

# Limites Ecológicos

# O Impacte

# Intergeneracional

# do Uso de

# Recursos Naturais

**Tiago Domingos e Ricardo da Silva Vieira**



FUTUREFORUM

## **Equipa**

### **IST - Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa**

Representado pela ADIST - Associação para o Desenvolvimento do IST

### **Coordenação**

Tiago Domingos (coordenação e revisão)

Ricardo da Silva Vieira (coordenação, identificação de hipóteses explicativas, análise Intergeracional, redação do documento)

### **Equipa Técnica**

Tânia Sousa e Laura Felício (alterações climáticas - energia, poluição atmosférica, produção e tratamento de resíduos)

Ricardo Teixeira e Tiago Morais (alterações climáticas - agricultura, pressão sobre os ecossistemas, poluição da água, consumo de água doce)

João Santos (questões económicas: PIB e relação entre PIB e energia)

### **Contribuições adicionais**

Carlos Teixeira; Oriana Lopes Rodrigues; Marta Líbano Monteiro.

### **Conselheiros Científicos**

Daniel O'Neill (University of Leeds)

Tiago Ribeiro (Atthis Consulting)

S. Marta Almeida

Paulo Canaveira

### **Este trabalho deverá ser citado como:**

da Silva Vieira, R., Domingos, T. (coords.), Sousa, T., Teixeira, R., Felício, L., Morais, T., O'Neill, D., Ribeiro, T., Santos, J., Teixeira, C., Lopes Rodrigues, O., Líbano Monteiro, M., Almeida, M., Canaveira, P., 2021. Limites Ecológicos: O Impacte Intergeracional do Uso de Recursos Naturais. Relatório Final. Fundação Calouste Gulbenkian e Associação para o Desenvolvimento do Instituto Superior Técnico, Lisboa.

### **Agradecimentos**

Os autores gostariam de agradecer a Marcos Mateus, Ana Oliveira, Lucian Simionesei e Tiago Ramos do Instituto Superior Técnico, e Rui Mota da Universidade Nova de Lisboa pelas discussões sobre o estudo.

Estudo encomendado pela Fundação Calouste Gulbenkian.

As conclusões expressas no estudo são da exclusiva responsabilidade dos autores e não vinculam a Fundação Calouste Gulbenkian.

**Setembro, 2021**

# PREFÁCIO

---

A Fundação Gulbenkian, através do Fórum Futuro, procura contribuir para a identificação, estudo e discussão dos desafios fundamentais do futuro na sociedade. Pretendemos promover massa crítica sobre esses temas e levar a pensar as políticas públicas de hoje com base nos desafios do futuro.

É com estes objetivos em mente que está a levar a cabo uma iniciativa que pretende introduzir o tema da Justiça Intergeracional na discussão pública e incentivar os diferentes agentes públicos a atender ao impacto Intergeracional das políticas públicas.

São objetivos complexos e ambiciosos: por um lado, porque o foco está em abranger também os direitos de pessoas que, em muitos casos, ainda nem nasceram e que, por isso, ainda não têm voz no espaço público; por outro lado, porque se tenta, desta forma, contrariar aquilo que o filósofo político espanhol Daniel Innearity designou de curto-termismo na definição das políticas públicas, cujos incentivos são frequentemente dominados pelos interesses de curto-prazo.

Uma das peças chave desta iniciativa passa por um conjunto de estudos, envolvendo diversos investigadores e universidades, que pretendem avaliar o impacto de diferentes políticas públicas através de diferentes gerações. Só desta forma, se avaliam todos os custos e benefícios dessas políticas públicas. Isto é particularmente importante em áreas consideradas estruturais e de impacto a longo prazo na vida das pessoas: habitação, contas públicas, mercado de trabalho e ambiente.

Este estudo em particular - “Limites Ecológicos - O Impacte Intergeracional do Uso de Recursos Naturais” - tem como objetivos calcular o impacto da utilização de recursos naturais pelas diferentes gerações em Portugal, relacionando-o com os limites ecológicos do planeta e identificando o legado (ou encargo) deixado às gerações futuras.

Agradecemos aos autores Tiago Domingos, Ricardo da Silva Vieira e à restante equipa, o trabalho realizado, bem como aos especialistas que contribuíram com os seus comentários e revisões.

Acreditamos que esta Iniciativa da Justiça Intergeracional poderá dar, a par com Projeto Foresight Portugal 2030 e outras iniciativas em preparação, um importante contributo para a reflexão sobre os grandes desafios futuros que o país enfrenta e as opções estratégicas de longo prazo que deve tomar para lhes responder.

**Miguel Poiares Maduro**

Presidente da Comissão Científica do Fórum Futuro

**Luís Lobo Xavier**

Coordenador do projeto de Justiça Intergeracional



<b>Sumário Executivo</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>20</b>
<b>2. Impacte da utilização de recursos naturais e emissões em Portugal</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1</b> A abordagem dos limites planetários .....	24
<b>2.2</b> Aplicação da abordagem dos limites planetários a Portugal .....	27
<b>2.3</b> Pegadas ambientais para Portugal .....	33
<b>2.4</b> Desempenho Português: Estão as pegadas ambientais dentro dos limites ecológicos? .....	35
<b>3. Hipóteses explicativas para a utilização de recursos naturais e emissões em Portugal</b> ..	<b>53</b>
<b>3.1</b> Abordagem seguida .....	54
<b>3.2</b> Efeito das políticas na utilização de recursos naturais e nas emissões de poluentes .....	55
<b>3.3</b> Mensagens principais .....	86
<b>4. Análise intergeracional</b> .....	<b>90</b>
<b>4.1</b> Abordagem seguida .....	91
<b>4.2</b> Resultados detalhados .....	95
<b>4.3</b> Mensagens principais .....	104
<b>5. Conclusões</b> .....	<b>105</b>
<b>6. Bibliografia</b> .....	<b>108</b>
<b>7. Notas Técnicas</b> .....	<b>112</b>
<b>7.1</b> Nota técnica 1. Estimativa de limites ecológicos e indicadores ambientais .....	113
<b>7.2</b> Nota Técnica 2. Descrição das variáveis explicativas .....	121
<b>7.3</b> Nota Técnica 3. Abordagens de alocação de impactes na análise intergeracional .....	137
<b>Siglas e Abreviaturas</b> .....	<b>140</b>
<b>Índice de Figuras e Tabelas</b> .....	<b>142</b>

# SUMÁRIO EXECUTIVO

---



# 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

---

Os padrões de desenvolvimento humano e as atividades económicas resultaram em desafios de sustentabilidade de escala e urgência sem precedentes, por exemplo, em termos de alterações climáticas e perda de biodiversidade global. Este desenvolvimento preocupante levanta a questão crítica de se as pressões induzidas pelo homem excedem os limites ambientais do planeta Terra. Estão as pressões atuais sobre o sistema terrestre em termos de, por exemplo, níveis de emissões de gases de efeito estufa (GEE), degradação dos ecossistemas ou uso de recursos globais a comprometer a estabilidade do sistema terrestre? Quantos recursos e serviços biofísicos (e problemas ambientais) as gerações passadas e presentes estão a deixar para as gerações novas e ainda por vir?

A abordagem dos limites planetários identificou nove processos que regulam a estabilidade e resiliência do sistema terrestre - 'sistemas de suporte de vida na Terra'. A abordagem propõe limites planetários quantitativos de precaução dentro dos quais a humanidade pode continuar a desenvolver-se e prosperar, referido como um 'espaço operacional seguro'. Isto sugere que ultrapassar estas fronteiras aumenta o risco de gerar alterações ambientais abruptas ou irreversíveis em grande escala que podem transformar o sistema terrestre num estado prejudicial para o desenvolvimento humano.

As discussões em torno da estabilidade ambiental, dada a sua perspetiva de longo prazo, estão intimamente ligadas a considerações sobre Justiça Intergeracional, devido à distribuição assimétrica dos custos e benefícios atuais e de longo prazo associados às mudanças nas práticas atuais. O trabalho desenvolvido neste relatório pretende contribuir para este debate, promovendo o desenvolvimento de evidências científicas sobre o contributo de diferentes gerações para a pressão sobre as fronteiras planetárias durante as últimas décadas em Portugal.

Este relatório, desenvolvido para a Fundação Calouste Gulbenkian, teve como objetivos: (1) estimar o impacto da utilização de recursos biofísicos por diferentes gerações em Portugal e relacionar o montante de recursos utilizados com os limites ambientais planetários; (2) identificar hipóteses explicativas ou racionalizar as tendências observadas no uso de recursos biofísicos; e (3) estimar a quantidade de recursos biofísicos que cada geração recebeu da geração anterior e os recursos que deixou para a próxima. Quatro etapas foram realizadas para alcançar estes objetivos:

- A primeira etapa explorou como definir as quotas portuguesas do espaço operacional seguro global. Tal definição de ações envolveu inevitavelmente escolhas normativas. Este relatório usou o princípio da igualdade, que assume a ideia básica de direitos iguais para todos os humanos na Terra, independentemente de qualquer limite planetário específico. Este princípio foi usado para calcular os limites portugueses para oito fronteiras.
- A segunda etapa foi avaliar em que medida as pegadas ambientais portuguesas são compatíveis com os limites portugueses calculados para os oito limites. Essas pegadas foram estimadas para trás no tempo tanto quanto os dados o permitiram (1960 em diante, para a maioria dos casos). O relatório calcula as pegadas portuguesas e compara-as com os limites portugueses calculados para avaliar se Portugal vive ou não no seu espaço operacional ambientalmente seguro.
- A terceira etapa forneceu hipóteses explicativas abrangentes para os padrões observados nas pegadas analisadas. Isso envolveu uma revisão da literatura e uma série de testes nos dados para encontrar relações entre as pegadas ambientais analisadas e variáveis socioeconómicas.
- A quarta etapa efetuou uma análise Intergeracional, atribuindo a pegada ambiental portuguesa e os limites a cada geração para perceber quanto cada geração deixa para as próximas gerações. A atribuição das pegadas e limites portugueses às gerações (coortes de nascimento) foi efetuada com base na idade do chefe do agregado familiar e assumiu que o consumo da família pode ser atribuído ao chefe do agregado familiar.

A análise abrangeu o território português atual (Portugal Continental e Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira). Excluiu regiões que hoje não fazem parte de Portugal, mas que já o fizeram em algum momento do período de análise (1960-2018), como Angola, Cabo Verde, Timor-Leste, Goa, Guiné-Bissau, Moçambique e São Tomé e Príncipe. O relatório aborda oito fronteiras planetárias: alterações climáticas, destruição da camada de ozono, pressão sobre os ecossistemas (em representação das alterações no sistema solo e alterações na integridade da biosfera), poluição da água por azoto (N) e fósforo (P) (em representação dos ciclos biogeoquímicos), consumo de água doce e duas novas categorias: poluição do ar e produção e deposição de resíduos sólidos.

## 2. MENSAGENS-CHAVE DO RELATÓRIO

---

Os resultados deste estudo mostram que:

- Portugal está dentro do limite ecológico para apenas uma categoria ambiental – Pressão sobre os ecossistemas (desde 2014). Pressão sobre os ecossistemas, representada aqui pelo indicador HANPP, representa a apropriação pela Humanidade da produção primária líquida. Para as restantes categorias ambientais, Portugal está fora dos limites ecológicos total ou parcialmente (ou seja, em todos ou apenas alguns dos indicadores dentro de cada categoria ambiental).
- Destas áreas, as áreas ambientais mais prementes para Portugal são as alterações climáticas, a poluição da água por fósforo e o consumo de água doce. Isso ocorre porque: (1) as alterações climáticas e a poluição da água por fósforo são os dois indicadores que apresentam a maior distância entre sua pegada e seu limite no último ano (défice), ou (2) a poluição da água por fósforo e o consumo de água doce apresentam a maior taxa de crescimento, o que significa que a situação nesses indicadores irá agravar-se rapidamente.

- O crescimento do PIB é a principal causa da transgressão dos limites ecológicos. Isto é válido para a maioria das categorias analisadas (exceto para as categorias ligadas à agricultura, como a poluição da água por azoto e fósforo e o consumo de água doce) e assume particular relevância para a categoria de produção e deposição de resíduos. Para a poluição da água (por N e P) e o consumo de água doce, a política agrícola foi o principal motor, particularmente, o período de transição para as políticas europeias em matéria de agricultura (a partir de 1986).
- Houve uma dissociação parcial das categorias ambientais do PIB, que ocorreu devido à implementação de políticas que promoveram a descarbonização da eletricidade; a eficiência energética (para a indústria e edifícios); veículos e combustíveis mais limpos; a regulação da produção e consumo de substâncias que destroem a camada de ozono; e de políticas de valorização dos resíduos.
- As gerações mais velhas têm impactes mais elevados do que as gerações mais novas em termos de fluxos de azoto e fósforo e em termos da pressão sobre os ecossistemas. Para as restantes categorias ambientais, todas as gerações apresentam sempre, num determinado momento das suas vidas (idade), impactes mais elevados do que as restantes gerações.
- Independentemente de que geração teve impactes mais elevados, a maioria das gerações analisadas teve os seus impactes acima dos limites ecológicos. Com exceção de um conjunto reduzido de indicadores, a geração Z (com membros nascidos a partir de 2000) é a única que se encontra dentro ou quase dentro dos limites ecológicos em todas as categorias ambientais, o que se deve fundamentalmente ao facto desta geração ainda não ter tido tempo para ter uma fração significativa de chefes de família.

Estes aspetos são explorados em maior detalhe abaixo.

### 3.

## O IMPACTE DA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS EM PORTUGAL

---

A situação atual de Portugal em termos da pressão exercida sobre o ambiente pelas atividades que ocorrem no território português é apresentada na Tabela 1. Nesta tabela, a “zona de risco” refere-se a: (1) indicadores que têm mais do que um limite ecológico e que estão atualmente acima de um desses limites, embora dentro de outros limites; ou (2) indicadores que têm apenas um limite e onde a variável está acima do limite, mas perto do limite, e com uma tendência decrescente (ou seja, uma tendência de aproximação do limite). As áreas de preocupação são as alterações climáticas, a destruição da camada de ozono (para as latitudes entre 30N-30S e entre 60S-30S, para as latitudes do buraco na camada de ozono, que embora a melhorar, ainda se encontra na zona de risco (acima do limite)), poluição da água (por azoto e fósforo), consumo de água doce (em anos secos), poluição atmosférica (para emissões de compostos orgânicos voláteis não-metânicos (COV-NM) e amoníaco (NH<sub>3</sub>); e para PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> e concentrações de O<sub>3</sub>) e produção e deposição de resíduos (para resíduos sólidos urbanos e resíduos sólidos totais).

Tabela 1  
**Estado dos indicadores ambientais comparado  
 com os seus limites ecológicos**

Categoria	Estado		
<b>Alterações climáticas</b> (1961-2016)	<b>Acima dos limites</b> Desde pelo menos 1989. Tendência: a decrescer desde 2005.		
<b>Destruição da camada de ozono</b> (1979-2019)	<b>Acima dos limites</b> Para latitudes mais baixas (30S-30N)	<b>Na zona de risco</b> Para latitudes norte e médias-sul (90S-30S)	<b>Dentro dos limites</b> Para latitudes médias e altas-norte
<b>Pressão sobre os ecossistemas</b> (1961-2016)	<b>Dentro dos limites</b> Nos últimos 2 anos. Tendência: a decrescer (a melhorar) desde 1990.		
<b>Poluição da água por azoto</b> (1961-2016)	<b>Acima dos limites</b> Desde 1971. Tendência: a aumentar significativamente desde 2011		
<b>Poluição da água por fósforo</b> (1961-2016)	<b>Acima dos limites</b> Em todo o período analisado. Tendência: a decrescer (melhorar).		
<b>Consumo de água doce</b> (1961-2016)	<b>Acima dos limites</b> Em anos secos, desde 2008. Tendência: a aumentar.	<b>Dentro do limite</b> Para anos médios e anos húmidos. Tendência: a aumentar.	
<b>Poluição atmosférica</b> (1990-2018 <sup>a</sup> ; 2003-2018 <sup>b</sup> ; 1995-2018 <sup>c</sup> )	<b>Acima dos limites</b> Para emissões de NH <sub>3</sub> , e para concentrações de PM <sub>2,5</sub> (valores diários) e O <sub>3</sub> (valores octo-horários, OMS) <sup>d</sup>	<b>Na zona de risco</b> Para concentrações de PM <sub>2,5</sub> (valores anuais), PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> (valores diários, OMS) <sup>d</sup>	<b>Dentro dos limites</b> Para emissões de PM <sub>2,5</sub> , SO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , COV-NM e para concentrações de CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> (valores diários UE) <sup>d</sup> e O <sub>3</sub> (valores octo-horários, UE) <sup>d</sup>
<b>Produção e deposição de resíduos</b> (1960-2018 <sup>e</sup> ; 2008-2018 <sup>f</sup> )	<b>Acima dos limites</b> Para produção de resíduos. Tendência: a aumentar.	<b>Na zona de risco</b> Para eliminação de resíduos (devido a resíduos sólidos urbanos)	

**Tendências:** “a aumentar” – a agravar-se, a “decrescer” – a melhorar.

**Zona de risco:** (1) indicadores que têm mais de um limite e que estão atualmente acima de um destes limites, mas dentro de outros limites; ou (2) indicadores que têm apenas um limite e onde o indicador está acima desse limite, embora perto do limite, e com uma tendência decrescente (ou seja, uma tendência que está a aproximar-se do limite).

**Notas à tabela:** a. Para emissões; b. Para concentrações de PM<sub>2,5</sub>; c. Para concentrações dos restantes de poluentes atmosféricos, d. As concentrações de O<sub>3</sub> e SO<sub>2</sub> têm dois limites com estatutos diferentes: As diretrizes da Organização Mundial de Saúde (baseadas nos efeitos para a saúde pela exposição a concentrações poluentes) e o Decreto-Lei n.º 102/2010 (limites menos ambiciosos); e. Apenas para resíduos sólidos urbanos; f. Para resíduos sólidos setoriais e resíduos sólidos totais.

Destas áreas, as áreas ambientais mais prementes para Portugal são as alterações climáticas, a poluição da água por fósforo e o consumo de água doce. Isso ocorre porque: (1) as alterações climáticas e a poluição da água por fósforo são os dois indicadores que apresentam a maior distância entre sua pegada e seu limite no último ano (défice), ou (2) a poluição da água por fósforo e o consumo de água doce apresentam a maior taxa de crescimento, o que significa que a situação nesses indicadores irá agravar-se rapidamente.

É importante notar que a análise efetuada no presente estudo é uma análise nacional. Isto significa que os impactes locais podem ficar diluídos. Isto é particularmente relevante para a água e para a poluição atmosférica. No caso da água, o efeito de escassez regional de água, por exemplo, no Sul, pode ficar diluído se existirem outras regiões com excesso de água. No caso da poluição atmosférica, em particular, a poluição atmosférica relacionada com o tráfego, os limites ecológicos podem ser transgredidos localmente (numa estação localizada numa via em particular), mas o valor nacional para esse poluente não ultrapassar o valor limite.

As categorias ambientais que requerem menor atenção por se encontrarem abaixo do limite ou a caminho disso são: a pressão sobre os ecossistemas, a camada de ozono para as latitudes 90S-60S (a latitude do buraco de ozono), 60N-30N e 90N-60N, poluição do ar por emissões de  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$  e  $NO_2$ , concentrações anuais de  $PM_{10}$ , concentrações diárias de  $SO_2$ , concentrações horárias de  $SO_2$  e  $NO_2$ , eliminação de resíduos sólidos setoriais.

