



Roteiro de descarbonização
do setor eletromecânico

Roteiro de Descarbonização Setor Eletromecânico em Portugal

Dezembro 2024

Abreviaturas

CAE - Código de Atividade Económica

EU - União Europeia

GEE - Gases de Efeito de Estufa

PNEC2030 - Plano Nacional Energia e Clima 2030

PQ - Protocolo de Quioto

RNC2050 - Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050

VAB - Valor Acrescentado Bruto

Setor ME - Setor Metalúrgico e Eletromecânico

EEE - Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

DRI - *Direct Reduced Iron*

PIB - Produto Interno Bruto

PME - Pequenas e Médias Empresas

CBAM - *Carbon Boarder Adjustment Mechanism* (Mecanismo de Ajustamento Carbónico Fronteiriço)

ANEME - Associação Nacional das Empresas Metalúrgicas e Eletromecânicas

AIDA CCI - Câmara de Comércio e Indústria do Distrito de Aveiro

CELE - Comércio Europeu de Licenças de Emissão

NIR - *National Inventory Report*

Índice

1. Sumário executivo	7
2. Introdução	10
3. Caracterização do setor eletromecânico em Portugal	13
3.1. As emissões do setor eletromecânico em Portugal	18
4. Importância do roteiro de descarbonização setorial	22
4.1. Megatendências	24
4.2. Incertezas	25
4.3. Os desafios e as oportunidades da descarbonização	27
5. Visão de futuro para o setor.	30
5.1. Cenário Fora de Pista	31
5.2. Cenário Pelotão	32
5.3. Cenário Camisola Amarela	33
6. Trajetórias para a descarbonização do setor Eletromecânico	36
6.1. Trajetória para o cenário Fora de Pista	37
6.2. Trajetória para o cenário Pelotão	39
6.3. Trajetória para o cenário Camisola Amarela	45
7. Tecnologias de descarbonização para o setor eletromecânico	49
7.1. Transição e eficiência energética.	49
7.2. Economia circular	54
7.3. Otimização e flexibilidade produtiva	57
7.4. Cadeia de fornecimento	59
7.5. Digitalização de processos	62
8. Considerações finais	66

Índice de Figuras

Figura 1 - Distribuição de empresas da amostra por região e por CAE..	17
Figura 2 - Distribuição de empresas da amostra, por dimensão e por CAE.	18
Figura 3 - Emissões GEE em Portugal por setor, (excluindo LULUCF – Land Use, Land-Use Change and Forestry).	18
Figura 4 - Emissões relativas a IPPU - Processos Industriais e Utilização de Produtos, do total de emissões GEE em Portugal por sub-setor.	19
Figura 5 - Principais drivers de emissões identificados em empresas do setor numa escala de quatro níveis de relevância (1 – pouco relevante a 4 – muito relevante).	22
Figura 6 - Empresas da amostra que contabilizam emissões GEE.	23
Figura 7 - Metas estabelecidas no PNEC 2030 (destaque das que são impactadas pelas empresas do setor eletromecânico em Portugal).	24
Figura 8 - Lista de fatores críticos	26
Figura 9 -Trajetórias de descarbonização dos 3 cenários.	36
Figura 10 - Trajetórias de descarbonização para o setor eletromecânico	38
Figura 11 - Trajetórias de descarbonização para o cenário Fora de Pista (à direita detalhe 2020 a 2050)..	38
Figura 12 - Trajetórias de descarbonização para o setor eletromecânico.	39
Figura 13 - Trajetórias de descarbonização para o cenário Pelotão (à direita detalhe 2020 a 2050)..	39
Figura 14 - Trajetórias de descarbonização para o setor eletromecânico.	45
Figura 15 - Trajetórias de descarbonização para o cenário camisola amarela (à direita detalhe 2020 a 2050)..	45

Índice de Tabelas

Tabela 1 - CAE considerados para o setor eletromecânico.	14
Tabela 2 - Organização dos CAE por subgrupos.	15
Tabela 3 - Dimensionamento socioeconómico do setor eletromecânico em Portugal, em 2022, por Subgrupo do setor eletromecânico (valores em milhares de euros)..	16
Tabela 4 - Evolução socioeconómica do setor eletromecânico em Portugal, entre 2011 e 2022.	17
Tabela 5 - Emissões GEE totais IPPU por subsetor em 2021.. . . .	20
Tabela 6 - Potencial de redução de CO ₂ para medidas do eixo Transição e Eficiência Energética do Cenário Pelotão.	41
Tabela 7 - Potencial de redução de CO ₂ para medidas no eixo Economia Circular do Cenário Pelotão.. . . .	42
Tabela 8 - Potencial de redução de CO ₂ para medidas no eixo Otimização e Flexibilidade Produtiva do Cenário Pelotão.	43
Tabela 9 - Potencial de redução de CO ₂ para medidas do eixo Cadeia de Fornecimento do Cenário Pelotão.. . . .	44
Tabela 10 - Potencial de redução de CO ₂ para medidas do eixo Digitalização de Processos do Cenário Pelotão.	44
Tabela 11 - Potencial de redução de CO ₂ Potencial de redução de CO ₂ para medidas do eixo Transição e Eficiência Energética.. . . .	46
Tabela 12 - Potencial de redução de CO ₂ Potencial de redução de CO ₂ para medidas do eixo Economia Circular do Cenário Camisola Amarela.. . . .	46
Tabela 13 - Potencial de redução de CO ₂ Potencial de redução de CO ₂ para medidas do eixo Otimização e Flexibilidade Produtiva do Cenário Camisola Amarela.	47
Tabela 14 - Potencial de redução de CO ₂ Potencial de redução de CO ₂ para medidas do eixo Digitalização de Processos do Cenário Camisola Amarela.	47
Tabela 15 - Tecnologias para o eixo Transição e Eficiência Energética.	53
Tabela 16 - Tecnologias para o eixo Economia Circular.	56
Tabela 17 - Tecnologias para o eixo Otimização e flexibilidade produtiva.	58
Tabela 18 - Tecnologias para o eixo Cadeia de fornecimento.	61
Tabela 19 - Tecnologias para o eixo Digitalização de processos.	64

1. Sumário executivo

1. Sumário executivo

A criação de um roteiro que conduza à descarbonização das empresas é fundamental para alcançar os compromissos e as metas de neutralidade carbónica assumidos por Portugal. Só assim cada um dos setores da economia portuguesa poderá conhecer o ponto de partida, compreender o verdadeiro desafio da redução de emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e encontrar a melhor forma de se adaptar e contribuir para o compromisso nacional.

Com o objetivo de ser uma ferramenta para a descarbonização das empresas do setor eletromecânico, foi concebido como sendo um instrumento dinâmico e em constante evolução, cuja implementação requer o compromisso e o esforço de todas as partes interessadas. Nesse sentido, este Roteiro é dirigido a:

- Colaboradores das empresas do setor, para incentivar a ação e ambição
- Fornecedores, para partilhar responsabilidades e oportunidades
- Clientes, para colaborar na procura das melhores soluções para as suas necessidades
- Outros setores industriais, para fomentar sinergias e partilha de conhecimento
- Decisores políticos, para contribuir para a formulação das políticas necessárias
- Academia, para acelerar a investigação e o desenvolvimento em áreas estratégicas
- Investidores, para promover o financiamento necessário

Metodologia

Com base no Roteiro de Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050)¹ e na informação disponível sobre o setor eletromecânico, foi desenvolvido um trabalho de identificação e análise de pressupostos e fatores de incerteza, para desenvolver visões (cenários) possíveis para o futuro. Assim foi possível adaptar os cenários propostos no RNC2050, à realidade presente, e traçar trajetórias possíveis para a evolução da descarbonização do setor eletromecânico:

- Cenário **Fora de Pista**: Trajetória conservadora, com progresso limitado.
- Cenário **Pelotão**: Progresso incremental, com impactos positivos.
- Cenário **Camisola Amarela**: Transformação acelerada e alinhamento total com metas climáticas.

Com a premissa “Como pode o setor eletromecânico alcançar a neutralidade carbónica até 2050, garantindo competitividade económica e a promoção do emprego?”, e considerando os cenários e as respetivas trajetórias de redução de emissões de GEE, o Roteiro identifica os eixos estratégicos de descarbonização para o setor, bem como as principais tecnologias e medidas a adotar.

O envolvimento de um conjunto de empresas representativas do setor, com o seu conhecimento e experiência, foi muito importante para identificar as medidas e tecnologias disponíveis que

1 [Roteiro de Neutralidade Carbónica 2050](#).

podem ser adotadas pelas empresas rumo à descarbonização.

Resultados

O cenário Pelotão aponta para uma redução das emissões de GEE até 87% em 2050, face a 2005. Neste cenário, as empresas alcançam as metas nacionais de redução de emissões de GEE, comprometendo-se com a adoção de energias renováveis em larga escala, o investimento em economia circular e a digitalização dos processos.

Para a concretização da trajetória de redução de emissões traçada no cenário Pelotão, é fundamental que as empresas do setor eletromecânico possam contar com a implementação de políticas públicas que promovam incentivos financeiros e fiscais que lhes permitam fazer a transição, nomeadamente para as PME, a par de regulamentação mais rigorosa.

2. Introdução

2. Introdução

As alterações climáticas representam uma ameaça global urgente e estão entre as prioridades estratégicas de todos os setores económicos, na atualidade. O objetivo central do **Acordo de Paris**, adotado a 12 de dezembro de 2015, com entrada em vigor desde 4 de novembro de 2016, é traçar um novo curso no esforço global para combater as alterações climáticas, mantendo o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C. Para tal, o Acordo veio reforçar a urgência da descarbonização das economias mundiais, tendo estabelecido a meta de redução de emissões em pelo menos 55%, até 2030, face a 1990. Em 2016, Portugal estabeleceu o objetivo nacional de alcançar a neutralidade carbónica até 2050. O trabalho desenvolvido no Roteiro de Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050) delineou uma trajetória de redução de emissões de GEE de -45 % a -55 % até 2030, de -55 % a -65 % até 2040 e de -85 % a -90 % até 2050².

Posteriormente, a 10 de março de 2020, com o decorrer da pandemia COVID-19, a União Europeia (UE) definiu as bases de uma **Nova Estratégia Industrial Europeia**, atualizada em 2021 e destinada a apoiar a dupla transição para uma economia digital e ecológica, tornando a indústria da UE mais competitiva a nível mundial e reforçando a autonomia estratégica aberta da Europa.

O **Pacto Ecológico Europeu**, com entrada em vigor a 14 de julho de 2021, estabeleceu o compromisso entre os 27 estados-membro da EU para superar a degradação do ambiente na Europa e resto do mundo, e tem como macro objetivos o alcance de zero emissões líquidas de gases com efeito de estufa até 2050, e o crescimento económico dissociado da utilização de recursos, não deixando nenhum país para trás, em toda a Europa.

No seguimento da aprovação do Pacto Ecológico Europeu tem aumentado a urgência na adoção de medidas para acelerar o processo de descarbonização ao nível europeu. Esta urgência e abrangência tem fomentado iniciativas, como o mecanismo de Ajustamento Carbónico Fronteiriço (CBAM), aprovado pelo Regulamento (EU) 2023/956, de 10 de maio de 2023 . O CBAM exige que as empresas reportem as emissões geradas na produção de bens importados fora da UE como o cimento, eletricidade, alumínio, fertilizantes, aço e hidrogénio, desta forma as empresas portuguesas que importem estes produtos deverão preparar-se para comunicar anualmente a partir de 2026 as emissões de carbono geradas por estes. Neste momento, o CBAM encontra-se em período de transição pelo que é uma excelente oportunidade para as empresas do setor eletromecânico, abrangidas, desenvolverem os mecanismos de reporte com a cadeia de valor.

Alcançar a neutralidade carbónica até 2050 requer a participação de todos os setores e esforços coordenados entre o governo, a indústria e a sociedade, de modo a implementar tecnologias eficientes, com menor produção de resíduos, recurso a fontes energéticas renováveis e matérias-primas alternativas.

De acordo com o compromisso e diretrizes europeias, Portugal assumiu o compromisso de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 55% até 2030, em comparação com os

2 REGULAMENTO (UE) 2023/956 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 10 de maio de 2023 que cria um mecanismo de ajustamento carbónico fronteiriço.

níveis de 2005, bem como estabeleceu a meta de incorporação de 31% de energias renováveis no consumo de energia e promoção da descarbonização da economia, de modo a alcançar a neutralidade carbónica em 2050³. Estas metas estão em linha com o Acordo de Paris, na medida em que Portugal se comprometeu a contribuir para limitar o aumento da temperatura média global do planeta a 2°C. e a fazer esforços para que esta não ultrapasse os 1,5°C. Para harmonizar os objetivos nacionais com as Diretivas UE, Portugal desenvolveu planos para concretizar este compromisso, com respetivas implicações sobre as empresas do setor eletromecânico.

O Roteiro para a Neutralidade Carbónica em Portugal (RNC2050) foi desenvolvido neste contexto e identifica os principais vetores de descarbonização em todos os setores da economia, as opções de políticas e medidas e a trajetória de redução de emissões para atingir este fim, em diferentes cenários de desenvolvimento socioeconómico. O desenvolvimento do Roteiro de Neutralidade Carbónica (RNC) 2050 foi feito em articulação com os trabalhos de preparação do Plano Nacional Energia e Clima (PNEC2030⁴), que será o principal instrumento de política energética e climática para a década 2021-2030, estabelecendo as novas metas nacionais de redução de emissões de GEE, de energia renovável e de eficiência energética com o objetivo de alcançar a neutralidade carbónica.

Em Portugal o setor eletromecânico é um dos motores de inovação e emprego na indústria portuguesa, e é simultaneamente um setor fortemente dependente de fontes energéticas e responsável por uma parte relevante do total de emissões de GEE da indústria nacional. Os principais fatores de emissão estão relacionados com a obtenção das matérias-primas, os processos produtivos e o transporte numa cadeia de valor complexa e diversificada. O setor desempenha, por isso, um papel importante na contribuição para a descarbonização nacional, motivado por exigências de mercado, pressão regulatória ou necessidade de alinhamento com os objetivos do setor financeiro.

A elaboração do Roteiro para a Descarbonização do Setor Eletromecânico está enquadrada no plano de ação da ANEME e da AIDA CCI refletido no *Estudo prospetivo para a Sustentabilidade e Inovação*, elaborado pela ANEME em 2021, e tem como principal objetivo apoiar as empresas do setor para a redução de emissões de gases com efeito de estufa, contribuindo para a meta nacional de alcançar a neutralidade carbónica até 2050.

Este Roteiro foi concebido para fornecer uma visão clara e abrangente sobre as principais estratégias, trajetórias e oportunidades de redução de emissões no setor eletromecânico em sintonia com os compromissos nacionais climáticos e com o objetivo de reforçar a competitividade do setor.

