma Parte Contratante e uma Parte Não Contratante, do que para convênios ou acordos entre duas Partes Contratantes. Como Parte Contratante, a Austrália tem de garantir que o seu acordo/convénio com Timor-Leste contém "disposições no mínimo equivalentes às contidas no presente Protocolo, incluindo as relativas à emissão de licenças e às condições de licenciamento para cumprimento das disposições do Anexo 2, para garantir que o acordo ou convénio não derroga as obrigações das Partes Contratantes ao abrigo do presente Protocolo para proteger e servir o ambiente marinho". Assim, a Austrália terá de realizar um processo de diligência prévia do quadro jurídico de Timor-Leste para o armazenamento de CO₂ para confirmar às outras Partes Contratantes que, ao exportar CO₂ para Timor-Leste, a Austrália continua a cumprir as suas obrigações ao abrigo do Protocolo de Londres. Atualmente, Timor-Leste ainda está a desenvolver um quadro regulamentar para o armazenamento de CO₂,²² o que torna este processo de diligência prévia um desafio.

7. Quadros específicos dos projetos

Pontos principais

- Ao nível do projeto, os formuladores de políticas e as entidades reguladoras devem compreender o conjunto de contratos, que um projeto de CCUS típico exige e a forma como estes contratos distribuem os riscos.
- A maior parte destes contratos, se não todos, remetem para as leis e regulamentos de um país, mesmo que estas não sejam específicas da CCUS.
- A viabilidade bancária dos projetos de CCUS será provavelmente determinada pela natureza dos direitos de propriedade concedidos por um enquadramento nacional, como os direitos ao espaço poroso ou os direitos aos créditos de carbono gerados pelo projeto.

Introdução

O Capítulo 6 descreveu os recursos para o desenvolvimento de enquadramentos, incluindo normas, enquadramentos pioneiros e convenções internacionais. Algumas economias emergentes estão a avançar com enquadramentos jurídicos e regulamentares de CCUS ao nível de projetos específicos. Este método pode, em geral, proporcionar uma abordagem ágil, abordando as principais questões de um enquadramento de CCUS sem o longo processo de aprovação interministerial, que pode ser necessário para uma nova lei/regulamento de CCUS autónomos. Os países que estão a aprovar regulamentos para projetos específicos podem ainda trabalhar na alteração das leis/regulamentos existentes em paralelo e utilizar o regulamento para o projeto específico como piloto.

O aproveitamento dos enquadramentos pode envolver a implementação de normas, novos procedimentos de

licenciamento ou diretrizes. Segue-se uma lista não exaustiva de considerações para um quadro de CCUS.

Considerações-chave para um quadro de CCUS

- Objetivo para a implementação de CCUS no país
- Requisitos de comunicação das emissões (captura de emissões atmosféricas, fugas de CO₂, resíduos perigosos, etc.)
- Direitos de propriedade, uso dos terrenos e acesso para transporte e armazenamento
- Responsabilidade pelo armazenamento
- Licenciamento da cadeia de abastecimento de CCUS
- Monitorização, verificação, quantificação
- Requisitos de comunicação e conservação da documentação
- Classificação do CO₂ (resíduos, mercadorias, perigoso/tóxico)
- Requisitos de composição e caracterização do fluxo de CO₂
- Gestão e responsabilidade a curto e longo prazo de potenciais locais de armazenamento
- Propriedade do CO₂ e contratos com entidades privadas
- Avaliações ambientais
- Envolvimento da comunidade, incluindo considerações de justiça ambiental, planos de benefícios para a comunidade
- Correspondência entre as fontes de CO₂ e os locais de armazenamento geológico permanente (também conhecidos por 'Hubs e Clusters')
- Requisitos de conteúdo local
- Impostos para projetos de CCUS (por exemplo, regras de amortização e incentivos fiscais)



Projetos Sleipner, na Noruega e Tomakomai, no Japão

Os projetos de CCUS comerciais avançaram sem um quadro jurídico/regulamentar abrangente, incluindo o projeto Tomakomai no Japão e o Sleipner na Noruega.



Figura 7.1: Projeto de demonstração Tomakomai de CCUS. (Foto cedida pela AIE (2021), CCUS around the world in 2021, AIE, Paris <https://www.iea.org/reports/ccus-around-the-world-in-2021>, Licença: CC BY 4.0)

Ásia: Tomakomai, um projeto de demonstração de CCUS offshore liderado pela Japan CCS Co. Ltd., foi encomendado em 2012 pelo Ministério da Economia, Comércio e Indústria (METI) e em 2018 pela Organização para o Desenvolvimento de Novas Energias e Tecnologias Industriais.¹ Dado que o Japão não dispunha de uma lei específica para a CCUS quando o Tomakomai foi lançado, foram aplicadas ou alteradas as leis e regulamentos existentes que regiam a operação.

Por exemplo, a Lei da Prevenção da Poluição Marinha e das Catástrofes Marítimas foi alterada para regulamentar o armazenamento de CO₂ offshore, em conformidade com a alteração ao Protocolo de Londres de 2006.² A lei exige uma licença emitida pelo Ministro do Ambiente para o armazenamento de CO₂ no fundo do mar, e o pedido de licença exigia um plano do projeto, um plano de monitorização e um relatório de avaliação do impacto ambiental.³ Além disso, foram aplicadas a Lei da Exploração Mineira e a Lei da Segurança Mineira para garantir normas de segurança para as operações de injeção e armazenamento de CO₂.⁴ O METI também estabeleceu uma diretriz, "Operações seguras de um projeto de demonstração de CCS",⁵ e foi preparado e aplicado um "Manual de normas de gestão de reservatórios durante a injeção de CO₂". Este manual teve em conta os regulamentos, normas técnicas e diretrizes internacionais em matéria de CCUS.⁶ As disposições relativas à responsabilidade a longo prazo, encerramento do local e transferência dessa responsabilidade ainda não foram estabelecidas no Japão, mas estão a ser desenvolvidas como parte do programa regulamentar em curso do governo. O país continua a trabalhar no sentido de um quadro de CCUS mais abrangente.



Figura 7.2: Projeto Sleipner. (Fotografia cedida por Gullfaks B. Av Ole Jørgen Bratland. CC BY SA 3.0. <https://snl.no/Equinor>)

Europa. No projeto Sleipner da Noruega, o CO₂ tem sido injetado offshore na costa numa formação salina submarina há mais de 25 anos.⁷ O projeto Sleipner separa o CO₂ do gás natural produzido numa plataforma offshore. O CO₂ é então injetado e armazenado na formação offshore adjacente de Utsira, sob o fundo do mar.⁸ Este projeto foi iniciado em 1996, muito antes de a Noruega ter implementado um quadro regulamentar específico para a CCUS em 2014.⁹ O projeto teve início ao abrigo do quadro existente para o petróleo e o gás; no entanto, as atividades de CCUS foram abordadas no âmbito do Plano de Desenvolvimento e Exploração antes do início das operações de gás. Após a aprovação do novo quadro, os promotores do projeto requereram e obtiveram uma licença atualizada.¹⁰ O projeto transitou com êxito para as operações de projeto ao abrigo do novo quadro.¹¹

Os estudos de caso acima referidos mostram como os enquadramentos existentes, não específicos para a CCUS, foram utilizados para realizar projetos de CCUS no Japão e na Noruega.

Ao iniciar o processo de elaboração de um quadro legal/regulamentar CCUS, inclua especialistas em saúde e segurança, ambiente e na indústria com experiência em tecnologia e nos enquadramentos legais. Embora existam diferentes formas de abordar a redação legislativa, há geralmente cinco componentes-chave:

- Legalizar (obter o efeito jurídico pretendido)
- Formalizar (escolher o veículo legislativo correto)
- Integrar (relacionar a nova lei com a lei em vigor)
- Organizar (organizar o texto legislativo de forma adequada)
- Esclarecer (conseguir clareza de expressão)¹²

Um projeto de regulamento ou lei deve ser adequado à sua finalidade, compreensível e aplicável na jurisdição onde se aplica. O processo de redação pode ser prescritivo (estabelece requisitos ou normas que o operador terá de cumprir) ou baseado no desempenho (fornece critérios que o operador terá de cumprir). Existem muitos recursos úteis disponíveis para ajudar no processo de elaboração, como normas internacionais, quadros existentes, etc., que são partilhados com mais pormenor no Capítulo 6: Recursos e responsabilidades relativos aos enquadramentos.

O desenvolvimento de enquadramentos deve ser um processo iterativo que inclui informações e lições aprendidas em projetos da vida real. A utilização de recursos, enquadramentos-modelo, boas práticas e lições aprendidas de outros países pode acelerar o processo de elaboração e o levantamento de questões e potenciais soluções para os desafios técnicos e comerciais da indústria de CCUS. No entanto, todos os países têm as suas próprias características e desafios únicos; por conseguinte, o teste-piloto de qualquer enquadramento é uma parte importante da implementação.

Os projetos de demonstração testarão a flexibilidade e a adequação dos instrumentos legais e dos regimes de licenciamento e ajudarão a determinar quaisquer lacunas regulamentares.¹³ Um projeto de demonstração também permite o envolvimento entre o promotor do projeto, o regulador e outros funcionários governamentais, o que pode melhorar a colaboração e apoiar a incorporação das lições aprendidas. O projeto de demonstração norueguês Longship é um exemplo de um projeto de demonstração que foi utilizado para testar o novo enquadramento jurídico para a CCUS. O Longship é o primeiro projeto que foi desenvolvido no âmbito do enquadramento CCUS específico. Foram identificados vários desafios e problemas imprevistos e, em certa medida, resolvidos em consequência do projeto.¹⁴

A Figura 7.1 é uma ilustração do esquema de decisão em árvore para o desenvolvimento de um enquadramento de utilização ou armazenamento, em conjunto com os Passos 1 a 6 descritos nos Capítulos 5, 6 e 7 deste Manual.

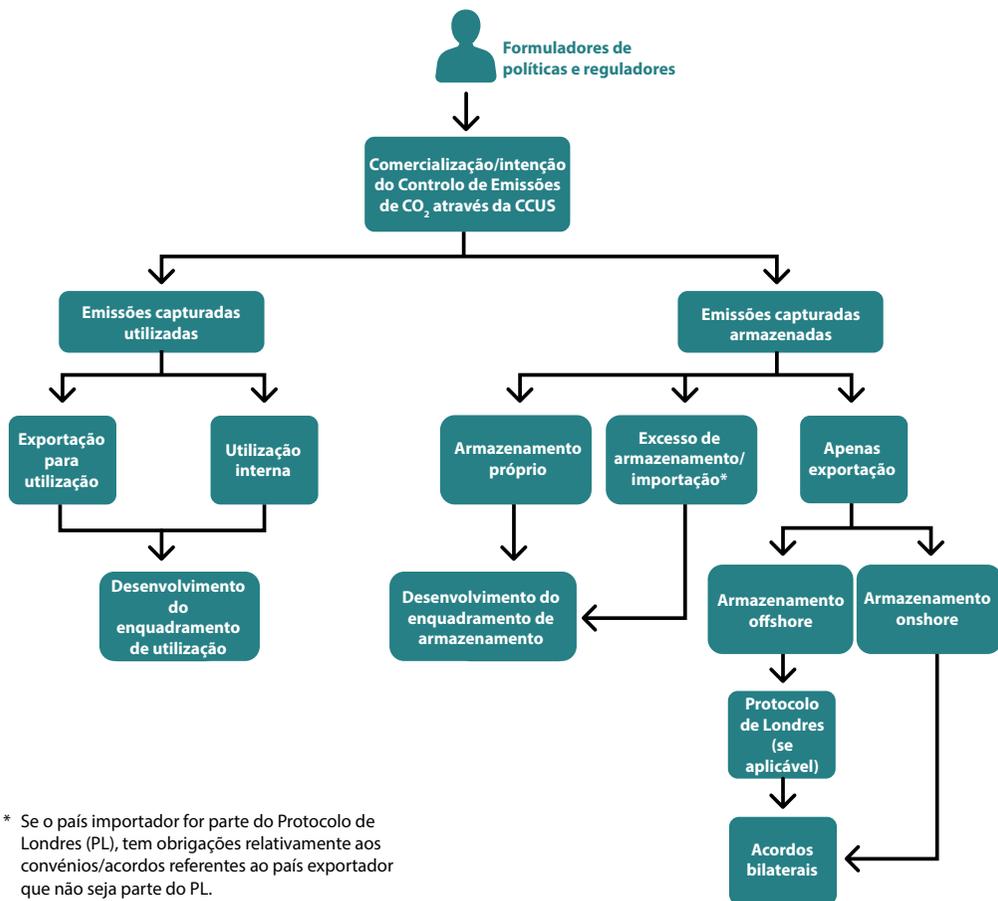


Figura 7.1: Caminho de decisão para a criação de um enquadramento. (O Protocolo de Londres é abordado no Capítulo 6: Recursos e responsabilidades para enquadramentos)

Boas práticas para enquadramentos para projetos específicos

Os recursos descritos acima podem apoiar o desenvolvimento de enquadramentos legais e regulamentares internacionais ou nacionais. Ao nível do projeto, há também um conjunto de instrumentos jurídicos e contratos a considerar.

