

ROTEIRO NACIONAL DE BAIXO CARBONO 2050

OPÇÕES DE TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA
DE BAIXO CARBONO COMPETITIVA EM 2050



ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

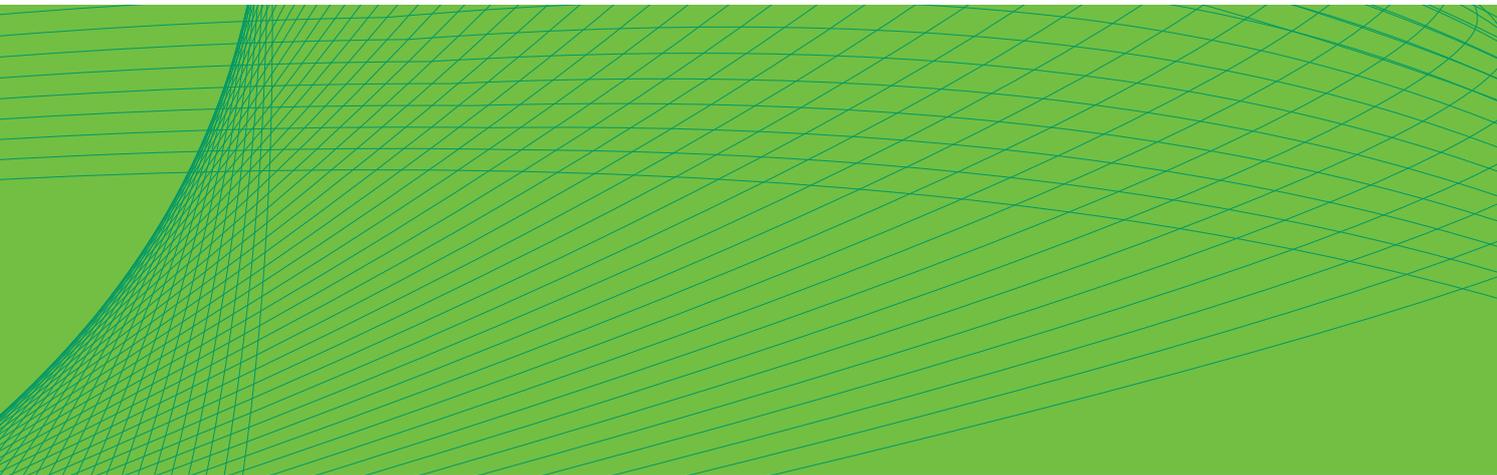
ROTEIRO NACIONAL DE BAIXO CARBONO 2050

OPÇÕES DE TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA
DE BAIXO CARBONO COMPETITIVA EM 2050

ÍNDICES

ÍNDICE GERAL

06	ÍNDICE DE FIGURAS
09	ÍNDICE DE QUADROS
13	1. ENQUADRAMENTO
17	2. POLÍTICAS CLIMÁTICAS EM PORTUGAL
21	3. EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES COM EFEITO DE ESTUFA EM PORTUGAL
27	4. METODOLOGIA
33	5. ROTEIRO DE TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO COMPETITIVA
33	5.1. Trajetórias baixo carbono para Portugal
47	5.2. Análise dos compromissos 2020
51	5.3. Viabilidade económica para cenários de baixo carbono em Portugal: sistema energético
53	5.4. Avaliação de impactes macro-económicos dos cenários de baixo carbono para Portugal: sistema energético
53	5.4.1. Impacto no PIB nacional
55	5.5. Outros Benefícios das Trajetórias Baixo Carbono
55	5.5.1. Impacto no emprego
56	5.5.2. Impacto nas emissões acidificantes: sistema energético
61	6. ANÁLISE SETORIAL
61	6.1. Energia e processos industriais
62	6.1.1. Configuração do sistema energético nacional em cenários de baixo carbono
62	6.1.2. O papel dos recursos energéticos endógenos e dependência energética



70	6.1.3. Setor electroprodutor
76	6.1.4. Setor dos transportes
79	6.1.5 Setor residencial e serviços
84	6.2. Indústria
87	6.3. Agricultura, floresta e uso do solo
87	6.3.1. Emissões específicas da agricultura Emissões de metano resultante da fermentação entérica dos animais Emissões de metano e óxido nitroso resultantes da gestão do estrume animal Emissões de metano resultante do cultivo de arroz Emissões diretas e indirectas de óxido nitroso resultantes de solos agrícolas Emissões de metano e óxido nitroso da queima de resíduos agrícolas no terreno
100	6.3.2 Emissões e Sequestro de Uso de Solo e Alterações de Uso de Solo Floresta e incêndios florestais Culturas agrícolas Pastagens Outras áreas
103	6.4 Resíduos e águas residuais
104	6.4.1 Níveis de actividade Resíduos industriais Águas residuais urbanas Águas residuais industriais
109	6.4.2 Emissões do setor Emissões pré-2005 Trade-off do sector Contribuição de subsectores
115	7. CONCLUSÕES
117	8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÍNDICE DE FIGURAS

-
- 14** Figura 1: Redução de 80 % das emissões de gases com efeito de estufa na União Europeia (100% = 1990)
-
- 21** Figura 2: Evolução das emissões nacionais de gases com efeito de estufa (GEEs) (s/ LULUCF)
-
- 22** Figura 3: Repartição das emissões nacionais por sector em 2010
-
- 23** Figura 4: Evolução das emissões setoriais em Portugal (1990-2010)
-
- 24** Figura 5: Emissões nacionais por gás
-
- 24** Figura 6: Variação das emissões e do PIB em relação a 1990 (1990=100)
-
- 35** Figura 7: Trajetórias de baixo carbono 1990-2050 nos cenários Alto (em cima) e Baixo (em baixo), com e sem restrições de emissões no sistema energético. Valores históricos de 1990 a 2010 (APA, 2012)
-
- 36** Figura 8: Trajetória esperada das emissões per capita (cima) e intensidade carbónica do PIB (baixo)
-
- 38** Figura 9: Trajetórias setoriais de baixo carbono com restrição de emissões de 60% no sistema energético; cenário Alto (em cima) e Baixo (em baixo) (1990=100%). Valores históricos de 1990 a 2010 (APA, 2012)
-
- 39** Figura 10: Trajetórias setoriais de baixo carbono com restrição de emissões de 70% no sistema energético; cenário Alto (em cima) e Baixo (em baixo) (1990=100%). Valores históricos de 1990 a 2010 (APA, 2012)
-
- 43** Figura 11: Emissões do sistema energético por sector nos cenários e trajetórias considerados
-
- 43** Figura 12: Emissões fora do CELE e abrangidas pelo CELE nos cenários e trajetórias considerados
-
- 44** Figura 13: Emissões da indústria (total em cima; combustão no meio; processos industriais em baixo) por sector nos cenários e trajetórias considerados
-
- 45** Figura 14: Emissões da agricultura por sector nos cenários e trajetórias considerados
-
- 45** Figura 15: Emissões dos resíduos por sector nos cenários e trajetórias considerados
-
- 46** Figura 16: Evolução das emissões no sector floresta e uso do solo entre 2009-2050 nos cenários Alto (em cima) e Baixo (em baixo) [valores positivos representam emissões; valores negativos representam sequestro]
-
- 54** Figura 17: Evolução do PIB nacional 1990-2050 nos cenários Alto e Baixo, nas trajetórias consideradas. Destaque da evolução dos cenários Alto (à direita em cima) e Baixo (à direita em baixo) no período 2040-2050
-

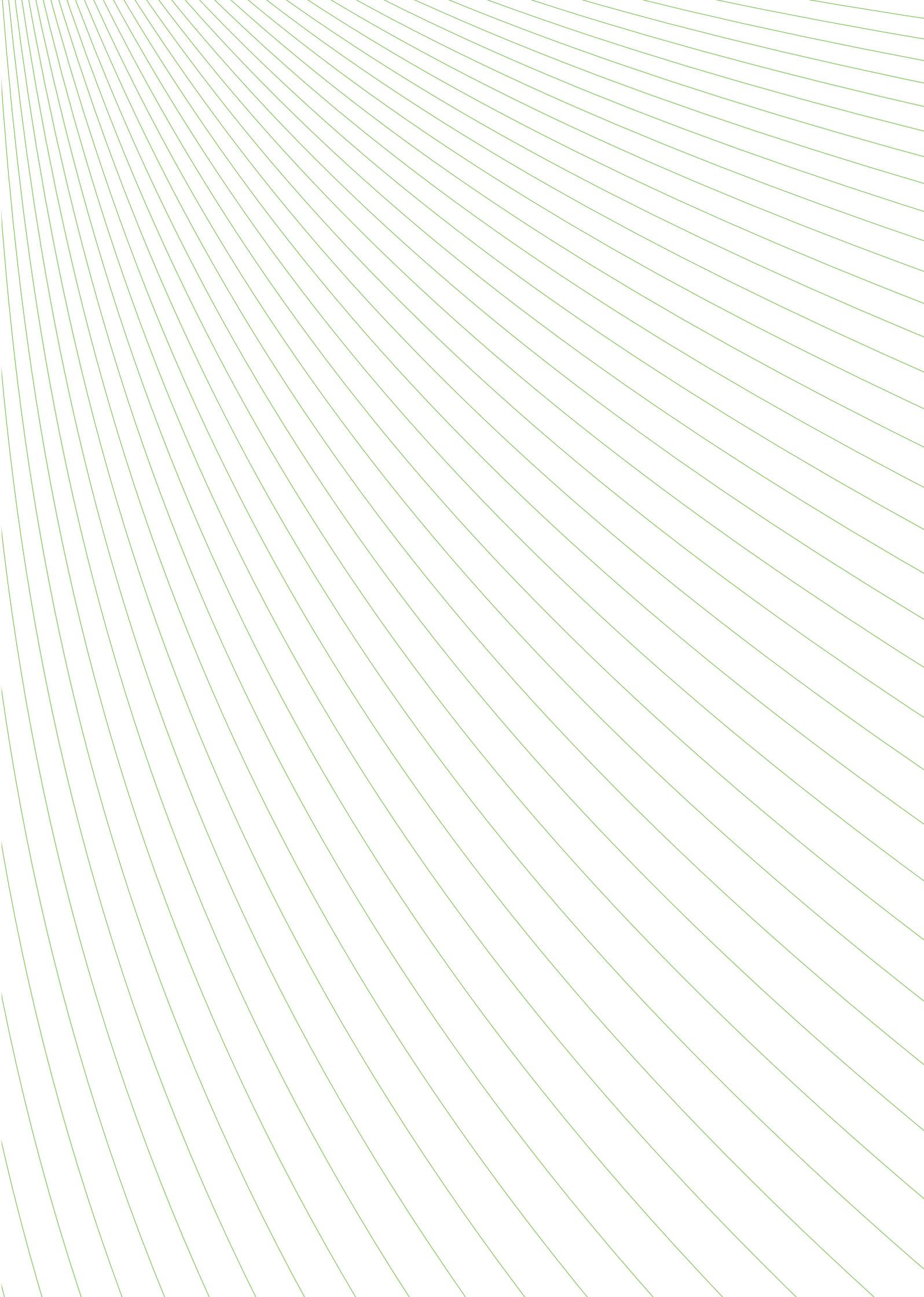
64	Figura 18: Diagrama do balanço energético em 2010
65	Figura 19: Diagrama do balanço energético em 2050 para o cenário CB60
66	Figura 20: Diagrama do balanço energético em 2050 para o cenário CA60
67	Figura 21: Diagrama do balanço energético em 2050 para o cenário CB70
68	Figura 22: Diagrama do balanço energético em 2050 para o cenário CA70
69	Figura 23: Consumo de energia primária, recursos endógenos em valores positivos e balanço líquidos de recursos importados em negativos (em cima, cenários de redução 70%; em baixo cenários de redução 60%)
73	Figura 24: Capacidade instalada para produção de electricidade (dedicada + cogeração) (em cima, cenários de redução 70%; em baixo cenários de redução 60%)
74	Figura 25: Produção Líquida de eletricidade (dedicada + cogeração) (em cima, cenários de redução 70%; em baixo cenários de redução 60%)
75	Figura 26: Consumo sectorial de electricidade mais exportações, com indicação do peso dos sectores no consumo total (exportações não incluídas na determinação do peso)
76	Figura 27: Evolução do factor de emissão do kWh
80	Figura 28: Evolução e estrutura do consumo de energia final nos transportes (rodoviário, ferroviário, aviação e navegação nacional) (valores percentuais indicam a percentagem do consumo de eletricidade no total de energia final consumida no sector)
81	Figura 29: Evolução da dinâmica de derivados de petróleo (a) gasóleo (b) gasolina (exportação representada em valores negativos) para os vários cenários analisados.
83	Figura 30: Evolução e estrutura do consumo de energia final nos edifícios residenciais e de serviços (valores percentuais indicam a percentagem do consumo de electricidade no total de energia final consumida no sector) (em cima cenário de redução 70%; em baixo cenário de redução 60%)
86	Figura 31: Evolução e estrutura do consumo de energia final na indústria (CHP não incluída) (valores percentuais indicam a percentagem do consumo de electricidade no total de energia final consumida no sector) (cenário de redução 70% em cima; cenário de redução 60% em baixo)
88	Figura 32: Evolução do total de emissões específicas da agricultura
88	Figura 33: Evolução do total de emissões específicas da agricultura por tipo de emissões
89	Figura 34: Distribuição das emissões de fermentação entérica por categoria animal
90	Figura 35: Evolução do total de emissões de metano resultante da fermentação entérica
91	Figura 36: Evolução do total de emissões (metano e óxido nitroso) de gestão de estrumes
91	Figura 37: Repartição das emissões de gestão de estrume por gás de efeito de estufa (CH ₄ e N ₂ O)

92	Figura 38: Emissões de CH ₄ da Gestão do Estrume por categoria animal
93	Figura 39: Emissões de N ₂ O da Gestão do Estrume por sistema de gestão de estrume
94	Figura 40: Evolução do total de emissões da cultura do arroz
95	Figura 41: Evolução das emissões totais dos solos agrícolas
95	Figura 42: Emissões totais dos solos agrícolas, repartidas por emissões diretas e indiretas
96	Figura 43: Emissões diretas de N ₂ O dos solos agrícolas por tipo de origem
97	Figura 44: Emissões indirectas de N ₂ O por tipo de origem
98	Figura 45: Emissões da queima de resíduos das culturas no campo por gás de efeito de estufa
99	Figura 46: Emissões da queima de resíduos das culturas no campo por cultura
99	Figura 47: Emissões totais da queima de resíduos agrícolas no terreno
101	Figura 48: Evolução das emissões e sequestro do uso de solo e alterações do uso de solo
105	Figura 49: Cenários de produção e gestão de RSU
106	Figura 50: Balanço de Gestão de RU (2020-2050)
107	Figura 51: Resíduos Industriais (RI): Níveis de actividade
108	Figura 52: Águas Residuais Domésticas: Níveis de actividade
109	Figura 53: Águas Residuais Industriais: Níveis de actividade
110	Figura 54: Sector dos Resíduos: Emissões de GEE
111	Figura 55: Sector dos Resíduos: Emissões GEE por subsetor
111	Figura 56: Contribuição das emissões pré-2005
112	Figura 57: Contribuição (2010-2050) dos subsectores para as emissões de GEE

ÍNDICE DE QUADROS

15	Quadro 1: Níveis de redução de emissões de GEE a longo prazo na EU-27
23	Quadro 2: Variação emissões sectoriais entre 1990-2010
25	Quadro 3: Intensidade carbónica do PIB em Portugal e na Europa
25	Quadro 4: Emissões per capita em Portugal e na Europa
29	Quadro 5: Designação dos cenários de baixo carbono em função dos cenários socioeconómicos e metas de redução
34	Quadro 6: Evolução de emissões nacionais de gases com efeito de estufa nas diferentes trajetórias baixo carbono consideradas (% face a 1990)
36	Quadro 7: Evolução das emissões per capita (tCO ₂ e/per capita) nas trajetórias de baixo carbono analisadas
36	Quadro 8: Evolução das emissões por PIB (tCO ₂ e/PIB) nas trajetórias de baixo carbono analisadas
40	Quadro 9: Evolução das emissões de gases com efeito de estufa, total e por sector, nas diferentes trajetórias baixo carbono analisadas (% face a 1990)
47	Quadro 10: Evolução das emissões e sequestro no sector floresta e uso do solo face a 2009
48	Quadro 11: Emissões nos setores CELE e fora do CELE em 2020 e 2030 (% de redução face a 2005)
48	Quadro 12: Indicador de eficiência energética
48	Quadro 13: Indicadores de energia renovável
50	Quadro 14: Análise de sensibilidade das emissões do sistema energético face a um cenário de restrição de emissões em 2020 além das reduções alcançadas nas trajetórias modeladas no RNBC
52	Quadro 15: Custos adicionais anuais para os cenários com restrição de emissões de GEE, face a trajetórias sem qualquer restrição
52	Quadro 16: Custos adicionais (M€ ₂₀₁₀) de importação de energia primária face a trajetórias sem meta de redução
52	Quadro 17: Custos de importação adicionais (M€ ₂₀₁₀) face aos registados em 2010 para as principais commodities importadas
52	Quadro 18: Custos de redução de CO ₂ (€ ₂₀₁₀ /t CO ₂ eq. mitigado)
54	Quadro 19: Taxas de crescimento anual do PIB (%) nas trajetórias e cenários considerados
54	Quadro 20: Variação (%) do PIB entre as trajetórias com restrições de emissões comparativamente à trajetória sem restrições

55	Quadro 21: Reduções na procura para as trajetórias com restrições de emissões face aos cenários sem restrições (total entre 2030 e 2050) [Baixo a Alto] obtidas através do modelo TIMES_PT
56	Quadro 22: Valores de emprego gerado por sector (Cenário Baixo a Cenário Alto)
57	Quadro 23: Redução de emissões de SO ₂ de uma trajetória de baixo carbono face a um cenário sem restrições de emissões, e respectiva redução do custo de dano
58	Quadro 24: Redução de emissões de NO _x de uma trajetória de baixo carbono face a um cenário sem restrições de emissões, e respectiva redução do custo de dano
70	Quadro 25: Redução de emissões no sector eletroprodutor
76	Quadro 26: Redução de emissões no sector transportes
79	Quadro 27: Redução de emissões no sector residencial e serviços
84	Quadro 28: Redução de emissões no sector indústria
88	Quadro 29: Redução de emissões no sector agricultura face a 1990 (sem emissões das atividades de combustão)
105	Quadro 30: Cenários de produção e gestão de RU
108	Quadro 31: Águas Residuais Domésticas: Níveis de atividade
110	Quadro 32: Evolução das emissões no sector resíduos



1. ENQUADRAMENTO

A elaboração do Roteiro Nacional de Baixo Carbono (RNBC) foi determinada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2010, de 26 de Novembro. O RNBC tem como objetivo o estudo da viabilidade técnica e económica de trajetórias de redução das emissões de gases com efeito de estufa em Portugal, conducentes a uma economia de baixo carbono até 2050. Visa ainda apontar orientações estratégicas para os vários setores de atividade, em linha com outros documentos análogos¹, e servir de elemento de informação e apoio à elaboração dos futuros planos nacionais de redução de emissões, em particular do Plano Nacional de Alterações Climáticas 2020 e dos Planos Setoriais de Baixo Carbono.

A visão subjacente ao RNBC está alinhada com o objetivo da União Europeia de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em 80-95% em 2050, face aos níveis de 1990, no sentido de concretizar uma transição para uma economia competitiva e de baixo carbono. De referir ainda que esta visão de longo prazo se encontra, no curto e médio prazo, enquadrada pelos objetivos energia-clima² adotados em 2009, parte integrante da Estratégia Europa 2020 para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo.

Este nível de redução de emissões enquadra-se nas mais recentes conclusões do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) no âmbito do seu quinto relatório de avaliação periódica do estado do conhecimento sobre a ciência das alterações climáticas. A União Europeia assumiu assim como seu um objetivo que o IPCC considera necessário por parte do conjunto dos países desenvolvidos³ para evitar que o aumento de temperatura por efeito das alterações climáticas exceda 2°C. Este objetivo representa uma das faces de uma moeda que prevê ainda reduções de emissões significativas por parte dos países em desenvolvimento, em relação ao nível de emissões esperado na ausência de políticas de redução de emissões. Estes dois objetivos concorrem solidariamente para a tradução do objetivo de 2°C num objetivo de redução de emissões: redução de 50% dos níveis de emissões globais em 2050, face a 1990.

A par desta ambição, recentemente reafirmada em Durban, há a considerar a expectativa generalizada da escassez progressiva de recursos energéticos fósseis e o respectivo aumento de preços, questões de segurança de abastecimento energético, a elevada competitividade das tecnologias de produção de energia de fonte renovável, como o atestam os investimentos significativos em curso (fundos privados, Set-Plan na Europa, programas de parcerias tecnológicas EUA-China), bem como o mercado integrado de energia pan-Europeu, que ambiciona assegurar a integração em larga escala de electricidade de fonte renovável.

¹ De destacar em particular a comunicação feita pela Comissão Europeia (CE) em Março de 2011, sob o título *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*.

² No âmbito do pacote energia-clima aprovado em 2009 foram estabelecidos os objetivos 20-20-20 para 2020, designadamente: reduzir as emissões de GEE em 20%; aumentar 20% a proporção de fontes de energia renováveis no cabaz energético da União Europeia; alcançar a meta de 20% estabelecida para a eficiência energética.

³ Contando com o esforço considerado necessário por parte dos países em desenvolvimento, esta redução possibilitará que as emissões mundiais em 2050 tenham diminuído 50%.

O RNBC está assim perfeitamente alinhado com as orientações políticas comunitárias neste âmbito.

No *Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*, a Comissão Europeia conclui que para conseguir converter a economia numa economia de baixo carbono competitiva, a União Europeia tem de se preparar para reduzir as suas emissões internas em 80% até 2050, comparativamente a 1990⁴. Neste contexto, constata-se que o sector da energia e processos industriais é passível de sofrer uma redução de emissões de CO₂ de cerca de 70% no período 1990 a 2050. A análise dos diversos cenários estudados pela Comissão Europeia revelou que a trajectória economicamente vantajosa seria reduzir as emissões internas cerca de 40% até 2030 e cerca de 60% até 2040, comparativamente aos níveis de 1990, e aponta para uma redução de 25% em 2020. Estes elementos são ilustrados na Figura 1. Tal trajectória corresponderia a reduções anuais, comparativamente a 1990, de cerca de 1% na primeira década, até 2020, de 1,5% na segunda década, de 2020 a 2030, e de 2% nas duas últimas décadas, até 2050. Da análise da Comissão Europeia verifica-se que todos os sectores contribuem para as reduções (Quadro 1) e o esforço necessário aumentaria ao longo do período, beneficiando da maior diversidade de tecnologias economicamente vantajosas que irá ficando disponível.

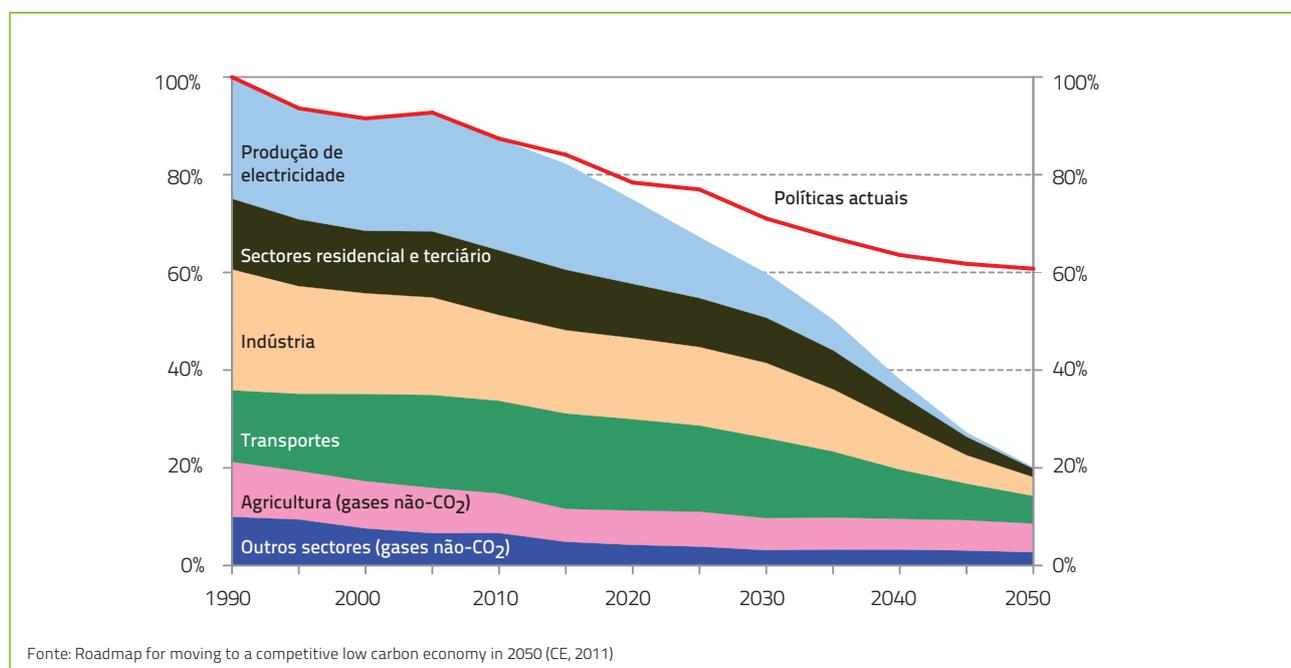


FIGURA 1 - Redução de 80 % das emissões de gases com efeito de estufa na União Europeia (100% = 1990)

⁴ Trata-se aqui de reduções reais das emissões da UE no território da União Europeia, excluindo qualquer compensação por via do mercado de licenças de emissão.

QUADRO 1 - Níveis de redução de emissões de GEE a longo prazo na EU-27

Reduções GEE comparado com 1990 (%)	2005	2030	2050
TOTAL	-7	-40 a -44	-79 a -82
Geração de electricidade (CO ₂)	-7	-54 a -68	-93 a -99
Indústria (CO ₂)	-20	-34 a -40	-83 a -87
Transportes (CO ₂ c/ aviação)	30	+20 a -9	-54 a -67
Edifícios (CO ₂)	-12	-37 a -53	-88 a -91
Agricultura (não CO ₂)	-20	-36 a -37	-42 a -49
Outras emissões que não CO ₂	-30	-72 a -73	-70 a -78

Fonte: A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 (CE, 2011)

As trajetórias de baixo carbono para a economia nacional apresentados neste relatório resultam da soma dos resultados para os cenários baixo e alto dos estudos parcelares sobre energia e processos industriais; agricultura, floresta e uso do solo; e resíduos.

Assim, através da análise das implicações dos objectivos de redução de emissões de gases com efeito de estufa, em coerência com o objectivo Europeu e pretende responder às seguintes questões:

1. Existe viabilidade (tecnológica e económica) para uma trajetória de baixo carbono para a economia Portuguesa no longo prazo (2050), mantendo o crescimento económico e prosperidade?
2. Qual o contributo relativo dos vários setores de atividade para as trajetórias de baixo carbono;
3. Para trajetórias de baixo carbono, qual a configuração do sistema energético nacional mais custo-eficaz, tendo em conta a evolução tecnológica expectável, em termos de características técnicas e de custos?
4. Qual o papel reservado aos recursos energéticos endógenos na satisfação das necessidades do País?
5. Em que sectores de actividade económica é mais custo-eficaz a adopção de tecnologias de baixo carbono?
6. Quais os benefícios adicionais de uma trajetória de baixo carbono para Portugal, nomeadamente em matéria de emissões atmosféricas, e variáveis macro-económicas como PIB e emprego?

2. POLÍTICAS CLIMÁTICAS EM PORTUGAL

O Protocolo de Quioto estabelece que a União Europeia, como um todo, está obrigada a uma redução das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) de 8% em relação às verificadas em 1990. No acordo de partilha de responsabilidades a nível comunitário ficou estabelecido que Portugal poderia aumentar as suas emissões em 27% em relação a 1990, não podendo exceder no período 2008-2012 os 382 milhões de toneladas de equivalentes de CO₂ (Mt CO₂e), representando um valor médio anual de 76,39 Mt CO₂e.

Portugal encontra-se, atualmente em linha de cumprimento com os objectivos traçados para o período 2008-2012 em termos de limitação de emissões de GEE. Com efeito, os dados de emissões mais recentes confirmam uma tendência decrescente de emissões verificada desde 2005 que indicia que Portugal terá iniciado um processo de desacoplagem entre o crescimento da economia e as emissões de GEE. Com efeito, as emissões nacionais referentes ao ano de 2010 estavam cerca de 17,5% acima do valor de 1990, representando um decréscimo de 18,4% em relação ao ano 2005.

Em 2012, à semelhança de anos anteriores foi feita uma reavaliação do desvio de cumprimento dos objectivos nacionais de Quioto. Esta análise permite situar as estimativas de desvio à meta de Quioto em 7,48 MtCO₂e acima da meta mas com um intervalo que varia entre - 5,0 Mt CO₂e, num cenário de menores emissões e -10,1 Mt CO₂e, num cenário de maiores emissões. Com a contabilização das actividades de uso do solo, alteração do uso do solo e florestas, estima-se o cumprimento da meta de Quioto em qualquer dos cenários estudados. Importa contudo referir que a contabilização destas actividades, poderá ser objeto de ajustes em resultado das revisões internacionais às metodologias seguidas por Portugal. O Fundo Português de Carbono dispõe de créditos de carbono para fazer face a eventuais acertos que se venham a revelar necessários.

Desde 2001 Portugal conta com uma Estratégia para as Alterações Climáticas, documento que enquadrou o desenvolvimento das políticas sobre esta matéria e a actividade da Comissão para as Alterações Climáticas, criada em 1998 [e extinta em 2012].

O cumprimento dos objectivos nacionais em matéria de alterações climáticas no âmbito do Protocolo de Quioto baseia-se nos seguintes instrumentos fundamentais:

- i. O **Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC)**, que contempla um conjunto de políticas e medidas de implementação setorial para a redução de emissões de gases com efeito de estufa;
- ii. O **Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão para o período 2008-2012 (PNALE II)** que define as condições a que ficam sujeitas as instalações abrangidas pelo comércio europeu de licenças de emissão de gases com efeito de estufa (CELE); e
- iii. O **Fundo Português de Carbono**, instrumento financeiro do estado Português para atuação no mercado de carbono tendo em vista assegurar o cumprimento das metas nacionais em matéria de alterações climáticas através do recurso aos mecanismos de flexibilidade do Protocolo de Quioto. Visa ainda o apoio a projetos nacionais de redução de emissões.

- iv. **Estratégia Nacional de Adaptação as Alterações Climáticas** - A ENAAC está estruturada sob os seguintes objectivos: informação e conhecimento; reduzir a vulnerabilidade e aumentar a capacidade de resposta; participar, sensibilizar e divulgar; cooperar a nível internacional.

As políticas públicas sobre alterações climáticas são hoje parte integrante de um conjunto de políticas sectoriais em Portugal. Com efeito, em áreas como a energia e a indústria abrangida pelo comércio europeu de licenças de emissão, a “dimensão carbono” faz hoje parte das considerações estratégicas e económicas das empresas abrangidas. Na área agrícola e florestal verifica-se igualmente uma crescente consciencialização do importante contributo que o sector pode dar em termos de mitigação das emissões de gases com efeito de estufa. Mesmo em áreas com desafios importantes como a dos transportes, começam a ser dados passos em termos de “descarbonização” das frotas de veículos, como por exemplo em termos de gás natural em frotas urbanas de autocarros ou o programa do veículo eléctrico.

Neste contexto, importa destacar o contributo de outros instrumentos de política para a redução de emissões nacionais como seja o caso da Estratégia para a Energia, do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, do Programa para a Mobilidade Eléctrica em Portugal, do Programa de Eficiência Energética na Administração Pública – ECO.AP, entre outros.

No horizonte 2020, a União Europeia estabeleceu como objectivo comunitário uma redução de pelo menos 20% das emissões de gases com efeito de estufa na Comunidade, em relação a 1990. A nível Europeu, os sectores abrangidos pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão, devem reduzir 21% das emissões face a 2005 e os restantes sectores 10% em relação a 2005.

A partilha de esforços entre os Estados Membros foi definida através da Decisão CE n.º 406/2009, de 23 de Abril. Neste contexto, Portugal deverá limitar, entre 2013 e 2020, o aumento das emissões de gases com efeito de estufa dos sectores não abrangidos pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão em 1% em relação a 2005.

No âmbito do Pacote Energia Clima foram ainda adotadas metas de 20% de energia de fontes renováveis no consumo final de energia e um aumento de eficiência energética de 20%. Neste contexto, Portugal assumiu uma meta de 31% de energia de fontes renováveis no consumo final de energia, dos quais 10% nos transportes.

O Programa do XIX Governo preconiza a melhoria substancial da eficiência energética do país, estabelecendo um objectivo de eficiência energética para o país de 30%. Consta ainda do Programa do Governo o combate às alterações climáticas e o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono, apostando na mitigação através da redução das emissões nacionais.

Através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2010, de 26 de Novembro, o Governo determinou a elaboração das seguintes peças, tendo em vista enfrentar os desafios em matéria de alterações climáticas que decorrem dos compromissos para o período pós 2012:

- i. **Roteiro Nacional de Baixo Carbono (RNBC)** - O RNBC visa determinar um conjunto de trajectórias de redução de emissões custo-eficiente (para diferentes objectivos de longo-prazo de redução as emissões nacionais de GEE) e as opções políticas associadas tendo em consideração o contributo nacional para o objectivo comunitário estabelecido para 2050;

- ii. **Programa Nacional para as Alterações Climáticas para o período 2013-2020 (PNAC 2020)** - Deve estabelecer as políticas, medidas e instrumentos com o objectivo de dar resposta à limitação anual de emissões de gases com efeito de estufa para os sectores não cobertos pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão, prever as responsabilidades sectoriais, o financiamento e os mecanismos de monitorização e controlo. O PNAC 2020 deverá estar concluído em 2012;
- iii. **Planos Sectoriais de Baixo Carbono** - A realizar por cada um dos ministérios para as áreas da sua competência. Os Planos Sectoriais de Baixo Carbono deverão estar concluídos em 2012.

O presente documento concretiza a primeira peça definida na referida resolução.

3. EVOLUÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES COM EFEITO DE ESTUFA EM PORTUGAL

De acordo com o Inventário Nacional de Emissões de 2012⁵ (relativo ao ano 2010), as emissões de gases com efeito de estufa, sem contabilização das emissões de alteração do uso do solo e florestas⁶, foram estimadas em cerca de 70,1 Mt CO₂e., representando um aumento de 16,8 % face a 1990.

As estimativas do sector alteração do uso do solo e florestas (LULUCF) sofreram uma revisão substancial em 2010/11, sendo este sector considerado como um sumidouro líquido de CO₂ em todo o período (1990-2010), a que corresponde um sequestro de 9,8 Mt CO₂e. em 2010⁷.

Após o rápido crescimento verificado durante a década de 90, as emissões nacionais registaram um abrandamento no início dos anos 2000, verificando-se nos anos mais recentes, em especial após 2005, um decréscimo das emissões nacionais. Com efeito, em 2010, as emissões nacionais encontram-se cerca de 19% abaixo das emissões verificadas em 2005.

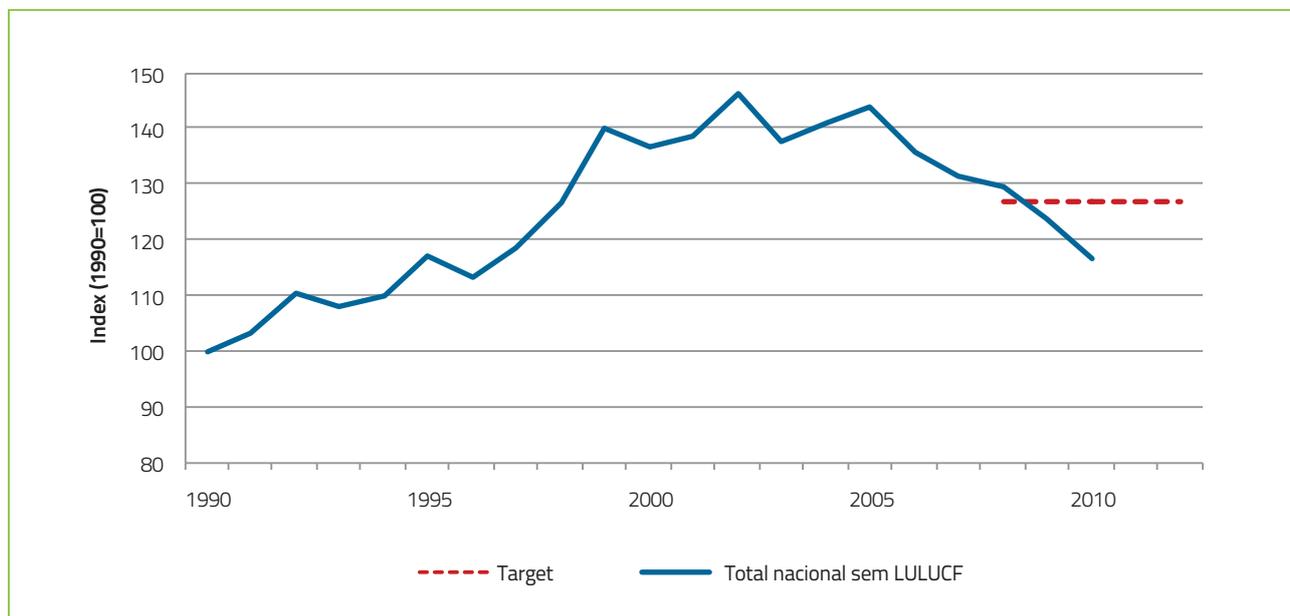


FIGURA 2- Evolução das emissões nacionais de gases com efeito de estufa (GEEs) (s/ LULUCF)

⁵ disponível em www.apambiente.pt

⁶ O sector alteração do uso do solo e florestas não é aqui considerado uma vez que a contabilização para o cumprimento do Protocolo de Quioto é diferente da realizada no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC).

⁷ Esta estimativa encontra-se em processo de revisão pela CNUAC sendo por isso provisória.

Esta tendência reflete em grande medida a evolução da economia portuguesa que se caracterizou por um forte crescimento associado ao aumento da procura de energia e da mobilidade na década de 90 a uma estabilização das emissões no início década de 2000, sobretudo devido ao aumento da incorporação de gás natural e ao aumento da penetração das energias de fonte renovável, as quais apoiaram uma redução consistente das emissões nacionais desde 2005 (Figura 2). Contudo, as emissões mais recentes refletem ainda a situação de estagnação verificada na economia portuguesa.

O sector da energia, incluindo transportes, mantém-se em 2010 como o principal sector responsável pelas emissões de gases com efeito de estufa, representando 70,8% das emissões nacionais, e apresentando um crescimento face a 1990 de cerca de 21%.

Os sectores dos resíduos, agrícola e processos industriais têm um peso semelhante (10%, 11% e 8%, respectivamente). No entanto, o sector dos resíduos e dos processos industriais têm apresentado uma tendência de crescimento (resíduos 18% e processos industriais 21%), enquanto o sector agrícola e dos solventes registam uma tendência de redução das emissões (agricultura -6% e uso de solventes -31%).

O setor do uso do solo, alteração do uso do solo e florestas tem sido sequestrador líquido em todo o período. Na evolução registada são evidentes os grandes incêndios que ocorreram em 2003 e 2005 e que se traduzem numa redução significativa da capacidade de sequestro.

A Figura 3, Figura 4 e o Quadro 2 apresentam alguns dos principais indicadores da evolução das emissões nacionais entre 1990 e 2010.

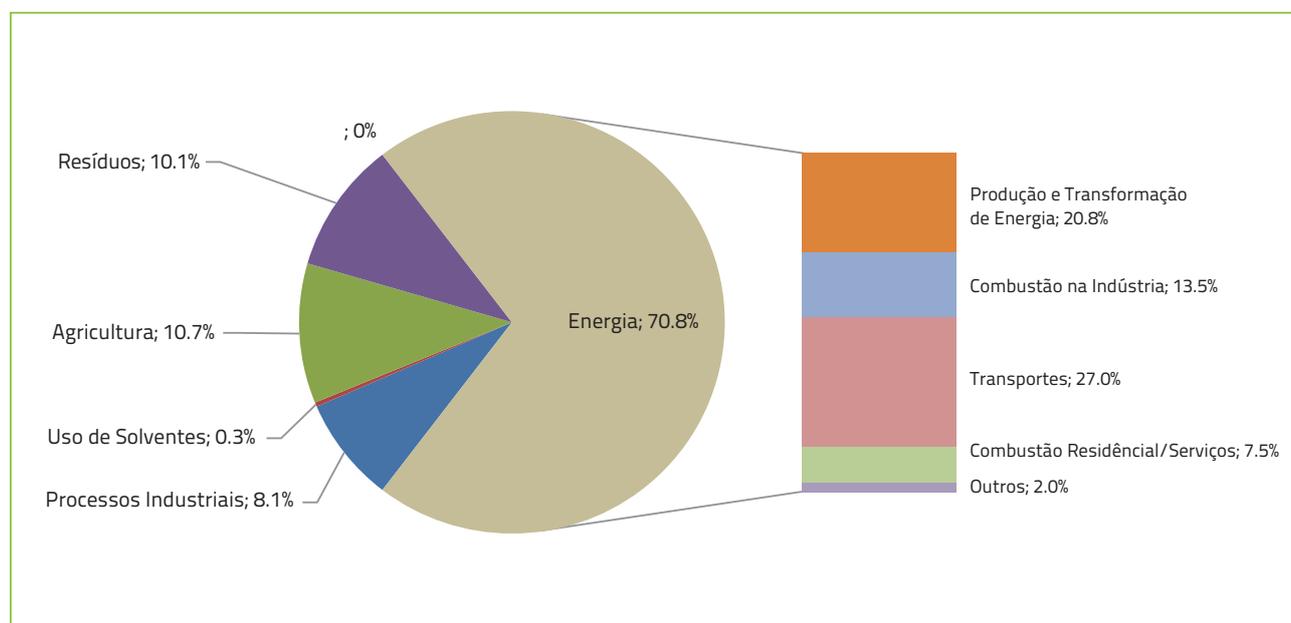


FIGURA 3 - Repartição das emissões nacionais por sector em 2010

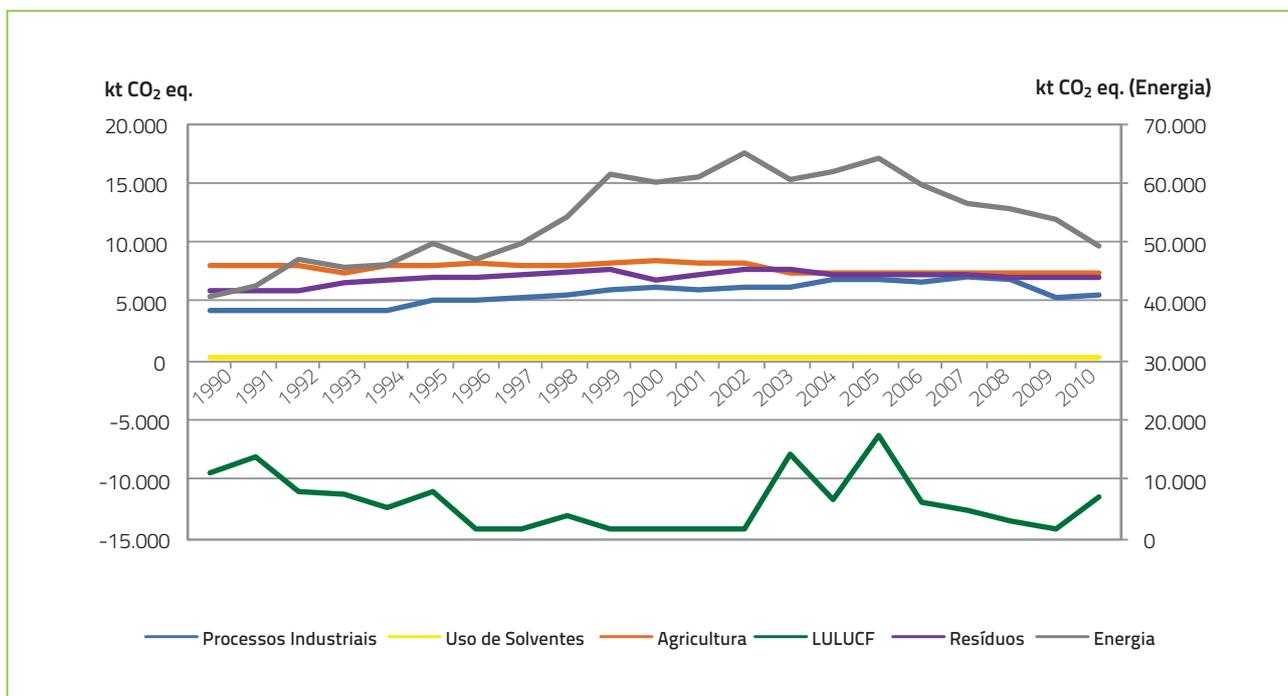


FIGURA 4 - Evolução das emissões setoriais em Portugal (1990-2010)

QUADRO 2 - Variação emissões setoriais entre 1990-2010

SETOR	Variação 1990-2010 (%)
Energia	21,0
Combustão	
- Indústrias da energia	-10,9
- transportes	83,7
- construção	2,0
- outros setores	12,4
Emissões Fugitivas	361,6
Processos Industriais	21,4
Uso de Solventes	-31,3
Agricultura	-6,4
Resíduos	18,0

Fonte: A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 (CE, 2011)

O gás com efeito de estufa com maior representatividade é o CO₂ representando em 2010 cerca de 75% do total das emissões nacionais, situação relacionada com a importância do sector energia e a predominância do uso de combustíveis fósseis. O seu aumento em relação a 1990 (18,4%) reflete essencialmente o aumento das emissões do setor da energia. Em relação a 1990, apenas as emissões de N₂O diminuíram (-14,7%), o que se relaciona com a redução de emissões da agricultura. Por sua vez, o aumento das emissões de CH₄ está relacionada em grande parte com o aumento das emissões no setor dos resíduos (Figura 5).

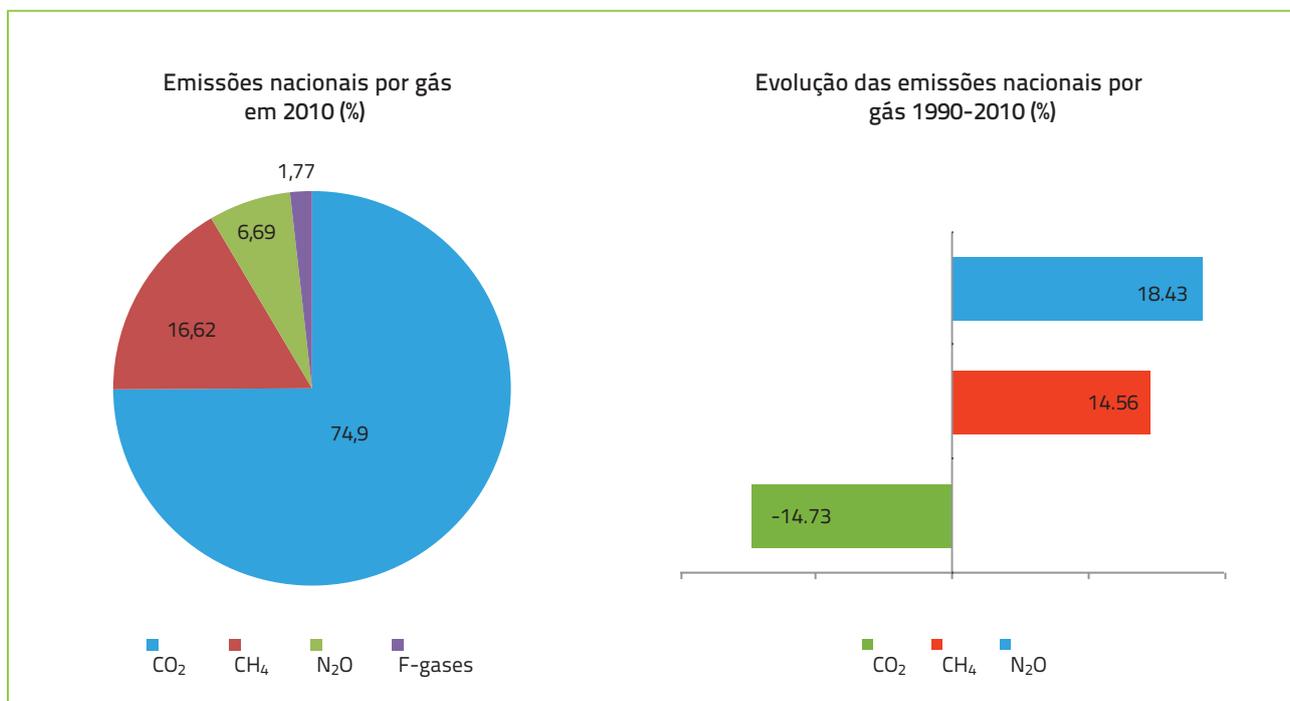


FIGURA 5 - Emissões nacionais por gás

Uma análise das emissões de gases com efeito de estufa por unidade de PIB (Figura 6) permite verificar que apenas em 2005 se iniciou um processo de desacoplamento entre o PIB e as emissões, resultante da “descarbonização” da economia, ou seja, uma economia com menos carbono emitido por cada unidade de riqueza produzida, tendência que é anterior à actual crise económica.