Ao longo deste documento, as empresas irão encontrar informação relevante e orientação para a definição do seu trajeto de neutralidade carbónica, bem como mecanismos de capacitação e ferramentas de apoio.

3 [APA; Objetivos e metas para redução de gases com efeitos de estufa.](#)

4 [PNEC 2030.](#)

3. Caracterização do setor eletromecânico em Portugal

3. Caracterização do setor eletromecânico em Portugal

O setor eletromecânico, integrado no grupo setorial da Indústria, compreende um elevado leque de segmentos produtivos com uma grande diversidade de produtos, de elevada importância no setor industrial, considerando a sua integração em cadeias de valor de alta relevância económica, o grau de inovação e de qualificação da mão-de-obra e a forte vocação exportadora. Devido a esta abrangência, o setor desempenha um papel crucial na produção, não só de bens de suporte a outras atividades económicas, como também de bens duráveis para consumo final.

A conceção e disseminação de novas tecnologias, têm um papel muito significativo ao longo da cadeia de valor dos bens industriais. Todo o processo está associado a uma significativa emissão de gases com efeito de estufa (GEE), daí que alcançar a neutralidade carbónica seja atualmente um dos maiores desafios das empresas industriais do setor.

As atividades em causa, apesar de não estarem incluídas na lista de setores e subsetores abrangidos pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), não deixam de ser consideradas relevantes em relação às emissões de CO₂e, pela integração direta com outros setores de elevado risco (como a CAE 24) e pela elevada representatividade no contexto da indústria nacional.

O Roteiro de Descarbonização do Setor Eletromecânico abrange as atividades que integram os Códigos de Atividade Económica (CAE) descritos na Tabela 1.

CAE	Setor	Principais atividades
26	Fabricação de equipamentos informáticos, equipamento para comunicações e produtos eletrónicos e óticos	Fabricação de computadores e de equipamento periférico; equipamento de comunicação; componentes eletrónicos e de circuitos impressos; produtos eletrónicos de consumo; instrumentos e aparelhos de medida, teste e navegação; instrumentos e aparelhos de ótica e fotográficos; suportes magnéticos e óticos.
27	Fabricação de equipamento elétrico	Fabricação de motores, geradores e transformadores elétricos; pilhas, baterias e acumuladores elétricos; cabos e condutores elétricos isolados; material de instalação elétrica; lâmpadas e de equipamento de iluminação elétrica; aparelhos eletrodomésticos; outro equipamento elétrico.

CAE	Setor	Principais atividades
28	Fabricação de máquinas e equipamentos	Fabricação de motores e turbinas, exceto motores para aeronaves, automóveis e motocicletas; bombas e compressores; outras torneiras e válvulas; rolamentos, engrenagens, transmissões e de outros elementos de máquinas; fornos e queimadores; equipamento de elevação e de movimentação; máquinas e de equipamento de escritório, exceto computadores e equipamento periférico; máquinas-ferramentas.
29	Fabricação de veículos automóveis, reboques, semirreboques e componentes para veículos automóveis	Fabricação de automóveis ligeiros e pesados; autocarros; veículos para usos especiais; reboques e semirreboques; carroçarias, cabines; componentes e acessórios para veículos automóveis.
30	Fabricação de outro equipamento de transporte	Fabricação de locomotivas e de outro material circulante; veículos militares de combate; motocicletas; bicicletas e veículos para pessoas com deficiência; embarcações de recreio e de desporto; aeronaves e veículos espaciais; outro equipamento de transporte.
33	Reparação, manutenção e instalação de máquinas e equipamentos	Reparação e manutenção de máquinas e equipamentos; Instalação de máquinas e equipamentos industriais; Instalação de equipamento elétrico; Instalação de canalizações; Instalação de sistemas de aquecimento, ventilação, refrigeração ou climatização; Instalação de equipamento de isolamento térmico, acústico ou vibratório.

Tabela 1 - CAE considerados para o setor eletromecânico.

Assim, entre as atividades abrangidas pelo presente Roteiro, doravante consideradas quando se refere o “setor”, distinguem-se dois subgrupos: **Fabricação de Produtos e Equipamentos** (que engloba um grande número de atividades, desde o CAE 26 até ao CAE 32) e **Reparação, Manutenção e Instalação de Equipamentos** (que engloba apenas as o CAE 33).

O primeiro subgrupo refere-se a todas as atividades relacionadas com a fabricação de produtos, abrangendo a fabricação de equipamento informático, elétrico, máquinas e equipamentos, veículos automóveis, material de transporte, mobiliário e colchões, e outras indústrias transformadoras. Enquanto o segundo subgrupo agrega apenas atividades relacionadas com serviços de reparação e manutenção dos equipamentos, conforme ilustra a Tabela 2.

Subgrupo	Subsetor	CAE	Descrição
Fabricação de Produtos e Equipamentos	Fabricação Máquinas e Equipamentos	26	Fabricação de equipamentos informáticos, equipamento para comunicações e produtos eletrónicos e óticos
		27	Fabricação de equipamento elétrico
		28	Fabricação de máquinas e equipamentos
	Fabricação de Material de Transporte	29	Fabricação de veículos automóveis, reboques, semirreboques e componentes para veículos automóveis
			Fabricação de outro equipamento de transporte
Reparação, Manutenção e Instalação de Equipamentos	-	33	Reparação, manutenção e instalação de máquinas e equipamentos

Tabela 2 - Organização dos CAE por subgrupos.

Distribuídas por diferentes regiões do país, com maior concentração no Norte e Centro, onde se localizam os principais clusters industriais, o setor conta, aproximadamente e de acordo com dados de 2022⁵, com aproximadamente 16 mil empresas, 188 mil trabalhadores, e um valor acrescentado bruto de 6,5 mil milhões de euros, tal como representado na Tabela 3.

Considerando os dois subgrupos, as empresas de “Fabricação de Produtos e Equipamentos” representam 70% do setor, geram mais valor unitariamente, e têm a capacidade de empregar mais pessoas (aproximadamente 11 mil empresas e 162 mil trabalhadores).

5 INE; Portugal (dados de 2022).

CAE	Subgrupo do setor	Empresas (Nº)	Empresas (Nº)	Emprego (Nº)	Emprego (Nº)	VAB (€)	VAB (%)
26-32	Fabricação de Produtos e Equipamentos	11	70%	162	86%	5 576 847	85%
33	Reparação, manutenção e instalação de máquinas e equipamentos	5	30%	26	14%	947 175	15%
Total setor eletromecânico		16		188		6 524 023	

Tabela 3 - Dimensionamento socioeconómico do setor eletromecânico em Portugal, em 2022, por Subgrupo do setor eletromecânico (valores em milhares de euros)⁶.

Numa perspetiva evolutiva, de 2011⁶ (dados utilizados no relatório de eficiência energética da ANEME) a 2022, a tendência do mercado, de modo transversal aos três indicadores, foi de crescimento: o subsector da fabricação de produtos cresceu cerca de 30%, enquanto, com melhor performance, o subsector dos serviços aumentou em 53%.

O nível de exportações do setor, enquanto indicador socioeconómico adicional, abrange o setor da metalúrgica e da metalomecânica em Portugal, ou seja, um âmbito mais alargado comparativamente à realidade do setor eletromecânico. Contudo, é relevante o elevado crescimento do setor⁷, que em 2011 registava um total de 13 mil milhões de euros de volume de exportações, e em 2023 alcançou o seu recorde, com o valor de 24.017 milhões de euros (aumento de 4,3% face a 2022). Na Tabela 4 é possível observar a evolução dos dados socioeconómicos do setor eletromecânico ao longo deste período.

⁶ INE; Portugal (dados de 2011).

⁷ [RTP Exportações de metalurgia e de metalomecânica sobem 4,3% para recorde de 24 mil ME em 2023.](#)

CAE	Subgrupo do setor	Empresas (N°)			Emprego (N°)			VAB (€)			Global
		2011	2022	Δ	2011	2022	Δ	2011	2022	Δ	Δ
26-32	Fabricação de Produtos e Equipamentos	12	11	-6%	130	162	25%	3 546 645	5 576 847	57%	30%
33	Reparação, manutenção e instalação de máquinas e equipamentos	3	5	51%	19	26	35%	549 016	947 175	73%	53%
Total setor eletromecânico		15	16	6%	148	188	26%	4 095 661	6 524 023	59%	30%

Tabela 4 - Evolução socioeconómica do setor eletromecânico em Portugal, entre 2011 e 2022⁶.

No âmbito do desenvolvimento deste Roteiro foi realizado um diagnóstico⁸ setorial, com vista a compreender o nível de maturidade e desempenho no caminho da descarbonização. Para tal, considerou-se uma amostra representativa do setor eletromecânico em Portugal, organizada com base nos dois subgrupos identificados (CAE 26 – 30 e 33), que contou com 71 empresas distribuídas pelas regiões Norte, Centro, Lisboa e Alentejo (Figura 1), de diferentes dimensões empresariais (micro, pequenas, médias e grandes), conforme ilustra a Figura 4

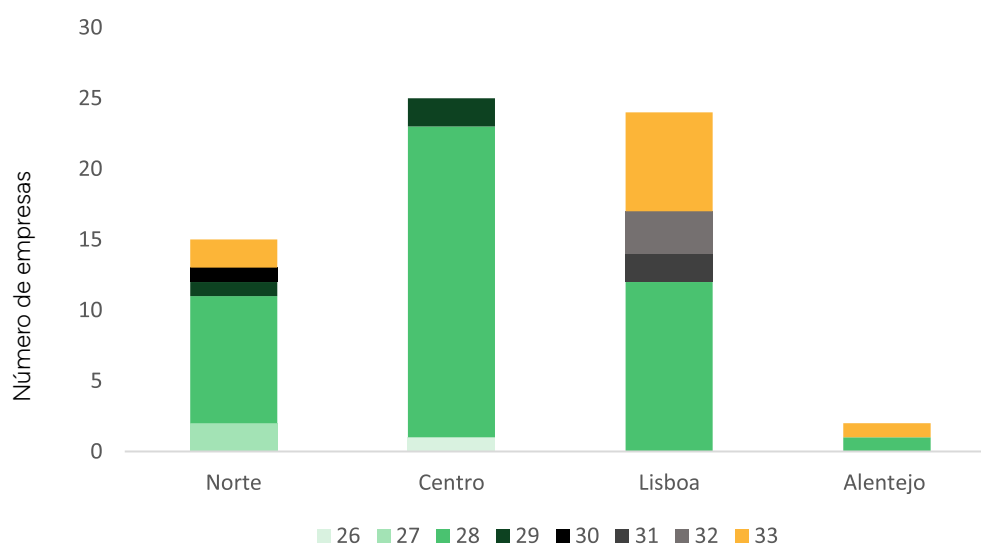


Figura 1 - Distribuição de empresas da amostra por região e por CAE.

8 [Relatório de diagnóstico setorial.](#)

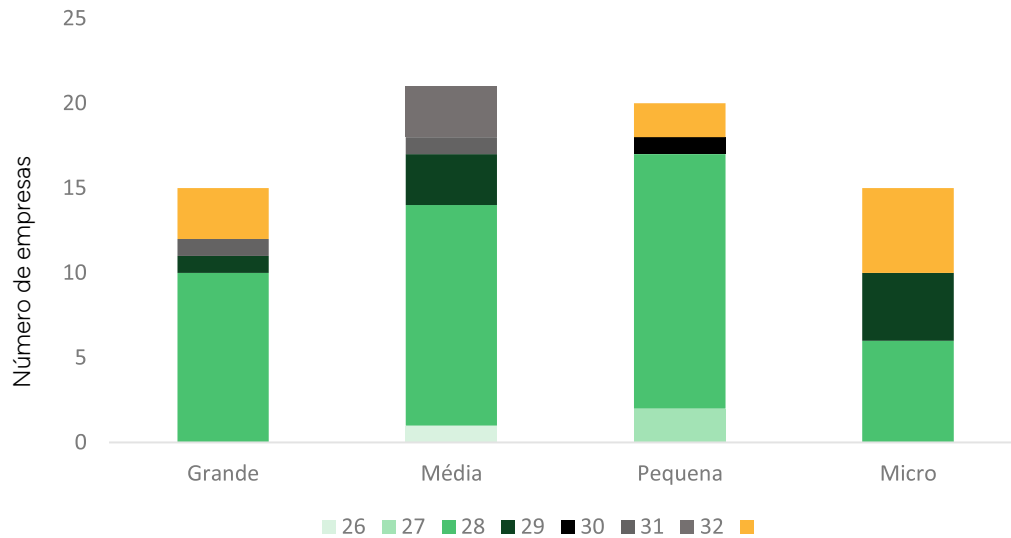


Figura 2 - Distribuição de empresas da amostra, por dimensão e por CAE.

Os CAE predominantes da amostra são os CAE 28 e 33, que representam em conjunto 60% da amostra considerada. De notar também que, ao nível da região, as empresas que constituem a amostra são maioritariamente do centro do país, nomeadamente da região de Aveiro. Ao nível da dimensão, é possível notar que a distribuição entre micro, pequenas, médias e grandes empresas é relativamente equilibrada, destacando-se a elevada representatividade de empresas do CAE 28.

3.1. As emissões do setor eletromecânico em Portugal

O inventário nacional de emissões de carbono - *National Inventory Report (NIR)⁹ (2024)* – considera cinco grandes setores de atividade em Portugal – Energia, Indústria, Resíduos, Agricultura e Uso do Solo, Alteração do Uso do Solo e Florestas. O setor Indústria representou 10,4% das emissões totais de Gases com Efeito de Estufa (âmbito 1 e 2) em 2022, ou seja, 5,9 Mt CO₂e, o que significa uma redução de cerca de 8% face aos valores de 1990⁹, como se pode verificar na Figura 3.

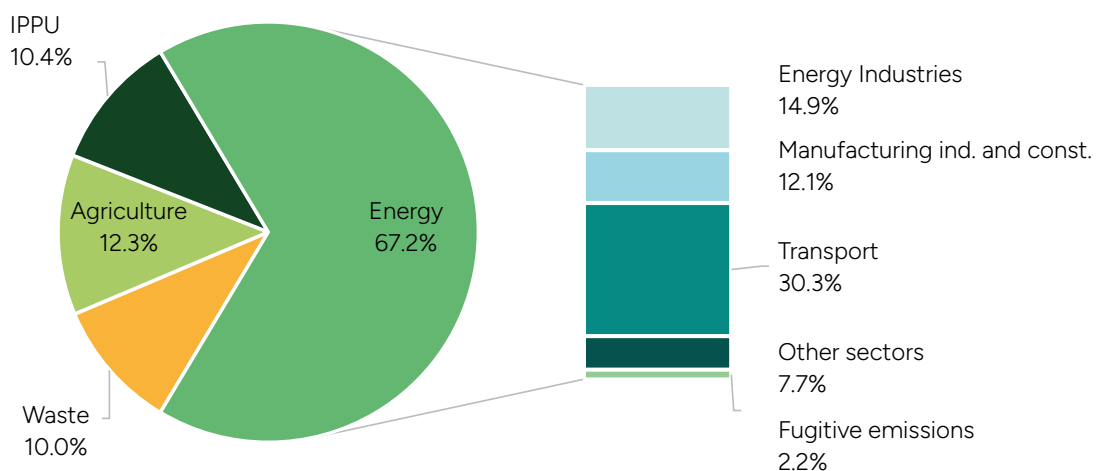


Figura 3 - Emissões GEE em Portugal por setor, (excluindo LULUCF – Land Use, Land-Use Change and Forestry)⁹.