Como mostra a figura abaixo (Figura 7.2), há vários intervenientes-chave e diferentes tipos de contratos que são habitualmente necessários para um projeto de armazenamento. Este é apenas um tipo de modelo para um projeto. Qualquer empresa que esteja a realizar a CCUS terá de determinar o grau de integração vertical que terá na cadeia de valor. Um promotor de projeto, separado do emissor, pode supervisionar uma parte ou a totalidade da cadeia de valor da CCUS, de tal modo que as empresas de captura/transporte/armazenamento (a montante, intermédio e a jusante) podem ser entidades múltiplas ou únicas. Vários dos instrumentos são semelhantes aos contratos necessários para o sector da energia, tal como ilustrado no manual do CLDP "Understanding Power Purchase Agreements Handbook".¹⁵

- **Licenças e documentos conexos.** Concede ao promotor do projeto (proprietário/operador) o direito de injetar CO₂ para armazenamento permanente. Normalmente, o regulador exigirá que o promotor forneça informações sobre a caracterização do local, uma avaliação do impacto ambiental, um plano de monitorização do local durante a injeção e um plano de gestão do local após o encerramento.
- **Contrato de Serviço de Transporte e Armazenamento.** Obriga o promotor a obter as licenças necessárias, incluindo as necessárias para as condutas, para efetuar operações no

local, como condição para que a empresa do setor intermédio forneça o CO₂. Este acordo pode também exigir que o promotor cumpra os protocolos para garantir os incentivos, como créditos fiscais à produção de armazenamento ou outros incentivos ao armazenamento.

- **Contrato para escoamento.** Obriga a empresa a montante (por exemplo, a entidade que captura o CO₂) a fornecer CO₂ de acordo com especificações e volumes específicos. Este acordo pode incluir uma cláusula com uma "obrigação de aquisição", de modo a que o promotor/operador do armazenamento compense a empresa a montante mesmo que as operações de transporte ou armazenamento de CO₂ sejam interrompidas.
- **Contrato relativo ao Espaço Poroso/Terreno/Acesso.** Rege a locação/concessão para o acesso à propriedade de superfície ou ao espaço poroso onde será construído o local de armazenamento. Isto pode ocorrer através de uma compra ou locação ou pode ser emitido pelo proprietário do espaço poroso através da libertação pré-planeada de recursos de armazenamento ou por licitação.
- **Contrato de Engenharia, Aquisição e Construção (EPC).** Estabelece os termos e condições para o projeto do local de armazenamento, aquisição de materiais e equipamento e construção do local. As obrigações criadas por este contrato também podem ser divididas entre vários contratos, que incluam um ou mais destes escopos.
- **Contrato de empréstimo.** Cria a obrigação para os credores de financiarem o projeto de armazenamento, bem como as obrigações do promotor do projeto de cumprir vários compromissos assumidos no contrato de empréstimo.
- **Contrato de Compra de Carbono.** Regula os termos entre o promotor e o comprador dos créditos de carbono gerados pelo projeto de armazenamento. O uso de mercados de carbono

é discutido mais detalhadamente no Capítulo 6: Recursos e responsabilidades relativos aos enquadramentos.

- **Contrato de concessão.** Concede ao promotor do projeto o direito de desenvolver, financiar, construir e operar o projeto de armazenamento. Isto é particularmente importante quando o promotor do projeto não é local do país.
- **Planos de gestão da injeção e pós-encerramento.** Antes da injeção, pode ser exigido ao promotor do projeto que apresente uma prova de garantia financeira ao Estado. Este fundo remunerado pode ser utilizado pelo Estado para cobrir os custos de gestão decorrido um determinado número de anos após o encerramento do local. Nalguns casos, o Estado pode permitir a transferência da gestão a longo prazo do promotor para si próprio, depois de o promotor cumprir determinados requisitos pós-encerramento.

Juntamente com o envolvimento da comunidade e os enquadramentos legais e regulamentares, os instrumentos financeiros são também fundamentais para permitir o sucesso de um projeto de CCUS.

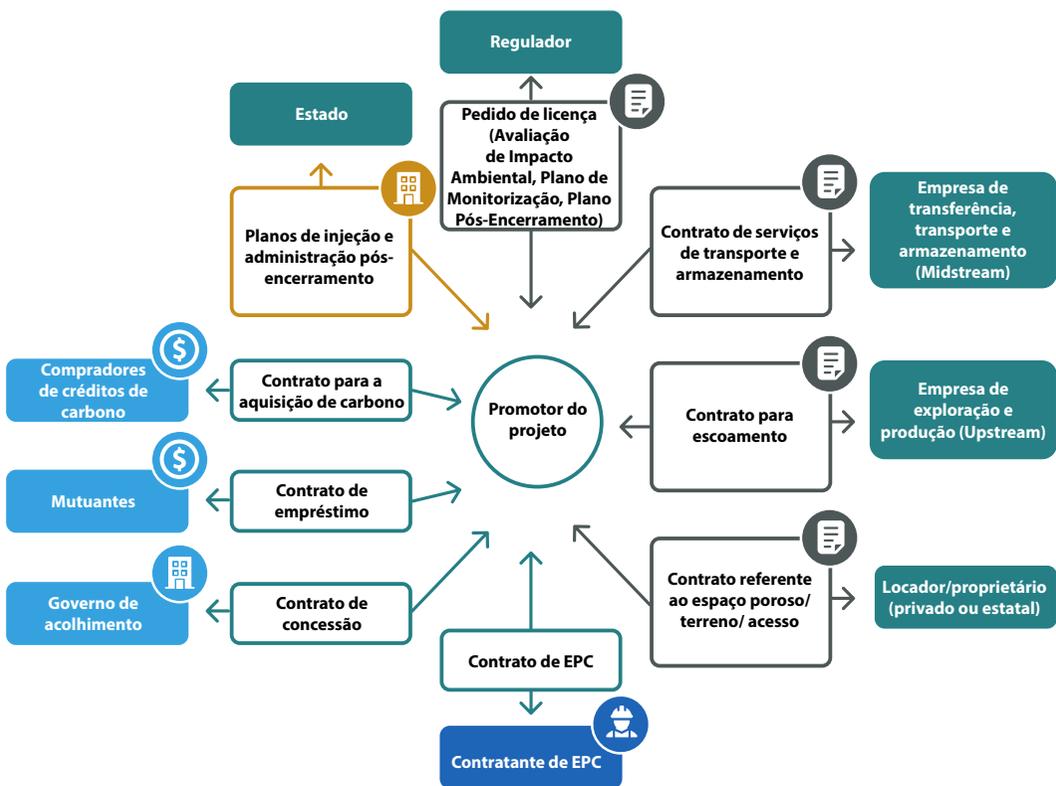


Figura 7.2: Conjunto de contratos para um promotor de um projeto de armazenamento.

8. Financiamento e incentivos

Pontos principais

- A maior parte do carbono produzido tem de ser eliminado permanentemente. Os investidores e operadores de projetos de CCUS serão incentivados a construir e operar projetos de CCUS quando houver uma razão económica para capturar, transportar e armazenar o carbono residual. O carbono capturado tem de ter um valor.
- Para os formuladores de políticas e reguladores que procuram incentivar o investimento em projetos de CCUS, há várias formas de criar valor a partir do carbono capturado/armazenado. Estas incluem créditos fiscais, impostos sobre as emissões de carbono, sistemas de limitação e comércio de emissões e, simplesmente, requisitos regulamentares que limitam a quantidade de carbono que pode ser emitida (estimulam assim o investimento na CCUS para atingir esse limite). Os mercados voluntários de carbono também podem ser uma fonte de valor para os projetos de CCUS.
- No entanto, os formuladores de políticas devem estar cientes das consequências não intencionais das suas escolhas de políticas e estar preparados para adaptar os incentivos fiscais quando essas consequências se tornarem claras.
- Para reduzir o custo do capital, os investidores e operadores de projetos de CCUS podem ter acesso a empréstimos e a outros instrumentos financeiros ligados a objetivos climáticos.

Introdução

Este capítulo aborda os instrumentos e mecanismos financeiros que os formuladores de políticas devem considerar ao definirem estratégias e enquadramentos de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS). Também descreve um conjunto de ferramentas financeiras, que podem ser consideradas pelos países e promotores de projetos para

avançar com os projetos de CCUS, incluindo empréstimos bancários, impostos/incentivos sobre o carbono, mecanismo de ajustamento carbónico transfronteiriço e mercados de carbono.

Ao desenvolver estes instrumentos e mecanismos, é importante considerar as diferentes fases de desenvolvimento do projeto e a forma como os incentivos podem ajudar a avançar em cada fase, em grande parte através da redução dos custos e do risco. O gráfico seguinte mostra a evolução típica de um projeto, desde os estudos técnicos e piloto até às demonstrações e implementação comercial em larga escala. Também relaciona estas fases com os diferentes papéis das parcerias público-privadas e com os tipos de incentivos e mecanismos de financiamento que podem ser aplicados em cada fase. É igualmente possível que a indústria prossiga estes projetos sem o apoio à ID, por exemplo, recorrendo à experiência de IDI de outros países.

Da perspetiva dos projetos de demonstração e comerciais, o planeamento financeiro de um projeto de CCUS abarca uma diversidade de fases indicadas na Figura 8.1. No início da vida de um projeto, os custos são estimados e refinados relativamente às despesas de capital e aos custos operacionais com base num estudo de engenharia inicial (FEED). À medida que o projeto vai adquirindo maturidade, os custos esperados são aperfeiçoados em todas as fases do projeto. Dado que, em geral, a CCUS não produz produtos diretos nem cria receitas para o projeto, pode ser necessário algum tipo de mandato regulamentar para permitir uma decisão de investimento positiva.

