

Workbook
**Descarbonização
e Alterações
Climáticas**



What About Twin Transition



Título	<i>Checklist</i> – Descarbonização e Alterações Climáticas
Copyright ©	2023 CENTIMFE
Edição	 <small>Centro Tecnológico da Indústria de Moldes, Ferramentas Especiais e Plásticos</small>
1ª Publicação	Maio 2023
2ª Publicação	Julho 2023
Coordenação de redação	Ana Pires, Cátia Guarda e João Caseiro
Design gráfico e paginação	Cátia Guarda
Cofinanciado por	   <small>Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional</small>

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, transmitida ou cedida de qualquer forma ou por qualquer meio, eletrónico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer sistema de armazenamento ou recuperação de dados, sem a permissão prévia por escrito, do editor.

Índice

1. Enquadramento	4
2. Porquê promover a Descarbonização nas empresas do Cluster Engineering & Tooling?	5
3. O que é a Descarbonização no Cluster Engineering & Tooling?	5
4. Quais as metodologias existentes para promover a Descarbonização das empresas?	6
4.1 Redução – Diminuição das emissões através da eficiência energética	7
4.2 Eliminação – Evitar as emissões pela alteração dos processos, tecnologia ou pela troca da fonte de energia	7
4.3 Captura – Remover e sequestrar o carbono através de técnicas naturais ou industriais	12
4.4 Compensação – Equilibrar as emissões através dos créditos de carbono, <i>offsetting</i> e <i>insetting</i>	16
5. Referências bibliográficas	19

1 Enquadramento

Para que a sua empresa possa implementar a Transição Ecológica, importa conhecer as áreas emergentes da Transição Ecológica com maior impacto no Cluster Engineering & Tooling (E&T). As áreas em causa são a Descarbonização e Alterações Climáticas, Economia Circular e Uso Sustentável de Recursos, *Safe & Sustainable by Design* e Produção Limpa.

O processo de implementação da Transição Ecológica começa com a autoavaliação das empresas quanto ao nível de maturidade. Para tal, deverá recorrer à ferramenta que se encontra disponível em watt.centimfe.com e ver qual o resultado obtido. É provável que verifique que várias áreas precisam de ser intervencionadas. Por isso necessitará de definir uma estratégia, um plano para a Transição Ecológica na sua empresa, definindo as áreas onde intervir, objetivos a alcançar e indicadores de desempenho.

O CENTIMFE tem ao dispor da sua empresa um *toolkit* que ajuda ao desenvolvimento do seu plano para a Transição Ecológica. O *toolkit* é composto por:



Ferramenta de diagnóstico, para determinação do nível de maturidade



Livro Branco (Roteiro para a Transição Ecológica), um documento sobre os temas emergentes da Transição Ecológica e o Plano de Ação para a Transição Ecológica nas empresas



Workbooks com informação detalhada sobre a área de Transição Ecológica



Checklists, para verificação de medidas a implementar no âmbito de uma área de Transição Ecológica específica



Guias temáticos, que contêm Casos de estudo com medidas de Transição Ecológica implementadas pelas empresas;



Pacto de compromisso, uma Iniciativa proposta às empresas para iniciarem a Transição Ecológica

O *toolkit* é o ponto de partida para que a sua empresa inicie o processo de Transição Ecológica. Claro que as especificidades de cada empresa requerem uma especial atenção e personalização no caminho para a Transição Ecológica. O CENTIMFE está disponível para partilhar algumas ideias sobre como apoiar a sua empresa na Transição Ecológica, nomeadamente através de financiamentos, projetos de I&D+I, consultoria, formação e desenvolvimento de soluções à medida.

2 Porquê promover a Descarbonização nas empresas do Cluster Engineering & Tooling?

Antes de chegar a este *workbook*, o leitor deve ter utilizado a ferramenta de maturidade existente no site do CENTIMFE, onde foi apontada a necessidade de melhorar o seu desempenho ambiental neste tópico. Melhorar o desempenho ambiental da sua empresa no campo das Alterações Climáticas e Descarbonização é necessário para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa e ajudar a evitar o aumento da temperatura global em mais 1,5 °C.