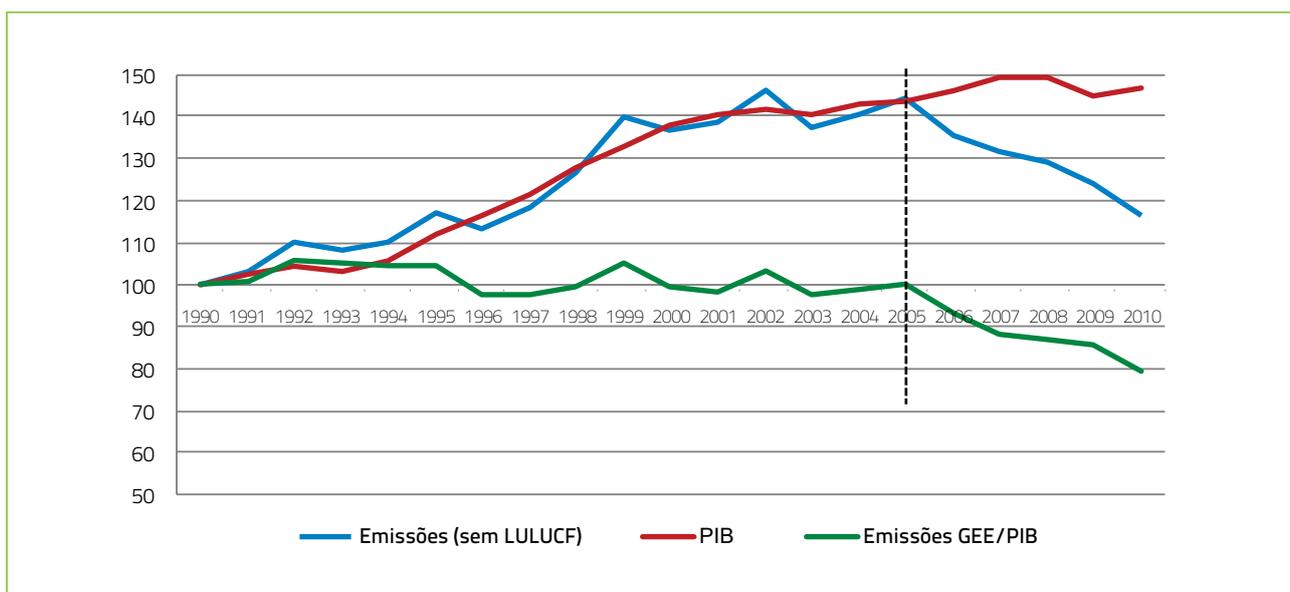


FIGURA 6 - Variação das emissões e do PIB em relação a 1990 (1990=100)

Vários fatores estão na base desta tendência, como seja o crescimento da penetração de fontes energéticas menos poluentes como o gás natural, a instalação de centrais de ciclo combinado e de unidades de cogeração, mais eficientes. São ainda de apontar outras causas, como seja o crescimento significativo da energia produzida a partir de fontes de energia renovável (principalmente eólica e hídrica), e a implementação de medidas de eficiência energética. A melhoria da eficiência no setor dos transportes (através da renovação do parque automóvel) e no setor habitacional (por via da certificação dos edifícios) poderá também explicar estas tendências. Quando comparado com o resto da Europa, apesar da significativa redução da intensidade carbónica do PIB, verifica-se que Portugal apresenta valores superiores à média Europeia (Quadro 3).

QUADRO 3 - Intensidade carbónica do PIB em Portugal e na Europa

GEE per PIB (preços 2000 constantes) ton CO ₂ e/euro	1990	2010
Portugal	651	517
EU 15	595	386*
EU 27	735	450*

Fonte EU 15 e 27: Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2011 - Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets - Country profiles (AEA, 2011); * estimativa;
Fonte Portugal: NIR 2012

No que respeita às emissões per capita, verificam-se em 2010 valores da mesma ordem dos registados em 1990. Depois de uma fase de aumento das emissões per capita até 2002, com um máximo de 8,2 tCO₂e/per capita, a tendência tem vindo a ser de redução deste valor.

A comparação das emissões nacionais per capita com a União Europeia permite constatar a manutenção dos baixos valores nacionais face às médias europeias (Quadro 4).

QUADRO 4 - Emissões per capita em Portugal e na Europa

GEE per capita (tCO ₂ e/per capita)	1990	2010
Portugal	6,0	6,6
EU 15	11,7	9,6*
EU 27	11,8	9,4*

Fonte EU 15 e 27: Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2011 - Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets - Country profiles (AEA, 2011); * estimativa;
Fonte Portugal: NIR 2012

4. METODOLOGIA

O Roteiro Nacional de Baixo Carbono assenta num conjunto de exercícios de modelação para um horizonte temporal até 2050 que, por sua vez, se suporta em cenários de evolução macroeconómica para Portugal, traduzindo-se em projecções coerentes de variáveis relevantes a cada estudo.

Os estudos de apoio à elaboração do RNBC foram lançados em 2010 pelo Comité Executivo das Alterações Climáticas (CECAC) contemplando um estudo direccionado para o setor da energia, processos industriais e resíduos e um estudo dedicado aos setores da agricultura, floresta e uso do solo:

- i. “RNBC 2050 – Roteiro Nacional Baixo Carbono – modelação de gases com efeito de estufa – energia e resíduos”, desenvolvido pela E.VALUE- Estudos e Projectos em Ambiente e Economia S.A. e pelo CENSE – Center for Environmental and Sustainability Research;
- ii. “Modelação das trajetórias das emissões de carbono para a agricultura, a floresta e o uso dos solos em Portugal nas próximas décadas (2010-2050), para apoio à elaboração do Roteiro Nacional de Baixo Carbono (RNBC)”, desenvolvido pela Agrogres- Sociedade de Estudos e Projetos.

Os estudos, coordenados pelo CECAC, decorreram entre Julho de 2011 e Março de 2012. O processo de elaboração do RNBC está detalhado no Anexo I.

Os estudos de base para o RNBC, articulados entre si, baseiam-se em cenários socioeconómicos comuns. A abordagem para a construção de cenários prospectivos para a economia nacional não considerou visões concretas, plausíveis de virem a ocorrer no futuro, mas antes trajetórias que delimitem, de forma aproximada (i.e. estabelecendo máximos e mínimos), o intervalo onde se situará, com razoável probabilidade, a trajetória futura do País. Não se consideram igualmente elementos de ruptura, política, social ou económica, que possam determinar uma alteração estrutural da economia Portuguesa. Assim, consideram-se dois cenários socioeconómicos nacionais: cenário Baixo e cenário Alto, que assumem dois modelos de desenvolvimento contrastantes a nível económico e social.

As projecções aqui apresentadas acomodam, a informação disponível decorrente da actual crise financeira e económica nacional, mas não consideram ou antecipam episódios conjunturais no futuro, privilegiando a apresentação de tendências de longo prazo. Assume-se, assim, um grau de incerteza crescente ao longo do horizonte de projecção, sendo inferior para o período 2010-2020 dada a disponibilidade de análises feitas por diversas entidades Europeias e internacionais, e superior para o período 2030-2050. Note-se ainda que as estimativas obtidas com a cenarização devem ser interpretadas como relevantes na identificação de tendências de longo-prazo, devendo evitar-se interpretar aspectos particulares associados a anos específicos.

Os cenários socioeconómicos utilizados tiveram como ponto de partida o trabalho efectuado pelo Departamento de Planeamento e Prospectiva do MAMAOT [1] para 2030 e o estudo Novas Tecnologias Energéticas Portugal 2050 [2]. O principal objectivo do Roteiro Nacional de Baixo Carbono é avaliar a possibilidade e o potencial de redução de gases de efeito de estufa em Portugal até 2050, pelo que foram considerados vários aspectos na cenarização, salientando-se os seguintes:

- i. crescimento relativo e composição da economia nacional;
- ii. grau de confiança da população no governo e nos mercados, aliado a dívida pública e capacidade para atrair/retrair investimento;

- iii. evolução da população residente;
- iv. influência da opinião pública e indústria associados a valores culturais e comportamentais da população conducentes a sociedades sustentáveis;
- v. evolução do parque habitacional (número e área); e renovação do casco urbano das principais cidades vs. crescimento em torno das novas infra-estruturas viárias;
- vi. investimentos em infra-estruturas de conectividade internacional, no segmento de passageiros e mercadorias.

Convém sublinhar que o grau de desenvolvimento e implementação tecnológica até 2050, sobretudo na componente energética, não foi considerado como elemento de incerteza, uma vez que este é um dos principais resultados a obter com o exercício de modelação. No entanto, a incerteza associada à evolução de algumas das características da tecnologia são considerados (e.g. cenários diferenciados da evolução do custo de investimento da tecnologia). As incertezas identificadas configuram duas narrativas que traduzem os dois cenários de evolução, com as seguintes características mais marcantes:

O **CENÁRIO BAIXO** baseia-se no modelo de desenvolvimento seguido nos últimos 15 anos, com incidência no investimento sobretudo em bens não transacionáveis, refletindo-se num ritmo de crescimento económico lento e fortemente dependente da conjuntura externa. Esta continuidade pressupõe a manutenção das estratégias e das características dominantes do comportamento dos agentes económicos. Caracteriza-se pela manutenção de valores elevados da dívida pública e pouca capacidade para atrair investimento, aliado ao reduzido grau de confiança da população no governo e nos mercados e à baixa capacidade de influência e intervenção na sociedade por parte da opinião pública. Estes factores traduzem-se numa elevada evasão fiscal e baixos níveis de motivação com consequente baixa produtividade da força laboral.

O **CENÁRIO ALTO** representa um desvio de rota e estratégia no desenvolvimento nacional, correspondendo ao renascimento da economia Portuguesa, traduzido por um aumento da competitividade e numa reestruturação económica do país. Privilegia-se assim o investimento em bens transacionáveis traduzidos numa re-industrialização nacional e uma aposta em serviços de valor acrescentado. Uma população altamente motivada e com elevadas taxas de confiança catalisa a reestruturação do Estado e da economia nacional reduzindo os valores da economia paralela e da dívida pública. A maior capacidade para atrair investimento, aliado a uma população e indústria qualificadas e com grande capacidade de inovação permitem a renovação e modernização do tecido industrial nacional. Este cenário pressupõe portanto um crescimento económico mais acentuado e uma modernização da sociedade e do desenvolvimento humano superiores ao do Cenário Baixo.

Os dois cenários contrastantes – cenário Alto e cenário Baixo – pretendem representar, respectivamente, o limite superior e inferior do desenvolvimento económico, a que corresponderão padrões contrastados, de necessidades de serviços de energia. Enquanto o primeiro cenário conta com uma evolução mais arrojada do PIB (3%/ano para o período 2016 a 2050) e um aumento da população, o segundo pauta-se por um crescimento económico menor (1%/ano para o período 2016 a 2050) e por um decréscimo da população. Estes cenários não são previsões e o seu desenho contrastado pretende enquadrar uma ampla gama de futuros possíveis, provavelmente contidos entre os máximos e mínimos agora modelados. Mais informação sobre os cenários socioeconómicos pode ser consultada no Anexo 2.

No estudo relativo ao setor da **energia e processos industriais**, para as projeções de necessidades energéticas e cálculo das emissões associadas no caso do sistema energético e processos industriais, é utilizado o modelo tecnológico de equilíbrio parcial TIMES_PT, um modelo de optimização de todo o sistema energético nacional validado por pares nacionais. Este modelo é abastecido com a melhor informação disponível sobre a evolução

das características técnicas e de custos das tecnologias energéticas, e não considera qualquer política fiscal ou de apoio a novas tecnologias, baseando a decisão no critério de custo-eficácia decorrente daquela informação. Assim, considerando as emissões abrangidas pelo modelo TIMES_PT, foram modeladas duas trajetórias com restrições de emissões e uma trajetória sem restrição de emissões de gases com efeito de estufa em 2050, que incidem sobre os dois cenários de evolução Alto (CA) e Baixo (CB) (Quadro 5).

QUADRO 5 - Designação dos cenários de baixo carbono em função dos cenários socioeconómicos e metas de redução

	Sem restrição de emissões	Restrição de emissões de 60% em 2050 face a 1990	Restrição de emissões de 70% em 2050 face a 1990
Cenário Alto	CASM	CA60	CA70
Cenário Baixo	CBSM	CB60	CB70

Para as emissões não abrangidas pelo modelo TIMES_PT, como as emissões fugitivas e os gases fluorados, não foi imposto qualquer objectivo de redução de emissões. No entanto, estas emissões foram estimadas, tendo por base os resultados de actividade obtidos pelo modelo, designadamente nos setores de refinação e distribuição de produtos petrolíferos e gás natural, e o nível de refrigeração utilizados nos vários sectores. A metodologia detalhada pode ser consultada no Anexo 3.

No estudo sobre **agricultura, florestas e uso do solo** foram construídos cenários alternativos para a evolução futura da agricultura e da floresta em Portugal (uma vez mais considerando um cenário Alto e um cenário Baixo) tendo por base um conjunto de factores determinantes para o sector, como sejam: i) o enquadramento macroeconómico e financeiro; ii) o comportamento futuro dos preços mundiais dos produtos e dos factores da produção agrícola e florestal; iii) o resultado das negociações multilaterais (Ronda de Doha) e bilaterais (UE/MERCOSUL) em curso no âmbito do comércio internacional de produtos agrícolas; iv) o futuro das políticas públicas com incidência na agricultura e na floresta em Portugal; v) a evolução tecnológica. A metodologia detalhada pode ser consultada no Anexo 3.

Os cenários Alto e Baixo mantêm uma correspondência, respetivamente, a expectativas muito positivas e muito negativas para o setor e foram construídos com base na evolução previsível da viabilidade económica futura das explorações agrícolas existentes.

Para o caso dos **resíduos e das águas residuais** são globalmente utilizados os resultados subjacentes aos cenários socioeconómicos que têm efeitos diretos na quantificação dos níveis de atividade (i.e., produção de resíduos e águas residuais) dos diversos setores. Uma série de pressupostos sobre a evolução previsível dos sistemas de tratamento e deposição final suportam ainda a construção dos cenários alto e baixo, que, tal como nos estudos anteriores, se traduzem, respetivamente, na introdução mais ou menos rápida de determinadas práticas ou tecnologias que vão determinar as emissões deste setor.

A integração dos dois estudos parcelares para a construção de trajetórias de baixo carbono foi feita a partir dos resultados finais de cada um dos estudos e resulta, no essencial, da justaposição dos cenários Baixo e Alto produzidos em cada um destes estudos, ficando deste modo, definidas as trajetórias da totalidade das emissões nacionais.

Note-se que os totais nacionais não incluem os resultados relativos ao uso de solo e alteração de uso de solo, visto que estes dispõem de regras de contabilização própria e, como tal, não podem ser simplesmente somados aos resultados dos restantes setores⁸. Estes resultados foram calculados, mas são apresentados em gráficos e tabelas separadas não devendo, para efeitos de análise, ser somada à das restantes categorias de emissão.

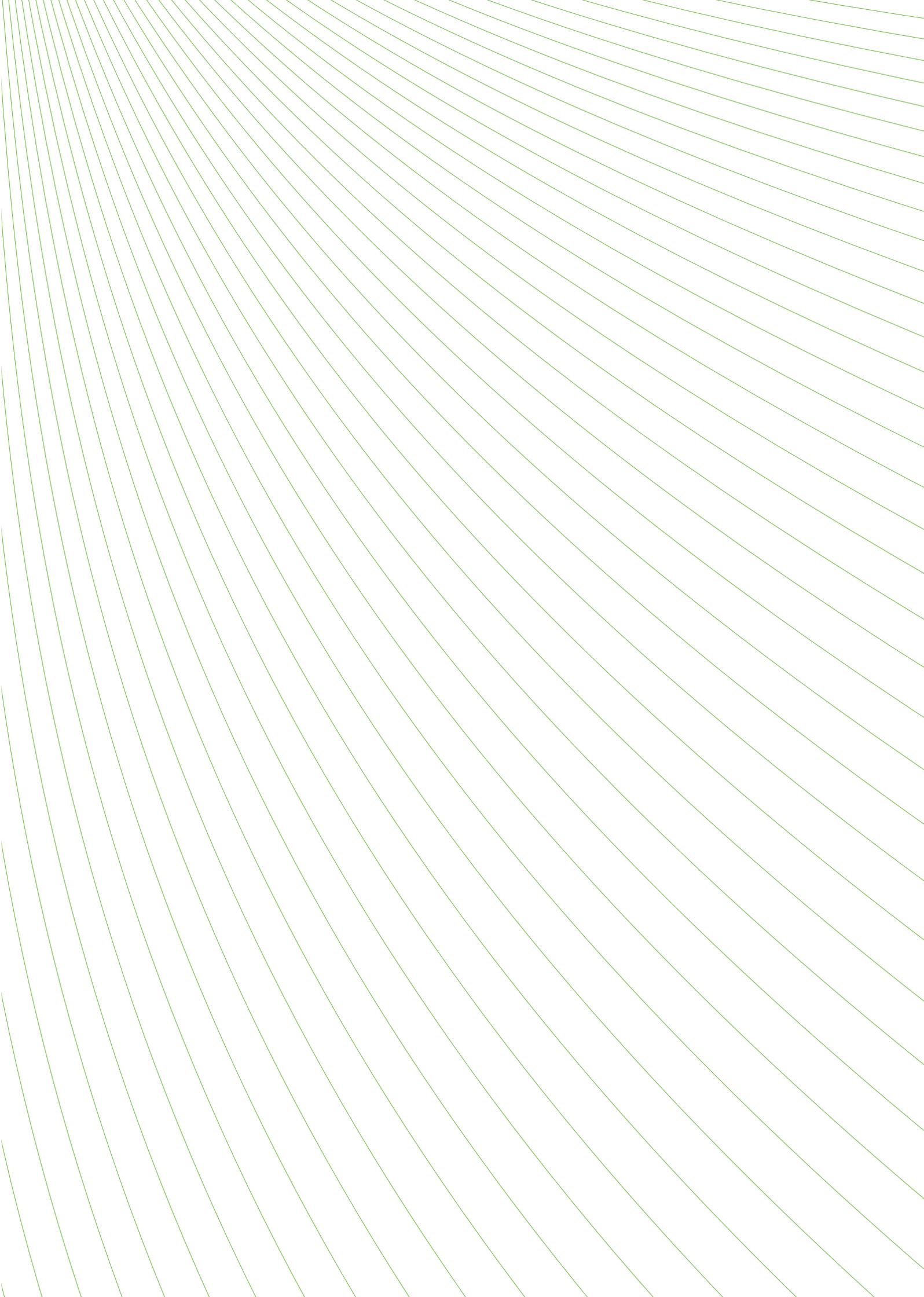
Os resultados obtidos desta forma são apresentados com a notação cenários de emissões totais (ET):

- i. **ET_CB70:** Tendo por base o cenário CB70 no que diz respeito ao sector energia e processos industriais, conjugado com o cenário Baixo dos sectores resíduos e agricultura;
- ii. **ET_CA70:** Tendo por base o cenário CA70 no que diz respeito ao sector energia e processos industriais, conjugado com o cenário Alto dos sectores resíduos e agricultura;
- iii. **ET_CB60:** Tendo por base o cenário CB60 no que diz respeito ao sector energia e processos industriais, conjugado com o cenário Baixo dos sectores resíduos e agricultura;
- iv. **ET_CA60:** Tendo por base o cenário CA60 no que diz respeito ao sector energia e processos industriais, conjugado com o cenário Alto dos sectores resíduos e agricultura.

Para efeitos de comparação, são ainda considerados os cenários:

- i. **ET_CBSM:** Tendo por base o cenário CBSM no que diz respeito ao sector energia e processos industriais (sem qualquer limite de emissões até 2050), conjugado com o cenário Baixo dos sectores resíduos e agricultura;
- ii. **ET_CASM:** Tendo por base o cenário CASM no que diz respeito ao sector energia e processos industriais (sem qualquer limite de emissões até 2050), conjugado com o cenário Baixo dos sectores resíduos e agricultura.

⁸ Estas regras de contabilização foram definidas para o primeiro período de compromisso (2008-2012), sendo distintas das recentemente aprovadas para aplicação no período 2013-2020. Não existem ainda regras de contabilização de uso de solo para o período pós-2020. Os resultados, são, para efeitos de aferição de metas fortemente influenciados pelas regras de contabilização adotadas em cada período.



5. ROTEIRO DE TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO COMPETITIVA

5.1. TRAJETÓRIAS BAIXO CARBONO PARA PORTUGAL

A análise efetuada permite concluir que é possível definir para Portugal trajetórias das emissões nacionais de GEE até 2050, configurando uma redução global de emissões da ordem de 50% a 60%, face aos níveis de 1990.

Com efeito, para o sistema energético, é exequível, do ponto de vista técnico e económico, a definição de trajetórias de emissões de gases com efeito de estufa que configuram reduções de 60% e 70% em 2050, face às emissões observadas em 1990. A conjugação destes resultados com os obtidos para os sectores da agricultura, floresta e uso do solo e dos resíduos resulta numa redução das emissões nacionais de -52%|-48% %, nos cenários Baixo e Alto sujeitos a restrição de 60% nas emissões do sistema energético, bem como, de -60%|-56% nos cenários Baixo e Alto sujeitos a restrição de 70% nas emissões do sistema energético (Quadro 6). A evolução das emissões totais de gases com efeito de estufa para as trajetórias consideradas é ilustrada na Figura 7 que engloba:

- i. As emissões totais históricas de 1990-2010;
- ii. As emissões do sector energético (combustão e processos industriais) contabilizadas directamente pelo modelo TIMES_PT;
- iii. As emissões fugitivas de combustíveis;
- iv. As emissões decorrentes das actividades de produção e uso de gases fluorados;
- v. As emissões do sector agricultura;
- vi. As emissões do sector resíduos (incluindo águas residuais).

Até 2020, estima-se um aumento das emissões totais de 12%|20% relativamente a 1990, respectivamente para os cenários Baixo e Alto (de referir que, até 2020, não é imposta qualquer restrição de emissões que configure trajetórias de baixo carbono, o que acontece apenas a partir de 2020). Por se tratar de um horizonte temporal para o qual Portugal assumiu compromissos de redução de emissões, objectivos de eficiência energética e de integração de energias renováveis, este período será analisado em maior detalhe na secção 5.2.

No período 2020-2040 verifica-se no cenário Baixo uma grande semelhança entre as duas trajetórias baixo carbono consideradas e destas com a trajetória sem restrições. Verifica-se, no entanto, no período 2030-40 um ligeiro descolar

das trajetórias com restrições (reduções de -28% e -32% face a 1990) da trajetória sem restrições (redução de -20% face a 1990), comportamento confirmado no período 2040-50 com a verificação de reduções significativas nos cenários com restrições (-52% e -60% face a 1990), verificando-se uma redução de -27% na trajetória sem restrições.

No caso do cenário Alto, verifica-se imediatamente após 2020 uma diferença muito significativa nas trajetórias com e sem restrições de emissões que se mantém ao longo do período. Enquanto a trajetória sem restrições se mantém relativamente estável, no período 2020-50, nos valores verificados em 2010, as trajetórias com restrições de emissões denotam logo no período 2020-30 o início da trajetória de redução que marcará o período até 2050, retomando em ambos os casos (restrição de 60% e 70% no sistema energético) os níveis semelhantes aos de 1990. De referir ainda que as trajetórias de emissões com restrições mantêm-se muito semelhantes entre si no período 2020-40, sendo que as principais diferenças entre estas se fazem notar sobretudo após 2040.

É de salientar que, em 2050, sem a imposição de qualquer restrição, a trajetória de emissões varia entre -27%|+22% face a 1990, nos cenários Baixo e Alto, denotando a influência fundamental que, em particular, os pressupostos associados aos cenários macroeconómicos assumem na trajetória das emissões. Este comportamento indicia a necessidade de articular medidas de política pública para compatibilizar os objetivos de redução de emissões de gases com efeito de estufa e os objetivos de desenvolvimento económico, de modo a assegurar a transição de Portugal para uma economia competitiva e de baixo carbono.

QUADRO 6 - Evolução de emissões nacionais de gases com efeito de estufa nas diferentes trajetórias baixo carbono consideradas (% face a 1990)

Trajetórias	2020	2030	2040	2050
Sem restrições	12% 20%	-6% 17%	-20% 19%	-27% 22%
Restrições 60% (sistema energético)	12% 20%	-6% -2%	-28% -23%	-52% -48%
Restrições 70% (sistema energético)	12% 20%	-6% -2%	-32% -27%	-60% -56%

Valores cenário Baixo | cenário Alto

Nos cenários com restrições de emissões é possível atingir em 2030 reduções globais face a 1990 de -6%| -2%, nos cenários Baixo e Alto sujeitos em ambas as trajetórias baixo carbono (com restrição de emissões de 60% e 70% nas emissões do sistema energético).

Em 2040 são atingidas reduções globais face a 1990 de -28%| -23%, nos cenários Baixo e Alto sujeitos a restrição de 60% nas emissões do sistema energético, bem como, de -32%| -27% nos cenários Baixo e Alto sujeitos a restrição de 70% nas emissões do sistema energético.

A análise dos diversos cenários estudados pela Comissão Europeia no âmbito do Roteiro Europeu de Baixo Carbono revelou que a trajetória economicamente mais vantajosa seria reduzir as emissões Europeias cerca de 40% até 2030 e cerca de 60% até 2040, comparativamente aos níveis de 1990. As trajetórias analisadas para Portugal, em particular para o setor energético, emulam a forma da trajetória de redução de emissões da Comissão Europeia para este setor. por forma a possibilitar a comparabilidade entre os dois exercícios. Quando se comparam as trajetórias de redução de emissões obtidas para Portugal com as trajetórias obtidas para a Europa verifica-se que não são atingidos níveis de redução tão ambiciosos. Com efeito, é necessário ter em consideração que no âmbito da repartição Europeia de responsabilidades no contexto do Protocolo de Quioto, Portugal pôde aumentar as suas emissões em 27% no período 2008-2012, tendo atingido um pico de emissões por volta de 2005, mais tarde que

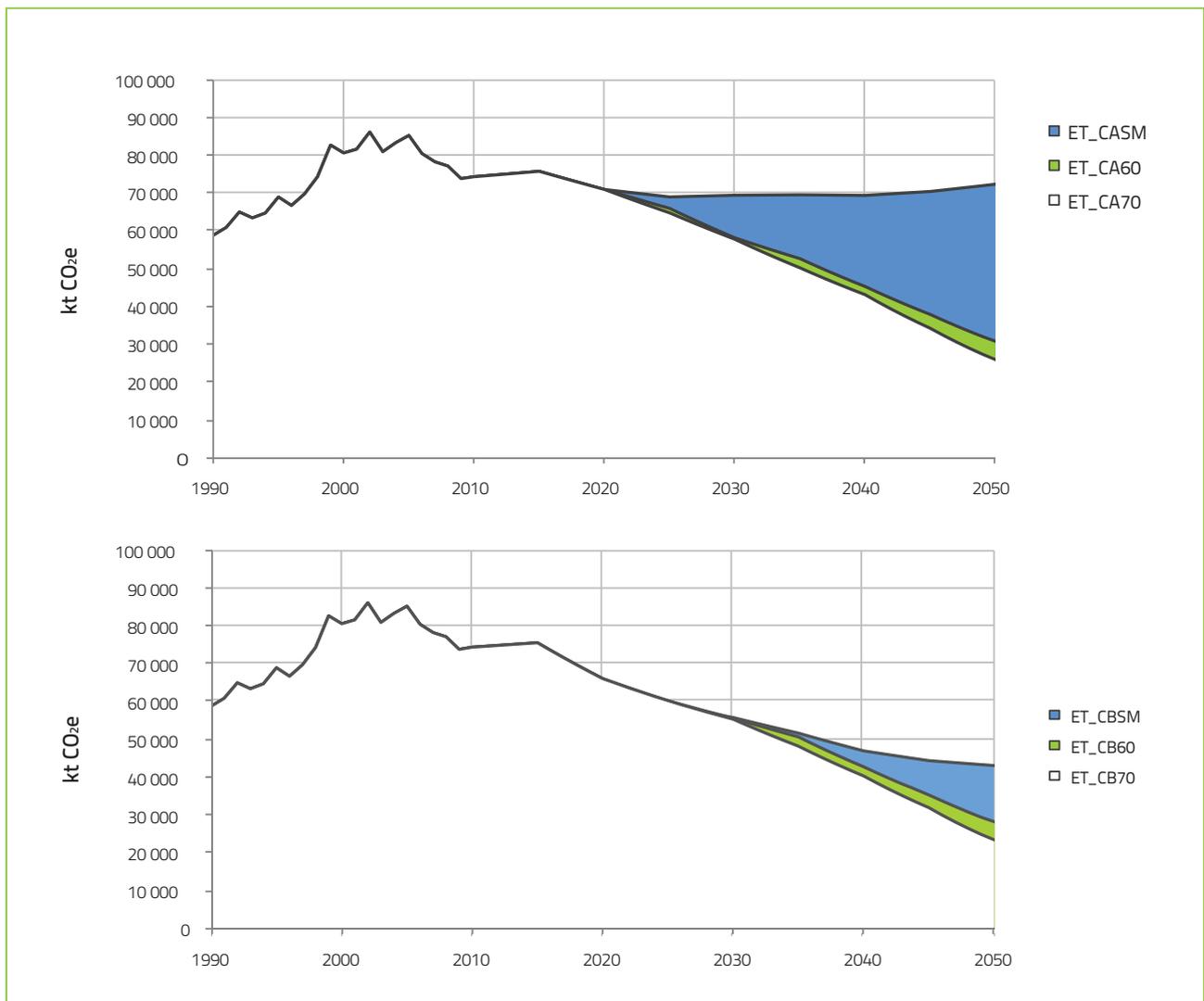


FIGURA 7 - Trajetórias de baixo carbono 1990-2050 nos cenários Alto (em cima) e Baixo (em baixo), com e sem restrições de emissões no sistema energético. Valores históricos de 1990 a 2010 (APA, 2012)

os restantes parceiros Europeus (EU 15), período a partir do qual se veio a registar uma redução sustentada das emissões. Este enquadramento justifica um diferente ponto de partida para Portugal que é necessário ter em conta quando se comparam as trajetórias analisadas no RNBC.

Ainda assim, verifica-se que as trajetórias de baixo carbono para Portugal estão em linha com os objetivos europeus e com a convergência a longo prazo das emissões per capita a nível global, em torno das 2 toneladas de CO₂e/hab. Com efeito, de acordo com a análise efetuada, nas trajetórias com restrições de emissões impostas sobre o sistema energético, Portugal tende para valores próximos das 2 toneladas de CO₂e/hab (variando entre 2,2-3 t CO₂e/hab), marcando um contraste com a trajetória sem restrições (Quadro 7). Na ausência de restrições de redução, a trajetória de emissões conduz a uma redução ligeira em 2050 para 4,5 a 6,2 t CO₂ eq. per capita nos cenários Baixo e Alto respetivamente. A descarbonização da economia preconizada no presente estudo pode ser visualizada pela trajetória esperada de indicadores como as emissões per capita ou a intensidade carbónica do PIB (Figura 8). Verifica-se uma continuada tendência de descarbonização da economia que é patente mesmo no cenário sem restrições de emissões e que se acentua quando consideradas essas restrições (Quadro 8). No caso da intensidade carbónica pode-se atingir quase 90% de redução em 2050. No anexo 4 é apresentada a série completa deste indicador para os vários cenários.

QUADRO 7 - Evolução das emissões per capita (tCO₂e/per capita) nas trajetórias de baixo carbono analisadas

Trajectórias	2005	2020	2030	2040	2050
Sem restrições	8,1	-6,3 6,5	5,4 6,2	-4,7 6,0	4,5 6,2
Restrições 60% (sistema energético)	8,1	6,3 6,5	5,4 5,2	4,3 3,9	3,0 2,6
Restrições 70% (sistema energético)	8,1	6,3 6,5	5,4 5,2	4,0 3,7	2,5 2,2

Valores cenário Baixo | cenário Alto

QUADRO 8 - Evolução das emissões por PIB (tCO₂e/PIB) nas trajetórias de baixo carbono analisadas

Trajectórias	2005	2020	2030	2040	2050
Sem restrições	646	455 442	349 322	266 242	221 184
Restrições 60% (sistema energético)	646	456 442	348 270	245 159	148 81
Restrições 70% (sistema energético)	646	456 442	347 269	232 152	127 70

Valores cenário Baixo | cenário Alto

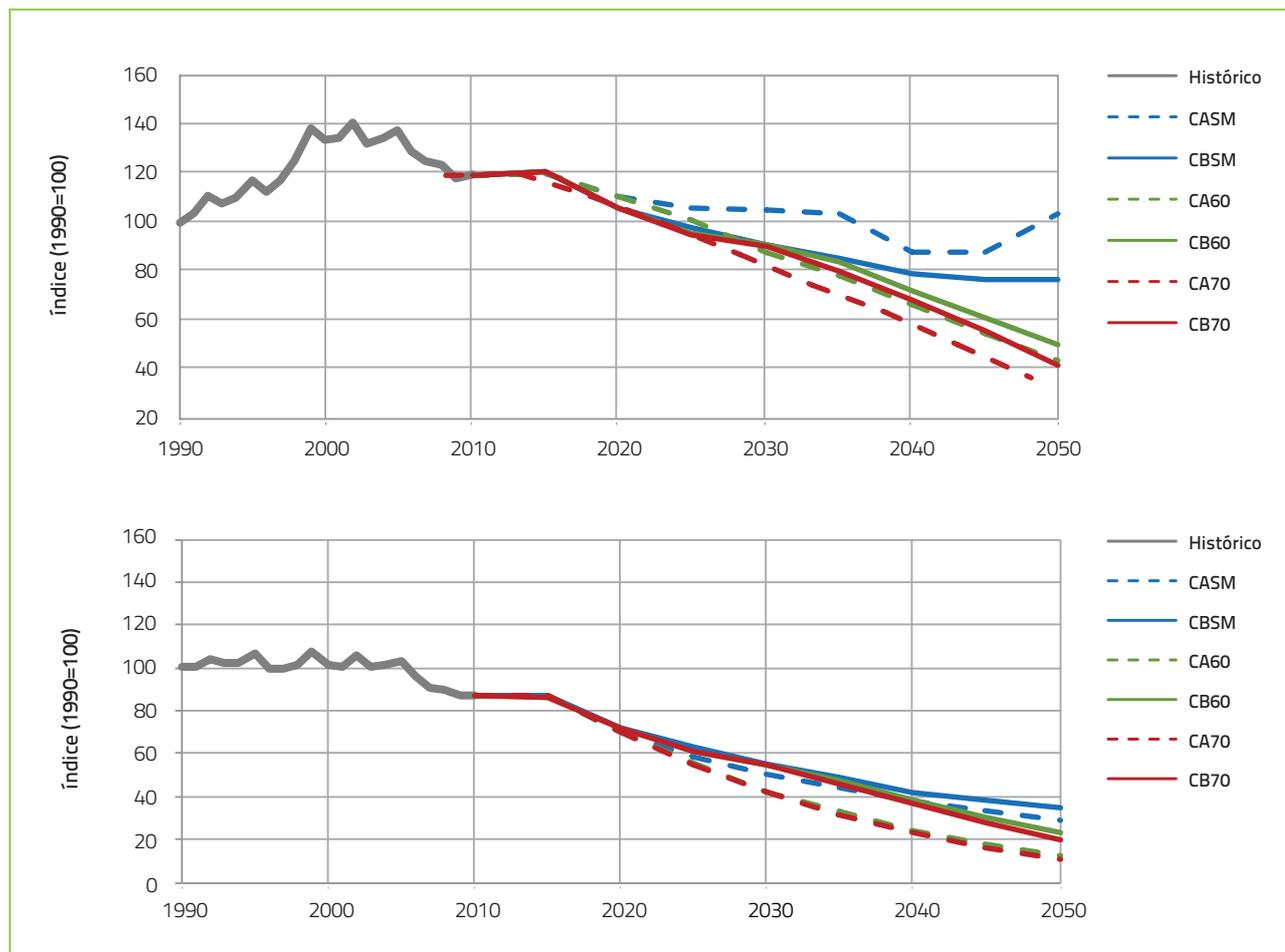


FIGURA 8 - Trajetória esperada das emissões per capita (cima) e intensidade carbônica do PIB (baixo)

A análise do comportamento dos diferentes setores nas condições estabelecidas para as diferentes trajetórias (com e sem restrições) nos cenários considerados (Alto e Baixo) ajudam a identificar factores críticos, tendências e comportamentos dos setores no horizonte temporal considerado (Figura 9 e Figura 10). Os resultados setoriais constituem uma base importante para um entendimento inicial das implicações da transição para uma economia competitiva e de baixo carbono. É importante salientar que para uma identificação de opções e medidas de política setoriais será necessário analisar com mais detalhe os custos, as soluções de compromisso e as incertezas associadas às medidas em concreto.

Todos os sectores têm um potencial de redução de emissões de gases com efeito de estufa significativo nas trajetórias de baixo carbono (Quadro 9).

No que se refere ao sistema energético Português, pode afirmar-se que as trajetórias baixo carbono analisadas são tecnologicamente exequíveis, i.e. existem opções tecnológicas custo-eficazes para atingir as restrições de emissões (60% e 70%) modeladas. Este caminho tem subjacente a substituição tecnológica nos vários sectores da economia, facto que é suportado por uma dinâmica económica pautada por investimentos diversos e por alterações na balança comercial em particular no que diz respeito aos produtos energéticos. De salientar ainda que o modelo não considera qualquer tipo de apoio, fiscal ou outro, a qualquer tecnologia, sendo que as opções energéticas resultantes, e que configuram as trajetórias de baixo carbono, são soluções custo-eficazes no quadro dos cenários respetivos, nomeadamente em termos de restrições às emissões de gases com efeito de estufa.

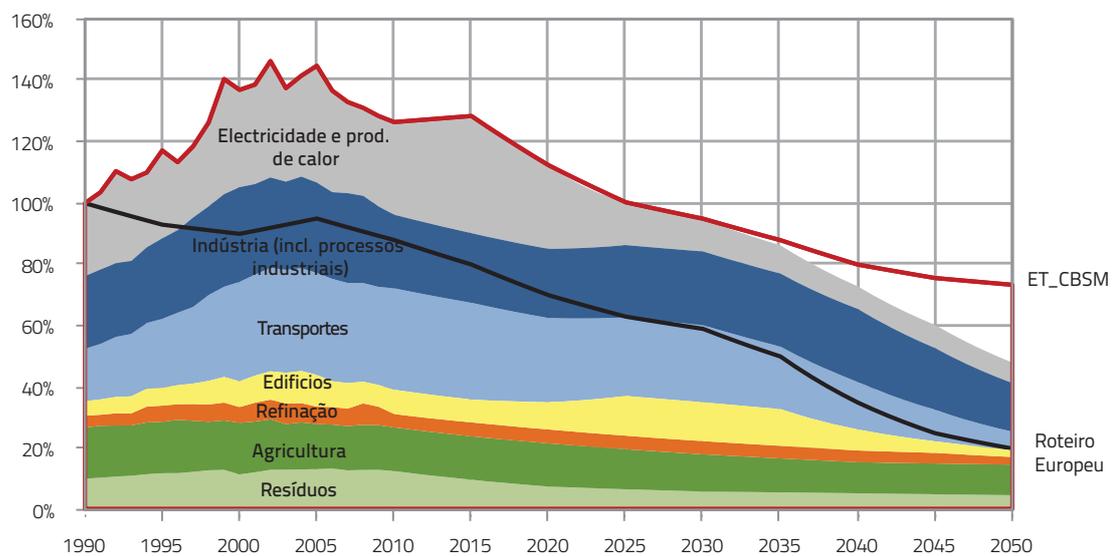
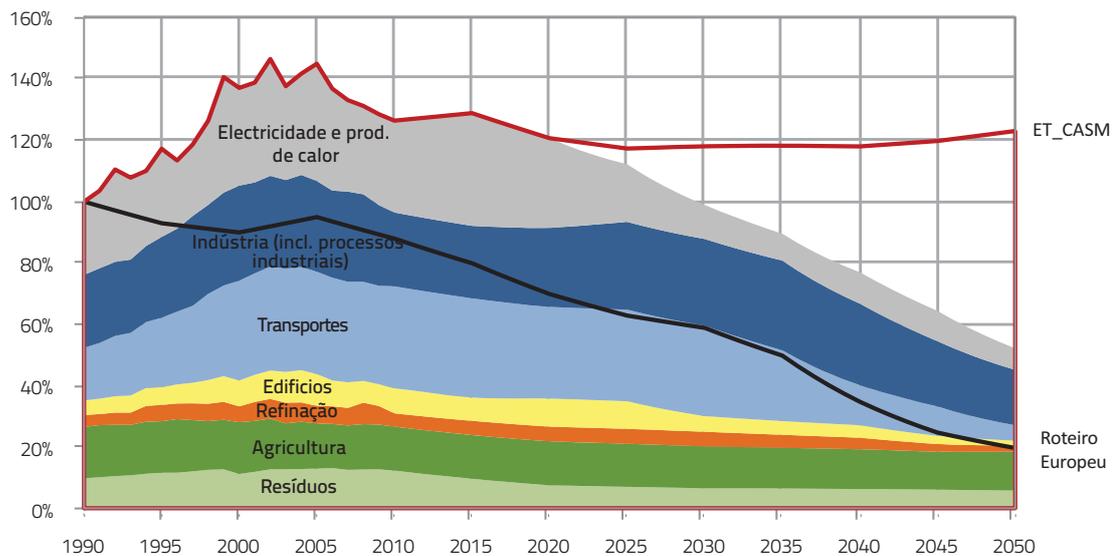


FIGURA 9 - Trajetórias sectoriais de baixo carbono com restrição de emissões de 60% no sistema energético; cenário Alto (em cima) e Baixo (em baixo) (1990=100%). Valores históricos de 1990 a 2010 (APA, 2012)

Nas trajetórias de baixo carbono, a produção de eletricidade e calor e os transportes (com reduções da ordem dos 70-80% em cada setor) e o setor residencial e de serviços (com reduções da ordem dos 50-70%) são os que maiores reduções alcançam no horizonte 2050. A indústria (incluindo processos industriais) atinge reduções de emissões da

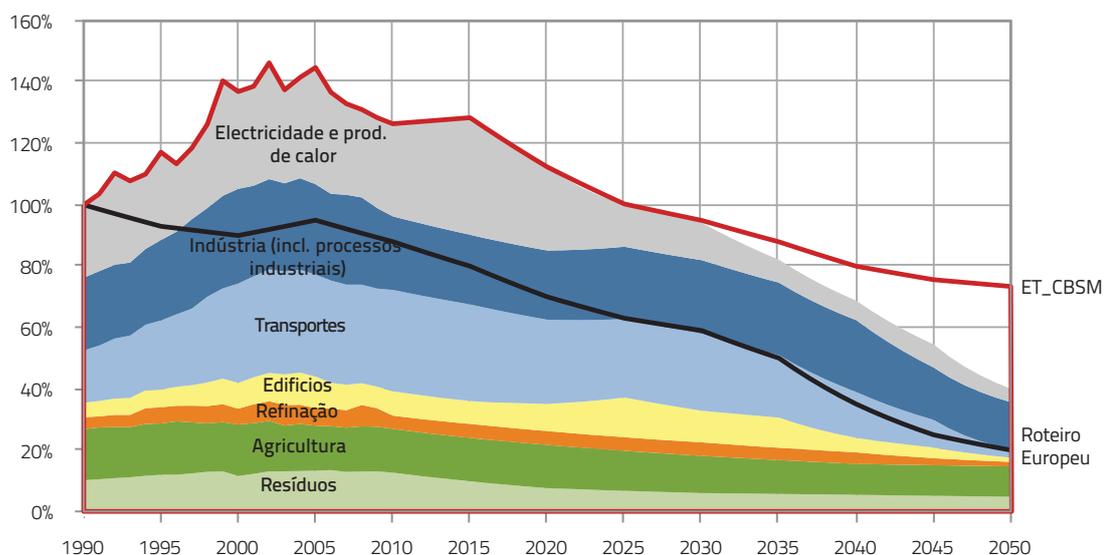
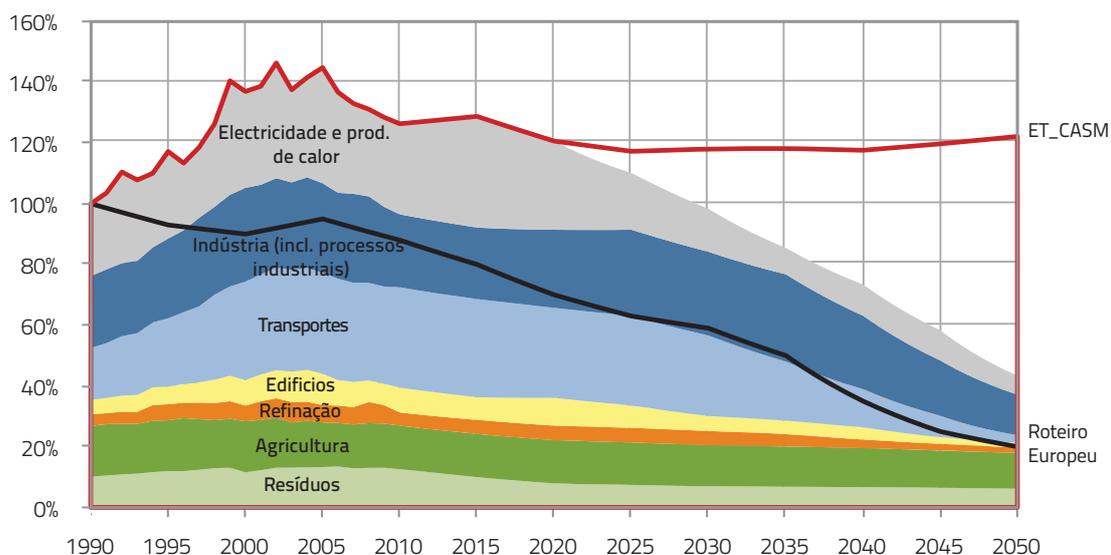


FIGURA 10 - Trajetórias setoriais de baixo carbono com restrição de emissões de 70% no sistema energético; cenário Alto (em cima) e Baixo (em baixo) (1990=100%). Valores históricos de 1990 a 2010 (APA, 2012).

ordem dos -30-50%, enquanto os resíduos atingem reduções de 40-50%. A agricultura é o setor em que as reduções de emissões são comparativamente menores com valores de redução entre os 20-40%, sendo de salientar no entanto que não foram impostas restrições de emissões no setor agrícola.