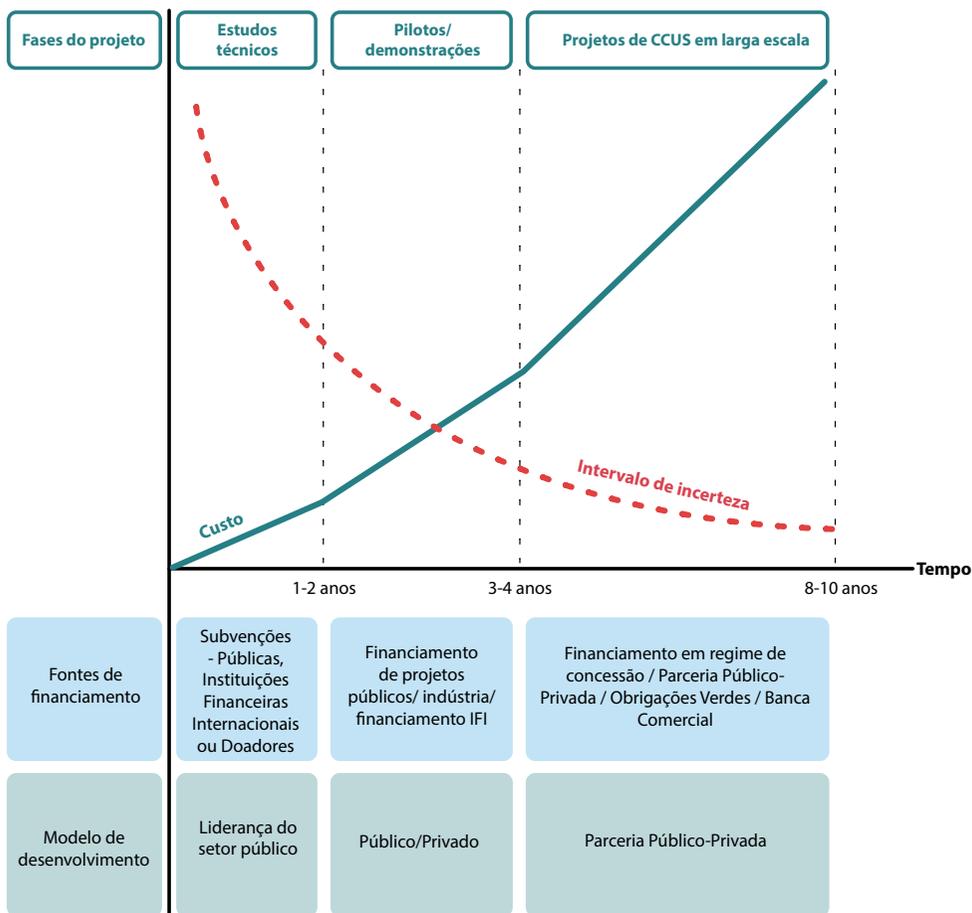


Figura 8.1: Como a ID apoia o desenvolvimento inicial em parcerias público-privadas. Harshit Agrawal, Grupo do Banco Mundial, novembro de 2023, Catalyzing CCUS Deployment in Developing Countries (diapositivos PowerPoint).

Economia dos projetos de CCUS

A compreensão da economia dos projetos de CCUS é importante para ajudar os formuladores de políticas a criar incentivos para incentivar a sua implementação. Os projetos de CCUS podem ter um capital inicial significativo e custos operacionais e de manutenção anuais a longo prazo. A compreensão destes custos é fundamental para quantificar o nível de incentivos nas diferentes fases de um projeto, a fim de apoiar um desenvolvimento comercial generalizado. Por exemplo, os custos de capital inicial e de construção de uma instalação de captura de carbono podem variar entre 50 milhões de dólares e 1.000 milhões de dólares, consoante a fonte e o volume de CO₂ necessário para capturar.¹ Esta é, geralmente, a maior despesa fixa num projeto de CCUS. O transporte de longa distância por conduta e as operações de armazenamento também exigem despesas de capital significativas. O acesso a um local de armazenamento próximo do projeto de captura é geralmente mais desejável do ponto de vista do custo total do projeto, uma vez que as despesas de transporte podem ser reduzidas. Cada projeto terá atributos únicos que tornarão os perfis de custos algo diferentes.

Os projetos de CCUS devem ser avaliados de forma consistente com os princípios gerais de economia e financiamento de projetos. O objetivo da análise do projeto é determinar tanto as receitas futuras como os custos totais de capital e operacionais e de manutenção, ao longo do tempo. Juntamente com as receitas e os custos, é também necessária uma avaliação do perfil de risco de cada componente para compreender, de que forma, as potenciais alterações do mercado e das condições regulamentares afetarão o fluxo de caixa do projeto.

As receitas dos projetos são, em grande parte, motivadas por ações governamentais. Estas ações podem assumir a forma de mandatos (por exemplo, impostos sobre o carbono e mandatos

ambientais) ou incentivos (por exemplo, despesas públicas diretas, créditos fiscais e serviços financeiros). Nalguns casos limitados, as receitas da venda de CO₂ para utilização podem potencialmente ajudar a justificar os custos do projeto, como no caso do desenvolvimento inicial da CCUS através do desenvolvimento de CO₂-EOR nos Estados Unidos.

Viabilidade bancária e redução do risco da CCUS

Ações governamentais para a CCUS

Há um conjunto de abordagens económicas que os governos podem adotar para incentivar a redução ou eliminação das emissões de CO₂ através da CCUS. Os mandatos incluem a imposição de um imposto sobre o carbono ou a imposição de uma regulamentação a uma indústria/processo energético para reduzir as emissões. Os incentivos incluem despesas em ID, subvenções ou financiamentos governamentais através de acordos de cooperação, investimento direto e incentivos à produção, créditos fiscais à produção (PTC) e créditos fiscais ao investimento (ITC) e a criação da procura de produtos descarbonizados através de regulamentação ou incentivos.

Imposto sobre o carbono

Um imposto sobre o carbono é um mecanismo através do qual as emissões de CO₂ são tributadas com base no seu volume, impacto e/ou fonte. Um aspeto importante a ter em consideração numa política de tributação do carbono é a inclusão de medidas de atenuação, como a CCUS, ou de atividades líquidas negativas, como a CDR.

Os escalões dos impostos podem ser fixados pelo governo, são transparentes e previsíveis e proporcionam um preço estável para as emissões. No entanto, este tipo de política pode resultar numa sub/sobre-estimação da resposta do mercado ao imposto e no risco de fuga de carbono (ou seja, a transferência de operações do país ou região para uma jurisdição sem ou com um imposto mais baixo).

Em 2012, o Japão implementou um imposto sobre o carbono como parte das políticas globais de reforma fiscal.² O imposto japonês aplica-se aos sectores dos combustíveis fósseis, no entanto, o governo ampliou várias isenções e medidas de reembolso das taxas do imposto sobre o carbono a produtos de combustíveis fósseis utilizados em determinados sectores energívoros, como a agricultura, os transportes públicos, as indústrias petroquímicas e as centrais termoelectricas a carvão. Singapura também aplicou um imposto sobre o carbono em 2019, começando em 5 dólares/tonelada de equivalentes de CO₂, com aumentos incrementais até 50-85 dólares/tonelada de equivalentes de CO₂ até 2030.³

Limitação do comércio de emissões

Um sistema de limitação e comércio de emissões estabelece uma quantidade máxima de emissões permitidas. As licenças, ou autorizações de emissão, seriam vendidas num mercado competitivo pela melhor oferta. As medidas de mitigação também podem fazer parte do sistema de mercado obrigatório, onde pode haver transações entre emissores e mitigadores (ver estudo de caso sobre o Regime de Comércio de Licenças de Emissão da União Europeia abaixo). Um sistema de limitação e comércio de emissões tem a vantagem de permitir que o valor do carbono varie em função da procura de emissões e da oferta de atenuação. A desvantagem de um sistema destes é o potencial para a volatilidade do mercado e, conseqüentemente, uma redução da certeza dos riscos e das receitas dos projetos de CCUS.



Sistema de limitação e comércio de licenças de emissão da União Europeia

O regime de comércio de licenças de emissão da União Europeia (ETS) foi implementado nos 27 Estados-Membros da União Europeia, bem como nos países da Associação Europeia de Comércio Livre (Islândia, Liechtenstein e Noruega).⁴ O regime ETS prevê um limite total de emissões, em que uma tonelada de emissões permitidas é expressa como uma licença. Os emissores terão de devolver (e pagar) licenças equivalentes às suas emissões. Se não o fizerem, ficarão sujeitos a uma coima.⁵ Se o emissor emitir menos do permitido pela licença, o regime ETS permite que os emissores comercializem (vendam) as licenças recebidas em excesso a outros emissores. Se os emissores reduzirem ou eliminarem as emissões através da CCUS, o ETS reconhece o CO₂ como não emitido. Isto resulta no facto de o emissor não ser obrigado a devolver licenças para os volumes removidos ou reduzidos. O risco de emissão é transferido do emissor quando o CO₂ é transferido para uma instalação de captura, transferência ou armazenamento, ou se o CO₂ for transferido para fora, ligando-se quimicamente de forma permanente a um produto (ou seja, o CO₂ não pode entrar na atmosfera com a utilização normal do produto).⁶

O ETS não abrange todos os tipos de emissões e vários países estão a aplicar impostos sobre o carbono para incentivar a redução das emissões fora do âmbito do ETS. No entanto, o ETS não exclui a possibilidade de os Estados-Membros da UE aplicarem impostos sobre o carbono, para além do sistema de limitação e comércio de emissões abrangido pelo ETS. Na Noruega, as licenças do ETS são aplicadas para além do imposto norueguês sobre o CO₂ para o sector do petróleo e do gás offshore, criando um incentivo convincente para a utilização de CCUS em vez da emissão de CO₂.⁷

Regulamento das emissões de processos industriais/centrais elétricas

As restrições regulamentares diretas às emissões podem ser utilizadas isoladamente ou em conjunto com outros mecanismos, como a limitação e comércio de emissões acima descrita. Isto exigiria que o emissor implementasse medidas de controlo das emissões⁸ ou reduzisse ou eliminasse a fonte de emissão (por exemplo, retirada forçada de ativos ou a CCUS) e exigiria conformidade com um padrão de desempenho. Os regulamentos deste tipo podem ser efetuadas numa base do balanço de massas (massa de emissões permitida/entrada de combustível no processo), com base no desempenho do produto final (massa de emissões permitida/unidade de produção) ou numa base de balanço bruto (massa de emissões permitida por período de tempo). Um exemplo deste tipo de regulamento é a norma proposta nos E.U.A. "New Source Performance Standards for Greenhouse Gas Emissions from New, Modified, and Reconstructed Fossil Fuel-Fired Electric Generating Units".⁹ A norma contém requisitos para a instalação de equipamento de captura de carbono em centrais elétricas. Outro exemplo é a Arábia Saudita, que está a considerar obrigar todas as centrais de gás novas a terem CCS, ou pelo menos, a estarem preparadas para a captura de CO₂.¹⁰

Despesas de IDI

Uma via potencial para incentivar a implementação da CCUS é a realização, pelos governos, de atividades de investigação, desenvolvimento e implementação (IDI) para promover o conhecimento local e global das tecnologias de CCUS. Existem atualmente programas robustos de IDI nos Estados Unidos, Europa, Canadá, Austrália e Japão para ajudar na implementação da CCUS. Alguns destes programas são parcialmente financiados por incentivos, tais como impostos ou licenças excedentárias.¹¹

A implementação de novos programas de IDI deve ser precedida de uma identificação rigorosa das necessidades e das oportunidades visadas. Poderá também ser necessária uma análise consistente por parte de peritos externos para garantir que o financiamento está a ser utilizado de forma eficiente e produtiva. Estes programas são valiosos para incentivar a indústria a empreender as ações desejadas. Os pioneiros podem ser recompensados com subsídios de IDI, desagravamentos fiscais favoráveis, etc., para promover a implementação. É possível utilizar a infraestrutura dos projetos de IDI na futura implementação comercial. Um exemplo pode ser a utilização de poços perfurados para estudos de caracterização de reservatórios geológicos.