3 O que é a Descarbonização no Cluster Engineering & Tooling?

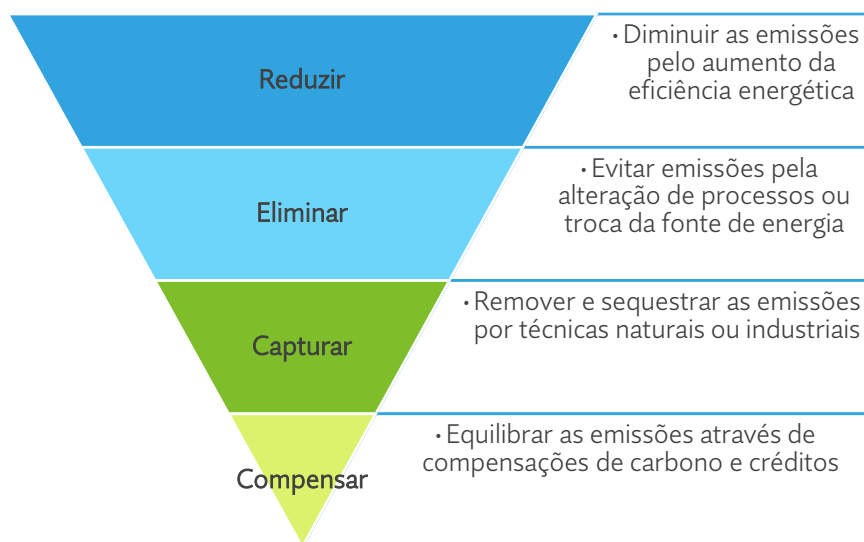
Neste contexto, descarbonizar a indústria significa eliminar as fontes de Gases de Efeito de Estufa (GEE) relevantes para a operação de uma unidade fabril. Tal é conseguido evitando atividades que geram estes gases, como a combustão de combustíveis fósseis, e/ou impedindo a libertação de emissões geradas (*e.g.*, captura e armazenamento das emissões antes de serem libertadas na atmosfera).

De acordo com o GHG Protocol [1], as emissões de GEE podem ser divididas em emissões diretas (também conhecidas como emissões de âmbito 1), resultantes ou controladas pela empresa, onde se incluem as emissões resultantes da queima de combustível fóssil e gases fluorados dos equipamentos de climatização. As emissões indiretas, ou de âmbito 2, são as emissões resultantes da eletricidade consumida pela empresa. As outras emissões indiretas, ou de âmbito 3, são respeitantes a todas as emissões de GEE que resultam da atividade da empresa, mas que pertencem ou são controladas por outras entidades ou organizações.

Descarbonizar no Cluster significa identificar quais são as principais fontes de GEE. Depois é reunir as soluções que melhor se aplicam a cada fonte de GEE. Este Cluster é caracterizado por ter uma matéria-prima de elevada pegada carbónica (metais e plásticos) que carece de ser reduzida. Também os processos de fabrico dos moldes e dos plásticos merecem ser mais eficientes do ponto de vista da energia. Este *workbook* pretende apresentar algumas das soluções possíveis.

4 Quais as metodologias existentes para promover a Descarbonização das empresas?

Ao iniciar o processo de Descarbonização numa instalação, a opção preferencial é a de **reduzir** o consumo de energia, pois permite a redução das emissões de GEE e permite alcançar uma redução de custos das instalações [2]. O passo seguinte é a **eliminação** da utilização ou da necessidade de combustíveis fósseis através de alteração dos processos ou optar por fontes de fornecimento de energia renovável. Todo o carbono que não é emitido é uma vantagem e, em caso de impacto neutro, significa menos carbono para compensar ou equilibrar. A eliminação, contudo, nem sempre é uma opção local e/ou tecnologicamente viável. É aqui que entram em jogo os próximos passos: **captura**, tanto dentro dos limites das instalações físicas, como **compensação**, fora dos limites das instalações [2]. Dependendo do nível de esforço de cada método, baseado nas características da instalação e da localização, uma conjugação de todas as opções pode ser necessária para alcançar a Descarbonização. Estas opções também podem mudar ao longo do tempo, tal como a tecnologia e os custos evoluem. As quatro estratégias de Descarbonização a focar neste *workbook* são apresentadas no esquema da Fig. 1, que reflete a hierarquia das opções.



Fonte: Adaptado de [2].

Fig. 1. Estratégias de Descarbonização.

4.1 Redução – Diminuição das emissões através da eficiência energética

A redução das emissões de GEE passa pela eficiência do uso da energia. Ser mais produtivo enquanto consome menos energia é prioritário pois: (i) reduz os custos, (ii) aumenta a resiliência face ao aumento dos custos da energia e potenciais perturbações no abastecimento e (iii) melhora a reputação da empresa. Algumas medidas para promover a redução de emissões de GEE através da eficiência energética são apresentadas na Fig. 2.

1. Medir e gerir a energia	2. Reduzir o consumo de energia	3. Alcançar ainda mais poupança	4. Manter o desempenho ótimo
<ul style="list-style-type: none">• Recolha de informação• Identificar onde e como é consumida a energia• Estabelecer objetivos• Estabelecer KPIs	<ul style="list-style-type: none">• Medidas comportamentais dos colaboradores• Investimento em tecnologia mais eficiente	<ul style="list-style-type: none">• Auditoria energética• Sistemas combinados de energia e vapor• Internet das Coisas Industrial (integrar soluções de recolha e análise de dados)	<ul style="list-style-type: none">• Revisão periódica• Certificação energética

Fonte: Adaptado de [2].

Fig. 2. Medidas para promover a estratégia de redução.