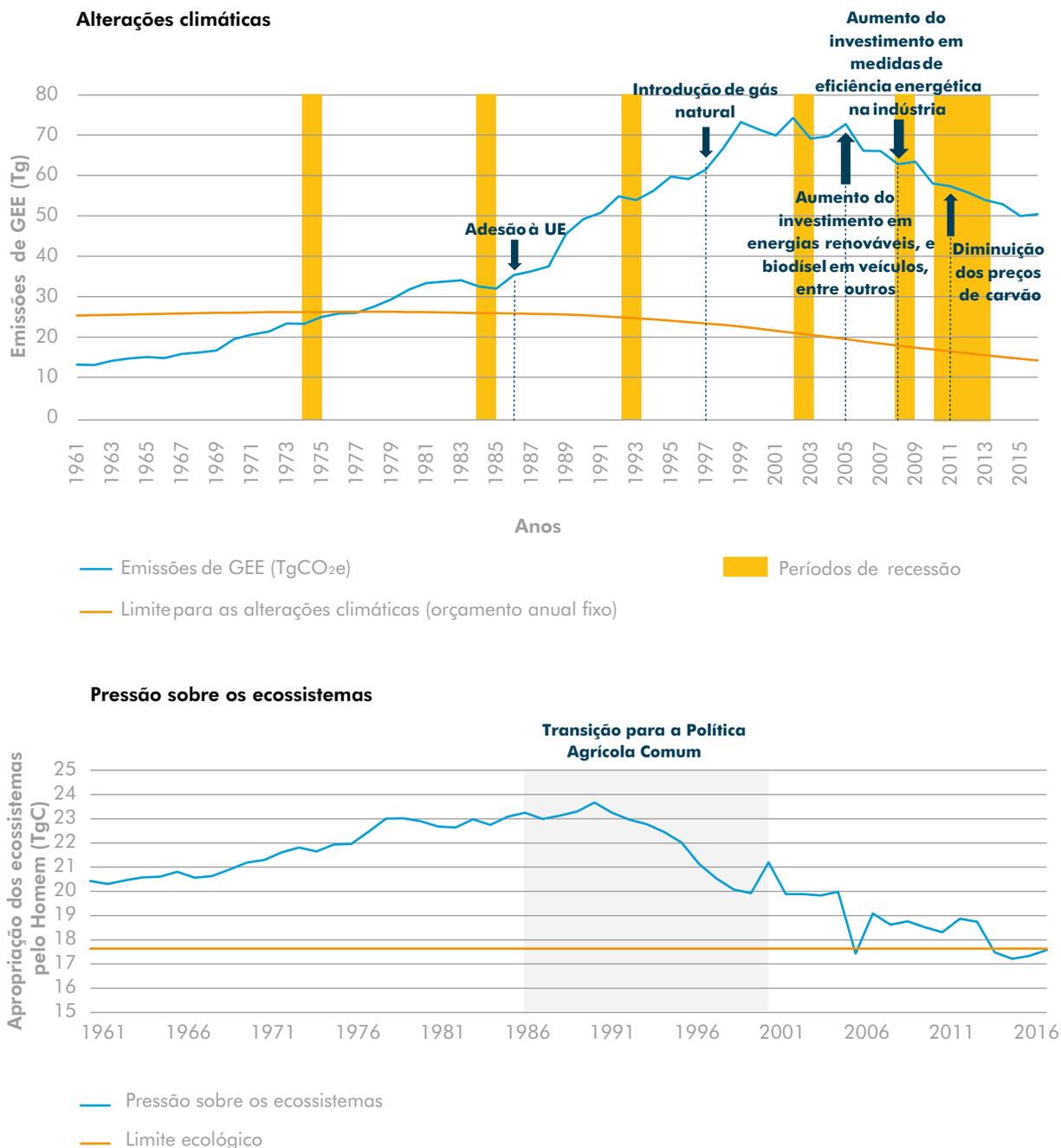
## 4. CAUSAS CONDUCENTES AO ESTADO AMBIENTAL ATUAL

Os principais fatores que conduziram às tendências observadas nos indicadores analisados, foram:

- a dinâmica do PIB;
- a dissociação parcial dos indicadores ambientais do PIB atingida pela implementação de várias políticas setoriais implementadas a partir dos anos 90;
- as políticas agrícolas associadas à entrada na UE (a partir de 1986).

A Figura 1 apresenta um exemplo de como estes fatores moldaram a dinâmica do contributo para as alterações climáticas e para a pressão sobre os ecossistemas. Os períodos de recessão estão tipicamente associados a uma redução de emissões de GEE. A adesão de Portugal à UE afetou também as emissões de GEE, bem como outros indicadores ambientais. As emissões de gases com efeito de estufa foram afetadas devido a um impulso económico proveniente da adesão à UE e a pressão sobre os ecossistemas foi afetada pelas políticas agrícolas da UE, o que levou a um abandono de alguns terrenos agrícolas e a uma intensificação dos remanescentes. O abandono de terrenos agrícolas levou a uma libertação de terras para pastagens e matos, reduzindo a pressão sobre os ecossistemas. A entrada na UE (então CEE) também influenciou o consumo de água, azoto e fósforo, promovendo um aumento do consumo de água e uma diminuição da utilização de fertilizantes.

Figura 1  
**Indicadores, limites ecológicos e fatores explicativos para alterações climáticas e pressão sobre os ecossistemas**



#### 4.1. O crescimento do PIB como principal causa de transgressão de fronteiras

A dinâmica do PIB (crescimento e recessão) afeta indiretamente os indicadores ambientais, afetando as atividades económicas e proporcionando rendimentos às famílias que conduzem a uma maior procura de energia, transporte rodoviário, atividades de produção (atividade industrial), consumo (de produtos, mas

também de água) e produção de resíduos. O PIB foi o principal contribuinte para ultrapassar os limites na maioria dos indicadores ambientais analisados. Isto é válido para a maioria dos indicadores analisados (exceto para os indicadores ligados à agricultura, tais como a pressão sobre os ecossistemas, poluição da água por azoto e fósforo e consumo de água doce), e assume particular relevância para os indicadores de produção e deposição de resíduos.

Este estudo encontrou uma forte relação entre o PIB e (1) as emissões de GEE das indústrias energéticas até 2005, quando as políticas de descarbonização começaram a influenciar a produção de eletricidade; (2) a procura de energia por parte da indústria até 2002; (3) o residencial e serviços até 2005; (4) as emissões provenientes do transporte rodoviário até 2004; (5) a produção de resíduos em todos os anos analisados (1960-2018); e (6) a eliminação de resíduos até 2000 (data em que as taxas de reciclagem começaram a tornar-se significativas e a incineração foi introduzida).

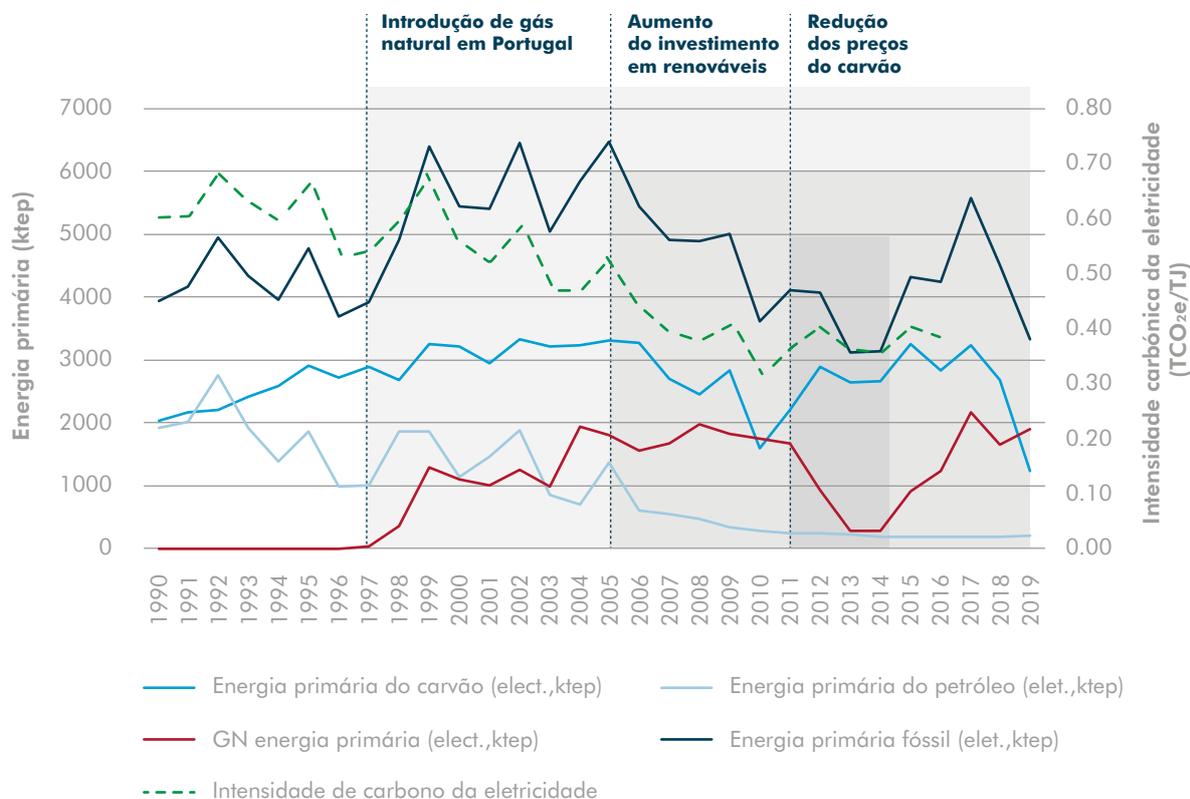
## 4.2. Contribuição das políticas para dissociar o PIB dos indicadores ambientais

Muitas das políticas identificadas acima foram implementadas a partir dos anos 90. Referimo-nos a políticas que promovem a descarbonização da eletricidade e do transporte rodoviário; medidas de eficiência energética (para a indústria e edifícios); políticas que promovem veículos e combustíveis mais limpos; políticas que regulam a produção e consumo de substâncias que destroem a camada de ozono (ODS); e políticas de valorização de resíduos. Os contributos destas políticas foram:

- As políticas de descarbonização tiveram um forte efeito na poluição atmosférica a partir de 1997 e nas emissões de GEE (provenientes do setor energético) a partir de 2005 com a introdução do gás natural e o investimento em fontes renováveis de eletricidade,
- As medidas de eficiência energética tiveram um forte efeito em termos de emissões de GEE das indústrias transformadoras a partir de 2002, quando estas políticas começaram a ter um efeito significativo; e em eficiência energética em edifícios a partir de 2005,
- As políticas para combustíveis e transportes mais limpos têm tido um forte efeito sobre os poluentes atmosféricos provenientes dos transportes rodoviários a partir de 2004,
- As políticas de resíduos, em particular as que promovem a reciclagem e a incineração, tiveram um efeito significativo a partir do ano 2000 sobre o impacte ambiental da eliminação de resíduos.

Um exemplo de tais políticas, e que teve alguma relevância, foi a introdução do gás natural em Portugal, em 1997. A introdução de gás natural teve um efeito transversal nos indicadores ambientais, afetando as emissões de GEE e uma série de poluentes atmosféricos. O gás natural substituiu o petróleo na produção de eletricidade (Figura 2), o gás butano no sector doméstico e dos serviços, e influenciou a indústria transformadora. Isto afetou positivamente as emissões de GEE (globalmente, e em particular as emissões de GEE da produção de eletricidade - onde a intensidade de carbono da eletricidade começou a diminuir aquando da substituição do petróleo pelo gás natural) e as emissões de poluentes atmosféricos em termos de  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ , COV-NM e  $NH_3$  (Figura 3).

Figura 2  
**Combustíveis utilizados na produção de energia elétrica e intensidade carbónica da eletricidade**



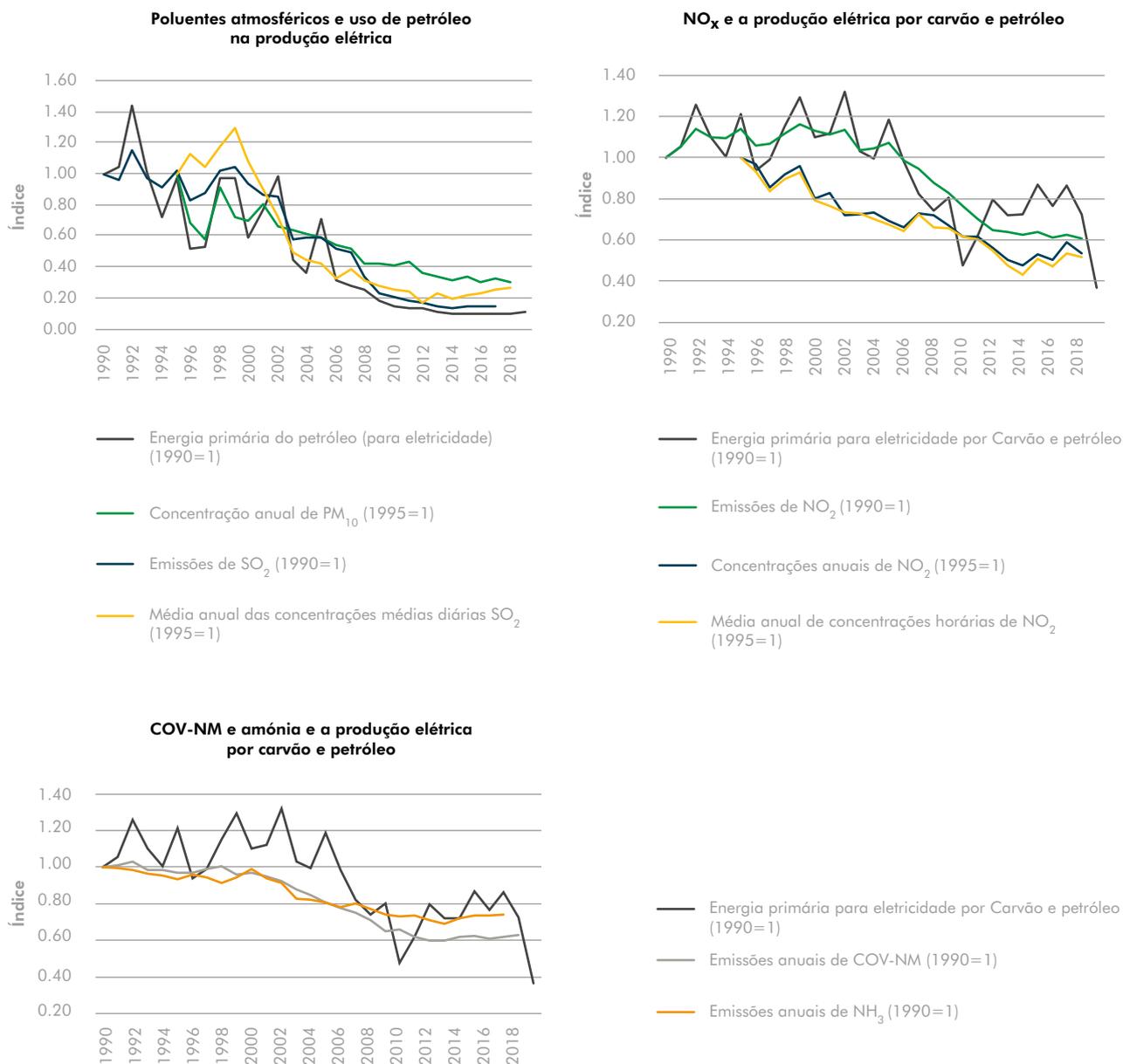
Fonte dos dados: combustíveis fósseis (ktep) - balanços energéticos nacionais da DGEG; intensidade carbónica da eletricidade (tCO<sub>2e</sub>/TJ) - Felício et al. (2019).

### 4.3. A política agrícola da UE

Antes da adesão de Portugal à UE houve uma intensificação crescente da agricultura (Branco 2015) com o aumento da utilização de fertilizantes e maquinaria e um aumento generalizado da produção animal (Figura 4). Isto resultou principalmente de políticas agrícolas implementadas durante os anos 60 para melhorar o rendimento agrícola (Branco 2015). O resultado foi uma lenta tendência de aumento das emissões de GEE provenientes da agricultura, pressão sobre os ecossistemas (Figura 5) e uso de fertilizantes (associados aos fluxos de N e P).

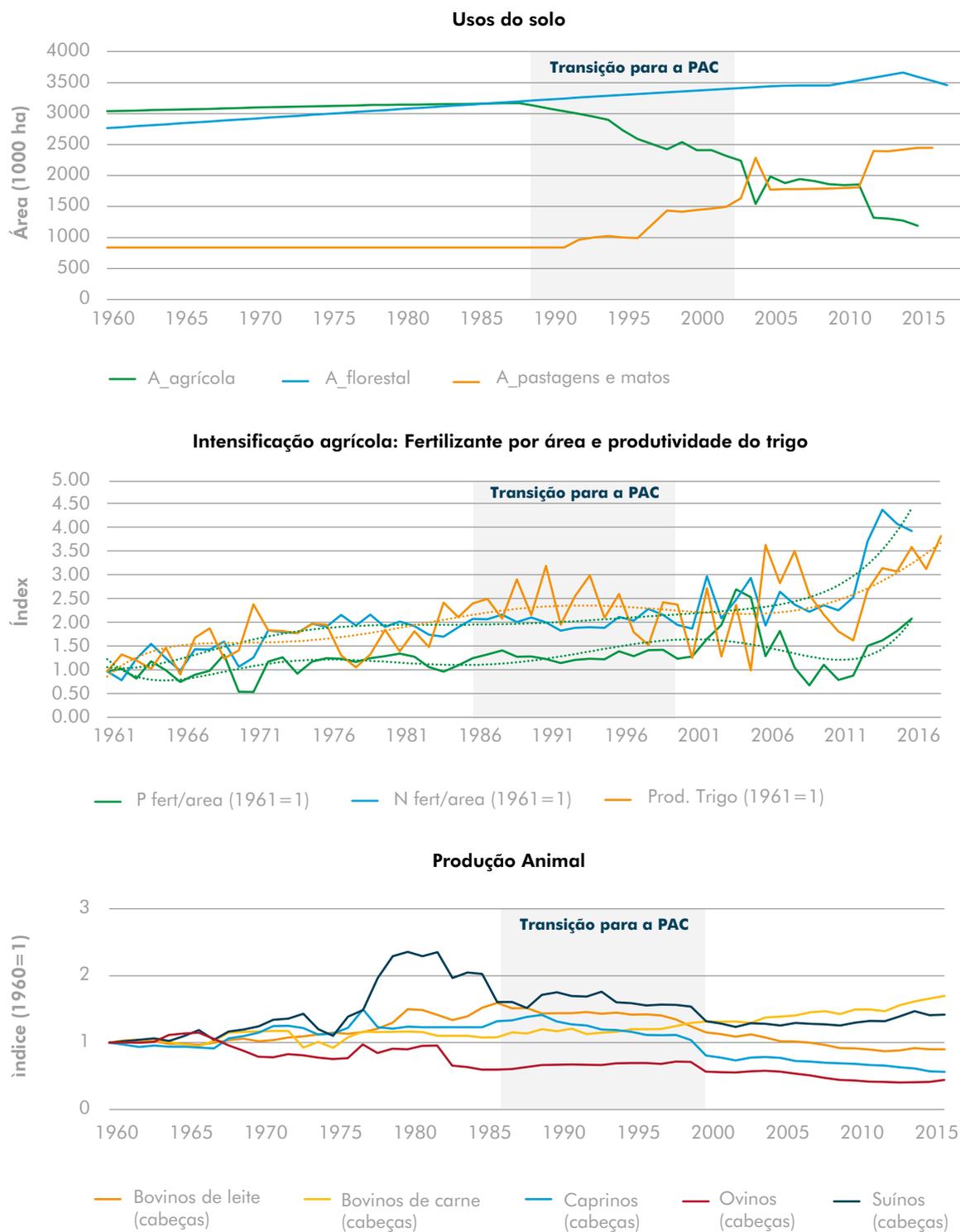
O período de transição português para a Política Agrícola Comum da UE (PAC, entre 1986-2000) e a internacionalização do mercado agrícola da UE (em 1993) levou em primeiro lugar a uma diminuição da produção agrícola seguida de uma intensificação da agricultura (nomeadamente no aumento do contributo de N por unidade de área) nas áreas mais produtivas e irrigadas e à extensificação ou abandono noutros locais. A consequência foi que as áreas agrícolas e a produção animal diminuíram (Figura 4). A exceção é para as formas mais intensivas de produção animal, tais como a engorda de bovinos de carne, que aumentou (e, mais tarde, a produção de suínos também aumentou). O resultado é uma tendência decrescente na pressão sobre os ecossistemas (devido ao abandono agrícola), utilização de fertilizantes, emissões de NH<sub>3</sub> e COV-NM (devido à gestão de estrume, pastagem e fertilização) e concentrações de PM<sub>10</sub> (devido ao pastoreio e lavoura) (Figura 5).

Figura 3  
**Poluição atmosférica (PM<sub>10</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, COVNM)  
 e a utilização de petróleo e carvão na produção de energia elétrica**



Fonte dos dados: Energia primária do petróleo (tep) - balanços energéticos nacionais da DGEG; emissões de SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> e COVNM (kt) de APA (2019a); concentrações médias diárias de SO<sub>x</sub>, concentrações de NO<sub>x</sub> e concentrações anuais de PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) - cálculos próprios, baseados em dados da rede nacional de monitorização da qualidade do ar.