QUADRO 9 - Evolução das emissões de gases com efeito de estufa, total e por sector, nas diferentes trajetórias baixo carbono analisadas (% face a 1990)

Sector	SEM RESTRIÇÕES			RESTRIÇÕES 60% (SISTEMA ENERGÉTICO)			RESTRIÇÕES 70% (SISTEMA ENERGÉTICO)			
	2020	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Total	12% 20%	-6% 17%	-20% 19%	-27% 22%	-6% -2%	-28% -23%	-52% -48%	-6% -2%	-32% -27%	-60% -56%
Energia e processos industriais	21% 31%	3% 30%	-13% 33%	-21% 39%	2% 15%	-23% -22%	-55% -54%	2% 4%	-28% -27%	-65% -64%
Produção de eletricidade e calor	15% 23%	-56% -32%	-69% -15%	-71% 2%	-56% -54%	-69% -57%	-72% -71%	-49% -41%	-73% -57%	-82% -74%
Indústria (incl. Processos industriais)	-10% 3%	-4% 27%	-3% 51%	0% 71%	-4% 13%	-7% 4%	-42% -33%	-5% 10%	-9% -6%	-44% -53%
Transportes	61% 74%	47% 79%	-7% 20%	-19% 18%	47% 72%	-9% -24%	-64% -71%	47% 55%	-12% -26%	-84% -85%
Edifícios (residencial e serviços)	85% 93%	170% 197%	164% 249%	74% 175%	167% 7%	43% -15%	-54% -63%	117% 4%	-1% -15%	-71% -67%
Agricultura (incluindo energia)	-15% -14%	-27% -18%	-39% -21%	-39% -22%	-27% -19%	-39% -23%	-40% -25%	-27% -19%	-40% -23%	-41% -25%
Resíduos	-25% -22%	-41% -32%	-47% -34%	-53% -39%	-41% -32%	-47% -34%	-53% -39%	-41% -32%	-47% -34%	-53% -39%
Alteração do uso do solo e floresta^a	-43% 24%	-54% 36%	-79% 23%	-74% 28%	-54% 36%	-79% 23%	-74% 28%	-54% 36%	-79% 23%	-74% 28%

Valores cenário Baixo | cenário Alto
^a Comparação com 2009

De um modo geral verifica-se nos cenários Baixo que:

- i. O comportamento das componentes energia (tanto CELE como fora do CELE) modeladas com o TIMES_PT e portanto traduzindo uma trajetória custo-eficaz, nas condições estabelecidas, ajudam a explicar o comportamento global na medida em que se verifica entre 2020-2030 um significativo decréscimo nos sectores CELE em todos os cenários. A partir de 2030 no entanto (e apesar de continuarem a verificar-se reduções nos sectores CELE), são os sectores energia fora do CELE (em particular transportes, onde se verificam reduções muito significativas em todos os cenários, mas também nos serviços e doméstico com electrificação crescente) que mais contribuem para a redução das emissões, nos cenários com restrições (Figura 11). As reduções nestes sectores tornam-se pois mais custo eficazes, nas condições de base estabelecidas⁹;
- ii. O sector Energia tem um comportamento muito semelhante nos três cenários até 2040, variando o grau de redução de aí em diante de acordo com a restrição de carbono imposta (no caso da trajetória sem restrição, o decréscimo de 2040 para 2050 é de 12%; 52% na trajetória com restrição 60%; e 65% na trajetória com restrição de 70%);
- iii. No CELE verifica-se um decréscimo significativo das emissões nas actividades de combustão, em particular nos cenários com restrições de emissões. As emissões de processos industriais pelo contrário mantêm-se, contribuindo para que a redução nos sectores CELE não sejam globalmente tão significativas em comparação com as reduções dos sectores fora do CELE no sector energia (Figura 12);
- iv. Os processos industriais aumentam continuamente as emissões até 2050 a um ritmo praticamente constante na trajetória sem restrições (Figura 13). Nas trajetórias com restrição verifica-se a manutenção dos valores a partir de 2030 até 2050, subindo ligeiramente dos valores de 2020 (4% em ambos os casos). Verifica-se um aumento das emissões em todos os cenários. Este comportamento deriva do aumento de emissões dos F-gases e do reduzido potencial de redução das emissões de processo associadas à indústria;
- v. Em termos das actividades de combustão:
 - a. a electricidade e calor apresentam potencial de redução muito significativo logo a partir de 2020 graças ao potencial renovável;
 - b. a refinaria mantêm-se praticamente inalterável até 2050 na trajetória sem restrições e nas trajetórias com restrições verificam-se reduções “forçadas” apenas a partir de 2040;
 - c. globalmente na restante actividade industrial, verificam-se reduções mais significativas apenas a partir de 2040; os sectores da química, cal, vidro plano, pasta e papel, cerâmica e outra indústria apresentam as maiores reduções; pelo contrário os sectores do cimento, vidro embalagem e ferro e aço são os que menos reduzem;
- vi. Os setores serviços e doméstico apresentam grandes possibilidades de reduções de emissão (principalmente no sector serviços, mas também no doméstico);
- vii. As emissões de gases com efeito de estufa da Agricultura (excluindo CO₂ das actividades de combustão) decrescem até 2050 em -37% face a 1990;
- viii. No setor dos resíduos verificam-se reduções de -53% face a 1990 em 2050, sendo que uma parte significativa das reduções irá ocorrer até 2030 (-41%).

De igual modo, verifica-se nos cenários Alto que:

- i. As emissões totais têm um comportamento muito semelhante até 2040 nas duas trajetórias com restrições. A diferença em 2050 é mais significativa traduzindo a imposição das restrições no sector energético (Figura 11).

⁹ Importa clarificar que a análise de emissões no âmbito do CELE e fora do CELE no horizonte 2050 tem como pressuposto a manutenção do âmbito CELE no horizonte 2013-2050, pelo que os resultados devem ser vistos nesse contexto. O Anexo 5 apresenta informação sobre a definição de âmbito do CELE considerada.

Em qualquer caso a diferença para a trajetória sem restrições é significativa, traduzindo o potencial de redução de emissões face a um cenário Alto sem restrições, denotando a influência do crescimento económico em trajetórias com e sem restrições de emissões de gases com efeito de estufa;

- ii. O comportamento das componentes energia (tanto CELE como fora do CELE) modeladas com o TIMES_PT e portanto traduzindo uma trajetória custo-eficaz, nas condições estabelecidas, ajudam a explicar o comportamento global na medida em que se verifica entre 2020-2030 um significativo decréscimo nos sectores CELE em todos os cenários (Figura 12). A partir de 2030 no entanto (e apesar de continuarem a verificar-se reduções nos sectores CELE), são os sectores energia fora do CELE (em particular transportes, onde se verificam reduções muito significativas em todos os cenários, mas também nos serviços e doméstico com electrificação crescente) que mais contribuem para a redução das emissões, nos cenários com restrições. As reduções nestes sectores tornam-se pois mais custo eficazes, nas condições de base estabelecidas. O comportamento é muito semelhante ao dos cenários Baixo mas mais extremo – quer no aumento de emissões no cenário sem restrições, quer no nível das reduções no cenário com restrições;
- iii. No CELE verifica-se um decréscimo significativo das emissões nas actividades de combustão, nas trajetórias com restrições de emissões. As emissões de processos industriais mantêm-se relativamente constantes na trajetória com restrição 60% no sistema energético (aumentam no cenário sem restrições) e diminuem significativamente na trajetória com restrição 70%;
- iv. Não há grande diferença nas reduções nos transportes do cenário Baixo para o Alto;
- v. Nos processos industriais verifica-se um aumento das emissões em todos os cenários. Este comportamento deriva do aumento de emissões dos F-gases e do reduzido potencial de redução das emissões de processo associadas à indústria. Verifica-se no entanto um esforço muito significativo ao nível da redução de emissões associadas aos processos industriais no cenário 70% a partir de 2040 devido à forte restrição de emissões imposta (Figura 13);
- ix. Em termos das actividades de combustão:
 - a. a electricidade e calor apresentam potencial de redução muito significativo logo a partir de 2020 graças ao potencial renovável;
 - b. a refinaria mantêm-se praticamente inalterável até 2050 na trajetória sem restrições e nas trajetórias com restrições verificam-se reduções apenas a partir de 2040;
 - c. globalmente na restante actividade industrial, verificam-se reduções mais significativas apenas a partir de 2040; os sectores da química, cal, vidro plano, pasta e papel, cerâmica e outra indústria apresentam as maiores reduções; pelo contrário os sectores do cimento, vidro embalagem e ferro e aço são os que menos reduzem;
- x. Os setores serviços e doméstico apresentam grandes possibilidades de reduções de emissão (principalmente no sector serviços, mas também no doméstico);
- xi. As emissões de gases com efeito de estufa da Agricultura decrescem até 2050 em -20% face a 1990;
- xii. No setor dos resíduos verificam-se reduções de -39% face a 1990 em 2050, sendo que uma parte significativa das reduções irá ocorrer até 2030 (-32%). A menor redução de emissões no cenário Alto evidencia o crescimento demográfico e económico muito substancial implícito neste cenário, em particular após 2030.

O Anexo 4 apresenta um maior detalhe sectorial das emissões de gases com efeito de estufa, seguindo desagregação do inventário nacional de emissões (NIR) e permitindo apoiar algumas das observação apresentadas no corrente capítulo.

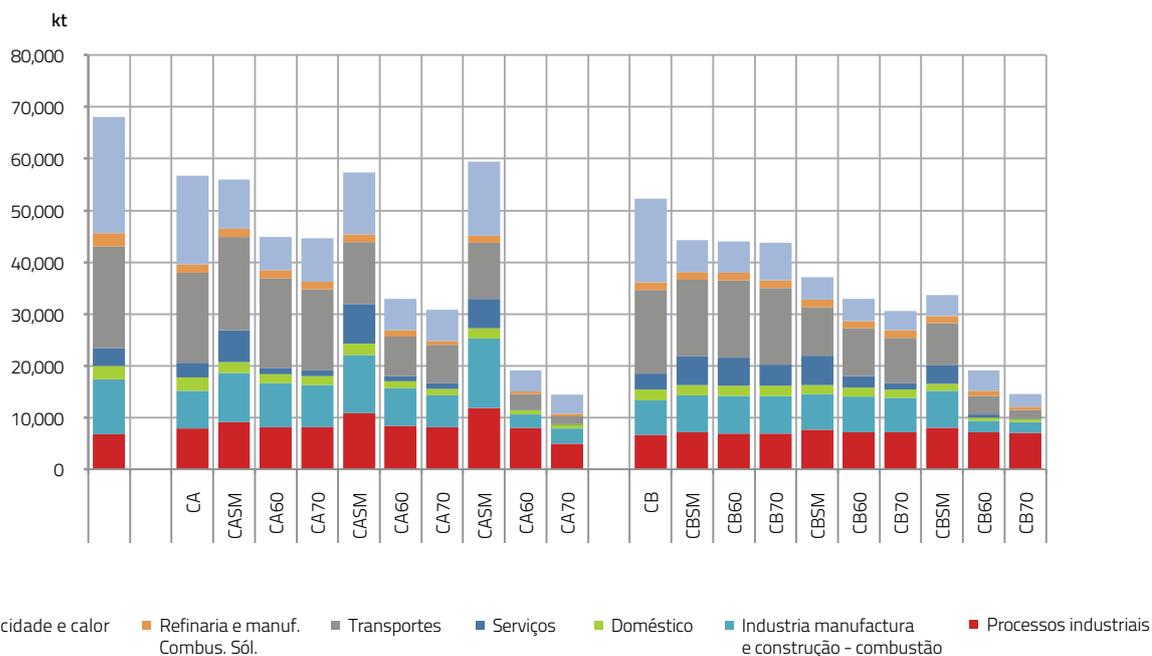


FIGURA 11 - Emissões do sistema energético por sector nos cenários e trajetórias considerados

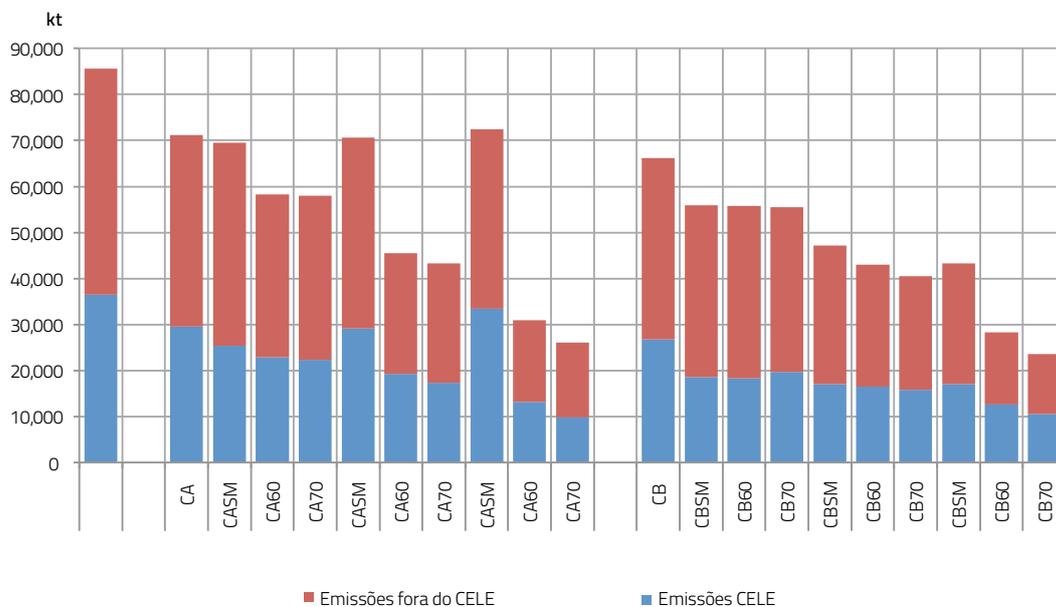


FIGURA 12 - Emissões fora do CELE e abrangidas pelo CELE nos cenários e trajetórias considerados

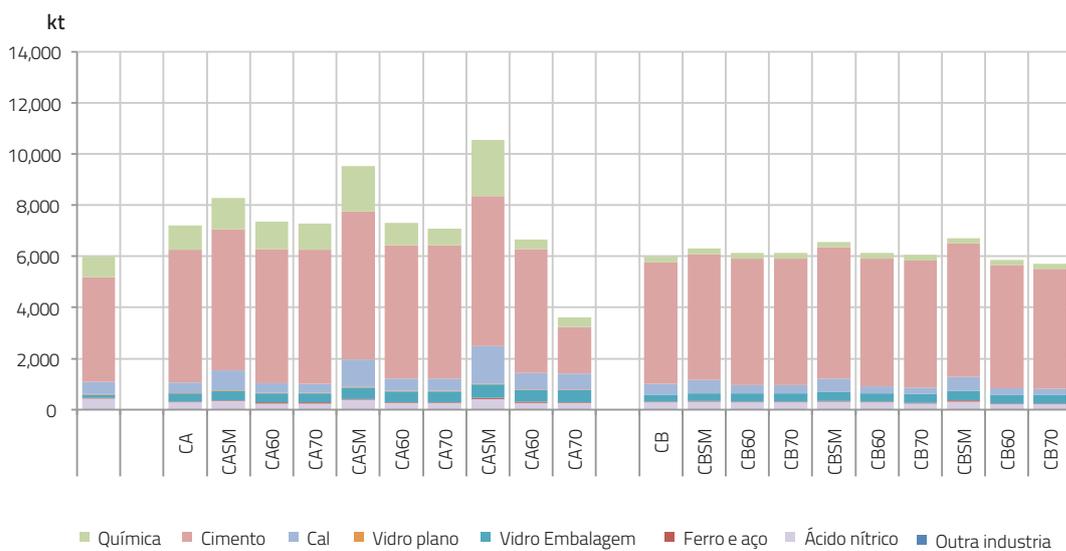
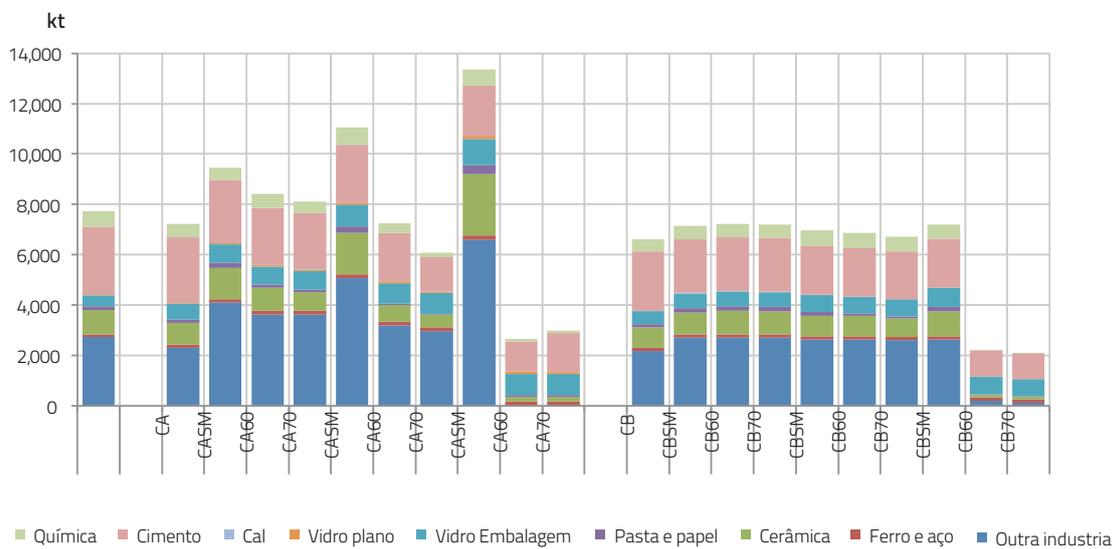
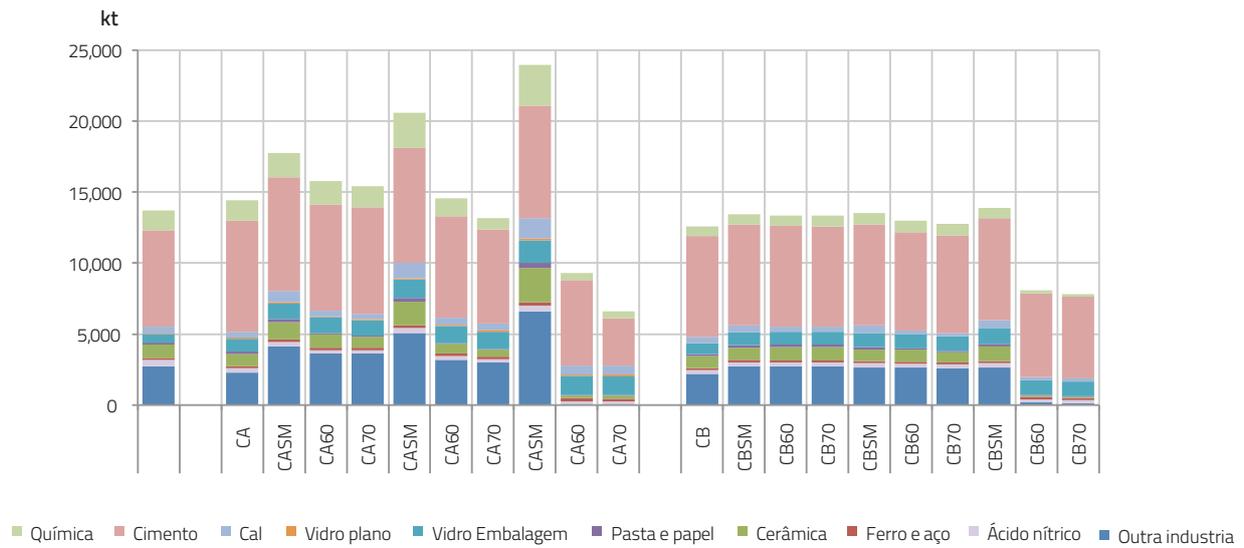


FIGURA 13 - Emissões da indústria (total em cima; combustão no meio; processos industriais em baixo) por sector nos cenários e trajetórias considerados

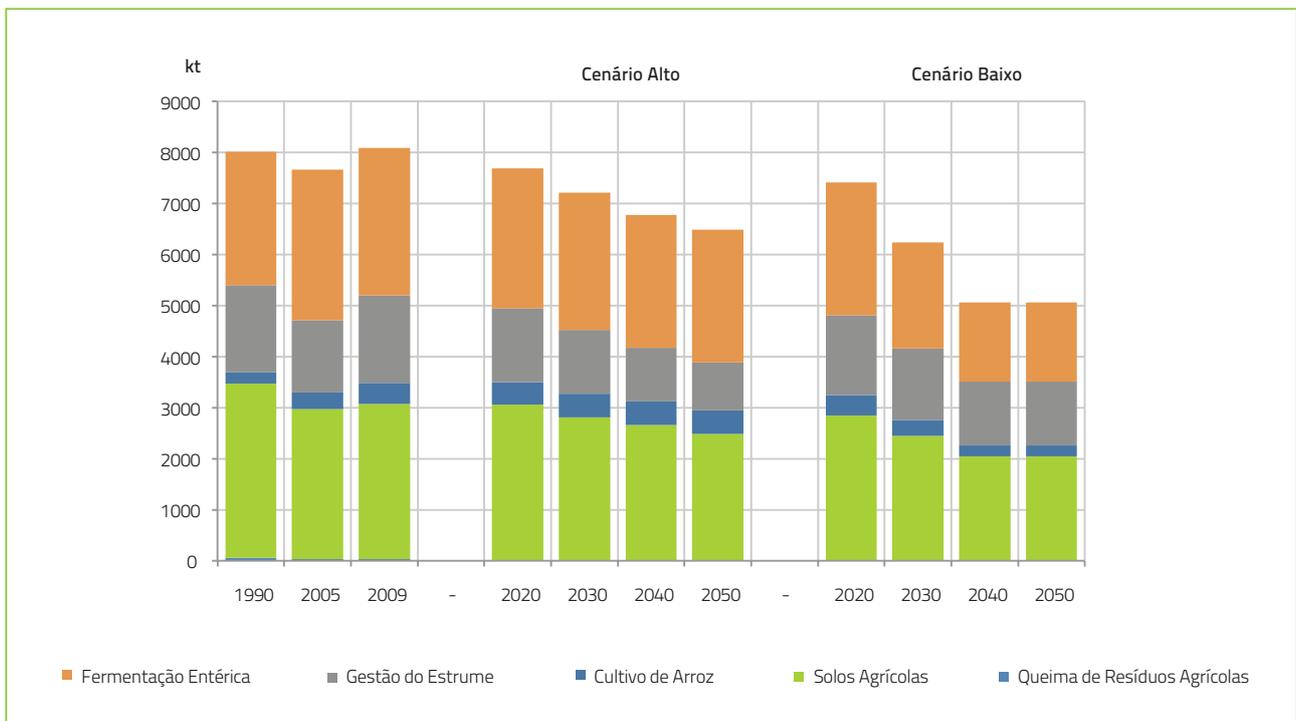


FIGURA 14 - Emissões da agricultura por sector nos cenários e trajetórias considerados

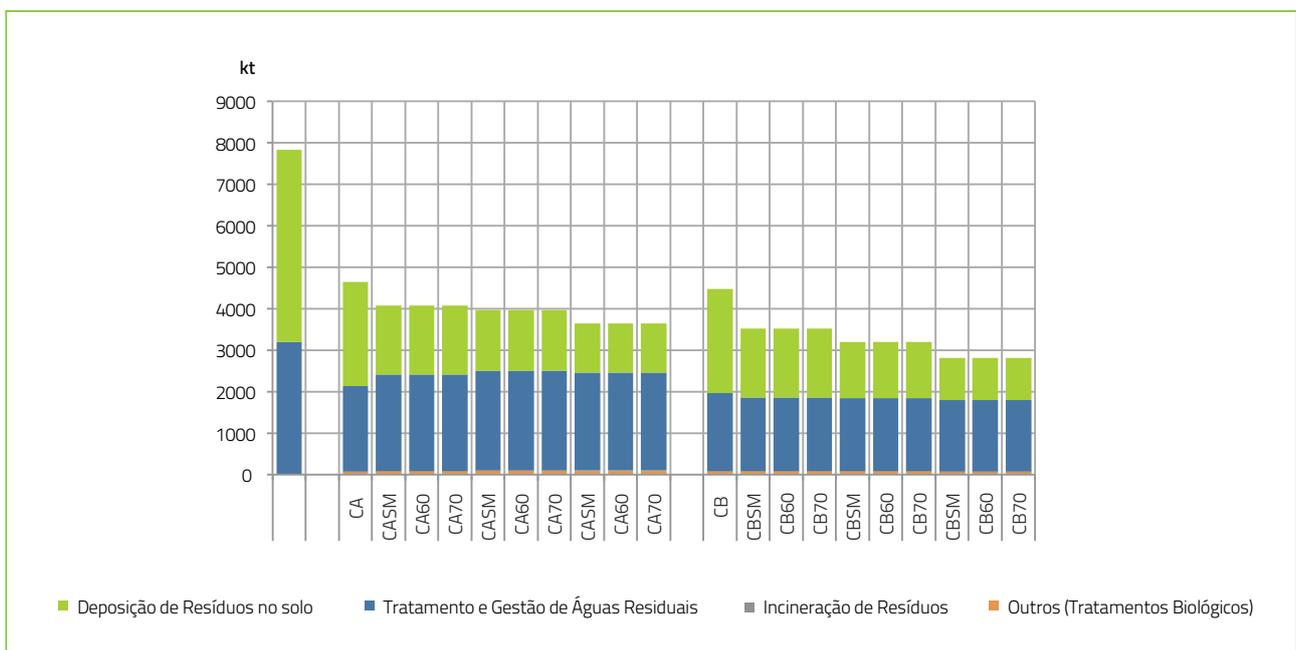


FIGURA 15 - Emissões dos resíduos por sector nos cenários e trajetórias considerados

O sector floresta e uso do solo continuará a ter características de sequestrador líquido em qualquer dos cenários analisados. No cenário Baixo, a perda de sequestro é de -74%, justificado pela perda de sequestro na floresta e pastagens e pelo aumento de emissões de áreas agrícolas. Pelo contrário, no cenário Alto, há um aumento da função sequestro de +28%, com uma relativa estabilização dos valores de sequestro a partir de 2030 (Quadro 10). A

existência de regras de contabilização especiais para este setor não permitem que os totais desta categoria sejam somados aos das restantes categorias analisadas no RNBC. Estes valores devem, portanto, ser analisados com essa perspetiva.

A Figura 16 traduz o balanço de emissões e remoções no sector floresta e uso do solo.

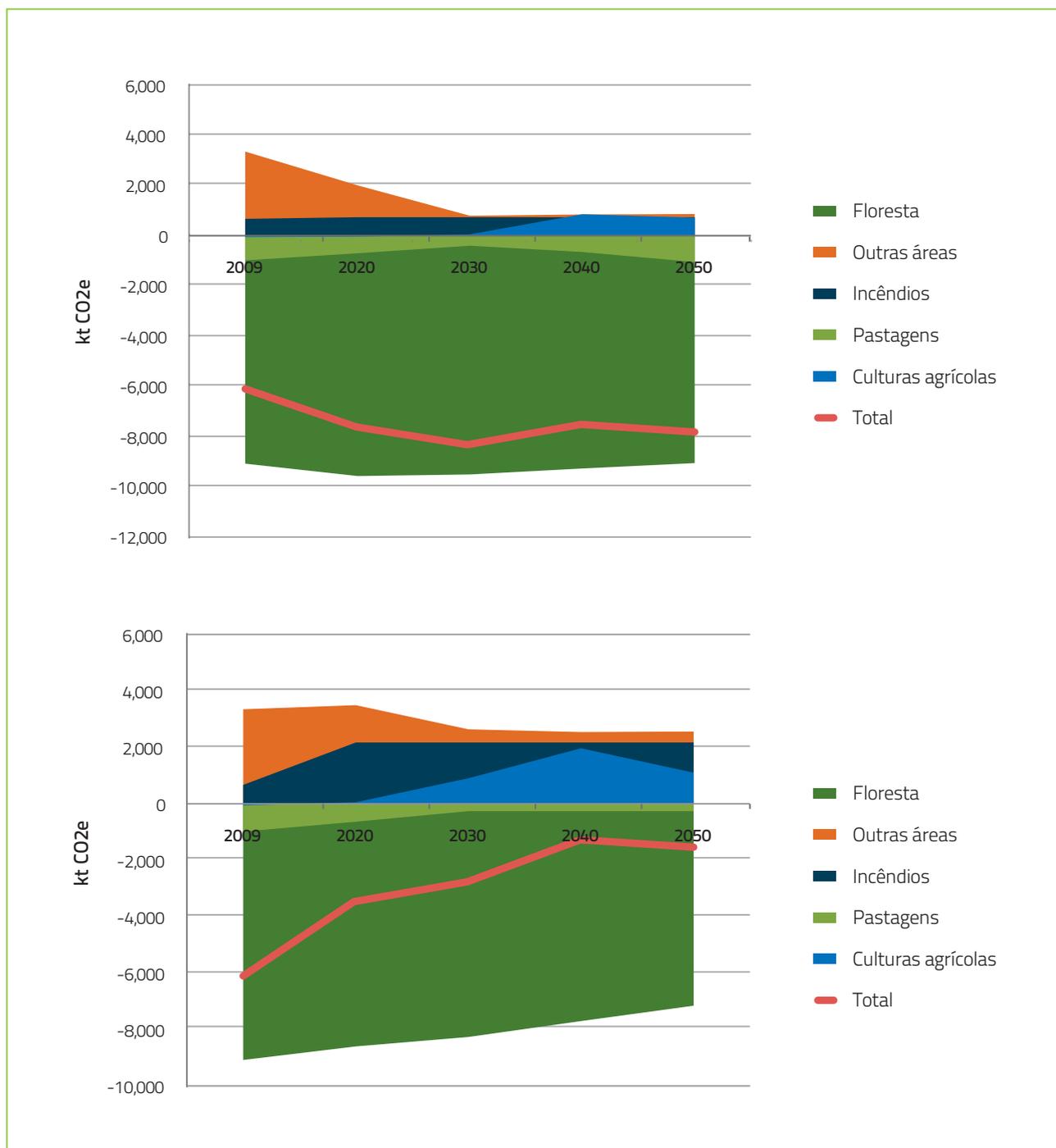


FIGURA 16 - Evolução das emissões no sector floresta e uso do solo entre 2009-2050 nos cenários Alto (em cima) e Baixo (em baixo) [valores positivos representam emissões; valores negativos representam sequestro]

QUADRO 10 - Evolução das emissões e sequestro no sector floresta e uso do solo face a 2009

Uso do solo, alteração uso solo e floresta	2020	2030	2040	2050
Emissões	42% -32%	42% -61%	66% -39%	45% -42%
Sequestro	-9% 2%	-16% -2%	-21% -2%	-27% 0%
Balanço final do setor	-43% 24%	-54% 36%	-79% 23%	-74% 28%

Valores cenário Baixo | cenário Alto

5.2 ANÁLISE DOS COMPROMISSOS 2020

Em termos dos compromissos assumidos por Portugal até 2020 no âmbito da União Europeia, consideram-se de forma distinta as emissões abrangidas pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), e as emissões abrangidas pelas atividades fora do CELE.

Sintetizam-se três indicadores chave que caracterizam a situação expectável do sistema energético nacional, resultante dos exercícios de modelação apresentados neste documento. Convém lembrar que para o ano 2020 não foi imposta qualquer meta de redução, já que se tem por objectivo identificar o potencial de redução de emissões de GEE, por adopção de opções tecnológicas custo-eficazes. Estes valores são indicadores úteis para avaliar o potencial de cumprimento de Portugal das metas com que se comprometeu no âmbito do pacote energia clima.

Verifica-se que em 2020 as emissões abrangidas pelo CELE apresentam uma redução de -27% | -19% comparado com 2005 (cenários Baixo | Alto) e as emissões fora do CELE uma redução de -20% | -15% (Quadro 11).

Os valores de redução de emissões fora do CELE comparam com a meta de emissões no âmbito do pacote energia clima assumida por Portugal, que corresponde a um aumento de 1% face a 2005 (nos sectores não abrangidos pelo CELE). Constata-se assim o cumprimento potencial da meta para o setor não CELE em qualquer dos cenários analisados. Estes resultados estão em linha com os resultados do cenário de referência da Comissão Europeia no âmbito do *working paper analysis of options beyond 20% GHG emission reductions: Member State results* que identifica, para Portugal, para as emissões das atividades não abrangidas pelo CELE, uma redução de -17% em 2020 relativamente a 2005.

Constata-se a existência de um potencial custo-eficaz para reduções significativas de emissões de GEE nas atividades abrangidas pelo CELE e fora do CELE, com maior magnitude nas atividades CELE. Globalmente, pode-se afirmar que existe um potencial custo-eficaz para atingir reduções de emissões de GEE superiores a -16% em 2020, relativamente a 2005.

No que diz respeito aos objectivos de eficiência energética estabelecidos para 2020, identifica-se para Portugal um potencial muito significativo, sempre superior a 20% quando comparado com um cenário BAU (Business as Usual), que assume uma estrutura de consumos no futuro exactamente similar à de 2005 (Quadro 12). Verificada a existência do potencial, torna-se no entanto necessário identificar e operacionalizar instrumentos de política capazes de o materializar. Verifica-se, no entanto ser necessário um esforço adicional para atingir a meta de 25% de eficiência energética assumida pelo Governo.

O peso dos recursos renováveis no consumo final de energia deverá atingir em 2020 cerca de 31% | 29%, consoante se considere o cenário Baixo ou Alto (Quadro 13). Assim, no cenário Baixo é cumprido o objectivo estipulado para Portugal de 31% de energias renováveis no consumo final de energia. De referir que estes valores traduzem o potencial custo-eficaz de renováveis sem recurso a qualquer instrumento de política adicional, i.e., não está a ser imposto qualquer objectivo de política, como o teor de 10% de fontes de energia renovável nos transportes estabelecidos no âmbito da Diretiva de Energias Renováveis, nem objectivos de electricidade renovável como os previstos no PNAER. Assim, caso se implementem instrumentos de apoio ao desenvolvimento de renováveis a meta de renováveis na energia final será decerto atingida em ambos os cenários. A propósito da meta de 10% para renováveis nos transportes, de salientar que este objetivo não é atingido em nenhum dos cenários. De salientar o peso que o veículo elétrico representa nos cenários analisados, suplantando mesmo os biocombustíveis, em particular no cenário Alto. De fato verifica-se que os biocombustíveis representam cerca de 3,4% | 2,8% do total de energia final consumida nos transportes em 2020.

QUADRO 11 - Emissões nos setores CELE e fora do CELE em 2020 e 2030 (% de redução face a 2005)

	2020	2030 ET_CSM	2030 ET_C60	2030 ET_C70
CELE	-27% -19%	-49% -30%	-50% -37%	-46% -39%
Fora do CELE	-20% -15%	-24% -10%	-24% -28%	-27% -28%
Total	-23% -17%	-35% -19%	-35% -32%	-35% -33%

Valores cenário Baixo | cenário Alto

QUADRO 12 - Indicador de eficiência energética

Consumo de Energia (PJ)	Alto	Baixo
BAU 2020	1049	985
Cenários 2020	834	767
% Eficiência Energética	-21	-22

Valores cenário Baixo | cenário Alto

QUADRO 13 - Indicadores de energia renovável

Consumo de Energia (PJ)	Alto	Baixo
Electricidade	118	118
Calor e frio Edifícios e Indústria	84	79
Agricultura	0	0
Transportes	7	8
Energia Final renovável (a)	209	205
Energia Final Total (b)	716	664
% Energia Renovável (a/b)	29	31
% Electricidade renovável	51	54
% Electricidade renovável nos transportes	6	6

Para uma análise de sensibilidade sobre as implicações de um aumento do nível de redução de emissões no curto prazo (2020) face aos níveis potenciais já verificados na ausência de imposição de restrições de emissões, foi ensaiado um exercício de modelação em se impôs, conjuntamente, um limite de emissões de -25%, face a 2005, nas actividades fora do CELE, e de -30% nas actividades abrangidas pelo CELE. O Quadro 14 apresenta os valores resultantes da análise de sensibilidade em contraste com a trajetória de referência mais restritiva: a trajetória com restrição de emissões de 70%. Refira-se que esta análise de sensibilidade apenas abrange as emissões do sistema energético, não sendo consideradas para efeito deste exercício as emissões do setor resíduos e as emissões não associadas ao sistema energético da agricultura. Uma vez que não foi efetuada uma análise de sensibilidade às emissões fugitivas e de gases fluorados, optou-se por não incluir estas nos dados referentes à trajetória de referência.

Nas atividades abrangidas pelo CELE, verifica-se que não há uma grande diferença entre os cenários Baixo (redução de cerca de 5%) uma vez que o cenário de referência já previa uma redução de cerca de -27%. A diferença mais significativa entre estes cenários (Baixo) prende-se com o mais reduzido recurso a Cogeração. As maiores diferenças verificam-se pois entre os cenários Alto (redução de cerca de 14%). Em particular:

- i. Uma redução muito significativa das emissões associadas a Cogeração face ao estimado em 2020 no cenário de referência, verificando-se ainda assim um aumento face aos valores de 2005 (em ambos os cenários);
- ii. A redução mais significativa no setor Electroprodutor no cenário Alto;
- iii. O reduzido impacte do cenário de análise de sensibilidade nos setores Cimentos, Vidro, Pasta & Papel, Refinação e Ferro e Aço;
- iv. A quase totalidade da redução adicional entre os cenários Alto é alcançada na Cogeração e no sector Electroprodutor (responsáveis por cerca de 84% da redução total entre os cenários), confirmando o potencial de redução custo-eficaz nestes setores face aos restantes setores industriais;
- v. O restante potencial de redução verifica-se nos setores da Química (em ambos os cenários), Cimento (cenário Alto apenas), Cal (ambos os cenários) e Ácido Nítrico (ambos os cenários).

QUADRO 14 - Análise de sensibilidade das emissões do sistema energético face a um cenário de restrição de emissões em 2020 além das reduções alcançadas nas trajetórias modeladas no RNBC

	C70			Análise de Sensibilidade	
	2005	2020	Δ 2020/2005	2020	Δ 2020/2005
Total^A	69 076	52 464 56 959	-24% -18%	49 981 49 980	-30% -30%
Total CELE	36 427	26 714 29 573	-27% -19%	25 494 25 493	-30% -30%
Cogeração	1 448	2 954 3 277	104% 126%	1 954 1 560	35% 8%
Electroprodutor	22 993	11 432 12 367	-50% -46%	11 382 10 647	-50% -54%
Química	467	358 1 101	-23% 136%	305 878	-35% 88%
Cimento	6 424	7 066 7 701	10% 20%	7 066 7 552	10% 18%
Cal	444	383 361	-14% -19%	336 245	-24% -45%
Vidro Plano	60	0 62	-100% 3%	0 62	-100% 3%
Vidro Embalagem	530	771 903	45% 70%	771 903	45% 70%
Pasta & Papel	132	113 113	-14% -14%	113 113	-14% -14%
Cerâmica	336	293 310	-13% -8%	293 275	-13% -18%
Outra industria	1 038	826 880	-20% -15%	787 851	-24% -18%
Refinação	1 970	2 087 2 092	6% 6%	2 087 2 092	6% 6%
Ferro e Aço	137	148 152	8% 11%	148 152	8% 11%
Ácido Nítrico	448	284 279	-37% -38%	252 163	-44% -64%
Total Não CELE^A	32 649	25 750 27 386	-21% -16%	24 487 24 487	-25% -25%
Agricultura	986	905 945	-8% -4%	883 874	-11% -11%
Comercial	3 437	3 058 2 856	-11% -17%	1 694 1 588	-51% -54%
Residencial	2 652	2 129 2 543	-20% -4%	2 130 2 166	-20% -18%
Transportes	19 610	16 197 17 501	-17% -11%	16 155 16 209	-18% -17%
Indústria	3 090	2 358 2 580	-24% -16%	2 219 2 299	-28% -26%
Indústria da energia ^B	2 874	1 103 961	-62% -67%	1 406 1 351	-51% -53%

^AEmissões fugitivas e gases fluorados não considerados

^BConsidera toda a cogeração não incluída em CELE

Valores cenário Baixo | cenário Alto

Nas atividades fora do CELE, verifica-se igualmente que não há uma grande diferença entre os cenários Baixo (redução de cerca de 5%) uma vez que o cenário de referência já previa uma redução de cerca de -21%. A diferença mais significativa entre estes cenários (Baixo) prende-se com a redução no setor Comercial. As maiores diferenças verificam-se pois entre os cenários Alto (redução de cerca de 11%). Em particular:

- Em ambos os cenários verifica-se um aumento de emissões face ao cenário de referência na Indústria da Energia, sendo o único setor onde tal se verifica. Ainda assim o setor apresenta uma redução de emissões face aos níveis de 2005;
- No cenário Baixo, além da redução muito significativa no setor Comercial, assume também relevância a redução no setor Indústria, representando estes dois setores a quase totalidade das reduções verificadas entre os cenários Baixo;
- A quase totalidade da redução adicional entre os cenários Alto é alcançada nos setores Comercial e Transportes (responsáveis por cerca de 88% da redução total entre os cenários), traduzindo o potencial de redução custo-eficaz nestes setores face aos restantes setores fora do CELE;
- O restante potencial de redução verifica-se nos setores da Residencial (cenário Alto) e Indústria (ambos os cenários).

5.3 VIABILIDADE ECONÓMICA PARA CENÁRIOS DE BAIXO CARBONO EM PORTUGAL: SISTEMA ENERGÉTICO

A viabilidade tecnológica para atingir uma economia de baixo carbono tem subjacente a substituição tecnológica nos vários sectores da economia, facto que é suportado por uma dinâmica económica pautada por investimentos diversos, tendo como uma das principais consequências, a alteração na balança comercial dos produtos energéticos.

O sector da energia e processos industriais é particularmente sensível a estes factores, tendo-se avaliado, no quadro das trajetórias analisadas para o sector energético as implicações em termos de custos totais e custos de investimento. Esta avaliação é feita unicamente para o sector energia e processos industriais, recorrendo ao modelo TIMES_PT e não integra elementos relacionados com os sectores resíduos e agricultura, floresta e uso do solo.

Os Quadros 15 a 18 apresentam indicadores de custos, que são entendidos como adicionais aos custos de trajetórias sem qualquer objectivo de redução de emissões. Salientam-se os seguintes aspectos:

- i. O custo total adicional para o sistema energético nas trajetórias com restrição de emissões foi avaliado face aos custos da trajetória sem restrições de emissões (Error! Reference source not found.). Na trajetória mais restritiva (70%), o custo total anual médio, no período de 2010 a 2050, varia entre 130 e 512 milhões de euros, i.e., 0,07%|0,30% do PIB registado em 2010 (cenários Baixo e Alto). Na trajetória com restrição de 60%, o custo total anual médio, no mesmo período, varia entre 70 e 380 milhões de euros, i.e., 0,04%|0,22% do PIB registado em 2010 (cenários Baixo e Alto). Designa-se por custo total o somatório de todos os custos associados ao sistema energético, designadamente, custos de investimento, operação e manutenção das tecnologias e custos dos recursos energéticos (nacionais e saldo importador). Não estão considerados neste somatório os custos de desmantelamento das instalações de tecnologias no fim do seu tempo de vida.
- i. O acréscimo de investimento representa uma das maiores fatias do custo total do sistema energético. Na trajetória mais restritiva, o acréscimo de investimento anual médio oscila, no período de 2010 a 2050, entre 57 e 306 milhões de euros, i.e., 0,03%|0,18% do PIB registado em 2010. Na trajetória com restrição de 60%, o acréscimo de investimento anual médio oscila, no mesmo período, entre 28 e 253 milhões de euros, i.e., 0,02%|0,15% do PIB registado em 2010. Estes valores de investimento médio anual comparam com o valor apontado no Roteiro da Comissão Europeia para toda a União Europeia, de 270 mil milhões de euros, equivalente a cerca de 1,5% do PIB da União Europeia. Note-se que os custos adicionais de investimento incluem investimentos que se devem considerar inevitáveis num quadro de crescente convergência entre políticas de desenvolvimento económico e políticas de mitigação das alterações climáticas, sem os quais poderá ocorrer perda de competitividade da economia, em particular no espaço Europeu.
- ii. Os benefícios em termos de poupança em 2050 em termos de balança comercial de produtos energéticos na ordem dos 500-1200 milhões de euros (cenário Baixo e Alto) na trajetória baixo carbono mais restritiva e na ordem de 100-1400 milhões de euros (cenário Baixo e Alto) na trajetória baixo carbono com restrição de 60% (Quadro 16). Estas poupanças devem-se fundamentalmente a um recuo significativo no consumo de combustíveis fósseis compensado, em parte, por um aumento na importação de bioenergia, sendo as maiores poupanças registadas a nível da redução da importação de crude. No entanto, para alguns anos e commodities verifica-se um aumento dos custos associados à sua importação a 2010. Este aumento dos custos não significa necessariamente um aumento da importação de energia primária, mas um aumento do seu custo ao longo do horizonte de análise, tal como apresentado no Quadro 17.

iii. O custo médio de redução de emissões de CO₂ no setor energético e processos industriais evolui ao longo do período em análise nas trajetórias de baixo carbono (7 €/tCO₂eq. | 19 €/tCO₂eq. e 23 €/tCO₂eq. | 28 €/tCO₂eq. em 2030, respetivamente nas trajetórias com restrição 60% e 70%, cenários Baixo e Alto; 110 €/tCO₂eq. | 126 €/tCO₂eq. e 137 €/tCO₂eq. | 155 €/tCO₂eq. em 2050, respetivamente nas trajetórias com restrição 60% e 70%, cenários Baixo e Alto). O custo marginal pode atingir valores muito elevados (2 a 6 vezes mais elevado dependendo da trajetória e do cenário), sobretudo no período final, para os quais será necessário acomodar instrumentos adequados de forma a não representarem um impacto negativo nas actividades económicas onde se verificam (Quadro 18). Com as devidas ressalvas, estes valores comparam com os custos médios de redução de GEE verificados em 2050 no âmbito do Roteiro da Comissão Europeia verificados em 2050 que se situam entre os 100 e os 370 €/tCO₂eq.

QUADRO 15 - Custos adicionais anuais para os cenários com restrição de emissões de GEE, face a trajetórias sem qualquer restrição

	C60				C70			
	Custos Totais		Custos Investimento		Custos Totais		Custos Investimento	
	M€2010	% PIB2010	M€2010	% PIB2010	M€2010	% PIB2010	M€2010	% PIB2010
Baixo	69	0.04	28	0.02	129	0.07	57	0.03
Alto	382	0.22	253	0.15	512	0.30	306	0.18

Nota: Os custos totais e de investimento reportam-se ao total período de simulação, pelo que são custos descontados, considerando a taxa de desconto referida anteriormente (discounted costs).

QUADRO 16 - Custos adicionais (M€₂₀₁₀) de importação de energia primária face a trajetórias sem meta de redução

Cenário Macroecómico	2020	C60			C70		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050
Baixo	-11	-50	-141	-109	-78	-347	-542
Alto	-17	-421	-1 032	-1 429	- 275	-358	-1 279

QUADRO 17 - Custos de importação adicionais (M€₂₀₁₀) face aos registados em 2010 para as principais commodities importadas

Commodity	Cenário Macroecómico	2010	2020	C60			C70		
				2030	2040	2050	2030	2040	2050
Crude	Baixo	4 946	2 324	3 563	3 907	1 046	3 563	3 907	-2 658
	Alto	4 946	2 324	3 563	2 810	-3 393	3 563	-1 666	-3 393
Gás Natural	Baixo	1 150	797	854	645	159	1 381	562	-160
	Alto	1 150	1 060	1 466	1 061	778	1 029	1 145	697
Carvão	Baixo	193	-57	-209	-209	-209	-210	-209	-118
	Alto	193	-51	-201	-201	-209	-202	-209	-207
Biomassa ^a	Baixo	3	-3	-3	-3	256	-3	-3	704
	Alto	3	285	178	378	1 144	224	349	1 710

^a Biocombustíveis não incluídos

QUADRO 18 - Custos de redução de CO₂ (€₂₀₁₀/t CO₂eq. mitigado)

Custos	Cenário Macroecómico	C60			C70		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050
Médios	Baixo	9	11	140	29	20	174
	Alto	24	85	160	36	99	197
Marginais	Baixo	81	17	277	106	55	424
	Alto	81	218	515	106	238	1 117

5.4. AVALIAÇÃO DE IMPACTES MACRO-ECONÓMICOS DOS CENÁRIOS DE BAIXO CARBONO PARA PORTUGAL: SISTEMA ENERGÉTICO

A configuração de um sistema energético consentâneo com uma economia de baixo carbono tem impactos múltiplos em diversas dimensões, uns de carácter positivo e outros de carácter negativo, quando comparados com uma trajetória em que não é imposta qualquer restrição de redução de emissões. Foram estimados os impactos decorrentes das trajetórias com restrições de emissão de 70% no sector energia e processos industriais em 2050 por configurar o cenário mais agressivo, embora alinhado com o objectivo preconizado no estudo da CE, relativamente aos indicadores que a seguir se detalha. Relativamente aos impactes no PIB nacional optou-se por apresentar igualmente os resultados associados à trajetória com restrição de 60% devido à relevância do indicador em questão.