4.2 Eliminação – Evitar as emissões pela alteração dos processos, tecnologia ou pela troca da fonte de energia

A energia renovável é a alternativa que permite eliminar as emissões de GEE e descarbonizar as operações nas instalações da empresa. As fontes de energia renovável resultam de fontes que estão continuamente disponíveis e são naturalmente reabastecidas, como acontece com a luz solar, geotermia, vento, ondas oceânicas, energia hídrica e biomassa. Na Tabela 1 encontra-se um resumo das fontes de energia renovável possíveis para unidades fabris.

As energias renováveis que conseguem gerar eletricidade sem conversão térmica são mais económicas e populares, o que tem motivado a eletrificação dos processos. A eletrificação é o processo de conversão de processos que utilizam tecnologias que têm por base o combustível, tais como o gás natural, para versões elétricas. A eletrificação é um processo necessário à Descarbonização, mas pode ser um processo difícil e dispendioso. No entanto, como os preços dos combustíveis e dos mecanismos de carbono continuam a aumentar, é expectável que os ganhos financeiros também melhorem.

Tabela 1. Fontes de energia renovável para unidades fabris.

Fonte de energia renovável	Tecnologias renováveis	Vantagens	Desvantagens
Solar	Fotovoltaico, térmico, solar concentrado, flutuante	Disponível em toda a parte, solução provada.	Disponibilidade e fonte de energia intermitente, potencialmente necessitando de apoio ou outras fontes de energia complementares.
Eólica	Turbinas <i>on-shore</i> , turbinas <i>off-shore</i> , flutuante	Solução provada, mais economicamente vantajoso à larga escala.	Disponibilidade e fonte de energia intermitente, potencialmente necessitando de apoio ou outras fontes de energia complementares.
Ondas	Barragens de ondas, turbinas de ondas	Disponível continuamente, previsibilidade.	Tecnologia em desenvolvimento, limitada a locais perto do oceano, retorno do investimento ainda não está bem estabelecido.
Hídrica	Barragens hidroelétricas	Fonte de energia estabelecida.	Limitado a regiões com abundância e água de superfície consistente, grande investimento financeiro, impactos ambientais para além dos GEE.
Biomassa	Combustão, biocombustíveis, gaseificação, digestão anaeróbia	Poderá estar disponível na unidade como um subproduto.	Limitado à disponibilidade no local, emissão de GEE durante a conversão, podem ser sistemas com alguma complexidade.
Geotérmica	Unidade de energia geotérmica	Tecnologia estabelecida.	Só disponível em algumas regiões, elevado investimento, sistemas com alguma complexidade.
Hidrogénio	Hidrogénio verde	Fontes abundantes após desenvolvimento da tecnologia, disponível continuamente, e em quase todos os locais.	Tecnologia em desenvolvimento, retorno do investimento não está estabelecido, sistemas com alguma complexidade.

Fonte: [2]

Energia solar

Os sistemas fotovoltaicos produzem eletricidade através da energia solar, através de um painel com material semicondutor. Muitas vezes este é o sistema escolhido porque é relativamente simples, com baixa manutenção (normalmente apenas limpeza), sendo uma tecnologia provada e com garantias de 20 a 25 anos. Na Tabela 2, são apresentadas as principais vantagens e desvantagens da aplicação deste tipo de tecnologias.

Tabela 2. Vantagens e desvantagens da implementação de sistemas fotovoltaicos.

Vantagens	Desvantagens
É uma tecnologia provada.	Para produzir painéis fotovoltaicos são necessárias terras raras que são caras e com impacto ambiental.
Não tem emissões de GEE durante o processo de produção da energia elétrica.	Apesar de abundante, a disponibilidade de luz solar não é constante. O momento do dia e as condições meteorológicas podem influenciar a produção de energia. Além disso, o desfasamento entre o pico de produção de eletricidade e o pico do consumo é um fator que também tem de ser considerado.
O sistema solar fotovoltaico pode ser instalado praticamente em todo o lado que receba luz direta do sol.	A produção de energia elétrica solar requer uma área considerável.
Não existem componentes mecânicas que necessitem de manutenção (a não ser que tenha um sistema de <i>tracking solar</i>).	A ligação com a rede elétrica é necessária se existir excedente de produção e de capacidade de armazenamento.

Fonte: [2]

Energia eólica

O desenvolvimento de parques eólicos, tanto *on-shore* como *off-shore*, aumentou significativamente nos últimos anos. O princípio da produção de energia eólica é simples, e consiste em utilizar o vento para girar turbinas que convertem a energia do movimento em eletricidade. Os parques eólicos *on-shore*, em média, são capazes de produzir cerca de 3,5 W/m², sendo que os parques eólicos *off-shore* conseguem produzir ainda mais. Embora esta densidade de energia seja menor que a solar, a energia eólica permite que a terra seja usada de outras formas para além da produção de energia. As principais vantagens e desvantagens da utilização de energia eólica são resumidas na Tabela 3.