9 [National Inventory Report 2024 Portugal](#).

O subsetor da Indústria metalúrgica e eletromecânica (identificado na Figura 4 como *Metal Industry*) foi responsável por 1% das emissões produzidas pela Indústria, descritas por tipo de emissões na Tabela 5. Apesar de representar uma pequena fração do total das emissões industriais, trata-se de um setor relevante para o objetivo nacional de descarbonização, uma vez que se caracteriza por elevados consumos de energia e materiais.

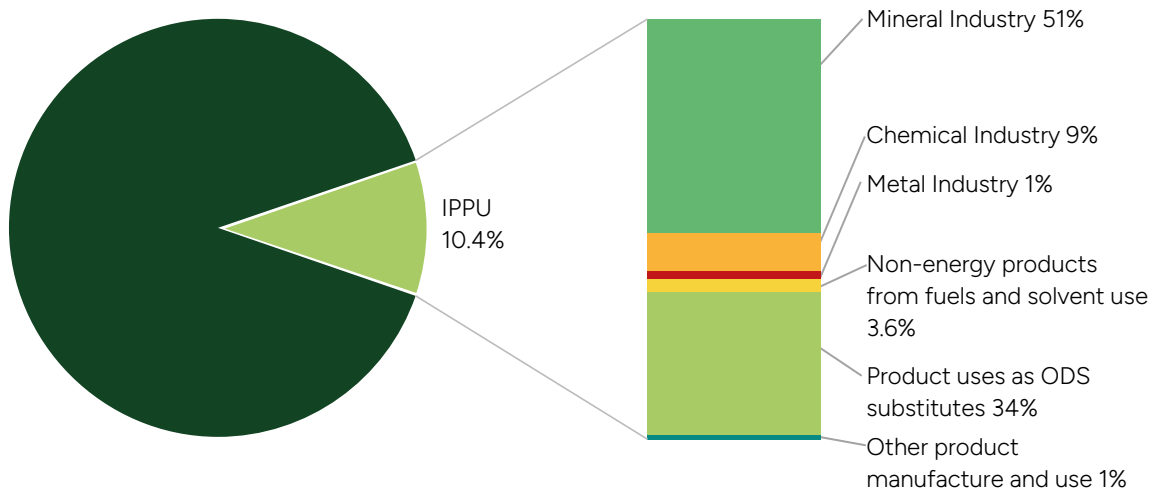


Figura 4 - Emissões relativas a IPPU - Processos Industriais e Utilização de Produtos, do total de emissões GEE em Portugal por sub-setor.

Os dados existentes e disponibilizados no NIR, não são suficientes para dissociar as emissões por subsetor e estimar as emissões específicas do setor eletromecânico, assim, as emissões apresentadas na Tabela 5, consideram a indústria eletromecânica e metalomecânica, sendo que a última acaba por representar grande parte destas emissões devido a sua atividade intensiva em carbono. Não obstante, o objetivo de serem apresentados é apenas para balizar um “teto máximo” de emissões e a sua relevância no contexto nacional.

Subsetores	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	Total (kt CO ₂ e)	Total (%)
(2.A) Indústria mineira	2910,9	-	-	-	-	-	2910,9	40,8%
(2.B) Indústria química	637,6	30,2	33,2	-	-	-	701	9,8%
(2.C) Indústria metalúrgica e eletromecânica	78	-	-	-	-	-	78	1,1%
(2.D) Produtos não energéticos provenientes de combustíveis e solventes	205,2	-	-	-	-	-	205,2	2,9%
(2.F) Produtos substitutos de ODS ¹⁰	-	-	-	3159	26,5	-	3185,5	44,7%
(2.G) Outros produtos	-	-	27,3	-	-	24,2	51,5	0,7%
	3831,7	30,2	60,5	3159	26,5	24,2	7132,1	100%

Tabela 5 - Emissões GEE totais IPPU por subsector em 2021.

10 [Substâncias que empobrecem a camada de ozono \(“Ozone Depleting Substances”\)](#).

4. Importância do roteiro de descarbonização setorial

4. Importância do roteiro de descarbonização setorial

No desenvolvimento do diagnóstico, foram consideradas as emissões diretas (âmbito 1), emissões indiretas (âmbito 2) e emissões indiretas da cadeia de valor (âmbito 3), embora o foco principal do roteiro de descarbonização seja o âmbito 1 e 2. Durante o roteiro de descarbonização o âmbito 3 também será abordado, já que tem uma grande representatividade nas pegadas carbónicas corporativas, pelo que é necessário sensibilizar o setor a atuar ao longo da cadeia de valor.

O diagnóstico realizado permitiu identificar essencialmente três principais fontes ou drivers de emissões nas empresas do setor eletromecânico:

- Matérias-primas utilizadas no processo (como por exemplo, o aço).
- Consumo de eletricidade e combustíveis fósseis decorrentes do processo produtivo.
- Transporte de matérias-primas e/ou de produtos finais para o cliente.

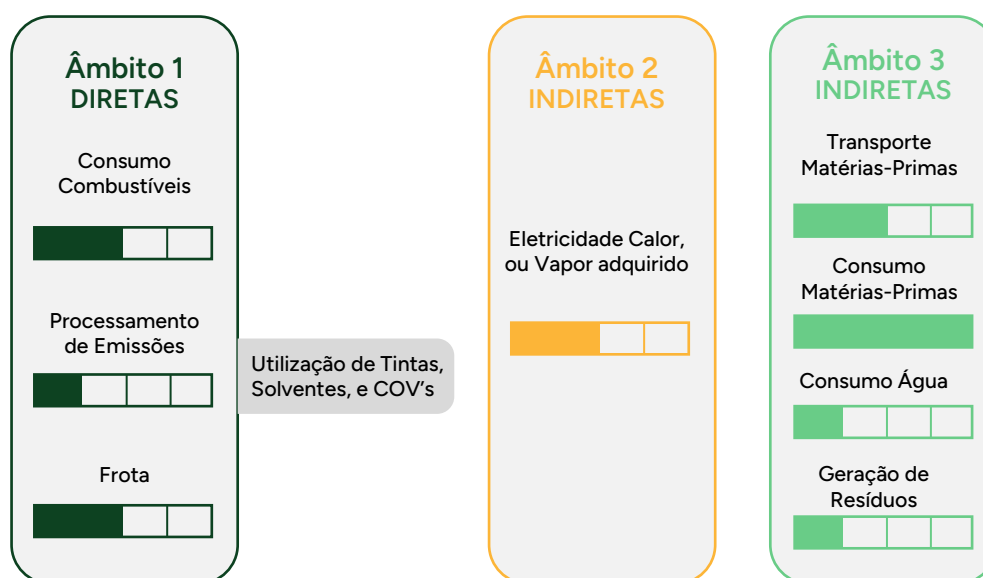


Figura 5 - Principais drivers de emissões identificados em empresas do setor numa escala de quatro níveis de relevância (1 – pouco relevante a 4 – muito relevante).

Para além de identificar os principais *drivers* de emissões do setor, com vista ao desenvolvimento de cenários e ferramentas adequadas à descarbonização do setor, é fundamental conhecer a situação de base das emissões das empresas. Assim, no âmbito do diagnóstico realizado, foram auscultadas as 71 empresas sobre:

- **Emissões de GEE:** levantamento das empresas da amostra que reportam a pegada carbónica

- **Metas de redução** de emissões GEE: identificação das empresas que definiram metas de redução de emissões
- **Medidas de descarbonização**: benchmark de medidas de descarbonização já implementadas por empresas do setor.

As conclusões revelam que, de um modo geral, as empresas do setor eletromecânico em Portugal não possuem ainda processos de contabilização das emissões de GEE, pelo que não reportam a sua pegada carbónica. No entanto, algumas empresas, tipicamente de grande dimensão ou parte de grupos multinacionais, já o fazem. Tendo em conta a amostra considerada, apenas 7% das empresas procedem ao reporte de pegada carbónica de forma pública (Figura 6).

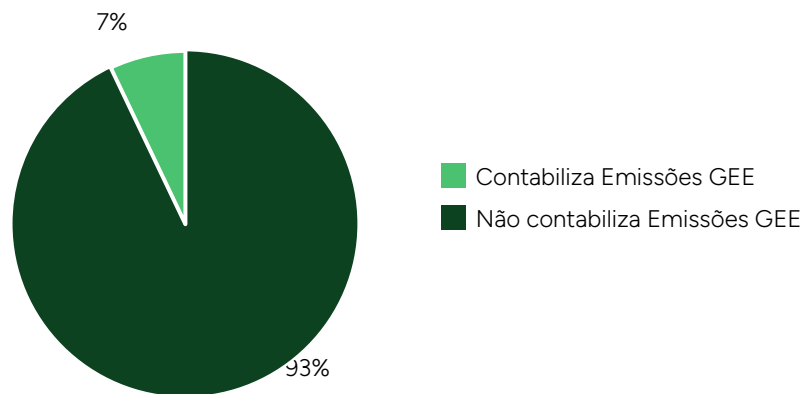


Figura 6 - Empresas da amostra que contabilizam emissões GEE.

A percentagem é ainda mais reduzida para o compromisso público com metas de redução de emissões (apenas 3% do total da amostra). Contudo, 31% das empresas envolvidas tem informação disponível relativamente a medidas de descarbonização, o que é de realçar enquanto sinal de compromisso com a descarbonização.

Sendo o setor eletromecânico nacional composto, essencialmente, por microempresas e PME, e estando a prática de contabilização e reporte de emissões de GEE ainda circunscrita às empresas de maior dimensão, compreende-se a inexistência de dados de carbono durante o processo de auscultação às empresas. Contudo, de modo a alcançar a ambição do RNC2050 e a atingir as metas estabelecidas pelo PNEC 2030, apresentadas na Figura 7 (com destaque para aquelas que são impactadas por medidas de descarbonização), as empresas estão sob pressão para adotar práticas mais sustentáveis, reduzir emissões e investir em tecnologias verdes.

Emissões GEE	Redução de 55% gases de efeito de estufa, face aos valores de 2005, até 2030.
Eficiência Energética	Aumentos da eficiência energética em 35%, face ao teto máximo previsível de consumo energético.
Energias Renováveis	Alcançar 49% de energias renováveis no consumo final bruto de energia até 2030.

Figura 7 - Metas estabelecidas no PNEC 2030 (destaque das que são impactadas pelas empresas do setor eletromecânico em Portugal)⁸.

Nesse sentido, o Roteiro de Descarbonização do Setor Eletromecânico pretende ajudar as empresas a dar resposta às metas nacionais e internacionais através do desenvolvimento de planos que abarquem toda a cadeia de valor, desde a escolha de matérias-primas mais sustentáveis, a eficiência energética nos processos produtivos até ao processo logístico de distribuição dos produtos finais, com objetivos concretos de redução de emissões de GEE em todas as etapas da produção.

Sabendo da elevada exposição do setor e da sua cadeia de valor à conjuntura internacional, e considerando o RNC2050, o setor eletromecânico deve esperar grandes desafios para a descarbonização, nomeadamente resultantes do aumento da produção de ferro e aço devido à elevada abertura do setor ao exterior e à sua incorporação em indústrias em crescimento, como a das energias renováveis. Por outro lado, uma maior economia circular poderá permitir ao setor ter acesso a matéria-prima de forma mais eficaz e eficiente, em termos de emissões de GEE. Quanto às fontes de energia, a atual eletrificação do setor não faz antecipar transformações energéticas relevantes, não obstante uma continuada aposta na eficiência energética.

4.1. Megatendências

A *Estratégia e Plano de Ação para a Inovação e Sustentabilidade para o Setor da Metalurgia e Eletromecânica (M&EM) 2021-2030*¹¹ identifica os seguintes drivers de megatendências com elevado impacto no setor em Portugal:

- **Tensão geopolítica internacional:** o conflito entre a Rússia e os países adjacentes, atualmente em cenário de guerra com a Ucrânia e a transferência do poder económico para a China vão conduzir a alterações profundas nas agendas políticas e no comércio internacional.
- No **domínio energético**, este conflito veio despoletar a necessidade de diversificar as fontes de energia, acelerando o processo de transição para a utilização de energias verdes e mais sustentáveis, sendo que Portugal está muito bem posicionado, face à diversidade de recursos energéticos alternativos ao dispor da economia e da sociedade.

11 (Valor Metal) [Estudo prospetivo sobre sustentabilidade e inovação 2021](#).

- A **crescente escassez de recursos** é algo particularmente relevante para o setor tendo em conta vários fatores. O aumento da procura por produtos metálicos, um recurso não renovável, aumenta o risco de escassez daquela que é principal matéria-prima do setor.

A necessidade urgente de **mitigação das alterações climáticas** levou a União Europeia a adotar medidas para acelerar a descarbonização da economia. Esta urgência cria grandes desafios para indústrias com utilização intensiva de energia e matérias-primas. Por um lado, os vários setores industriais, clientes da indústria metalúrgica e eletromecânica, procuram soluções sustentáveis para novos materiais e equipamentos que possibilitem o seu desenvolvimento tecnológico. Por outro lado, surgem medidas como o Mecanismo de Ajustamento Carbónico Fronteiriço (*CBAM – Carbon Boarder Adjustment Mechanism*), que exige às empresas o reporte das emissões geradas na produção de determinados bens importados (alumínio, hidrogénio, eletricidade, entre outros), prevendo-se o aumento dos preços das matérias-primas (aço e ferro) devido aos custos relacionados com as emissões de carbono. Tal significa que empresas que decidam não investir na descarbonização poderão vir a perder competitividade.

É necessário que o setor se prepare estrategicamente para manter a sua competitividade num contexto internacional diferente do vivido nos últimos 10 anos. As pressões sobre a existência de boas práticas de sustentabilidade serão crescentes, e é possível antecipar que todas as empresas serão induzidas, quer por força do mercado europeu quer por exigências legais, a desenvolver estratégias de mitigação dos seus impactes ambientais e sociais negativos.

4.2. Incertezas

Uma visão de futuro a médio e longo prazo para o setor eletromecânico está associada a um conjunto de fatores críticos, cuja possibilidade de ocorrerem ou não resulta em incertezas. Sistematizar essas incertezas permite criar diferentes cenários de evolução e identificar prováveis trajetórias¹².