5.4.1. Impacto no PIB nacional

O impacte das restrições de emissões de 60% e 70% no sistema energético em 2050 no crescimento macroeconómico nacional, quantificando não apenas os impactes directos associados à produção e consumo de energia, mas também os efeitos indirectos inerentes às interligações entre os vários sectores da economia foram igualmente avaliados através de um modelo económico de equilíbrio geral representando o sector económico Português entre 2005 e 2050 (Figura 17). Através desta ferramenta, que traduz os efeitos apenas no sistema energético, é possível quantificar não apenas os impactes directos associados à produção e consumo de energia, mas também os efeitos indirectos inerentes às interligações entre os vários sectores da economia. O modelo utilizado representa o sector económico Português entre 2005 e 2050, estando calibrado de acordo com a matriz de inputs e outputs nacional de 2005 e considerando 18 sectores produtivos e 13 categorias de consumo para as famílias.

O Quadro 19 apresenta a taxa de crescimento anual do PIB na trajetória sem qualquer restrição de emissões e o crescimento preconizado com restrições de emissões analisados no presente exercício.

A partir de 2020 nota-se um impacto progressivo nas taxas de crescimento anuais do PIB nos cenários com restrições de emissões comparativamente às trajetórias sem restrições. O Quadro 20 indica a variação em cada década entre os cenários Alto e Baixo das trajetórias com restrições de emissões comparativamente à trajetória sem restrições. Confirma-se desta forma um impacto crescente no PIB das trajetórias com restrições que no entanto se limita a -2,4% | -1% (cenário Baixo e Alto) do PIB de 2050 na trajetória com restrição de 60%, e a -5,1% | -2,2% (cenário Baixo e Alto) do PIB de 2050 na trajetória com restrição de 70%. Tendo em conta o crescimento previsto do PIB nacional para o período, tal impacte corresponde a uma diminuição ligeira do crescimento do PIB nas trajetórias baixo carbono comparadas com a trajetória sem restrições (e pelo mesmo motivo com menor expressão em termos relativos nos cenários Alto, devido à mais expressiva taxa de crescimento anual considerada) e não a uma diminuição efetiva do PIB, de tal forma que se poderá dizer que o impacte corresponde no máximo ao atraso de um ano de crescimento nos quarenta e cinco anos do período analisado (2005-2050). Ou, por outras palavras, atingir o PIB previsto para 2050 apenas em 2051. Este impacte no PIB explica-se pelo facto dos sectores industriais necessitarem de apostar em tecnologias mais eficientes e que utilizem recursos energéticos de baixo carbono que têm como reflexo o aumento do seu custo produtivo e consequentemente a redução da respectiva procura, sobretudo nos sectores mais intensivos em carbono.

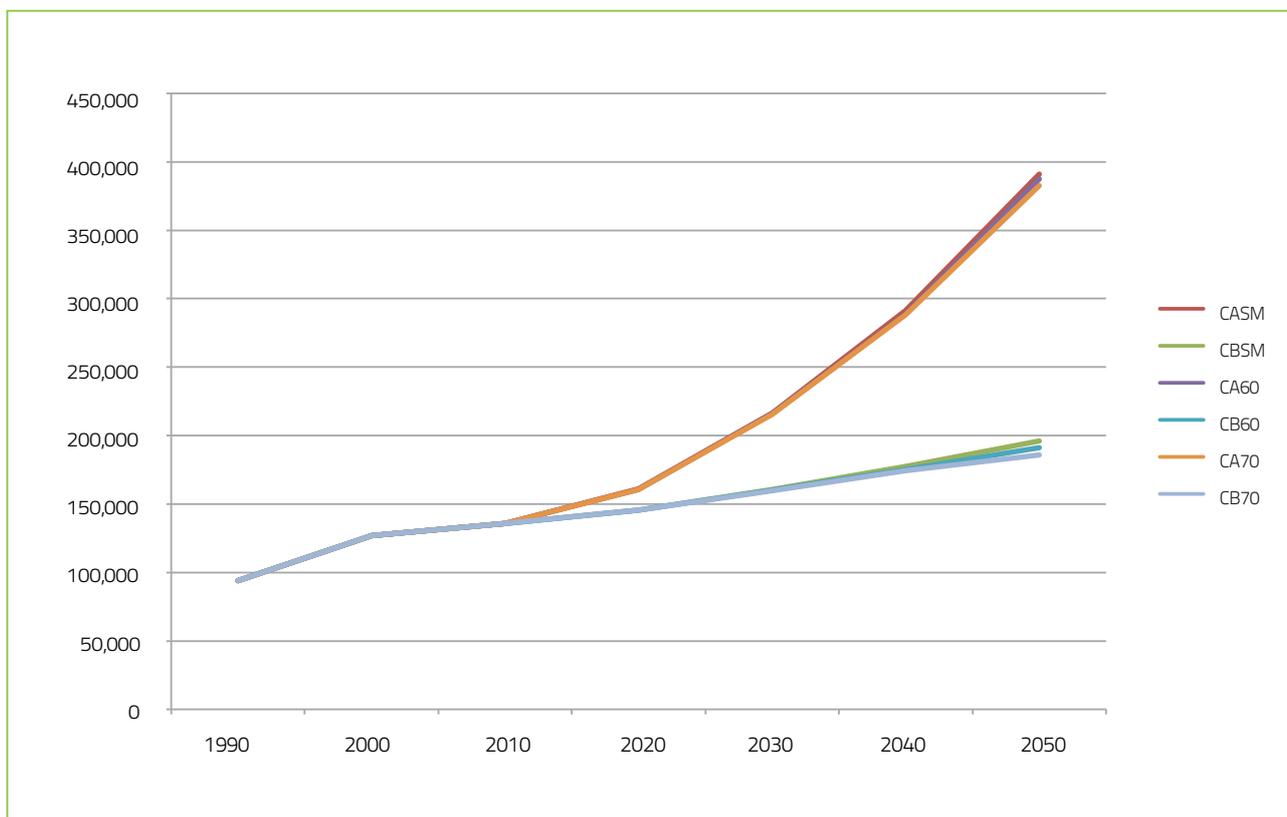


FIGURA 17 - Evolução do PIB nacional 1990-2050 nos cenários Alto e Baixo, nas trajetórias consideradas. Destaque da evolução dos cenários Alto (à direita em cima) e Baixo (à direita em baixo) no período 2040-2050

QUADRO 19 - Taxas de crescimento anual do PIB (%) nas trajetórias e cenários considerados

Trajetórias	2005-10	2010-15	2015-20	2020-30	2030-40	2040-50
CSM	0,5%	0,4%	1,0% 3,0%	1,0% 3,0%	1,0% 3,0%	1,0% 3,0%
C60	0,5%	0,4%	1,0% 3,0%	0,96% 3,00%	0,91% 2,95%	0,88% 2,98%
C70	0,5%	0,4%	1,0% 3,0%	0,95% 2,99%	0,87% 2,94%	0,64% 2,88%

Valores cenário Baixo | cenário Alto

QUADRO 20 - Variação (%) do PIB entre as trajetórias com restrições de emissões comparativamente à trajetória sem restrições

Trajetórias	2020	2030	2040	2050
C60	0,0% -0,1%	-0,2% -0,2%	-1,2% -0,9%	-2,4% -1,0%
C70	0,0% -0,1%	-0,4% -0,3%	-1,7% -1,1%	-5,1% -2,2%

Valores cenário Baixo | cenário Alto

No presente exercício de modelação foram acomodadas no modelo TIMES_PT elasticidades procura-preço por forma a simular este efeito de redução da procura/produção (Anexo 3). O Quadro 21 apresenta as reduções associadas ao presente exercício de modelação comparativamente aos cenários sem qualquer restrição ambiental obtidas através do modelo tecnológico.

QUADRO 21 - Reduções na procura para as trajetórias com restrições de emissões face aos cenários sem restrições (total entre 2030 e 2050) [Baixo a Alto] obtidas através do modelo TIMES_PT

Trajetória com restrição de 70%	Trajetória com restrição de 60%
Edifícios: 3% a 5% Transporte Passageiros: < 1% Transporte Mercadorias: 3% a 6% Indústria: < 9%	Edifícios: 2% a 5% Transporte Passageiros: < 1% Transporte Mercadorias: 2% a 6% Indústria: < 7%

A mobilização do potencial de investimento do sector privado e dos consumidores individuais representa um grande desafio. Embora a maior parte deste investimento suplementar seja futuramente recuperado com a redução das facturas de energia e com aumentos de produtividade, os mercados tendem a não considerar os ganhos futuros e a ignorar os riscos de longo prazo. Uma questão fundamental é, portanto, como poderá a política de enquadramento adoptada criar condições que facilitem esses investimentos, nomeadamente através de novos modelos de financiamento.

O aumento do investimento interno constitui uma oportunidade soberana para aumentar a produtividade, o valor acrescentado e a produção de uma vasta gama de indústrias da União Europeia (indústria automóvel, produção de electricidade, equipamento industrial e de rede, materiais de construção com eficiência energética, sector do imobiliário), que são fundamentais para o crescimento e a criação de emprego no futuro.

5.5. OUTROS BENEFÍCIOS DAS TRAJETÓRIAS BAIXO CARBONO

Além do seu benefício principal – a redução das emissões de gases com efeito de estufa –, a transição para uma economia de baixo carbono e competitiva trará outros benefícios essenciais.

5.5.1. Impacto no emprego

Uma economia de baixo carbono configura, como temos vindo a constatar, alterações na dinâmica tecnológica das actividades económicas que, por sua vez, promovem alterações em aspectos sócio-económicos, nomeadamente no emprego. Se por um lado, o aumento de tecnologias de base renovável no sistema energético nacional pode promover a geração de emprego, denominado “emprego verde”, por outro, a redução de tecnologias de base fóssil concorre para a sua deterioração.

A quantificação do impacto de um cenário de baixo carbono na geração de emprego verde teve em consideração o emprego gerado no sector electroprodutor associado à implementação de instalações energéticas de energia renovável, a perda de emprego por via do fecho parcial ou completo de instalações energéticas com base em combustíveis fósseis, e variação da produção industrial. Os valores de emprego no sector electroprodutor renovável referem-se apenas a emprego directo, não considerando o emprego indirecto associado à actividade deste tipo de tecnologias.

A contabilização do emprego criado pela instalação de tecnologias de produção de eletricidade renováveis teve como base a aplicação de indicadores específicos por tipo de tecnologia, em empregos/MW instalados. Os indicadores utilizados resultaram da sistematização de dados existentes em literatura internacional e nacional [15, 16]. Embora sempre que possível, tenha sido dada prioridade a indicadores específicos para Portugal, para parte das tecnologias energéticas os indicadores utilizados provêm de fontes internacionais (estudos Europeus e Americanos) pelo que poderão não reflectir convenientemente a realidade Portuguesa.

A estimativa do impacto negativo na perda de emprego devido ao encerramento de centrais a energia fóssil e também pela redução da actividade das refinarias no cenário de baixo carbono, determinou-se utilizando o número de colaboradores existentes no presente ano nestas instalações, em relação com a actividade dessas instalações.

A análise do potencial de geração de emprego na indústria suportou-se num indicador específico que traduz o número de empregos por unidade de produto produzido em cada sub sector da indústria (empregos/Mtonproduto) verificado no ano de 2005. A utilização deste indicador para o futuro traduz uma perspectiva conservadora, não variando em função de possíveis melhorias de produtividade ou aumento de mecanização de processos. As indústrias incluídas na análise são (cimento, vidro, cerâmica, aço, química, pasta de papel e papel, cal e outras industriais). Convém lembrar que no cenário de redução 70% a procura sofre uma deterioração por via das elasticidades procura-preço, o que tem impacto directo na geração do emprego pela metodologia adoptada.

Os valores apresentados no Quadro 22 representam estimativas grosseiras do emprego directo, não devendo ser considerados os valores absolutos mas principalmente a magnitude do impacto de um cenário de baixo carbono.

O impacto de um cenário de baixo carbono no emprego directo foi estimado de modo muito aproximado no sector electroprodutor e na indústria, tendo em atenção a geração de emprego verde nas renováveis (mais que duplica) e a deterioração do emprego nas instalações energéticas convencionais e na indústria (-7%), quando comparado com um cenário sem meta de redução. No entanto, estes valores carecem de uma análise muito cautelosa porque se basearam em indicadores estáticos por sector de actividade, além de que não é considerado o sector dos serviços.

QUADRO 22 - Valores de emprego gerado por sector (Cenário Baixo a Cenário Alto)

(milhares)	Sector	2010 ¹	2020	2030	2040	2050
Sem meta de redução	Indústria	1278	1281 a 1481	1295 a 2010	1322 a 2763	1349 a 3810
	Electroprodutor (renovável) ²	16	18	17 a 19	57 a 58	74 a 89
Meta de redução de 70%	Indústria	1278	1281 a 1481	1295 a 1960	1294 a 2636	1282 a 3540
	Electroprodutor (renovável) ²	16	18	15 a 31	59 a 67	96 a 273

¹ Valor 2010 relativo à indústria, construção e energia e água (Estatísticas do Emprego-2010, INE, 2010);

² Valores referentes a nova capacidade instalada, não somando com os valores de 2005;

5.5.2. Impacto nas emissões acidificantes: sistema energético

A transição para uma economia de baixo carbono poderá induzir benefícios adicionais sobre as emissões de poluentes atmosféricos (NO_x e SO₂) e conseqüentemente a minimização dos seus impactos (exemplo: impactos na

saúde humana devido a poluição do ar). Os poluentes atmosféricos (SO₂ e NO_x) e os GEE encontram-se interligados de diversos modos, principalmente em fontes de emissões comuns (como a combustão de combustíveis fósseis em aplicações estacionárias e móveis). Os efeitos que um sistema energético descarbonizado provocará em termos da redução de emissões de poluentes atmosféricos são apresentados no Quadro 23 e no Quadro 24, relativo à trajetória com restrições de 70%.

As emissões de dióxido de enxofre (SO₂) e de óxidos de azoto (NO_x) foram estimadas através de:

- factores de emissão adequados às expectativas para médio e longo prazo, tendo como base o *Informative Inventory Report (IIR)* [17];
- projectção de variáveis de actividade dos cenários analisados.

Os factores de emissão utilizados consideram as alterações estruturais nos sectores relativamente a tecnologias de controlo de emissões até 2020, tal como apurado em [18] que considerou a expectativa dos *stakeholders* até 2020.

Para o caso particular do sector dos transportes, a estimativa de emissões de NO_x e SO₂ foi efectuada utilizando uma metodologia conservativa *Tier1* (EMEP CORINAIR *emission inventory guidebook*). Deste modo, os factores emissão utilizados estão associados ao consumo de combustível por tipo de tecnologia, não detalhando as categorias de veículos e as suas normas de emissão (pré-euro, euro I, II...) ou dados de actividade (km percorridos por classe e categoria de veículo). Contudo, foi considerada uma progressiva melhoria dos factores de emissão ao longo do tempo.

A contabilização do custo marginal de dano (*Damage cost*) associado a cada poluente (NO_x e SO₂) foi obtida através da utilização de indicadores específicos para Portugal, elaborados no estudo da análise de custo-eficácia de acções futuras para a melhoria da qualidade do ar na Europa, no âmbito do Programa CAFE (*Clean Air for Europe*) [19]. Os impactos quantificados neste estudo incluem os danos em infra-estruturas, culturas agrícolas e ecossistemas devido a acidificação e eutrofização, bem como a mortalidade, morbilidade e número de anos de vida perdidos pela exposição a poluentes secundários (O₃ e PM_{2.5}) formados a partir de NO_x e SO₂. A contabilização destes danos apenas foi possível efectuar de modo agregado e conservativo, uma vez que usualmente estes impactos são apurados através de valores de concentrações na atmosfera. Deste modo, os danos quantificados incluem custo associados a impactos no ambiente (acidificação e eutrofização) e na saúde humana (custo de anos de vida perdidos) relacionado com estes poluentes.

QUADRO 23 - Redução de emissões de SO₂ de uma trajetória de baixo carbono face a um cenário sem restrições de emissões, e respectiva redução do custo de dano

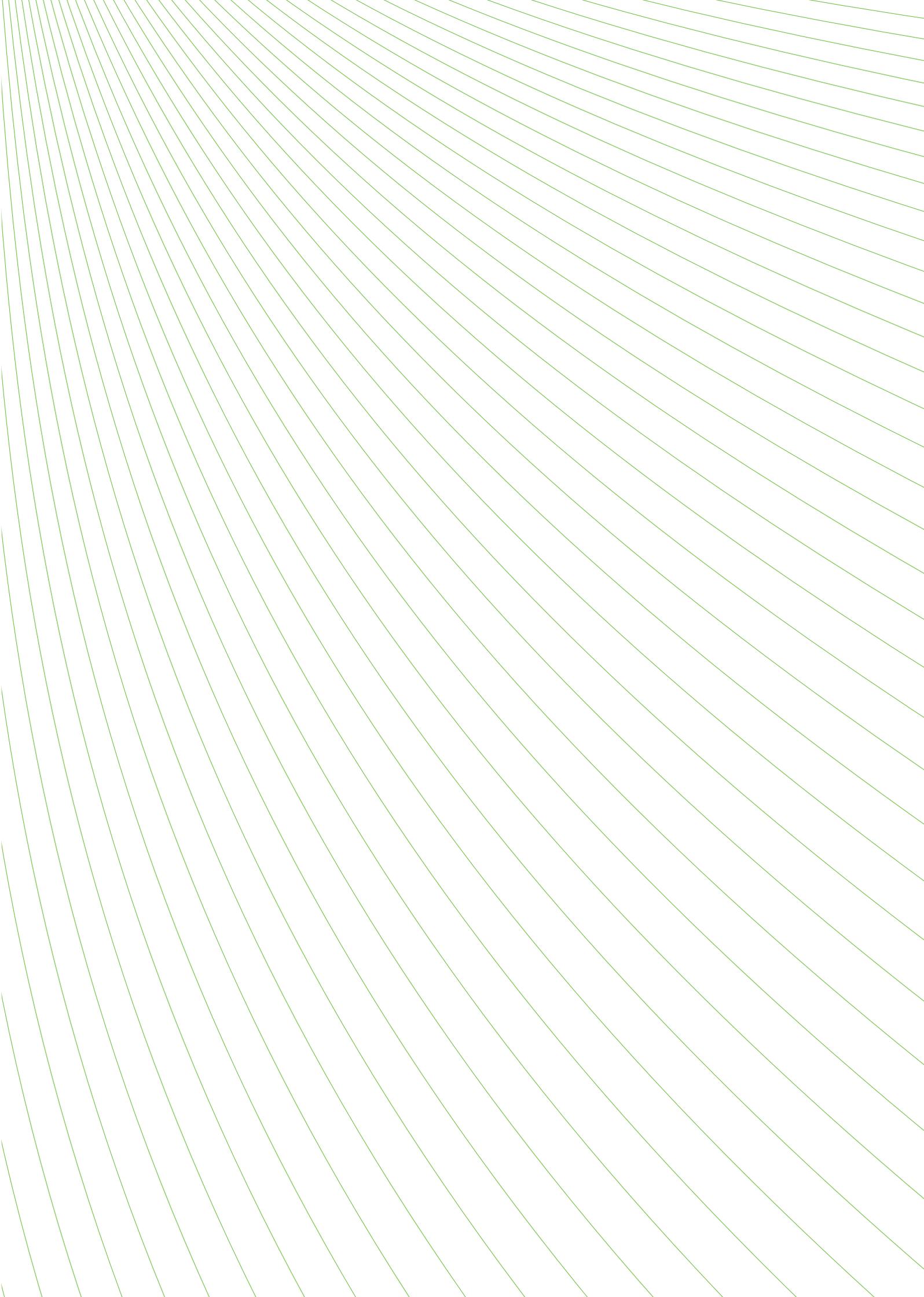
SO ₂ (kt)	Código NFR	2020		2030		2040		2050	
		Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Oferta de Energia ^a	1.A.1.(a - b)	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-16.8	-18.7	-21.3
Industria e Construção ^b	1.A.2 (a - f) 2.(A - D)	0.0	-0.5	-0.7	-2.8	-1.1	-4.1	-2.5	-2.8
Transportes ^c	1.A.3.(b)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Outros sectores ^d	1.A.4.(a - c)	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.2	-0.4	-0.9	-1.1
Total		0.0	-0.5	-0.7	-3.1	-1.2	-21.3	-22.2	-25.3
Custo de dano (M€₂₀₁₀)		0.0	-4.2	-5.5	-25.7	-10.2	-174.5	-182.6	-207.6

^a Sector electroprodutor e refinação; ^b Inclui emissões de combustão, de processo e de co-geração; ^c Apenas transportes rodoviários; ^d Sectores terciário, doméstico e agricultura.

QUADRO 24 - Redução de emissões de NO_x de uma trajetória de baixo carbono face a um cenário sem restrições de emissões, e respectiva redução do custo de dano

NO ₂ (kt)	Código NFR	2020		2030		2040		2050	
		Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Oferta de Energia ^a	1.A.1.(a - b)	-0.1	-3.3	-0.3	-8.0	-5.0	-5.4	-10.5	-3.6
Indústria e Construção ^b	1.A.2 (a - f) 2.(A - D)	0.0	-0.2	0.0	-1.7	-0.9	-3.5	-2.1	0.3
Transportes ^c	1.A.3.(b)	0.0	0.0	0.0	-1.9	-1.2	-3.2	-2.1	-21.1
Outros sectores ^d	1.A.4.(a - c)	0.2	0.1	0.0	-5.2	-1.9	-4.4	-9.4	-12.1
Total		0.1	-3.6	-0.4	-16.8	-9.0	-16.4	-24.0	-36.5
Custo de dano (M€₂₀₁₀)		0.4	-9.8	-1.1	-45.9	-24.7	-44.9	-65.8	-99.9

^a Sector electroprodutor e refinação; ^b Inclui emissões de combustão, de processo e de co-geração; ^c Apenas transportes rodoviários; ^d Sectores terciário, doméstico e agricultura.



6. ANÁLISE SETORIAL

6.1. ENERGIA E PROCESSOS INDUSTRIAIS

A ferramenta de modelação TIMES_PT foi utilizada para avaliar a viabilidade tecnológica do sistema energético nacional em trajetórias de baixo carbono. O facto de se obter uma configuração para o sistema energético, que permite simultaneamente satisfazer a procura de energia e cumprir os objectivos de restrição definidos, permite-nos afirmar que existe viabilidade tecnológica para Portugal atingir reduções em 2050 da ordem dos 60% e 70% face a 1990 (relativamente às emissões do sistema energético). Refira-se que o conjunto de resultados obtidos, nomeadamente balanços de energia primária e final, perfil tecnológico de produção e consumo de energia e desagregação sectorial de emissões, traduzem a solução óptima da perspectiva do custo mínimo do sistema energético nas condições analisadas.

Uma trajetória de baixo carbono, traduzindo restrições de 60% a 70% das emissões de gases com efeito de estufa do sistema energético em 2050 face aos valores de 1990, exige alterações relevantes nos vários sectores de actividade económica, sobretudo se tivermos em conta que, durante aquele período, as emissões de gases com efeito de estufa atingiram um pico significativo em 2005 (+53% face a 1990 nas emissões associadas à energia e processos industriais).

Verifica-se no sistema energético uma trajetória bastante acentuada de redução de emissões, antevendo alterações significativas na estrutura tecnológica dos sectores produtores e consumidores de energia. As alterações expectáveis serão mais pronunciadas num cenário de crescimento Alto, quando comparadas com a ausência de qualquer meta de redução de emissões em que o patamar de emissões de gases com efeito de estufa se manterá perto dos +39% face a 1990.

As secções seguintes descrevem em detalhe o comportamento dos principais subsectores da energia e processos industriais em trajetórias de baixo carbono, designadamente capacidade instalada e produção do sector electroprodutor e consumo de energia final nos edifícios (residencial e comercial), indústria e transportes, sendo ainda focado o balanço do papel da refinação.

Importa referir que para as emissões não abrangidas pelo modelo TIMES_PT, como as emissões fugitivas e os gases fluorados, não foi imposto qualquer objectivo de redução de emissões. No entanto, estas emissões foram estimadas, tendo por base os resultados de actividade obtidos pelo modelo, designadamente nos setores de refinação e distribuição de produtos petrolíferos e gás natural, e o nível de refrigeração utilizados nos vários sectores. Os resultados foram posteriormente adicionados aos resultados do setor energético

6.1.1. Configuração do sistema energético nacional em cenários de baixo carbono

Reduções significativas de gases com efeito de estufa implicam necessariamente transformações relevantes no sistema energético nacional. A Figura 18 apresenta a configuração actual (2010) do sistema energético Português e a Figura 19 à Figura 22, as configurações obtidas para os cenários Alto e Baixo para as duas trajetórias com restrições de emissões, tendo em conta a evolução tecnológica expectável, em termos de características técnicas e de custos.

Em 2050, em todas as trajetórias comparativamente a 2010, verifica-se em termos gerais:

- i. Um **claro aumento da componente renovável**, sendo mesmo a fonte predominante sobretudo para o sector electroprodutor;
- ii. Uma **diminuição significativa dos produtos petrolíferos e carvão**, denotando-se no entanto uma redução menos acentuada no cenário Alto da trajetória com restrições de 70% resultante da utilização do carvão no sector do cimento em tecnologias de captura e sequestro de carbono;
- iii. Um **aumento da produção de electricidade**, quer de forma dedicada, quer através de cogeração;
- iv. Com excepção do cenário CB60, a entrada de um **novo vector energético - o hidrogénio**, que é utilizado no sector dos transportes, mais especificamente para o transporte de mercadorias e pesados de passageiros.

Nos capítulos seguintes é apresentada uma descrição detalhada da configuração do sistema energético considerando o balanço de energia primária, consumo sectorial de energia final e sector electroprodutor, que suportam as configurações apresentadas.

6.1.2. O papel dos recursos energéticos endógenos e dependência energética

Portugal é o país da UE27 com a sexta (2009) maior taxa de dependência energética. Sucessivos governos têm feito da redução desta dependência um objectivo de política energética tendo-se conseguido reduzir de 88,5% em 2005 (um ano excessivamente seco e portanto mais dependente de recursos importados para a produção de electricidade) para valores da ordem dos 74% em 2010 (ano húmido), muito longe ainda da média Europeia (53,9% em 2009).

A dependência energética Portuguesa do exterior está fortemente sujeita à hidraulicidade anual, a qual é estrutural para a produção de electricidade. O consumo de energia primária (Figura 23), pautada por uma hidraulicidade média, sugere no longo prazo (2050) uma ligeira redução desta dependência para cerca de 50% a 69%, para os cenários CBSM e CASM respectivamente, ou seja em trajetórias sem qualquer restrição de emissões de gases com efeito de estufa. Em trajetórias de baixo carbono, é expectável uma redução progressiva da dependência energética até atingir os 45%|50% no caso da restrição de 70% e 44%|49% no caso da restrição de 60%. Nas trajetórias de baixo carbono analisadas verifica-se uma redução progressiva da dependência energética até atingir cerca de 50% em 2050, com um potencial custo-eficaz significativo de recursos endógenos (37% em 2050 vs. 15% em 2010 do total da energia primária).

De facto, em todos os cenários se destaca a perda da importância relativa das ramas e produtos refinados que em 2010 representavam 50% do consumo caindo em 2020 para 35% e em 2050 para o intervalo entre 20%|22% nas trajetórias sem restrição das emissões (CBSM e CASM) e 7% a 15% nas trajetórias com restrição das emissões de gases com efeito de estufa. Esta redução significativa da importância dos produtos petrolíferos é fortemente explicada pela mudança tecnológica que se verifica sobretudo no parque automóvel, a qual é explicada em maior detalhe na secção 6.1.4 sobre transportes. Simultaneamente, verifica-se um aumento da importância das renováveis, que cresce de 23% no balanço em 2010 (valor sobredimensionado por se tratar de um ano húmido) para 27%|29% em 2020 e progressivamente para 31%|50% na trajetória sem restrições e para 67% a 75% (CB60 a CA70) nas trajetórias com restrição de emissões.

Para além do sector dos transportes, estas variações são determinadas, em grande medida, pela alteração do perfil do sector electroprodutor face a 2010, salientando-se o encerramento das centrais a fuel e a carvão (após 2020), a instalação de novas centrais de gás natural a ciclo combinado e o aumento significativo de electricidade renovável, conforme descritos na secção 6.1.3.

Salienta-se que apesar de se verificar um aumento significativo da utilização dos recursos endógenos (23% em 2010 para 22%|24% em 2020; 51%|56% (CB60|CA60); 50%|55% (CB70|CA70) em 2050) observa-se um novo paradigma energético nacional, menos intensivo em emissões de CO₂, mas que ainda assim obrigará a importação de recursos de bioenergia, sobretudo para utilização na indústria e nos transportes (indirectamente através da produção de biocombustíveis de 2.ª geração e hidrogénio).

A evolução do consumo de energia primária nacional de 2010 a 2020 (exibida na Figura 23 através do eixo secundário das ordenadas) pauta-se por uma redução para todos os cenários socioeconómicos Baixo justificada por uma redução de procura associada igualmente a um aumento de eficiência energética. De facto, mesmo nos cenários Alto e até 2040 é possível observar uma redução do consumo de energia, resultante da substituição das tecnologias de oferta e consumo de energia por outras mais eficientes, como detalhado adiante. Em 2050, e face a uma procura tão elevada relativamente a 2010 – entre +22% (CA70) e +69% (CASM) –, mesmo considerando um aumento da eficiência energética verificam-se aumentos no consumo de energia primária superiores a 2010, designadamente entre +2% (CASM/CA60) e +6% (CA70).

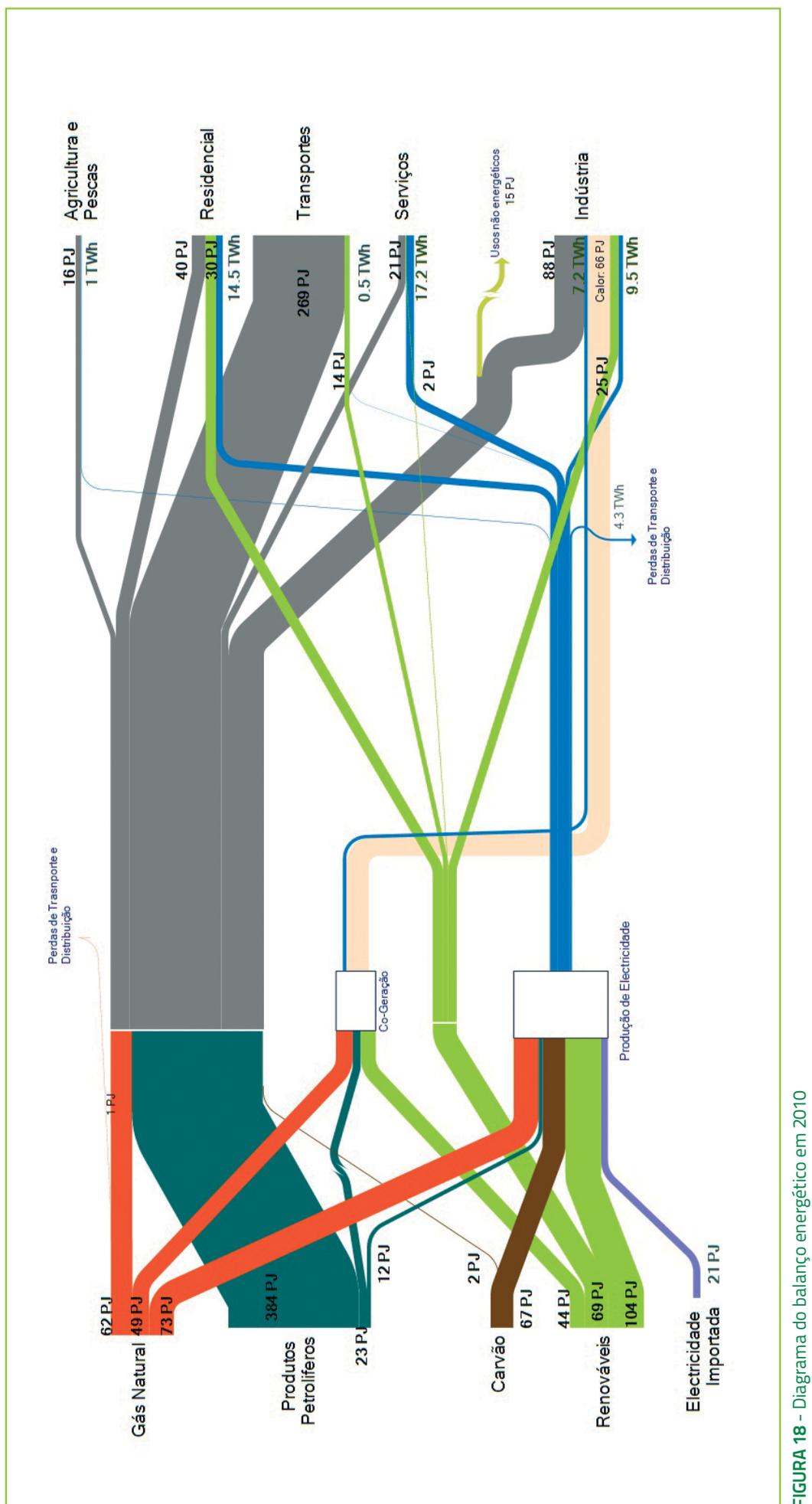


FIGURA 18 - Diagrama do balanço energético em 2010

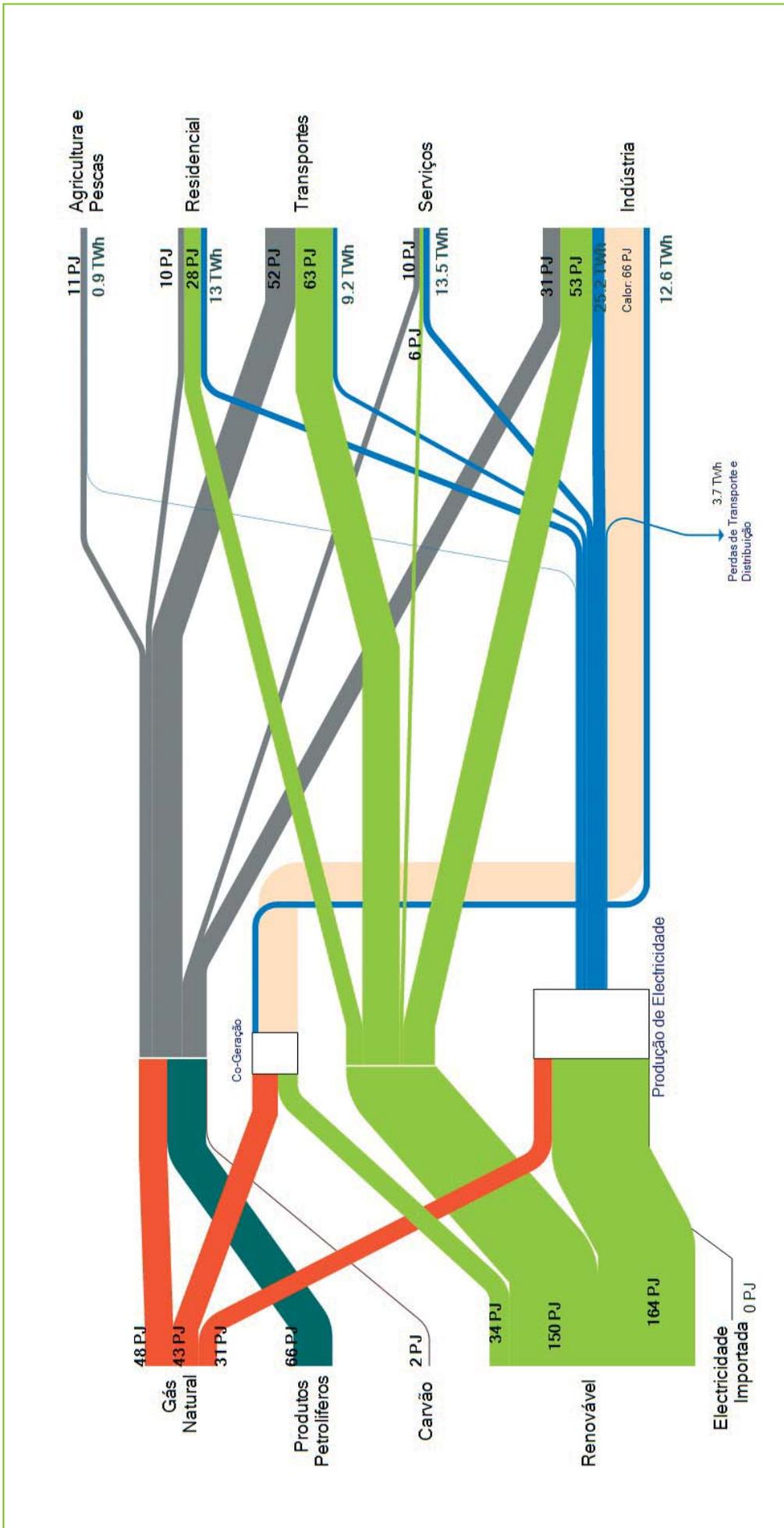


FIGURA 19 - Diagrama do balanço energético em 2050 para o cenário CB60

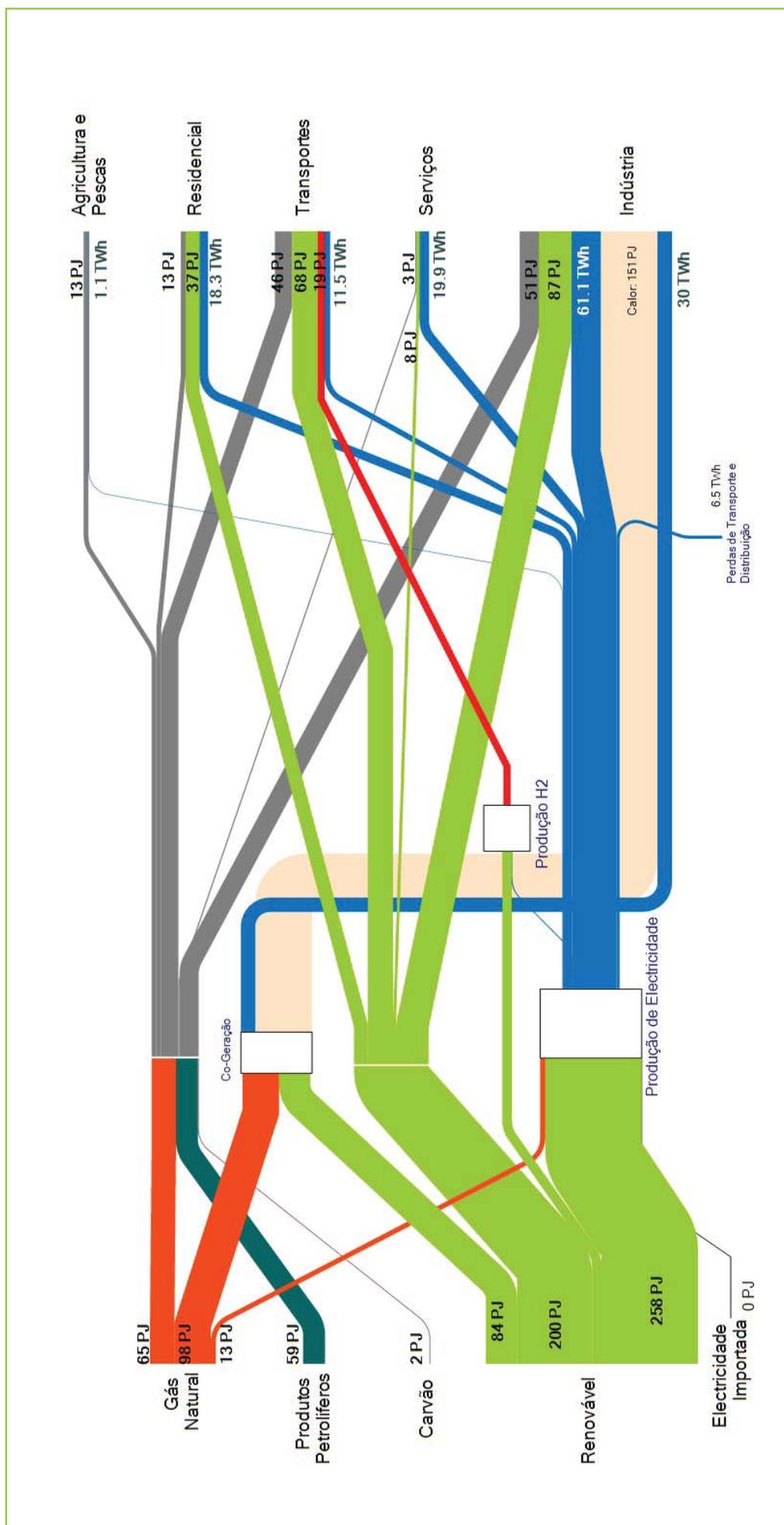


FIGURA 20 - Diagrama do balanço energético em 2050 para o cenário CA60

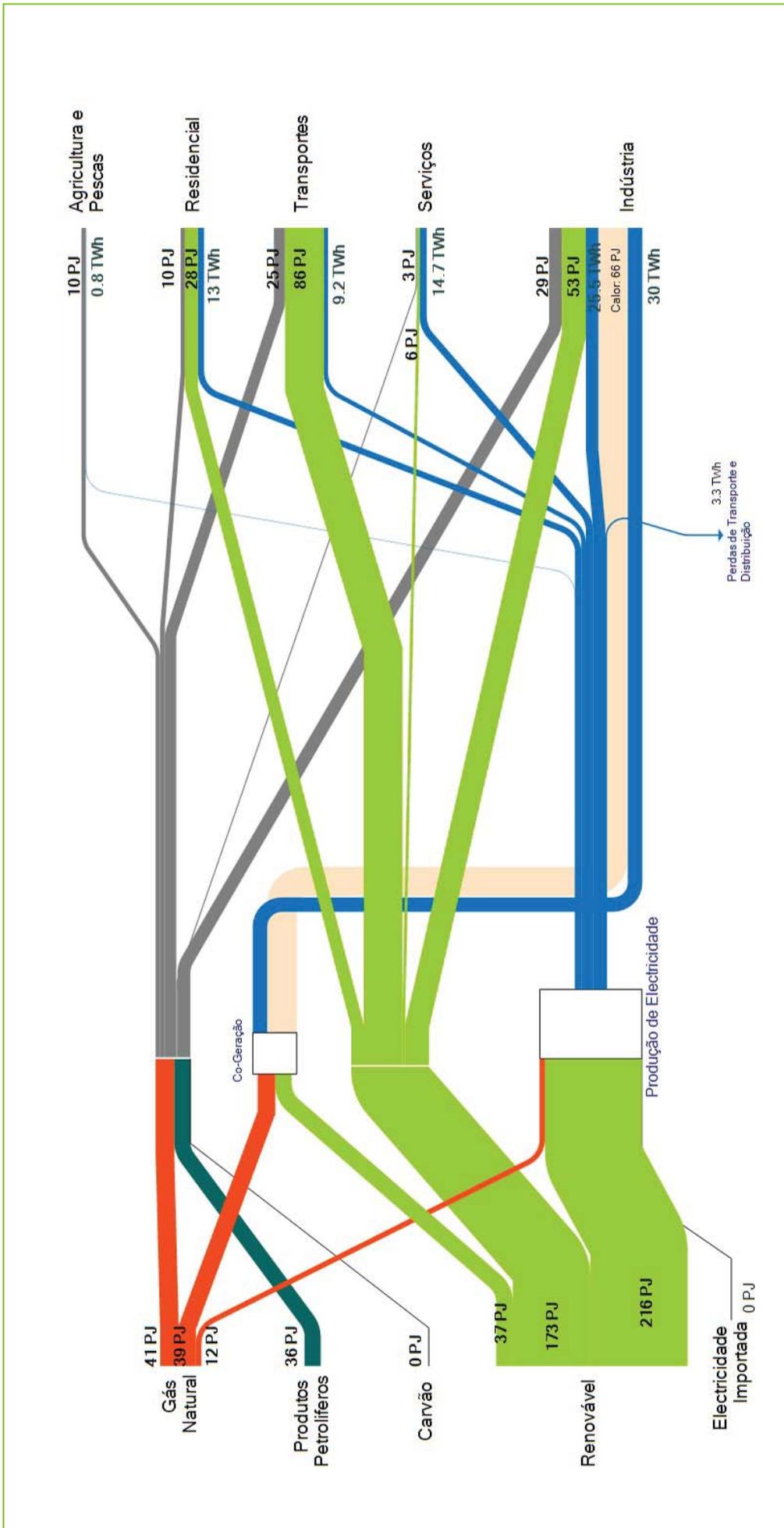


FIGURA 21 - Diagrama do balanço energético em 2050 para o cenário CB70

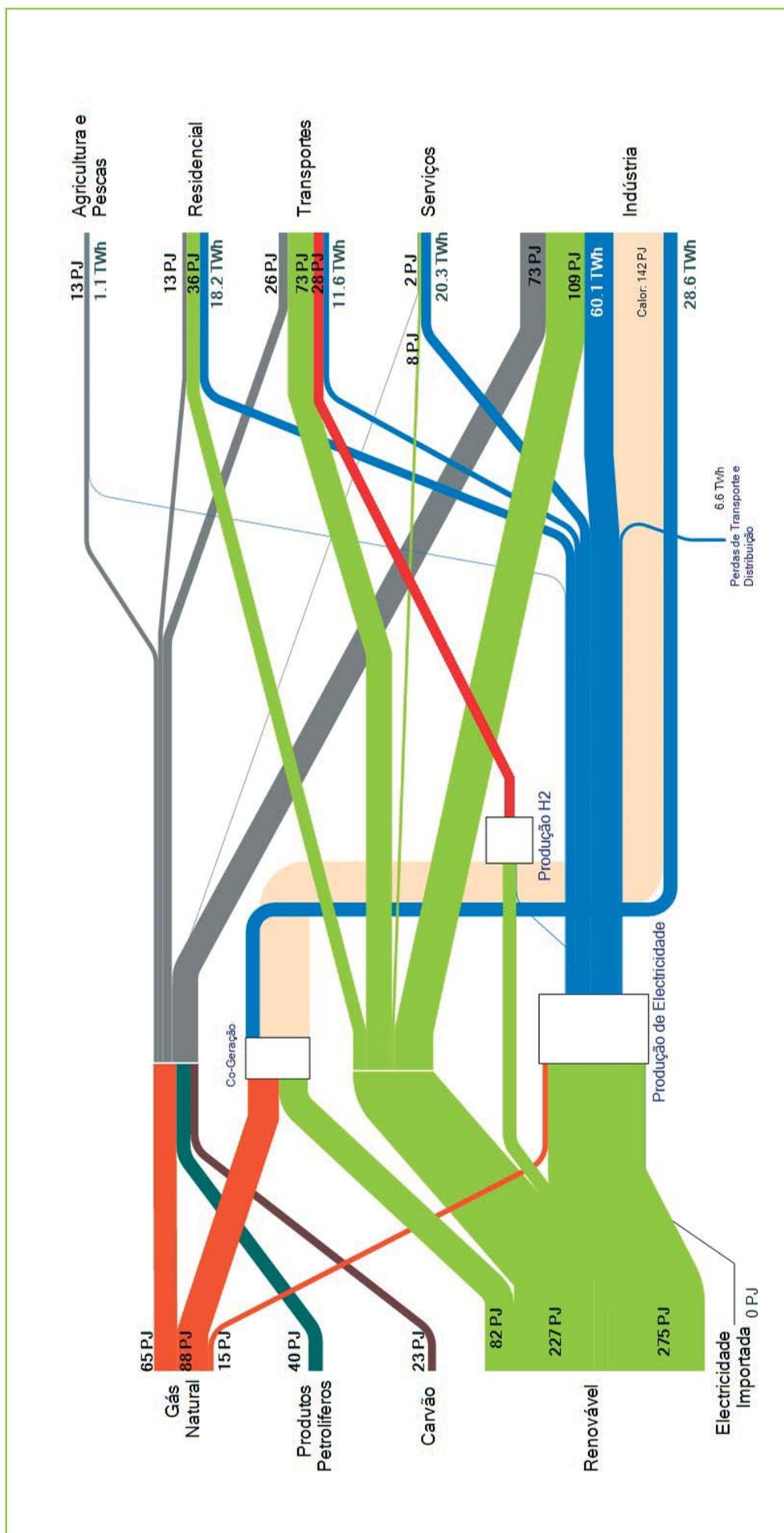


FIGURA 22 - Diagrama do balanço energético em 2050 para o cenário CA70

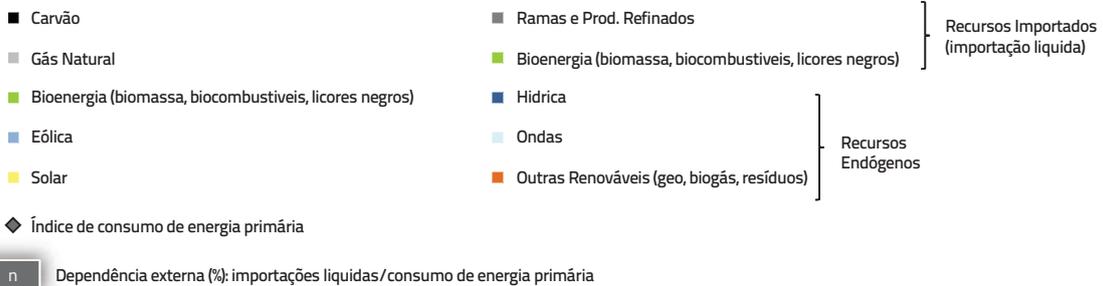
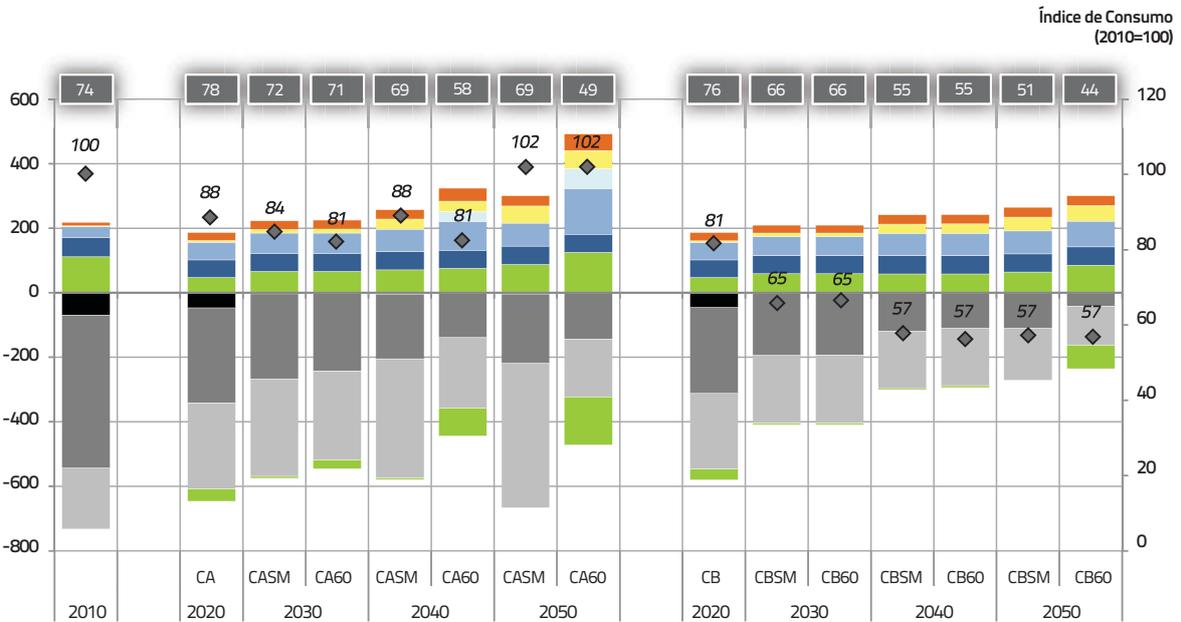
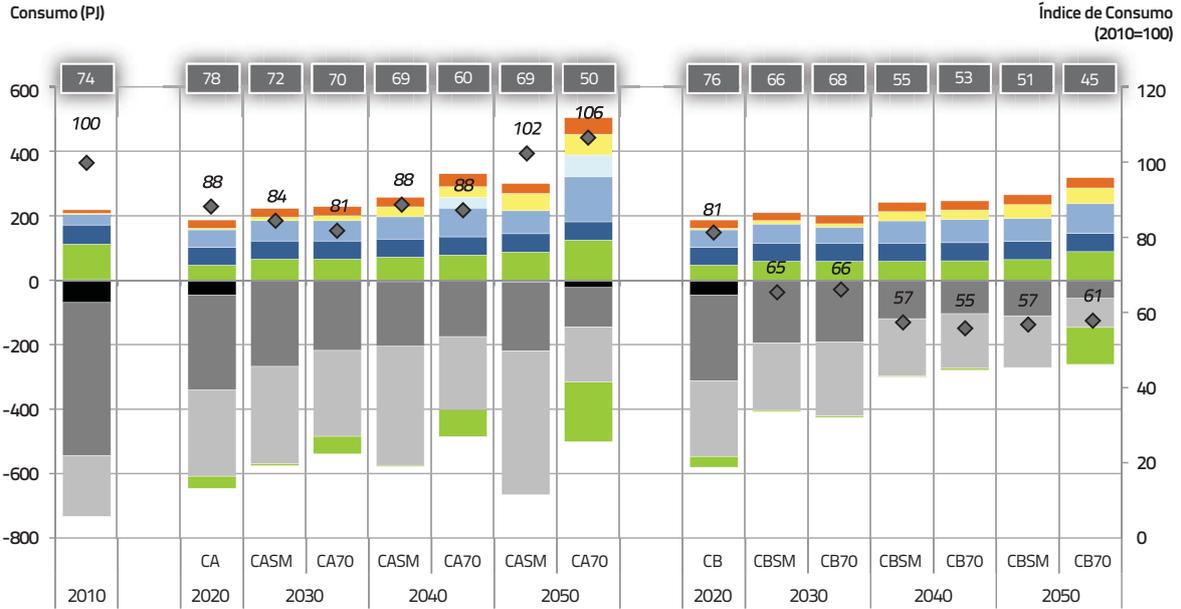