Bancos Multilaterais de Desenvolvimento

Os Bancos Multilaterais de Desenvolvimento, como o Banco Asiático de Desenvolvimento (ADB) e o Grupo do Banco Mundial, oferecem vários recursos aos países em desenvolvimento para facilitar o desenvolvimento da infraestrutura de CCUS (veja o estudo de caso seguinte sobre o apoio do ADB à CCUS na República Popular da China). Conforme resumo abaixo, os recursos incluem subsídios para a realização de estudos de viabilidade e elaboração das políticas relevantes, criação de publicações para partilha de conhecimentos, eventos como visitas de estudo, empréstimos em condições preferenciais e estabelecimento de fundos especiais para mobilizar o financiamento do carbono.

Uma das melhores práticas para mobilizar o apoio dos bancos é expressar claramente que um país pretende que um banco se empenhe na aceleração da CCUS e solicitar a assistência do banco ao longo do ciclo de vida do projeto, desde o trabalho preparatório até ao financiamento de um projeto de demonstração de CCUS. Os representantes destes diversos bancos também partilharam a sua disponibilidade para manter conversações diretas com os governos antes de ser recebido um pedido formal.



Apoio do ADB à CCUS na República Popular da China (RPC)

Desde 2009, a RPC estabeleceu uma parceria com o Banco Asiático de Desenvolvimento (ADB) para a sensibilização para a CCUS através de produtos para transmissão de conhecimentos, workshops e da criação de Centros de Excelência CCUS. Como resultado deste apoio, em 2012, a tecnologia de captura pós-combustão entrou em funcionamento numa central termoelétrica a carvão (capacidade de captura de 20.000 t/a) em Tianjin.

A RPC é líder em CCUS na região da Ásia-Pacífico, com 21 projetos, 11 dos quais estão operacionais desde 2023 (de acordo com o GCCSI).¹² A chave para duas décadas de implementação bem sucedida é largamente atribuída a vários fatores. Em primeiro lugar, o país desenvolveu (2015) um roteiro inicial para a Demonstração e implementação de CCUS que foi posteriormente atualizado (2022). Este facto incentivou uma série de desenvolvimentos na política, tecnologia e financiamento da CCUS.

Em segundo lugar, foi criado o Centro de Investigação de Captura e Armazenamento de Carbono em Xangai (2016) para promover a inovação em matéria de CCUS e o desenvolvimento de capacidades industriais para o Delta do Rio Yangtze e Xangai. Além disso, o Guandong CCS Center for Excellence desenvolveu a capacidade institucional para a investigação e demonstração de tecnologias, políticas e mecanismos financeiros para comercialização da CCUS. Em terceiro lugar, o país continua a desenvolver e a melhorar as políticas e os regulamentos relativos à CCUS, publicando "Carbon Capture and Storage - Ready Policy to Facilitate Future CCS Deployment in the People's Republic of China" (dezembro de 2014). Por último, a RPC continua a apoiar proativamente a participação na CCUS desde o seu 11º Plano Quinquenal (2005-2010).

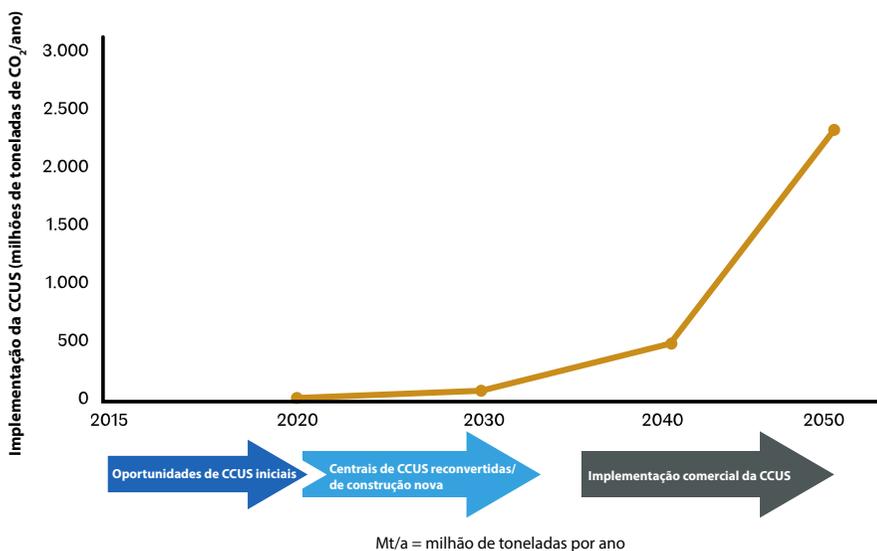


Figura 8.2: Roteiro para a demonstração e implementação da CCUS na RPC. (Simplificado de ADB 2015: Roteiro para a demonstração e implementação da captura e armazenamento de carbono na República Popular da China)

Incentivos diretos ao investimento e à produção

Na América do Norte, os créditos fiscais ao investimento (ITC) e os créditos fiscais à produção (PTC) são os dois principais incentivos diretos. Os ITC são distribuídos com base nas despesas de infraestrutura e construção e geralmente estão disponíveis imediatamente após a entrada em funcionamento do equipamento, independentemente da sua utilização. Os PTC são distribuídos com base na produção de um material (por exemplo, \$/tonelada). O crédito só é desembolsado depois do produto ser produzido e as condições para a sua entrega estarem cumpridas. Os PTC não têm em consideração o custo incorrido na produção da

unidade de produção, que está a ser incentivada, mas são eficazes para garantir uma utilização significativa do investimento. Nos E.U.A., o PTC da Secção 45Q teve um grande impacto nos anúncios e no desenvolvimento de projetos de CCUS (ver o estudo de caso seguinte sobre o PTC - Secção 45Q). No Canadá (Alberta), foi criado um estímulo semelhante para o desenvolvimento de projetos de CCUS, sob a forma de um ITC (também descrito a seguir).

Na Europa, há outros incentivos diretos ao investimento e à produção. Alguns destes auxílios revestem a forma de subvenções diretas, para cobrir despesas de capital e/ou de funcionamento (frequentemente financiadas pelas receitas do ETS), bem como de garantias, empréstimos e redução dos encargos regulamentares. Na Noruega, o projeto de demonstração Longship beneficiou de um auxílio estatal no valor de cerca de $\frac{2}{3}$ do custo total do projeto, que cobrirá uma série de custos para o desenvolvimento da infraestrutura do projeto, incentivos para volumes de CO₂ biogénico (que não é atualmente incentivado por um imposto ou licença de carbono), custos de funcionamento durante um período, riscos relacionados com questões de interface entre as partes interessadas na cadeia de valor e potenciais licenças de emissão.¹³



PTC - Secção 45Q da Lei de Redução da Inflação dos E.U.A. (IRA) de 2022

Os créditos fiscais ao abrigo da secção 45Q estão disponíveis desde 2008. No entanto, o valor, os limiares de limitação e a data de início da construção limitaram a comercialização generalizada. As alterações de 2022 proporcionaram o nível necessário de incentivos e um calendário exequível para a implementação com base em mecanismos orientados para o mercado num cenário geopolítico em constante mudança. As alterações incluem (1) um aumento do valor do crédito fiscal de 50 para 85 dólares por tonelada para o armazenamento geológico; (2) um aumento do valor do crédito fiscal de 35 para 60 dólares para o CO₂-EOR, (3) um valor de crédito fiscal para a captura direta do ar (DAC) de 180 dólares por tonelada para o armazenamento geológico e de 130 dólares por tonelada para a utilização de CO₂, incluindo o CO₂-EOR; (4) uma diminuição dos limiares de elegibilidade das emissões dos projetos elegíveis e (5) a possibilidade de pagamento direto, mantendo a transferibilidade dos créditos fiscais para opções de liquidez (permitirá aos promotores de projetos evitar o processo oneroso e frequentemente dispendioso de obtenção de capital fiscal para rentabilizar os créditos fiscais tradicionais gerados ao abrigo da Secção 45Q).¹⁴

Da perspetiva da indústria, uma das alterações mais significativas incluídas no IRA é a prorrogação da data de início da construção para 1 de janeiro de 2033. Antes disso, a "construção" de uma instalação de captura tinha de começar até 1 de janeiro de 2026, quer iniciando trabalhos físicos de natureza significativa, quer despendendo 5 por cento ou mais do custo total da instalação qualificada.

A Secção 45Q prevê um crédito fiscal para o armazenamento de CO₂, quer o armazenamento faça parte de uma cadeia de valor de CCS ou para aplicações EOR/industriais. A orientação do IRS permite que as entidades que operam projetos de recuperação avançada de petróleo com CO₂ utilizem a norma ISO 27916 como ferramenta de quantificação e verificação do CO₂ armazenado durante o projeto CO₂-EOR para obterem os créditos fiscais. A EPA dos E.U.A. exige que seja apresentado um plano de monitorização, comunicação e verificação (MRV) nos termos da Subparte RR do Programa de Comunicação de Gases com Efeito de Estufa e inclui algumas orientações.¹⁵ Em geral, este plano inclui uma descrição do local e da sua geologia, a área de monitorização, o plano de monitorização e a sua frequência e as potenciais vias de fuga na área de monitorização. Se isto for concedido, o relatório anual à EPA dos E.U.A. incluirá a massa anual de CO₂ injetada/produzida a partir do local do armazenamento, fugas à superfície em poços e equipamento perto dos poços, o valor armazenado líquido, bem como a massa cumulativa armazenada durante a vida do projeto.



Figura 8.3: Desenvolvimento de projeto baseado na evolução do crédito fiscal previsto na Secção 45Q. (Adaptado do Rastreador de projetos de CCUS da IEA de 2023)



Exemplo de ITC: Canadá

Em novembro de 2023, o Governo do Canadá e a Província de Alberta anunciaram um programa de crédito fiscal ao investimento (ITC) na CCUS, destinado a incentivar o desenvolvimento de projetos de CCUS. O ITC será fixado em 50% para o equipamento utilizado na captura de carbono e em 37,5% para o equipamento utilizado no transporte e armazenamento de carbono. Além disso, o projeto de legislação publicado em agosto último ampliou o ITC para a CCUS, de modo a tornar uma parte dos projetos de recuperação avançada de petróleo elegíveis para o ITC para a CCUS. Os ITC para a CCUS estão disponíveis desde 1 de janeiro de 2022.

Empréstimos e garantias financeiras

Para além dos mandatos e incentivos, os programas financeiros a juros baixos, oferecidos pelos governos, também podem ajudar a iniciar projetos. Embora não estejam amplamente disponíveis nas economias emergentes, estes mecanismos são mais comuns nos E.U.A., como o Gabinete de Empréstimos do Departamento de Energia. A Lei do Financiamento e Inovação de Infraestruturas de Transporte de Dióxido de Carbono (CIFIA) do Gabinete de Programas de Empréstimos do DOE, em colaboração com a Gestão de Energia Fóssil e Carbono, dá apoio financeiro a projetos de transporte de CO₂ de alta capacidade e por transportadoras (por exemplo, condutas, caminhos-de-ferro, transporte marítimo e outros meios de transporte) como parte da iniciativa CIFIA, integrada e promulgada ao abrigo da Lei do Investimento em Infraestruturas e Emprego (IIJA).¹⁶

Na Ásia, existem fundos relevantes para as alterações climáticas que apoiam o investimento de capital. Os fundos possíveis, sujeitos à condição de conceção, incluem o Fundo Catalisador de Ação Climática do ADB e o Fundo Japonês para o Mecanismo de Crédito Conjunto do governo japonês. Em geral, as taxas de juro dos empréstimos dos bancos multilaterais de desenvolvimento são mais baixas que as da banca comercial.