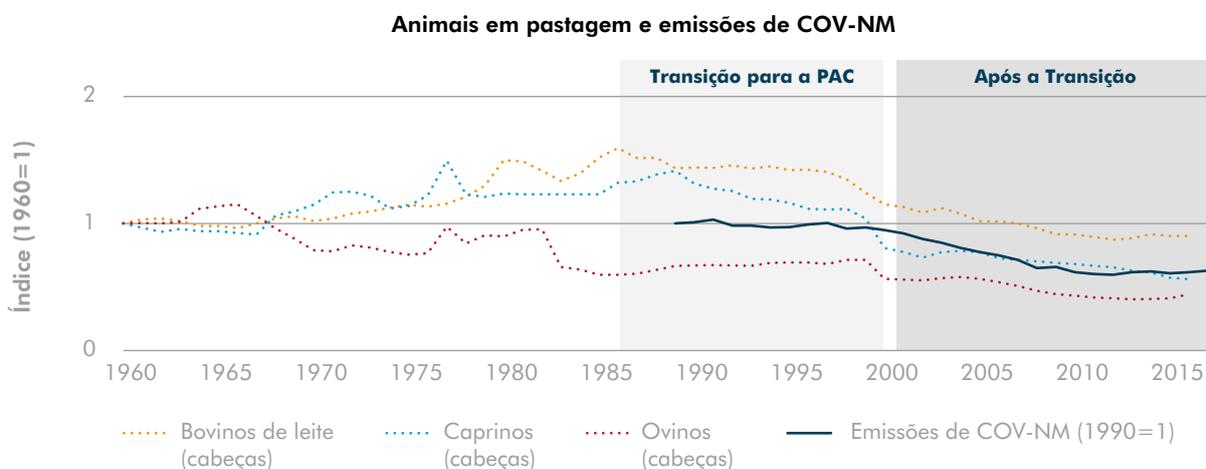
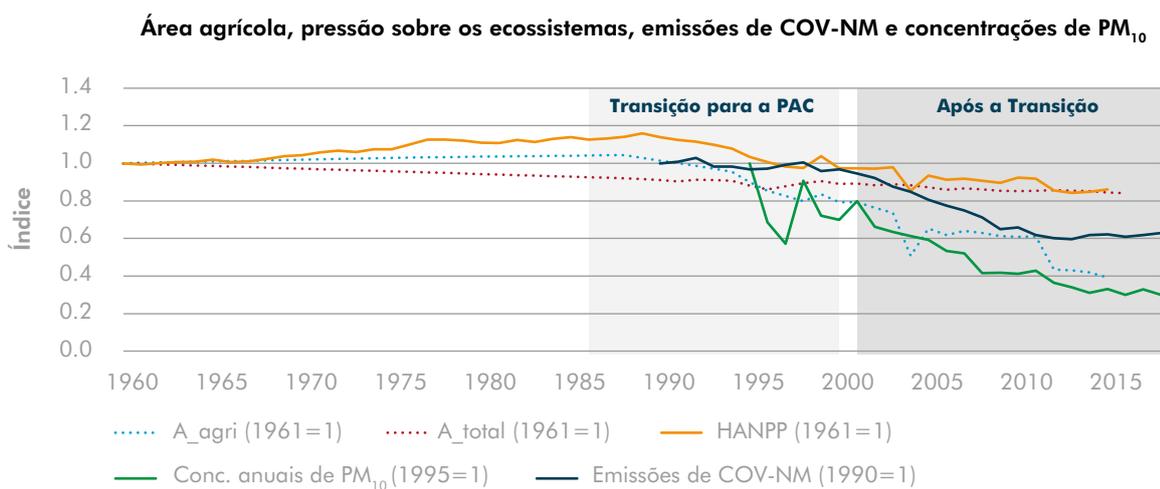
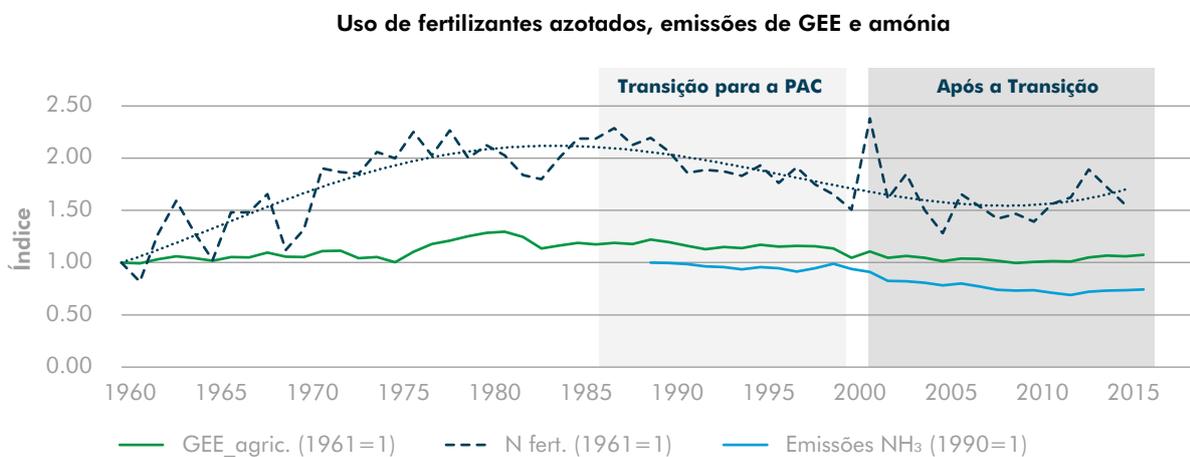
Figura 4  
**Tendências para usos do solo, uso de fertilizantes e produção animal em Portugal**



Fonte de dados: Área florestal: COS; restantes variáveis: FAOSTAT.

Note-se que as áreas agrícolas e de pastagem permanecem constantes até aos anos 80, o que poderá resultar da falta de qualidade dos dados da FAOSTAT.

Figura 5  
**Mudanças na política agrícola e indicadores ambientais, 1960-2018**



## 5. ANÁLISE INTERGERACIONAL

---

Foram atribuídos impactes à população utilizando um perfil de consumo baseado na idade e no ano. Para tal, foram definidas 25 coortes de nascimento, com base em intervalos de 5 anos, abrangendo todas as coortes vivas entre 1960 e 2020. Para facilitar a interpretação dos resultados, a nomenclatura para as coortes de nascimentos foi a seguinte: “C” da coorte, e “número” refletindo a idade do membro mais novo da coorte em 2020. Dado o período de análise (1960-2020), isto significa que nem todas as coortes estão completas; de facto, apenas as coortes C56 a C41 estão completas. As gerações, tal como aqui utilizadas, são agregações de coortes de nascimento. Foram consideradas cinco gerações: Pré-WWII, divididas nos grupos C121-C101 e C96-C81, *Baby Boomers* (C76-C61), Geração X (C56-C41), Geração Y (C36-C21) e Geração Z (C16-C01).

Foi determinado um perfil de consumo por idade com base na distribuição etária dos chefes de família ao longo do tempo. O valor dos indicadores ambientais para cada ano foi afetado à distribuição etária dos chefes de família nesse ano. Com isto, obtiveram-se os impactes de cada geração dos chefes de família por grupo etário (ou por ano).

Os resultados deste estudo permitem verificar que os impactes das gerações dependem de dois fatores: (1) os perfis de consumo assumidos com base na distribuição etária dos chefes de família (consumo por grupo etário) e (2) as tendências observadas nos indicadores ambientais (impacte em cada ano). A combinação destes dois fatores resulta na variedade dos padrões observados em termos dos impactes de cada geração em cada indicador ambiental:

- As gerações mais velhas têm impactes ambientais per capita mais elevados do que as gerações mais jovens para os indicadores ambientais pressões sobre os ecossistemas e fluxos de N e P (ver Figura 6, para a pressão sobre os ecossistemas);
- Para os restantes indicadores ambientais, todas as gerações têm um intervalo etário em que os seus impactes foram os mais elevados comparando com as restantes gerações (Figura 7);
- Este intervalo etário tem vindo a acontecer cada vez mais cedo no tempo.

Figura 6  
**Impactes por geração e por grupo etário para a pressão sobre os ecossistemas**

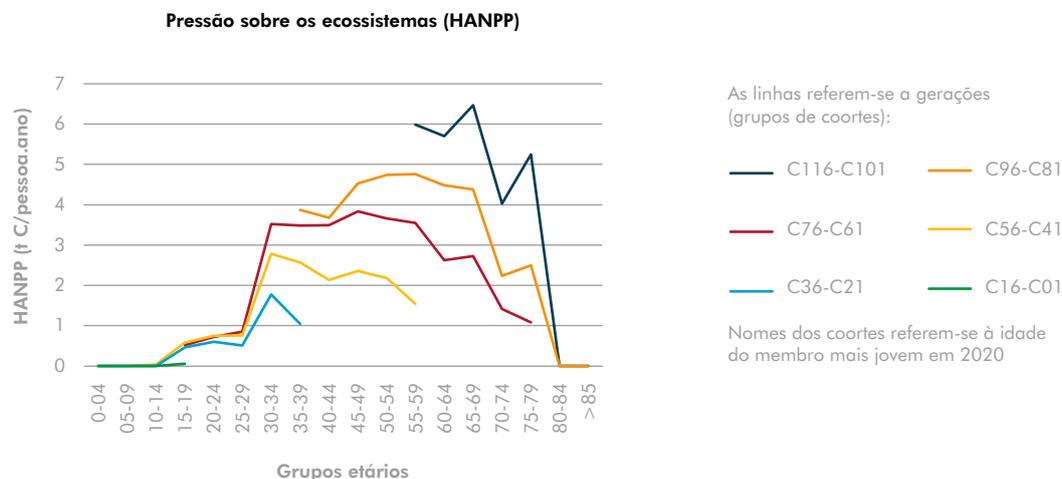
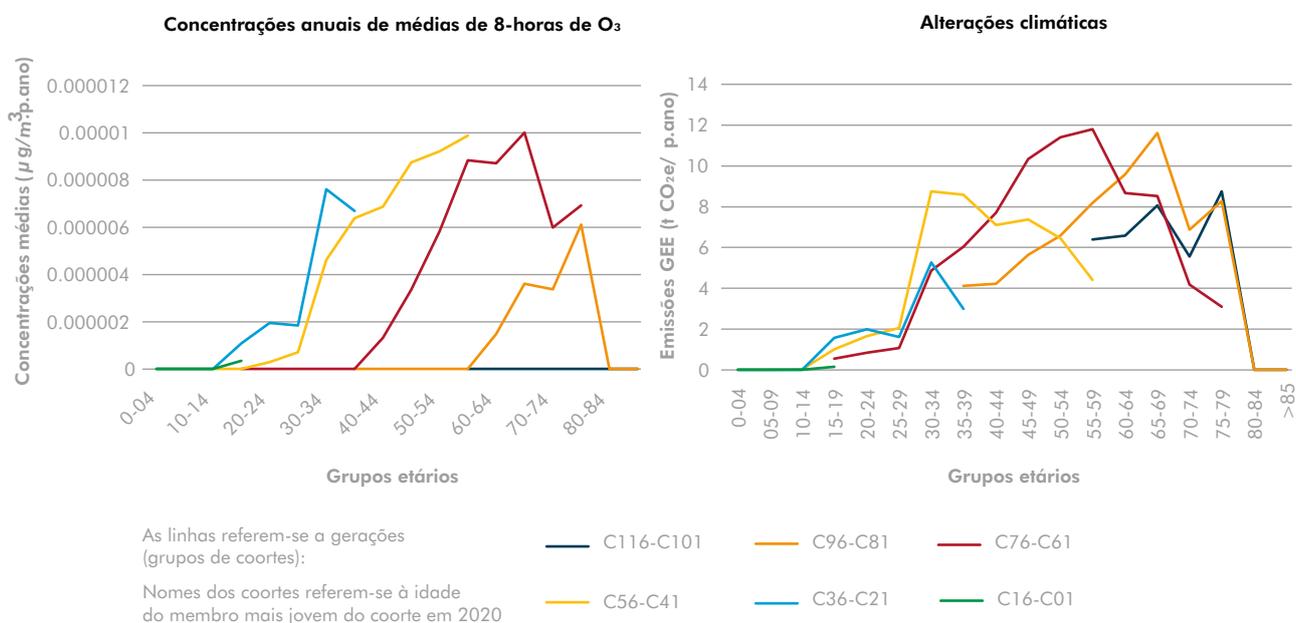


Figura 7  
**Concentrações de O<sub>3</sub> e alterações climáticas per capita, por grupo etário**



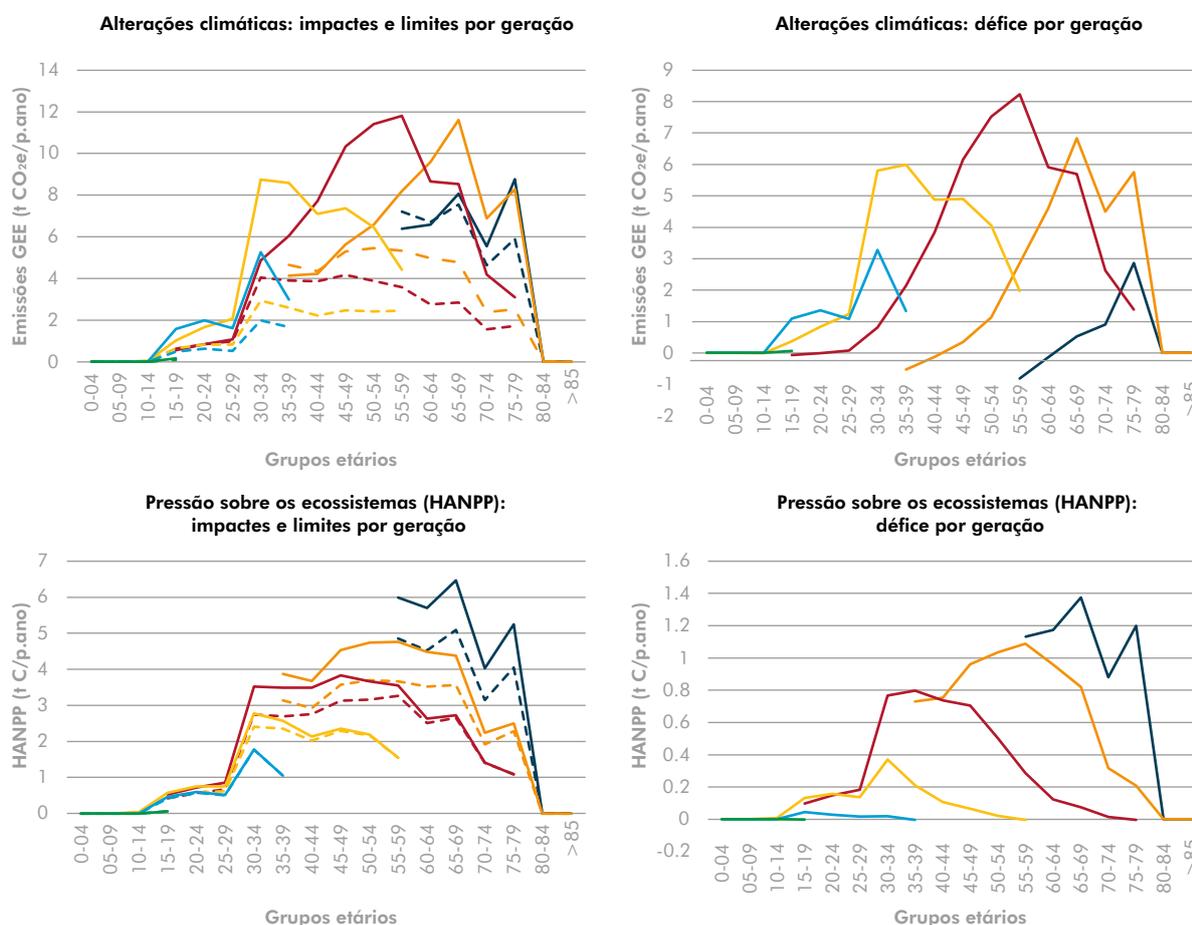
A maioria das gerações analisadas teve os seus impactes acima dos limites. À parte de algumas exceções, a Geração Z (C16-C01) é a única que se encontra dentro ou quase dentro do limite em todos os indicadores ambientais. Isto deve-se a esta geração ainda não ter atingido as idades às quais foram atribuídos os níveis de consumo mais elevados.

A Figura 8 apresenta um exemplo para as alterações climáticas e pressão sobre os ecossistemas. Nestes exemplos, o limite de geração refere-se ao limite per capita atribuído a cada grupo etário de acordo com o seu perfil de consumo (da mesma forma que foi efetuado para a atribuição dos impactes ambientais). Este limite para a geração representa o impacte máximo que cada geração em cada faixa etária poderia fazer sem ultrapassar o limite (ou seja, sem prejudicar o ambiente).

Para as alterações climáticas, todas as gerações apresentam impactes acima dos limites, incluindo as mais jovens. As gerações X (C56-C41), *Baby Boomers* (C76-C61) e Pré-WWII (C116-81) apresentam os maiores défices (diferenças entre o limite e os seus impactes). Para a pressão sobre os ecossistemas, as gerações mais antigas apresentam os maiores défices, mas todas as gerações, com exceção da mais jovem (Geração Z - C16-Co1), apresentam valores acima do limite.

Para o caso particular das alterações climáticas, em 2016 Portugal emitia mais GEE do que o orçamento anual de GEE o que resultou numa diminuição progressiva deste limite (ficando menos disponível para ser emitido até 2100). Isto resulta em que um cidadão (ou um grupo etário) em 2016 teve um orçamento de emissão mais baixo do que um cidadão da mesma idade em anos anteriores: -31% face a um cidadão em 2000 com a mesma idade, -43% face a um cidadão em 1980 com a mesma idade, -41% face a um cidadão em 1961 com a mesma idade.

**Figura 8**  
**Impactes reais vs. limites da geração para alterações climáticas e pressão sobre os ecossistemas**





À esquerda: impactes observados, por geração (linhas completas), e limites para as gerações: limite para cada geração, utilizando os mesmos procedimentos de atribuição (perfis de consumo) que para determinar os impactes para a geração (linhas tracejadas).

À direita: diferença entre o impacte real e os limites de cada geração. Os valores positivos referem-se a impactes acima do limite. Os valores negativos referem-se a impactes abaixo do limite.

É de salientar que, embora as gerações mais velhas, embora fora dos limites de muitos indicadores ambientais, estas contribuíram para a implementação de políticas que conduziram a uma redução destes indicadores, deixando a sua própria geração e as gerações mais jovens com impactes menores.

## 6. IMPLICAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS

Este estudo identificou o PIB, por estar ligado às atividades de produção e consumo, como a principal causa da transgressão dos limites dos indicadores ambientais analisados. Este facto é válido para a maioria dos indicadores analisados (com exceção dos indicadores ligados à agricultura, como a pressão sobre os ecossistemas, a poluição da água (por N e P) e o consumo de água doce), e assume particular relevância para os indicadores de produção e deposição de resíduos. Para a pressão sobre os ecossistemas, poluição da água (por N e P) e consumo de água doce, a política agrícola foi o principal motor, particularmente, o período de transição para as políticas agrícolas da UE (a partir de 1986), o que levou a uma intensificação da agricultura.

Para os restantes indicadores ambientais, as políticas implementadas a partir dos anos 90 tiveram a sua contribuição em dissociar parcialmente os indicadores ambientais do PIB. Isto mostra a relevância das políticas de promoção da descarbonização da eletricidade, eficiência energética (para a indústria e edifícios), veículos e combustíveis mais limpos, regulação da produção e consumo de substâncias que destroem a camada de ozono, e políticas de valorização dos resíduos.

Dado que Portugal está completamente dentro dos limites ecológicos em apenas uma categoria ambiental em sete, há várias ações necessárias

- Reduzir das emissões de GEE,
- Reduzir a utilização de fertilizantes azotados e fosfatados (por exemplo, através de uma agricultura mais eficiente),
- Assegurar a disponibilidade de água em particular para os anos secos (por exemplo, utilização eficiente da água e reutilização de águas cinzentas),
- Assegurar o cumprimento de, pelo menos, os limites nacionais em termos de poluição atmosférica, em particular em termos de emissões de amoníaco e COV-NM, e concentrações de poluentes tais como partículas (PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>), óxidos de enxofre e ozono,
- Definir políticas que visem a redução da produção de resíduos e que continuem o progresso feito em termos de tratamento de resíduos, em particular para os resíduos sólidos urbanos.

1.

# INTRODUÇÃO

---



Com o objetivo de aumentar o conhecimento científico sobre Justiça Intergeracional, a Fundação Calouste Gulbenkian (FCG) pretende apoiar a produção de investigação de elevada qualidade, centrando-se numa abordagem multidisciplinar e incorporando perspetivas demográficas, económicas, sociais, ambientais, políticas e éticas. Em Portugal, o número de estudos sobre Justiça Intergeracional é ainda muito reduzido, particularmente em áreas de política pública onde uma dada medida política pode ter diferentes impactes, dependendo da geração em consideração.