A energia eólica tornou-se uma alternativa verdadeiramente viável aos combustíveis fósseis com custo nivelado caindo para 0,09 - 0,18 €/kWh [2]. Embora a energia eólica seja normalmente aproveitada em grande escala em parques eólicos em zonas remotas, pequenas turbinas eólicas distribuídas ou individuais (abaixo de 100 kW) podem ser utilizados para fornecer eletricidade diretamente a quintas, fábricas ou pequenas empresas. Esses sistemas menores, além do projeto típico de poste e turbina, podem aplicar turbinas eólicas verticais ou microturbinas e serem implantados em cidades no topo de edifícios. Embora possível, a geração de energia eólica local em pequena escala não é popular.

Tabela 3. Vantagens e desvantagens da utilização de energia eólica.

Vantagens	Desvantagens
Não existe emissão de GEE durante a produção de eletricidade.	A energia produzida tem de ser distribuída, o que pode levar a perdas de até 6 % na distribuição.
No caso de sistemas no solo, o mesmo pode ainda ter outras utilizações.	A disponibilidade de vento varia bastante de região para região.
A energia eólica pode ser produzida de dia e de noite.	As componentes móveis das turbinas requerem manutenção especializada. Impactes negativos na vida selvagem, poluição sonora e impacte visual também devem ser considerados.

Fonte: [2]

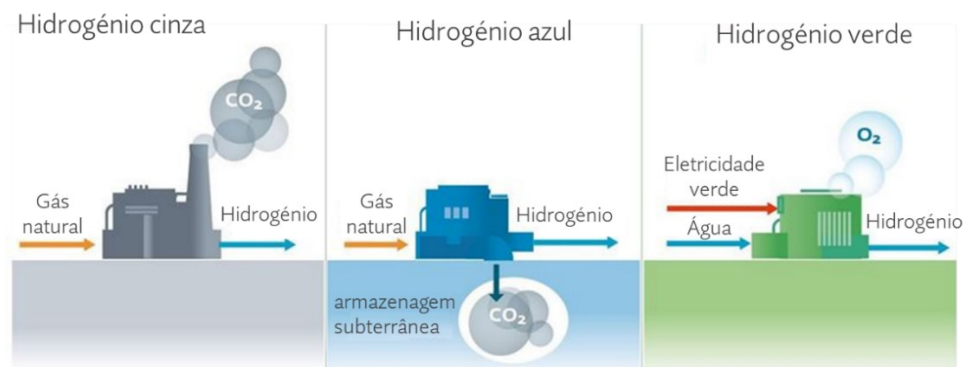
Armazenamento de energia solar e eólica

As energias solar e eólica são fontes de energia intermitentes. Para que uma instalação adote um destes sistemas de energia renovável limpa como única fonte de eletricidade, um sistema de armazenamento de energia precisa de ser emparelhado com o sistema de produção de energia para armazenar o excesso de energia produzida quando o consumo é reduzido. Para sistemas locais, as tecnologias de armazenamento também podem ser usadas para gerir os picos de consumo (kW), fornecendo benefícios financeiros adicionais. Os sistemas de armazenamento de energia mais comuns são as baterias químicas tradicionais usadas para armazenar eletricidade. Embora estes sistemas sejam relativamente simples e eficazes, eles requerem mão de obra especializada para a sua manutenção. As terras raras são também necessárias para fabricar as baterias químicas elétricas. Frequentemente, os sistemas solares e de armazenamento podem ser agrupados nos contratos de PPA (*Power Purchase Agreement*). Também existem outros sistemas de armazenamento, mas são menos comuns e geralmente muito mais complexos. As opções incluem produção de hidrogénio, armazenamento de energia hidroelétrica bombeada, de ar comprimido, armazenamento de energia mecânica e armazenamento térmico. Todos esses sistemas envolvem o uso de excesso de energia solar ou eólica e o armazenamento, para ser utilizado quando necessário.

Hidrogénio

O hidrogénio é uma tecnologia em desenvolvimento e que irá demorar algum tempo até estar disponível a um custo e escala viáveis. A queima do hidrogénio em si não liberta GEE (com exceção do vapor de água), mas a sua produção pode libertar GEE. Na Fig. 3 encontram-se representadas as diversas tipologias de produção de hidrogénio – cinza, azul e verde. A

libertação de GEE a partir do hidrogénio cinza é a que apresenta valores superiores, por ser produzido a partir de gás natural. O hidrogénio azul também é produzido a partir de gás natural, mas inclui a tecnologia de captura e armazenamento de carbono, reduzindo a libertação, mas este hidrogénio será mais caro que o hidrogénio cinzento. Por fim, existe o hidrogénio verde, que é produzido por eletrólise e com recurso a energias renováveis, resultando em hidrogénio e oxigénio. De todos os tipos de hidrogénio, o verde é o que apresenta um custo superior, mas espera-se que os preços caiam significativamente nas próximas décadas, à medida que as energias renováveis também vão sendo menos onerosas e existir utilização a grande escala da eletrólise.



Fonte: Adaptado de [3]

Fig. 3. Tipos de hidrogénio.

O hidrogénio tem a capacidade de poder ser armazenado por longos períodos sem perder o seu potencial energético. Por isso, a produção de hidrogénio associada ao excedente de produção de energia solar e eólica poderá ser uma solução interessante, podendo ser uma tendência futura.