Mercados para produtos com baixo teor de carbono

A criação de um mercado para produtos com baixo teor de carbono, vendidos como materiais de primeira qualidade, pode também acelerar a aprovação da CCUS. Estes produtos, como

o cimento, o aço e os produtos químicos com baixo teor de carbono, poderiam ser adquiridos pelo sector público ou privado em quantidades consideráveis (especialmente nas economias emergentes, onde a procura destes materiais continua a existir).

Consequências não intencionais

As consequências não intencionais podem criar uma barreira ao desenvolvimento de projetos ou resultar no cancelamento de projetos. Um exemplo é o estabelecimento de limites máximos para os créditos que desencorajam ou impedem a implementação de mais CCUS. Outro caso é a venda de créditos de carbono a um emissor para captura, o que pode desencorajar o emissor de fazer outros investimentos em tecnologias que limitariam as suas emissões totais.¹⁷

Impulsionadores externos

Um governo pode também ser afetado por forças fora das suas fronteiras. Isto inclui os impostos transfronteiriços sobre o carbono (como o Mecanismo de Ajustamento Carbónico Fronteiriço da UE), a comunicação e divulgação obrigatórias ou voluntárias das emissões de CO₂ a nível sectorial ou industrial e os mercados de carbono.

Impostos sobre o carbono no estrangeiro

Em 2023, a UE aprovou um imposto sobre o carbono para os produtos importados com elevada intensidade de carbono, conhecido como Mecanismo de Ajustamento Carbónico Fronteiriço (CBAM). Embora não seja aplicável até 2026, as obrigações de relatório já começaram. O principal objetivo é

reduzir a probabilidade de emissões de carbono através da imposição de um imposto baseado na intensidade de carbono de determinadas importações, incluindo ferro, aço, cimento, fertilizantes, alumínio, eletricidade e hidrogénio, sobre os produtos importados para a UE a partir de jurisdições sem um imposto ou licença sobre o carbono. Outros países que importam estes produtos com elevada intensidade de carbono da Ásia-Pacífico estão a ponderar aprovar impostos transfronteiriços similares. Em conformidade, os sectores em que a redução é difícil sujeitos ao CBAM estão a considerar capturar emissões de CO₂ para ajudar a reduzir a intensidade das emissões dos bens (e, por conseguinte, o imposto sobre o carbono que seria cobrado durante a exportação).

Contabilização/divulgação/comunicação sobre o carbono

Há uma pressão crescente para que as indústrias e as empresas sejam transparentes na divulgação e comunicação das suas emissões de GEE. Embora várias indústrias com utilização intensiva de emissões tenham frequentemente requisitos de comunicação, a nível nacional, através dos seus regulamentos ambientais, as agências estatais, estaduais e federais, bem como o público em geral, têm vindo recentemente a exigir a divulgação das emissões. No caso das empresas cotadas em bolsa, as propostas dos acionistas exigem cada vez mais a comunicação das emissões diretas e indiretas. O Conselho Internacional de Normas de Sustentabilidade, formado na COP26 em Glasgow, está a desenvolver normas de divulgação relacionadas com a sustentabilidade.

Embora esta tendência esteja a aumentar nas economias ocidentais, está a ser solicitado às empresas internacionais que desenvolvem a sua atividade em economias emergentes (incluindo a Ásia) que façam uma contabilidade clara da

intensidade das emissões de todos os produtos e processos que planeiam importar. Por este motivo, a monitorização transparente e verificável das quantidades de CO₂ ao longo da cadeia de valor de CCUS é importante. A utilização de um auditor externo para analisar os dados de quantificação das emissões oferece um nível de independência para o operador/promotor e para o público. Na Índia, as 1.000 maiores empresas cotadas em bolsa por valor do capital na Bolsa estão obrigadas a divulgar as suas informações de ESG com emissões diretas e indiretas, no âmbito do quadro de relatórios de responsabilidade empresarial e de sustentabilidade, prescrito nos regulamentos da Comissão de Valores Mobiliários da Índia (Obrigações de Listagem e Requisitos de Divulgação).

Mercados de carbono

Os países da região, como a Malásia, a Indonésia, a Índia, o Vietname e a Tailândia, também recorreram aos mercados de carbono para viabilizar projetos de CCUS. Um crédito de carbono representa a quantidade de emissões reduzidas, eliminadas ou evitadas e é normalmente medido em 1 tonelada de CO₂ ou equivalente de CO₂. Existem dois tipos de regimes de mercado de carbono, voluntário e obrigatório/conformidade. O ETS da UE, tal como descrito acima, é um exemplo deste último. Em ambos os regimes, os compradores (por exemplo, indivíduos, empresas, governos) compram créditos de carbono, para compensar as suas emissões, aos vendedores (por exemplo, promotores de projetos, proprietários, financiadores).

Para apoiar a integridade de um mercado de carbono, é fundamental (1) estabelecer uma linha de base conservadora (quantidade de emissões antes da redução, remoção ou eliminação), (2) medir a redução em relação a essa linha de base, garantir que a atividade é real e adicional (a atividade foi realizada e não teria ocorrido se não fosse o mecanismo

de crédito), (3) torná-la permanente (sem reversão futura da atividade de redução, remoção ou eliminação de emissões) e (4) não fazer dupla contabilização da atividade (uma atividade de redução de emissões deve ser contabilizada apenas uma vez). É também fundamental que os emissores deem prioridade às emissões dentro da sua cadeia de valor, nomeadamente, diretas e, sempre que possível, indiretas. Os créditos de carbono podem ajudar a indústria com emissões residuais a atingir os objetivos de zero emissões líquidas.

Incentivos e Receitas para os Estados

À semelhança de outros projetos industriais, há diversos custos associados à regulamentação, licenciamento e supervisão das atividades de CCUS. Os países podem potencialmente compensar estes custos através da incorporação de mecanismos de recuperação de custos nas estruturas de CCUS. Estes mecanismos podem revestir várias formas, como a implementação de uma taxa de licença, permitindo ao Estado cobrar uma "renda" sobre a área licenciada para as atividades, taxas de conformidade e tarifas de injeção.

Os países podem também exigir que as empresas públicas participem como parceiros nas licenças de armazenamento de CO₂. Por exemplo, a empresa pública dinamarquesa Nordsøfonden terá uma participação de 20% em todas as licenças de armazenamento de CO₂.¹⁸ Por conseguinte, o Estado dinamarquês assumirá 20% dos custos, riscos e receitas associados ao desenvolvimento e operações das licenças de armazenagem. Noutras regiões do mundo, as empresas públicas (em especial as empresas petrolíferas nacionais) tendem a ter um papel mais proeminente no desenvolvimento de toda a cadeia de valor da CCUS, em comparação com essas entidades na Europa. Por exemplo, a Aramco na Arábia Saudita e a China National Offshore Oil Corporation na China.

9. Recursos adicionais

Justificação para a CCUS

Estratégia de Longo Prazo dos Estados Unidos para Zero Emissões Líquidas

www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/10/US-Long-Term-Strategy.pdf

Esta hiperligação permite abrir o relatório da estratégia de longo prazo dos Estados Unidos de redução para emissões Líquidas nulas. O relatório pode ser utilizado como um exemplo de análise integrada e um roteiro para alcançar uma descarbonização profunda.

Sexto Relatório de Avaliação do IPCC

www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/

Esta hiperligação permite abrir o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Internacional sobre Alterações Climáticas, que contém informações valiosas sobre a necessidade de conseguir reduções das emissões de GEE. Contém também dados técnicos necessários para os países considerarem quando desenvolverem as suas estratégias de descarbonização.

Roteiro do Net Zero da AIE

www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach

Um roteiro desenvolvido pela Agência Internacional de Energia para que o mundo alcance a descarbonização. Destaca a necessidade de implementação de tecnologias de CCUS.

CCUS na estratégia de mitigação da China

www.sciencedirect.com/science/article/am/pii/S1750583617307570

Um exemplo de análise da implementação de CCUS na China utilizando o Modelo de Análise das Alterações Globais (GCAM). Mostra como os Modelos de Avaliação Integrada podem ser utilizados para estudar o papel da CCUS na descarbonização profunda.

Cenários de emissões líquidas nulas CO₂ em 2050 para os Estados Unidos

www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2666278723000119

Um exemplo da utilização de um exercício de comparação entre modelos pode ajudar a compreender a incerteza dos modelos na representação de cenários de descarbonização profunda. O documento também apresenta informações sobre o valor da CCUS como parte das estratégias de descarbonização.

Estado/rastreador do projeto

Rastreador de projetos de Captura de Carbono dos E.U.A. da Clean Air Task Force

www.catf.us/ccsmapus

Mapa interativo de projetos de CCUS em desenvolvimento nos E.U.A.

Projetos de CCUS a nível global da IOGP

www.iogp.org/bookstore/wp-content/uploads/sites/2/woocommerce_uploads/2020/03/GRA002_220131.pdf

Inventário de projetos de CCUS da Associação Internacional de Produtores de Petróleo e Gás.

Base de dados de instalações de CCS do Global CCS Institute

www.globalccsinstitute.com/co2re/

Base de dados de projetos de CCUS acompanhados pelo Global CCS Institute.

Rastreio de projetos de CCS da IEA

www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/ccus-projects-explorer

Explorador de projetos - Ferramentas de Dados - IEA. Base de dados mundial de projetos de CCUS desenvolvida pela Agência Internacional de Energia.

Registo de poços licenciados pela EPA nos E.U.A.

www.epa.gov/uic/table-epas-draft-and-final-class-vi-well-permits

Tabela de projetos de licenças de poços de classe VI e finais da EPA | US EPA. Tabela online mantida pela Agência de Proteção Ambiental dos E.U.A. com projetos e licenças finais de poços de Classe VI.

Informação técnica sobre a CCUS

IEAGHG

<https://ieaghg.org/>

O IEAGHG financia a investigação sobre o desenvolvimento e a implementação de tecnologias de CCS.

Atlas de Armazenamento de Carbono do Departamento de Energia dos E.U.A.

<https://netl.doe.gov/carbon-management/carbon-storage/atlas-data>

Website mantido pelo Laboratório Nacional de Tecnologia Energética do Departamento de Energia dos E.U.A. com informações baseadas em SIG para recursos de armazenamento nos Estados Unidos.

Projeto de roteiro 2030 para a CCUS para as empresas de exploração e produção a montante

https://mopng.gov.in/files/article/articlefiles/Draft_UFCC_Roadmap_2030_v3.pdf

Relatório técnico do Ministério do Petróleo e do Gás Natural da Índia que explica os aspetos técnicos da CCUS.

Viabilidade de acelerar a implementação da CCUS nas economias em desenvolvimento da APEC

www.apec.org/docs/default-source/Publications/2014/3/Feasibility-of-Accelerating-the-Deployment-of-Carbon-Capture-Utilization-and-Storage-in-Developing-A/Final-EWG_24_2011-ARI-APEC-CCUS-EOR-Report.pdf

Relatório da Cooperação Económica Ásia-Pacífico sobre a viabilidade de acelerar a CCUS-EOR em determinadas economias em desenvolvimento da APEC.