FIGURA 23 - Consumo de energia primária, recursos endógenos em valores positivos e balanço líquidos de recursos importados em negativos (em cima, cenários de redução 70%; em baixo cenários de redução 60%).z

6.1.3. Setor electroprodutor

O sector electroprodutor, que inclui a produção dedicada e a cogeração, é um dos vectores principais na redução das emissões nacionais face ao elevado potencial de energia renovável em Portugal. Com efeito, sem quaisquer restrições de emissões o setor atinge reduções da ordem dos -71%|2% em 2050, embora a tendência de redução seja visível logo em 2030 com reduções da ordem dos -56%|-32%, nos cenários Baixo e Alto. Esta ordem de valores reflete as diferenças significativas das opções subjacentes aos diferentes cenários sócioeconómicos analisados, espelhando ainda o forte impacto da eficiência energética e das energias renováveis.

Nos cenários com restrições de emissões é possível atingir em 2050 reduções que variam entre -71% e -82% em função do cenário analisado.

QUADRO 25 - Redução de emissões no sector eletroprodutor

Trajetórias setor eletroprodutor	2020	2040	2040	2050
Sem restrições	15% 23%	-56% -32%	-69% -15%	-71% 2%
Restrições 60% (sistema energético)	15% 23%	-56% -54%	-69% -57%	-72% -71%
Restrições 70% (sistema energético)	15% 23%	-49% -41%	-73% -57%	-82% -74%

Valores cenário Baixo|cenário Alto

A Figura 24 apresenta a evolução da potência instalada do sector, sendo notório o aumento significativo da capacidade instalada de base renovável, de 51% em 2010 para cerca de 68|69% em 2020, e posteriormente entre 74|86% em 2050 numa trajetória sem qualquer restrição das emissões de gases com efeito de estufa. Nos cenários restrição de emissões esta proporção toma-se ainda mais significativa, atingindo em 2050 valores da ordem dos 85|88% (CB60|CA60) e 89|91% (CB70|CA70). Estes resultados traduzem assim o elevado potencial custo-eficácia deste tipo de tecnologias.

De acordo com os investimentos efectuados e previstos estima-se que, entre 2010 e 2020, o parque electroprodutor cresça entre 19|22% para um cenário Baixo e Alto, respectivamente. Este crescimento é efectuado sobretudo devido a:

- Eólica on-shore, cuja capacidade instalada é 1,7 vezes superior à existente em 2010, atingindo o potencial máximo estabelecido para esse ano;
- Hídrica, com a implementação parcial do PNBEPH, incluindo ampliações de algumas barragens existentes nomeadamente Salomonde, Picote, Venda Nova, Bemposta, Paradela, Alqueva, com aumentos da capacidade instalada de 63%.

Para além destes investimentos, prevê-se ainda o crescimento em tecnologias de cogeração a gás e de electricidade renovável com menor expressão, nomeadamente cogerações a biogás e solar fotovoltaico. Informação mais detalhada sobre a evolução esperada da capacidade instalada do sector electroprodutor, pode ser encontrada no Anexo 4.

No que se refere ao período de análise entre 2020 e 2050 observa-se um crescimento na capacidade instalada entre os 30-62% num cenário sem restrição (CBSM, CASM) e entre 51%-121% e 50%-120% para os cenários 60 e 70, respectivamente.

Mesmo sem qualquer meta de redução, os recursos endógenos são custo-eficazes para geração de electricidade, nomeadamente:

- i. O vento onshore e a hídrica (com factor de disponibilidade superior a 10%), atingem o seu potencial máximo independentemente do cenário socioeconómico. Sublinhe-se que uma vez que o modelo TIMES_PT não considera distribuição horária de procura de energia este não assume mecanismos de gestão da rede tão finos temporalmente, pelo que barragens com carácter de reversibilidade e cujo objectivo se prende apenas com a gestão da rede (disponibilidade inferior a 10%) não são escolhidas pelo modelo;
- ii. Solar fotovoltaico, que surge com representatividade em 2040, atingindo igualmente o potencial máximo em 2050 num cenário Alto.

Em termos de capacidade instalada as principais diferenças entre as trajetórias com restrições (60%|70%), prendem-se com uma maior capacidade instalada de tecnologias a gás (dedicado e cogeração) nas trajetórias com restrição de 60%, as quais são compensadas por mais eólica onshore no CB70 e ondas no CA70, facto explicado por uma restrição mais restritiva. Em ambas as trajetórias verifica-se que:

- i. As tecnologias de solar PV (microgeração) são competitivas (sem qualquer subsídio) a partir de 2030 (cenário Alto), atingindo em 2050 o potencial máximo independentemente do cenário socioeconómico;
- ii. Surgem as ondas como uma tecnologia competitiva em 2040 e a eólica offshore em 2050 para um cenário Alto, apesar do seu potencial máximo não ser atingindo;
- iii. Surge a cogeração (associada ao sector da refinação) a gás com CCS em 2030 nos cenários Alto, sendo retardado o seu aparecimento para 2040 e 2045 nos cenários CB70 e CB60. Todavia, a capacidade desta tecnologia não possui qualquer expressão 0,11 GW;
- iv. Surge a produção dedicada a gás com CCS em 2050 nos cenários Alto, no entanto, tal como na CHP a sua capacidade é bastante diminuta (menos de 0,3 GW).

Reflectindo as alterações supramencionadas no parque electroprodutor e na procura de serviços de energia, verifica-se diferenças relevantes na geração de electricidade face a 2010, como se mostra na Figura 25. Salienta-se em 2020 o aumento significativo da produção de electricidade, a qual sofre um acréscimo de 16-23% face a 2010. Apesar de se verificar um decréscimo/estagnação da electricidade gerada por fontes renováveis: 51 | 54% em 2020 relativamente a 54% em 2010 é necessário voltar a sublinhar que 2010 foi um ano húmido e portanto a comparação entre estes anos não deverá ser efectuada linearmente.

Entre 2020 e 2050 verifica-se um aumento da electricidade gerada, apesar de em 2030 ocorrer uma estabilização (cenários Alto) ou um decréscimo (cenários Baixo) comparativamente a 2020. Este facto é explicado por:

- i. Ocorrer uma alteração da posição de Portugal no que respeita a trocas de electricidade com Espanha que, em 2010 se pautava por um saldo importador positivo, passando a negativo em 2020 e posteriormente nulo a partir de 2030. Assim, e atendendo aos pressupostos assumidos no presente exercício de modelação, prevê-se que em 2020 que as exportações sejam superiores às importações (17PJ), o que contribui para uma produção de electricidade superior às necessidades nacionais. Esta evolução tem uma enorme incerteza associada uma vez que não é modelado o MIBEL e assim, trocas com Espanha não estão aqui consideradas em função de variações de preços de electricidade fora de Portugal (mais informações sobre a metodologia pode ser encontrada no Anexo 3).
- ii. A partir de 2020 são libertados os factores de inércia introduzidos no exercício de modelação (conforme descritos no Anexo 3), pelo que ocorre um aumento significativo da eficiência energética que compensa o aumento da procura de energia.

No período posterior a 2020, a electricidade renovável aumenta o seu peso na geração total atingindo em 2050 os 85 | 60% nas trajetórias sem restrição de emissões e os 83 | 88% (CB60 | CA60) e 89 | 88% (CB70 | CA70) nas trajetórias com restrições de emissões. A diferença entre os valores nos cenários Baixo com restrição de 60% e sem restrições deve-se ao aumento das cogerações a gás natural utilizadas sobretudo para produção de calor para a indústria. No cenário Baixo da trajetória com restrição 60% verifica-se mais custo eficaz a utilização de cogerações a gás para produzir calor para a indústria do que manter o consumo de gás e produtos petrolíferos. A produção de electricidade renovável por cogeração é 60% na trajetória sem restrições e passa para 50% com a imposição de restrições. Na geração de electricidade dedicada há uma relação de 89% | 90% (ou seja mesmo sem imposição de restrições as RES são custo eficazes na produção dedicada). Apesar da elevada representatividade da geração de electricidade renovável a produção por via hídrica (hidraulicidade média) conjuntamente com combustíveis fósseis asseguram garantia de estabilidade na rede de transporte, em qualquer cenário e trajetória analisada. Este aumento significativo de electricidade renovável é facilmente visível na Figura 27, onde se apresenta a evolução do factor de emissão do kWh, o qual passa dos 0,61 kg CO₂eq/kwh em 1990 para 0,28 kg CO₂eq/kwh em 2010 (ano húmido) e posteriormente para 0,27/0,26 kg CO₂eq/kwh em 2020 (-1,9% face a 2010). Em 2050 estes valores sofrem um decréscimo muito relevante atingindo gamas entre os 0,08 e os 0,15 kg CO₂eq/kwh (-4% a -2% face a 2010) nas trajetórias sem restrição de emissões e entre os 0,05 e os 0,08 kg CO₂eq/kwh (-4 a 5% face a 2020) nas trajetórias de baixo carbono.

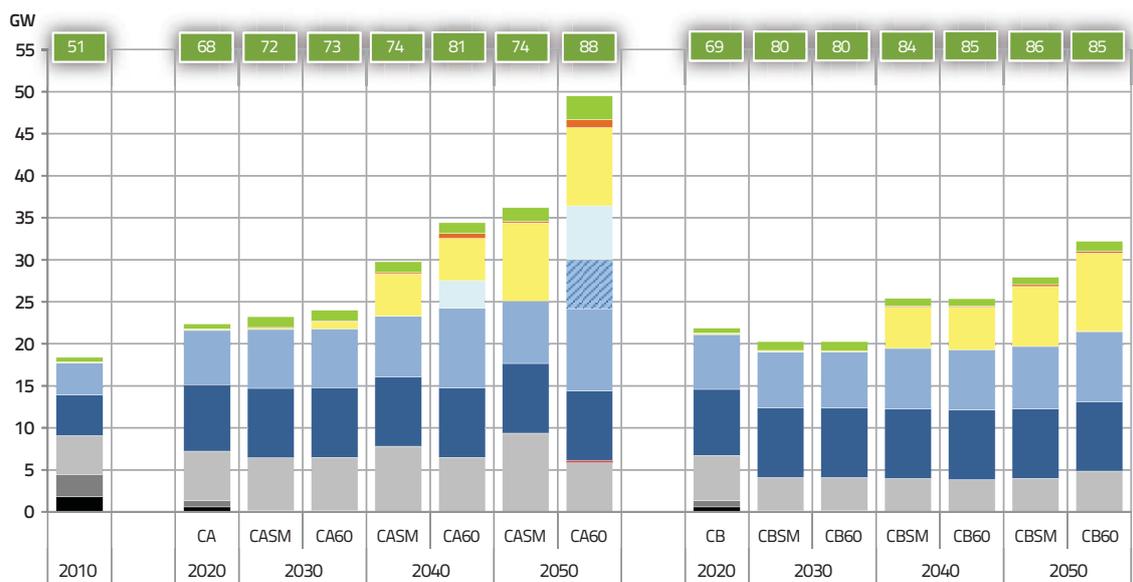
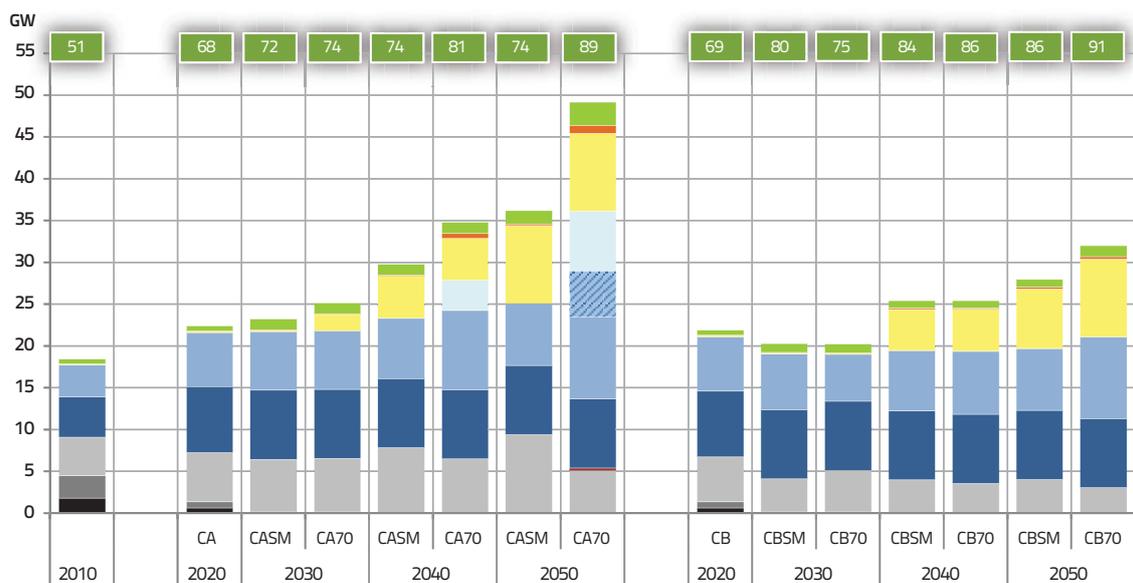


FIGURA 24 - Capacidade instalada para produção de electricidade (dedicada + cogeração) (em cima, cenários de redução 70%; em baixo cenários de redução 60%).

Adicionalmente, a electricidade é o vector de descarbonização por excelência nos sectores de uso final. Entre 2010 e 2020 num cenário Alto o seu consumo aumenta em todos os sectores (Figura 26), com ênfase para os transportes, cujo peso no total do consumo de electricidade sofre um aumento de 6 p.p. (não considerando as exportações). Entre 2020 e 2050 as alterações mais significativas no consumo de electricidade estão associadas à indústria. Em 2020 a indústria representava cerca de 30–32% do total do consumo de electricidade aumentando para os 40 a 54% em 2050, contribuindo para que outros sectores reduzam o seu peso no total de consumo (e.g. os edifícios que representam 59%|61% em 2020 diminuem para os 34|44% em 2050 apesar de aumentarem o consumo de electricidade).

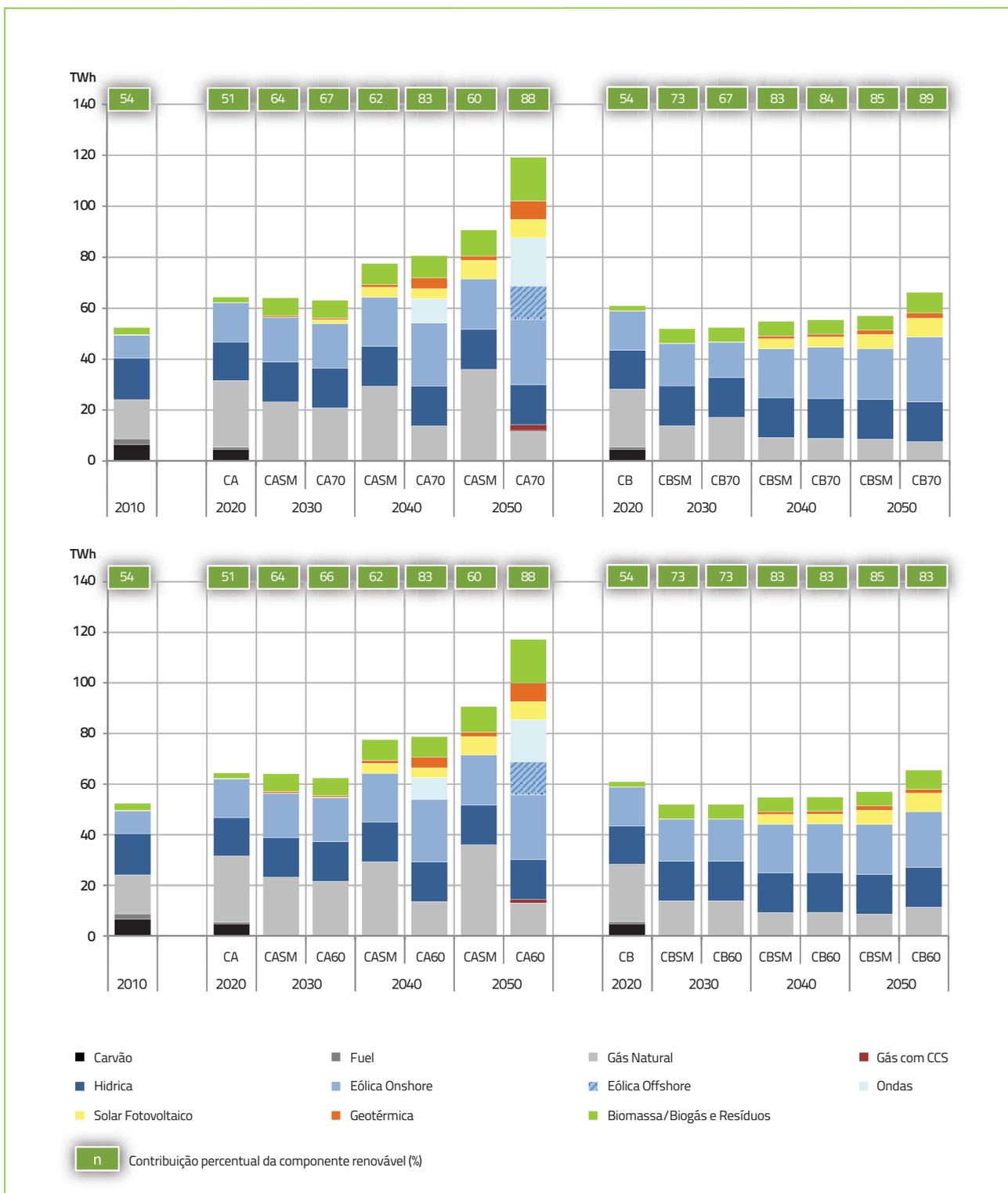
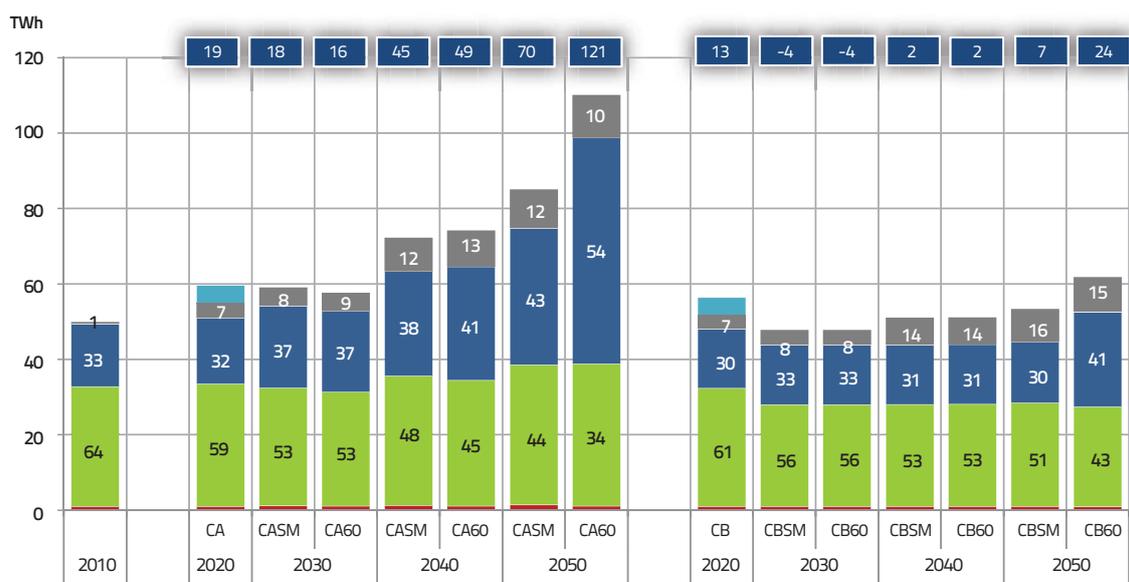
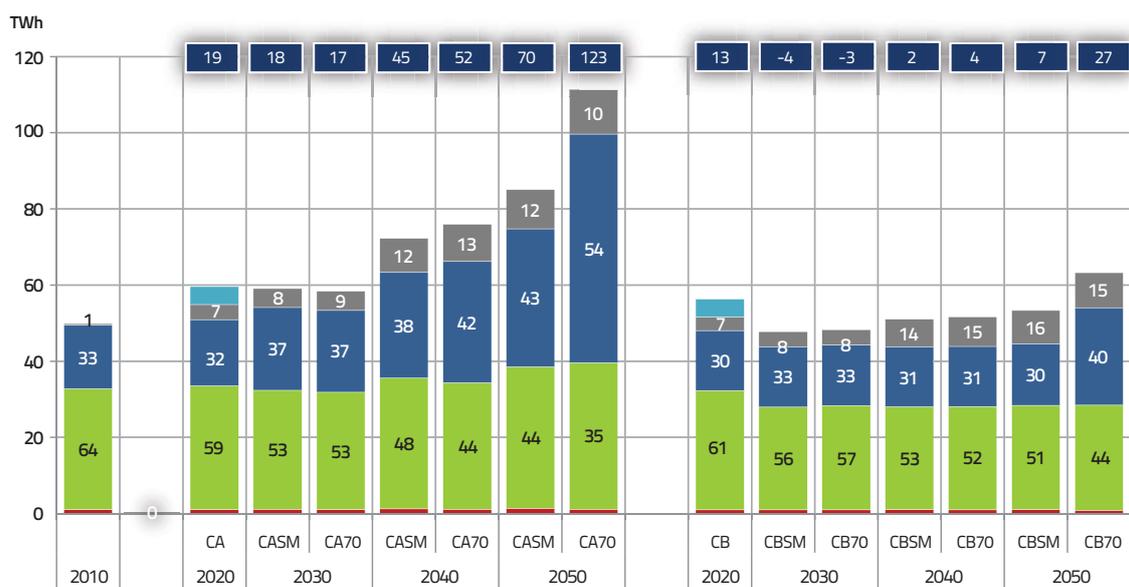


FIGURA 25 - Produção Líquida de electricidade (dedicada + cogeração) (em cima, cenários de redução 70%; em baixo cenários de redução 60%).



■ Agricultura
 ■ Edifícios
 ■ Indústria
 ■ Transportes
 ■ Exportação

n Evolução percentual do consumo de electricidade face a 2010

FIGURA 26 - Consumo sectorial de electricidade mais exportações, com indicação do peso dos sectores no consumo total (exportações não incluídas na determinação do peso)

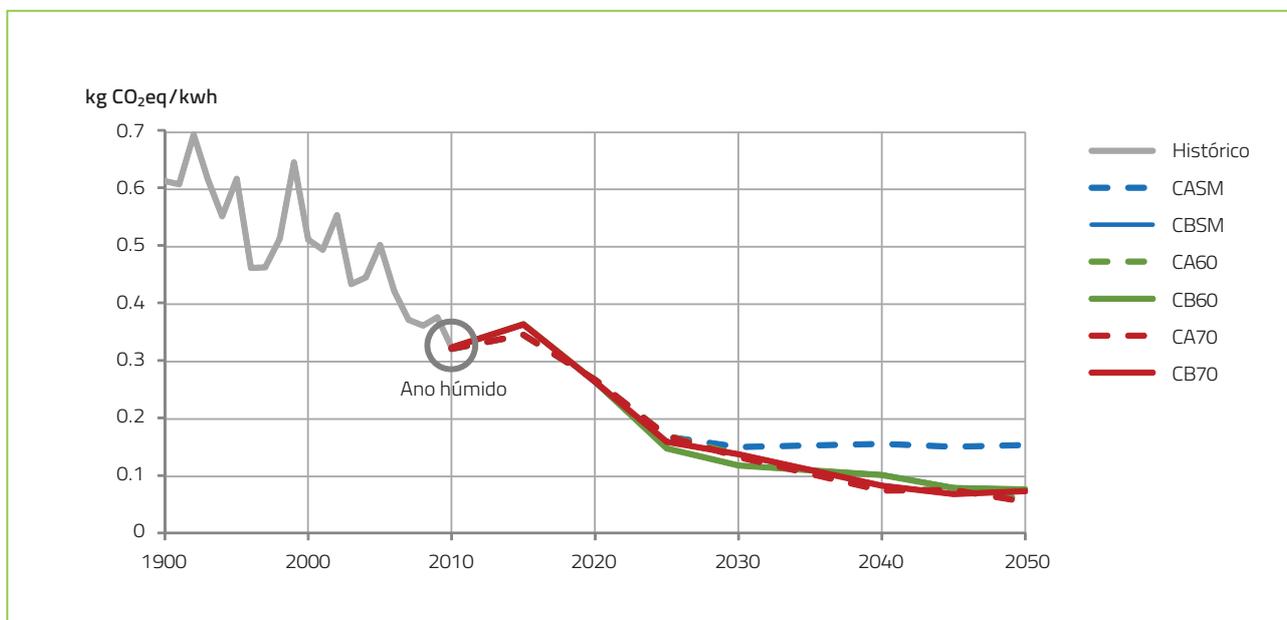


FIGURA 27 - Evolução do factor de emissão do kWh

6.1.4. Setor dos transportes

Apesar de ter sido o setor com maior aumento de emissões desde 1990, a partir de 2005 verifica-se uma tendência ligeira de redução de emissões. Apesar desta tendência, em 2010 as emissões dos transportes encontram-se cerca de 84% acima dos valores de 1990. Sem qualquer restrição de emissões, em 2020 o setor dos transportes situa-se ainda entre 61%|74% acima de 1990 embora estes valores representem um decréscimo de emissões face a 2010, tendência que se perspetiva que permaneça nas décadas seguintes sendo atingidas reduções da ordem das -19%|8% (cenário Baixo|Alto).

Nos cenários com restrições de emissões o potencial de redução de emissões do setor dos transportes é significativo sendo possível atingir em 2050 reduções que variam entre -64% e -85% em função do cenário analisado.

QUADRO 26 - Redução de emissões no sector transportes

Trajetórias setor transportes	2020	2030	2040	2050
Sem restrições	61% 74%	47% 79%	-7% 20%	-19% 8%
Restrições 60% (sistema energético)	61% 74%	-47% -72%	-9% -24%	-64% -71%
Restrições 70% (sistema energético)	61% 74%	-47% -55%	-12% -26%	-84% -85%

Valores cenário Baixo|cenário Alto

O sector dos transportes representa, no presente exercício, transporte rodoviário, ferroviário e aviação e navegação entre destinos do território nacional, é sujeito a um aumento de procura entre 2010 e 2020 entre 5 | 14% (Baixo | Alto), sofrendo todavia reduções no consumo de energia final entre -16 | -9% (Figura 28).

De facto, a procura aumenta entre 1 a 10% e 19 a 29% para o transporte de passageiros e mercadorias (aviação e navegação não incluídas), respectivamente, apesar de, no período em causa, registarem reduções no consumo de energia entre os -14 | -8% para passageiros e a estabilização para mercadorias.

Verificam-se algumas alterações no perfil energético entre 2010 e 2020, sendo as mais significativas a continuação da dieselização (65% do consumo do gasóleo em 2010 versus 71 a 72% em 2020), o aumento da utilização de electricidade (1% em 2010 para 6% em 2020) e a diminuição do peso dos biocombustíveis no sector (3,7% em 2009, 5,2% em 2010 para 3 | 3,6% em 2020 no transporte rodoviário). Face a este último aspecto, importa voltar a sublinhar que não foram impostas quaisquer metas renováveis no exercício de modelação pelo que a escolha em tecnologias que utilizam biocombustíveis apenas resulta das opções de custo eficácia do modelo, o qual foi validado para os valores de 2009 face à inexistência de balanço energético para 2010 no decorrer do presente estudo. Verifica-se no entanto o aumento de 1% no consumo de energia renovável no sector, a qual é resultante do aumento do consumo de electricidade renovável.

Após 2020 verifica-se a continuidade decrescente do consumo de energia no sector, atingindo em 2050 valores entre os -49 | -39% nas trajetórias com restrições de emissões (Baixo | Alto) e entre os -48 | -33% na trajetória sem restrições, face aos valores de 2010, ainda que os valores da procura aumentem até 2050. Adicionalmente verificam-se alterações profundas no perfil tecnológico dos transportes, de onde se destacam:

- i. O aumento considerável do papel da electricidade (representatividade superior a 21% em 2050);
- ii. O acréscimo muito significativo dos biocombustíveis (mais de 39% de representatividade em 2050) nas trajetórias com restrições;
- iii. O surgimento do hidrogénio nos cenários Alto das trajetórias com restrições.

A nível do **transporte ligeiro de passageiros** verifica-se uma mudança clara na mobilidade, mesmo num futuro sem qualquer restrição de emissões, justificando a redução drástica de energia resultante de um aumento significativo da eficiência dos transportes, designadamente os híbridos plug-in (ver valores utilizados no presente estudo no Anexo 6). Em 2020 todo o parque rodoviário de ligeiros está quase totalmente renovado (não existem quantidade relevantes de veículos anteriores a 2005), apesar de recorrer a tecnologias convencionais (essencialmente gasolina e gasóleo). No entanto, logo após 2030 a mobilidade eléctrica torna-se custo-eficaz, na forma de veículos híbridos plug-in a gasolina. Esta surge como a tecnologia mais competitiva, devido à sua elevada eficiência e à possibilidade de assegurar na totalidade o transporte em longa distância. Os resultados da modelação mostram que em 2050 todo o parque será composto por veículos híbrido plug-in ainda que existam também alguns veículos a biodiesel (1%).

Em 2020 o **transporte rodoviário pesado de passageiros**, continua a ser sobretudo assegurado por autocarros convencionais a diesel, ainda que os veículos a gás natural (6% a 12% do total do parque em 2020) e os veículos 100% a biodiesel (1% de representatividade) assumam um ligeiro aumento face a 2010, devido ao seu uso em circuitos urbanos. Em 2050 nas trajetórias com restrição de emissões verifica-se que os veículos 100% a biodiesel atingem um papel preponderante, representando mais 85% da mobilidade no sub-sector, e chegando a atingir mesmo os 100% no cenário CB60. Adicionalmente, surgem ainda autocarros a hidrogénio atingindo uma representatividade máxima de 15% na trajetória com restrição de emissões de 70%.

No que diz respeito ao **transporte rodoviário de mercadorias**, importa diferenciar os veículos ligeiros dos pesados. A mobilidade dos últimos até 2045 continua a ser assegurada exclusivamente com recurso ao gasóleo (ainda que com mistura de biodiesel), assinalando-se o aumento de eficiência decorrente da renovação dos stocks e do surgimento de tecnologias híbridas tradicionais (com consumo de gasóleo) após 2020 as quais atingem em 2050, 100% da frota nas trajetórias sem restrição de emissões. Nas trajetórias com restrição de emissões, para além dessas tecnologias surgem em 2045 tecnologias 100% a biodiesel e nos cenários Alto, cuja procura apresenta valores superiores surge um novo vector energético no sistema nacional: o hidrogénio. Sob forma de células de combustível e gerado a partir de gasificações de biomassa, o hidrogénio é responsável por 29% (CA60) e 43% (CA70) da mobilidade pesada de mercadorias em 2050. No que diz respeito aos **veículos comerciais ligeiros**, e considerando o pressuposto de modelação que os mesmos circulam quase na totalidade em curtas distâncias, observa-se já em 2020 a penetração do veículo 100% eléctrico, verificando-se que esta tecnologia assegura em 2050 a totalidade da mobilidade dos ligeiros de mercadorias na curta distância.

Após 2030, o sector da refinação sofrerá um impacto muito significativo nas trajetórias de baixo carbono, devido à diminuição de procura nacional de produtos refinados (gasolina e gasóleo) nos transportes e à restrição nas emissões de gases com efeito de estufa, conduzindo à redução da sua actividade para um nível equivalente a uma das refinarias actualmente existentes em Portugal (Matosinhos), com a dinâmica que se ilustra na Figura 29.

O **transporte ferroviário** aumenta no período de 2010 a 2050, como resposta ao aumento estimado de procura deste modo para passageiros e mercadorias, que mais que duplica no cenário Baixo e quase triplica no cenário Alto. Ao aumento deste serviço de mobilidade corresponde um aumento de consumo de electricidade de 1,1 PJ em 2010 para 3,2 PJ em 2050 num cenário Alto sem restrições de emissão. Com a imposição de restrições de emissão de 60% e 70%, verifica-se o desaparecimento do diesel neste modo de transporte a partir de 2035, aumentando o consumo de electricidade para 4PJ. No caso dos cenários Baixo, não se estimam aumentos significativos do consumo de electricidade, passando para cerca de 2 PJ em qualquer das trajetórias com restrições.

Para o caso do modo **aviação e navegação**, o aumento dos consumos de energia são proporcionais ao aumento da procura, já que o modelo TIMES não integra novas tecnologias para estes modos.

Para efeitos de análise de sensibilidade, foram testadas duas hipóteses de trabalho sobre a trajetória CA70 traduzindo cenários apurados conjuntamente com stakeholders públicos do sector dos transportes nomeadamente com o IMTT conforme descrito abaixo:

i. **Alteração de transferências modais constituía uma utilização (+5%) de transportes públicos de passageiros em decréscimo do transporte individual; maior utilização (+3%) de transporte de mercadorias por meio ferroviário e navegação em decréscimo do transporte rodoviário:**

Revela um impacto muito incipiente quer no total de energia consumida no sector dos transportes em 2050 (-2%), quer nas emissões de gases com efeito de estufa em 2050 (-4%). A aposta em transferências modais ensaiada demonstra que para existir um impacto mais significativo as alterações consideradas deverão ser mais exigentes, na medida em que num cenário de baixo carbono os modos de transportes são mais eficientes e limpos.

ii. **Redução de custo de investimento até -30% para os veículos rodoviários de passageiros 100% eléctricos:**

Não veio alterar a sua posição de competitividade face a outras alternativas no mercado como o híbrido plug-in a gasolina, devido sobretudo à incapacidade de satisfazer toda a procura de longa distância.

6.1.5. Setor residencial e serviços

O setor residencial e serviços é o setor que apresenta o maior acréscimo de emissões num cenário sem restrições podendo atingir emissões da ordem das 70% | 175% (Cenário Baixo | Alto) face a 1990.

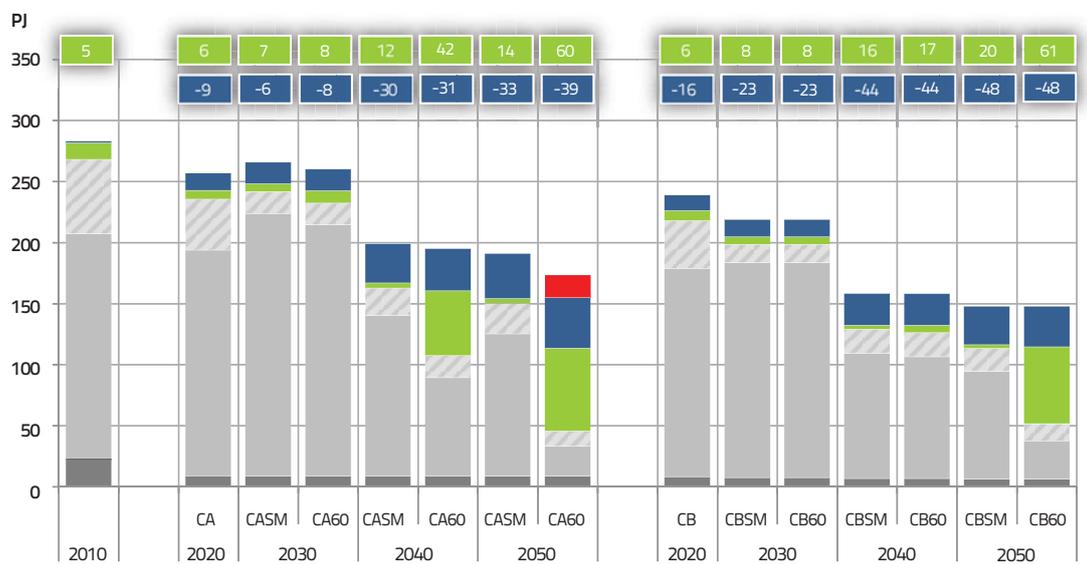
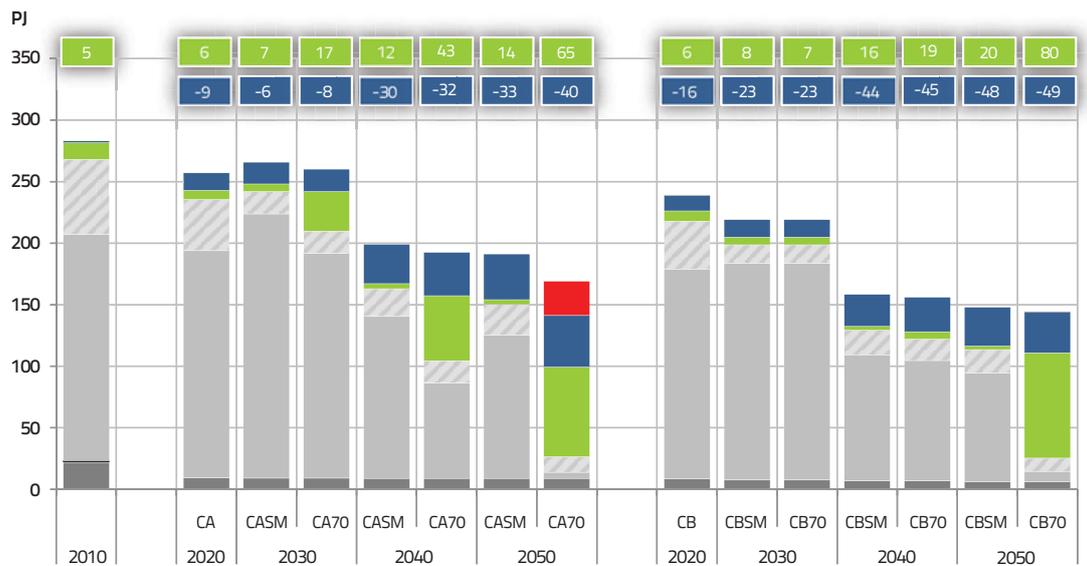
Nos cenários com restrições o potencial de redução de emissões do setor residencial e de serviços é significativo sendo possível atingir em 2050 reduções que variam entre -54% e -71% em função do cenário analisado sendo um dos setores em que é mais patente o efeito dos cenários de baixo carbono.

QUADRO 27 - Redução de emissões no sector residencial e serviços

Trajetórias setor residencial e serviços	2020	2030	2040	2050
Sem restrições	85% 93%	170% 197%	164% 249%	74% 175%
Restrições 60% (sistema energético)		167% 7%	43% -15%	-54% -63%
Restrições 70% (sistema energético)		117% 4%	-1% -15%	-71% -67%

Valores cenário Baixo | cenário Alto

O exercício de modelação não sugere alterações significativas em termos de substituição de perfil energético entre 2010 e 2020 no sector dos edifícios, com excepção da duplicação do calor proveniente de solar térmico (Figura 30). Este aumento, aliado ao aumento do consumo de electricidade renovável induz a um acréscimo, ainda que ligeiro do consumo de renováveis (46% em 2010 para 48 | 49% em 2020, contabilizando o calor e electricidade renovável). Sublinhe-se que, na determinação da energia final neste e nos próximos sectores, é contabilizada a electricidade renovável considerando a percentagem total nacional constante na Figura 30.