É, portanto, fundamental refletir sobre os principais fatores que podem condicionar ou fomentar a progressão da descarbonização do setor.

Foram identificados os principais constrangimentos políticos e regulamentares, económicos e de mercado, sociais e relativos à disponibilidade de tecnologias e de conhecimento:

- Ao nível político, a criação de mecanismos que orientem a regulação nacional é essencial para alcançar o desígnio da descarbonização. A regulação e o rigor da sua implementação irão potenciar o cumprimento de regras que se traduzem na adoção de processos de baixo carbono. Num cenário ambicioso é fundamental que as políticas adotadas sejam robustas e coerentes a longo prazo.
- A nível fiscal, é fundamental a criação de incentivos adequados à contratação de serviços de consultoria energética, à mobilização de instrumentos específicos dirigidos para a descarbonização, ou à atribuição de prioridades de investimento para as indústrias intensivas em energia. Nomeadamente, porque os custos de energia e de transição para a energia

12 [\(Eco Economy\) Roadmap para o aprofundamento da Descarbonização e Transição Energética nas empresas.](#)

renovável, constituem uma importante barreira à descarbonização.

- A nível económico e de mercado, considera-se a conjuntura económica, influenciada pelas políticas públicas internacionais e por questões de financiamento e acesso ao mercado. De notar que é às PME que se colocam maiores barreiras a este nível, já que a disponibilidade de meios de investimento é normalmente mais reduzida, havendo maior dificuldade na atração de capitais de risco, falta de recursos para a implementação de medidas de descarbonização e transição energética, ou ainda no atraso da disponibilização de fundos comunitários.
- As questões sociais relacionadas com a disponibilidade de mão de obra, interligadas com o envelhecimento da população representam igualmente um fator relevante para o qual é fundamental encontrar soluções, nomeadamente na resposta aos desafios tecnológicos através da qualificação.
- Na dinâmica de ecossistema e eficiência coletiva colocam-se questões de planeamento territorial e infraestruturas robustas como redes eficientes e tecnologias de eficiência energética.
- A digitalização desempenha um papel crucial na gestão eficiente dos processos e dos recursos com a recolha e monitorização de dados em tempo real.
- A identificação de medidas de mitigação e adaptação às alterações climáticas torna-se um fator fundamental para alcançar a transição energética, sendo necessário para tal conhecer o nível de emissões de carbono das empresas.

A Figura 8 apresenta, em resumo, os fatores ou incertezas que influenciam os cenários e as trajetórias de descarbonização que o Roteiro traça para o setor, e que requerem uma abordagem estratégica e coordenada para que o setor eletromecânico reduza efetivamente as suas emissões de GEE, contribuindo para as metas de descarbonização e desenvolvimento sustentável.



Figura 8 - Lista de fatores críticos

4.3. Os desafios e as oportunidades da descarbonização

A descarbonização do setor eletromecânico em Portugal enfrenta desafios significativos, sobretudo devido à dependência das atividades em fontes de energia carbono-intensivas, como visto anteriormente. Em particular, para o subgrupo “Fabricação de Produtos e Equipamentos”, uma vez que a fabricação de produtos metálicos e equipamentos pesados, como turbinas e motores, envolve operações fortemente dependentes desta tipologia de fontes.

O Relatório de Diagnóstico⁸ identifica os principais desafios de descarbonização para o setor:

- Matérias utilizadas no processo (aço e alumínio).
- Consumo de eletricidade e combustíveis fósseis no processo produtivo.
- Transporte de matérias-primas e produtos finais para o cliente.

Por outro lado, sabendo que as emissões de GEE mais representativas são emissões indiretas de âmbito 3, de acordo com o GHG Protocol¹³, coloca-se um outro desafio às empresas do setor, relacionado com o papel de influência que as empresas precisam de exercer a montante e a jusante na cadeia de valor, para que se reduzam as emissões de âmbito 3.

No entanto, apesar dos desafios, as empresas do setor podem beneficiar de um conjunto de benefícios durante o percurso de descarbonização, nomeadamente:

1. Redução de custos operacionais¹¹:

- Eficiência energética – a implementação de tecnologias mais eficientes permite uma redução de consumo de energia.
- Produção de Energia renovável – permite a proteção da volatilidade dos mercados.
- Economia circular – Redução de consumo de matérias-primas virgens.

2. Competitividade e Inovação

- Resposta à pressão dos mercados pela apresentação de novos produtos baixos em carbono.
- Resposta às exigências ambientais do mercado.

3. Conformidade com a regulação

- Cumprimento da legislação e não incorrer em penalizações pecuniárias.
- Alinhar as práticas de produção com os objetivos nacionais e europeus.

4. Financiamento verde

- Cumprir com a exigências crescentes do setor financeiro na apresentação de informações ESG.
- Assegurar condições de financiamento competitivas.
- Atrair investidores.

5. Reputação

- Fortalecer a imagem corporativa por cumprimento de metas ambientais.

O que se pretende com este Roteiro é delinear uma estratégia que permita ao setor responder à pergunta “Como pode o setor eletromecânico alcançar a neutralidade carbónica até 2050, garantindo competitividade económica e a promoção do emprego?”, cumprindo com as metas de descarbonização e potenciando as oportunidades.

5. Visão de futuro para o setor

5. Visão de futuro para o setor

Com base em toda a informação apresentada até aqui, foram criados cenários, visões exploratórias, sobre a evolução da sociedade e economia portuguesas, tendo com base, a lista de fatores de incerteza já analisados, os cenários socioeconómicos de evolução do país no horizonte 2050¹⁴, a auscultação às empresas e os seguintes pressupostos:

- **Objetivo nacional de neutralidade carbónica:** O Roteiro de Descarbonização do Setor Eletromecânico identifica e analisa as implicações das trajetórias das atividades do setor, que permitem cumprir com o objetivo nacional de neutralidade carbónica estabelecido para 2050, isto é, reduzir as emissões (âmbito 1) do setor eletromecânico em 80-87% face 2005.
- **Evolução da demografia portuguesa:** A evolução da população portuguesa é determinante para a evolução das variáveis económicas-chave, nomeadamente a evolução do emprego e da produtividade o que condiciona a evolução do PIB. De acordo o INE¹⁵, a projeção da população residente em Portugal terá uma evolução decrescente, caso não seja colmatada com movimentos migratórios.
- **Necessidade de financiamento:** A transição para a neutralidade carbónica implicará a necessidade de financiamento, sendo certo que a capacidade de financiamento interna está limitada, entre outras, por questões demográficas, tecnológicas e de configuração do sistema financeiro. Para o propósito deste estudo, assume-se que os agentes económicos não terão uma restrição ativa ao financiamento no período em análise, dado que o objetivo é, em primeiro lugar, identificar a viabilidade tecnológica e de modelos de produção que permitem atingir a neutralidade carbónica em Portugal.

Chegou-se assim a três cenários socioeconómicos, alinhados com o Roteiro de Neutralidade Carbónica 2050 nacional, em vigor. Estes cenários, são a base para o desenvolvimento das respetivas trajetórias de descarbonização para o setor eletromecânico:

- O cenário **Fora de Pista**, caracteriza-se essencialmente pela continuidade das tendências do passado, isto é, as atuais políticas e características da sociedade e economia portuguesas. Neste cenário, são desconsiderados os impactes das alterações climáticas.
- O cenário **Pelotão**, caracteriza-se pelo desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias, com a aposta na eficiência energética e na digitalização. Este cenário conta com uma consciencialização progressiva acerca das alterações climáticas e das suas consequências na alteração dos modos de vida das populações.
- O cenário **Camisola Amarela**, caracteriza-se por uma alteração estrutural e transversal das cadeias de produção, possibilitadas pela combinação de um conjunto de tecnologias, como a inteligência artificial, a impressão 3D, os *drones*, a nanotecnologia, a internet das coisas ou a realidade aumentada, da 4ª Revolução Industrial¹⁶, com impacte na redução das emissões de GEE.

14 [Cenários Socioeconómicos de Evolução do País no horizonte 2050.](#)

15 [Instituto Nacional de Estatística, Projeções da População Residente.](#)

16 [“The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond”.](#)

5.1. Cenário Fora de Pista

Sem evolução no sentido da transição energética e sustentável, este é um cenário caracterizado pela estagnação, ou retração, a todos os níveis, que não irá permitir às empresas progredir.

No cenário fora de pista, o setor eletromecânico encontra-se marcado por instabilidade governativa e políticas erráticas, com prioridades de investimento público que não promovem os processos de descarbonização da economia. Portugal está fragilizado por tensões geopolíticas que enfraquecem o seu posicionamento internacional e limitam o acesso a financiamento externo, tornando o apoio a medidas de descarbonização e sustentabilidade inconsistente, e oscilando conforme os governos, o que desmotiva esforços de longo prazo no setor.

No plano económico não há alteração das tendências de crescimento dos últimos 20 anos, com modelos tradicionais de produção, embora com tendência para a terciarização da economia. Nota-se uma contração no investimento, agravada por falta de valorização do investimento “verde” pelo setor financeiro. Por outro lado, os custos de energia fóssil aumentam, assim como a escassez de matéria-prima, pressionando a competitividade das empresas eletromecânicas.

O setor, e sobretudo as PME, mantêm empregos predominantemente não qualificados, enquanto a baixa taxa de natalidade e insuficiência de imigração reduzem a força de trabalho disponível. A população prioriza os preços baixos em detrimento de práticas e produtos sustentáveis, dificultando a adoção de mudanças estruturais. Esta realidade promove o aumento da desigualdade social, com salários desatualizados face à média europeia e baixa qualidade dos empregos.

A substituição de equipamentos industriais é lenta, devido à falta de disponibilidade de capital, o que leva à necessidade de substituição de instalações obsoletas com tecnologias cada vez mais caras. O problema é agravado pela falta de investimento em inovação tecnológica e pela rede de infraestruturas deficitária, impedindo o setor de responder às exigências de eficiência energética. Assiste-se a uma evolução no setor dos transportes, por via das alterações na procura e pela necessidade de substituição de veículos obsoletos. Por outro lado, a economia circular continua sobretudo associada à gestão dos resíduos, focada apenas na minimização dos impactes sem implementação de inovações ou novos modelos de negócio. Não há uma alteração significativa nas empresas do setor, uma vez que todas elas realizam a valorização dos resíduos metálicos.

Do ponto de vista ambiental, as medidas de mitigação continuam a ser insuficientes e começam a fazer-se sentir os efeitos das alterações climáticas, nomeadamente na disponibilidade de recursos, com impacte na adaptação e resiliência do setor. A preocupação em monitorizar as emissões de GEE é reduzida e as ações para a sua redução são limitadas. Este contexto agrava os impactes ambientais e aumenta a exposição do setor a crises climáticas.

Assiste-se a uma ineficácia da regulamentação, não incentivando mudanças efetivas por parte das empresas. A dificuldade em cumprir requisitos legais de sustentabilidade e as barreiras comerciais internacionais afetam negativamente as exportações. Além disso, os incentivos fiscais são fracos, não havendo grande estímulo para a adesão das empresas aos compromissos de sustentabilidade.

5.2. Cenário Pelotão

Este cenário reflete um progresso, no qual a transição energética e sustentável avança de forma gradual, apoiada pela estabilidade política e económica, mas ainda enfrentando desafios ligados à implementação prática e à adesão de segmentos específicos do setor.

O cenário pelotão é caracterizado por uma estabilidade governativa que garante a continuidade de políticas públicas de apoio à descarbonização e à transição energética, mantendo-se o financiamento público e um posicionamento estável de Portugal no contexto da UE. Por outro lado, a conjuntura mundial mantém o apoio às metas do Acordo Paris, acompanhado pelo aumento da regulação que contribui para a promoção das trocas comerciais. Há um ambiente favorável para o avanço da transição energética, embora a implementação de algumas medidas possa ocorrer de forma gradual e com atrasos. Alcançam-se acordos para a liberalização e uniformização da legislação sobre investimento e proteção dos investidores produzindo um aumento nas trocas comerciais e movimentação de capitais.

O crescimento económico é impulsionado pelo mercado, através da procura de produtos e soluções de produção sustentáveis, contribuindo para a integração de Portugal nos circuitos internacionais. Não obstante, a logística associada à produção, distribuição e consumo de bens, mantém-se inalterada com uma tendência crescente para a concentração da logística em plataformas centralizadas junto das áreas metropolitanas. O crescimento económico faz-se sobretudo em espaços metropolitanos e acentua-se a viragem para uma economia de serviços.

O setor financeiro contribui com o incentivo de financiamento à transição para energias renováveis, enquanto o aumento de preços das matérias-primas atua como catalisador para o aumento de projetos de economia circular. Estes projetos traduzem-se na redução da produção de resíduos e aumento de modelos de negócio assentes na servitização.

No que diz respeito à taxa de natalidade a população mantém a tendência de declínio verificada nas últimas décadas, mas de forma menos acentuada por via do saldo migratório da população. Quanto aos hábitos de consumo, há uma parte significativa da população que adota práticas sustentáveis no consumo e procura por produtos mais sustentáveis. Verifica-se um aumento na qualificação profissional, sobretudo nas gerações mais jovens o que permite dar resposta às necessidades da economia. Esta tendência reflete-se numa transição para um setor tecnologicamente mais avançado.

O sistema energético evolui por via do avanço tecnológico, já que não se verifica um aumento significativo da procura de serviços de energia. O avanço tecnológico contribuirá para um aumento da eficiência no setor, e assiste-se a uma progressiva substituição do parque de máquinas para equipamentos mais eficientes e o uso de tecnologias digitais avançadas. O setor de resíduos e águas é melhorado pelo aprofundamento do modelo de economia circular, reduzindo as quantidades de resíduos gerados, são desenvolvidas novas fileiras de reutilização e reciclagem de produtos e existe uma melhoria da eficiência dos processos e novos modelos de negócios associados à servitização.

As alterações climáticas fazem-se sentir e provocam algumas alterações com impacto na eficiência

de algumas tecnologias, na procura de serviços e na disponibilidade de recursos. Há um esforço crescente para medir emissões nos âmbitos 1 e 2 e adotar práticas de compensação de emissões, contribuindo para a mitigação das alterações climáticas.

No contexto legal, a regulamentação nacional alinhada com as normas europeias avança, embora a sua aplicação chegue frequentemente com atraso face às expectativas. As empresas adaptam-se progressivamente aos requisitos legais e às barreiras comerciais internacionais, mas os incentivos fiscais para a adoção de práticas sustentáveis permanecem pouco atrativos para pequenas e médias empresas (PME), limitando a amplitude das mudanças no setor.

5.3. Cenário Camisola Amarela

Este cenário reflete uma ambição pelo reforço da competitividade do setor, e o empreendedorismo potenciado pela inovação, desenvolvimento tecnológico e disponibilidade de investimento. As políticas e a orientação do investimento fluem para as novas tecnologias e a promoção da descarbonização.