Centro Internacional de Conhecimentos sobre a CCS

<https://ccsknowledge.com/>

O International CCS Knowledge Center, acolhido pela Sask Power no Canadá, é uma organização focada no reforço das capacidades para o desenvolvimento de estruturas internacionais de CCUS. O Knowledge Center centra-se na otimização de aplicações de CCUS em grande escala para o aço, cimento e centrais termoelétricas (gás natural e carvão) através de iniciativas de redução de custos e avanços tecnológicos.

Enquadramentos

Protocolo da Convenção de Londres

www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/London-Convention-Protocol.aspx

Website mantido pela Organização Marítima Internacional (IMO) sobre o Protocolo da Convenção de Londres.

Enquadramento Regulamentar do Modelo de CCS da IEA

www.iea.org/reports/carbon-capture-and-storage-model-regulatory-framework

Relatório da IEA que contém informações sobre os componentes necessários para criar um modelo de enquadramento regulamentar para o desenvolvimento de CCUS.

Requisitos de Comunicação dos E.U.A. para Licenciados pelo UIC

www.law.cornell.edu/cfr/text/40/146.92

Esta hiperligação contém o regulamento em vigor relativo à comunicação do CO₂ a ser injetado em reservatórios geológicos licenciado ao abrigo da Classe VI.

Enquadramento da Política de CCUS e o seu Mecanismo de Implementação na Índia

www.niti.gov.in/sites/default/files/2022-12/CCUS-Report.pdf

Relatório elaborado pelo Governo da Índia sobre o enquadramento das políticas de CCUS.

Rede de CCUS na Ásia

www.asiaccusnetwork-eria.org/

Website para a Rede de CCUS da Ásia que disponibiliza uma plataforma para as partes interessadas na CCUS na região da Ásia.

Envolvimento

Diretrizes do WRI para o envolvimento da comunidade em projetos de captura, transporte e armazenamento de dióxido de carbono

www.wri.org/research/guidelines-community-engagement-carbon-dioxide-capture-transport-and-storage-projects

Relatório orientador do World Resources Institute para a promoção do envolvimento da comunidade em projetos de CCUS.

U.S. DOE Public Outreach and Education for Carbon Storage Projects (Divulgação Pública e Formação do DOE dos E.U.A. para Projetos de Armazenamento de Carbono)

<https://netl.doe.gov/node/5828>

Manual do Departamento de Energia dos E.U.A. para a conceção de uma estrutura de divulgação pública para projetos de armazenamento.

Orientação para a Criação de Planos de Benefícios Comunitários para Centros Regionais de Captura Direta do Ar

www.energy.gov/oced/articles/community-benefits-plan-guidance

Documento de orientação criado pelo Gabinete de demonstrações de energia limpa (OCED) do Departamento de Energia dos E.U.A. para a criação de planos de benefícios para a comunidade, com especial ênfase no Programa de centros de Captura Direta do Ar.

Lista de organizações profissionais envolvidas no desenvolvimento de CCUS

- Associação Americana de Geólogos de Petróleo (AAPG)
- Sociedade Química Americana
- União Geofísica Americana
- Instituto Americano de Engenheiros Químicos (AIChE)
- Instituto Americano de Engenheiros de Mineração, Metalúrgica e Petróleo (AIME)
- Associação de Tecnologia de Ferro e Aço (AIST)
- Instituto de Engenheiros de Eletricidade e Eletrotécnica (IEEE)
- Centro Nacional de Excelência na Captura e Utilização de Carbono, IIT Bombay, Índia
- Associação Europeia de Geocientistas e Engenheiros (EAGE)
- Sociedade de Geologia da América (GSA)
- Sociedade de Mineração, Metalurgia e Exploração (SME)
- Sociedade de Engenheiros do Petróleo (SPE)
- Sociedade de Minerais, Metais e Materiais (TMS)

Acrónimos

ADB	Banco para o Desenvolvimento Asiático
BECCS	Captura e armazenamento de carbono de biomassa
CAPEX	Custos de capital
CBAM	Mecanismo de Ajustamento Carbónico Fronteiriço
CCS	Captura e armazenamento de carbono
CCUS	Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono
CDR	Remoção de dióxido de carbono
CIFIA	Lei do financiamento e inovação das infraestruturas de transporte de dióxido de carbono
CO₂	Dióxido de carbono
EOR	Recuperação avançada de petróleo
DAC	Captura direta do ar
DFI	Investimento estrangeiro direto
EGR	Recuperação avançada de gás
EHR	Recuperação avançada de hidrocarbonetos
EOR	Recuperação avançada de petróleo
EOR/EGR	Recuperação avançada de gás/petróleo
ETS	Regime Comunitário de Licenças de Emissões
FECM	Gestão de carbono e energia fóssil
FEED	Estudos de engenharia de projeto de pré-detalhamento
FOM	Custos operações e de manutenção fixos
GCCSI	Global CCS Institute
GEE	Gases com efeitos de estufa

IEA	Agência Internacional de Energia (AIE)
IIJA	Lei do Emprego e Investimento em Infraestruturas
IPCC	Painel intergovernamental sobre as alterações climáticas
IRA	Lei da redução da inflação
ISO	Organização Internacional de Normalização
ISO/TC	Comité Técnico da Organização Internacional de Normalização
ITC	Créditos fiscais ao investimento
LCA	Análise do ciclo de vida
MoU	Memorando de Entendimento
MRV	Monitorização, comunicação de informações e verificação
MTPA	Milhões de toneladas por ano
NCCC	Centro Nacional de Captura de Carbono
ONG	Organização não-governamental
NCoE	Centro Nacional de Excelência
NDC	Compromisso de Redução Determinado a nível Nacional
PTC	Créditos Fiscais à Produção
ID (R&D)	Investigação e desenvolvimento
IDI (RD&D)	Investigação, desenvolvimento e implementação
RECS	Experiência de Investigação em Sequestro de Carbono
SCADA	Supervisão, controlo e aquisição de dados

TCM	Centro de Testes de Mongstad
UIC	Controlo de Injeção Subterrânea
UNCLOS	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
VOM	Custos operações e de manutenção variáveis

Glossário

Abandono

Processo utilizado para terminar permanentemente a operação; utilizado como jargão na indústria para designar a cessação das operações do poço

Autoridade

Entidade ou entidades governamentais com poderes jurídicos para regular ou licenciar atividades

Barcaça

Unidade flutuante que transporta carga por águas sob o reboque de um navio

Instalação de captura

Processo e equipamento associado que separa e trata o CO₂ das emissões da instalação

Dióxido de carbono (CO₂)

Um gás incolor e inodoro composto por uma molécula de carbono e duas de oxigénio; classificado como um gás com efeito de estufa, que contribui para as alterações climáticas; produzido geralmente pela combustão ou conversão de produtos à base de carbono

Equivalente de dióxido de carbono (CO₂)

Medida para comparar as emissões de vários gases com efeito de estufa com base no respetivo potencial de aquecimento global, em comparação com o potencial de aquecimento do CO₂

Fluxo de dióxido de carbono (CO₂)

Líquido composto principalmente por dióxido de carbono

Encerramento

Encerramento de um local de armazenamento que já não está a ser utilizado; normalmente requer autorização de uma autoridade competente

Redução das emissões de CO₂

Diminuição líquida calculada das emissões de CO₂ para um determinado processo; é necessária a utilização de métodos de análise complexos, como a avaliação do ciclo de vida, para determinar as reduções líquidas

Compressão

A utilização de um dispositivo que aumenta a pressão do CO₂. Um compressor utiliza normalmente uma deslocação mecânica para comprimir o gás a pressões mais elevadas, de modo a que o gás possa fluir para as condutas e outras instalações

Contenção

Estado de contenção do CO₂ no reservatório de armazenamento por uma armadilha eficaz ou combinação de armadilhas

Desativação

O processo de retirar um sistema ou componente de engenharia de serviço e devolver a área ao seu estado anterior

CO₂ em fase densa

CO₂ nas suas fases líquida ou supercrítica

Envolvimento

Processo de consulta que envolve partes interessadas que identificam e abordam questões de importância comum e partilham informações

Recuperação avançada de petróleo com CO₂ (CO₂-EOR)

Um processo concebido para produzir hidrocarbonetos de CO₂ a partir de um reservatório geológico utilizando a injeção de CO₂

Emissões

A libertação de produtos químicos de processos industriais para o ambiente

Gás de combustão

Uma mistura de gases produzida pela combustão de combustível; os gases de combustão podem ser compostos por subprodutos da combustão e outros produtos químicos produzidos por reações secundárias

Formação

Rochas, sedimentos ou depósitos

Armazenamento geológico

Contenção a longo prazo de CO₂ na subsuperfície profunda em poros dentro de formações

Gases com efeito de estufa (GEE)

Os gases com efeito de estufa são gases presentes na atmosfera, como o dióxido de carbono, o metano, os gases fluorados e o óxido nitroso, que podem absorver a radiação infravermelha, retendo o calor na atmosfera

Impurezas

Substâncias que estão presentes em quantidades muito pequenas dentro dos limites de um material; como utilizadas neste livro, substâncias sem CO₂ que fazem parte do fluxo de CO₂, que podem ser adicionadas a partir dos materiais de origem ou do processo de captura, adicionadas como resultado da mistura para transporte, ou libertadas ou formadas como resultado do armazenamento sub-superficial e/ou fuga de CO₂

Fugas

Libertação não intencional de CO₂

Avaliação do ciclo de vida (LCA)

Compilação e avaliação das entradas, saídas e potenciais impactos ambientais e na saúde de um projeto de CCUS ao longo do seu ciclo de vida

Responsabilidade ou gestão a longo prazo

Responsabilidade jurídica e financeira por todos os aspetos de um local de armazenamento geológico, para além do encerramento e por um período de tempo alargado

Monitorização

Verificação, supervisão, observação crítica, medição ou determinação, contínua ou repetida, do estado de um sistema para identificar alterações em relação a uma linha de base ou variações em relação a um nível de desempenho esperado

Emissões líquidas nulas

O equilíbrio global entre as emissões de gases com efeito de estufa produzidas e as emissões de gases com efeito de estufa retiradas da atmosfera

Operador

Pessoa ou entidade que é legalmente responsável pela exploração do projeto de CCUS

Armazenamento onshore

Armazenamento geológico onshore

Armazenamento offshore

Armazenamento geológico sob o oceano

Acordo de Paris

Aprovado em 2015, o Acordo é um tratado internacional que abrange a mitigação, a adaptação e o financiamento relacionados com as alterações climáticas. Exige uma transformação económica e social baseada nos melhores dados científicos disponíveis

Fonte pontual

Fonte de emissões de CO₂ provenientes de processos industriais e de combustão estacionária da indústria e de centrais elétricas

Período pós-encerramento

O período que se inicia após a demonstração do cumprimento dos critérios de encerramento do local

Captura de CO₂ pós-combustão

Captura de dióxido de carbono de um fluxo de gás de combustão produzido pela combustão de combustíveis fósseis

Pureza do CO₂

Porcentagem em massa de CO₂ como componente do CO₂

Regulador

Entidade ou entidades que têm poderes para permitir, aprovar e/ou autorizar de outra forma um ou mais projetos de CCUS

Avaliação de risco

Processo global de identificação, análise e avaliação de riscos

Segurança a longo prazo

Período necessário para que o armazenamento seja considerado ambientalmente seguro pelo regime ao abrigo do qual a quantificação está a ser implementada e pode estar em conformidade com uma norma ou acordo