■ Outros Prod. Petroliferos ■ GPL ■ Gasóleo ■ Gasolina ■ Biocombustíveis ■ Electricidade ■ Hidrogénio ■ Gás Natural

n Evolução percentual do consumo de energia final face a 2010

n Percentagem (%) do consumo de energia renovável no total do consumo de energia final (electricidade e calor renovável considerados)

FIGURA 28 - Evolução e estrutura do consumo de energia final nos transportes (rodoviário, ferroviário, aviação e navegação nacional) (valores percentuais indicam a percentagem do consumo de electricidade no total de energia final consumida no sector)

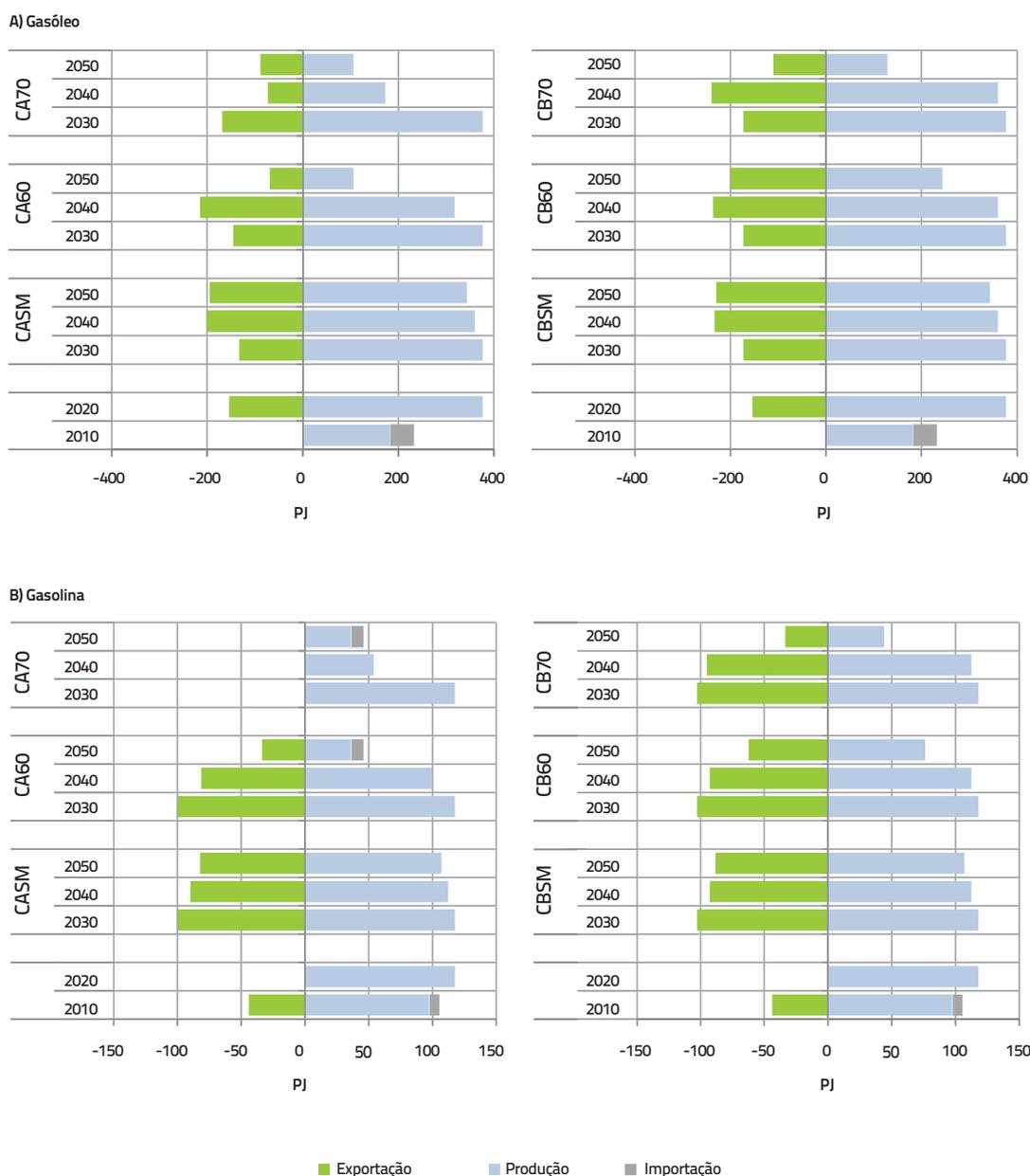


FIGURA 29 - Evolução da dinâmica de derivados de petróleo (a) gasóleo (b) gasolina (exportação representada em valores negativos) para os vários cenários analisados

Dependendo do cenário socioeconómico em causa, projecta-se uma variação de +4%|-2% do consumo de energia final para este sector comparativamente a 2010, ainda que ocorra um aumento da procura de serviços de energia (i.e. procura de aquecimento, arrefecimento, iluminação, equipamentos eléctricos, entre outros) entre 12|15%. Esta relação entre valores traduz a eficiência energética associada ao sector.

No período entre 2020 e 2050 por sua vez já se observam transformações significativas no sector, salientando-se a redução da importância da biomassa e produtos petrolíferos (predominados pelo GPL) e o aumento da contribuição

da electricidade, do isolamento e do calor proveniente de solar térmico e de geotermia. Verifica-se este incremento mesmo sem a imposição de quaisquer restrição de emissões o que traduz o custo-eficácia destas soluções.

O gás natural por sua vez, até 2040 também vê o peso no sector ser sujeito a um acréscimo, todavia entre 2040-50, nas trajetórias com restrições de emissões, sofre uma redução. Estas transformações resultam num aumento muito significativo do papel das renováveis, as quais atingem em 2050 cerca de 99% do consumo de electricidade no total de energia final consumida na trajetória com restrições de emissões de 70%.

Em 2050 estima-se uma variação do consumo de energia para este sector que varia: -3|28% (CBSM|CASM), -9%|21% (CB60|CA60) e -8|21% (CB70|CA70) face a 2010, apesar do aumento da procura variar entre os +8%|+45% (Baixo|Alto) nas trajetórias com restrições. Esta redução é justificada pela adopção de tecnologias com elevado nível de eficiência energética (e.g. bombas de calor, LEDs na iluminação e equipamentos de classe A+) tal como explicitado seguidamente:

- i. No **aquecimento de espaços** em 2050 a principal alteração face a 2010-20 é a substituição da biomassa, que em 2010 era responsável por 16% do calor para aquecimento (existente apenas no residencial) e passa a ter uma contribuição máxima de 4% (cenário CB60) e o gásóleo de aquecimento (24% em 2010 para 13%|14% nas trajetórias sem restrição de emissões e 0% nas trajetórias com restrição de emissões, com excepção do CB60 com 4%). Estas tecnologias são substituídas essencialmente por:
 - a. isolamento (poupanças entre 18% no CASM a 25%|27% nas trajetórias com restrição de emissões);
 - b. bombas de calor (geram cerca de 45% do calor); e
 - c. solar térmico (11% a 20% do calor).

A electricidade que em 2020 contribuía para a satisfação de 36% das necessidades de calor aumenta a sua contribuição para 45%|49% em 2050 nas trajetórias com restrição de emissões. Nestes cenários as caldeiras e fornalhas a GPL e gásóleo de aquecimento deixam totalmente de existir sendo substituídas pelas tecnologias supramencionadas;

- ii. Entre 2010 e 2050 a principal diferença em termos de **aquecimento de água** diz respeito à importância do solar térmico. Esta tecnologia, que em 2010 satisfazia cerca de 4% das necessidades de aquecimento de água, aumenta para 16%|17% em 2020 e posteriormente entre 54%|55% em 2050, mesmo sem impôr qualquer restrição, confirmando o seu custo eficácia. Também a contribuição da electricidade aumenta durante o período passando dos 25% em 2010, para 31% em 2020 e posteriormente 36% em 2050 nas trajetórias com restrições de emissões. Os permutadores de calor geotérmicos passam a ter um papel significativo representando entre 7%|8% da água quente em 2050, versus os 3% em 2020 e a quase inexpressividade de 2010. As caldeiras a gásóleo e GPL existentes em 2010 e 2020 (cobrindo 44% e 39% das necessidades de águas, respectivamente) deixam de existir em 2050 nos cenários de restrição e mesmo nas trajetórias sem restrição de emissões vêm o seu papel ser reduzido para 13%;
- iii. No que respeita ao **arrefecimento** ocorre um aumento progressivo da eficiência dos equipamentos eléctricos utilizados, ocorrendo um aumento das bombas de calor reversíveis que em 2010 geraram cerca de 5% das necessidades de arrefecimento e em 2050 nos cenários Alto atingem os 11%;
- iv. Na utilização de energia para **cozinha** prevê-se a completa substituição de fogões e fornos a GPL em 2050, independentemente da trajetória e cenários considerados, sendo substituídos por tecnologias a gás e electricidade;
- v. Para os **restantes usos de energia** neste sector estima-se um aumento da eficiência ao longo do tempo, sendo que em 2050 é expectável que todo o parque de electrodoméstico esteja completamente renovado. A título de exemplo refira-se a contribuição dos LEDS para iluminação, que em 2010 satisfaziam cerca de 9% das necessidades para iluminação, em 2020 aumentam para cerca de 17%|18% e em 2050, mesmo nas trajetórias sem restrições de emissões, são responsáveis por 86|87% da iluminação.

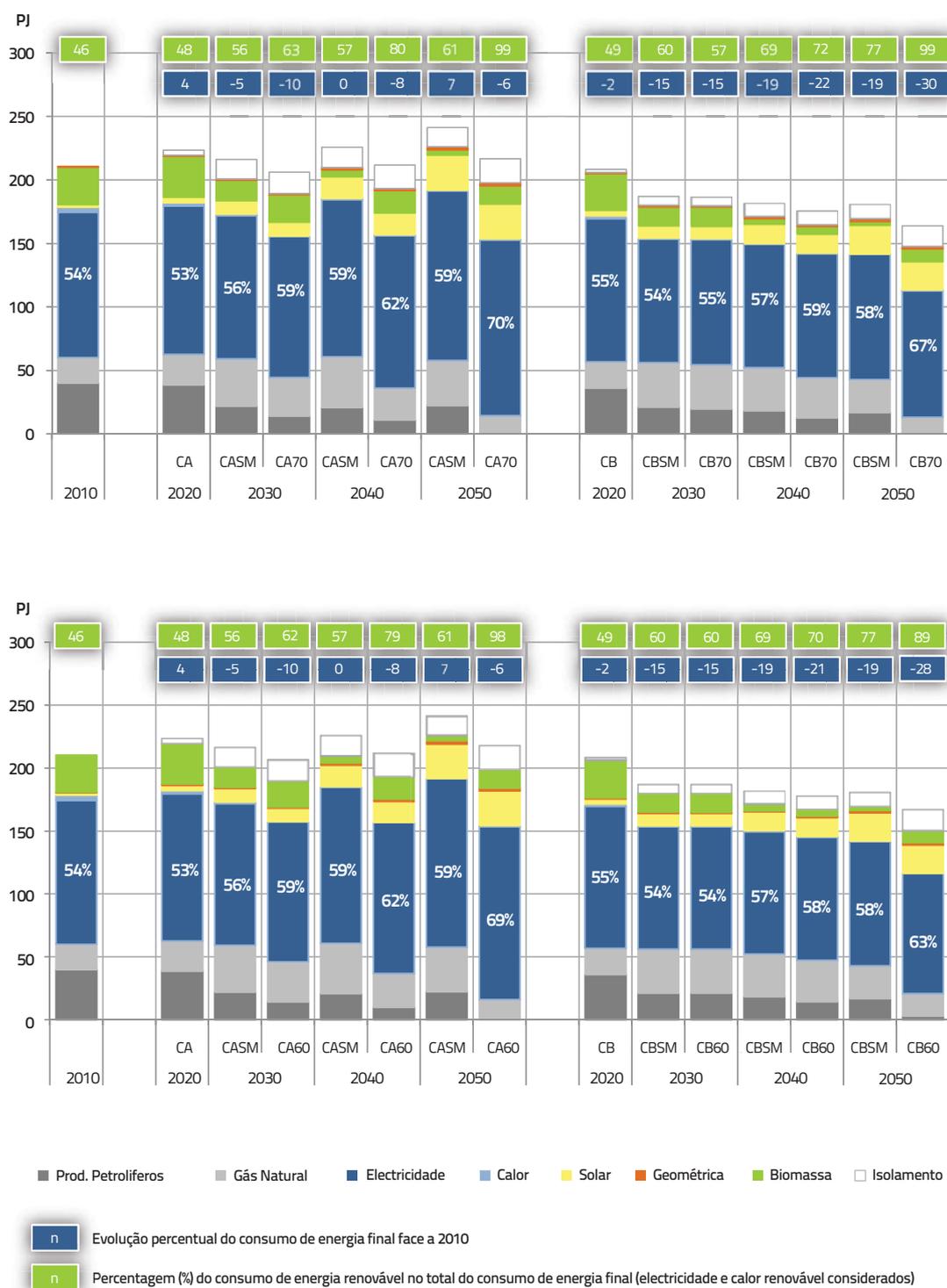


FIGURA 30 - Evolução e estrutura do consumo de energia final nos edifícios residenciais e de serviços (valores percentuais indicam a percentagem do consumo de electricidade no total de energia final consumida no sector) (em cima cenário de redução 70%; em baixo cenário de redução 60%)

6.2 INDÚSTRIA

Sem quaisquer metas de redução o setor indústria incluindo processos industriais atinge reduções da ordem dos -71%|2% em 2050, embora a tendência de redução seja visível logo em 2030 com reduções da ordem dos -56%| -32%, nos cenários baixo e alto.

Num cenário sem restrições as emissões do setor industrial aumentam até atingirem valores que variam entre a estabilização e um aumento de 71% das emissões face a 1990 (CB|CA).

Nos cenários com restrições as emissões do industrial são progressivamente reduzidas até 2040, registando-se a maior redução de emissões entre 2040 e 2050. É possível atingir em 2050 reduções que variam entre -33% e -53% em função do cenário analisado.

QUADRO 28 - Redução de emissões no sector indústria

Trajétórias setor indústria	2020	2030	2040	2050
Sem restrições	-10% 3%	-4% 27%	-3% 51%	0% 71%
Restrições 60% (sistema energético)	-10% 3%	-4% 13%	-7% 4%	-42% -33%
Restrições 70% (sistema energético)		-5% 10%	-9% -6%	-44% -53%

Valores cenário Baixo|cenário Alto

Entre 2010 e 2020 não são expectáveis alterações significativas no perfil de consumo energético do tecido industrial Português ainda que se verifique um acréscimo da utilização de resíduos industriais e CDRs face ao cumprimento das metas do Plano Nacional de Gestão de Resíduos (Figura 31). De facto, mesmo até 2050 as alterações no global do sector são muito ténues, com excepção dos cenários Alto com restrição, cuja elevada procura aliada à restrição de emissões obriga a algumas modificações, nomeadamente: o aumento significativo do consumo de electricidade (26% do total do consumo em 2010 para mais de 40% nos cenários Alto das trajetórias com restrições de emissões), biomassa (sobretudo para os fornos de cimento e cerâmica), compensando o decréscimo de produtos petrolíferos. O calor de CHP ganha também algum protagonismo, satisfazendo entre 25|29% e 26% das necessidades energéticas da indústria, nas trajetórias com restrições. Esta opção prende-se com as características intrínsecas ao sector e pelo facto do mesmo ser fornecido através de cogerações progressivamente mais eficientes (maior produção vs consumo) e com recurso a renováveis (biomassa e licores negros).

No que concerne ao gás natural, tal como verificado para o sector dos edifícios até 2040 vê o seu peso no sector ser sujeito a um acréscimo, todavia em 2050 e nas trajetórias com restrição de emissões sofre uma redução, passando para valores inferiores ao registado actualmente.

Face às alterações supramencionadas e do sector de produção de energia e calor, verifica-se um acréscimo progressivo da utilização de energia renovável na indústria, passando dos 35% de 2010, para 38% em 2020 e posteriormente em 2050, 44|51% na trajetória sem restrições de emissão e 79|84% nas trajetórias com restrições de emissões.

Sublinhe-se ainda o facto do sector industrial no cenário Alto estar associado a um aumento muito significativo da procura, facto este, que aliado a um maior consumo de biomassa e RIP's (menos eficientes termicamente) contribui para ocorra em 2050 um acréscimo do consumo de energia entre 120% e 137% face a 2010.

Seguidamente apresenta-se uma descrição detalhada das principais alterações inerentes aos diversos sectores industriais, com exceção da refinação que será analisada no sector dos transportes justificada pela elevada correlação das respectivas atividades. Apesar da cogeração estar referenciada no sector electroprodutor optou-se por comentar aqui alguns aspectos associados à mesma, na medida que em se encontra intimamente associada ao sector industrial:

- i. Na **produção de ferro** e aço não se verificam alterações relevantes entre 2010 e 2020, em virtude da remodelação deste sector ter ocorrido antes de 2005. De facto, mesmo até 2050 não são expectáveis quaisquer modificações significativas. A única diferença no sector prende-se com o calor consumido, que até 2040 é totalmente proveniente de cogerações a gás e que a partir desse período nos cenários CA60, e CB70, passa a derivar também de cogerações a biomassa (80% do calor produzido);
- ii. Também no **sector cerâmico** não são expectáveis alterações significativas no perfil de consumo energético entre 2010 e 2020 mantendo-se os fornos a gás e biomassa. Todavia, a partir de 2040 nas trajetórias com restrição de emissões surgem fornos eléctricos e novos fornos a biomassa substituindo os fornos a gás natural. Surge igualmente o solar térmico para produção de calor satisfazendo no entanto menos de 2% do total das necessidades energéticas do sector;
- iii. No **sector químico**, entre 2010 e 2020 prevê-se a substituição parcial de caldeiras a fuel e GPL por gás natural, que desaparecem em 2050 para dar lugar a caldeiras a biomassa responsáveis por emissões mais reduzidas de gases com efeito de estufa. Também as cogerações do sector sofrem alterações, ocorrendo em 2020 uma diminuição da cogerações a fuel (desaparecem em 2025) para dar lugar a cogerações a gás. Em 2050 nas trajetórias com restrição de emissões surgem igualmente cogerações a biomassa (as quais produzem entre 9% (CB60) a 29% (CA70) do calor do sector) e calor produzido por solar térmico. Sublinhe-se que, para o sector químico, foi assumido o regresso da produção nacional de amoníaco em 2020 no cenário Alto;
- iv. Na **produção de cimento** verifica-se o aumento do uso da biomassa e RIP's nos fornos de clínquer em detrimento do uso de outros combustíveis face a restrições legislativas nacionais. Esta transformação resulta numa diminuição da eficiência térmica do sector dado o PCI inferior destes combustíveis alternativos comparativamente aos fósseis. O sector do cimento é o único sector industrial onde se verifica a introdução de tecnologias com captura e sequestro de carbono, por ser a alternativa disponível para a redução das emissões do sector, sobretudo as de processo. Em 2050, esta tecnologia é aplicada em 68% da produção de clínquer no CA70 e negligenciável no CA60;
- v. Não se prevêem alterações significativas no perfil de consumo de energia no sector do papel entre 2010 e 2020. Após esse período e até 2050 a única alteração prende-se com o desaparecimento do consumo de fuel independentemente do cenário considerado. Observa-se também a redução da contribuição das cogerações a fuel que dão lugar a novas cogerações com recurso a licores negros (provenientes do próprio sector), sendo esta a única fonte de energia em 2050 das cogerações do sector;
- vi. Na **produção de vidro** não se verificam alterações relevantes para todo o período de análise, na medida em que o sector continuará a utilizar fornos a gás, ainda que ocorram aumentos de eficiência energética entre -0,1%|-0,4% ao ano (entre 2020 e 2050) nas trajetórias com restrição de emissões. Sublinhe-se que para o sector do vidro, foi assumido o ressurgimento em 2020 da produção de vidro plano para os cenários Alto;
- vii. Nas **outras indústrias**, até 2020, verifica-se um decréscimo da utilização do calor de processo e vapor gerado com fuel e biomassa, sendo substituído por gás natural. Todavia após este período e nas trajetórias com restrição de emissões observa-se um crescimento da utilização de biomassa (em 2050) que, conjuntamente com electricidade e calor de cogeração, satisfaz as necessidades energéticas do sector. Também neste sector mas apenas no cenário CA70 se verifica a produção de calor através de solar térmico, ainda que tenha uma participação muito reduzida (4% do total do consumo).

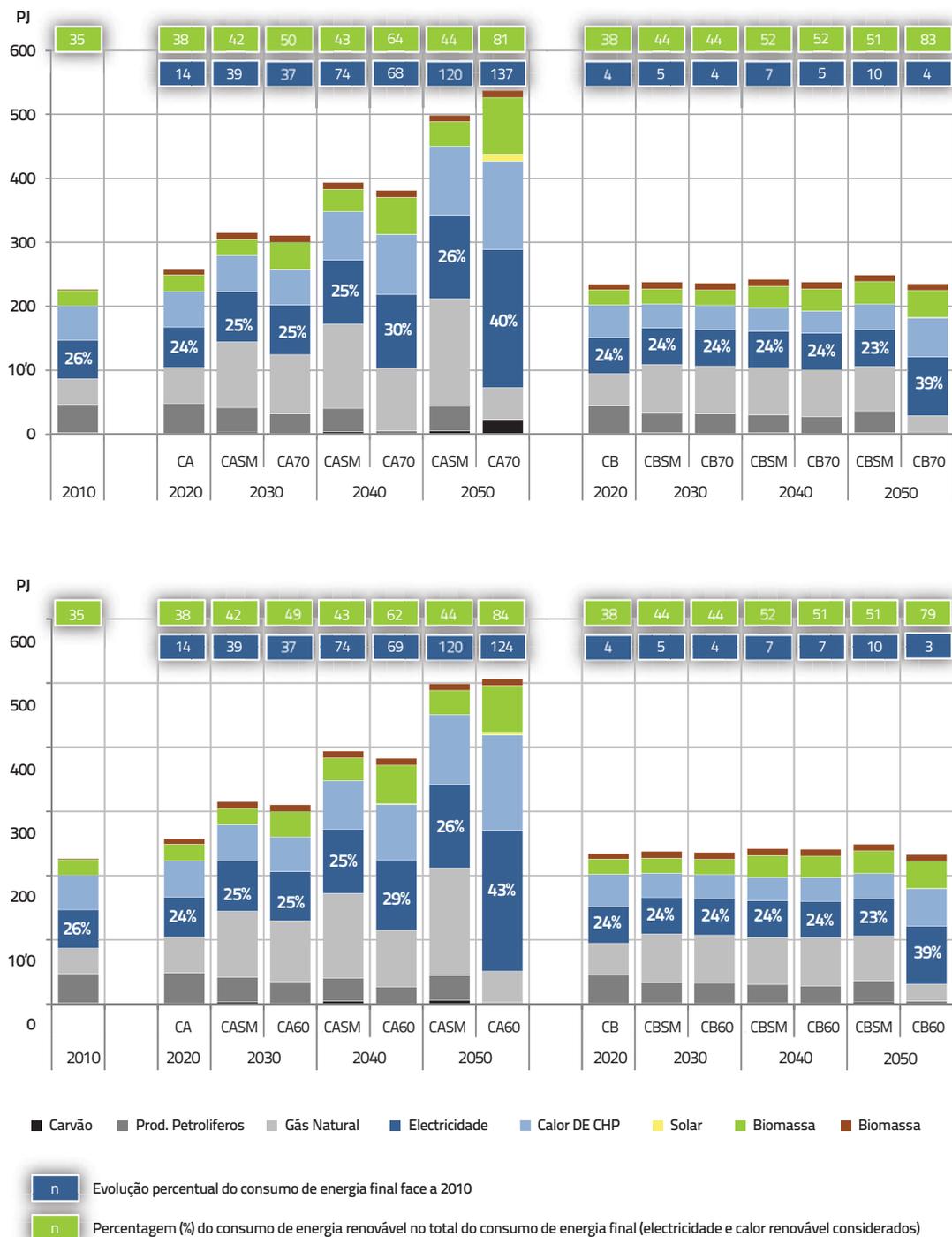


FIGURA 31 - Evolução e estrutura do consumo de energia final na indústria (CHP não incluída) (valores percentuais indicam a percentagem do consumo de electricidade no total de energia final consumida no sector) (cenário de redução 70% em cima; cenário de redução 60% em baixo)

6.3 AGRICULTURA, FLORESTA E USO DO SOLO

As alterações previstas para as superfícies agrícolas e florestais em Portugal entre 2009 e 2050, no âmbito dos cenários Baixo e Alto, foram os principais responsáveis por mudanças na composição da superfície agrícola e florestal (SAF) nacional, cujos valores constam do Anexo 3.

Da análise comparativa dos valores pode-se concluir que:

- i. A superfície agrícola utilizada (SAU) apresenta diferenças no seu peso na SAF em 2050 em relação a 2009 que atinge no total do período -11,5% | -0,9% (cenário Baixo | Alto);
- ii. A superfície agrícola não utilizada (SANU) apresenta diferenças entre 2009 e 2050 que variam entre +11,5% | -0,9% (cenário Baixo | Alto);
- iii. A superfície ocupada por povoamentos florestais (SF) apresenta diferenças entre 2009 e 2050 que atingem -10,0% | -3,0% (cenário Baixo | Alto);
- iv. A área ocupada por matos (M) apresenta diferenças que variam, em 2050 em relação a 2009, entre os +8,6% | +5,5% (cenário Baixo | Alto).

A decomposição destes cenários em áreas por cultura agrícola, espécie florestal e efetivos animais é apresentada, para os cenários Baixo e alto, no Anexo 3.

A análise das consequências destas alterações em termos de emissões e sequestro de gase de efeito de estufa foi feita espelhando o tratamento destas emissões no Inventário Nacional de Emissões, isto é, separando entre “Emissões específicas da Agricultura” e “Emissões e Sequestro de Uso de Solo e Alterações de Uso de Solo”.

6.3.1. Emissões específicas da agricultura

A actividade agrícola contribui para a emissão de diferentes gases com efeito de estufa nos seguintes processos:

- i. Emissões de metano resultante da fermentação entérica dos animais;
- ii. Emissões de metano e óxido nitroso resultantes da gestão do estrume animal;
- iii. Emissões de metano resultante do cultivo de arroz;
- iv. Emissões directas e indirectas de óxido nitroso resultantes de solos agrícolas;
- v. Emissões de metano e óxido nitroso da queima de resíduos agrícolas no campo.

Considerando todas as fontes emissoras consideradas nesta secção, projecta-se que as emissões de gases com efeito de estufa da Agricultura decresçam até 2050 em -37% | -20% (cenário Baixo | Alto) quando comparadas com 1990 (Figura 32).

No cenário Baixo, o potencial de redução em valor absoluto é de quase -3 milhões de toneladas de CO₂ equivalente, sendo que cerca de 80% desse potencial é dado por reduções de emissão de solos agrícolas (-1,4Mton) e de fermentação entérica (-1Mton). No cenário Alto o potencial de redução é menor cerca de -1,6 Mton provenientes na totalidade de reduções de solos agrícolas (-1Mton) e de gestão de estrumes (-0,7Mton).

O potencial de redução poderá ser aumentados se forem desenvolvidas e aplicadas práticas agrícolas que reduzam emissões, que não foram modeladas por ausência de fatores de emissão adequados para uso nacional.

QUADRO 29 - Redução de emissões no sector agricultura face a 1990 (sem emissões das atividades de combustão)

2020	2030	2040	2050
-7% -7%	-22% -12%	-37% -18%	-37% -20%

Valores cenário Baixo | cenário Alto

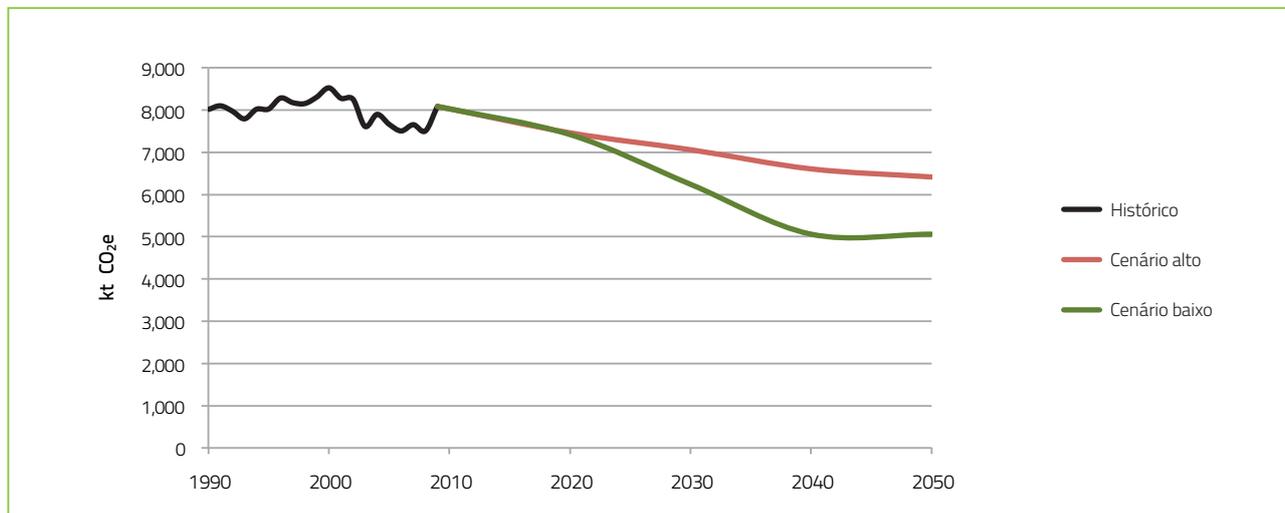


FIGURA 32 - Evolução do total de emissões específicas da agricultura

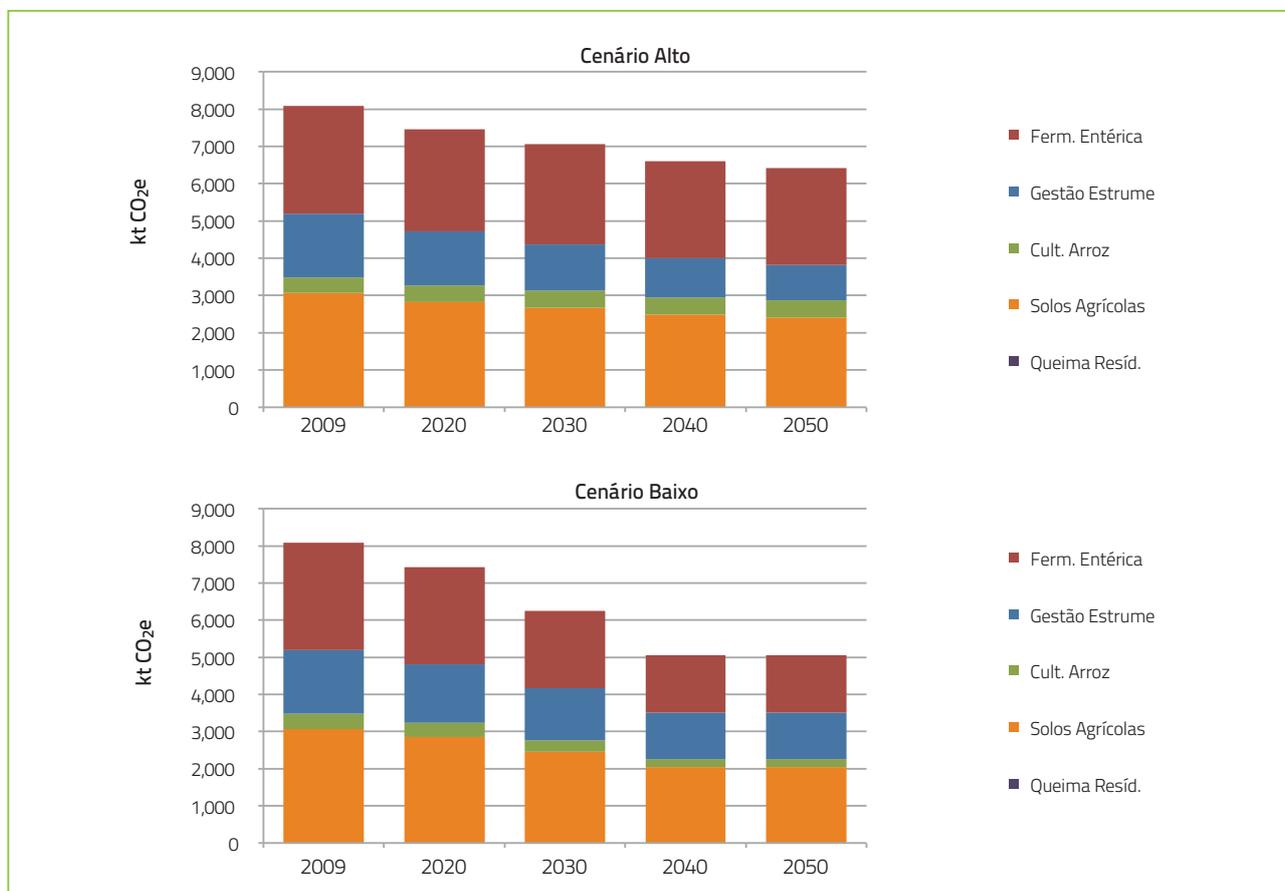


FIGURA 33 - Evolução do total de emissões específicas da agricultura por tipo de emissões

Analisa-se de seguida as emissões associadas a cada um dos processos considerados.

EMISSÕES DE METANO RESULTANTE DA FERMENTAÇÃO ENTÉRICA DOS ANIMAIS

O metano libertado é um subproduto do processo de digestão dos animais. A quantidade de metano libertada depende das características do animal, da qualidade e da quantidade de alimento ingerida e da energia despendida pelo animal.

Não foram estimadas alterações nas características das principais raças existentes no País, nem foram consideradas alterações nas raças utilizadas. Deste modo, as emissões de gases com efeito de estufa da fermentação entérica dependem fundamentalmente do número de animais existente no país utilizado em cada cenário (Anexo 3).

As reduções de emissão relativamente a 1990 são de -41%|-1%, respetivamente nos cenários Baixo|Alto. O peso dos bovinos no total de emissões desta categoria aumentará dos 69% observados em 1990 para os 79%|78%, o que resulta fundamentalmente do aumento da proporção de bovinos não leiteiros no total de bovinos e no total de efetivos animais do país.



FIGURA 34 - Distribuição das emissões de fermentação entérica por categoria animal

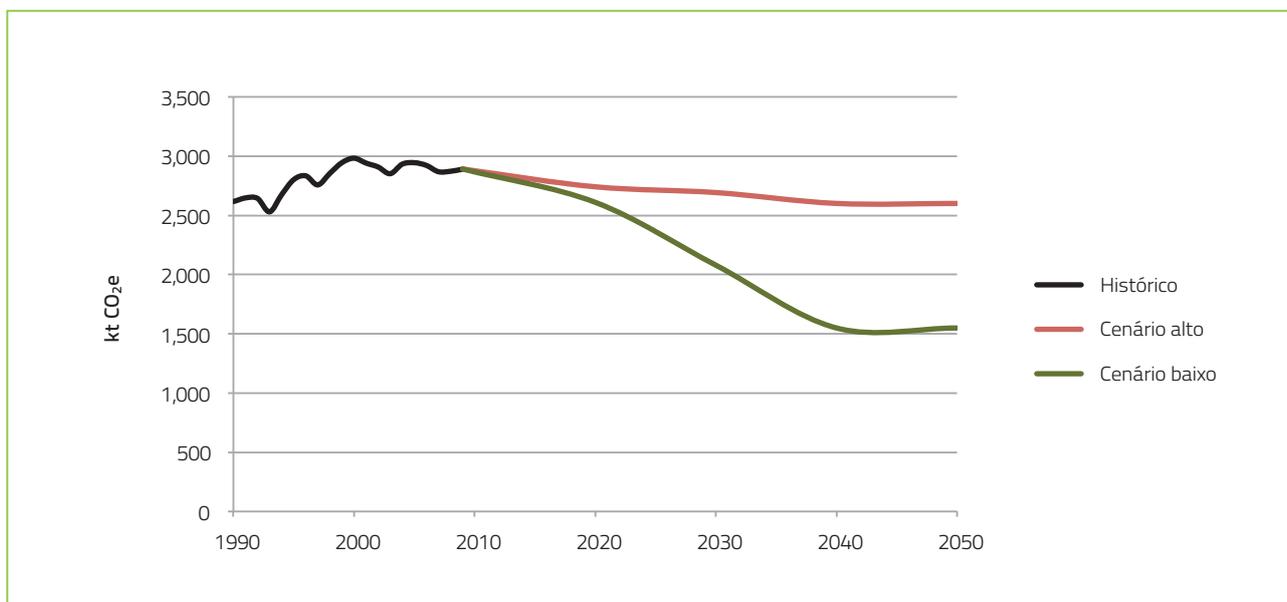


FIGURA 35 - Evolução do total de emissões de metano resultante da fermentação entérica

EMISSIONES DE METANO E ÓXIDO NITROSO RESULTANTES DA GESTÃO DO ESTRUME ANIMAL

As emissões de metano provenientes da gestão de estrume ocorrem quando o material orgânico nele contido é decomposto durante o seu tratamento ou armazenamento em ambiente anaeróbio, pela acção de bactérias metanogénicas. Desta forma a formação de metano está fortemente relacionada com o sistema de gestão do estrume (MMS) utilizado, que varia entre lagoas anaeróbias, acumulação em tanques em estado líquido ou lamacento ou a permanência do estrume durante um longo período no estábulo. Quando o estrume é depositado directamente pelos animais durante o pastoreio existem igualmente emissões de metano mas em menor quantidade.

Foi considerada para o cenário Alto uma conversão progressiva, até 2050, do estrume armazenado em Lagoas para Tanques de 50% do volume atual no cenário Alto. No cenário Baixo esta conversão não foi considerada.

De um modo geral, em Portugal, grande parte do estrume proveniente da suinicultura é armazenado em lagoas anaeróbias, as quais têm o maior factor de emissão de metano, o que explica ser esta categoria animal a que apresenta maiores níveis de emissões provenientes da gestão de estrume.

Parte do azoto existente no estrume, como consequência dos processos de nitrificação e desnitrificação, seja nas fezes ou na urina, é emitido para a atmosfera sob a forma de N₂O durante a sua gestão ou durante o seu armazenamento, antes da aplicação ao solo. Note-se que são apenas apresentadas as emissões durante a fase de armazenamento e tratamento, já que as emissões de N₂O provenientes da aplicação de estrume e chorume no solo como fertilizantes serão discutidas no ponto "Emissões de N₂O provenientes dos solos agrícolas".

O factor de emissão de N₂O das lagoas e dos tanques é o mesmo, o que significa que a passagem para 50% do estrume armazenado nas lagoas para tanques, assumido no cenário Alto, não tem impacto nas emissões deste gás. Assim sendo a única variável com impacto directo nas emissões é o número de animais existente em cada um dos sistemas de gestão de estrume (lagoas, tanque e armazenamento sólido), e o número de animais total. O cenário Alto apresenta valores para as emissões de N₂O superiores ao cenário Baixo devido a uma menor redução do efetivo.

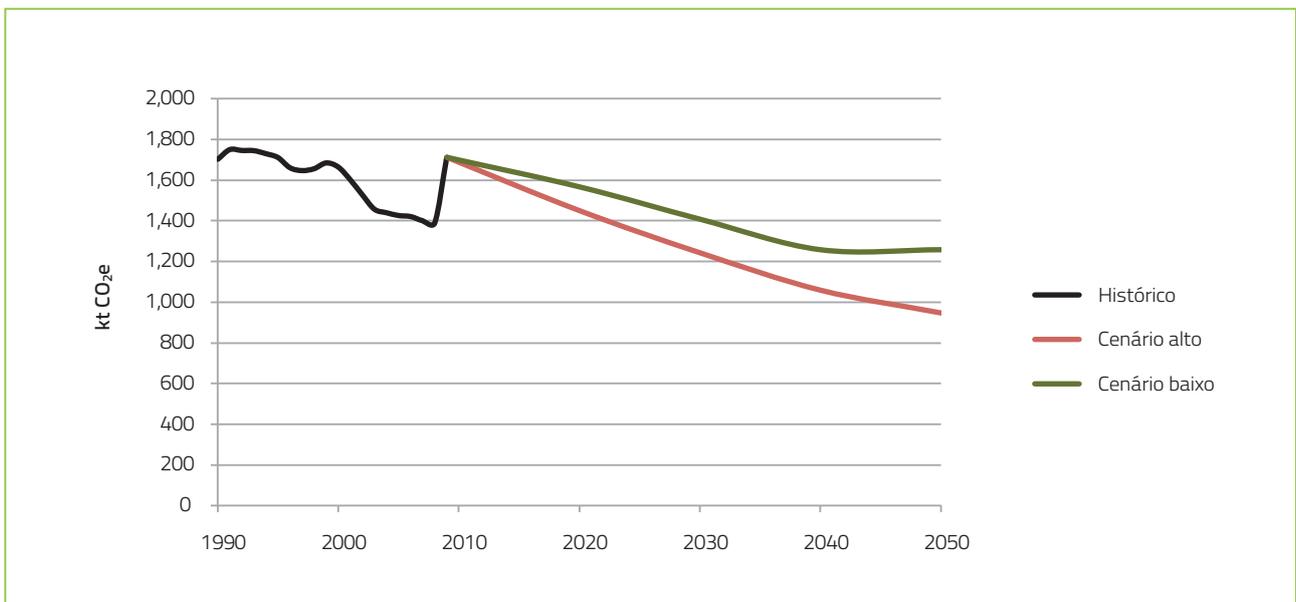


FIGURA 36 - Evolução do total de emissões (metano e óxido nítrico) de gestão de estrumes

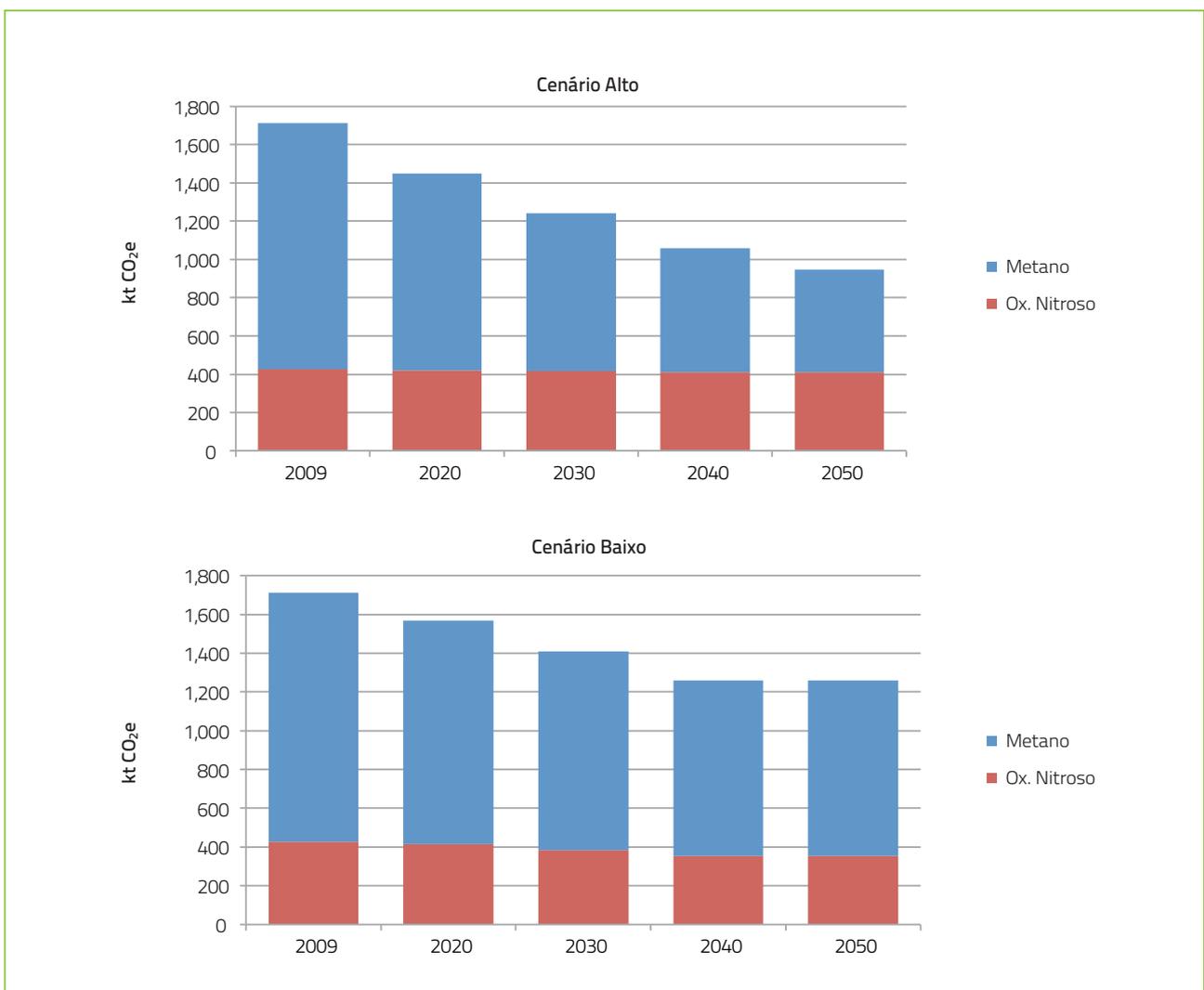


FIGURA 37 - Repartição das emissões de gestão de estrume por gás de efeito de estufa (CH₄ e N₂O)



FIGURA 38 - Emissões de CH₄ da Gestão do Estrume por categoria animal

As reduções de emissões, face a 1990, observadas em 2050 de -26% | -44%, respetivamente no cenário Baixo | Alto, são devidas fundamentalmente à evolução dos efetivos e, de forma substancial, ao potencial de redução de emissões dos efluentes de suinicultura, por alteração do sistema de tratamento. Estas reduções são bastante mais expressivas no metano (-23% | -55%) do que no óxido nitroso (-32% | -21%).

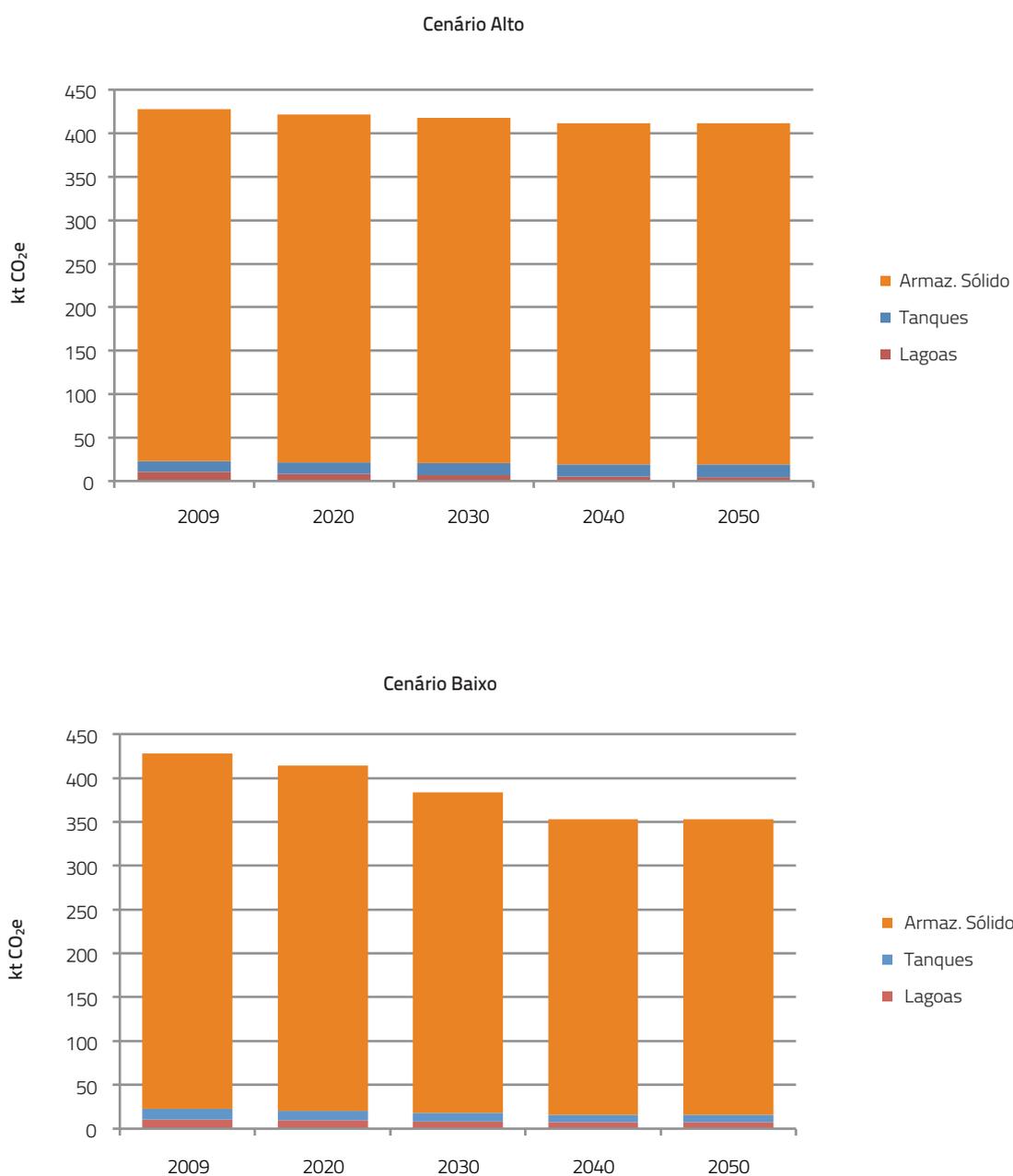


FIGURA 39 - Emissões de N₂O da Gestão do Estrume por sistema de gestão de estrume

EMISSÕES DE METANO RESULTANTE DO CULTIVO DE ARROZ

A produção de metano associada à cultura de arroz resulta da decomposição anaeróbia do material orgânico nos campos de arroz alagados.