A vantagem do hidrogénio verde também se reflete no ciclo da água, pois não se estará a acrescentar água ao ciclo hidrológico (sem uma redução da temperatura global, mais água estará no estado de vapor, o que irá agravar o aquecimento global). No entanto, o uso da água tem de ser bem conseguido, para que não ocorra competição pelo seu uso. Além disso, também o risco de fugas de hidrogénio necessita de ser prevenido, pois os impactos ambientais ainda não se conhecem totalmente. O hidrogénio é um potente GEE, com potencial 200 vezes superior ao do dióxido de carbono, quando é libertado (é de curta duração) [4]. O potencial é elevado porque quando se liberta para a atmosfera, o hidrogénio aumenta o tempo de vida do metano na atmosfera, reage e forma ozono troposférico (outro GEE) e também pode dar origem à água na estratosfera.

4.3 Captura – Remover e sequestrar o carbono através de técnicas naturais ou industriais

A absorção de carbono através das tecnologias de Captura e Armazenamento de Carbono (CAC ou CCS do inglês *Carbon Capture and Storage*) é uma das mais recentes e inovadoras estratégias para aumentar a Descarbonização na indústria. A CAC é um processo natural com carbono a circular constantemente na atmosfera, biosfera, litosfera, pedosfera e oceanos. O equilíbrio natural do ciclo de carbono foi alterado pela extração de enormes quantidades de carbono sequestrado nos combustíveis fósseis. Como os combustíveis fósseis foram queimados para a produção de energia, tal libertou quantidades massivas de dióxido de carbono na atmosfera, que intensificaram o efeito de estufa, provocando o aquecimento global e subseqüentemente as alterações climáticas e acidificação dos oceanos.

O equilíbrio natural do carbono tem de ser reestabelecido e as tecnologias de CAC poderão fazer parte da solução. Estas tecnologias capturam, transportam e armazenam emissões de carbono de grandes pontos de emissão, evitando que cheguem à atmosfera e contribuindo para o aquecimento global. Existem dois tipos de CAC: naturais e industriais. Os CAC naturais baseiam-se em processos da natureza, como árvores e plantas que capturam e armazenam o carbono. Os projetos deste tipo incidem sobre a aceleração e melhoria destes processos naturais. Os projetos CAC industriais baseiam-se em tecnologia desenvolvida que absorvem carbono através de métodos não naturais, sendo bastante recentes e ainda em fase de demonstração. As vantagens e desvantagens da implementação de estratégias CAC são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Vantagens e desvantagens das estratégias de CAC.

Vantagens	Desvantagens
Recorrendo a tecnologia é possível prevenir a libertação de carbono e armazená-lo no subsolo em locais geológicos específicos.	Custo de implementação e do transporte do carbono. Condicionantes do armazenamento (subsolo ou superfície).
Muito útil para indústrias <i>hard-to-abate</i> emissões através de reduções ou de eficiência energética.	Pouca informação e conhecimento. Faltam políticas e incentivos para apoiar esta tecnologia.

Fonte: [2]

Métodos naturais de CAC

Na Tabela 5 são apresentados alguns métodos naturais de CAC. Estes métodos podem ser adotados pelas empresas, através de projetos, parceira com organizações e associações, entre outro tipo de iniciativas.

Tabela 5. Métodos naturais de CAC.

Florestação e reflorestação

- Florestação - plantar árvores onde não havia anteriormente.
- Reflorestação - restauro de áreas onde as árvores foram cortadas ou que arderam.

Restauro e conservação de habitat costeiro

- Pretende recuperar um habitat para que volte a ter a capacidade de armazenar carbono. Este é o caso das camarinhas, uma espécie em vias de extinção na orla costeira portuguesa.
- Por se tratar de ambiente costeiro, outros benefícios existem, tais como a proteção de fontes de alimento marinho, promoção das zonas húmidas como filtro de água natural e a minimização dos efeitos das inundações.

Cultivo de carbono

- Consiste em desenvolver cultivo dedicado à redução das emissões de GEE e/ou à captura ou manutenção do carbono na vegetação e nos solos.
- Casos típicos: *mulching* e aplicação de composto, gestão de resíduos e lavoura, sem lavoura, lavoura em tiras, semeadura direta, digestão anaeróbia, cultivo em altura, plantação de forragens, melhoria do povoamento floretal, barreiras vegetativas.

Fonte: [2]

Métodos industriais de CAC

Na Tabela 6 são apresentados os métodos industriais de CAC. Nestes métodos recorre-se à tecnologia para promover a remoção de carbono da atmosfera, podendo esse carbono ser armazenado em diversos locais como o subsolo. Também é possível capturar o carbono e utilizá-lo na produção de materiais como plástico e cimento.

Nas Fig. 4 e 5 encontram-se alguns exemplos de captura de carbono diretamente da atmosfera. No que diz respeito à remoção e armazenamento duradouro em reservas geológicas, este processo de armazenamento é considerado o mais duradouro – mais de 100 mil anos. Outras opções como solo ou oceano poderão ser mais reversíveis [5].