O cenário reflete um contexto de estabilidade governativa e ampla coordenação política entre partidos, possibilitando o alargamento de compromissos em sintonia com as metas de descarbonização. A globalização continua em pleno curso, permitindo o crescimento do setor em novos serviços. O crescimento e o desenvolvimento dos países começam a ser medidos com outras métricas, para além do PIB, como a produtividade dos recursos ou índices de sustentabilidade. Outros atores, que não o Estado, como empresas e ONG, ganham proeminência na contribuição para a resolução dos problemas globais e locais, tornando-se agentes de mudança.

O crescimento económico português está em linha com o resto da Europa, na promoção de uma economia de conhecimento em ambiente de concorrência internacional. A transformação da indústria traduz-se na substituição de processos tradicionais de produção, com a incorporação da digitalização e introdução de novas tecnologias. As pequenas e médias empresas apresentam uma configuração mais competente, competitiva e com novo impulso para o consumo interno e para as exportações. Portugal apresenta um crescimento mais descentralizado, flexibilizando a produção, através de tecnologias emergentes, permitindo romper com as atuais longas cadeias de produção. A logística também se apresenta descentralizada, e mais próxima do cliente final, já que a produção se torna deslocalizada e "on demand", com processos de produção mais eficientes. A maturidade das energias renováveis, aliada à resiliência das cadeias de fornecimento de matérias-primas, permite um aumento significativo da economia circular e o aumento de matérias-primas recicladas e recicláveis.

O mundo do trabalho altera-se com a nova estrutura de produção: valoriza-se o conhecimento e a formação ao longo da vida, o conhecimento técnico-científico e as profissões ganham nova relevância. Aumenta a produtividade do trabalho, seja por via de alocação de capital financeiro ou dotação de capital humano. Há um rejuvenescimento da população, por via do saldo migratório e ligeiro aumento de natalidade, apesar do qual a população se mantém globalmente envelhecida. Contudo, a expectativa de vida ativa aumenta. As gerações mais jovens são mais qualificadas e permitem dar resposta às necessidades da economia. As áreas metropolitanas de Lisboa e Porto

atingem o pico e começam lentamente a diminuir, verificando-se um aumento de atividade e competitividade em cidades médias e vilas em todo o país.

O sistema energético evolui por via das alterações na procura de serviços de energia e pelos avanços tecnológicos. Os padrões de consumo energético alteram-se pela robotização dos processos produtivos e maquinaria energeticamente eficiente. A produção de energia elétrica descentralizada terá um papel fundamental no sector, valorizando o consumidor final e contribuindo para um aumento das redes inteligentes.

A inovação é central nos investimentos públicos e privados, com a produção de energia dominada por fontes renováveis diversificadas e implementadas de forma generalizada em todo o território. Projetos de eficiência energética tornam-se padrão no setor industrial, enquanto a digitalização, redes IoT (internet das coisas) e sistemas avançados de tratamento de dados impulsionam a gestão inteligente de recursos e processos produtivos.

Estas alterações manifestam-se ao nível da indústria, dos transportes e dos resíduos, com a promoção de novos modelos de negócio que substituem o aprovisionamento de bens pela servitização, existindo uma proximidade entre a produção e o consumo. Por outro lado, a adoção de tecnologias (IoT e *big data*) garante uma resposta "*on-demand*", customizada e de grande eficiência às necessidades dos consumidores. A circularidade da utilização de materiais atinge altos níveis de eficiência. Simbioses industriais são capitalizadas e viabilizam a circularidade e o fecho do ciclo de materiais, designadamente em setores como o agroalimentar e florestal. Não existe perda de valor, os resíduos são transformados em (novos) recursos, dando origem a novas categorias de produtos.

Do ponto de vista ambiental, há uma abordagem ativa para lidar com os riscos climáticos, com a execução de planos de adaptação a eventos climáticos extremos e adoção generalizada de medidas de mitigação climática. As empresas integram o cálculo de emissões de âmbitos 1, 2 e 3 nos seus processos, acompanhadas por metas ambiciosas de redução de emissões.

A regulamentação rigorosa e alinhada com as normas europeias promove uma adesão ampla aos requisitos legais. Redes internacionais são estabelecidas para superar barreiras comerciais, enquanto os incentivos fiscais são ajustados para beneficiar tanto grandes empresas quanto PME, incentivando uma transição inclusiva e sustentável.

6. Trajetórias para a descarbonização do setor Eletromecânico

6. Trajetórias para a descarbonização do setor Eletromecânico

A descarbonização do setor eletromecânico apresenta um nível de incerteza considerável, evidenciado na caracterização dos três cenários considerados, já que existe um conjunto de variáveis que poderão impactar o plano de descarbonização delineado, e cuja evolução é difícil de prever. A modelação das trajetórias para cada um dos cenários projetados para o setor, ilustradas na Figura 9, para além de considerar os *inputs* das empresas envolvidas no estudo diagnóstico⁸, baseou-se em três critérios:

- **Identificação das megatendências** que são entendidas como alterações já em curso e de âmbito global, praticamente impossíveis de reverter na próxima década.
- **Identificação das incertezas**, que são entendidas como fatores que podem condicionar ou fomentar a progressão da descarbonização do setor.
- **Dados históricos das emissões de gases com efeitos de estufa do setor (âmbito 1) (2005 a 2020)**¹⁷, que permitem delinear as taxas de descarbonização para cada um dos cenários, de acordo com os diferentes níveis de materialização das incertezas.

As trajetórias para a descarbonização do setor eletromecânico (figura 9) pretendem apresentar caminhos para que o setor contribua para as metas de descarbonização nacionais e europeias, garantindo simultaneamente a competitividade económica e a promoção do emprego. Para tal, com o objetivo de cumprir com os objetivos do RNC 2050, que prevê uma redução entre os 80% e os 87% dos gases com efeito de estufa de âmbito 1, em 2050 face 2005, as empresas do setor eletromecânico em Portugal, devem alinhar-se com a trajetória do cenário pelotão.

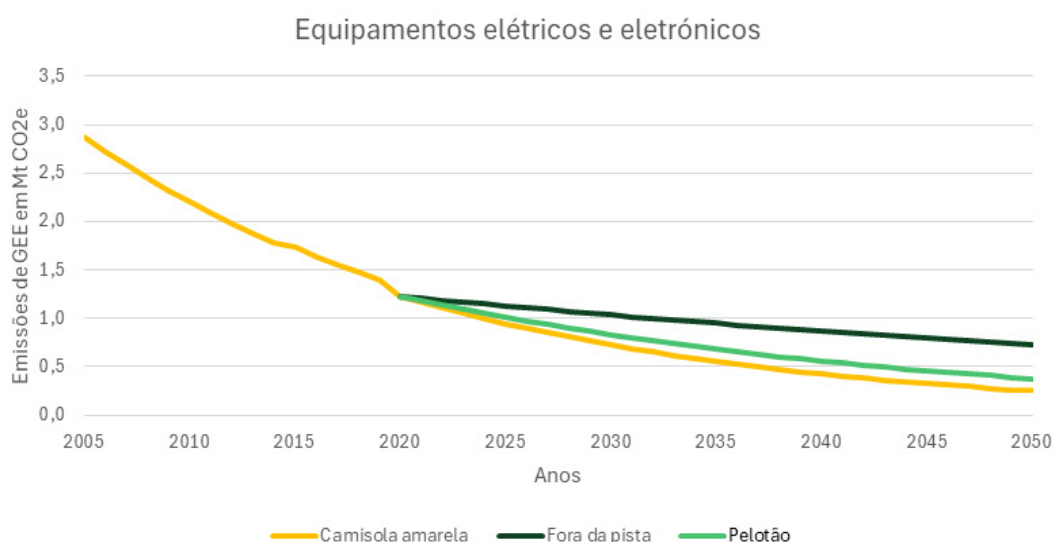


Figura 9 -Trajetórias de descarbonização dos 3 cenários¹⁷.

¹⁷ Equipamentos elétricos, eletrónicos e farmacêuticos de acordo com RNC2050.

Eixos e medidas de descarbonização

Para que as empresas possam alcançar os objetivos de descarbonização das suas operações, é preciso conhecerem e compreenderem a sua situação de base, as atividades e ações onde os esforços investidos poderão trazer maiores resultados, e quais as medidas a implementar em cada caso. Assim, cada empresa, de acordo com o seu diagnóstico, após calcular a pegada de carbono e identificar os pontos críticos, poderá selecionar as medidas mais adequadas à sua realidade e objetivos de redução de emissões de carbono.

Embora o principal objetivo do Roteiro seja a redução de emissões diretas (âmbito 1), tal como preconizado no Roteiro de Neutralidade Carbónica 2050, a descarbonização é um objetivo mais ambicioso e alargado às emissões indiretas (âmbito 2 e 3), razão pela qual as medidas apresentadas para cada eixo estratégico de descarbonização abrangem contribuições para a redução de emissões de GEE nos três âmbitos.

Enquanto instrumento de apoio para as empresas do setor eletromecânico, o presente Roteiro define cinco eixos estratégicos de descarbonização para o setor eletromecânico, identificando para cada eixo um conjunto de medidas a implementar pelas empresas:

- **Transição e eficiência energética.**
- **Economia circular.**
- **Otimização e flexibilidade produtiva.**
- **Cadeia de fornecimento.**
- **Digitalização de processos.**

Para cada medida recomendada é apresentado o potencial de redução de CO₂e, através de uma escala de quatro níveis de relevância expectável destas emissões na pegada de carbono (1- pouco relevante, 4 muito relevante)¹⁸.

6.1. Trajetória para o cenário Fora de Pista

No cenário Fora de Pista, de acordo com a análise efetuada, prevê-se a manutenção das políticas atuais, sem evolução para novas medidas ou paradigmas. Admite-se a orientação do financiamento público para áreas dispersas, espera-se o aumento significativo do custo das matérias-primas e energia e regista-se um avanço tecnológico lento, apenas por necessidade de substituição.

A trajetória alinhada com o cenário Fora de Pista não se enquadra com os objetivos de descarbonização nacionais, ficando aquém da ambição do Roteiro, pelo que não são apresentadas medidas a implementar pelas empresas.

¹⁸ [Benchmark Nacional e Internacional de medidas de descarbonização no setor eletromecânico.](#)

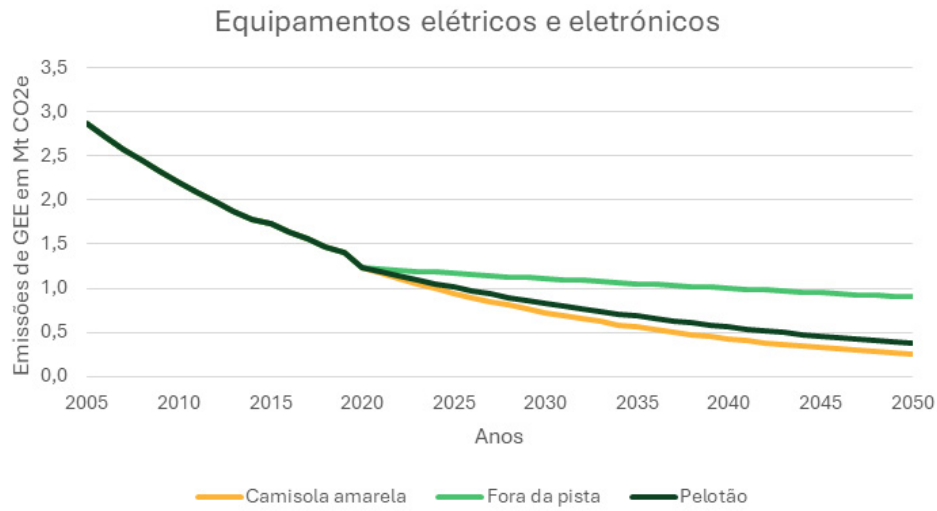


Figura 10 - Trajetórias de descarbonização para o setor eletromecânico

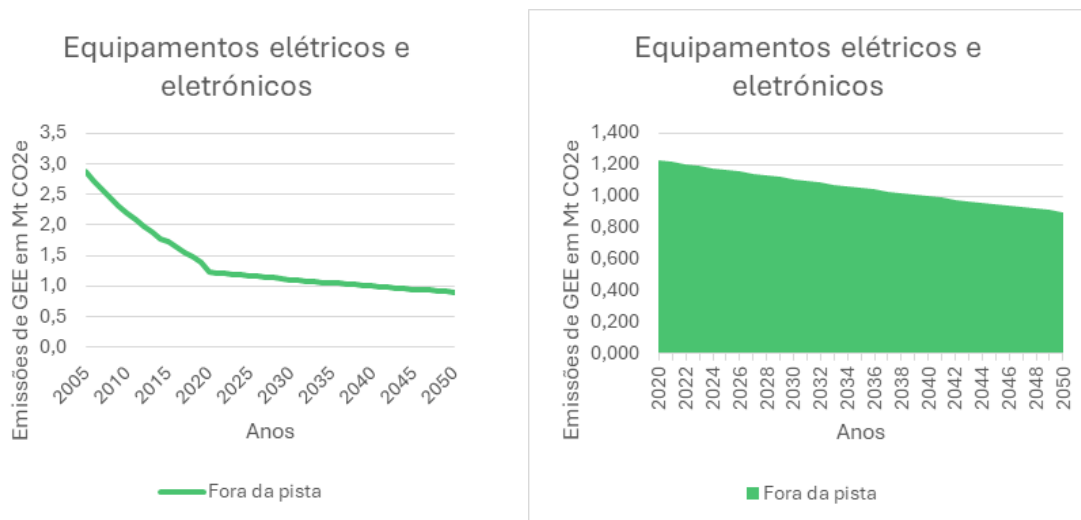


Figura 11 - Trajetórias de descarbonização para o cenário Fora de Pista (à direita detalhe 2020 a 2050).

6.2. Trajetória para o cenário Pelotão

O cenário Pelotão prevê a manutenção das linhas de financiamento público e um posicionamento da EU, a nível económico, relativamente estável. Ao contrário do cenário Fora de Pista, aqui regista-se uma transição progressiva para as energias renováveis, bem como a promoção da Economia Circular para combater a escassez de matérias-primas. Este cenário considera o fortalecimento da competitividade através do investimento em tecnologias sustentáveis.