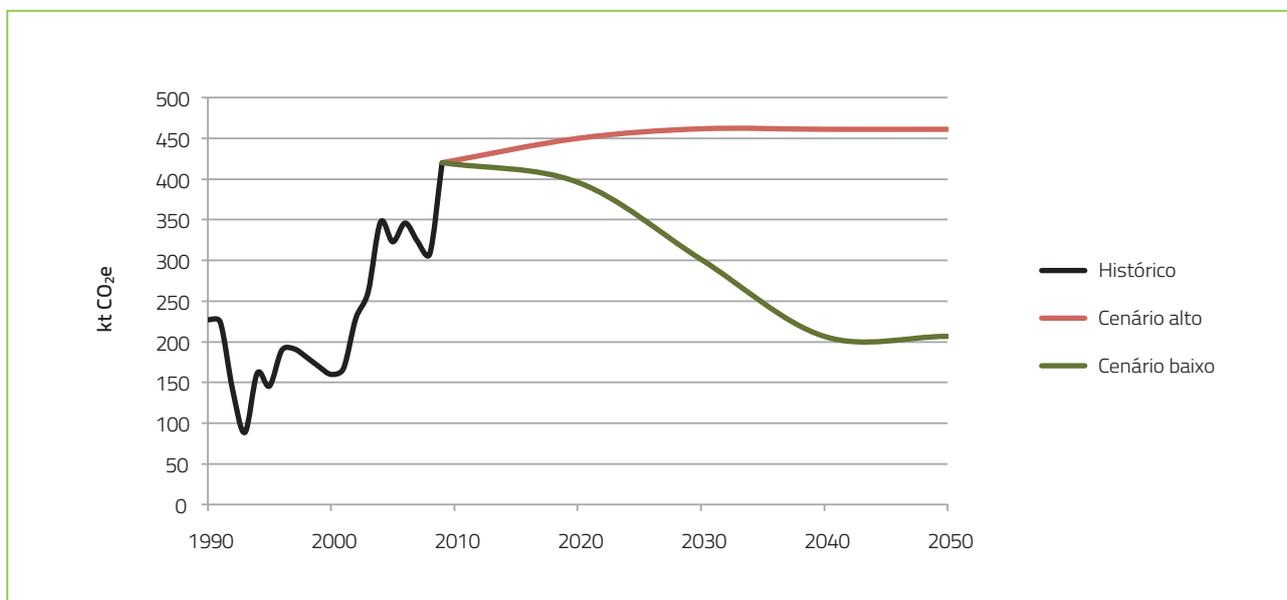


FIGURA 40 - Evolução do total de emissões da cultura do arroz

Neste caso, em 2050, estima-se uma variação entre -9%|+103% (cenário Baixo|Alto). Este aumento no cenário Alto justifica-se, apesar do decréscimo da área ocupada pela cultura do arroz, pela passagem da totalidade da área para o modo de produção integrada em 2020 e de um aumento na produtividade desta cultura ao longo do tempo assumida neste cenário. O modo de produção integrada obriga à incorporação da totalidade dos resíduos no solo em substituição da queima de resíduos, o que aumenta as emissões de metano. Por outro lado, a incorporação de resíduos da cultura no solo, substitui a necessidade de queima dos mesmos no terreno, resultando numa redução de emissões, contabilizada abaixo na secção “Emissões de metano e óxido nítrico da queima de resíduos agrícolas no terreno”.

EMISSIONES DIRETAS E INDIRECTAS DE ÓXIDO NITROSO RESULTANTES DE SOLOS AGRÍCOLAS

As emissões de N₂O nos solos agrícolas ocorrem devido ao aumento do azoto mineral disponível que favorece a ocorrência de actividades biogénicas como a nitrificação e a desnitrificação. Este aumento ocorre em consequência dos seguintes processos:

- i. Aplicação de fertilizantes azotados sintéticos;
- ii. Aplicação de estrume animal como fertilizante;
- iii. Azoto fixado pelas culturas fixadoras de azoto (leguminosas);
- iv. Incorporação de azoto através da incorporação dos resíduos das culturas;
- v. Estrume animal depositado directamente pelos animais durante o pastoreio.

As emissões indirectas de N₂O ocorrem após a sua aplicação no solo e decorrem de interações com dois sistemas ambientais, o sistema atmosférico ou com o sistema solo-água:

- i. Volatilização sob a forma de NH₃ e NO_x originando a formação de N₂O (sistema atmosférico);
- ii. Lixiviação do azoto para águas subterrâneas, rios, etc. originando posteriormente, através dos processos de nitrificação e desnitrificação, a produção de N₂O (sistema solo-água).

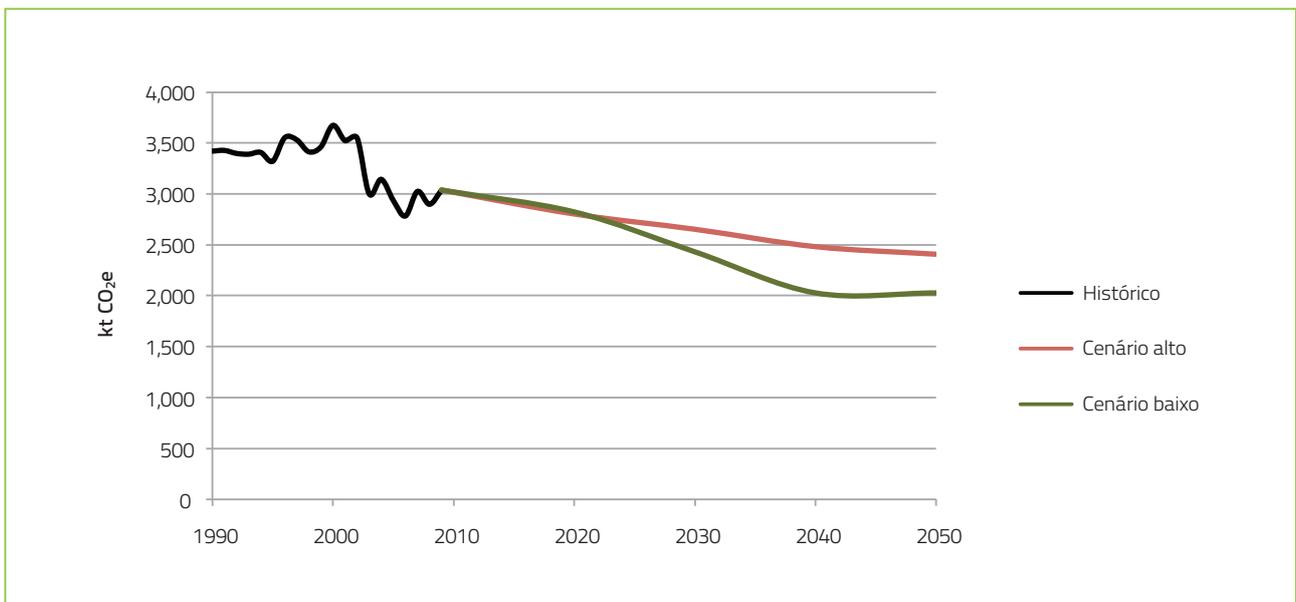


FIGURA 41 - Evolução das emissões totais dos solos agrícolas

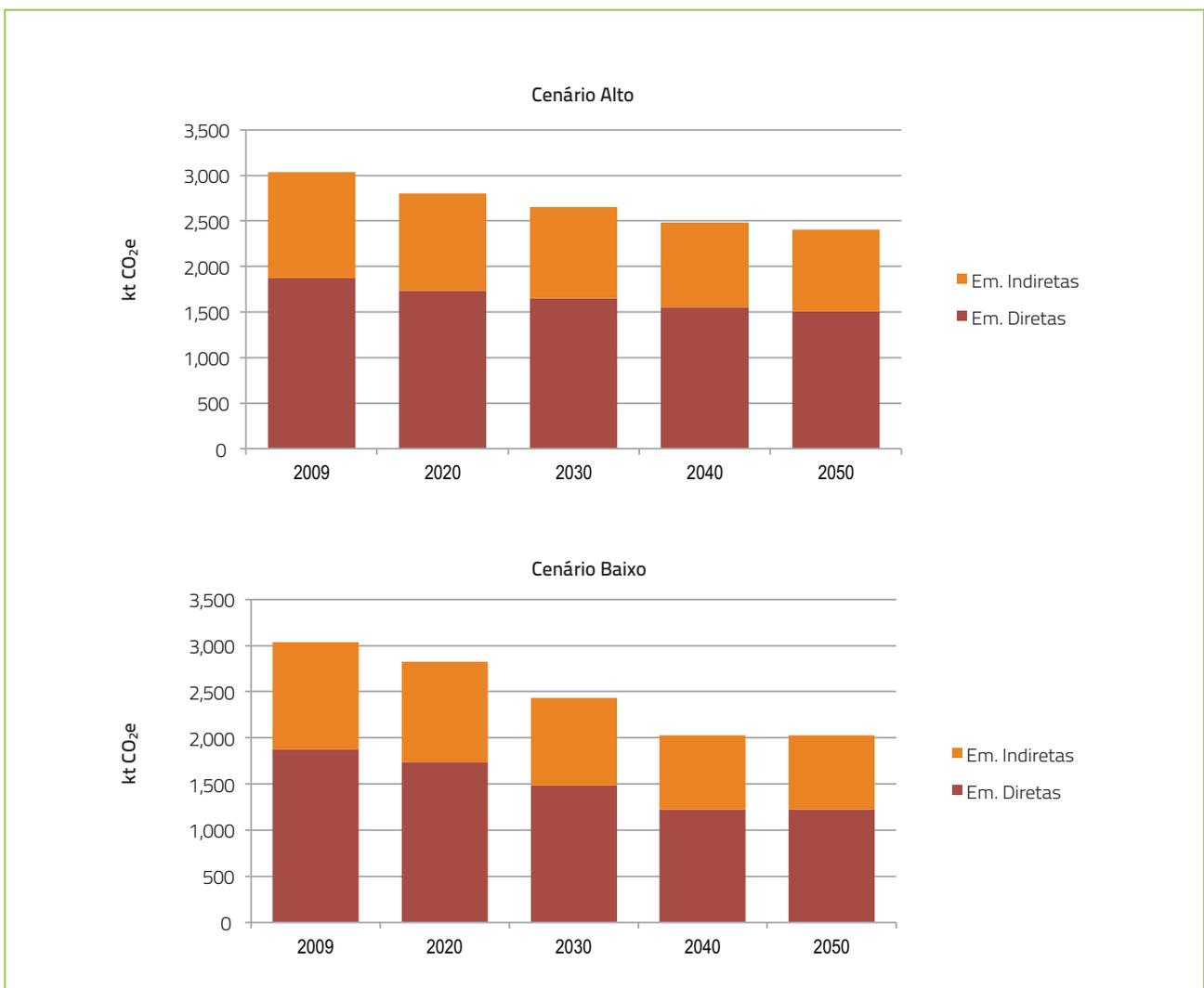


FIGURA 42 - Repartição das emissões de gestão de estrume por gás de efeito de estufa (CH₄ e N₂O)

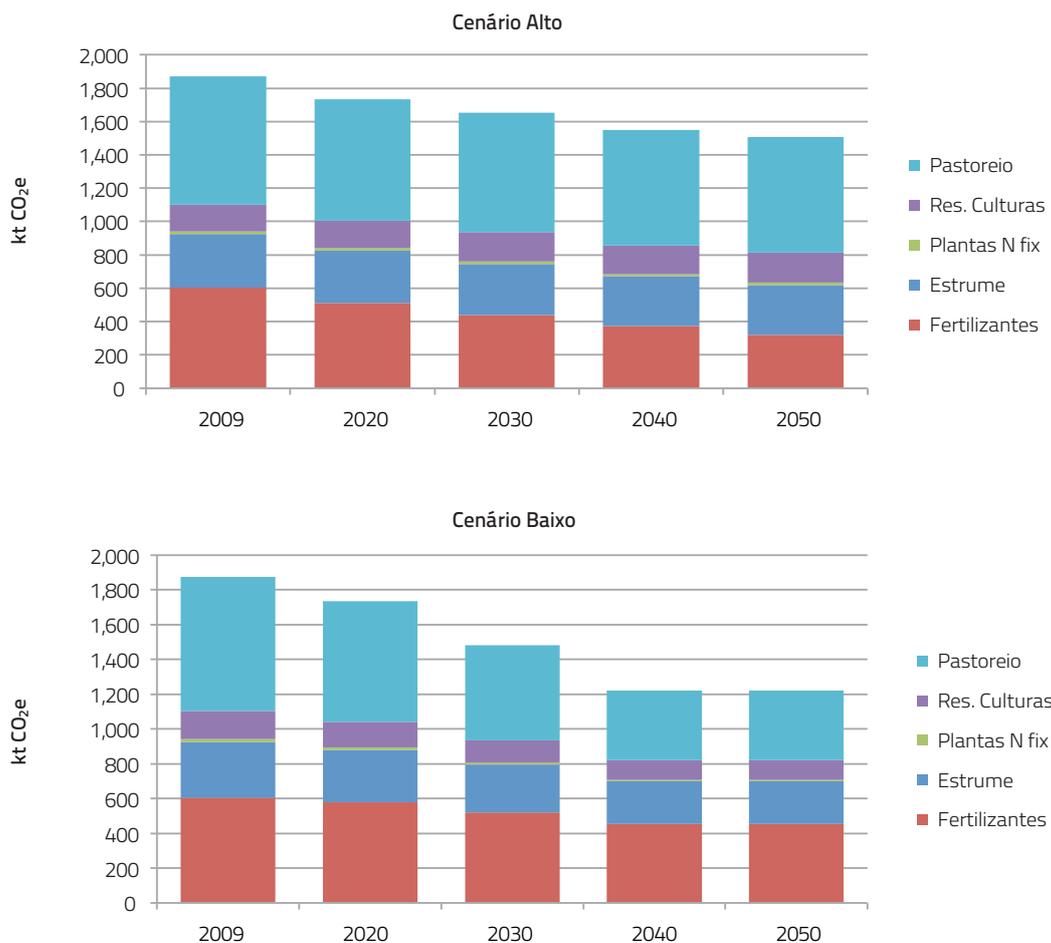


FIGURA 43 - Emissões diretas de N₂O dos solos agrícolas por tipo de origem

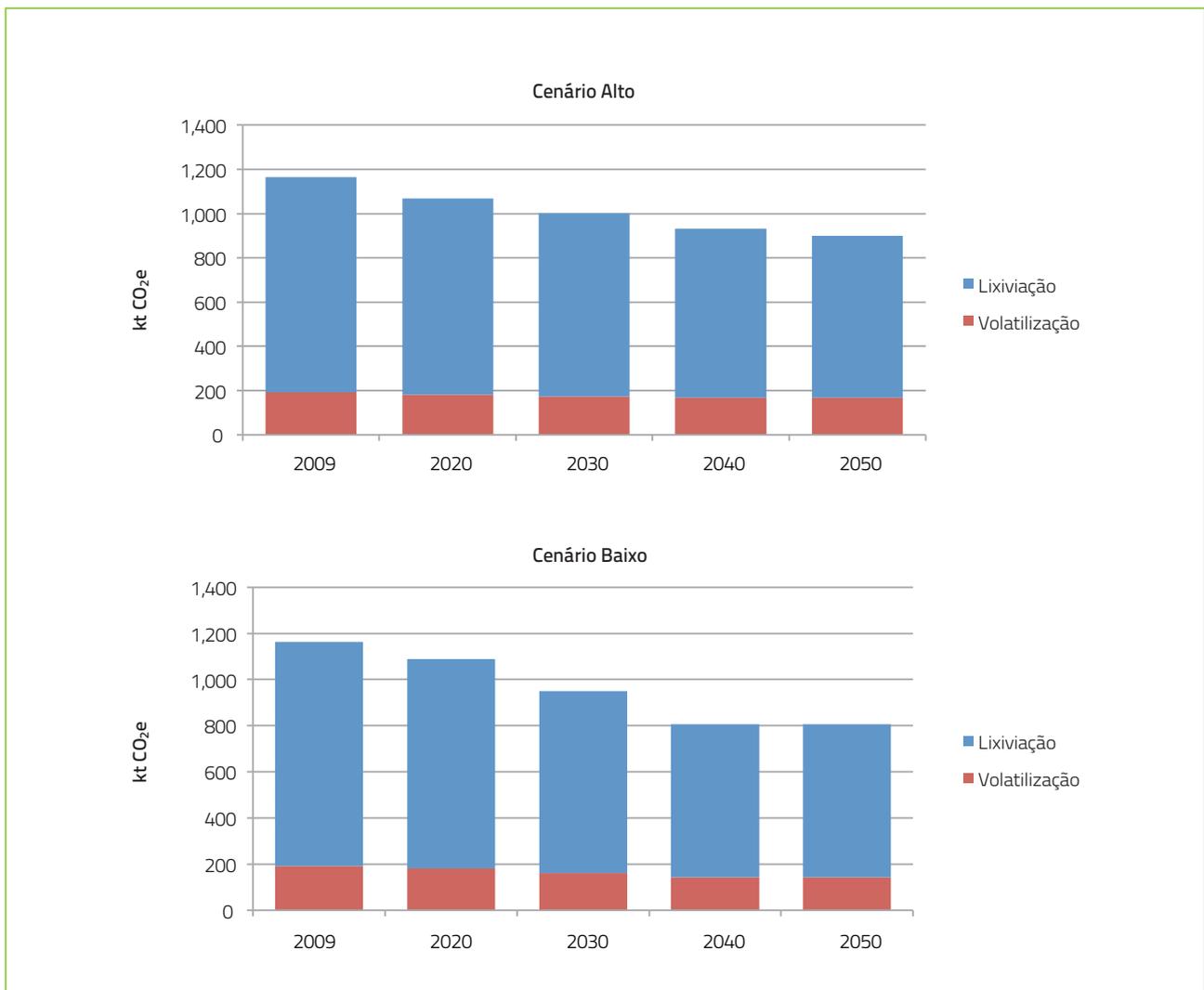


FIGURA 44 - Emissões indiretas de N₂O por tipo de origem

No cenário Alto, o uso mais eficiente dos fertilizantes sintéticos azotados, com uma taxa de redução média anual de -1,5%/ano justifica a redução das emissões diretas, embora mais atenuada no cenário alto, devido a uma redução menos significativa do efetivo e da área ocupada pelas culturas, assim como ao aumento da produtividade assumido neste cenário.

Nas emissões diretas, o estrume depositado directamente no pasto constitui a categoria que apresenta uma redução mais acentuada no cenário Baixo. No cenário Alto as maiores perdas absolutas referem-se a reduções na aplicações de fertilizantes.

As emissões de N₂O dos solos agrícolas diminuem ao longo do tempo nos dois cenários em -41%|-30% (cenário Baixo|Alto). No cenário Alto o decréscimo das emissões não é tão acentuado devido à menor redução de área agrícola útil e do número de animais do efetivo pecuário.

EMISSIONES DE METANO E ÓXIDO NITROSO DA QUEIMA DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS NO TERRENO

A queima de resíduos agrícolas no campo, através do processo de combustão, é uma forma comum de eliminação dos resíduos vegetais de culturas anuais e de podas de culturas permanentes que origina a emissão de metano e óxido nitroso. Durante este processo também é libertado dióxido de carbono que será reabsorvido no ciclo cultural seguinte e, como tal, não é estimado.

Considerou-se que existiria queima no terreno apenas no caso dos resíduos do cultivo de arroz, pomares, vinhas e olivais. Em 2009, para os dois cenários, cerca de 32% dos resíduos da cultura do arroz eram queimados no solo (fração da área que não se encontra em modo de produção integrada), 40% dos resíduos na vinha, 100% nos olivais e 30% nos restantes pomares. Estes valores foram considerados estáveis no cenário Baixo mas decrescem no cenário Alto de forma progressiva até 2050, ano em que se estabeleceu que a queima dos resíduos no terreno seja nula para todas as culturas consideradas. Esta situação materializar-se-á se passar a ser possível a recolha e queima destes resíduos para valorização energética (com produção de eletricidade e/ou calor) ou se forem generalizadas práticas de estilhaçamento e incorporação no solo.

No caso do arroz foi considerado, em ambos os cenários, que em 2020 toda a produção se encontrará em modo de produção integrada, sendo que a partir deste ano deixam de existir emissões resultantes da queima dos resíduos desta cultura.

Das culturas consideradas nesta rubrica, a vinha é a que apresenta maiores níveis de emissões, porque é a cultura que produz maior quantidade de resíduos, considerando a área total das culturas analisadas.

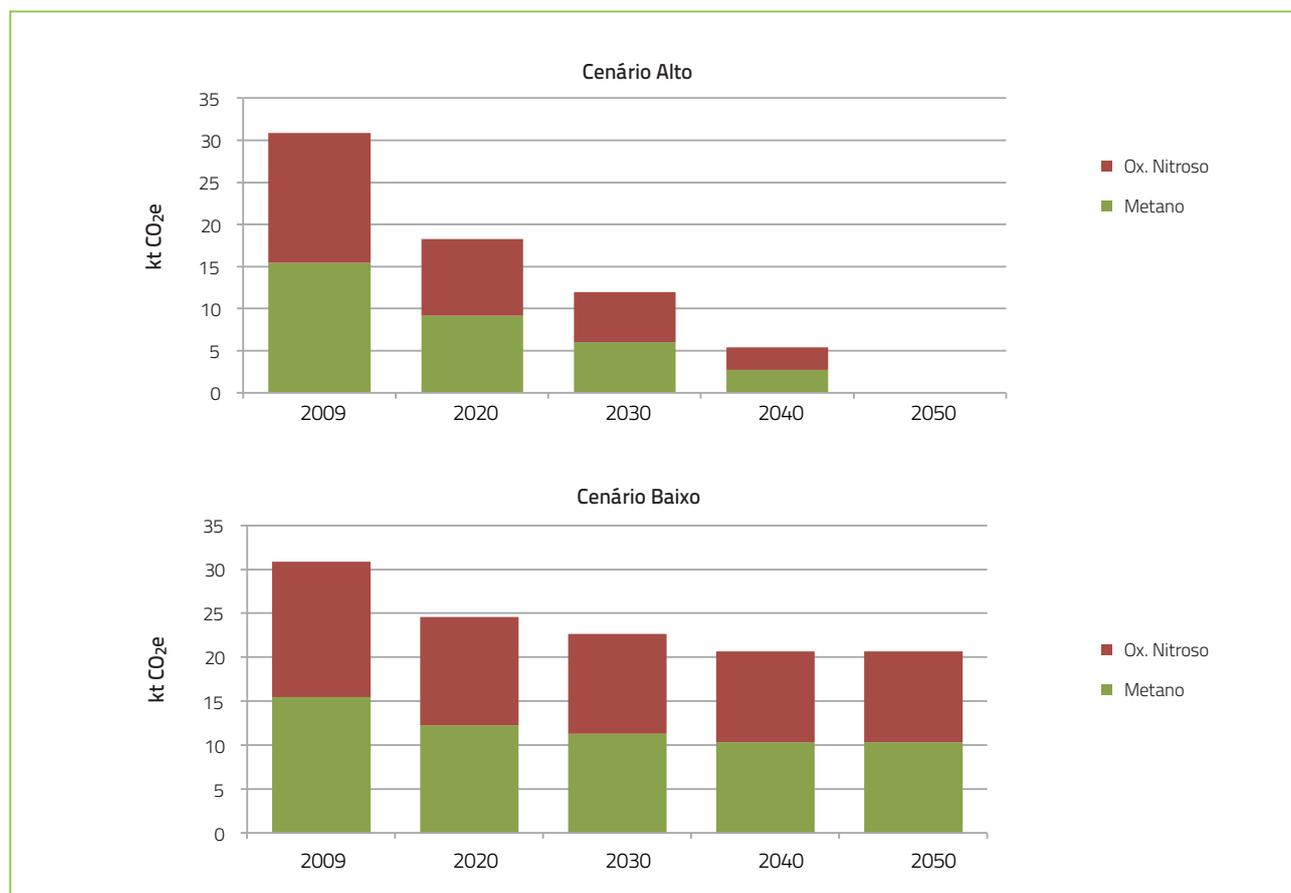


FIGURA 45 - Emissões da queima de resíduos das culturas no campo por gás de efeito de estufa



FIGURA 46 - Emissões da queima de resíduos das culturas no campo por cultura

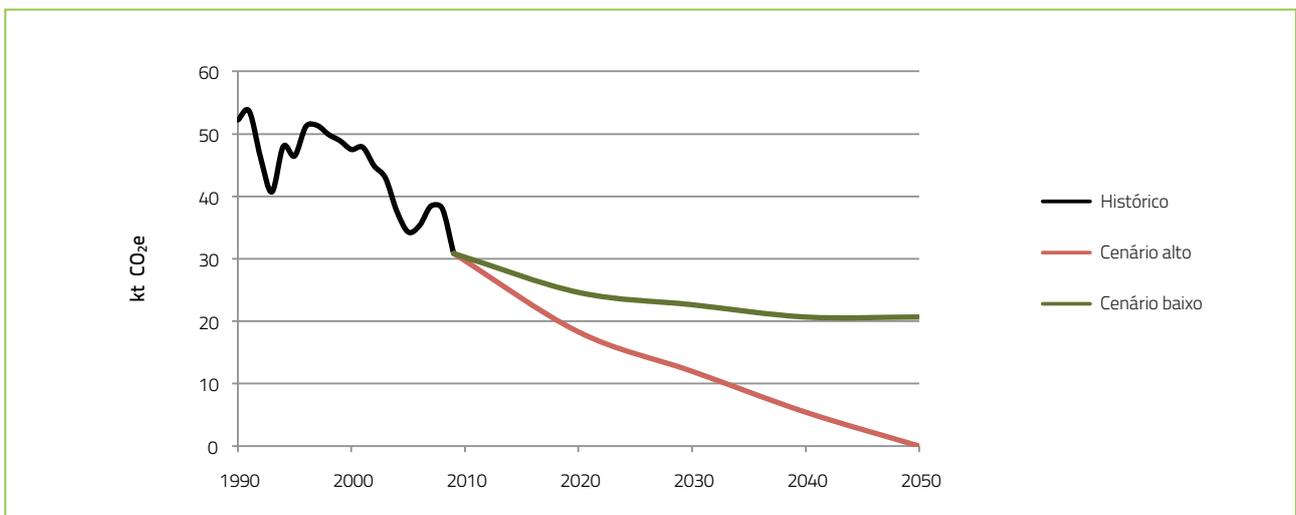


FIGURA 47 - Emissões totais da queima de resíduos agrícolas no terreno

Assim, são atingidas reduções de emissão de -60%|-100%, respetivamente nos cenários Baixo|Alto. No cenário baixo, as reduções são mais marcadas no metano (-66%) do que no óxido nitroso (-53%).

6.3.2. Emissões e Sequestro de Uso de Solo e Alterações de Uso de Solo

Neste capítulo são apresentados os resultados das emissões ou sequestro de CO₂ e outros gases com efeito de estufa resultantes da ocupação do solo, alterações na ocupação do solo e da floresta. Neste contexto, foram analisadas as tendências de emissões e sequestro na floresta e incêndios florestais, culturas agrícolas, pastagens e outras áreas.

No que diz respeito aos valores de base para o cálculo das emissões foram utilizados os Inventários Florestais Nacionais da Autoridade Florestal Nacional e os diferentes Recenseamentos Agrícolas do Instituto Nacional de Estatística. Estes valores diferem da base de informação usada no Inventário Nacional de Emissões 2011, pelo que são apenas apresentadas as séries 2009-2050, já que os dados históricos (1990-2009) não são diretamente comparáveis¹⁰.

Note-se também que, contrariamente ao que sucede em todos os outros setores, existem para este setor regras especiais de contabilização de emissões e sequestro, que, na prática, fazem com que os valores reportados em inventário não possam ser simplesmente adicionados aos dos restantes setores. Quanto desse sumidouro será utilizável para cumprimento de metas de redução de emissões será ainda objeto de negociação internacional, pelo que qualquer cenário sobre essas regras seria, nesta fase, puramente especulativo¹¹.

O objetivo deste sub-estudo foi portanto, e apenas, perceber como o “sinal sumidouro” evolui ao longo do tempo com base nos cenários definidos, isto é, responder à questão: o setor uso de solo será no futuro um maior ou menor sumidouro líquido de dióxido de carbono face ao que era em 2009?

A metodologia utilizada na estimativa das áreas florestais futuras foi baseada em trabalhos da GEOTERRA, Estudos e Serviços Integrados, Lda. e complementada com valores fornecidos pela Autoridade Florestal Nacional, no que diz respeito às taxas de regeneração das áreas ardidas, às taxas de conversão de matos em povoamentos e aos dados dos incêndios florestais por povoamentos nas últimas décadas.

A superfície de Portugal Continental foi classificada em quatro categorias: floresta, culturas agrícolas, pastagens, e outras superfícies. Devido à falta de informação não foram estimadas as emissões/sequestro ocorridos nas regiões autónomas da Madeira e dos Açores. Adicionalmente, foram ainda estimadas as emissões decorrentes dos incêndios florestais.

¹⁰ O Inventário Nacional de Emissões utiliza provisoriamente as áreas por uso de solo que decorrem dos levantamentos do Corine Land Cover. Esta base de informação não cumpre ainda todos os requisitos obrigatórios de reporte, estando em curso projetos que visam a produção de informação oficial sobre esta matéria. Nesse contexto, e porque os resultados destes estudos ainda não estão disponíveis, foi opção da AGRO.GES usar diretamente os resultados dos recenseamentos agrícolas e dos inventários florestais nacionais para este estudo.

¹¹ Por exemplo, em Portugal, e no período 2008-2012, apenas são utilizáveis para cumprimento das metas de redução de emissões cerca de 800.000 ton/ano de sequestro de CO₂, ainda que o sequestro real da gestão florestal em Portugal seja bastante superior.

Em ambos os cenários, o setor uso de solo e alterações de uso de solo vai manter-se como sequestrador líquido de gases com efeito de estufa (Figura 48). No cenário Baixo, a perda de sequestro é de -74%, justificado pela perda de sequestro na floresta e pastagens e pelo aumento de emissões de áreas agrícolas. Pelo contrário, no cenário Alto, há um aumento da função sequestro de +28%, com uma relativa estabilização dos valores de sequestro a partir de 2030.

FLORESTA E INCÊNDIOS FLORESTAIS

O sequestro de CO₂ da Floresta, para o cenário Baixo, vai decrescendo ao longo do tempo, devido essencialmente a menores ganhos nas áreas convertidas em floresta. No cenário Alto, o sequestro de CO₂ referentes à floresta são maiores do que no cenário Baixo, em resultado do efeito conjugado de menor efeito dos incêndios e de uma florestação activa de 410 mil ha.

Os fogos florestais são a principal causa forma de distúrbio das áreas florestais em Portugal. As emissões provenientes da queima de biomassa incluem emissões directas e indirectas de CO₂, CH₄ e N₂O. Apenas foram contabilizadas as emissões resultantes dos incêndios dos povoamentos florestais uma vez que não foi possível obter factores de emissão para os matos e áreas agrícolas ardidas.

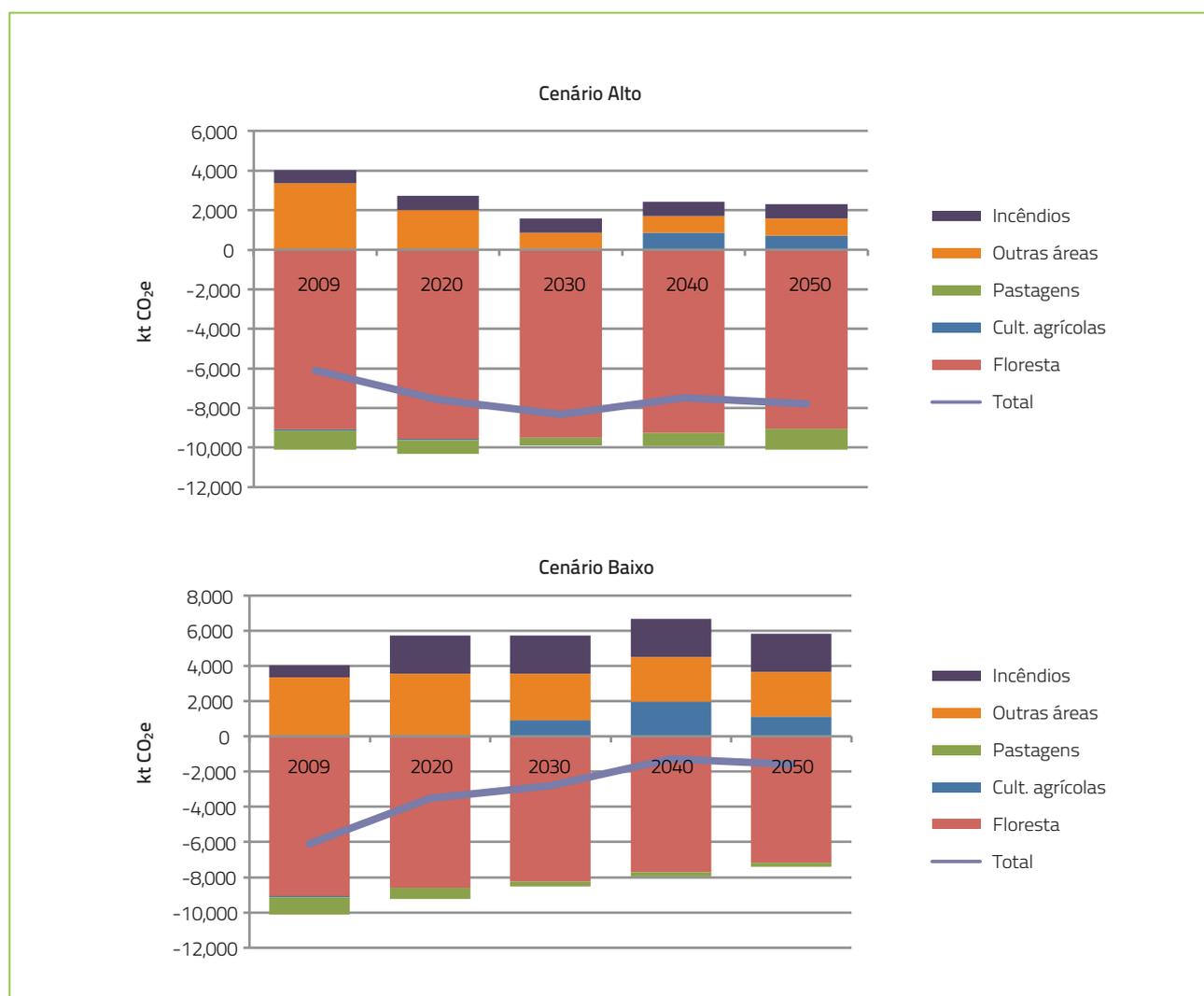


FIGURA 48 - Evolução das emissões e sequestro do uso de solo e alterações do uso de solo

Combinando o efeito dos incêndios florestais e das variações em área dos vários tipos de floresta, constata-se que em ambos os cenários a floresta continuará a ser um sequestrador líquido de dióxido de carbono, embora essa característica seja reduzida em 2050 em -41% | -1% (cenário Baixo | Alto), face a 2009.

Note-se, no entanto, que o valor de área ardida em 2009 foi bastante baixo e inferior ao utilizado em qualquer dos cenários, o que parcialmente explica o aparente aumento de emissões de incêndios do cenário Alto, que utiliza um cenário de área ardida de 50.000ha/ano, bastante inferior à média dos últimos anos.

CULTURAS AGRÍCOLAS

Neste estudo foram apenas contabilizadas as emissões e/ou sequestro que resultam de ganhos/perdas de biomassa viva e/ou de carbono no solo que ocorrem em áreas agrícolas. As emissões que resultam de algumas atividades agrícolas e pecuárias foram já contabilizadas no capítulo “Emissões específicas da agricultura”, não havendo, por isso, dupla contabilização.

As culturas agrícolas com interesse no sequestro e/ou emissões de carbono na biomassa viva são as culturas permanentes, uma vez que nas culturas temporárias o ganho de carbono resultante do acréscimo na biomassa obtido num ano é perdido no próprio ano com a sua colheita e com a morte das respetivas plantas. O sequestro ou emissões de carbono do solo, resultantes de alterações de uso de solo e de práticas de sementeira directa, foram também calculadas.

Contrariamente ao que se passa na floresta, as áreas agrícolas deverão comportar-se como emissores líquidos de CO₂, devido fundamentalmente ao aumento de superfície agrícola não utilizada e à perda de área de culturas permanentes. Os aumentos de emissões deverão situar-se em 2050, e face a 2009, em +1163 | +775 mil ton, respetivamente no cenário Baixo | Alto. Note-se que estes valores incorporam também conversão de pastagens para superfície agrícola não utilizada, o que originou emissões relativamente elevadas em alguns dos anos em estudo, nomeadamente a partir de 2030.

PASTAGENS

No caso das pastagens foram calculados o sequestro ou emissões de carbono do solo, resultantes de alterações de uso de solo e de práticas de conversão para pastagens biodiversas.

Tal como no caso da floresta, as pastagens deverão continuar a ser sequestradores líquidos de dióxido de carbono, embora o valor de sequestro seja variável com o cenário e ao longo do tempo. Com efeito estima-se em 2050 uma variação do sequestro líquido entre -74% | +7% face ao verificado em 2009.

Estes valores resultam, no cenário Baixo, de um aumento da área de pastagens até 2020 seguido de uma redução de área até 2050. No cenário Alto assume-se um aumento de área mais substancial até 2020 seguido de estabilização dessas áreas até 2050. Resultam também dos pressupostos assumidos em relação à conversão para pastagens biodiversas. Com efeito, no cenário Alto, foi considerado que 50% das pastagens melhoradas e semeadas em terra limpa seriam pastagens biodiversas, enquanto que no cenário Baixo haveria um aumento até 2020 da área ocupada por pastagens biodiversas mantendo-se posteriormente esta área estável até 2050.

Note-se que, de acordo com a metodologia adotada, foi considerado que as pastagens com mais de 10 anos não são nem captadoras nem emissoras de dióxido de carbono, a não ser que haja uma alteração de uso de solo ou uma conversão para pastagens biodiversas, pelo que uma área importante de pastagens tem uma contribuição nula

para estes resultados. No caso das pastagens biodiversas existe um acréscimo de sequestro, face às pastagens tradicionais, que foi modelado durar 10 anos, após o que se consideram também estabilizadas, isto é, não contribuem nem como sequestradoras, nem como emissoras líquidas.

OUTRAS ÁREAS

Dentro desta categoria, a ocupação do solo com maior relevância são os Matos, pois possuem um stock de carbono no solo relativamente elevado e uma taxa de sequestro de CO₂ resultante do crescimento de biomassa viva nos primeiros 10 anos relativamente elevado. Os matos com mais de 10 anos de idade foram considerados em “equilíbrio”, isto é, a taxa de sequestro e de emissões é equivalente. Para efeitos de balanço de carbono resultante dos matos, apenas foram considerados os matos provenientes de desflorestação. O aumento da área de matos, e do respetivo sequestro, é superior no cenário Baixo onde não é considerada uma florestação activa e onde a área ardida anualmente é maior, comparativamente à área do cenário Alto.

Relativamente à área convertida em “outros usos do solo” (áreas urbanas e águas interiores), foram também avaliados os 20 anos que antecedem o período em análise, considerando-se que as áreas das águas interiores e áreas sociais se manteriam constantes a partir de 2020. Nas conversões em águas interiores e áreas sociais, foi assumido para o período 2009–2020, uma igual contribuição das três categorias relevantes: área agrícola, área florestal e matos. O facto de os stocks de carbono destas duas categorias serem nulos significa que qualquer que seja o uso do solo que lhe dá origem, resultará sempre num aumento de emissões de CO₂.

As reduções de emissões obtidas, face a 2009, são de -24%|-74%, respetivamente no cenário Baixo|Alto. O elevado valor das emissões resultantes de área convertida em outras áreas nos primeiros anos (2009 e 2020), deve-se a um aumento, nos 20 anos que se antecedem, das áreas ocupadas por águas interiores e áreas sociais. No cenário Baixo, a conversão de floresta em matos, em consequência da elevada incidência de incêndios florestais e baixa reflorestação, justifica os valores mais altos observados.

6.4. RESÍDUOS E ÁGUAS RESIDUAIS

A dissociação entre produção de resíduos e o PIB é essencial para garantir o uso sustentável dos recursos, com os consequentes benefícios climáticos. A prevenção, a reciclagem e outras formas de valorização concorrem para a substituição de atividades mais intensivas em carbono (materiais e/ou energia) evitando emissões, pelo que uma abordagem holística para a gestão de resíduos terá consequências muito positivas no balanço global de emissões noutros sectores: energia, agricultura, floresta, transportes e indústria.

No contexto nacional, o recente Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR), com versão em consulta pública datada de Maio de 2011, apresenta-se como um documento estratégico, que visa orientar a política de gestão de resíduos para os próximos anos e informar o desenvolvimento de planos sectoriais específicos e necessariamente mais aprofundados (PERSU II, PESGRI, [...]). O PNGR apresenta uma visão inequívoca relativamente à gestão de resíduos: «Promover uma gestão de resíduos integrada no ciclo de vida dos produtos, centrada numa economia tendencialmente circular e que garanta uma maior eficiência na utilização dos recursos naturais».

O Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 da Comissão Europeia apresenta os níveis de redução de emissões de gases com efeito de estufa a longo prazo na EU-27. Globalmente os objectivos de redução (crescentes) situam-se nos -7% (2005); -40%|-44% (2030) e -79%|-82% em 2050. A categoria Other non-CO₂

emissions, na qual se inclui o sector dos resíduos, tem no entanto objetivos bastante diferenciados (-30% em 2005; -72%|-73% em 2030 e -70%|-78% em 2050) e que vinculam um esforço de redução desigual ao longo das próximas décadas (os sectores non-CO2 têm uma larga maioria do esforço de redução até 2030).

Portugal, pelo atual distanciamento do contexto Europeu, terá necessariamente que, no desenvolvimento de opções de política sectorial, aprofundar a análise sobre opções e tecnologias (de baixo carbono), custos, trade-offs, e incertezas.

Os trabalhos do RNBC para o setor dos Resíduos pretendem quantificar, para os cenários socioeconómicos Baixo e Alto, o benefício (potencial de redução de emissões de gases com efeito de estufa) subjacente a alteração de paradigma dos modelos de gestão de resíduos baseados em soluções de destino final para modelos de gestão orientados para a prevenção e valorização.

Atualmente, duas perspetivas sobre as emissões associadas à gestão de resíduos começam a cruzar-se: a abordagem sectorial e a abordagem do ciclo de vida. Se a primeira é hoje essencial para monitorizar emissões e responder aos compromissos internacionais (e.g. Protocolo de Quioto), começa a tornar-se evidente que a segunda é a abordagem preferencial para a avaliação de políticas de gestão de resíduos no médio e longo prazo, e numa perspetiva integrada.

6.4.1. Níveis de actividade

O Quadro 30 e a Figura 49 apresentam os cenários de produção e gestão de resíduos urbanos. Em 2050, estima-se uma produção de RU entre 4 Mt | 4,5 Mt (cenário Baixo | Alto). Estes cenários consideram um trade-off significativo, quer com o sector da energia (valorização energética de RU/CDR), quer com a indústria (valorização material).

Após 2030, com o fim da deposição directa em aterro, as opções de valorização (energética, orgânica e multimaterial) terão um incremento significativo (no período de transição, 2030, a valorização energética terá um papel relevante na transferência de capacidade de tratamento).

Até 2050 considera-se um aumento gradual da recolha selectiva (RSM e RS RUB) que representará 217 kg per capita | 271 kg per capita (cenário Baixo | Alto). De salientar que em 2009 a recolha selectiva atingiu, em Portugal, 101 kg per capita, enquanto a média na EU 27 ultrapassou os 200 kg per capita.

A Figura 50 apresenta o balanço de gestão de RU. Este balanço quantifica, para ambos os cenários e no horizonte 2020-2050, as opções de gestão, os tratamentos com impacto nas emissões de gases com efeito de estufa associados e os subprodutos (outputs) decorrentes das opções de gestão.

Ao cenário de gestão, que tem como grandes opções a deposição no solo (DEP DIR), a recolha seletiva (RSM e RS RUB), o tratamento mecânico e biológico (TMB) e a valorização energética (VAL ENE), estão associados tratamentos biológicos (CC e DA) de duas origens (recolha selectiva e indiferenciada), e são gerados três grandes subprodutos: os recicláveis – REC (com origem na recolha selectiva, TMB e valorização energética), os CDR (com origem na recolha selectiva e no TMB) e o Composto – COMP (com origem em RSU e RUB).