Uma das áreas de política pública que tem vindo a expandir-se cada vez mais nas últimas décadas é a regulação dos processos humanos que afetam o ambiente. Estes esforços vão desde novos padrões de tecnologia de produção e utilização de recursos naturais, a mudanças nos hábitos de consumo, passando por campanhas de informação pública, nova legislação e tributação. A evolução das perceções públicas e das políticas governamentais levou, entre outros acordos multinacionais, à Agenda para o Desenvolvimento Sustentável de 2030, estabelecida pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 2015.

Neste contexto, existe uma área ativa de investigação que estuda limites ecológicos ou fronteiras relacionadas com processos críticos do sistema Terra (por exemplo, integridade da biosfera, fluxos biogeoquímicos, alterações climáticas, e alterações ao sistema-solo). É defendido que estas fronteiras definem limites à estabilidade dos ecossistemas da Terra. Uma outra vertente da literatura centra-se no desenvolvimento e estimativa de indicadores de pegada ambiental para os fluxos de recursos naturais. Estes indicadores ligam os níveis de consumo de bens e serviços aos correspondentes efeitos ambientais (emissões de gases com efeito de estufa, consumo de água doce, etc.). Mais recentemente, a ciência tem vindo a fazer a ponte entre estas duas abordagens. Este esforço permite a estimativa da contribuição ambiental das atuais escolhas de consumo e métodos de produção para a pressão existente no planeta e possível transgressão das fronteiras planetárias.

As discussões em torno destas questões ambientais, dada a sua perspetiva a longo prazo, estão intimamente ligadas a considerações sobre equidade Intergeracional, devido à distribuição assimétrica dos custos e benefícios atuais e a longo prazo associados às mudanças nas práticas atuais. O trabalho conduzido neste projeto visa contribuir para este debate, promovendo o desenvolvimento de evidência científica sobre a contribuição das diferentes gerações para a pressão sobre as fronteiras planetárias durante as últimas décadas em Portugal. Isto permitirá responder ao apelo da *Fundação Calouste Gulbenkian* (FCG) para um estudo com os seguintes objetivos:

- Desenvolver um método para quantificar a contribuição de cada geração para os indicadores de pegada ambiental e o seu correspondente impacte na quota portuguesa das fronteiras ambientais planetárias.
- Propor hipóteses explicativas (mudança tecnológica, utilização de energias renováveis, etc.), apoiadas por dados, que possam racionalizar as tendências observadas.
- Dadas as tendências dos indicadores de pegada, estimar o que cada geração recebeu (da anterior) e deixou para a geração seguinte, em termos de recursos naturais e respetivos fluxos.

Os objetivos deste estudo foram:

- 1.** estimar o impacto da utilização de recursos naturais por diferentes gerações em Portugal e relacionar as quantidades de recursos utilizadas com as fronteiras ambientais globais,
- 2.** formular hipóteses explicativas para racionalizar as tendências observadas para a utilização de recursos naturais,
- 3.** estimar o que cada geração recebeu da geração anterior e deixou para a seguinte.

O presente estudo apresenta os resultados de uma investigação levada a cabo para atingir estes objetivos.

O relatório está estruturado da seguinte forma. O Capítulo 2 fornece uma visão geral da abordagem dos limites planetários (Secção 2.1) e apresenta os limites planetários que foram incluídos na análise (Secção 2.2) e calcula as pegadas ambientais de Portugal (Secção 2.3), apresentando os resultados desta análise (Secção 2.4). O Capítulo 3 identifica e explora hipóteses explicativas para as tendências observadas nos indicadores de pegada ambiental do Capítulo 2. Este capítulo começa com uma descrição da abordagem adotada para identificar as hipóteses explicativas (Secção 3.1), seguida da apresentação de resultados (Secção 3.2) e de um sumário destes (Secção 3.3). Os resultados são então detalhados. O Capítulo 4 fornece a análise Intergeracional, descrevendo primeiro a abordagem seguida (Secção 4.1), apresentando uma visão geral dos resultados, os resultados detalhados (Secção 4.2) e terminando com um resumo dos pontos principais (Secção 4.3). O Capítulo 5 resume os principais pontos deste relatório.

# 2.

## **IMPACTE DA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS E EMISSÕES EM PORTUGAL**

---

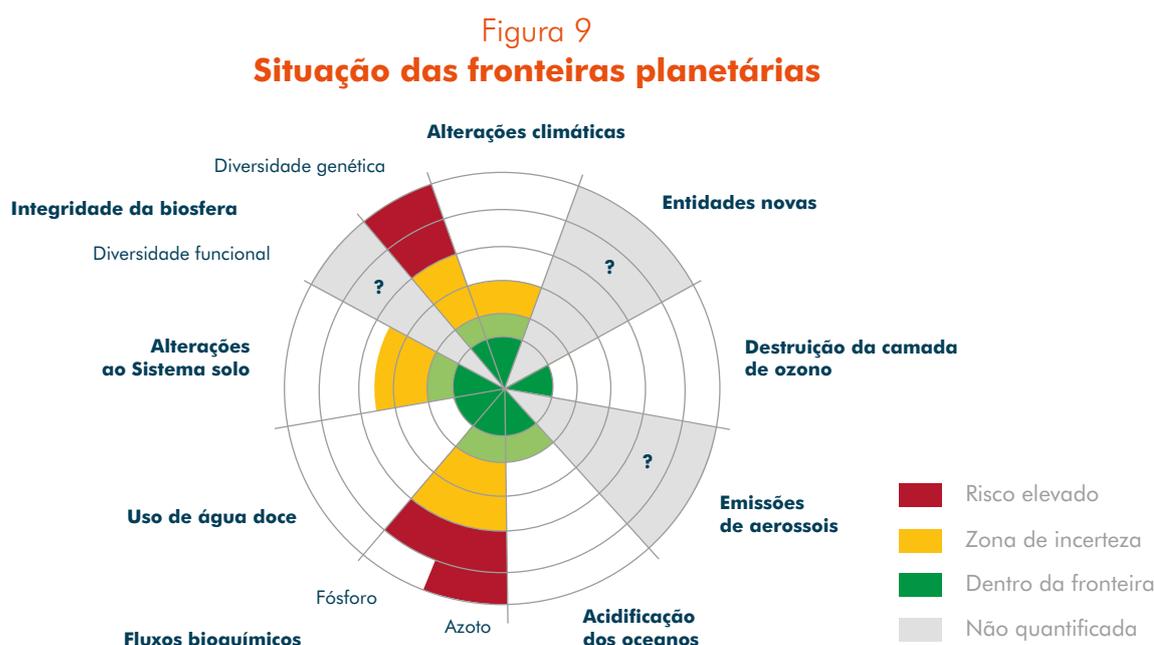


Este Capítulo apresenta a quantificação dos impactes ambientais produzidos pelo território português, utilizando a abordagem de fronteiras planetárias. Foram estimados um conjunto de indicadores ambientais para um período temporal o mais alargado possível, sujeito à disponibilidade de dados. Os indicadores foram agrupados em oito categorias ambientais. Para cada indicador foi ainda definida e estimada a quota portuguesa das fronteiras planetárias (designada de limites ecológicos). Os resultados mostram-nos a atual situação ambiental do território português, comparando os indicadores com os seus limites.

## 2.1 A ABORDAGEM DOS LIMITES PLANETÁRIOS

A abordagem dos limites planetários identifica nove sistemas de suporte de vida planetários. Estes foram introduzidos pela primeira vez por Rockström et al. (2009) e foram posteriormente refinados por outros, como Steffen et al. (2015) e O'Neill et al. (2018).

Para cada um dos limites planetários, as chamadas 'variáveis de controle' foram definidas como *proxies* para medir se são ou não transgredidas na escala global por causa das atividades humanas (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015). Steffen et al. (2015) sugere que entre 2010 e 2014, a humanidade ultrapassou os limites que definem um espaço operacional seguro para quatro dos limites planetários: fluxos bioquímicos (ciclos de azoto e fósforo) e integridade da biosfera (componente da diversidade genética) (ambos na zona vermelha, indicando alto risco, conforme mostrado na Figura 9), bem como alterações climáticas e alterações ao sistema solo (ambas na zona amarela indicando risco crescente, conforme mostrado na Figura 9). Três limites planetários ainda se encontravam dentro da zona verde (ou seja, o espaço operacional seguro): uso de água doce, acidificação dos oceanos e destruição do ozono estratosférico. Alguns dos limites planetários não foram quantificados: diversidade funcional (parte da integridade da biosfera), introdução de novas entidades no ambiente e carga atmosférica de aerossóis.



Fonte: Steffen et al. (2015).

Ainda há alguma discussão científica sobre os processos do sistema da Terra, e as variáveis de controle, assim sendo, os limites planetários representam apenas estimativas baseadas no conhecimento científico disponível à data. Algumas das variáveis de controle propostas originalmente em Rockström et al. (2009) foram posteriormente refinadas em Steffen et al. (2015), e posteriormente refinadas por O'Neill et al. (2018), entre outros. Portanto, as variáveis e limites de controle atuais sofrerão alterações à medida que o conhecimento evolui. Atualmente não há evidências científicas sobre a magnitude do impacto de algumas das questões, aliadas à incerteza se a humanidade tem capacidade de agir para alcançar um limite planetário semelhante ao Holoceno.

Por exemplo, para as alterações climáticas, as evidências acumuladas sugerem que a zona de incerteza para a variável de controle de CO<sub>2</sub> deverá ser reduzida de 350 a 550 ppm (em Rockström et al. 2009) para 350 a 450 ppm de CO<sub>2</sub> (em Steffen et al. 2015). No entanto, devido à inércia nos sistemas de energia humanos e na resposta do sistema terrestre à descarbonização, é geralmente considerado improvável que o CO<sub>2</sub> atmosférico possa ser reduzido para menos de 350 ppm ainda no século XXI; mesmo os cenários de avaliação mais otimistas considerados no Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5) alcançam apenas uma faixa de 420-440 ppm até 2100. Para uma meta mais tangível, O'Neill et al (2018) propôs que um novo estado climático (não-Holoceno) deva ser aceite - um que evite os piores impactos de um clima em mudança, mas que dê uma oportunidade razoável de descarbonização das sociedades. Nesse sentido, O'Neill et al (2018) propôs usar a meta de estabilização de temperatura de 2°C enfatizada no Acordo de Paris.

Como mencionado em Steffen et al. (2015), os limites planetários cobrem fenómenos com âmbitos espaciais variados. Alguns destes podem ser caracterizados como fenómenos globais (por exemplo, alterações climáticas, pois é a quantidade total de emissões de gases de efeito estufa (GEE) que é importante, não a localização das emissões), enquanto outros são fenómenos locais ou regionais cujos impactos podem acumular-se a um nível global (por exemplo, uso de água doce).

Para melhor considerar os processos agregados à escala local / regional e evitar a transgressão das fronteiras subglobais que contribuiriam para um resultado agregado dentro de um espaço operacional seguro em nível planetário, Steffen et al. (2015) propõem complementar os limites globais com limites subglobais para cinco limites planetários: diversidade funcional, (como parte da integridade da biosfera), fósforo (como parte dos fluxos biogeoquímicos), alterações ao sistema-solo, uso de água doce e carga atmosférica de aerossóis.

A Tabela 2 apresenta um resumo das nove fronteiras planetárias definidas por Steffen et al. (2015).

Tabela 2  
Breve visão geral das nove fronteiras planetárias

Categoria ambiental	Descrição
<b>Alterações climáticas</b> (incluída neste estudo)	Resultam da emissão de GEE para a atmosfera, principalmente pela queima de combustíveis fósseis, mas também devido a processos industriais, agricultura (e produção animal) e gestão de resíduos. Dados recentes sugerem que o planeta, tendo ultrapassado as 390 ppm (volume) de CO <sub>2</sub> na atmosfera, já transgrediu o limite planetários e está se a aproximar de vários outros limites do sistema terrestre (Steffen et al. 2015). Os resultados desta transgressão são o aumento da temperatura média anual da superfície da Terra, aumento da frequência e gravidade de eventos climáticos extremos e aumento do nível do mar.
<b>Alterações da integridade da biosfera</b> (incluído parcialmente neste estudo)	Esta categoria inclui a diversidade genética (biodiversidade) e a diversidade funcional (serviços dos ecossistemas).
<b>Destruição da camada de ozono</b> (incluída neste estudo)	A camada de ozono filtra a radiação ultravioleta (UV) do sol. Se essa camada diminuir, quantidades crescentes de radiação ultravioleta atingirão o nível do solo. Isso pode causar uma maior incidência de cânceros da pele em humanos, bem como danos aos sistemas biológicos terrestres e marinhos. O aparecimento do buraco na camada de ozono sob a Antártica foi a evidência de que o aumento das concentrações de substâncias químicas antropogênicas que destroem a camada de ozono (ODS), interagindo com as nuvens estratosféricas polares, ultrapassou um limiar e alterou a estratosfera na Antártica para um novo regime. Esta categoria está ligada à espessura da camada de ozono.
<b>Acidificação dos oceanos</b> (não incluída neste relatório)	A acidificação dos oceanos é devida, principalmente, ao dióxido de carbono. A acidificação dos oceanos impacta a solubilidade / saturação de vários compostos na água, alguns destes vitais para as espécies aquáticas, como a aragonite, essencial para os moluscos manterem as suas conchas (Steffen et al. 2015).
<b>Fluxos biogeoquímicos</b> (incluída neste estudo)	Os fluxos biogeoquímicos incluem os fluxos de azoto e fósforo para o meio ambiente. Esta categoria influencia as alterações climáticas (devido à liberação de azoto para o meio ambiente), a disponibilidade de água doce (devido à poluição da água) e a biodiversidade e a vida humana.
<b>Alterações ao sistema solo</b> (incluída neste estudo)	As alterações ao sistema solo estão ligadas às alterações antropogênicas na cobertura florestal primitiva. Este limite foi definido para dar conta da desflorestação. Está relacionado com a integridade da biosfera, mas também com as alterações climáticas e o uso de água doce, entre outros.
<b>Consumo de água doce</b> (incluída neste estudo)	Uso global de água (retirada) por humanos (do meio ambiente).
<b>Carga atmosférica de aerossóis</b> (não incluída neste relatório)	Os aerossóis, em particular as PM <sub>2,5</sub> (particulado em suspensão com diâmetros abaixo dos 2,5 µm) afetam a formação de nuvens, impactando o clima (influenciando o equilíbrio radiativo), disponibilidade de água (influenciando as monções), integridade da biosfera e saúde humana (pela inalação das partículas em si e dos metais pesados associados a estas).
<b>Introdução de entidades novas</b> (incluído parcialmente neste estudo)	Este limite compreende a introdução de novas entidades no meio ambiente. São, por exemplo, emissões de substâncias tóxicas, cumulativas e de vida longa, como poluentes orgânicos sintéticos, compostos de metais pesados e materiais radioativos.

## 2.2

# APLICAÇÃO DA ABORDAGEM DOS LIMITES PLANETÁRIOS A PORTUGAL

---

### 2.2.1 Seleção de variáveis de controle

Para efeitos da medição do desempenho português em relação aos limites planetários (ou seja, comparar os limites portugueses com as pegadas ambientais portuguesas), as variáveis de controlo biofísico para algumas das fronteiras planetárias propostas por Steffen et al. (2015) foram alteradas para este estudo para as tornar compatíveis com os dados disponíveis e o objetivo do estudo (análise histórica da pegada ambiental portuguesa). Alguns dos nomes das variáveis de controle neste relatório são diferentes daqueles propostos por Steffen et al. (2015) para representar essa mudança de perspetiva. Isso também significa que os desempenhos globais calculados são diferentes dos desempenhos relatados em Steffen et al. (2015).

Em termos gerais, este estudo considerou oito categorias ambientais. A categoria alterações na integridade da biosfera foi combinada com a categoria alterações no sistema solo e foram estimadas usando o indicador “apropriação humana da produção primária líquida” (HANPP), em semelhança a O’Neill et al. (2018). Este indicador combinado é referido, no presente relatório, como “pressão sobre os ecossistemas”. Os fluxos biogeoquímicos serão referidos como “poluição da água” no restante do relatório, sendo que os fluxos de azoto e fósforo serão tratados como dois indicadores separados. A introdução de novas entidades foi analisada apenas em termos de poluição do ar e esta categoria foi denominada “poluição atmosférica”. A carga atmosférica de aerossóis não foi considerada, embora as emissões e concentrações de  $PM_{2.5}$  tenham sido incluídas na “poluição atmosférica”. Uma categoria adicional foi introduzida: produção e deposição de resíduos sólidos.

A acidificação dos oceanos, sugerida em Steffen et al. (2015), não foi incluída no presente trabalho porque a principal fonte de pressão na acidificação dos oceanos é causada pelas emissões de  $CO_2$ , emissões estas já cobertas pela categoria de alterações climáticas. A pegada ecológica (sugerida em O’Neill et al., 2018) também não foi incluída. Embora a pegada ecológica seja um indicador valioso para a comunicação, este indicador tem sido alvo de críticas na literatura científica (ver O’Neill et al. 2018) a ponto de surgirem abordagens científicas alternativas, como a abordagem dos limites planetários, cobrindo todas as áreas que a pegada ecológica afirma cobrir.

### 2.2.2 Definição do espaço operacional seguro para Portugal

A Tabela 3 resume as variáveis de controle e os limites globais usados como base para o presente estudo. Os parágrafos a seguir fornecem a lógica e descrevem como esses limites foram definidos.

Tabela 3  
**Resumo das variáveis de controle e limites globais neste relatório**

Categoria ambiental	Variáveis de controle usadas neste estudo
<b>Alterações climáticas</b>	Emissões atmosféricas de CO <sub>2</sub> e <b>Orçamento de emissão global:</b> 1960-2100: 2 GtCO <sub>2</sub> e (a mesma abordagem de O'Neill et al., 2018).
<b>Pressão sobre os ecossistemas</b>	Produção primária líquida potencial máxima a ser apropriada pelos humanos sem causar danos aos ecossistemas. <b>Limite global:</b> 17,6 toneladas de carbono, correspondente a 33% da produção primária líquida em Portugal apropriada pela Humanidade (a mesma percentagem do que em O'Neill et al., 2018).
<b>Destruição da camada de ozono</b>	Concentração estratosférica de O <sub>3</sub> (DU). <b>Limite global:</b> <5% de redução do nível pré-industrial de 290 DU (5% –10%, entre 275,5 e 319 DU), avaliado por latitude (o mesmo que em Steffen et al., 2015)
<b>Poluição da água: azoto</b>	Emissão antropogénica de N por ano. <b>Limite global:</b> 94.1 Tg N ano <sup>-1</sup> . (o mesmo que em Steffen et al., 2015 e O'Neill et al., 2018)
<b>Poluição da água: fósforo</b>	Fluxo regional de P de fertilizantes para solos erodíveis. <b>Limite regional:</b> 9.4 Tg ano <sup>-1</sup> (o mesmo que em Steffen et al. 2015 e O'Neill et al. 2018)
<b>Consumo de água: doce</b>	Remoções de água azul como % do fluxo médio mensal de cursos de água. <b>Limite:</b> para anos secos: 25% (4192 Mm <sup>3</sup> ); para anos intermédios: 30% (9595 Mm <sup>3</sup> ); e para anos húmidos: 55% (26 891 Mm <sup>3</sup> ).
<b>Poluição atmosférica</b>	Limites globais apenas para substâncias específicas, com base nas diretrizes da OMS, medidos em emissões anuais, concentrações (anuais, diárias, octo-horárias, horárias) e número de dias acima dos valores limite durante um ano.  Ver Tabela 4 para os valores usados neste estudo.
<b>Produção e deposição de resíduos</b>	Nenhum limite global definido (apenas local) com base em metas nacionais em termos de quantidade de resíduos sólidos produzidos e quantidade de resíduos enviados para deposição (em aterro sanitário ou lixeiras).  Limite na produção de resíduos sólidos: 20% de redução na produção total de resíduos de 2009 a 2020 que equivale a 11 089 kt de resíduos produzidos até 2020.  62% de redução de 2009 a 2020 nos resíduos sólidos depositados em aterro, que equivale a um máximo de 2055,6 kt de resíduos/ano enviados para aterro.

## Alterações Climáticas

Em Steffen et al. (2015), o limite é definido como a concentração máxima de CO<sub>2</sub> na atmosfera de 350 ppm, um valor que muito provavelmente preservaria o clima em um estado semelhante ao Holoceno. No entanto, é geralmente considerado improvável que o CO<sub>2</sub> atmosférico possa ser reduzido para menos de 350 ppm durante o século XXI. Mesmo os cenários de avaliação integrada mais otimistas considerados no Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5) alcançam apenas uma faixa de 420-440 ppm em 2100. Como um limite alternativo para 350 ppm, O'Neill et al. (2018) propôs a meta de estabilização de temperatura de 2°C enfatizada no Acordo de Paris, de aproximadamente 1,61 t CO<sub>2</sub> per capita.