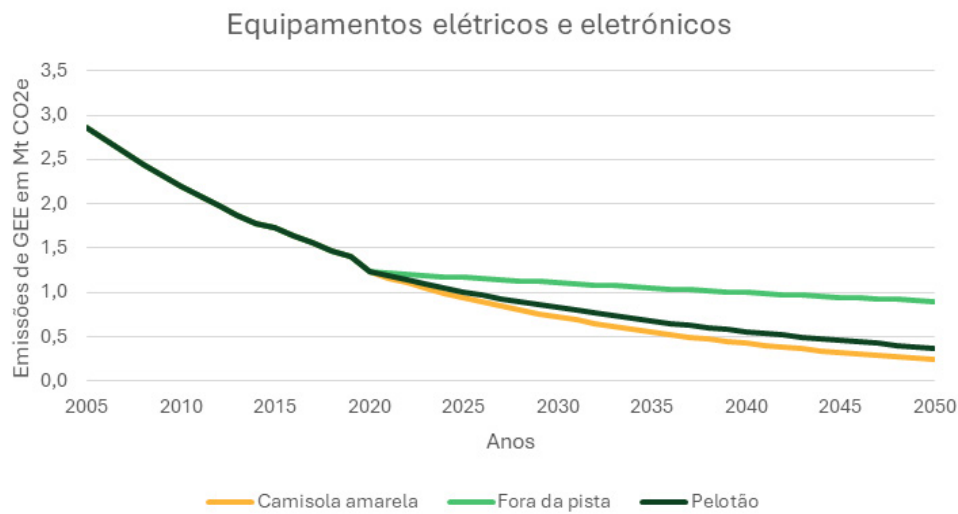


Figura 12 - Trajetórias de descarbonização para o setor eletromecânico.

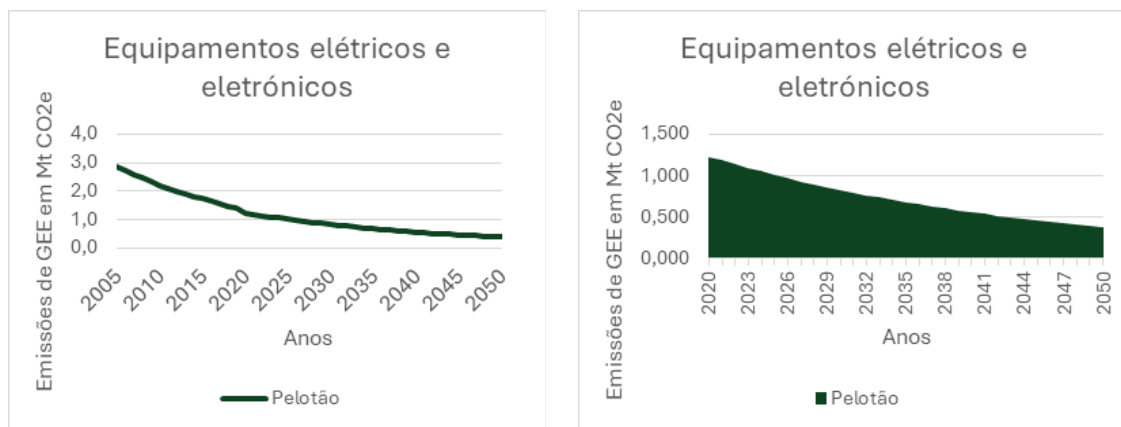


Figura 13 - Trajetórias de descarbonização para o cenário Pelotão (à direita detalhe 2020 a 2050).

No cenário Pelotão, as empresas do setor poderão reduzir as suas emissões até 87% face a 2005, o que corresponde uma redução de 69% face a 2020 (últimos dados oficiais do setor)¹.

Apresentam-se de seguida as medidas que poderão ser implementadas pelas empresas, por eixo estratégico, para alcançar a redução de emissões pretendida e que permitirá alcançar os objetivos nacionais de neutralidade carbónica.

Eixo 1 - Transição e eficiência energética

O setor eletromecânico em Portugal já iniciou o caminho da transição e eficiência energética, que é extremamente relevante para a redução de emissões do setor.

A auscultação a empresas do setor permitiu identificar medidas já implementadas, tais como: a autoprodução de energia através de painéis fotovoltaicos e a substituição de equipamentos por outros mais eficientes. No entanto, será necessário continuar a investir na transição energética, nomeadamente:

- em soluções de armazenamento de energia, otimização e eficiência de consumos dos equipamentos;
- em digitalização, robotização e automação de processos.

Tópico	Medidas	Âmbito	Potencial de redução de CO ₂ e			
Fontes de energia renovável	Transição energética para energias renováveis 100% (solar, eólica, hidroelétrica)	2				
	Aumento da autoprodução de energia elétrica (já que a grande maioria das empresas apresenta uma autoprodução até 40%)	2				
Eficiência energética	Otimização do consumo de energia das instalações e implementação da gestão técnica dos edifícios	2				
	Eficiência energética dos equipamentos e iluminação de baixo consumo	1 & 2				
	Recuperação de calor dos altos fornos e outros equipamentos	1 & 2				
	Soluções com menor consumo de energia, no arrefecimento das máquinas e das baterias	2				
Eletrificação	Eletrificação de todo o aparelho produtivo a partir de energia renovável	2				
	Desenvolvimento de soluções de armazenamento de energia	2				
	Eletrificação da frota e veículos de armazém	2				

Tópico	Medidas	Âmbito	Potencial de redução de CO ₂ e			
Gestão dos consumos de energia	Eficiência energética no processo de automação industrial, a nível da modernização de plantas e layouts industriais e processos produtivos e de controle	1 & 2				
	Digitalização, robotização e automação dos processos	2				

Tabela 6 - Potencial de redução de CO₂ para medidas do eixo Transição e Eficiência Energética do Cenário Pelotão.

Eixo 2 - Economia circular

A economia circular também já está presente no setor eletromecânico, através da introdução de novos materiais 100% recicláveis, o que é muito relevante para a redução das emissões de GEE. Apesar disso, é necessário:

- reforçar a oferta de produtos verdes como o *greensteel* e *Direct Reduction Iron (DRI)*;
- investir em *eco-design* de forma a analisar o ciclo de vida dos materiais, permitindo reduzir os impactos ambientais e aumentar o ciclo de vida dos produtos;
- aumentar a percentagem de materiais reciclados no processo produtivo, contribuindo assim diretamente para a economia circular.

Tópico	Medidas	Âmbito	Potencial de redução de CO ₂			
Produção de materiais verdes	Aumento do uso de matéria-prima produzida utilizando <i>Greensteel</i> e <i>Direct Reduction Iron (DRI)</i> para redução de emissões de CO ₂	3				
	Desenvolvimento de novos produtos com materiais alternativos ao aço, baseados em polímeros 100% biodegradáveis	3				
	Produção de novos materiais 100% recicláveis (polietileno linear e polipropileno, entre outros)	3				
Gestão dos recursos	Otimização da utilização de recursos e reutilização de recursos (matérias-primas, água)	3				
	Redução do consumo de recursos através do processo <i>additive manufacturing (AdM)</i> , com recurso a tecnologia de impressão 3D	3				
Ciclo de vida	Extensão do ciclo de vida dos produtos	1,2 & 3				

Tópico	Medidas	Âmbito	Potencial de redução de CO ₂			
Eco design	Co-design e otimização dos processos produtivos com os departamentos de engenharia	1,2 & 3				
Reutilização	Utilização de resíduos industriais e de sucata para redução do consumo de matéria-prima virgem	3				

Tabela 7 - Potencial de redução de CO₂ para medidas no eixo Economia Circular do Cenário Pelotão.

Eixo 3 - Otimização e flexibilidade produtiva

Ao nível da otimização e flexibilidade produtiva, o setor em Portugal ainda está numa fase prematura. Tal como já começou a ser feito por outros países, é preciso apostar em:

- novas tecnologias de produção;
- investimento colaborativo para produtos de baixo teor em carbono.

Tópico	Medidas	Âmbito	Potencial de redução de CO ₂			
Otimização do processo	Desenvolvimento de semicondutores, implementação de sistemas de metrologia de precisão, soluções de software para otimização do processo de litografia	1 & 2				
	Novas tecnologias para reduzir o desperdício de matérias-primas e aumentar a taxa de reciclagem	3				
	Novas tecnologias de produção, nova unidade produtiva para injeção de plásticos, injeção de moldes em multimateriais estruturas mais resistentes, soluções de testes de resistência estrutural para design mais eficiente, uso mais racional de materiais, e redução de tempo de cura ou temperatura no tratamento de superfícies	1,2 & 3				

Tópico	Medidas	Âmbito	Potencial de redução de CO ₂		
Flexibilidade produtiva	Digitalização e automação de processos para aumentar a capacidade de produção e reduzir a intensidade carbónica	1,2 & 3			
	Novas tecnologias de produção (endurecimento por prensagem, compressão e soldadura) e reorganização dos processos em rede e eficiência energética das máquinas	1,2 & 3			
	Utilização da robótica e de sensores em componentes para monitorizar a manutenção	1 & 2			
	Desenvolvimento da oferta de serviços de design, engenharia, <i>procurement</i> e produção de soluções para indústria	1,2 & 3			

Tabela 8 - Potencial de redução de CO₂ para medidas no eixo Otimização e Flexibilidade Produtiva do Cenário Pelotão.

Eixo 4 - Cadeia de fornecimento

Um dos eixos com maior impacte potencial na redução de emissões do setor é a cadeia de fornecimento, para o qual será necessário:

- colaboração entre os vários intervenientes da cadeia de valor;
- implementação de práticas de compras sustentáveis;
- soluções de transporte mais sustentável;
- investimento em novas tecnologias.

Tópico	Medidas	Âmbito	Potencial de redução de CO ₂			
Práticas de compras	Processos de conformidade e compras, através do envolvimento com fornecedores e compromisso com as normas líderes do setor, isto é, privilegiar compras a fornecedores com práticas sustentáveis, implementar estratégias de procurement com requisitos ambientais (EPD), como por exemplo Greensteel através de DRI (Direct Reduced Iron)	3	■			
	Seleção de meios de transporte e parceiros que permitam reduzir a pegada de carbono do transporte	3	■	■		
	Gestão rigorosa na cadeia de valor dos EEE, intervindo nos processos de recolha seletiva, transporte, tratamento, valorização e reciclagem	3	■	■		
	Compra de material com a medida certa, fácil reaproveitamento de sobras, e reciclagem de consumíveis	3	■			
Tecnologia	Digitalização, robótica, recolha de dados através sensores para evitar desperdícios e otimizar as cargas	1 & 3	■			

Tabela 9 - Potencial de redução de CO₂ para medidas do eixo Cadeia de Fornecimento do Cenário Pelotão.

Eixo 5 - Digitalização de processos

O setor eletromecânico já iniciou a transição para a digitalização e robotização, sendo necessário:

- continuar o investimento e acompanhar as tendências do mercado;
- transição para de sistemas de produção ciberfísicos.

Tópico	Medidas	Âmbito	Potencial de redução de CO ₂			
Automação do processo produtivo	Digitalização e robotização na fábrica dos processos de lavagem, montagem, teste e outos	2 & 3	■			
	Sistemas de produção ciberfísicos que permitem o desenvolvimento de moldes 4G inteligentes, gestão otimizada de ativos renováveis, elevada capacidade de recolha, processamento e comunicação de dados, e o controle e otimização de ativos, considerando restrições ambientais	2	■			

Tabela 10 - Potencial de redução de CO₂ para medidas do eixo Digitalização de Processos do Cenário Pelotão.

6.3. Trajetória para o cenário Camisola Amarela

No cenário Camisola Amarela, prevê-se um alargamento das linhas de financiamento verde e o fortalecimento do posicionamento da EU, beneficiando a competitividade das empresas ao nível da inovação, devido à maior disponibilidade de financiamento.

Espera-se também uma alteração estrutural e transversal das cadeias de produção, com o aumento da economia circular e a redução do consumo de matérias-primas virgens, aumentando a resiliência nas cadeias de fornecimento de matérias-primas.

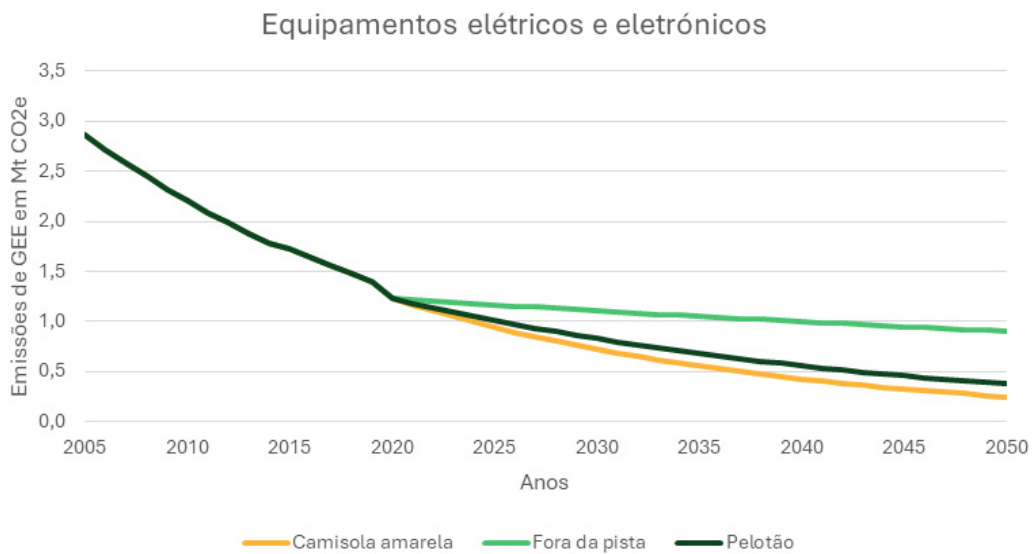


Figura 14 - Trajetórias de descarbonização para o setor eletromecânico.

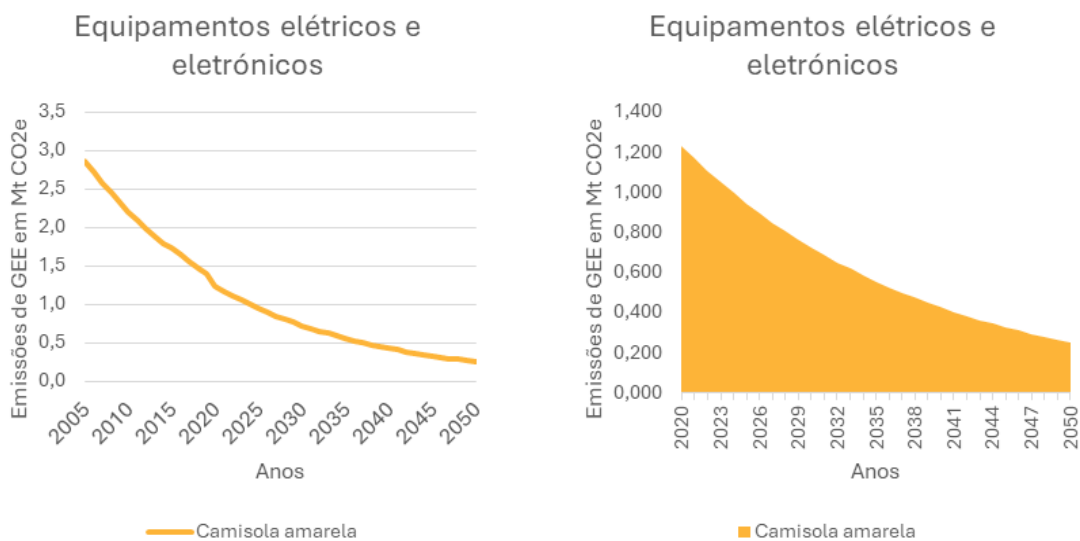


Figura 15 - Trajetórias de descarbonização para o cenário camisola amarela (à direita detalhe 2020 a 2050).