Tabela 6. Métodos industriais de CAC.

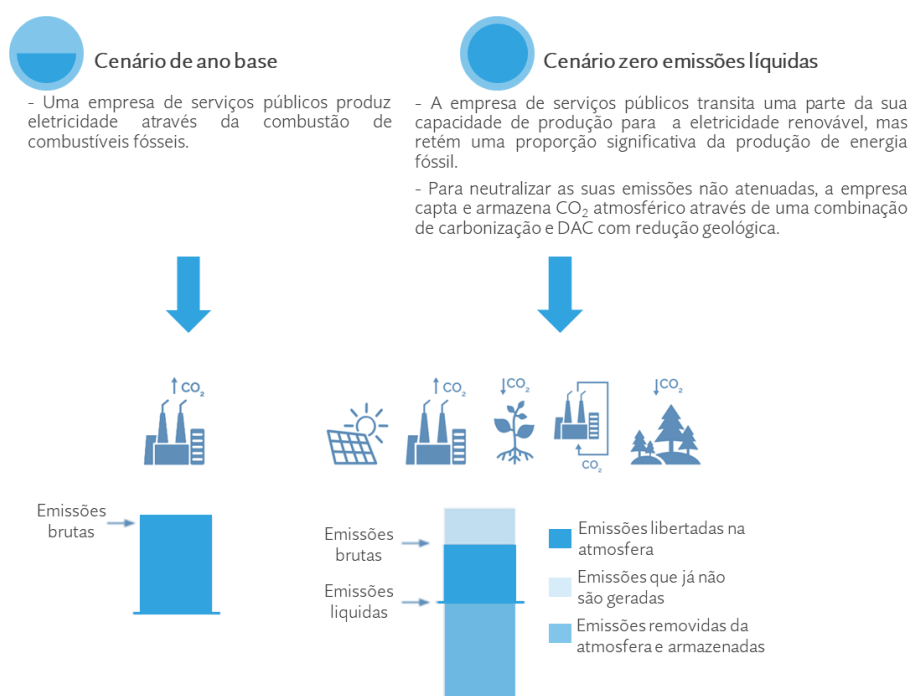
CAC de bioenergia

- Consiste no uso da biomassa para produção de eletricidade, onde o carbono libertado durante a combustão é capturado e armazenado no subsolo
- Funciona melhor quando associado a processos combinados de calor e de energia com base em resíduos industriais, em vez de se basear no cultivo de biomassa especificamente para a produção de eletricidade, como acontece com as centrais de biomassa

Captura direta da atmosfera

- Consiste em passar grandes volumes de ar por uma superfície contendo substâncias químicas que absorvem CO₂. O tipo de substâncias depende do projeto. O carbono capturado é depois armazenado no subsolo ou reaproveitado para combustíveis líquidos.
- Ainda são tecnologias em fase de testes e a redução total de CO₂ ainda está em análise.

Fonte: [2]

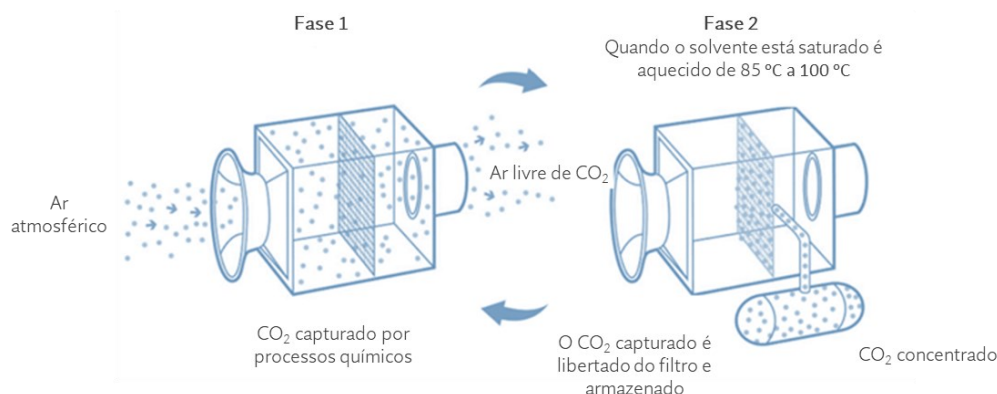


Fonte: Adaptado de [5].

Fig. 4. Exemplo ilustrativo de uma estratégia para substituir a redução com emissões negativas.

A captura direta da atmosfera, apresentada na Fig. 5, permite que o CO₂ fique retido num sólido adsorvente, permitindo que o CO₂ recolhido possa ser utilizado para outros fins ou

armazenado, libertando ar limpo. Estas soluções de captura de carbono estão em linha com a Estratégia Nacional do Hidrogénio, onde o CO₂ recolhido por esta via poderá ser utilizado na produção de querosene, gasóleo e gasolina [6].



Fonte: Adaptado de [6].

Fig. 5. Processo de captura de CO₂ pela configuração captura direta da atmosfera.