Neste estudo, seguimos uma abordagem semelhante a O'Neill et al. (2018), considerando a meta de estabilização da temperatura de 2°C até 2100, estimando o orçamento de emissões de GEE disponível de 1960-2100 para garantir que essa meta não seja superada. Em 2010, o IPCC estimou que, para essa meta, o mundo ainda poderia emitir 1 PtCO<sub>2</sub>. Isso significa que em 1960 o mundo poderia emitir até 2100 as emissões de GEE verificadas de 1960 a 2009 mais o orçamento mundial de 2010 a 2100. Estimamos essas emissões em 2 PtCO<sub>2</sub>.

Foram definidas quatro formas de operacionalizar a fronteira ligada aos objetivos do Acordo de Paris, com base na forma de distribuir o orçamento total por ano (igual ou diferenciado) e de atribuir o orçamento a cada país (uma vez em 1960 com base no número de habitantes; ou todos os anos, com base no número de habitantes). Os resultados destas diferentes abordagens encontram-se detalhados nas Notas Técnicas (secção 7.1.2). Para este estudo, o limite usado considera um orçamento anual fixo, com os valores afetos a cada país apenas em 1960 (primeiro ano analisado). Desta forma, em Portugal, a redução no orçamento de carbono disponível para um determinado ano refere-se apenas ao facto de Portugal ter (ou não) ultrapassado o limite no ano anterior (quando ultrapassa, fica menos disponível nos anos seguintes, quando não ultrapassa, fica mais disponível nos anos seguintes).

## Pressão sobre os ecossistemas

Existem várias fontes para a pressão sobre os ecossistemas, sendo a perda e degradação de habitats uma das principais causas (WWF, 2020). Essa forte ligação entre as alterações nos usos do solo e a perda de biodiversidade levou-nos a agregar os dois limites planetários (integridade da biosfera e alterações no sistema solo) numa única categoria e nomear essa categoria de “pressão sobre os ecossistemas. Para esta nova categoria, O'Neill et al. (2018) utilizou um indicador *proxy*, a apropriação humana da produção primária líquida (HANPP). O HANPP mede a quantidade de biomassa colhida por meio da agricultura e silvicultura, bem como a biomassa que é morta durante a colheita, mas não usada, e a biomassa que é perdida devido a alterações do uso do solo (Kastner et al., 2015). O HANPP inclui alterações no sistema solo e integridade da biosfera, mas também, em certo grau, o consumo de água doce e poluição da água por N e P. O HANPP pode ser comparado ao potencial de produção primária líquida (NPP<sub>pot</sub>) que existiria na ausência de atividades humanas, para chegar a um limite planetário útil. Running (2012) determinou que em 2007 existiam ainda 5 Gt C y<sup>-1</sup> de NPP<sub>pot</sub> disponíveis para apropriação antropogénica em todo o mundo. Isso significa que o limite planetário para HANPP seria o NPP<sub>pot</sub> total já apropriado por humanos (HANPP) em 2007 mais o NPP<sub>pot</sub> restante disponível para apropriação. De acordo com O'Neill et al. (2018), o HANPP em 2007 representou 13,2 Gt C y<sup>-1</sup>. Portanto, o limite para HANPP é 18,2 Gt C y<sup>-1</sup>, o que representa aproximadamente 33% do NPP<sub>pot</sub> total.

A abordagem de O'Neill et al. (2018) foi seguida, usando “apropriação humana da produção primária líquida” (HANPP) como um indicador para as alterações ao sistema solo e alterações à integridade da biosfera.

## **Destruição da camada de ozono**

Foi usado o mesmo limite do apresentado em Steffen et al. (2015). Esse limite visa evitar o risco de grandes impactos para os humanos e ecossistemas com o estreitamento da camada de ozono. A variável de controle utilizada foi a concentração estratosférica de  $O_3$ , medida em Unidades Dobson (DU). Um DU tem 0,01 mm de espessura em temperatura e pressão padrão e não é mais do que a espessura da camada de ozono se esta fosse comprimida na atmosfera. O limite foi definido para menos de 5% de redução do nível pré-industrial de 290 DU (5% –10%), avaliado por latitude.

## **Poluição da água por azoto e fósforo**

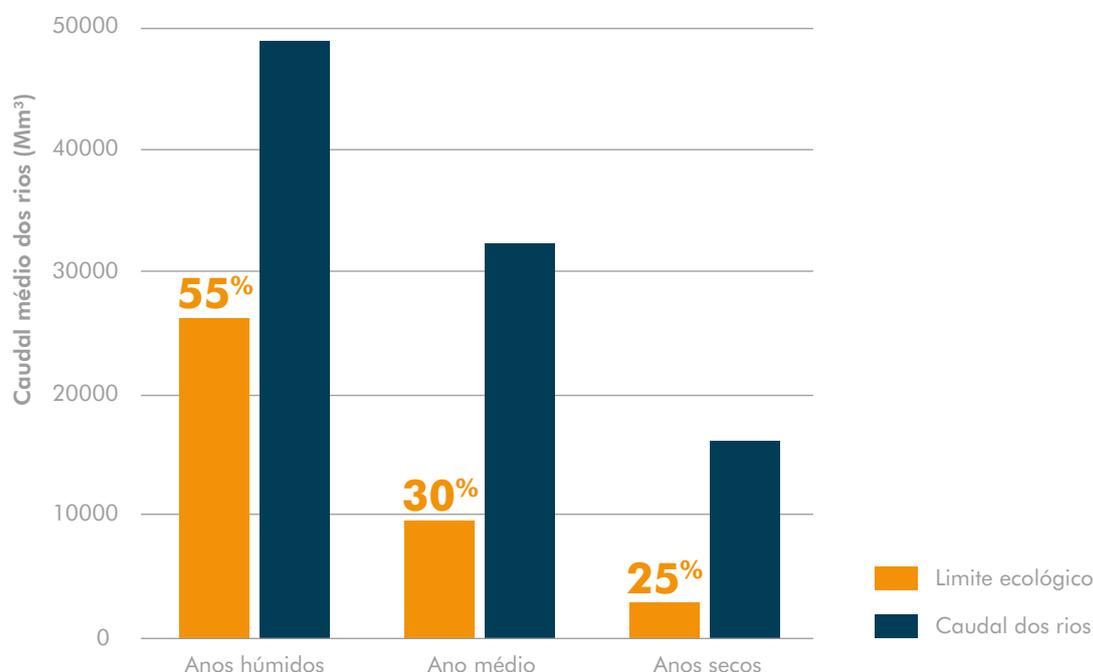
Os limites per capita propostos em O'Neill et al. (2018) foram utilizados neste relatório, multiplicados pela população portuguesa em 2010.

## **Consumo de água doce**

Na literatura, o limite planetário para o uso de água doce foi especificado como uma remoção global máxima de  $4000 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$  de água azul de rios, lagos, reservatórios e reservas de água subterrânea renováveis (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015; O'Neill et al., 2018). Este limite tem sido debatido, visto que os impactos ambientais do uso de água doce estão principalmente confinados à escala da bacia hidrográfica (Gerten et al., 2013; Heistermann, 2017). O limite proposto no presente estudo baseia-se no conceito de “requisitos mínimos de fluxo ambiental” para manter ecossistemas costeiros / ribeirinhos saudáveis, conforme sugerido por Weiskel et al. (2014) e Steffen et al. (2015). Acreditamos que é importante considerar a variação espacial e temporal da disponibilidade de água doce, mas isso depende da disponibilidade de dados. Para Portugal, os dados estavam disponíveis apenas numa escala anual (sem variações mensais).

O limite usado no presente estudo baseia-se nos “requisitos mínimos de fluxo ambiental” e representa a remoção anual máxima como uma percentagem do fluxo médio dos rios. Para incorporar as alterações anuais da disponibilidade de água, considerou-se o índice de hidraulicidade anual para Portugal (APA, 2019b), que classifica cada ano em termos de seco-húmido. Este índice permitiu determinar a quantidade de água que poderia ser removida anualmente para garantir os requisitos mínimos de fluxo ambiental. Para anos secos é de 25%, para anos médios de 30% e para anos chuvosos de 55% (percentagens baseadas em Steffen et al. 2015), ver Figura 10.

Figura 10  
**Caudal médio dos rios e limite para remoções de água doce**



### Poluição atmosférica

Steffen et al. (2015) considera a categoria introdução de entidades novas, que inclui a poluição do ar como um subconjunto. Em Steffen et al. (2015) nenhuma variável de controle nem limite foram definidos devido à diversidade desta categoria ambiental e à falta de uma variável de controle abrangente para esta.

Em termos de poluição atmosférica, no presente estudo foram considerados os poluentes atualmente legislados e para os quais existem dados disponíveis. Estes foram: partículas em suspensão ( $PM_{2,5}$  e  $PM_{10}$ ), óxidos de enxofre ( $SO_x$ ), óxidos de azoto ( $NO_x$ ), dióxido de azoto ( $NO_2$ ), compostos orgânicos voláteis não metânicos (COV-NM), ozono troposférico ( $O_3$ ), amónia ( $NH_3$ ) e monóxido de carbono (CO).

Alguns dos valores limite para estes poluentes estão disponíveis em termos de emissões anuais e, para outros, estão disponíveis em termos de concentrações. A abordagem seguida para os poluentes atmosféricos é diferente, dependendo se se falar de emissões ou de concentrações. Para os poluentes com limite de emissão, os limites utilizados são os valores-limite presentes na legislação portuguesa, que se baseia na diretiva de limites máximos da UE. Para os poluentes com limite em termos de concentração, foram usadas as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para a proteção da saúde humana. Adicionalmente, foi considerada também a legislação portuguesa (com base nos valores-alvo da UE), que são menos rígidos do que os valores da OMS. Os valores usados neste relatório encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4  
**Definições dos limites para a qualidade do ar**

Indicador		Valor limite	Origem da fronteira
PM <sub>2.5</sub>	Emissões anuais	55 kt PM <sub>2.5/ano</sub> até 2020	Tetos de emissão para 2020 (Decreto-Lei n.º 19/2018)
	Concentração média anual	10 µg/m <sup>3</sup> .ano	Diretrizes da OMS (OMS 2006)
		25 µg/m <sup>3</sup> .ano	Legislação portuguesa (Decreto-Lei n.º 102/2010)
Concentração média diária	25 µg/m <sup>3</sup> .dia	Diretrizes da OMS (OMS 2006)	
PM <sub>10</sub>	Concentração média anual	20 µg/m <sup>3</sup> .ano	Diretrizes da OMS (OMS 2006); legislação portuguesa (Decreto-Lei n.º 102/2010)
	Concentração média diária	3 dias/ano mais de 50 µg/m <sup>3</sup> .dia	Diretrizes da OMS (OMS 2006)
		35 dias/ano mais de 50 µg/m <sup>3</sup> .dia	Legislação portuguesa (Decreto-Lei n.º 102/2010)
SO <sub>x</sub>	Emissões anuais	65,5 kt SO <sub>2</sub> /ano até 2020	Tetos de emissão para 2020 - Decreto-Lei n.º 19/2018
	Concentração média diárias	20 µg/m <sup>3</sup> .dia	Diretrizes da OMS (OMS 2006)
		3 dias/ano mais de 125 µg/m <sup>3</sup> .dia	Legislação portuguesa (Decreto-Lei n.º 102/2010)
	Concentração média horária	24 h/ano mais de 350 µg/m <sup>3</sup> .h	Legislação portuguesa (Decreto-Lei n.º 102/2010)
NO <sub>2</sub>	Emissões anuais	163,8 kt NO <sub>2</sub> /ano até 2020	Tetos de emissão para 2020 - Decreto-Lei n.º 19/2018
	Concentração média anual	40 µg/m <sup>3</sup> .ano	Legislação portuguesa (Decreto-Lei n.º 102/2010)
	Concentração média horária	200 µg/m <sup>3</sup> .h	Diretrizes da OMS (OMS 2006)
		18h/ano mais de 200 µg/m <sup>3</sup> .h	Legislação portuguesa (Decreto-Lei n.º 102/2010)

Indicador		Valor limite	Origem da fronteira
COV-NM	Emissões anuais	169,7 kt COV-NM/ano até 2020	Tetos de emissão para 2020 - Decreto-Lei n.º 19/2018
NH <sub>3</sub>	Emissões anuais	46,5 kt NH <sub>3</sub> /ano até 2020	Tetos de emissão para 2020 - Decreto-Lei n.º 19/2018
CO	Concentrações médias octo-horárias	10 mg/m <sup>3</sup> .8h	Legislação portuguesa (Decreto-Lei n.º 102/2010)
	Concentração média horária	30 mg/m <sup>3</sup> .h	Diretrizes da OMS (OMS 2006)
O <sub>3</sub>	Concentrações médias octo-horárias	100 µg/m <sup>3</sup> .8h	Diretrizes da OMS (OMS 2006)
		25 período de 8h/ano (média de 3 anos) mais de 120 µg/m <sup>3</sup> .8h	Legislação portuguesa (Decreto-Lei n.º 102/2010)

Mais informações sobre os limites para poluentes atmosféricos na secção 7.1.7.

Acrónimos: PM<sub>2,5</sub> - partículas com diâmetro inferior a 2,5 µm; PM<sub>10</sub> - partículas com diâmetro inferior a 10 µm; SO<sub>x</sub> - óxidos de enxofre; SO<sub>2</sub> - dióxido de enxofre; CO - monóxido de carbono; NO<sub>x</sub> - óxidos de azoto; NO<sub>2</sub> - dióxido de azoto; COV-NM - compostos orgânicos voláteis não-metânicos; O<sub>3</sub> - ozono (troposférico); NH<sub>3</sub> - amónia.

### Produção e deposição de resíduos sólidos

Nenhum limite global definido, apenas local, com base nas metas presentes no Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020 (Ferrão et al. 2011). Estes limites não são na realidade limites ecológicos, mas sim objetivos da UE (acontece o mesmo com os limites na categoria de poluição atmosférica). Foram estabelecidos para reduzir (e não eliminar) os impactes dos resíduos sobre o ambiente. Isto significa que o seu alcance não é garantia de que a biosfera não esteja ainda a ser afetada. Estes objetivos são suscetíveis de mudar num futuro próximo para objetivos mais ambiciosos para o período que se inicia em 2021.

## 2.3

### PEGADAS AMBIENTAIS PARA PORTUGAL

Dado que um dos objetivos deste estudo foi o de efetuar uma análise Intergeracional, os indicadores ambientais foram estimados para o período temporal máximo para o qual existiram dados disponíveis para assegurar que este período temporal cobria o maior número de gerações possível. Devido a restrições de dados, os indicadores ambientais foram estimados em termos territoriais. Isto significa que as importações e exportações (uma abordagem baseada no consumo) e os fluxos monetários (uma aborda-

gem baseada no rendimento) não foram incluídos, apenas as atividades que ocorrem no território português<sup>1</sup>. Esta é uma diferença entre o estudo atual e o estudo de O’Neill et al. (2018).

Os indicadores ambientais foram obtidos a partir da literatura ou estimados pela equipa. A Tabela 5 sumaria os métodos usados na estimativa dos indicadores.

**Tabela 5**  
**Métodos usados para estimar os indicadores ambientais**

Categoria ambiental (indicadores)	Métodos utilizados
<b>Alterações climáticas</b> (emissões de GEE)	Emissões relacionadas com a energia (1960-2016): estimativas próprias seguindo as Diretrizes do IPCC 2006, utilizando dados de estatísticas nacionais e internacionais. Emissões relacionadas com a agricultura (1961-2016): dados da FAOSTAT (FAO, 2020). Emissões da indústria transformadora (energia e processos industriais), doméstica e de serviços e resíduos (1990-2018): obtidos do Relatório de Inventário Nacional (NIR) (APA, 2019a). Detalhes em anexo (Secção 7.1.2).
<b>Destruição da camada de ozono</b> (espessura da camada de ozono)	O indicador só é analisado em termos globais, em termos de espessura da camada de ozono por latitude. Espessura da camada de ozono por latitude obtida a partir do Observatório do Ozono da NASA (2020). Ver secção 7.1.3 para mais detalhes.
<b>Pressão sobre os ecossistemas</b> (HANPP)	A pressão sobre os ecossistemas foi estimada usando HANPP, seguindo a abordagem de Krausmann et al. (2013). Dados obtidos de FAOSTAT. Detalhes em anexo (Secção 7.1.4).
<b>Poluição da água por N e P</b> (Utilização de fertilizantes N e P)	Dados da FAOSTAT (FAO, 2020). Detalhes em anexo (Secção 7.1.5)
<b>Consumo de água doce</b> (captação de água azul)	Dados da base de dados <i>Eora Global Supply Chain Database</i> (Lenzen et al., 2012). Detalhes em anexo (Secção 7.1.6).
<b>Poluição atmosférica</b> (emissões poluentes)	Dados obtidos diretamente do SNIERPA (APA, 2019a). Mais detalhes na secção 7.1.7.
<b>Poluição atmosférica</b> (concentrações de poluentes)	Concentração de poluentes horária obtida a partir da rede nacional de controlo da qualidade do ar. Foram realizadas médias para 1 ano, 1 dia, 8 horas e 1 hora (de acordo com os valores-limite para cada poluente). Mais detalhes na secção 7.1.7.
<b>Produção e deposição de resíduos</b> (Produção de resíduos sólidos, % de resíduos que vão para aterro)	Produção de resíduos sólidos (RS): soma dos resíduos sólidos urbanos (RSU) com os resíduos sólidos sectoriais (RSS). Dados de RSU de NIR (APA, 2019a) para o período 1960-2018. Dados RSS do Instituto Nacional de Estatística (2008-2018). Os dados sobre a quantidade de resíduos depositados em aterro foram obtidos da APA (2019a). Mais pormenores na secção 7.1.8.

Acrónimos: GHG - emissões de gases com efeito de estufa; HANPP - apropriação humana da produção primária líquida; N - Azoto; P - Fósforo; SNIERPA - Sistema Nacional de Inventário de Emissões e Remoção de Poluentes do Ar; RS - produção de resíduos sólidos; RSU - resíduos sólidos urbanos; RSS - resíduos sólidos sectoriais; APA - Agência Portuguesa do Ambiente. A análise inclui as fronteiras atuais, que incluem Portugal Continental e as regiões autónomas dos Açores e da Madeira. Exclui regiões que atualmente não fazem parte de Portugal, mas que o foram em algum momento durante o período de análise (1960-2018), tais como Angola, Cabo Verde, Timor-Leste, Goa, Guiné-Bissau, Moçambique e São Tomé e Príncipe.

## 2.4

## DESEMPENHO PORTUGUÊS: ESTÃO AS PEGADAS AMBIENTAIS DENTRO DOS LIMITES ECOLÓGICOS?

A situação atual de Portugal em termos da pressão exercida sobre a biosfera encontra-se resumida na Tabela 6. Em duas das categorias ambientais, Portugal encontra-se acima dos limites ecológicos. Este é o caso das alterações climáticas e da poluição da água por N e P. Embora estas estejam acima do limite, as tendências de emissão de GEE e dos fluxos de fósforo estão a diminuir devido à descarbonização da eletricidade e das indústrias transformadoras (para as alterações climáticas). A pressão sobre os ecossistemas está dentro dos limites e com uma tendência de melhoria (ou seja, tendência decrescente) devido à redução da área agrícola utilizada (intensificação da agricultura). Para as restantes categorias, a situação é mista.

Tabela 6  
**Situação das categorias ambientais  
 em comparação com os limites ecológicos nacionais**

Categoria	Estado		
<b>Alterações climáticas</b> (1961-2016)	<b>Fora dos limites</b> Desde pelo menos 1989. Tendência: decrescente desde 2005.		
<b>Destruição da camada de ozono</b> (1979-2019)	<b>Fora dos limites</b> Para latitudes mais baixas (30S-30N)	<b>Na zona de risco</b> Para latitudes norte- e médias-sul (90S-30S)	<b>Dentro dos limites</b> Para latitudes médias- e altas-norte
<b>Pressão sobre os ecossistemas</b> (1961-2016)	<b>Dentro dos limites</b> Nos últimos 2 anos. Tendência: decrescente (melhorando) desde 1990		
<b>Poluição da água por azoto</b> (1961-2016)	<b>Fora dos limites</b> Desde 1971. Tendência: significativamente crescente desde 2011.		
<b>Poluição da água por fósforo</b> (1961-2016)	<b>Fora dos limites</b> Em todo o período analisado. Tendência: decrescente.		
<b>Consumo de água doce</b> (1961-2016)	<b>Fora dos limites</b> Em anos secos, desde 2008	<b>Dentro dos limites</b> Em anos médios e anos húmidos	

Categoria	Estado		
<b>Poluição atmosférica</b> (1990-2018 <sup>a</sup> ; 2003-2018 <sup>b</sup> ; 1995-2018 <sup>c</sup> )	<b>Fora dos limites</b> Emissões: NH <sub>3</sub> Conc.: PM <sub>2,5</sub> (diárias), O <sub>3</sub> (8-horas, OMS)	<b>Na zona de risco</b> Conc.: PM <sub>2,5</sub> (anual) PM <sub>10</sub> , SO <sub>2</sub> (diário, OMS)	<b>Dentro dos limites</b> Emissões: PM <sub>2,5</sub> , SO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , COV-NM Conc.: CO, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> (diário UE), O <sub>3</sub> (8-horas, UE)
<b>Produção e deposição de resíduos</b> (1960-2018 <sup>d</sup> ; 2008-2018 <sup>e</sup> )	<b>Fora dos limites</b> Produção de resíduos	<b>Na zona de risco</b> Eliminação de resíduos	

**Na zona de risco refere-se a:** (1) categorias ambientais que têm mais de um limite e que estão atualmente acima de um destes limites, mas dentro de outros; ou (2) categorias que têm apenas um limite e onde o indicador está acima desse limite, mas perto e com uma tendência decrescente (ou seja, uma tendência que está a aproximar-se do limite).