Numa perspetiva incremental, com a implementação das medidas que se seguem, a crescer à implementação das medidas apresentadas para o cenário Pelotão, em cada um dos eixos estratégicos, prevê-se a redução das emissões de GEE até 91% face a 2005, o que corresponde uma redução de 80% face a 2020 (últimos dados oficiais do setor)¹.

Assim, para que as empresas do setor eletromecânico atinjam a descarbonização ambiciosa, traçada para o cenário camisola amarela, será necessário:

- investimento na produção de energia por hidrogénio verde;
- isenção da utilização de produtos com lítio e cobalto no processo produtivo, devido às grandes emissões que estão associadas na exploração destas matérias-primas;
- investimento em projetos de carbono, sequestrando as emissões que não podem ser evitadas;
- transformação das instalações de produção em *smart factories* onde se verifica a robotização total dos processos de produção.

Eixo 1 - Transição e eficiência energética

Tópico	Medidas	Âmbito	Potencial de redução de CO ₂			
Eletrificação	Eletrificação de todos os consumos provenientes de combustíveis fósseis					
Fontes de energia	Investimento no desenvolvimento de produção de energia por hidrogénio verde	1				

Tabela 11 - Potencial de redução de CO₂ Potencial de redução de CO₂ para medidas do eixo Transição e Eficiência Energética.

Eixo 2 - Economia circular

Tópico	Medidas	Âmbito	Potencial de redução de CO ₂			
Produtos	Produtos isentos de Lítio e Cobalto para produção dos produtos	3				

Tabela 12 - Potencial de redução de CO₂ Potencial de redução de CO₂ para medidas do eixo Economia Circular do Cenário Camisola Amarela.

Eixo 3 - Otimização e flexibilidade produtiva

Tópico	Medidas	Âmbito	Potencial de redução de CO ₂			
Projetos de carbono	Compensação de emissões que não podem ser evitadas pela tecnologia existente, com investimento em projetos de proteção climática	1,2 & 3	■	■	■	■
	Desenvolvimento de tecnologia de sequestro de CO ₂	1,2 & 3	■	■	■	■

Tabela 13 - Potencial de redução de CO₂ Potencial de redução de CO₂ para medidas do eixo Otimização e Flexibilidade Produtiva do Cenário Camisola Amarela.

Eixo 5 - Digitalização de processos

Tópico	Medidas	Âmbito	Potencial de redução de CO ₂			
Tecnologia	Transformação das instalações de produção em smart factories que se materializa na robotização total dos processos	2 & 3	■	■	■	■

Tabela 14 - Potencial de redução de CO₂ Potencial de redução de CO₂ para medidas do eixo Digitalização de Processos do Cenário Camisola Amarela.

7. Tecnologias de descarbonização para o setor eletromecânico

7. Tecnologias de descarbonização para o setor eletromecânico

O paradigma industrial contemporâneo enfrenta um desafio sem precedentes: a transformação tecnológica do modelo produtivo vigente e o alcance das metas definidas no Roteiro de Neutralidade Carbónica 2050. Este processo estende-se até 2050 e representa uma inflexão crítica na trajetória do setor eletromecânico, orientando-o rumo à descarbonização e a uma nova revolução industrial. Historicamente, a eficiência e eficácia produtivas eram mensuradas primordialmente por métricas financeiras, resultando em níveis de intensidade carbónica sem precedentes. Contudo, o paradigma atual solicita a incorporação de variáveis ambientais na equação produtiva.

O progresso tecnológico observado nas últimas décadas propiciou avanços significativos no setor eletromecânico, elevando-o a patamares de excelência operacional notáveis. Projeta-se que esta evolução continuará a gerar soluções com impacto positivo no processo de descarbonização industrial¹⁹.

Assim de forma a apoiar as empresas no cumprimento das medidas apresentadas para cada um dos eixos estratégicos já referidos, foram identificadas tecnologias disponíveis no mercado à data de hoje, ou em processo de desenvolvimento e investigação. É o caso de tecnologias de aumento de eficiência em fornos elétricos, painéis solares, processos de digitalização e controlo remoto como os *Smart Grids*, sensores de atividade ou Digital Twins, de acordo com a “listagem de boas práticas de medidas de descarbonização no setor eletromecânico”²⁰.

Todas as tecnologias apresentadas estão ligadas a, pelo menos, um eixo estratégico identificado, sendo que muitas delas abrangem mais do que uma área, potenciando sinergias ou outras tecnologias associadas e promovendo a aceleração da descarbonização do setor eletromecânico e da cadeia de valor.

Considerando o principal objetivo de redução das emissões de GEE, para cada tecnologia é sempre apresentado o potencial de redução de emissões, o âmbito (1,2 ou 3) a que correspondem as emissões e o horizonte temporal de implementação.

7.1. Transição e eficiência energética

A transição para um setor eletromecânico mais eficiente é impulsionada pela adoção de tecnologias inovadoras que promovem a transição e eficiência energética¹⁹. Estas, para além de reduzirem o consumo de energia, contribuem para mitigar a pegada de carbono das operações industriais e para a descarbonização do setor.

¹⁹ [Regulamento \(UE\) 2024/1735 do Parlamento Europeu e do Conselho.](#)

²⁰ [Listagem de boas práticas para a descarbonização do setor.](#)

A integração de fontes renováveis, como a energia solar, na matriz energética das indústrias eletromecânicas, é uma estratégia eficaz para reduzir a dependência de fontes externas e controlar os custos energéticos⁴. Outras estratégias com vista à melhoria da eficiência energética dos consumos, são a substituição de equipamentos por outros mais eficientes, a substituição das fontes de energia por eletricidade (eletrificação dos consumos) ou a substituição por combustíveis menos intensivos em carbono, como o hidrogénio verde.

Na Tabela 15 encontram-se listadas as principais tecnologias disponíveis atualmente, e mais utilizadas pelas empresas do setor²¹, com as principais vantagens e/ou desvantagens, potencial de redução de CO₂ e horizonte temporal de implementação.

21 Avaliado por meio de entrevistas a empresas do setor e associados ANEME/AIDA.

Tipologia	Nome	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Potencial de redução de CO ₂	Âmbito	Horizonte temporal para implementação
Fontes de energia renovável Fontes de energia renovável	Painéis fotovoltaicos de silício cristalino - Monocristalinos	Células solares feitas de silício monocristalino, (altamente purificado e cristalizado).	<ul style="list-style-type: none"> • Vida útil longa – 25 a 30 anos; • Alta eficiência de conversão de energia solar em eletricidade (até 25%); • Menor dependência da rede; • Benefícios fiscais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado. 	Elevado	2	Médio prazo
	Painéis fotovoltaicos HJT (<i>Heterojunction</i>)	Tecnologia de alta eficiência mais recente - combina as vantagens dos painéis monocristalinos e dos filmes finos.	<ul style="list-style-type: none"> • Alta eficiência de conversão de energia solar em eletricidade; • Menor dependência da rede. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produto em fase de conceção; • Investimento inicial elevado. 	Elevado	2	Médio prazo
	Painéis fotovoltaicos bifaciais	Os painéis bifaciais captam luz tanto pela parte frontal quanto pela parte traseira, o que aumenta a eficiência geral do sistema.	<ul style="list-style-type: none"> • Maior aproveitamento do raio solar, maior eficiência na produção; • Menor dependência da rede. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado. 	Elevado	2	Médio prazo
	<i>Pumped Hydro Storage</i> (Hídrica com bombagem)	Bombeamento de água de um reservatório de um nível inferior, para um outro de nível superior, para utilização como fonte de eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> • Alta Eficiência 70 a 85%; • Armazenamento de grande escala; • Resposta rápida à procura; • Redução de custos operacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado; • Localização limitante. 	Moderado a Elevado	2	Longo prazo
Eletrificação de equipamentos	Fornos elétricos	Soluções mais comuns e eficientes para processos industriais que exigem aquecimento, fusão ou tratamento térmico de materiais.	<ul style="list-style-type: none"> • Controle preciso de temperatura; • Eficiência Energética; • Menor emissão de CO₂; • Manutenção menos complexa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado, com tendência decrescente com tempo. 	Elevado	1 & 2	Longo prazo

Tipologia	Nome	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Potencial de redução de CO ₂	Âmbito	Horizonte temporal para implementação
Eletrificação de equipamentos	<i>Electric Heat Pump</i>	Dispositivo para transferir calor de um local para outro, utilizando eletricidade.	<ul style="list-style-type: none"> • 200% a 300% mais eficientes do que as caldeiras tradicionais; • Ideal até temperaturas de 100 graus; • Custo-benefício positivo a médio-prazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado face a sistemas de aquecimento tradicionais. 	Moderado	1 & 2	Longo prazo
Combustíveis de baixo-carbono	Caldeiras sustentáveis a biomassa	Soluções sustentáveis por utilizar biomassa ou outras fontes alternativas ao combustível para produção de vapor e aquecimento.	<ul style="list-style-type: none"> • Menor emissão de CO₂; • Eficiência energética; • Poupanças de custos a longo prazo; • Cogeração: produção de calor e eletricidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caldeiras mais dispendiosas do que as convencionais; • Requer manutenção constante. 	Moderado	1	Médio prazo
	Caldeiras Híbridas	Caldeiras que podem alternar instantaneamente entre eletricidade e gás natural como fonte energética.	<ul style="list-style-type: none"> • Tirar partido da flutuação dos preços da eletricidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologia dispendiosa; • Tecnologia não “verde”. 	Baixo a Moderado	1 & 2	Médio prazo
	Hidrogénio Verde (Eletrolisadores de óxido sólido)	Utilização de água e dióxido de carbono, que, passando por um processo eletroquímico, decompõem-se nos seus componentes individuais, formando Hidrogénio.	<ul style="list-style-type: none"> • Redução das emissões de gases com efeito de estufa; • Flexibilidade e armazenamento de energia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo de produção do hidrogénio é atualmente mais caro que os métodos tradicionais, mas com tendência a baixar. 	<p>Elevado, se utilizar fontes renováveis;</p> <p>Moderado, caso utilize combustíveis fósseis.</p>	1	Longo prazo
Combustíveis de baixo-carbono	Sistemas de Cogeração	A cogeração é um processo altamente eficiente de produção simultânea de eletricidade e calor útil, aproveitando a energia térmica.	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência Energética Elevada; • Redução de Custos Energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado; • Complexidade na operação e manutenção; • Espaço físico necessário. 	Moderado a Elevado	2	Curto - Médio prazo

Tipologia	Nome	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Potencial de redução de CO ₂	Âmbito	Horizonte temporal para implementação
Combustíveis de baixo-carbono	Veículos híbridos e Elétricos	Veículos, menos poluentes reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis.	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência energética; • Redução do impacto ambiental; • Redução da manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial mais elevado comparativamente aos tradicionais a combustão. 	Moderado	1	Curto prazo
Gestão e monitorização	<i>Digital Grid Management</i> (redes elétricas inteligentes)	Sistema avançado de gestão de redes elétricas que utiliza tecnologias digitais para monitorar, controlar e otimizar a distribuição de energia elétrica.	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicação bidirecional entre fornecedor e consumidor; • Otimização de custos energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado, mas com possibilidade de financiamento público e comunitário. 	Baixo	2	Curto prazo
	Medidores inteligentes, Sistemas de Gestão de Energia, <i>IoT</i> , <i>Machine learning</i>	Monitorização contínua dos consumos energéticos dos equipamentos e sistemas.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação de ineficiências; • Oportunidades de otimização. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento baixo para medidores inteligentes; • Investimento moderado para EMS e <i>IoT</i>; • Investimento elevado para <i>Machine learning</i>. 	Baixo a moderado	2	Curto prazo
	Iluminação LED	Tecnologia mais eficiente e sustentável.	<ul style="list-style-type: none"> • Oferecem maior durabilidade; • Menor consumo de energia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento baixo. 	Baixo	2	Curto prazo

Tabela 15 - Tecnologias para o eixo Transição e Eficiência Energética.

7.2. Economia circular

A passagem de uma economia baseada em produção linear para um processo de produção circular, pressupõe pensar os produtos para a sua reutilização, reparação, readaptação e reciclagem, no fim de vida. Esta mudança será decisiva para a transformação da indústria e, em particular, da indústria eletromecânica²².

A regulamentação recente incide sobre a alteração da produção e industrialização ao longo da cadeia de valor, valorizando a análise de ciclo de vida dos produtos, bem como a adoção dos princípios de eco design na fase de conceção do produto²³. Existem atualmente tecnologias disponíveis para promover a economia circular no setor eletromecânico, identificadas na Tabela 16.

22 [Economia circular: definição, importância e benefícios.](#)

23 Regulamento (UE) 2019/2020.

Tipologia	Nome	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Potencial de redução de CO ₂	Âmbito	Horizonte temporal para implementação
Produção de novos materiais	Impressão 3D utilizando materiais reciclados (polímeros)	Impressão <i>in house</i> de prototipagem ou objetos sob pedido	<ul style="list-style-type: none"> • Produção sob medida e pedido (<i>on demand</i>); • Ferramentas únicas e especiais; • Produção de maquetes; • Eficiência no consumo de matéria-prima a médio-prazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado. 	Moderado	1, 2 & 3	Médio prazo
Gestão eficiente de recursos	Utilização matéria-prima reciclada	Garantir que não é utilizada mais do que 5-10% de matéria-prima virgem/ano para introdução no processo.	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do impacto ambiental; • Custos operacionais mais baixos; • Custo-benefício positivo a médio-prazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade de materiais pode ser limitada; • Custos iniciais elevados de adaptação à incorporação da matéria-prima no processo. 	Moderada a Baixa (visto que muitas empresas já utilizam matéria-prima reciclada)	3	Curto Prazo
	Reutilização de água para refrigeração	Ações como o aproveitamento de água pluvial ou reciclada, em processos que não exijam água potável.	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição de custos operacionais; • Resiliência hídrica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependência da disponibilidade de recursos; • Custo inicial de sistemas de captura elevada. 	Baixa	3	Curto Prazo

Tipologia	Nome	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Potencial de redução de CO ₂	Âmbito	Horizonte temporal para implementação
Gestão eficiente de recursos	Otimização dos processos para redução do desperdício através de IoT, ERP, IA e LEAN Manufacturing	Conceção e fabrico de produtos de forma a facilitar a sua posterior reutilização, desmantelamento e reciclagem, com peças ou módulos facilmente substituíveis, reparados ou atualizados, feito através de estratégias de design modular de equipamentos.	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do consumo de recursos; • Redução dos consumos de energia e água; • Aumento da eficiência; • Investimento inicial baixo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de manutenção. 	Baixo	1, 2 & 3	Curto prazo
	Produção de novos materiais (verdes)	Produção de novos materiais 100% recicláveis (ex: através de polietileno linear e polipropileno).	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do impacte ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo das matérias-primas mais elevado; • Qualidade dos materiais poderá ser inferior aos virgens. 	Moderado	3	Longo prazo

Tabela 16 - Tecnologias para o eixo Economia Circular.