4.4 Compensação – Equilibrar as emissões através dos créditos de carbono, *offsetting* e *insetting*

A compensação das emissões de GEE para alcançar o carbono zero é a opção menos importante na hierarquia das opções de Descarbonização, porque a empresa, quando a escolhe, não está a trabalhar para reduzir as emissões absolutas, apenas está a compensá-las. Também existem riscos consideráveis associados aos mecanismos de compensação (*i.e.*, remoção e créditos de carbono). O *carbon offsetting* é a única maneira de gerir emissões que não possam ser diretamente evitadas ou capturadas, pelo que são um passo final necessário para chegar à neutralidade carbónica.

Carbon offset

O carbon offset consiste na redução das emissões de GEE realizadas em diversos locais da fábrica, de modo a compensar as emissões. Assim que a redução de carbono é implementada, podem ser obtidos créditos de carbono. Até à data, a maioria dos créditos de carbono utilizados para mitigação são com base em projetos individuais. As vantagens e desvantagens do carbon offsetting são apresentadas na Tabela 77.

Tabela 7. Vantagens e desvantagens do *carbon offsetting*.

Vantagens do carbono offset/créditos	Desvantagens ou contras
Demonstra compromisso para reduzir as emissões de GEE. Especificamente, pode ser bastante eficaz para atingir a neutralidade carbónica na última parte das emissões.	Ineficácia de custo. Apenas uma quantidade limitada de custos de compensação de carbono vai para as reduções reais de carbono.
Relativamente fácil em comparação com outras estratégias de redução, embora possam existir obstáculos significativos.	Algumas partes interessadas criticaram as compensações de carbono como a “saída mais fácil” para as empresas comprarem a sua redução das emissões de GEE em vez de tentar reduzir efetivamente ou adotar políticas climáticas ambiciosas.
Porque há mais flexibilidade onde a redução é alcançada, geralmente reduz o custo de redução de emissões.	Difícil de garantir que o projeto seja real e que tudo sobre o projeto seja preciso.
Ao dar-se um valor económico à redução das emissões, a inovação e a ação 3 podem ser antecipadas.	Atrasos podem criar problemas de eficácia. Uma árvore plantada hoje não começará a sequestrar carbono antes de atingir 10 a 20 anos (dependendo da árvore).
	Há potenciais efeitos negativos como o risco de libertação de carbono.

Fonte: [7]

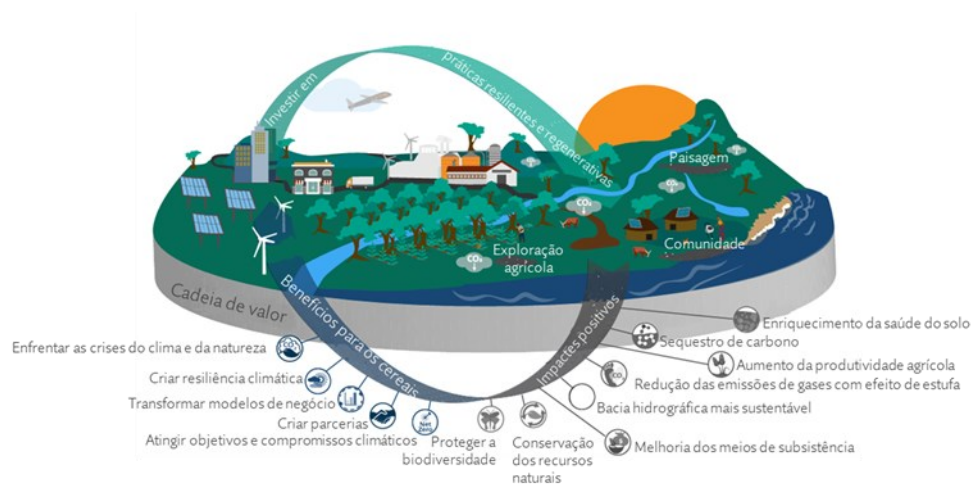
Os projetos de *carbon offset* são projetos de redução específicos nos quais se investe na redução das emissões de GEE noutra local (e ganha créditos pela redução). Existem três tipos de projetos que permitem reduzir emissões de GEE:

- 1 Captura e conversão de GEE, prevenindo emissões para a atmosfera. Um exemplo é capturar gás num aterro sanitário e usar o gás para produzir eletricidade;
- 2 Produção de energia renovável, eliminando a necessidade de combustíveis fósseis para produzir eletricidade. Exemplo são as energias solares e eólicas;
- 3 Captura e sequestro (ou armazenamento) de GEE, prevenindo a sua libertação para a atmosfera. Pode ser feito com recurso a tecnologia ou naturalmente. Nos projetos offset, a opção natural é escolhida, como plantar árvores ou promover o crescimento e manutenção saudável de florestas.