Notas à tabela: a. Para emissões; b. Para concentrações de PM<sub>2,5</sub>; c. Para concentrações dos restantes poluentes atmosféricos; d. Apenas para resíduos sólidos urbanos; e. Para resíduos sólidos sectoriais e totais.

Para a destruição da camada de ozono, o planeta está fora dos limites ecológicos apenas para latitudes mais baixas e na zona de incerteza/risco na zona do buraco de ozono e nas latitudes médias-sul, mas com a melhoria das tendências na espessura da camada de ozono nas latitudes do buraco de ozono. Para a consumo de água doce, Portugal está fora do limite para os anos secos e dentro do limite nas restantes situações; contudo, as tendências no consumo de água estão a aumentar, em parte devido à intensificação da agricultura. Para a poluição atmosférica, Portugal ultrapassa o limite das emissões de NH<sub>3</sub> (valor-limite da legislação nacional) e para concentrações médias diárias de PM<sub>2,5</sub>, concentrações médias octo-horárias para O<sub>3</sub> (para as Diretrizes da OMS e valores máximos nacionais). A poluição atmosférica encontra-se na zona de risco para concentrações anuais de PM<sub>2,5</sub>, concentrações de PM<sub>10</sub> e concentrações médias diárias de SO<sub>2</sub> para as Diretrizes da OMS (embora ainda dentro dos valores máximos nacionais). Para a produção e tratamento de resíduos, Portugal está fora dos limites para a produção de resíduos e na zona de risco para a deposição de resíduos. Este facto deve-se fundamentalmente à produção de resíduos sólidos urbanos (por oposição aos resíduos sectoriais/industriais), onde a produção de resíduos urbanos e as taxas de reciclagem municipal são baixas, com tendências agravantes (ou seja, os resíduos produzidos em aumento e as taxas de reciclagem são baixas).

As Figura 11, Figura 12, Figura 13, Figura 14 e Figura 15 apresentam estas tendências para os indicadores bem como os limites ecológicos respetivos.

Em termos de **alterações climáticas**, as emissões de GEE de Portugal atingiram o seu pico entre 1998 e 2005, começando a diminuir logo após. Independentemente do limite ecológico escolhido, Portugal está fora do limite. O ano em que Portugal ultrapassou o limite é que varia consoante o limite escolhido: desde 1967 (para o orçamento de emissões com pessoas-ano fixo) até 1980 (para o orçamento anual fixo, atualizado globalmente anualmente) ou mesmo 1989 (para o limite superior fixado pelo governo Português). Embora as alterações climáticas tenham ultrapassado o limite, existe uma tendência decrescente nas emissões de gases com efeito de estufa desde 2005. Ao mesmo tempo, os limites estão também a diminuir a uma taxa semelhante à taxa de diminuição das emissões de gases com efeito de estufa, e assim a diferença entre as emissões e o limite reduziu apenas ligeiramente. Como referido anteriormente, este deve-se ao facto de existir um “orçamento” de GEE até 2100 para se emitir sem que ocorra um aumento

da temperatura média anual da Terra acima dos 2°C. Quando este orçamento é dividido por anos, fica-se então com um orçamento anual. Quando as emissões num determinado ano ultrapassam esse orçamento anual, fica menos disponível a nível de orçamento para os anos seguintes. É por este motivo que o limite ecológico (=orçamento anual de GEE) pode vir a diminuir (se as emissões de GEE o ultrapassarem em determinado ano) ou aumentar (se as emissões de GEE estiverem abaixo deste).

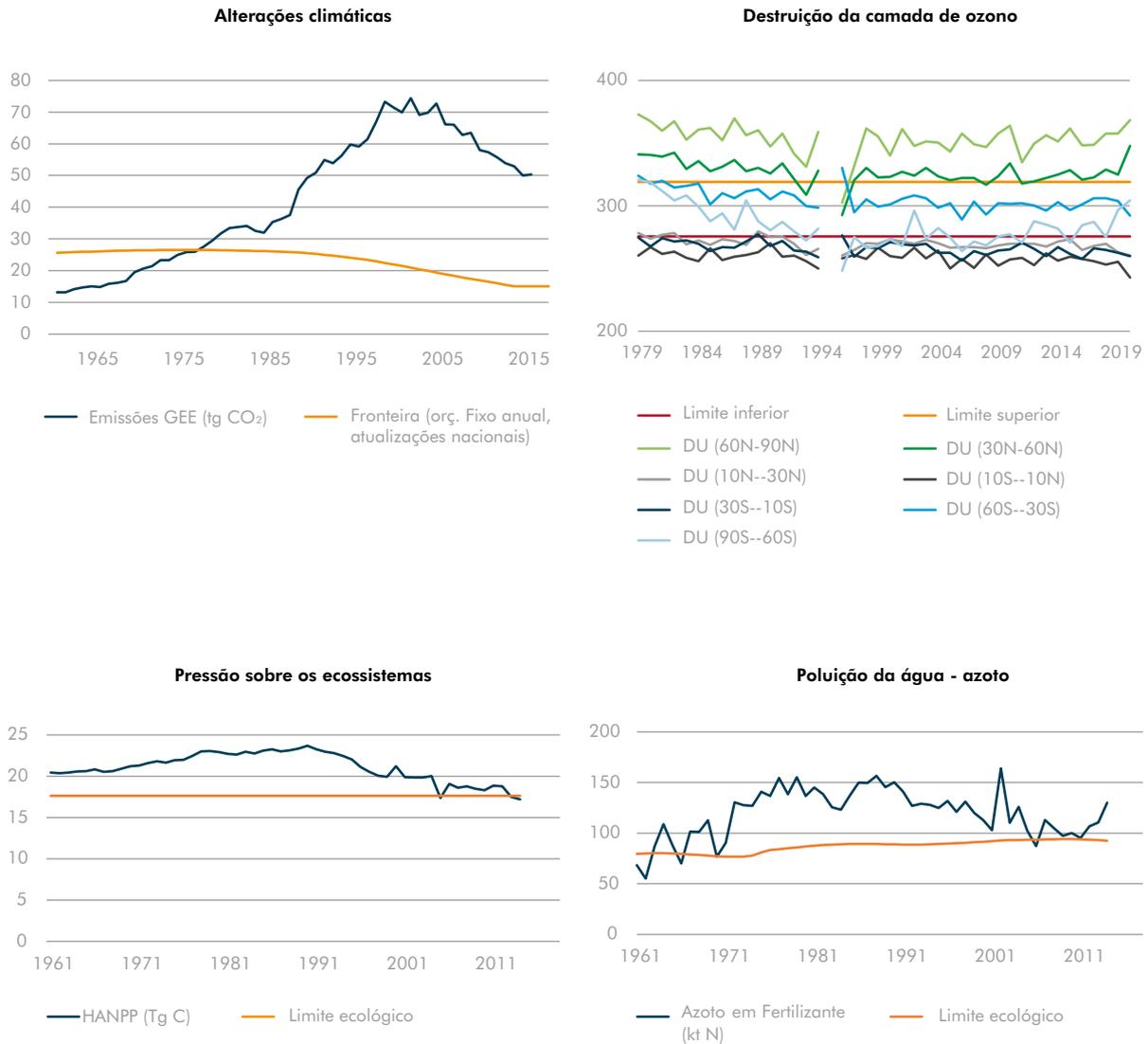
A forma como se passa do orçamento total de 2100 para um orçamento anual varia e o presente estudo explorou quatro abordagens diferentes (ver notas técnicas, Secção 7.1.2). Em 2018 Portugal emitia mais GEE do que o orçamento anual de GEE em todos estes limites ecológicos, o que resultou numa diminuição progressiva destes limites, Tabela 7.

Tabela 7  
**Varição dos limites para as emissões de GEE desde 1960 até 2018**

<b>Tipo de limite</b>	<b>Data em que se ultrapassou o limite</b> (início do decréscimo do limite)	<b>Varição 1960-2018</b> (valores negativos representam redução do limite ecológico)
Orçamento anual fixo, com atualizações internacionais	<1960	-72%
Orçamento anual fixo, com atualizações nacionais	1989	-41%
Orçamento anual fixo e população fixa	1977-78	-45%
Orçamento fixo para pessoa.ano	1981	-43%

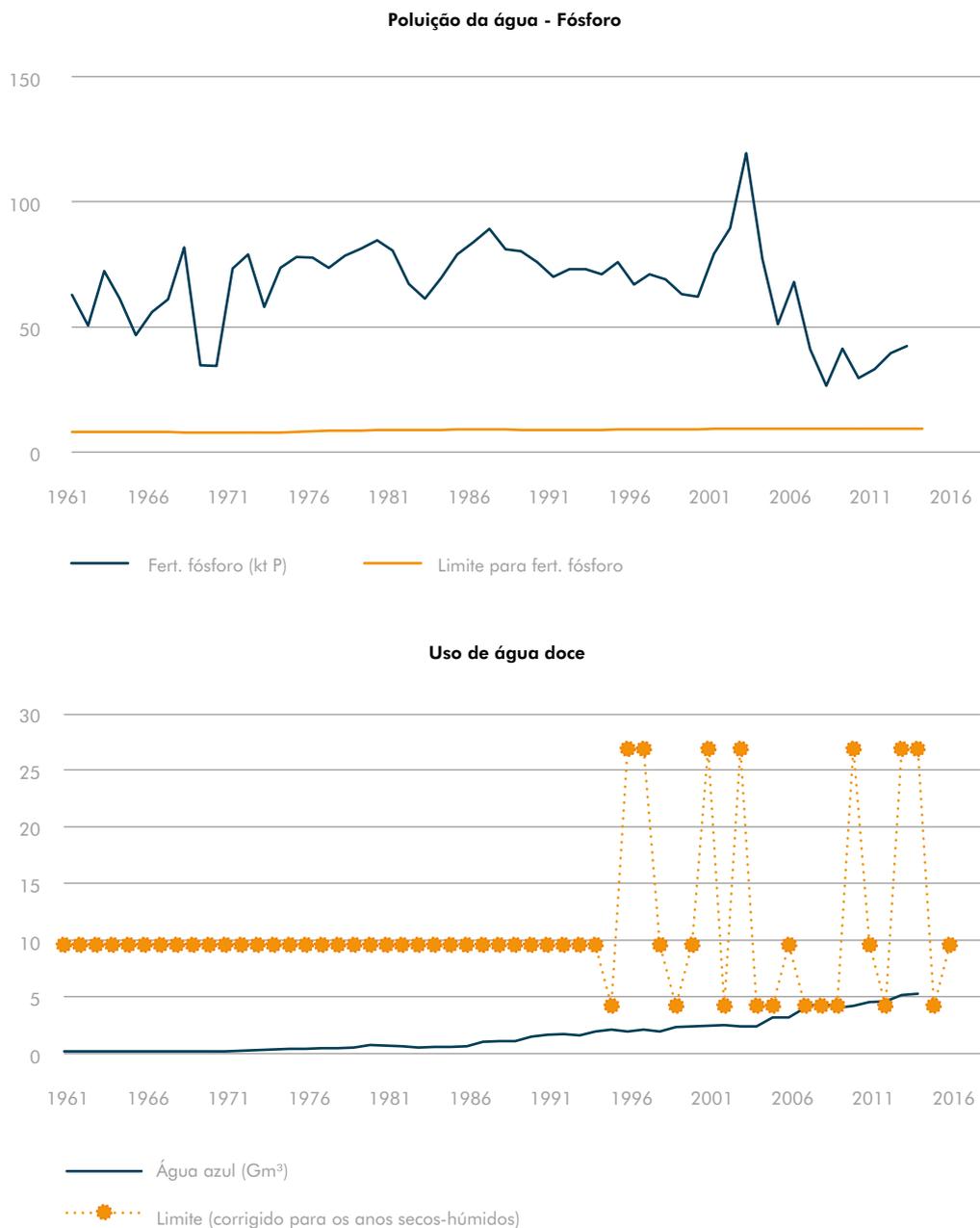
Linha a azul representa o limite mais usado no relatório.

Figura 11  
**Pegadas e limites por indicador ambiental**



**Limites:** alterações climáticas - limite do Acordo de Paris (em TgCO<sub>2</sub>e) com orçamento anual fixo e valores atualizados globalmente em 1960; Destruição da camada de ozono - limite da espessura da camada de ozono definida em Steffen et al (2015) (em DU); Pressão sobre os ecossistemas (HANPP) - 33% da produção primária líquida em Portugal (Tg C); poluição da água - limites per capita baseados em O'Neill et al. (2018) multiplicados pela população portuguesa em 2010 (em kt N e kt P).

Figura 11  
(cont.)



**Limites apresentados:** Poluição da água - limites per capita baseados em O'Neill et al. (2018) multiplicados pela população portuguesa em 2010 (em kt N e kt P); água doce - caudal ecológico mínimo corrigidos para anos secos e húmidos (Gm³).

Figura 12  
**Pegadas e limites para poluição atmosférica:  
 emissões anuais (kt)**



Os limites para as emissões anuais de poluentes atmosféricos foram definidos com base na legislação portuguesa (quilotoneladas de poluente).

Figura 12  
(cont.)

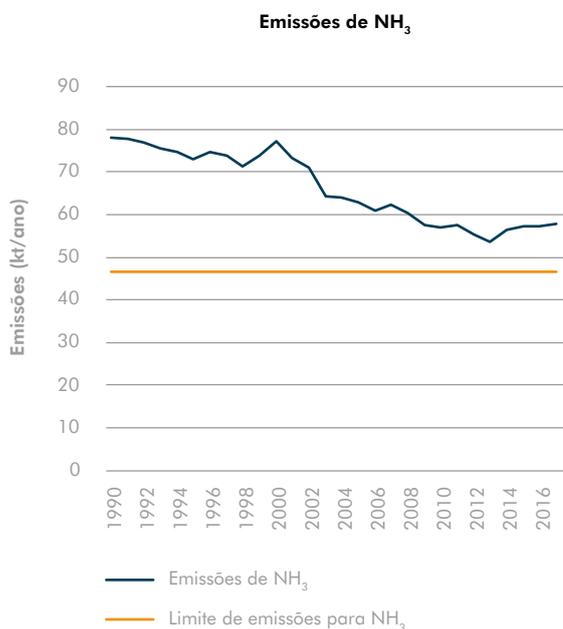


Figura 13  
**Pegadas e limites para poluentes atmosféricos: concentrações (mg/m<sup>3</sup> para CO, µg/m<sup>3</sup> para os restantes poluentes)**

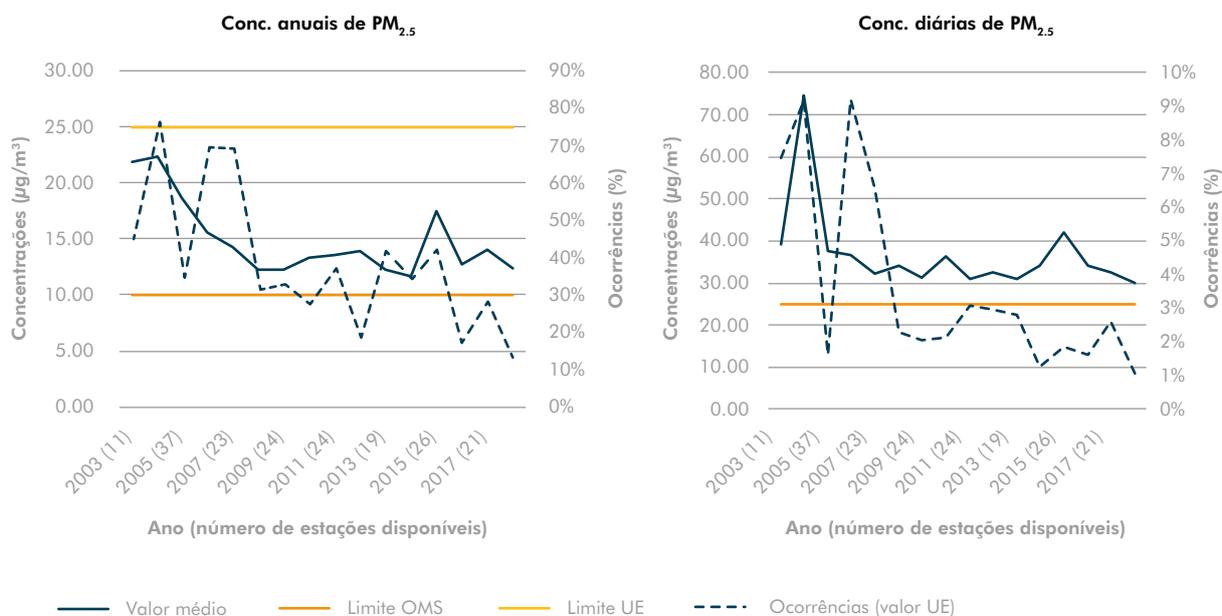
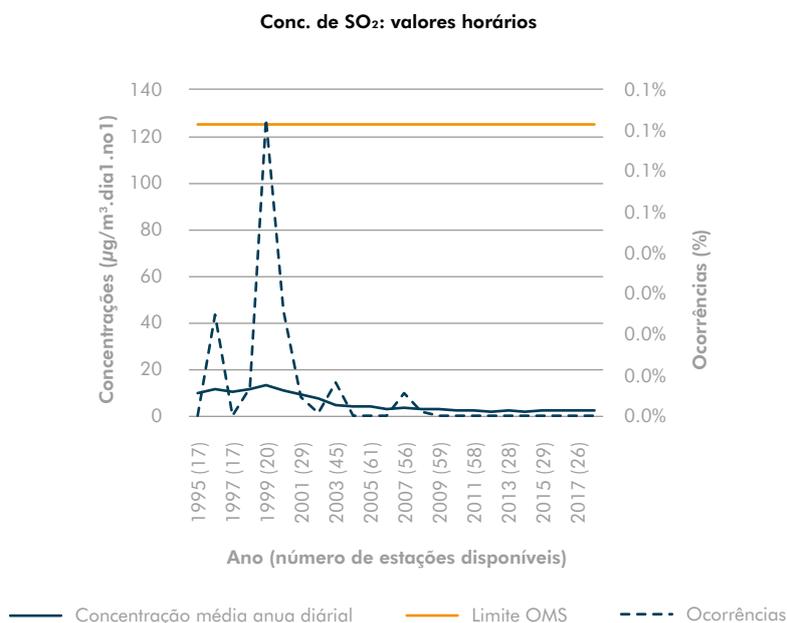
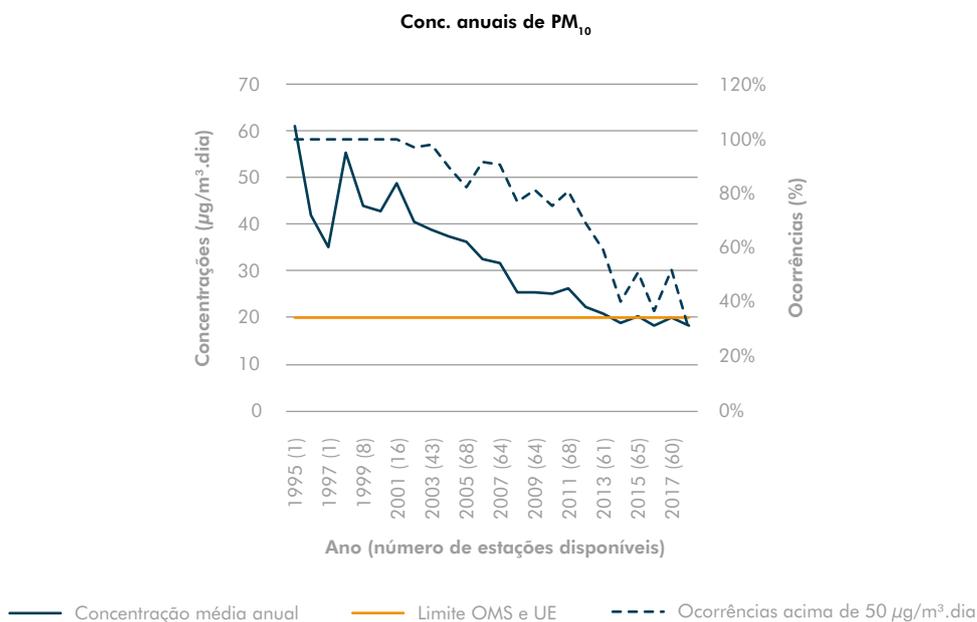


Figura 13  
(cont.)