7.3. Otimização e flexibilidade produtiva

O planeamento e controlo da atividade industrial é crucial para o processo de descarbonização do setor. Este processo exige uma abordagem estruturada, focada não apenas na produção como output do produto, mas no ciclo de vida da produção, otimizando os recursos, rendimentos e reduz os resíduos e as emissões de GEE. Além disso, a estruturação adapta a produção à procura do mercado (*on demand*), evitando custos necessários com a produção e armazenamento.

Para alcançar esses objetivos e com a qualidade desejada, é essencial implementar sistemas avançados de gestão da produção e cadeia de suprimentos, como as soluções *Enterprise Resources Planning – ERP*, *Supplier Relationship Management – SRM*, *Digital Assembly Process em conjunto com tecnologia RFID (Radio frequency identification)*, que proporcionam uma visão integrada de todos os aspetos da atividade industrial (Tabela 17). Estes sistemas ajudam no controlo preciso do inventário e na alocação eficiente de recursos, além de possibilitar o acesso a dados de forma remota e acessível e de planear processos de manutenção e reparação, reduzindo assim o número de paragens não programadas²⁴.

24 ISO 9001 (Gestão da Qualidade)

Tipologia	Nome	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Potencial de redução de CO ₂	Âmbito	Horizonte temporal para implementação
Produção de novos materiais	Impressão 3D utilizando materiais reciclados (polímeros)	Impressão <i>in house</i> de prototipagem ou objetos sob pedido	<ul style="list-style-type: none"> • Produção sob medida e pedido (<i>on demand</i>); • Ferramentas únicas e especiais; • Produção de maquetes; • Eficiência no consumo de matéria-prima a médio-prazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado. 	Moderado	1, 2 & 3	Médio prazo
Gestão eficiente de recursos	Utilização matéria-prima reciclada	Garantir que não é utilizada mais do que 5-10% de matéria-prima virgem/ano para introdução no processo.	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do impacto ambiental; • Custos operacionais mais baixos; • Custo-benefício positivo a médio-prazo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade de materiais pode ser limitada; • Custos iniciais elevados de adaptação à incorporação da matéria-prima no processo. 	Moderada a Baixa (visto que muitas empresas já utilizam matéria-prima reciclada)	3	Curto Prazo
	Reutilização de água para refrigeração	Ações como o aproveitamento de água pluvial ou reciclada, em processos que não exijam água potável.	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição de custos operacionais; • Resiliência hídrica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependência da disponibilidade de recursos; • Custo inicial de sistemas de captura elevada. 	Baixa	3	Curto Prazo

Tabela 17 - Tecnologias para o eixo Otimização e flexibilidade produtiva.

7.4. Cadeia de fornecimento

A gestão eficiente da cadeia de fornecedores é essencial para o sucesso das organizações no mundo atual, onde a agilidade, produtividade e precisão são fundamentais²⁵. Com o avanço tecnológico recente, diversas inovações estão a transformar a forma como as empresas geram e controlam as suas operações, desde o fornecimento de matérias-primas até a entrega final ao cliente.

A adoção de tecnologias não apenas melhora a eficiência operacional, mas também proporciona vantagens competitivas significativas²⁶. A *IoT*, *internet of things*, por exemplo, permite a conexão e comunicação em tempo real entre dispositivos e sensores, possibilitando a recolha de dados precisos ao longo da cadeia, resultando numa maior visibilidade e monitorização contínua dos produtos, otimizando o planeamento logístico e a previsão de necessidades de material. (Tabela 18). Outra tecnologia importante é a substituição da frota automóvel e de veículos pesados, por fontes de energia mais limpa, capazes de evitar ou reduzir as emissões de carbono e de se adaptarem às novas exigências regulamentares²⁷.

25 ISO 28000 (Gestão da Segurança da Cadeia de Suprimentos).

26 Porter, M. & Heppelmann, J - "How Smart, Connected Products Are Transforming Competition".

27 Regulamento (UE) 2019/631.

Tipologia	Nome	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Potencial de redução de CO ₂	Âmbito	Horizonte temporal para implementação
Transporte e distribuição a montante e jusante	Transportes a Bio fuel	Transporte terrestre de carga movido a combustível biológico - <i>bio-fuel</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da pegada de carbono da cadeia de valor; • Programas para financiamento internacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado na substituição da frota; • Investimento moderado em postos de abastecimento. 	Moderado	1	Médio Prazo
	Veículos elétricos	Veículos industriais de transporte de carga movidos a energia elétrica	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da pegada de carbono da cadeia de valor; • Programas para financiamento internacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado na substituição da frota; • Investimento moderado em postos de abastecimento. 	Elevado	2	Médio Prazo
	Veículos a hidrogénio verde	Veículos industriais de transporte de carga movidos a hidrogénio verde	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da pegada de carbono da cadeia de valor; • Programas para financiamento internacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado na substituição da frota; • Investimento moderado em postos de abastecimento. 	Elevado	1	Longo Prazo
Compras mais sustentáveis	Eficiência nos processos de compra	Compra de materiais na medida exata, com foco no reaproveitamento de sobras e reciclagem de consumíveis	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de desperdícios; • Custos operacionais menores; • Maior eficiência no uso de recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer planeamento detalhado; • Necessidade de sistemas precisos de previsão de consumo. 	Baixo	3	Curto Prazo

Tipologia	Nome	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Potencial de redução de CO ₂	Âmbito	Horizonte temporal para implementação
Compras mais sustentáveis	Política de Compras Sustentáveis	Implementação de critérios ambientais para seleção de fornecedores e auditorias para verificação	<ul style="list-style-type: none"> • Redução de impacto ambiental; • Incentivo à adoção de práticas sustentáveis pelos fornecedores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Auditorias podem ser dispendiosas; • Resistência de fornecedores não alinhados com os critérios. 	Moderado	3	Médio Prazo
	Certificações verdes da matéria-prima	Certificações verdes com impacto no setor eletromecânico, como é o caso do <i>Greensteel</i> e, de forma complementar, a consideração de estratégias de <i>procurement</i> através de <i>DRI (Direct Reduced Iron)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Redução das emissões de GEE; • Maior eficiência energética. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado; • Custos de certificação elevado; • Disponibilidade limitada de hidrogénio verde. 	Elevado	1,2 & 3	Longo Prazo
Sistemas de gestão	<i>Enterprise Resources Planning - ERP</i>	Sistema de gestão que permite acesso fácil, integrado e confiável aos dados de uma empresa, em tempo real e toda a sua cadeia de valor	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo de recursos e ativos; • Controlo da cadeia de fornecedores; • Gestão de produção de encomendas e stocks; • Acesso remoto a dados e em tempo real. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado, na aquisição dos softwares (quanto mais completos e integrados, mais dispendiosos). 	Moderado	3	Médio Prazo

Tabela 18 - Tecnologias para o eixo Cadeia de fornecimento.

7.5. Digitalização de processos

Prevê-se que a alteração de processos estruturais de produção, pela digitalização, irá transformar as atividades e rotinas manuais em processos digitais, através do uso de softwares, sistemas e *clouds*²⁸. A transição digital aumenta a eficiência operacional, controlo e análise de dados de forma remota, reduzindo custo de operação (Tabela 10).

28 World Economic Forum – "The Future of Manufacturing: Digital Transformation and Industrial Innovation".

Tipologia	Nome	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Potencial de redução de CO ₂	Âmbito	Horizonte temporal para implementação
Robotização de processos	<i>Robotic Process Automation</i>	Tecnologia de automação que utiliza softwares robôs para executar tarefas repetitivas e padronizadas anteriormente realizadas por pessoas	<ul style="list-style-type: none"> • Otimização do tempo; • Mitigação de erros e falhas; • Operação ininterrupta; • Tecnologia massificada em processos de suporte à atividade (finança, gestão, engenharia, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial moderado, com tendência a decrescente. 	Moderado	1,2 & 3	Médio Prazo
	Sistemas de produção ciberfísicos (CPS)	Os CPS tornam a produção mais eficiente, inteligente e conectada. Através da integração das máquinas, sensores, software e inteligência artificial para monitorar e otimizar processos industriais em tempo real	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da eficiência e produtividade; • Automação inteligente; • Manutenção preditiva; • Redução de custos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado; • Riscos de segurança Cibernética; • Mão de obra qualificada. 	Elevado	1,2 & 3	Médio prazo
Inteligência artificial	<i>Industrial Intelligence</i> - IA	Ferramentas de Inteligência Artificial com capacidade algorítmica e processamento de dados	<ul style="list-style-type: none"> • Análise preditiva altamente eficiente; • Maior produtividade operacional e redução de tempos de inatividade; • Previsão de necessidade energética antecipada; • Acesso remoto a dados em tempo real; • Possibilidade de aquisição progressiva e sistematizada, consoante necessidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado. 	Moderado	1,2 & 3	Médio Prazo

Tipologia	Nome	Descrição	Vantagens	Desvantagens	Potencial de redução de CO ₂	Âmbito	Horizonte temporal para implementação
Inteligência artificial	Realidade Aumentada (RA)	Tecnologia para ampliação de plantas industriais, realocação de equipamentos e simulação de ambientes operacionais	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos de ampliação de plantas industriais; • Realocação de equipamentos e tubulações; • Simulação de ambientes operacionais para formação de segurança e formação técnica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado; • Infraestrutura digital robusta. 	Baixo	1,2 & 3	Longo Prazo
Sistemas de gestão	<i>Enterprise Resources Planning - ERP</i>	Sistema de gestão que permite acesso fácil, integrado e confiável aos dados de uma empresa, em tempo real e toda a sua cadeia de valor	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo de recursos e ativos; • Gestão e operacionalização de processos de negócio; • Gestão do processo financeiro; • Gestão de produção, encomendas e stocks; • Acesso remoto a dados otimizados e em tempo real; • Ajuda na tomada de decisão; • Possibilidade de aquisição por módulos (finanças, RH, produção, , vendas e <i>procurement</i>, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento inicial elevado, na aquisição dos softwares (quanto mais completos e integrados, mais dispendiosos). 	Moderado	3	Médio Prazo

Tabela 19 - Tecnologias para o eixo Digitalização de processos.

8. Considerações finais

8. Considerações finais

A descarbonização do setor eletromecânico representa um conjunto de desafios e oportunidades para as empresas do setor. Alcançar a neutralidade carbónica em 2050, exige um planeamento a longo prazo que permita, económica e tecnologicamente, viabilizar a redução das emissões, em pelo menos 80%, face aos valores de 2005.

O Roteiro de Descarbonização do Setor Eletromecânico requer uma abordagem global e o compromisso das empresas em desenvolver esforços para pensar as suas operações numa perspetiva alargada à cadeia de valor, envolvendo todo o ciclo de vida do produto, desde a extração de matérias-primas, passando pelo transporte do produto, até ao seu destino final. Nesse sentido, é fundamental:

- A **contabilização das emissões de GEE** de forma regular (anualmente), para que as empresas possam conhecer e compreender as suas emissões (de âmbito 1,2 e 3), identificar os *hotspots* (setores com maior peso das emissões) e monitorizar as emissões ao longo do tempo. No âmbito deste Roteiro foi desenvolvido um *toolkit* para capacitar as empresas a fazê-lo.
- O **desenvolvimento de um plano de descarbonização da empresa** para garantir a atuação nas principais fontes de emissão de GEE, potenciando a redução das emissões. Através da implementação das medidas mais adequadas, e da adoção das tecnologias disponíveis mais alinhadas com os objetivos.

Através de *cinco eixos estratégicos* definidos para a descarbonização destas empresas (Transição e eficiência energética; Economia circular; Otimização e flexibilidade produtiva; Cadeia de fornecimento; Digitalização de processos), identificam-se as principais medidas de atuação e tecnologias que poderão ser utilizadas, permitindo reforçar a competitividade, promover a criação de novos postos de trabalho e contribuir para a redução das emissões de GEE do setor e nacionais (RNC2050).

A “Transição e eficiência energética” e a “Economia circular” destacam-se como os eixos de atuação com maior potencial na redução da pegada de carbono²⁹ e na mudança de paradigma industrial³⁰. Este novo paradigma industrial exige também novas competências que apelam à antecipação das empresas para o reforço da qualificação dos seus colaboradores, através da formação nas áreas ambientais (empregos verdes) e digitais³¹.

O caminho preconizado pelo Roteiro vai contribuir para que as empresas do setor eletromecânico sejam capazes de responder às novas exigências de reporte (obrigatório para as grandes empresas e voluntário para as PME), ao abrigo da Diretiva de Reporte de Sustentabilidade Corporativa³² e do Regulamento da Taxonomia³³ da UE. Com a adesão ao Roteiro, as empresas vão poder conhecer e reportar as suas emissões de GEE, as metas de descarbonização e resultados alcançados, bem

29 World Bank Group – “Climate Change Action Plan”.

30 McKinsey & Company - “The Next Horizon for Industry 4.0: Digitalization and the Role of Stakeholders”.

31 Estudo prospetivo de Novos Perfis Profissionais para o Setor (ANEME).

32 [Diretiva 2022/2464 do parlamento europeu e do conselho.](#)

33 [Dossiê interinstitucional: 2018/0178 \(COD\).](#)

como os investimentos verdes realizados (CAPEX e OPEX).

Por outro lado, a concretização das metas de descarbonização do setor eletromecânico, está dependente da cadeia de valor, pelo que as empresas devem trabalhar em conjunto com as associações setoriais que as representam (ANEME e AIDA), com os seus fornecedores, parceiros e clientes, de forma a reduzir as emissões indiretas de GEE, associadas ao âmbito 3, nomeadamente sobre as matérias-primas, transporte e energia.

Tendo em conta o desenvolvimento da sociedade e a evolução das tecnologias ao dispor, será relevante garantir a atualização periódica do Roteiro, com vista a incorporar, entre outros, o acompanhamento da evolução das alterações climáticas, bem como das políticas internacionais e europeias relevantes. Espera-se ainda, a médio prazo ter mais informação acerca da contabilização das emissões de GEE das empresas, que será de grande importância para se medir o desempenho e o alcance das metas traçadas.

CO₂ metal roadmap

Roteiro de descarbonização
do setor eletromecânico