QUADRO 30 - Cenários de produção e gestão de RU

	2005	2010		2020		2030		2040		2050	
		CB	CA								
Produção RU (kt)	4.766	5.369	5.352	4.863	4.593	4.372	4.246	4.117	4.364	4.047	4.525
per capita (kg)	457	509	507	460	422	422	378	410	378	425	385
DEP DIR (kt)	2.838	3.180	3.141	1.118	785	519	216	0	0	0	0
%	60%	59%	59%	23%	17%	12%	5%	0%	0%	0%	0%
RSM (kt)	-	481	481	924	873	1.093	1.274	1.235	1.527	1.457	1.901
%	-	9%	9%	19%	19%	25%	30%	30%	35%	36%	42%
RS RUB (kt)	-	109	109	438	413	503	488	618	655	607	679
%	-	2%	2%	9%	9%	12%	12%	15%	15%	15%	15%
TMB (kt)	-	527	527	1.313	1.240	1.180	1.146	1.029	1.091	607	905
%	-	10%	10%	27%	27%	27%	27%	25%	25%	15%	20%
VAL ENE (kt)	-	1.072	1.094	1.070	1.282	1.077	1.121	1.235	1.091	1.376	1.041
%	-	20%	20%	22%	28%	25%	26%	30%	25%	34%	23%

DEP DIR – Deposição Direta em Aterro | RSM – Recolha Selectiva de Materiais | RS RUB – Recolha Selectiva de Orgânicos TMB – Tratamento Mecânico e Biológico | VAL ENE – Valorização Energética

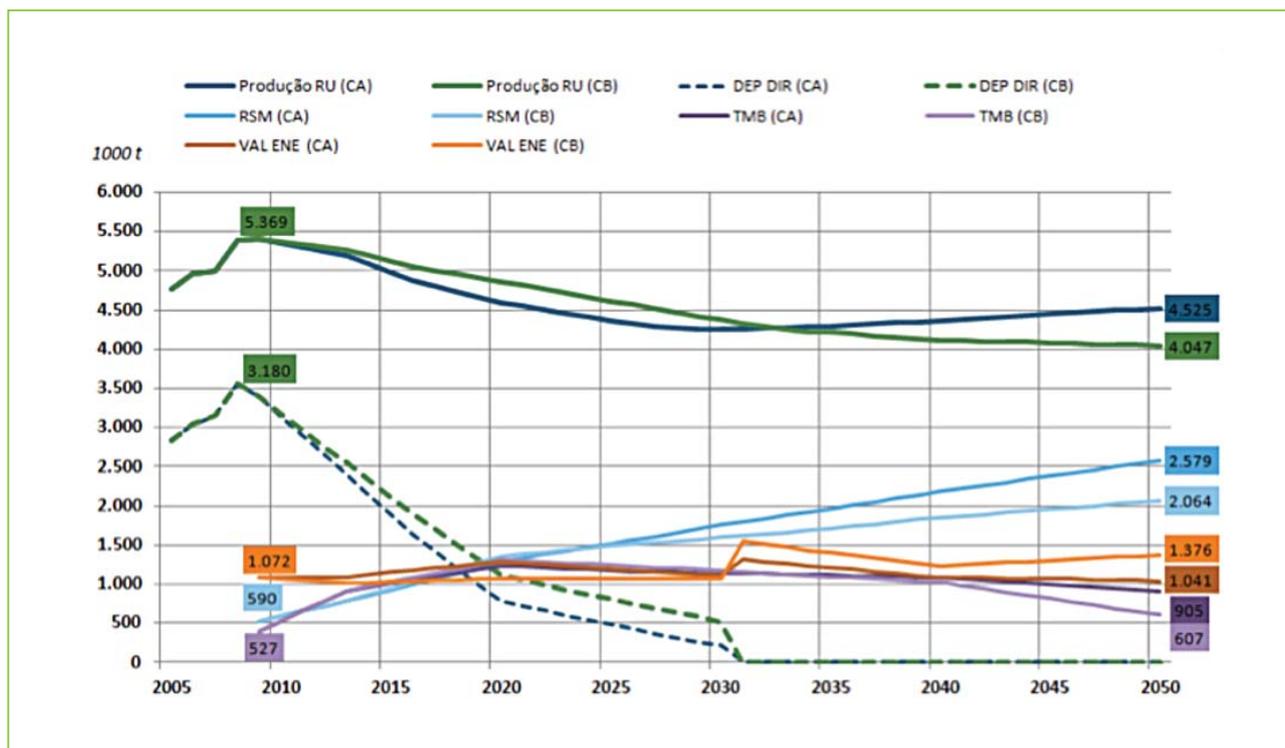
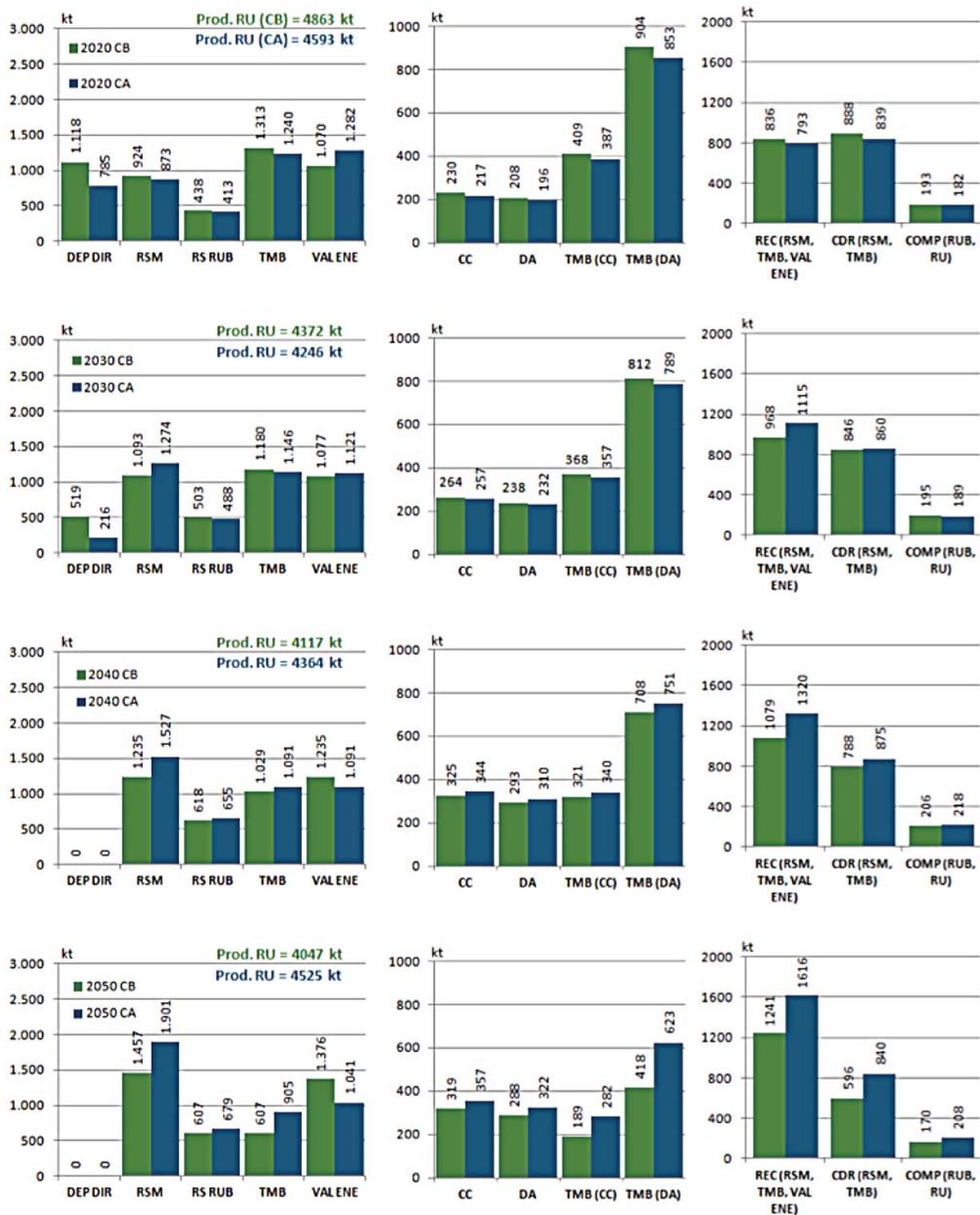


FIGURA 49 - Cenários de produção e gestão de RSU



Opções de Gestão: DEP DIR – Deposição Directa em Aterro | RSM – Recolha Selectiva de Materiais | RS RUB – Recolha Selectiva de Orgânicos | TMB – Tratamento Mecânico e Biológico | VAL ENE – Valorização Energética
Outros tratamentos associados à RSM, RS RUB e TMB: CC – Compostagem | DA – Digestão Anaeróbia
Subprodutos (trade-offs) do setor: REC – Recicláveis | CDR – Combustível Derivado de Resíduo | COMP – Composto

FIGURA 50 - Balanço de Gestão de RU (2020-2050)

RESÍDUOS INDUSTRIAIS

A Figura 51 apresenta o cenário de produção de resíduos industriais (RI). Estima-se uma produção de RI entre 25 Mt | 39 Mt (cenário Baixo | Alto), dos quais cerca de 2% são tipologias correspondentes a resíduos orgânicos que terão a deposição como destino final.

Os valores foram projetados com base na evolução dos VAB da indústria, e aferidos por limiares mínimos (Cenário Baixo: 100 kg/10³€) e máximos (Cenário Alto: 80 kg/10³€) de produção resíduos por unidade de PIB.

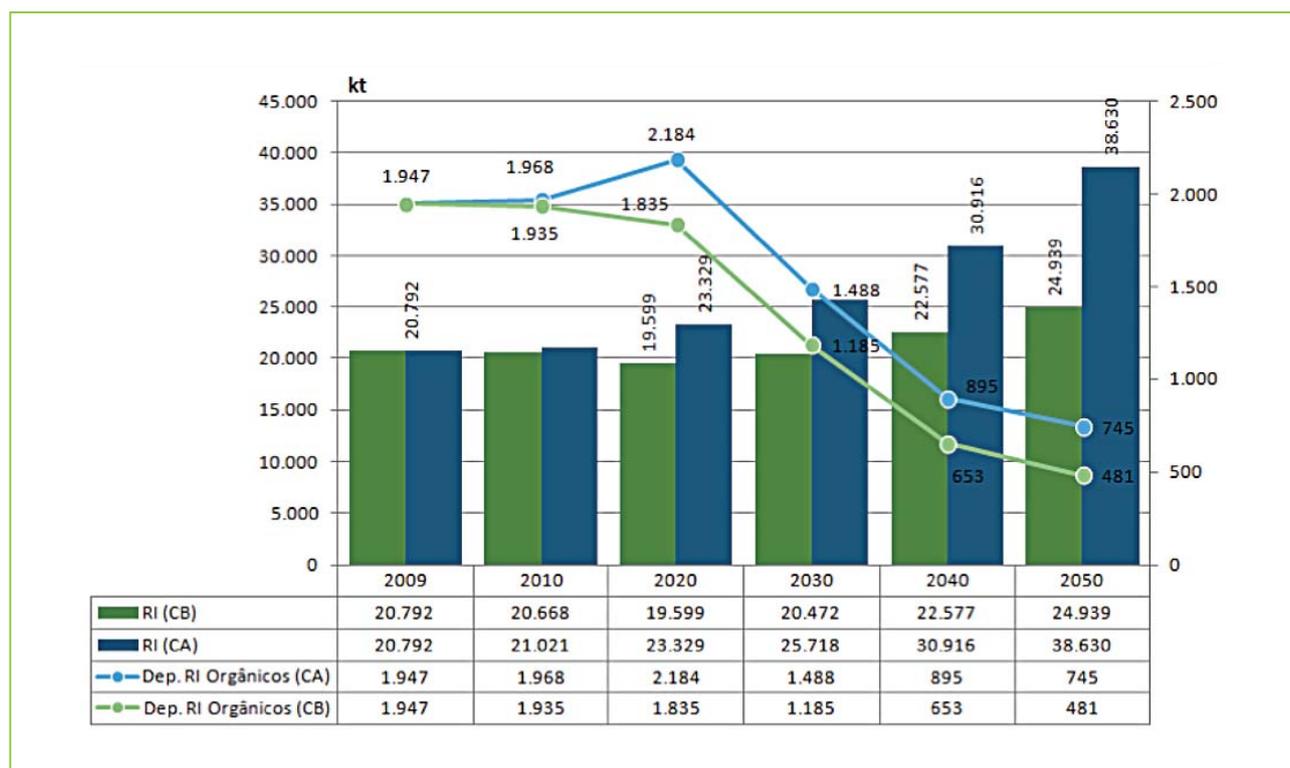


FIGURA 51 - Resíduos Industriais (RI): Níveis de atividade

ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS

O Quadro 31 e a Figura 52 apresentam os cenários de produção de águas residuais domésticas, expresso em termos de carga orgânica (t CBO5). Os cenários diferem fundamentalmente nos quantitativos de carga orgânica a tratar. A repartição por tipologias de gestão/tratamento foi definida com base no quadro de informação, relativa a 2009, do INSAAR (Inventário Nacional de Abastecimento de Água e Tratamento de Águas Residuais), e parte do pressuposto do aumento generalizado dos tratamentos secundários e terciários, que implicarão uma transferência de carga da fase líquida para lamas, induzindo um maior potencial de emissões de GEE (tratamentos anaeróbios).

QUADRO 31 - Águas Residuais Domésticas: Níveis de atividade

tCB05	2005	2010	2020		2030		2040		2050	
			CB	CA	CB	CA	CB	CA	CB	CA
S/ Drenagem	62 815	42 189	18 515	19 074	18 166	19 680	17 593	20 228	16 684	20 593
C/ Drenagem (descarga s/ tratamento)	17 131	12 701	4 629	4 768	4 542	4 920	4 398	5 057	4 171	5 148
Fossas sépticas coletivas	11 421	6 942	6 942	6 942	6 942	6 942	6 942	6 942	6 942	6 942
Tratamentos primários	16 446	20 116	14 623	14 972	14 623	14 972	14 623	14 972	14 623	14 972
Tratamentos secundários/terciários	75 334	107 908	125 796	129 935	121 086	133 281	114 642	137 263	104 405	138 607
Tratamento Lamas	45 270	41 318	60 932	62 732	61 720	66 209	61 720	68 383	61 720	71 155
Total	228 417	231 173	231 436	238 423	227 079	246 005	219 918	252 845	208 544	257 418

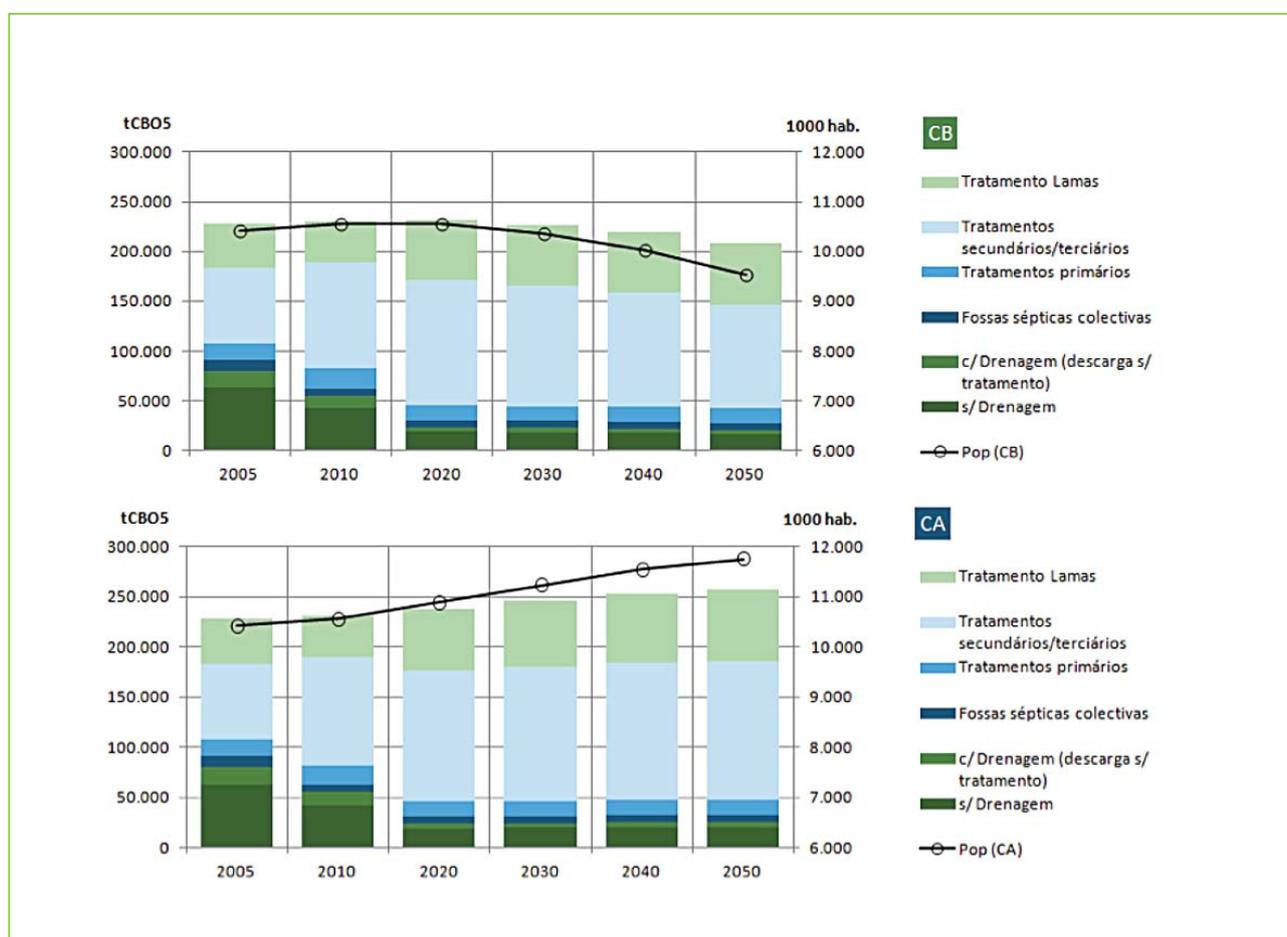


FIGURA 52 - Águas Residuais Domésticas: Níveis de atividade

ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS

A Figura 53 apresenta os cenários de produção de águas residuais industriais, expresso em termos de carga química (t CQO) e equivalentes populacionais (hab-eq), e que se referem aos seguintes sectores:

- i. alimentação e bebidas,

- ii. têxtil,
- iii. peles e curtumes,
- iv. madeira e derivados,
- v. indústria química, e
- vi. refinarias e petroquímica.

Estima-se uma produção de águas residuais industriais, expressa em equivalentes populacionais, entre 34 milhões | 51 milhões (cenário Baixo | Alto).

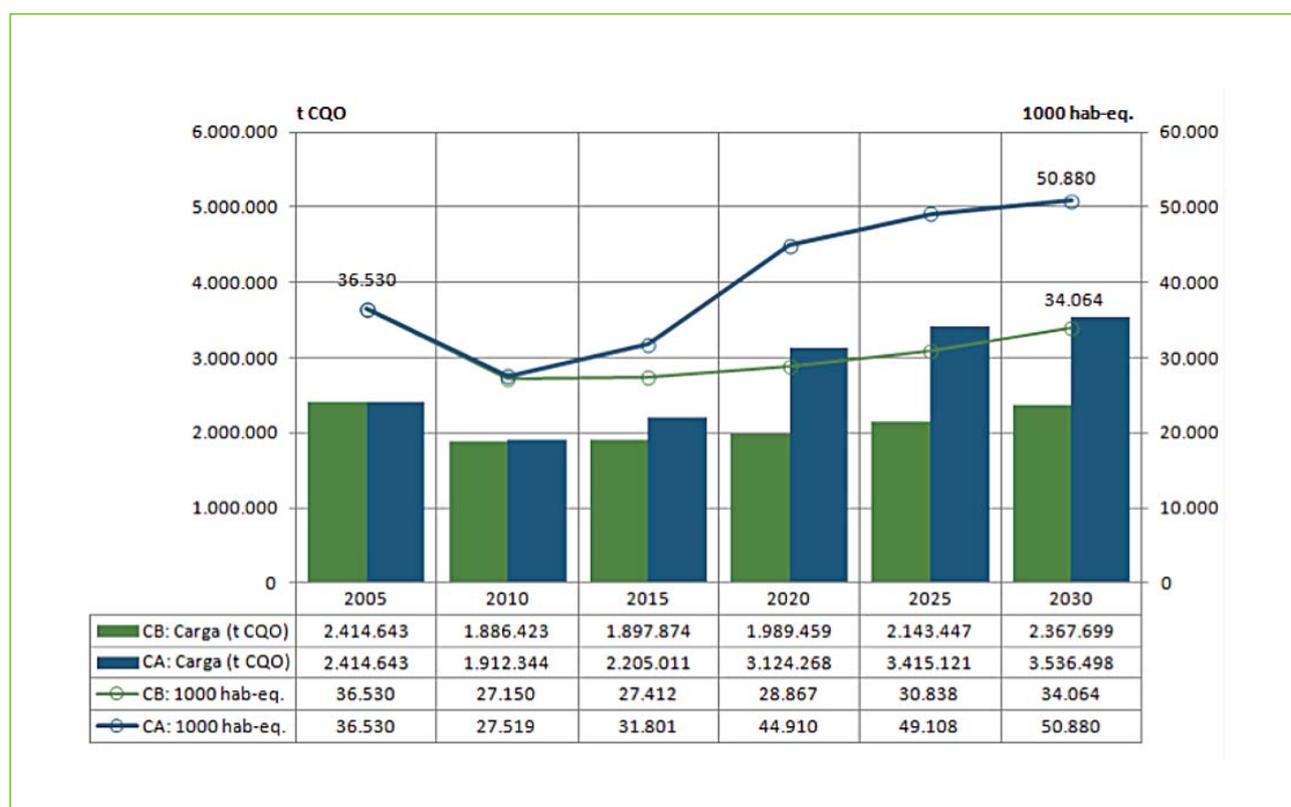


FIGURA 53 - Águas Residuais Industriais: Níveis de atividade

6.4.2. Emissões do setor

Globalmente, e face a 1990, a redução de emissões de gases com efeito de estufa no setor situa-se entre -53% | -39% (cenário Baixo | Alto) em 2050. Comparativamente a 2005, esta redução situa-se entre -64% | -54% (cenário Baixo | Alto) em 2050.

Uma parte significativa das reduções irá ocorrer até 2030, com reduções entre os -41% | -32% face a 1990 (cenários Baixo | Alto), como ilustrado na Figura 54 e na Figura 55. Comparativamente a 2005, a redução situa-se entre -55% | -48% face a 2005.

QUADRO 32 - Evolução das emissões no sector resíduos

Trajetórias baixo carbon	2020	2030	2040	2050
Sector residuos e águas residuais	-7% -7%	-22% -12%	-37% -18%	-37% -20%

Valores cenário Baixo | cenário Alto

A menor redução de emissões no cenário Alto evidencia o crescimento demográfico e económico muito substancial implícito neste cenário, em particular após 2030. Não obstante, trata-se de um cenário de maior eficiência, traduzida na comparação das emissões implícitas.

Em 2050, estima-se uma emissão específica no subsector resíduos de 37 kg CO₂e/t | 29 kg CO₂e/t (cenário Baixo | Alto). No subsector das águas residuais, e também para 2050, a emissão específica ronda 39,5 g CO₂e/hab-eq. | 39,3 g CO₂e/hab-eq (cenário Baixo | Alto).

A maior redução está associada ao subsector dos resíduos (RU e RI), que atinge os -78% | -75% face a 2005 (cenário Baixo | Alto) (acima dos 90% no caso dos RU). Comparativamente a 1990, a redução situa-se entre -66% | -61% (cenário Baixo | Alto) em 2050. A este potencial de redução significativo estão associados diversos factores:

- i. Desde logo trata-se do subsector com maior peso nas emissões de gases com efeito de estufa (representou 68% do total de emissões do sector dos resíduos e 4,3% do inventário nacional de GEE);
- ii. Trata-se do subsector onde a capacidade de actuar na área da mitigação é maior (são exemplo as Directiva Aterro e a Directiva Embalagens enquanto políticas de mitigação actualmente em implementação);
- iii. Verifica-se uma redução significativa (e no caso dos RU, a interdição) da deposição em aterro;
- iv. Verifica-se uma crescente capacidade para captura e queima do biogás (em 2030 estima-se que o potencial de redução atinja os 64%).

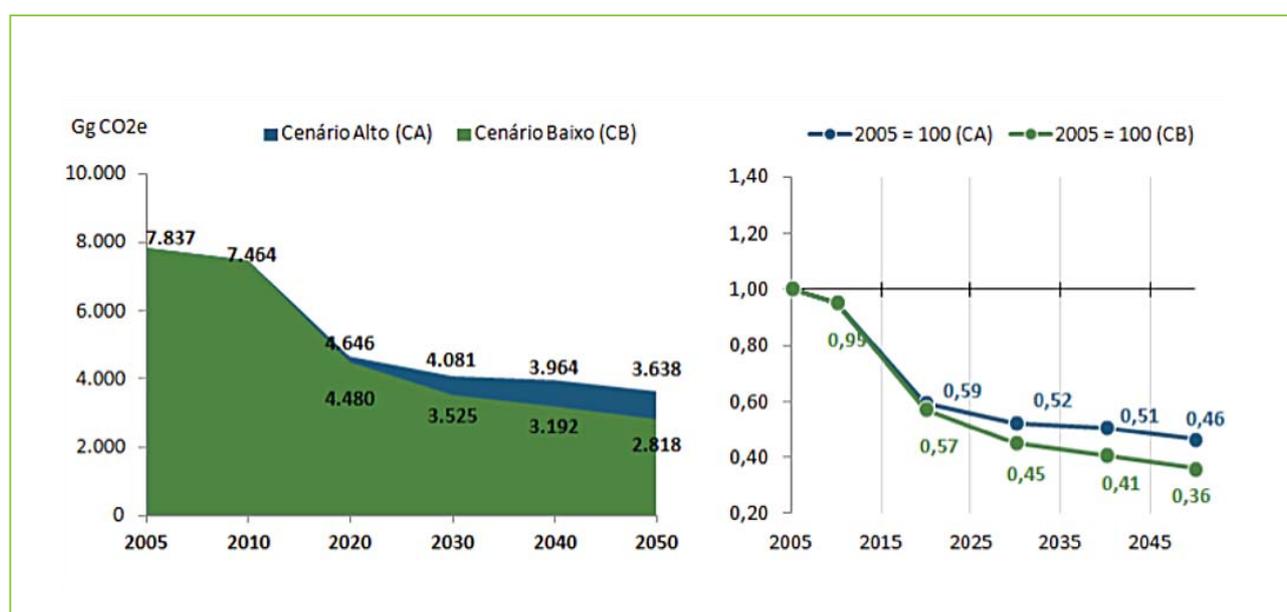


FIGURA 54 - Sector dos Resíduos: Emissões de GEE

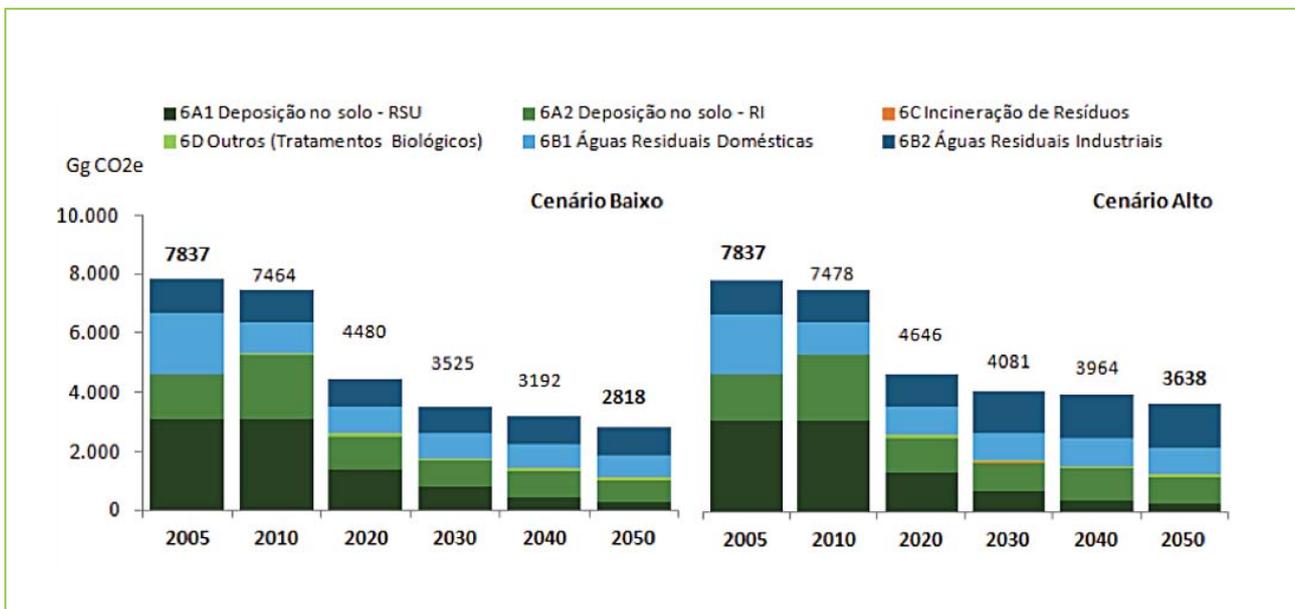


FIGURA 55 - Sector dos Resíduos: Emissões GEE por subsector

EMISSÕES PRÉ-2005

Pela natureza das emissões associadas à deposição no solo (metano como principal constituinte do biogás cuja produção e emissão é diferida no tempo) foi avaliada a representatividade das emissões associadas a quantitativos depositados antes do horizonte temporal em análise (emissões pré-2005).

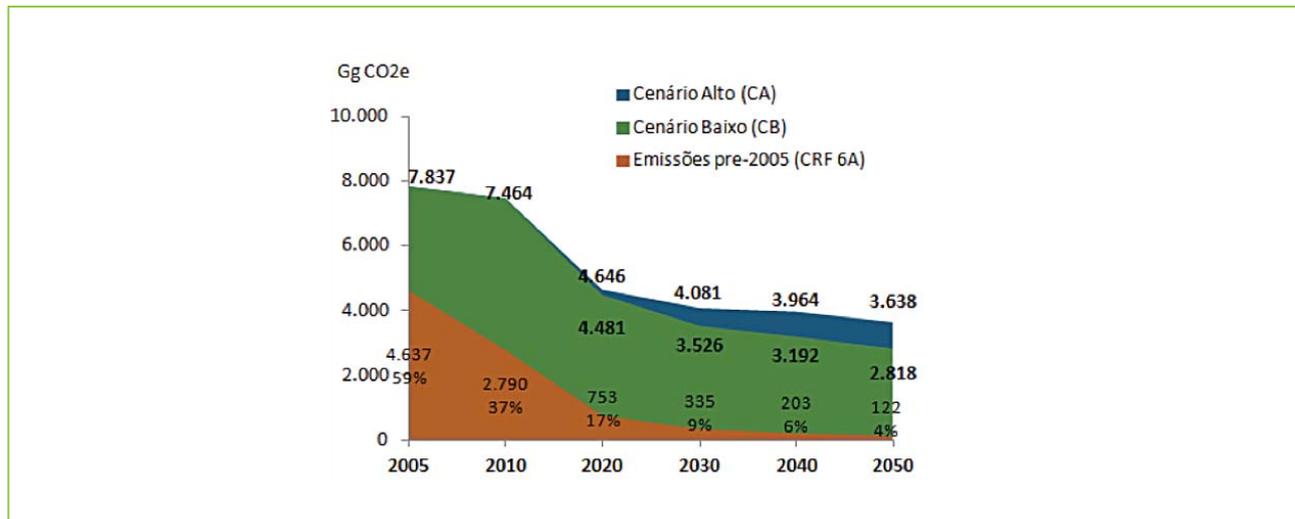


FIGURA 56 - Contribuição das emissões pré-2005

A Figura 56 apresenta a estimativa da contribuição das emissões associadas à deposição no solo (CRF 6A), anterior a 2005, para as emissões totais do sector dos resíduos (CRF 6). Em 2020, o peso destas emissões é estimado em cerca de 17%, decrescendo gradualmente até aos 4% em 2050.

TRADE-OFF DO SECTOR

Os cenários de desenvolvimento do sector e a metodologia empregue (abordagem sectorial) implicarão um trade-off de emissões significativo (entre 1,0 e 1,14 Mt CO₂e) associado à valorização energética de RSU e CDR. Deve ser tido em conta que, no sentido inverso, outras transferências ocorrerão com impacto positivo noutros sectores (e.g. materiais e composto) cuja quantificação só será possível por via de uma abordagem de ciclo de vida.

CONTRIBUIÇÃO DE SUBSETORES

A Figura 57 apresenta a evolução (2010-20-50), para ambos os cenários, da repartição das emissões entre subsectores. Entre 2010 e 2050 estima-se uma alteração significativa da contribuição dos vários subsectores. Apesar das emissões associadas à valorização energética não estarem incluídas no reporte para inventário nacional, no sector dos resíduos, a Figura 57 apresenta a sua agregação com a incineração (sem aproveitamento energético) possibilitando uma análise de forma mais abrangente de todas as implicações sectoriais (quadrante 6C/1A1). Globalmente as emissões associadas deposição de resíduos (6A1 e 6A2), onde ocorrerão reduções mais significativas, perderão peso para a valorização energética (6C/1A1) e para a gestão das águas residuais (6B1 e 6B2).

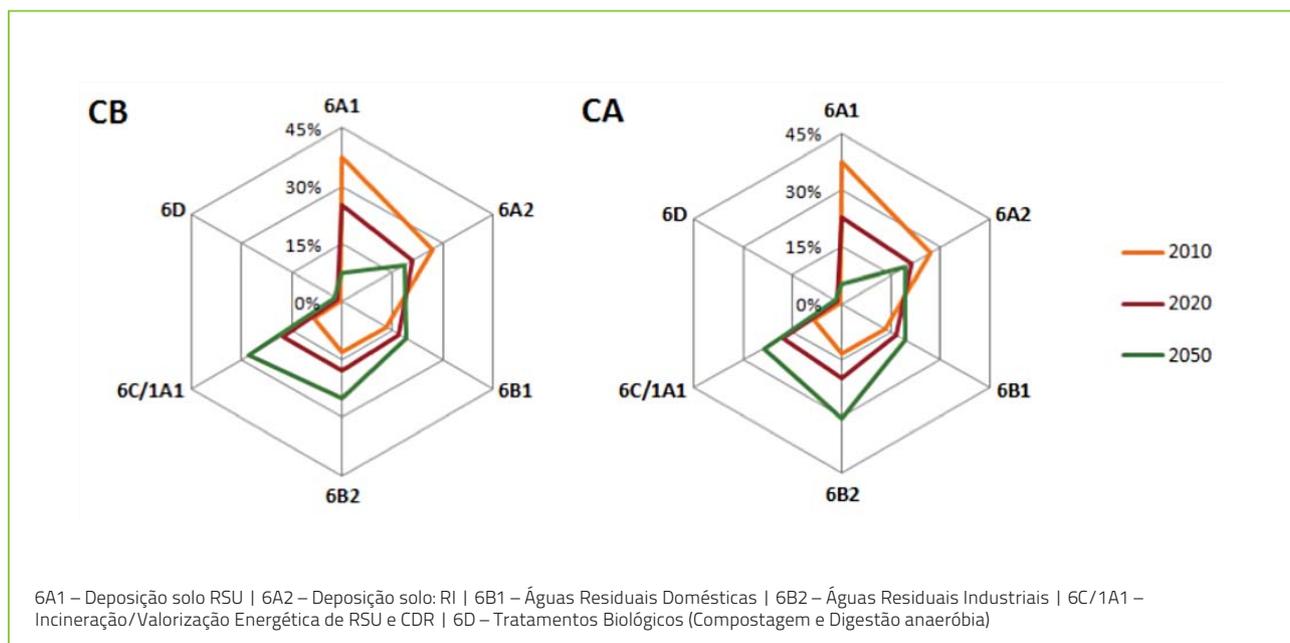
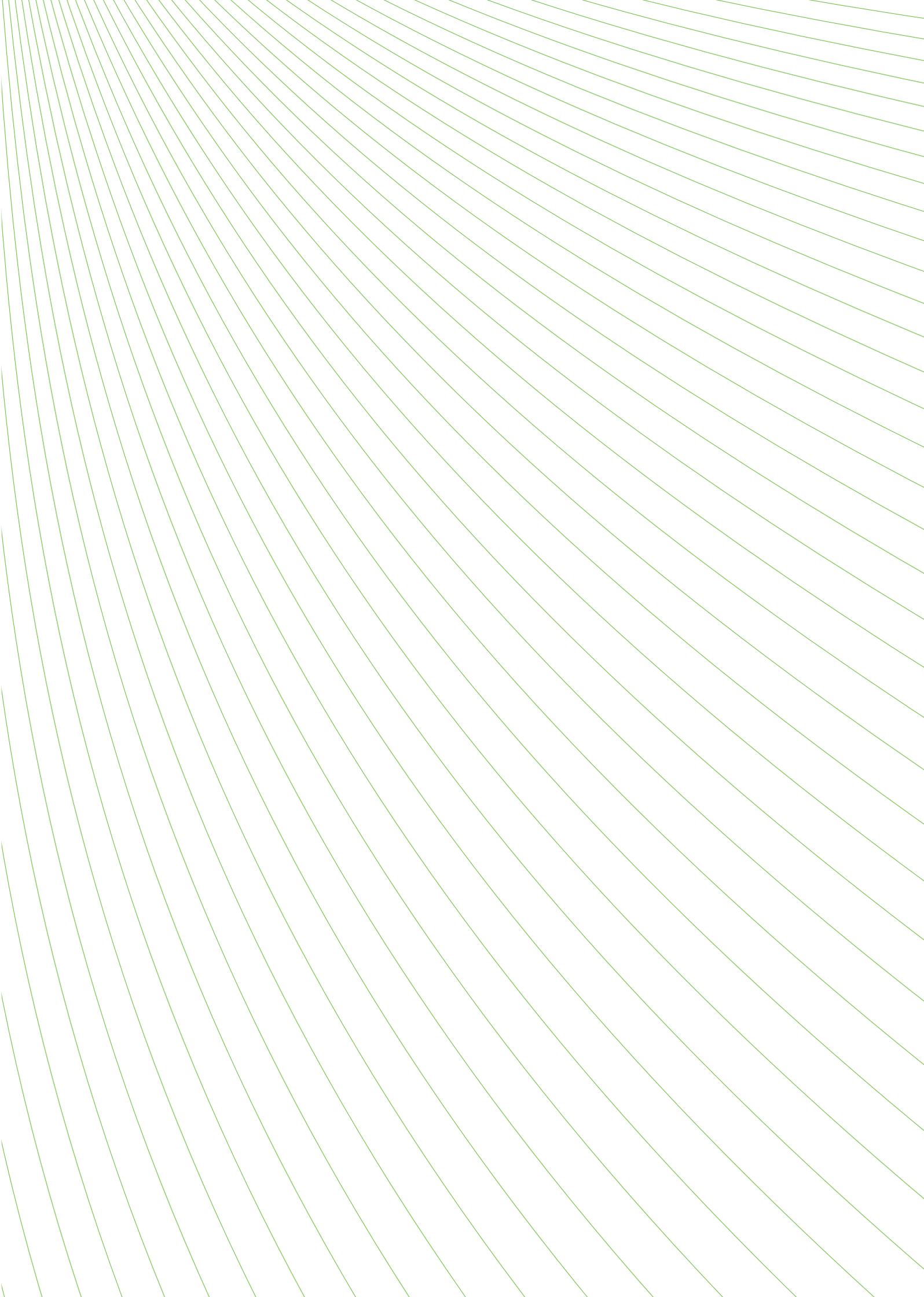


FIGURA 57 – Contribuição (2010-2050) dos subsectores para as emissões de GEE



7. CONCLUSÕES

O RNBC expõe uma série de elementos importantes a ter em conta no planeamento das acções de Portugal destinadas a fazer face às alterações climáticas, apontando orientações estratégicas para que, em 2050, Portugal tenha uma economia simultaneamente de baixo carbono e competitiva. Esta transição para uma economia de baixo carbono e competitiva implica necessariamente a mobilização de investimentos significativos em todos os sectores da economia e em particular nos sectores energético, dos transportes e industrial. Implica adicionalmente uma maior atenção às políticas de eficiência energética e de gestão eficiente de recursos.

O Roteiro vem afirmar a viabilidade técnica e económica das reduções globais de emissões entre 50% e 60% (considerando restrições de 60-70% no sector energético) face às emissões registadas em 1990. Estes valores estão em linha com os objectivos europeus e com a convergência a longo prazo das emissões per capita a nível global, em torno das 2 toneladas de CO₂e/hab.

Consequentemente, Portugal deve pugnar pela prossecução desse objetivo político de longo prazo, alinhado com as orientações políticas a nível da União Europeia e em coerência com as linhas de atuação da comunidade internacional em matéria de alterações climáticas, oferecendo ainda condições e estabilidade no mercado para investimentos de baixo carbono.

De acordo com o RNBC, a definição de trajetórias de baixo carbono para Portugal tem as seguintes vantagens:

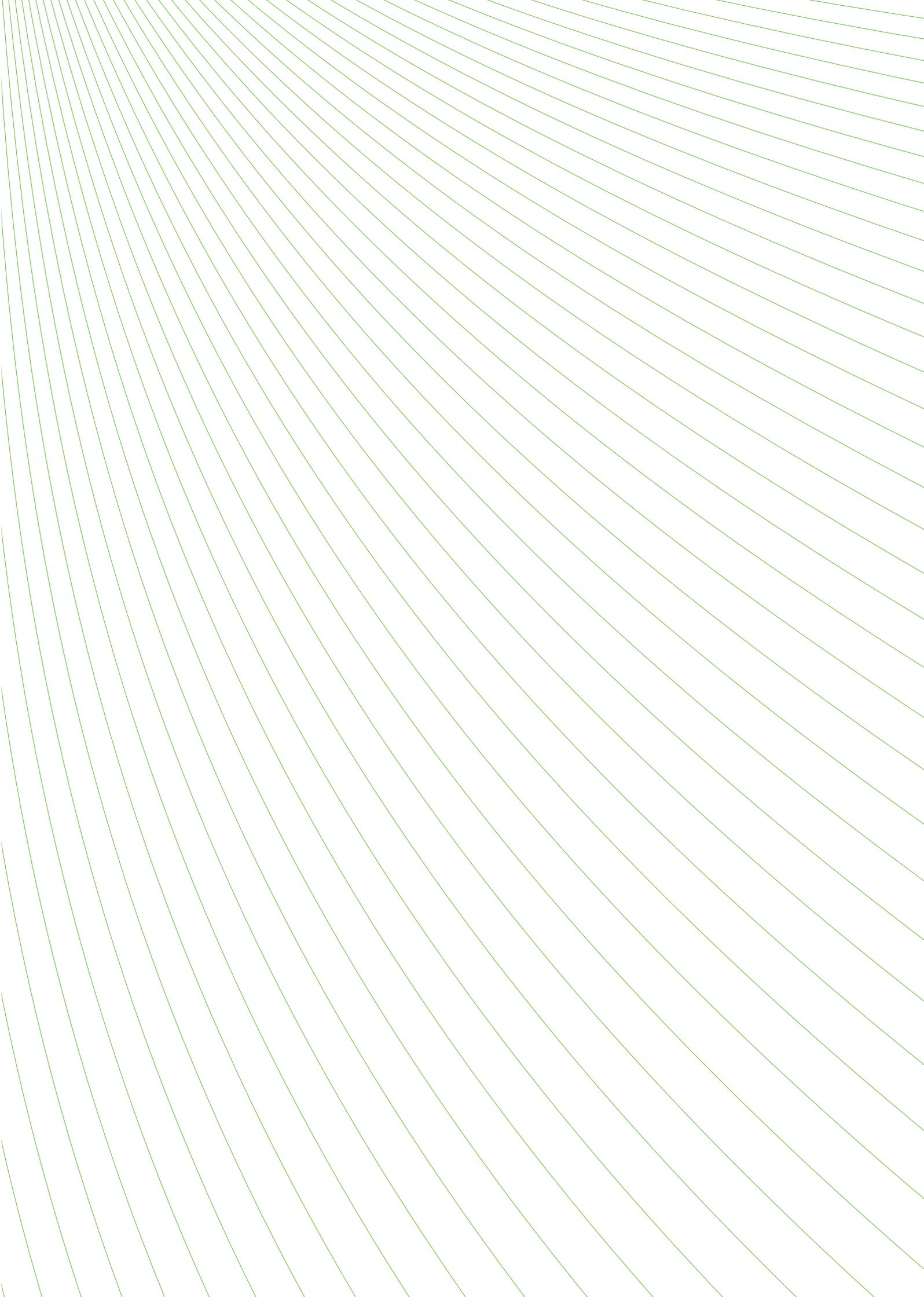
- i. reduzem substancialmente a dependência energética do país (para cerca de 50%) e contribuem, por essa via e de forma significativa, para a redução dos desequilíbrios da balança comercial portuguesa e para a diversificação das fontes de energia;
- ii. reduzem a imprevisibilidade dos custos para a economia resultantes do aumento previsível dos custos de energia associados aos combustíveis fósseis;
- iii. estão em consonância com as tendências políticas na definição das políticas comuns de agricultura e energia e em conformidade com a linha política europeia reforçando o papel de liderança da Europa no combate às alterações climáticas;
- iv. asseguram uma perspetiva de mais longo prazo para orientação das políticas setoriais, em particular no setor da energia, desse modo também criando condições e estabilidade no mercado para investimentos de baixo carbono;
- v. promovem a investigação, o desenvolvimento e a demonstração em recursos e tecnologias renováveis em que vários grupos de investigação e empresariais investiram nos últimos anos;
- vi. a ausência de trajetória poderá aumentar o risco de serem perpetuados investimentos em tecnologias intensivas em carbono comprometendo reduções de emissões a médio-longo prazo;
- vii. contribuem para a melhoria de qualidade do ar, sobretudo nas cidades, com impactes positivos na saúde pública¹³. A redução do custo de dano associado à redução de emissões acidificantes (SO₂ e NO_x) foi estimado entre 195-242 M€ em 2050.

¹³ A redução do custo de dano associado à redução de emissões acidificantes (SO₂ e NO_x) foi estimado entre 195-242 M€ em 2050

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Félix Ribeiro, J., Manzoni, A., Andrade, L., Garcia, M., (2010). A Competitividade da Economia Portuguesa e os Acessos aos Mercados Internacionais. Departamento de Prospectiva e Planeamento e Relações Internacionais do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional e Associação Nacional de Empreiteiros de Obras Públicas.
- [2] Seixas, J., Simões, S., Fortes, P., Dias, L., Gouveia, J., Alves, B., Maurício, B. (2010). Novas Tecnologias Energéticas: RoadMap Portugal 2050 - Análise das novas tecnologias energéticas nacionais e cenarização do seu impacto no sistema energético nacional - D3: Análise da Competitividade das Novas Tecnologias Energéticas, Fundo Português de Inovação, Ministério da Economia, Dezembro de 2010. Disponível em: http://climate.cense.fct.unl.pt/docs/DL3_Report_6DEZ.pdf
- [3] Seixas, J., Simões, S., Cleto, J., Fortes, P., Barroso, E., Alves, B., Dinis, R., Pisco, P., Faria, P., Finote, S. (2008). Relatório Final: Portugal Clima 2020 - Avaliação do Impacto da Proposta Energia-Clima da Comissão Europeia para Portugal. Estudo para o Comité Executivo - Comissão para as Alterações Climáticas e Agência Portuguesa para o Ambiente. E-value, SA e FCT-UNL. Novembro 2008. Lisboa.
- [4] Fiorello, D., De Stasio, C., Koehler, J., Kraft, M., Newton, S., Purwanto, J., (2009). The iTREN-2030 reference scenario until 2030: Deliverable 4 of iTREN-2030. Milan, Italy: Project co-funded by European Commission 6th RTD Programm.
- [5] Tetraplan A/S (2009). Report on Transport Scenarios with a 20 and 40 Year Horizon. Final Report. Março 2009. Disponível em: http://ec.europa.eu/transport/strategies/studies/doc/future_of_transport/2009_02_transvisions_report.pdf TRANSvisions.
- [6] Loulou, R., Remme, U., Kanudia, A., Lehtila, A., Goldstein, G., (2005). Documentation for the TIMES model-PART I. Energy Technology Systems Analysis Programme. Disponível em: www.etsap.org/tools.htm
- [7] Loulou, R., Remme, U., Kanudia, A., Lehtila, A., Goldstein, G., (2005). Documentation for the TIMES model-PART II. Energy Technology Systems Analysis Programme. Disponível em www.etsap.org/tools.htm
- [8] IEA, (2011). World Energy Outlook 2011. International Energy Agency. Paris
- [9] CE, (2011). Impact Assessment. Accompanying document to the Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. SEC(2011) 288 final. Bruxelas. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SEC:2011:0288:FIN:EN:PDF>
- [10] E3MLab. 2008. Interim Report on Modelling Technology - The PRIMES Model. European Consortium for Modelling of Air Pollution and Climate Strategies - EC4MACS. Task 5: Energy Scenarios. Prepared by: E3MLab. National Technical University of Athens (NTUA). July 2008. Disponível em: http://www.ec4macs.eu/home/reports/Interim%20Methodology%20Reports/6_PRIMES_MR.pdf

- [11] ADENE e INETI (2001). Fórum energias renováveis – Relatório Síntese. Agência para a Energia. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação Lisboa, Novembro 2001
- [12] INE, I.P. e DGEG (2011). Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010. Instituto Nacional de Estatística. Direcção Geral de Energia e Geologia. Lisboa, Portugal
- [13] CE, 211. Roteiro de transição para uma economia hipocarbónica competitiva em 2050 Impact Assessment A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. SEC(2011) 287 final, SEC(2011) 288 final e SEC(2011) 289 final. Bruxelas. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:PT:PDF>
- [14] CE, 2012. Analysis of options beyond 20% GHG emission reductions: Member State results. Commission Staff Working Paper. SWD(2012) 5 final. Disponível em: http://ec.europa.eu/clima/policies/package/docs/swd_2012_5_en.pdf
- [15] G.J. Dalton, T. Lewis,(2011) Metrics for measuring job creation by renewable energy technologies, using Ireland as a case study, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 15, Issue 4, May 2011, Pages 2123-2133, ISSN 1364-0321, 10.1016/j.rser.2011.01.015
- [16] Max Wei, Shana Patadia, Daniel M. Kammen, (2010) Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US?, Energy Policy, Volume 38, Issue 2, February 2010, Pages 919-931, ISSN 0301-4215, 10.1016/j.enpol.2009.10.044
- [17] APA (2011), Portuguese Informative Inventory Report, 1990-2009, Submitted under the UNECE Convention on Long- Range Transboundary Air Pollution, Agência Portuguesa para o Ambiente, Amadora, March 2011
- [18] E.value (2010), PTEN2020 – Emissões de Gases Acidificantes e Partículas em 2000-2020, Revisão do Protocolo de Gotemburgo da CPATLD e da Directiva Tectos de Emissão Nacionais. Trabalho desenvolvido para Agência Portuguesa para o Ambiente
- [19] AEA Technology (2005) Damages per tonne emission of PM_{2.5}, NH₃, SO₂, NO_x and VOCs from each EU25 Member State (excluding Cyprus) and surrounding seas, for Service Contract for carrying out cost-benefit analysis of air quality related issues, in particular in the Clean Air for Europe (CAFE) Programme October 2005 Brussels: European Commission, DG Environment. Disponível em: (www.cafe-cba.org/assets/marginal_damage_03-05.pdf) [Acedido em Dezembro de 2011].



TÍTULO

ROTEIRO NACIONAL DE BAIXO CARBONO
ANÁLISE TÉCNICA DAS OPÇÕES DE TRANSIÇÃO
PARA UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO COMPETITIVA EM 2050

AUTOR

Agência Portuguesa do Ambiente
Comité Executivo da Comissão para as Alterações Climáticas

EDITOR

Agência Portuguesa do Ambiente

DATA DE EDIÇÃO

Mai de 2012

LOCAL DE EDIÇÃO

Amadora