Os valores entre parênteses no eixo x representam o número total de estações nesse ano.

**Ocorrências:** número de vezes que cada estação excedeu o valor limite dividido pelo número total de estações e tempo total (1 ano ou 365 dias/ano, dependendo do tipo de concentração).

Os **limites** para as concentrações de poluentes atmosféricos foram definidos com base nas Diretrizes da OMS e pela legislação nacional (µg/m³, mg/m³). As concentrações são medidas à hora. Foram estimadas médias aritméticas com base nos valores horários para produzir médias de 1 ano, 1 dia ou 8 horas, dependendo dos valores-limite.

Figura 13  
(cont.)

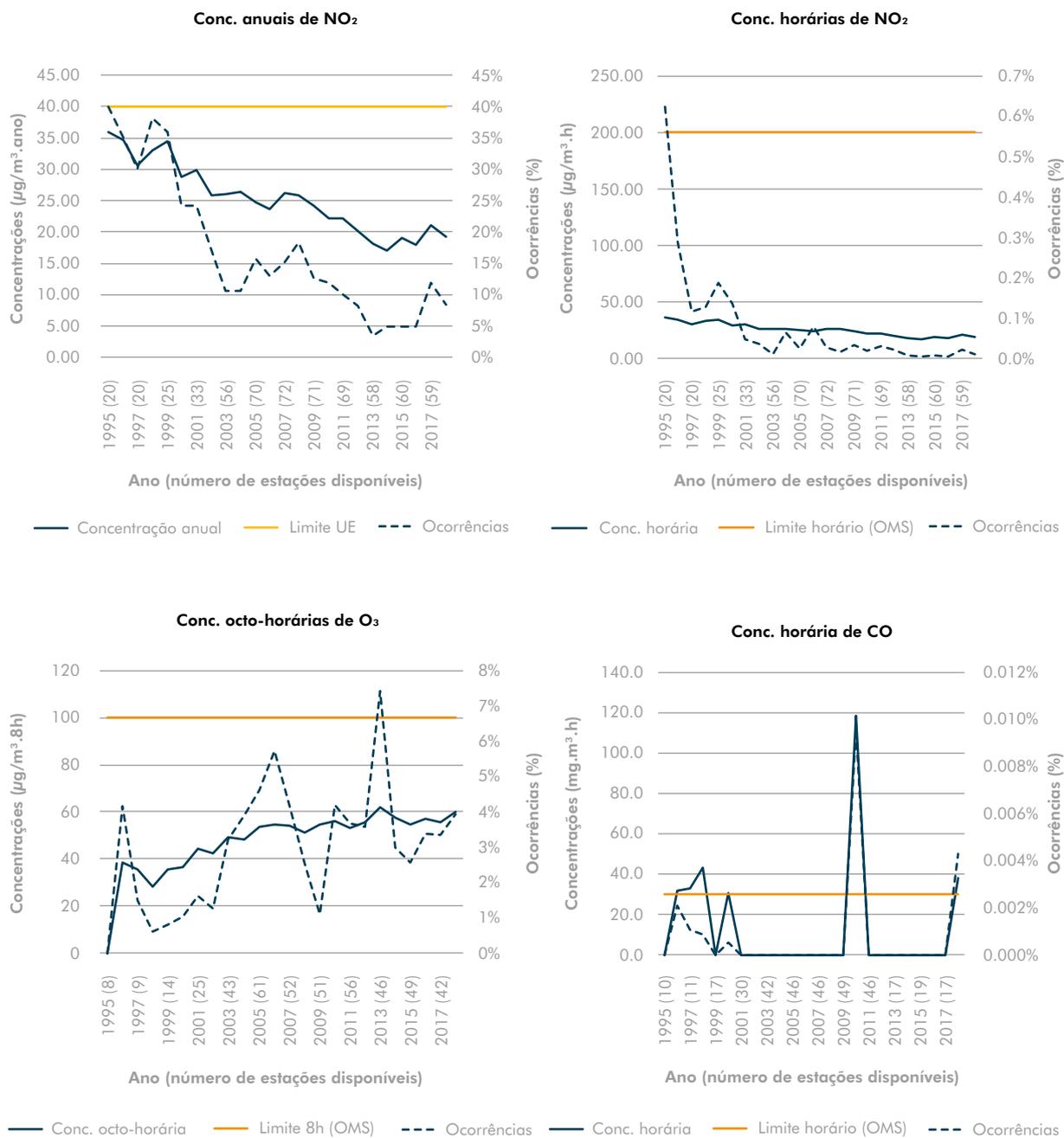


Figura 13  
(cont.)

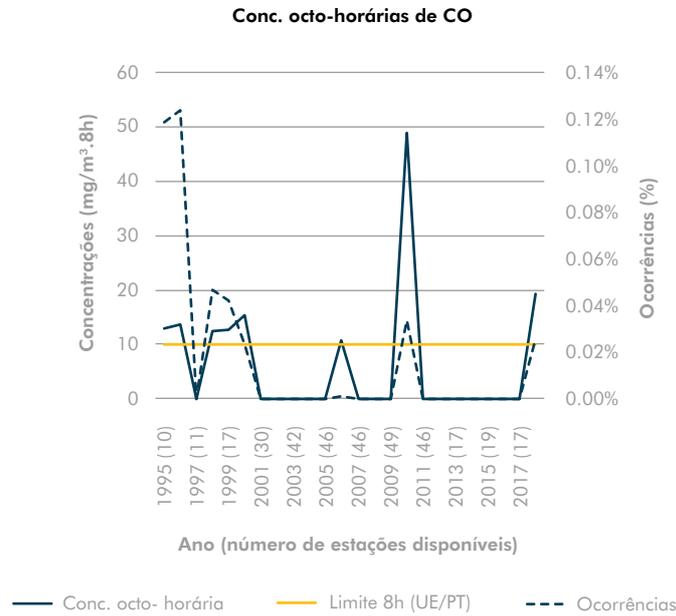


Figura 14  
**Pegadas e limites dos poluentes atmosféricos: para limites em termos de número de ocorrências acima dos valores máximos**

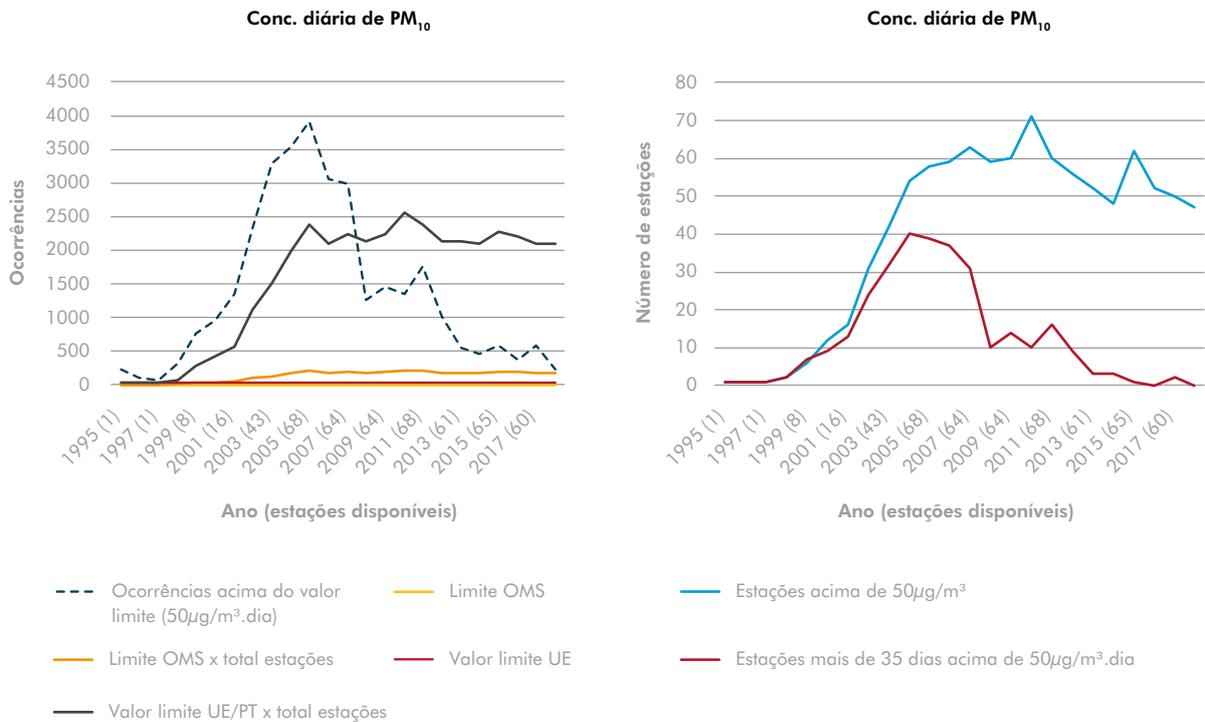
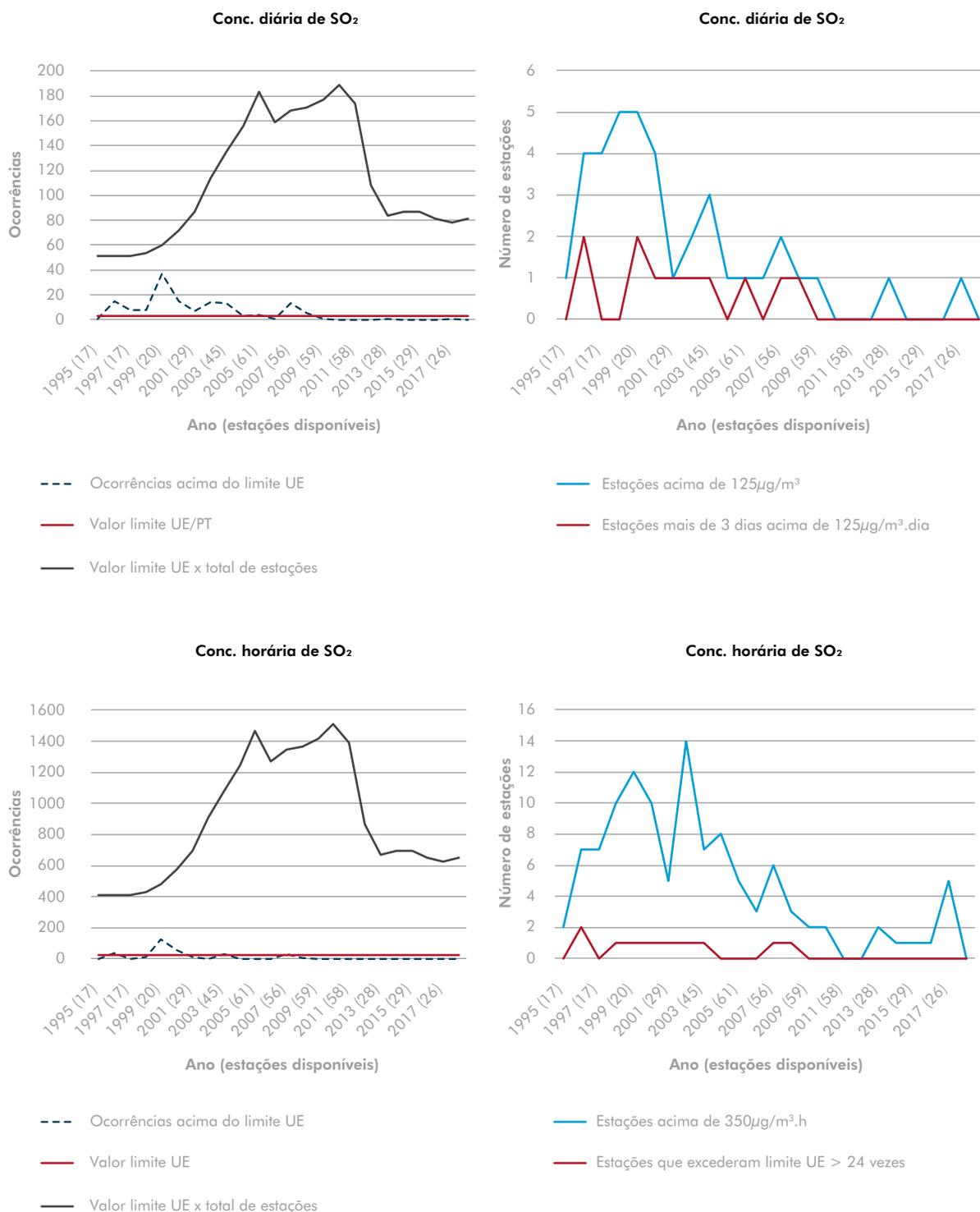
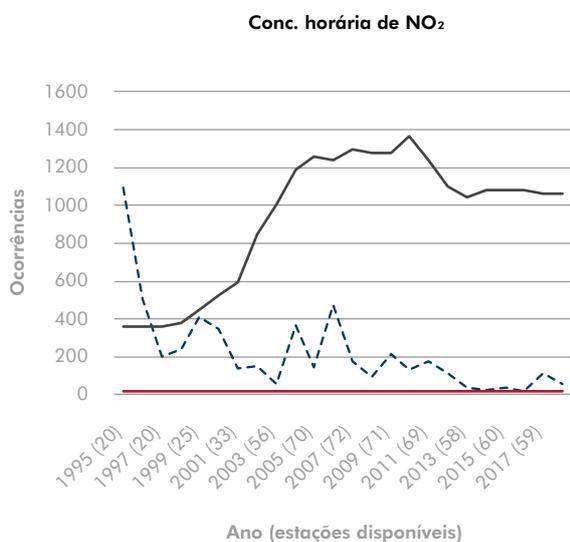


Figura 14  
(cont.)

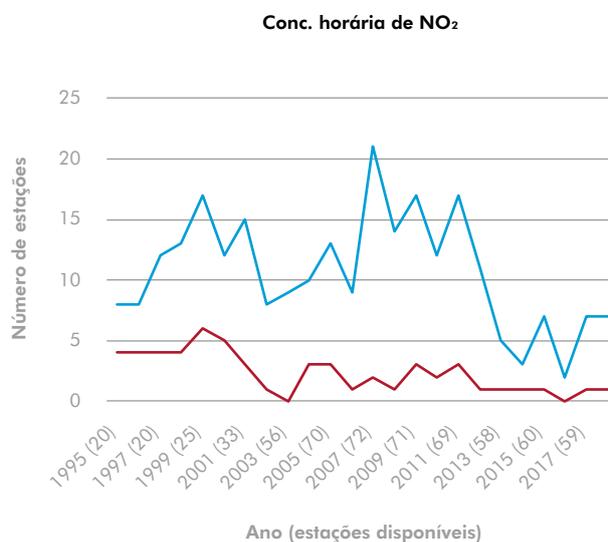


Os valores entre parênteses no eixo x representam o número total de estações nesse ano. **Ocorrências:** número total de ocorrências acima dos valores máximos para todas as estações dividido pelo total de estações e tempo total num ano (em dias/ano ou horas/ano, dependendo do tipo de concentração). **Limite inferior:** limite português (UE); **Limite superior:** limite português (UE) multiplicado pelo total de estações.

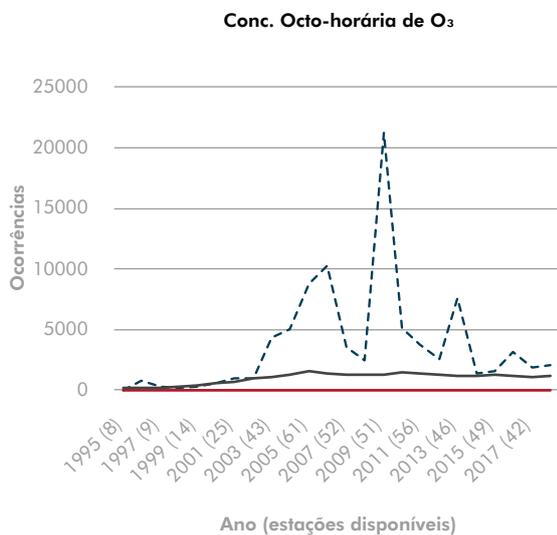
Figura 14  
(cont.)



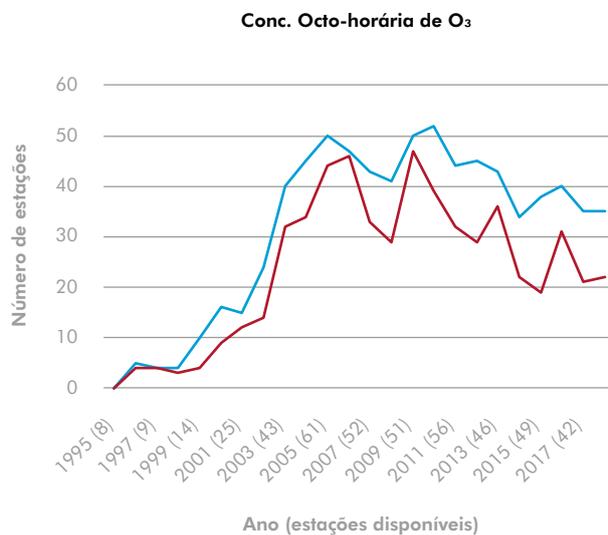
--- Ocorrências acima do limite UE  
 — Valor limite UE  
 — Valor limite UE x total de estações



— Estações acima de 200 µg/m3.h  
 — Estações que excederam limite UE > 18 vezes

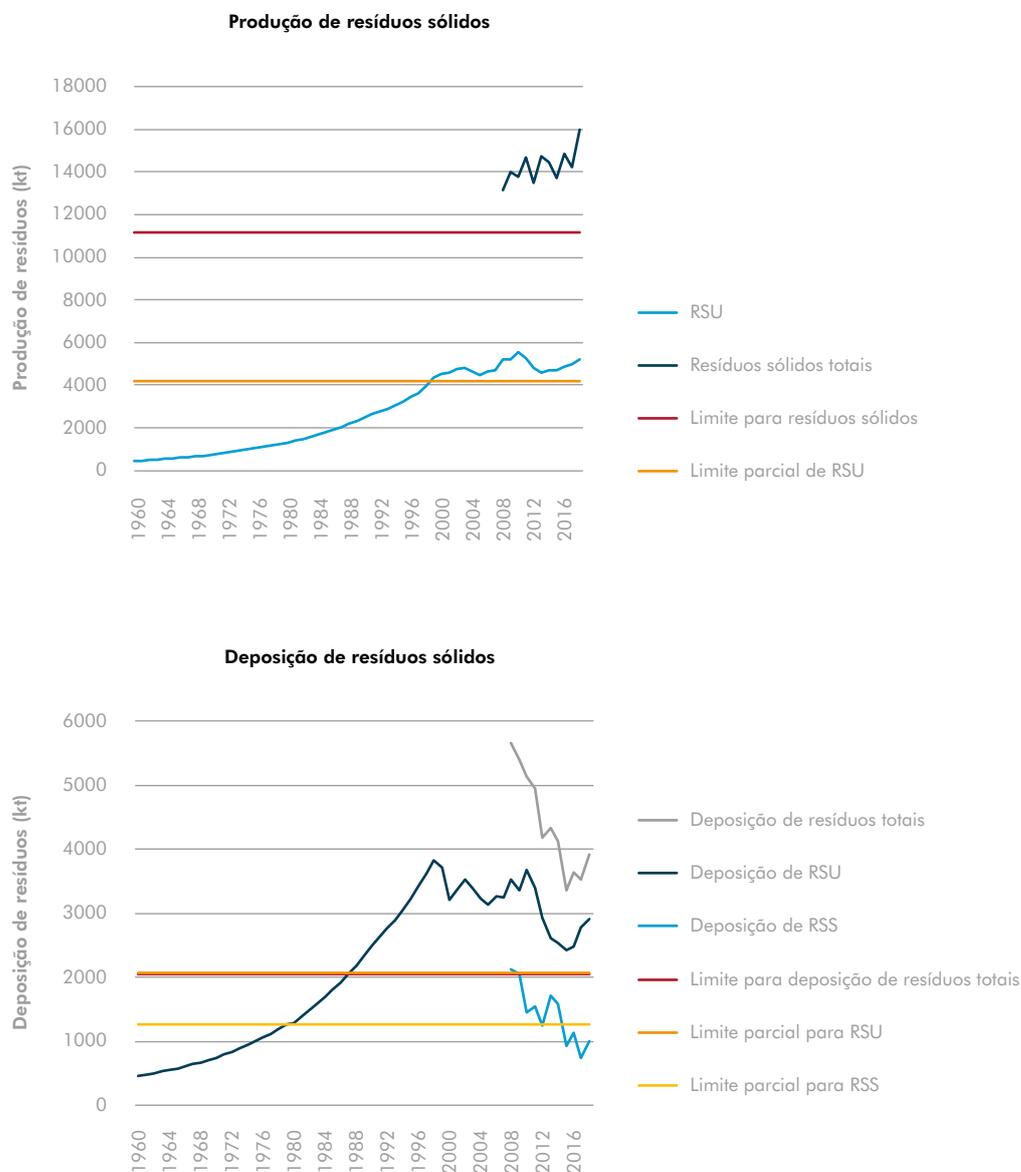


--- Ocorrências acima do limite UE  
 — Valor limite UE  
 — Valor limite UE x total de estações



— Estações acima de 120 µg/m3.8h  
 — Estações que excederam limite UE > 25 vezes

Figura 15  
**Pegadas e limites para os indicadores de resíduos**



Para a produção de resíduos sólidos, o limite refere-se a 20% (em peso) dos resíduos produzidos em 2009. Para a deposição de resíduos, o limite refere-se a uma redução de 28% (em peso) dos resíduos depositados em aterro até 2020, com base no valor de 2009. São também apresentados limites parciais para resíduos sólidos urbanos (RSU) e resíduos sólidos sectoriais (RSS).