Caracterização do local

Avaliação detalhada de um ou mais locais candidatos para armazenamento de CO₂ identificados na fase de avaliação e seleção de um projeto de armazenamento de CO₂ para confirmar e aperfeiçoar a integridade do armazenamento, o recurso de armazenamento e as estimativas de injetividade e fornecer dados básicos para a modelação preditiva inicial do fluxo de fluidos, reações geoquímicas, efeitos geomecânicos, avaliação de riscos e conceção do programa de monitorização e validação

Avaliação e seleção de locais

O processo de avaliação e priorização de um conjunto de locais para armazenamento geológico

Administração do local

O trabalho de supervisionar ou cuidar do local de armazenamento

Licença social para operar

A aceitação contínua das práticas comerciais padrão e dos procedimentos operacionais da indústria pelos seus funcionários, comunidades locais, grupos indígenas afetados e o público em geral

Partes interessadas

Indivíduos, um grupo de indivíduos ou organizações cujos interesses são ou podem ser afetados por um projeto de CCUS

Projeto de armazenamento

A extensão física e temporal das atividades associadas a um projeto de armazenamento geológico de CO₂ que inclui a seleção e caracterização do local, a recolha de dados de base, o licenciamento, a conceção e construção de instalações no local (condutas no local, compressores, etc.), a perfuração de poços, o recebimento de CO₂ no local de armazenamento e a injeção de CO₂ durante a fase de injeção ativa e o encerramento do local (incluindo o abandono do poço e das instalações)

Local de armazenamento

Um local que inclui a instalação de armazenamento e os poços do projeto de armazenamento

CO₂ supercrítico

CO₂ a pressões e temperaturas acima da pressão crítica e da temperatura crítica

Verificação

Confirmação por exame e fornecimento de provas objetivas de que os critérios especificados são cumpridos

Poço ou parede do poço

Orifícios criados no solo nos quais são colocadas combinações de tubagem, revestimento e cimento para transportar fluidos para dentro ou para fora da subsuperfície

Observações

Guia para este livro

- 1 Em 2022, a Ásia emitiu mais de 58% do CO₂ do mundo. Ritchie, Hannah & Roser 2020: “CO₂ emissions” (Emissões de CO₂), <https://ourworldindata.org/co2-emissions>

Capítulo 1

- 1 IPCC 2023: Secções Em: Climate Change 2023: Synthesis Report. (Alterações Climáticas 2023: Relatório Síntese) Contribuição dos grupos de trabalho I, II e III para o sexto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas. [Autores: H. Lee & J. Romero (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, págs. 35-115, https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf

- 2 Ritchie, Hannah & Roser, Max 2020: CO₂ emissions (Emissões de CO₂), <https://ourworldindata.org/co2-emissions>

- 3 Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) 2016: o Acordo de Paris, https://unfccc.int/sites/default/files/resource/parisagreement_publication.pdf

- 4 Comissão Europeia 2023: Mecanismo de ajuste dos limites de carbono, https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en

- 5 Ministério do Ambiente, Florestas e Alterações Climáticas 2022: Posição da Índia na COP-26, <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRIDI=1795071>

- 6 IPCC 2023: Secções Em: Alterações Climáticas 2023: Relatório síntese. Contribuição dos grupos de trabalho I, II e III para o sexto relatório de avaliação do painel intergovernamental para as alterações climáticas. [Autores: H. Lee & J. Romero (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, págs. 35-115, https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf

- 7 IEA 2023: Mapa para "Net Zero", <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach/making-the-net-zero-scenario-a-reality>

- 8 Budinis, Sara et. al. 2018: Uma avaliação dos custos, barreiras e potencial do CCS, Revisão de Estratégias de Energia, Volume 22, 2018, Páginas 61-81, ISSN 2211-467X, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.08.003>

- 9 Chen, Darius; Lock, Ed; & Low, Jess Lyn 2023: Desbloquear o vasto potencial de captura de carbono da Ásia Pacífico, <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/unlocking-asia-pacifics-vast-carbon-capture-potential>

- 10 Equinor. A zona de Sleipner, <https://www.equinor.com/energy/sleipner>

- 11 Instituto Global de CCS 2023: Estado Global do CCS 2023 - Relatório e Sumário Executivo, <https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/global-status-of-ccs-2023-executive-summary>

- 12 McKinsey & Company 2023: Agregação de carbono, <https://www.mckinsey.com/featured-insights/sustainable-inclusive-growth/chart-of-the-day/corralling-carbon>

- 13 Chen, Darius; Lock, Ed; & Low, Jess Lyn 2023: Desbloquear o vasto potencial de captura de carbono da Ásia Pacífico, <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/unlocking-asia-pacifics-vast-carbon-capture-potential>

- 14 Instituto Global de CCS 2023: Instituto lança Relatório de Progresso em CCUS da China, <https://www.globalccsinstitute.com/news-media/insights/insight-institute-launched-a-china-ccus-progress-report/>

- 15 Instituto Global de CCS 2023: Sete projetos de CCS recebem apoio do governo japonês, <https://www.globalccsinstitute.com/news-media/latest-news/seven-ccs-projects-to-receive-support-from-the-japanese-government/>

- 16 Indonésia diz que a ExxonMobil planeia investir até 15 mil milhões de dólares no país. 15 de novembro de 2023, <https://www.reuters.com/business/energy/indonesia-says-exxon-mobil-plans-invest-up-15-blncountry-2023-11-16/>

Capítulo 2

- 1 carboncapturecoalition.org/coalition-publishes-fact-sheet-on-co2-pipeline-safety-federal-safety-authority/
-
- 2 Yara International, 17 de agosto de 2015: novo navio de CO₂ líquido para Yara, www.yara.com/news-and-media/news/archive/2015/new-liquid-co2-ship-for-yara
-
- 3 Organização de Desenvolvimento de Novas Energias e Tecnologia Industrial, Japão, 28 de novembro de 2023: Comunicado (japonês): 世界初、低温・低圧の液化CO₂大量輸送に向けた実証試験船「えくすくうる」が完成。 https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101705.html
-
- 4 Offshore Energy, Bahtic, Fatima 28 de março de 2023: Foi lançado o primeiro transportador de CO₂ líquido do mundo para CCUS, <https://www.offshore-energy.biz/worlds-1st-liquid-co2-carrier-intended-for-ccus-launched/>
-
- 5 Herzog, Howard 2023: Captura de Carbono, <https://climate.mit.edu/explainers/carbon-capture#:~:text=Using%20the%20CO2&text=Other%20possible%20uses%20of%20CO,of%20the%20%20captured%20CO2>
-
- 6 Gabinete de Energia Fóssil e Gestão de Carbono: Recuperação de Petróleo Avançada, <https://www.energy.gov/fecm/enhanced-oil-recovery>
-
- 7 ADB 2021: Estudo de pré-viabilidade sobre a captura de carbono e indústria do cimento na Índia. Relatório do consultor. Manila. (TA 9686-REG).

Capítulo 3

- 1 Rede de projetos de CCUS: Parmiter, Philippa, Rebecca 2020: Percepção pública do CCS: Uma análise do envolvimento público para projetos de CCS, https://www.ccusnetwork.eu/sites/default/files/TG1_Briefing-Report-Public-Perception-of-CCS.pdf

- 2 Rede de projetos de CCUS: Parmiter, Philippa; Bell, Rebecca 2020: Percepção pública do CCS: Uma análise do envolvimento público em projetos de CCS, https://www.ccusnetwork.eu/sites/default/files/TG1_Briefing-Report-Public-Perception-of-CCS.pdf

- 3 Bellona, 11 de novembro 2010: Comunicação CCS: lições aprendidas com Barendrecht, <https://bellona.org/news/ccs/2010-11-ccs-communication-lessons-learnt-from-barendrecht>

- 4 Brunsting, Suzanne; Best-Waldhober, Marjolein de; Feenstra, Ynke; Mikunda, Tom (2011) conforme referido em Rede de Projetos de CCUS, Parmiter, Philippa; Bell, Rebecca, maio de 2020: Percepção pública do CCS: Uma análise do envolvimento público em projetos de CCS, https://www.ccusnetwork.eu/sites/default/files/TG1_Briefing-Report-Public-Perception-of-CCS.pdf

Capítulo 4

- 1 Programa da Escola de Verão Programa de R&D de Gases de Efeitos de Estufa da IEA, <https://ieaghg.org/summer-school>

- 2 Centro de Tecnologia de Mongstad, 19 de dezembro de 2023: TCM continua com os mesmos donos, <https://tcmda.com/tcm-to-continue-under-the-same-ownership/>

- 3 Centro de Tecnologia de Mongstad, 6 de maio de 2022: Partilha dos resultados, <https://tcmda.com/sharing-our-findings/>

- 4 Projeto ACCSESS, 2024: Apresentação do TCM, <https://www.projectaccess.eu/partners/technology-centre-mongstad/>

- 5 Centro de Tecnologia de Mongstad, 25 de janeiro de 2024: Colaboração com SINTEF, <https://tcmda.com/collaboration-with-sintef/>

- 6 Rede do Centro de Teste Internacional 2024: Sobre o ITCN: <https://itcn-global.org/about-the-itcn/#%20>

- 7 Ibid.

Capítulo 5

- 1 Donelan, Edward 2022: Governança Regulamentar: formulação de políticas, projetos de lei e reforma da legislação

- 2 Ministério da Economia de 2023: Mapa Nacional de Transição Energética, https://www.ekonomi.gov.my/sites/default/files/2023-09/National%20Energy%20Transition%20Roadmap_0.pdf

- 3 PIB Delhi 2022: NITI Aayog divulga relatório de estudo sobre "Enquadramento da Política de Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (CCUS) e o seu Mecanismo de Implementação na Índia", <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRIDI=1879865>

- 4 Kulichenko, Natalia; Ereira, Eleanor 2012: Captura e Armazenamento de Carbono em Países em Desenvolvimento. Uma perspetiva sobre as barreiras à implementação, <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/615481468315295070/carbon-capture-and-storage-in-developing-countries-a-perspective-on-barriers-to-deployment>

Capítulo 6

- 1 <https://www.iea.org/reports/legal-and-regulatory-frameworks-for-ccus>

- 2 ISO/TC 265, 2011: Captura, transporte e armazenamento geológico de dióxido de carbono, <https://www.iso.org/committee/648607.html>

- 3 DNV, Schoon, Barbara 14 de junho de 2023: A DNV verificou a segurança de todos os aspetos do armazenamento de CO₂ do projeto Greensands no Mar do Norte, <https://www.dnv.com/news/dnv-has-verified-the-safety-of-all-aspects-of-project-greensand-s-co2-storage-in-the-north-sea-244503>; ver também Europetrole, 26 de novembro de 2020: Projeto Greensand: reservatório do Mar do Norte e infraestrutura certificada para armazenamento de CO₂, <https://www.euro-petrole.com/project-greensand-north-sea-reservoir-and-infrastructure-certified-for-co2-storage-n-i-21438>

- 4 NOVATEK, 3 de fevereiro de 2022: NOVATEK consegue certificação internacional para locais de armazenamento subterrâneo de CO₂ em Yamal e Gydan, https://www.novatek.ru/en/press/releases/index.php?id_4=4861

- 5 IEA 2022: Enquadramentos Jurídicos e Regulamentares para CCUS, <https://www.iea.org/reports/legal-and-regulatory-frameworks-for-ccus>

- 6 O website da EPA inclui documentos de orientação relacionados com a classe VI da UIC, disponíveis em www.epa.gov/uic/final-class-vi-guidance-documents. As licenças activas e em projeto estão incluídas neste website: www.epa.gov/uic/current-class-vi-projects-under-review-epa. Pode ser encontradas outras ferramentas de permissão no website geral da EPA UIC Classe VI: www.epa.gov/uic/class-vi-wells-used-geologic-sequestration-carbon-dioxide#ClassVITools

- 7 IEA 2010: Modelo de quadro regulamentar de CSC 6.11.1, <https://www.iea.org/reports/legal-and-regulatory-frameworks-for-ccus>

- 8 Ibid.