Carbon insetting

É semelhante ao *carbon offset*, mas com uma grande diferença: enquanto o *carbon offsetting* pode acontecer em qualquer lugar, já o *carbon insetting* necessita que o projeto ocorra na cadeia de valor da empresa [5]. Tal como no *carbon offset*, é necessário existir um processo de verificação de modo a confirmar os detalhes do projeto. Os métodos de contabilizar o *carbon insetting* ainda se encontram em desenvolvimento.

Os certificados de energia renovável (EACs, do inglês *Energy Attribute Credits*) são emitidos de modo a garantir que a eletricidade consumida é de origem renovável. Cada EAC certifica que 1 MWh foi gerado e introduzido na rede a partir de uma fonte de renovável. Também um produtor de energia qualificado que gera eletricidade obtém esses certificados, que podem ser mantidos pela empresa, vendidos no mercado ou transferidos para o consumidor final. A modalidade de certificado que existe em Portugal são as garantias de origem (GO). A REN é a entidade nacional responsável por emitir GO e a ERSE é quem garante o cumprimento da legislação. Se as empresas quiserem comprar energia verde, terão de verificar a existência deste GO [8].



Fonte: Adaptado de [9].

Fig. 4. Plataforma internacional para *Insetting*.

Em Portugal foi criado o projeto de Decreto-Lei que institui o Mercado Voluntário de Carbono, cujo processo de consulta pública decorreu até 4 de abril de 2023. Neste tipo de mercado, em que existem diversos criados a nível internacional, as entidades com grandes emissões de GEE podem comprar “créditos de carbono”, *i.e.*, certificados que são emitidos para projetos que contribuem para a redução de GEE, para compensar as suas próprias emissões destes gases [10]. O projeto de Decreto-Lei prevê diversas possibilidades de

crédito de carbono: créditos de carbono, onde um crédito de carbono corresponde a uma tonelada de CO₂; créditos de carbono +, onde para além do sequestro de carbono ocorre também benefícios adicionais ao nível da biodiversidade e do capital natural. O mercado funcionará numa plataforma eletrónica de registo de projetos de carbono, podendo esses projetos resultar de reduções de emissões ou de sequestro de carbono.

5 Referências bibliográficas

- [1] WBCSD & WRI, 2004. “Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard – Revised Edition”, [ghgprotocol.org](https://ghgprotocol.org/corporate-standard). <https://ghgprotocol.org/corporate-standard> (acedido: 12 de abril de 2023).
- [2] Beverage Industry Environmental Roundtable (BIER), 2020. “Facility Decarbonization Playbook”, [bierroundtable.com](https://www.bierroundtable.com/wp-content/uploads/Facility-Decarbonization-Playbook.pdf). <https://www.bierroundtable.com/wp-content/uploads/Facility-Decarbonization-Playbook.pdf> (acedido: 12 de abril de 2023).
- [3] Energy Education, 2021. “Types of hydrogen fuel”, [energyeducation.ca](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Types_of_hydrogen_fuel). https://energyeducation.ca/encyclopedia/Types_of_hydrogen_fuel (acedido: 12 de abril de 2023).
- [4] Euractiv, 2021. “Scientists warn against global warming effect of hydrogen leaks”, [euractiv.com](https://www.euractiv.com/section/energy/news/scientists-warn-against-global-warming-effect-of-hydrogen-leaks/). <https://www.euractiv.com/section/energy/news/scientists-warn-against-global-warming-effect-of-hydrogen-leaks/> (acedido: 12 de abril de 2023).
- [5] CDP (Disclosure Insigt Action), 2020. Fundamentos para estabelecer metas de zero emissões líquidas com base científica no setor empresarial, setembro 2020.
- [6] NOVA (Nova School of Science & Technology), 2021. Avaliação da tecnologia de captura direta de CO₂ como opção de mitigação climática: o caso português, novembro 2021.
- [7] I. Johnson e R. Coburn. “Trees for carbon sequestration”, *primefacts for profitable, adaptive and sustainable primary industries*, vol. 981, 2010.
- [8] Deco, 2021. “Como se prova que a eletricidade é de origem verde?”, [deco.proteste.pt](https://www.deco.proteste.pt/casa-energia/eletricidade-gas/noticias/como-prova-eletricidade-origem-verde). <https://www.deco.proteste.pt/casa-energia/eletricidade-gas/noticias/como-prova-eletricidade-origem-verde> (acedido: 17 de abril de 2023).
- [9] World Economic Forum, 2022. “Explainer: Carbon insetting vs offsetting”, [weforum.org](https://www.weforum.org/agenda/2022/03/carbon-insetting-vs-offsetting-an-explainer/). <https://www.weforum.org/agenda/2022/03/carbon-insetting-vs-offsetting-an-explainer/> (acedido: 17 de abril de 2023).
- [10] Publico, 2023. “Como será o futuro mercado voluntário de carbono em Portugal?”, [publico.pt](https://www.publico.pt/2023/02/08/azul/perguntaserespostas/sera-futuro-mercado-voluntario-carbono-portugal-2038065). <https://www.publico.pt/2023/02/08/azul/perguntaserespostas/sera-futuro-mercado-voluntario-carbono-portugal-2038065> (acedido: 17 de abril de 2023).