- 9 Diretiva 2009/31/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril de 2009, artigo 18

- 10 O website da Organização Marítima Internacional inclui uma lista ativa dos países que são Partes Contratantes no Protocolo de Londres, <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/StatusOfConventions.aspx>

- 11 Organização Marítima Internacional, 2024: A Convenção e o Protocolo de Londres, <https://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/Pages/London-Convention-Protocol.aspx>

- 12 Publicação da Organização Marítima Internacional, novembro de 2023: Catálogo, <https://indd.adobe.com/view/92aa64cd-a96c-45c5-ad0b-26671c21be13>

- 13 Organização Marítima Internacional: Estatuto das Convenções, <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/StatusOfConventions.aspx>

- 14 Coleção de Tratados das Nações Unidas, 10 de setembro de 1997: Capítulo XXVII Ambiente 4. Convenção sobre a Avaliação do Impacto Ambiental num Contexto Transfronteiriço, https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=IND&mtdsg_no=XXVII-4&chapter=27&clang=_en

- 15 Coleção de Tratados das Nações Unidas, 30 de outubro de 2001: Capítulo XXVII Ambiente 13. Convenção sobre o acesso à informação, a participação do público no processo de tomada de decisões e o acesso à justiça em matéria de ambiente, https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=IND&mtdsg_no=XXVII-13&chapter=27

- 16 Greensand 2024: Primeiro Armazenamento de Carbono - Greensand abre caminho à mitigação das alterações climáticas com a CSC, <https://www.projectgreensand.com/en/first-carbon-storage>

- 17 Energi Forskning 2024: Projeto Greensand, Fase 1, <https://energiforskning.dk/files/media/document/64020-1080%20-%20Project%20Greensand%20Phase%201%20-%20End%20of%20Phase%20Report.pdf>

- 18 Greensand 2024: O que é o projeto Greensand?, <https://www.projectgreensand.com/en/hvad-er-project-greensand>

- 19 State of Green 30 de setembro de 2022: Dinamarca, Flandres e Bélgica assinam acordo pioneiro sobre o transporte transfronteiriço de CO₂ para armazenamento geológico, <https://stateofgreen.com/en/news/denmark-flanders-and-belgium-sign-groundbreaking-arrangement-on-cross-border-transportation-of-co2-for-geological-storage/>

- 20 Memorando de Entendimento entre o Ministro do Ambiente da Região Flamenga e o Ministro Federal do Mar do Norte da Bélgica e o Ministro do Clima, Energia e Serviços Públicos da Dinamarca sobre o Transporte Transfronteiriço de CO2 com o Objetivo de Armazenamento Geológico Permanente, <https://kefm.dk/Media/638000596525014193/Bilateral%20arrangement%20DK-BE.pdf>

- 21 Santos 7 de agosto de 2023: A joint venture Bayu-Udan e Timor Gap assinam um Memorando de Entendimento para a captura e armazenamento de carbono, <https://www.santos.com/news/bayu-undan-joint-venture-and-timor-gap-sign-mou-to-cooperate-on-carbon-capture-and-storage/>

- 22 Governo de Timor Leste a 13 de outubro de 2023: Ministério do Petróleo e Recursos Minerais Promove Seminário sobre Enquadramento Legal e Regulamentar para a Captura e Armazenamento de Carbono em Timor-Leste, <http://timor-leste.gov.tl/?p=34678&lang=en&n=1>

Capítulo 7

- 1 Agência Internacional de Energia (IEA), Projeto de Demonstração de CCS Tomakomai, <https://www.iea.org/reports/ccus-around-the-world/tomakomai-ccs-demonstration-project>

- 2 Lei de Prevenção de Poluição Marítima e Desastres Marítimos de 1970: Lei n.º 136

- 3 Instituto Global de CCS 2016: Quadro regulamentar e legal do Japão para CCS, <https://www.globalccsinstitute.com/news-media/insights/japans-legal-and-regulatory-framework-for-ccs>

- 4 Ministério da Economia, Comércio e Indústria (METI), Organização de Desenvolvimento de Tecnologias Industriais e Novas Energias (NEDO) e Japan CCS Co., Ltd. (JCCS) 2023: Relatório sobre o Projeto de Demonstração de CCS Tomakomai com injeção cumulativa de 300 mil toneladas. https://www.meti.go.jp/english/press/2020/pdf/0515_004a.pdf

- 5 Id. Slide 13

- 6 Id. Slide 13
-
- 7 Equinor 2019: Parceria Sleipner divulga dados de armazenamento de CO₂, <https://www.equinor.com/news/archive/2019-06-12-sleipner-co2-storage-data>
-
- 8 Ibid.
-
- 9 Regulamentos relacionados com a exploração de reservatórios submarinos na plataforma continental para armazenamento de CO₂ e relacionados com o transporte de CO₂ na plataforma continental. FOR-2014-12-05-1517. Tradução em inglês disponível aqui: <https://www.sodir.no/en/regulations/regulations/exploitation-of-subsea-reservoirs-on-the-continental-shelf-for-storage-of-and-transportation-of-co/>
-
- 10 Regulamento de Controlo da Poluição da Noruega §35-16, FOR-2004-06-01-931 §35-16
-
- 11 Miljødirektoratets 2016: Tillatelse etter forurensningsloven for Injeksjon og lagring av CO₂ på Sleipnerfeltet Statoil Petroleum, <https://www.norskeutslipp.no/WebHandlers/PDFDocumentHandler.ashx?documentID=301400&documentType=T&companyIDI=16802&aar=08&epslanguage=en>
-
- 12 Rynearson, Arthur J. 2013: Projeto legislativo passo a passo. Instituto Internacional do Direito
-
- 13 Ombudstvedt, Ingvild and Koperna, George 2023: Comparação de regimes de permissão para armazenamento de CO₂ é como comparar maçãs e laranjas?, <https://www.ogel.org/article.asp?key=4091>
-
- 14 Gassnova 2020: Desenvolvimento das lições chave aprendidas com o Longship, <https://gassnova.no/app/uploads/sites/6/2022/06/Gassnova-Developing-Longship-FINAL.pdf>
-
- 15 Programa de Desenvolvimento da Lei Comercial: Compreender os Acordos de Compra de Eletricidade, <https://cldp.doc.gov/sites/default/files/PPA%20Second%20Edition%20Update.pdf>

Capítulo 8

- 1 Almendra, Francisco et. al. 2011: Demonstração de CCS em países em desenvolvimento: prioridades para um mecanismo de financiamento de captura e armazenamento de dióxido de carbono, <https://www.wri.org/publication/ccs-demonstration-in-developing-countries>

- 2 Lewis, Jangira 2022: Avaliação do Imposto de Carbono do Japão, <https://earth.org/japan-carbon-tax/>

- 3 Secretariado Nacional de Singapura para as Alterações Climáticas, Imposto de Carbono, www.nccs.gov.sg/singapores-climate-action/mitigation-efforts/carbontax/

- 4 Comissão Europeia, Âmbito do Sistema de Negociação das Emissões da UE, https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/scope-eu-emissions-trading-system_en

- 5 Comissão Europeia, O que são os ETS da UE?, https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en

- 6 Comissão implementadora da regulamentação (UE) 2018/2066 a 19 de dezembro de 2018 sobre a monitorização e relato de emissões de gases de efeitos de estufa em seguimento da Diretiva 2003/87/EC do Parlamento Europeu e do Conselho e correção do Regulamento da Comissão (EU) N.º 601/2012 (Texto com relevância para a ZEE).

- 7 Petróleo Norueguês 2023: Emissões para o ar, <https://www.norskpetroleum.no/en/environment-and-technology/emissions-to-air/>

- 8 Para os fins desta discussão, o termo "medidas de controlo de emissões" representa a implementação de projetos de captura, transporte e armazenamento de carbono. Existem outras medidas de controlo de emissões, como melhorias na eficiência, que podem ser exigidas para reduzir as emissões de CO₂ em instalações industriais e centrais elétricas.

- 9 EPA 2023: NSPS para Emissões de GHG a partir de Unidades de Geração de Utilidade Elétrica Novas, Modificadas e Reconstruídas, <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/nsps-ghg-emissions-new-modified-and-reconstructed-electric-utility>

- 10 <https://www.utilities-me.com/news/all-new-power-plants-in-saudi-arabia-to-add-carbon-capture-facility>

- 11 Comissão Europeia, projetos do Fundo para a Inovação, https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund/innovation-fund-projects_en

- 12 Instituto CCS Global 2023: Estado Global do CCS 2023 – Ganhar escala até 2030, <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2024/01/Global-Status-of-CCS-Report-1.pdf>

- 13 Gassnova 2020: Lições regulamentares aprendidas com Longship, <https://gassnova.no/app/uploads/sites/6/2022/07/Regulatory-lessons-learned-from-Longship-FINAL-WEB-1.pdf>

- 14 O IRA permite um pagamento direto em 5 anos e um pagamento direto dos 12 anos completos para entidades não tributáveis. 26 Código dos E.U.A. 26 U.S. Code § 6417

- 15 Mawalkar, Sanjay; Haagsma, Autumn; & Gupta, Neeraj 2020: Plano de Monitorização, Relato e Verificação (MRV) – Cumprir as Orientações EPA para GHGRP e Subpart RR, <https://www.osti.gov/servlets/purl/1773379>

- 16 A HJA aloca 600 milhões de dólares ao programa CIFIA para cada ano fiscal federal de 2022 e 2023, juntamente com 300 milhões de dólares para cada ano fiscal federal de 2024 até 2026. O Departamento de Energia, Infraestrutura de Transporte de Dióxido de Carbono dos E.U.A., <https://www.energy.gov/lpo/carbon-dioxide-transportation-infrastructure>

- 17 Serviço de Investigação do Congresso dos E.U.A. 2020: O Crédito Fiscal do Sequestro de Carbono (Secção 45Q), <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11455/1>

- 18 Nordsøfonden também participa nas próximas licenças de armazenamento de carbono com 20 por cento, <https://eng.nordsoefonden.dk/news/2023/september/nordsoefonden-also-participates-in-upcoming-licenses-for-carbon-storage-with-20-percent>

Cólofon

Este trabalho tem uma licença de utilização ao abrigo de uma Licença Internacional Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 (CC BY NC SA).

Este livro foi escrito através do método Book Sprints (www.booksprints.net) entre 29 de janeiro e 2 de fevereiro de 2024.

Autores: Vikram Vishal, Atsumasa Sakai, Priya Prasad, José Benítez Torres, Ingvild Ombudstvedt, Richard Esposito, George Koperna, Pamela Tomski

Facilitadores Book Sprints: Barbara Rühling, Anna Roxas

Revisores de texto: Raewyn Whyte, Christine Davis

Designer do livro em HTML: Agathe Baëz

Ilustrador e designer da capa: Lennart Wolfert, Henrik van Leeuwen

Fotografia da capa: Southern Company / National Carbon Capture Center

Fonte: Inria por The Black [Foundry], Techna por Carl Enlund, Faune por Alice Savoie

Este documento deverá ser citado como: Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono: Manual para formuladores de políticas (2024).

Financiado por:



Bureau of Energy Resources

U.S. DEPARTMENT *of* STATE

Promovido por:



CLDP

COMMERCIAL LAW DEVELOPMENT PROGRAM

Parceiros Institucionais



CLEARPATH