A **espessura da camada de ozono** tem vindo a melhorar para as latitudes 60N-90N, 30N-60N e 90S-60S. Para as restantes, é possível ver uma diminuição face a 1979. Dois grupos de latitudes encontram-se dentro dos limites (60N-90N e 30N-60N). Dois grupos de latitudes estão na zona de risco/incerteza (60S-30S e 90S-60S), um dos quais refere-se à zona do buraco de ozono, que tem vindo a melhorar, passando da zona de perigo para a zona de incerteza durante o período analisado. Três grupos de latitudes encontram-se na zona de perigo (10N-30N, 10N-10S e 30S-10S), estes referem-se às latitudes baixas, onde a camada de ozono é naturalmente mais fina e onde um novo fenómeno de destruição da camada tem vindo a ser observado (Ball et al., 2018).

A **pressão sobre os ecossistemas** em Portugal aumentou de 1961 até 1978, onde permaneceu relativamente estável até 1990, quando começou a diminuir até 2014. Entre 2015 e 2016, os valores começaram a aumentar. Os valores situaram-se dentro dos limites entre 2013 e 2016. Em particular para 2010 (ano das análises realizadas em Steffen et al (2015) e O'Neil et al (2018)), os resultados do presente estudo mostram que Portugal passou a fronteira (embora perto desta), o que é consistente com os resultados apresentados em O'Neill et al (2018), onde, apesar de ser uma abordagem baseada no consumo, Portugal tinha também passado a fronteira, embora estando próximo dessa fronteira.

A **utilização de azoto** tem estado fora dos limites desde 1964. Apesar da variabilidade anual, podemos ver uma tendência crescente até cerca de 1988, com o maior aumento a acontecer até 1977. A partir de 1988, verifica-se uma diminuição dos fertilizantes à base de azoto. Para a **utilização de fósforo**, Portugal excedeu o limite durante todo o período analisado. Apesar da grande variabilidade anual, o uso de fósforo diminuiu de 1987 a 2008.

O **consumo de água doce** tem vindo a aumentar em Portugal desde 1971 até 2016, com algumas exceções. O uso de água diminuiu nos períodos entre 1981-1985 e entre 2015-2016. Desde 2008, Portugal tem estado fora da fronteira durante os anos secos. Isto significa que nos anos secos haverá impactes nos ecossistemas em algumas das bacias hidrográficas portuguesas. Esta fronteira reflete médias anuais para todo o país, e, por conseguinte, os impactes resultantes das variações mensais e da variabilidade local (por exemplo, norte vs. sul) não são capturados por este limite.

Em termos de **poluentes atmosféricos**, as emissões anuais de  $PM_{2.5}$  (Figura 12) estão dentro dos limites desde 2012. As concentrações médias anuais de  $PM_{2.5}$  (Figura 13) estão, em média, dentro dos valores da legislação portuguesa, mas ainda fora das Diretrizes da OMS. O número de estações acima dos valores-guia anuais tem vindo a diminuir, mas ainda estão acima dos 10%. O número de ocorrências acima das Diretrizes da OMS para concentrações médias diárias de  $PM_{2.5}$  diminuiu de quase 10% em 2006 para 1-3% durante os últimos 11 anos.

As concentrações médias anuais de  $PM_{10}$  (Figura 13) têm vindo a diminuir e estão em torno do valor-limite desde 2014. O número de estações acima do valor-limite também tem vindo a diminuir e apenas 18 em 60 estações estavam acima do valor-limite em 2018 (30%). O número de dias que uma estação está acima do valor diário de  $PM_{10}$  está dentro dos limites da UE (não excedendo 35 dias por ano) mas muito acima das Diretrizes da OMS (não excedendo 3 dias por ano), Figura 14.

As emissões anuais de  $SO_2$  têm vindo a diminuir e estão dentro dos limites desde 2010. As concentrações diárias médias de  $SO_2$  estão dentro do limite durante o período analisado, embora ainda haja ocorrências acima do valor limite para algumas estações. Estas ocorrências tiveram uma grande redução nos seus números, representando 0,2% do total de ocorrências potenciais em 2018 (22 ocorrências em 6 estações). O número de dias que uma estação está acima do valor diário de  $SO_2$  está dentro dos limites máximos da UE (não excedendo 3 dias por ano a 125 mg/m<sup>3</sup>.dia) desde 2009 (Figura 14). O número de horas que uma estação está acima do valor horário de  $SO_2$  está dentro dos limites máximos da UE (não excedendo 24 horas por ano os 350 mg/m<sup>3</sup>.h) desde 2009 (Figura 14).

As concentrações médias de CO octo-horárias estão dentro dos limites desde 2000, exceto em 2006, 2010 e 2018 (Figura 13). O número de ocorrências acima do valor-limite da UE é baixo. Em 2018, apenas uma estação apresentou valores acima dos valores-limite. Isto aconteceu 36 vezes (36 períodos de 8 horas) nesse ano, representando 0,026% do total de ocorrências. As concentrações médias de CO horárias estão dentro dos limites desde 1998, exceto em alguns casos pontuais (2000, 2010 e 2018), (Figura 13). O número de ocorrências acima dos valores-limite é baixo. Em 2018, apenas uma estação apresentou valores acima dos valores-limite durante 6 horas nesse ano (representando 0,0043% do tempo total de estações disponíveis num ano).

As emissões anuais de NO<sub>2</sub> têm vindo a diminuir desde 2002 e estão dentro dos limites desde 2012 (Figura 12). As concentrações médias de NO<sub>2</sub> anuais estão dentro do limite em todo o período analisado, e o número de estações acima do valor limite tem vindo a diminuir, situando-se em 8% em 2018 (o que corresponde a 5 estações em 59). As concentrações médias de NO<sub>2</sub> horárias estão bem dentro do limite e o número de estações-horas acima do valor-limite tem vindo a diminuir, situando-se em 0,01% (7 estações com 54 horas acima do valor-limite no total) em 2018 (Figura 13). O número de horas que uma estação está acima do valor horário de NO<sub>2</sub> tem estado acima dos limites da UE (não excedendo 18 horas por ano 200 mg/m<sup>3</sup>.h), mas com muito poucas situações (Figura 14), representando 0,01% do total de situações em 2017 e 2018 (ou seja, 1 estação com 74 horas acima do limite ou 34 horas acima do limite em 2017 e 2018, respetivamente).

As emissões anuais de COV-NM têm vindo a diminuir desde 1998 e estão dentro dos limites desde 2008 (Figura 12), no entanto, a diferença entre a tendência do indicador e a diferença está a diminuir, colocando este indicador numa zona de perigo.

As concentrações médias de O<sub>3</sub> octo-horárias têm vindo a aumentar em média, mas ainda estão dentro das Diretrizes da OMS. O número de ocorrências acima do valor limite também tem vindo a aumentar, correspondendo a 3,9% em 2018 (35 estações em 45 reportaram um total de 15 517 períodos médios de 8 horas acima do valor limite). As concentrações médias octo-horárias de O<sub>3</sub>, embora acima dos limites da UE desde 2003 (excedendo 25 dias acima do limite de 120 mg/m<sup>3</sup>.8h num ano), Figura 14, representa menos de 1% do total de ocorrências potenciais desde 2014 (ou seja, número total de ocorrências acima dos valores máximos para todas as estações dividido pelo total de estações e períodos totais de 8 horas disponíveis num ano).

Embora as emissões anuais de NH<sub>3</sub> tenham diminuído no período analisado (exceto para o período a partir de 2013), as emissões mantiveram-se acima do limite durante todo o período.

Para a **produção de resíduos** sólidos, Portugal encontra-se fora dos limites (Figura 15). Para o limite parcial nos RSU, Portugal está fora do limite desde 1999. A tendência é para aumentar a produção de resíduos, aumentando a diferença entre o limite ecológico e a produção de resíduos. O aumento da produção de resíduos significa que mais materiais estão a ser dirigidos para os sistemas de gestão de resíduos, o que traz alguns impactos ambientais (em termos de recursos utilizados, energia e emissões). Em termos de eliminação de resíduos, Portugal está apenas dentro da fronteira para os resíduos sectoriais (em termos da fronteira parcial para a eliminação de resíduos sectoriais). Para os resíduos municipais e resíduos totais, a quantidade de resíduos depositada em aterro está fora do limite.

Ao observarmos estas tendências, podemos ver que as emissões de COV-NM, embora dentro do limite, dado que a diferença entre a tendência do indicador e o limite está a diminuir, estão numa zona de perigo. Por outro lado, para a destruição da camada de ozono para as latitudes entre 90S-60S e as concentrações horárias de NO<sub>2</sub>, embora ainda na zona de incerteza do limite, estes indicadores mostram uma tendência de melhoria.

**Em resumo**, as áreas de preocupação são: alterações climáticas, destruição da camada de ozono (para latitudes entre 30N-30S e entre 60S-30S), fluxos de N e P, consumo de água doce, poluição atmosférica (para as emissões de COV-NM e NH<sub>3</sub>, concentrações anuais de PM<sub>2,5</sub>, concentrações diárias de PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> e concentrações de O<sub>3</sub>) e produção e deposição de resíduos (em termos de produção de resíduos e eliminação de resíduos sólidos urbanos). As razões pelas quais estas são áreas de preocupação prendem-se com estes indicadores:

- ultrapassarem o limite ecológico e a distância entre o limite e a sua tendência estar a aumentar (os casos de alterações climáticas, destruição da camada de ozono para as latitudes entre 30N-30S, fluxos de N e P, consumo de água doce, emissões de NH<sub>3</sub>, concentrações de O<sub>3</sub>, produção total de resíduos, eliminação de resíduos sólidos urbanos);
- estarem na zona de incerteza dos limites e a distância entre as suas tendências e o limite não estar a diminuir (os casos de destruição da camada de ozono para as latitudes entre 60S-30S, HANP, PM<sub>2,5</sub> concentrações anuais);
- estarem dentro dos limites, mas a diferença entre a tendência do indicador e o limite está a diminuir (o caso das emissões de COV-NM);
- ultrapassarem o limite, embora a distância entre a tendência do indicador e o limite estar a diminuir (caso das concentrações diárias de PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>).

Destas áreas, e comparando a situação das pegadas e dos seus limites no último ano, bem como a sua evolução nos últimos anos (Tabela 8), pode-se afirmar que as áreas ambientais mais prementes para Portugal são as alterações climáticas, a poluição da água por fósforo e o consumo de água doce. Isso ocorre porque: (1) as alterações climáticas e a poluição da água por fósforo são os dois indicadores que apresentam a maior distância entre sua pegada e seu limite no último ano (défice), ou (2) a poluição da água por fósforo e o consumo de água doce apresentam a maior taxa de crescimento, o que significa que a situação nesses indicadores irá agravar-se rapidamente.

Tabela 8  
**Distância entre a pegada e o seu limite (défice),  
 e tendências das pegadas nos últimos anos de análise**

<b>Categoria ambiental</b>	<b>Défice ecológico (% acima do limite) <sup>(a)</sup></b>	<b>Tendência da pegada nos últimos anos (normalizada)</b>
<b>Alterações climáticas</b>	2.34	-0.03
<b>Destruição da camada de ozono</b>	0.14	-0.01
<b>Pressão nos ecossistemasW</b>	0.00	0.01
<b>Poluição da água por azoto</b>	0.12	-0.09
<b>Poluição da água por fósforo</b>	4.22	0.13
<b>Consumo de água doce</b>	0.20	0.09
<b>Emissões anuais de amónia</b>	0.24	0.02
<b>Concentrações medias diárias de PM<sub>2,5</sub></b>	0.20	-0.09
<b>Concentrações medias octo-horárias de O<sub>3</sub></b>	-0.40	-
<b>Produção de resíduos sólidos urbanos</b>	0.25	0.02

(a) Défice = (pegada no último ano – limite nesse ano) / (pegada no último ano).

As áreas menos preocupantes são a camada de ozono para as latitudes entre 90S-60S (a latitude do buraco de ozono), 60N-30N e 90N-60N, pressão sobre os ecossistemas, emissões de  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$  e  $NO_2$ , concentrações anuais de  $PM_{10}$ , concentrações diárias de  $SO_2$ , concentrações horárias de  $SO_2$  e  $NO_2$  e eliminação de resíduos sólidos sectoriais. Isto deve-se a estes indicadores:

- estarem dentro dos limites e a sua tendência atual irá mantê-los nessa situação (para a destruição da camada de ozono nas latitudes entre 90N-30N, emissões de  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$  e  $NO_2$ , concentrações anuais de  $PM_{10}$ , concentrações diárias de  $SO_2$ , concentrações horárias de  $SO_2$  e deposição de resíduos sólidos sectoriais),
- embora ainda na zona de incerteza da fronteira, mostrarem uma tendência de melhoria (para a diminuição da camada de ozono para as latitudes entre 90S-60S e concentrações horárias de  $NO_2$ ).

As limitações da abordagem seguida são: (1) sendo uma abordagem territorial, apenas explica as pressões exercidas dentro das fronteiras nacionais, não sendo contabilizados os impactes do consumo de bens e serviços importados; (2) os impactes locais são diluídos à medida que os impactes são analisados em termos nacionais. Isto é particularmente relevante para a água (onde a escassez regional de água (por exemplo, no Sul) é diluída com regiões com menor escassez) e a poluição atmosférica, em particular, a poluição relacionada com o tráfego, onde os limites podem ser transgredidos localmente, mas não quando as médias nacionais são analisadas; (3) alguns poluentes atmosféricos, como os metais pesados em PM não foram contabilizados devido à falta de dados. Ainda assim, os resultados aqui apresentados fornecem uma boa indicação do estatuto do território português. Para os casos de concentrações de poluição atmosférica e utilização da água, quando estas se encontram dentro dos limites nacionais, pode haver situações locais em que os limites são transgredidos.

**3.**

**HIPÓTESES  
EXPLICATIVAS  
PARA A UTILIZAÇÃO  
DE RECURSOS  
NATURAIS  
E EMISSÕES  
EM PORTUGAL**

---



Este Capítulo apresenta hipóteses explicativas para as tendências observadas nos indicadores ambientais analisados no Capítulo 2. Para a definição destas hipóteses foram analisadas as relações dos indicadores ambientais com variáveis como o PIB, a procura de energia (energia final, energia útil e exergia final e útil) em diferentes setores, agricultura (área, número de maquinaria em uso, produção, número de animais), modos de transporte, identificando as relações entre as variáveis e identificando estudos para apoiar estas potenciais relações.

Neste Capítulo, primeiro é apresentada a abordagem seguida (secção 3.1), depois os resultados por hipóteses explicativas (secção 3.2), que vão desde a política energética, em particular, as políticas que afetam o *mix* de eletricidade, até às políticas de resíduos. O capítulo termina com as mensagens chave deste capítulo (Secção 3.3) e depois os resultados. No final deste documento é apresentada uma Nota Técnica que descreve em mais pormenor a dinâmica histórica do PIB (secção 7.2.2) e a sua relação com os diferentes sectores (secção 7.2.3) e uma descrição das principais políticas sectoriais analisadas nesta secção (secções 7.2.4 a 7.2.9).

## 3.1

### ABORDAGEM SEGUIDA

---

O trabalho efetuado começou com uma revisão da literatura sobre os indicadores ambientais para compreender as suas potenciais causas e ligações com fatores históricos em Portugal (uma breve panorâmica é apresentada na Nota Técnica 2, secção 7.2.1). Isto permitiu-nos identificar variáveis ligadas aos indicadores (por exemplo, PIB, procura de energia, área agrícola) e as ligações destas variáveis com acontecimentos históricos em Portugal.

Foi analisada a relação entre estas variáveis e os indicadores ambientais através da identificação de padrões comuns na dinâmica das variáveis e dos indicadores (visualmente), correlações entre estes, e, para o caso das concentrações de poluentes atmosféricos, analisando dados mais detalhados sobre a tipologia das estações de monitorização da qualidade do ar, comunicando as concentrações mais elevadas para cada poluente<sup>2</sup>.

Finalmente, foram analisados os efeitos dos acontecimentos históricos nas variáveis, permitindo ligar os acontecimentos históricos aos indicadores ambientais, formulando hipóteses explicativas para a dinâmica dos indicadores. Isto foi feito através do mapeamento dos eventos históricos ao longo do tempo com as variáveis e os indicadores para identificar os efeitos dos eventos nas variáveis e indicadores.

A Figura 16 apresenta uma visão geral da abordagem seguida neste capítulo.

---

<sup>2</sup> Esta última abordagem foi introduzida porque se trabalhou com valores médios a nível nacional, embora as concentrações de poluentes serem fenómenos locais. Isto significa que, utilizando a mesma abordagem que foi utilizada para os restantes indicadores, alguns dos efeitos/ligações entre as variáveis e as concentrações de poluentes atmosféricos ficam diluídos (picos locais de concentrações ficam diluídos em médias nacionais). Esta análise mais localizada permitiu-nos combater esta diluição.

Figura 16

### Visão geral da abordagem seguida para ligar os acontecimentos históricos aos indicadores ambientais



## 3.2

# EFEITO DAS POLÍTICAS NA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS E NAS EMISSÕES DE POLUENTES

A Tabela 9 apresenta um resumo dos setores que afetam os indicadores ambientais analisados, com base na literatura analisada (detalhes na secção 7.2.1). As secções seguintes exploram estas relações em pormenor.

Tabela 9

### Principais relações entre indicadores ambientais e sectores económicos

Sector	Indicador ambiental	Fonte
PIB	Produção de resíduos	APA (2019a)
Indústrias da energia	Alterações climáticas, poluição atmosférica	APA (2019a), EEE (2019), OMS (2018)
Transporte rodoviário	Alterações climáticas, poluição atmosférica	APA (2019a), EEE (2019), OMS (2018)
Indústria (produção)	Alterações climáticas, destruição da camada de ozono, poluição atmosférica	APA (2019a), EEE (2019), OMS (2018)
Consumo doméstico e serviços (consumo)	Destruição da camada de ozono, consumo de água doce, poluição atmosférica	PNGBH, EEA (2019), QUE (2018)
Agricultura	Alterações climáticas, destruição da camada de ozono, pressão sobre os ecossistemas, poluição da água (N e P), consumo de água doce, poluição atmosférica	APA (2019a), PNGBH, Krausmann et al. (2013), EEA (2019), OMS (2018)
Política de resíduos	Eliminação de resíduos	APA (2019a)

### 3.2.1 Política energética

A produção de energia, devido à utilização de combustíveis fósseis como o carvão, petróleo e gás natural, afeta as alterações climáticas e poluição atmosférica ( $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ , COV-NM).

As hipóteses explicativas resultantes deste estudo são que (1) o PIB afetou a procura de eletricidade e os custos da utilização do carvão, mas (2) as políticas de descarbonização, em particular as que reduzem o uso de carvão e o petróleo na produção de eletricidade, tiveram um efeito significativo em termos de alterações climáticas e poluição atmosférica. A dinâmica do PIB (crescimento, estagnação, recessão) afeta indiretamente os indicadores ambientais ao afetar as atividades económicas e ao proporcionar rendimentos familiares que conduzem a uma maior procura de energia. A última recessão, entre 2010 e 2013, levou a uma redução da atividade industrial, levando a um aumento das licenças de  $CO_2$  não utilizadas, o que levou a uma redução do preço das licenças de emissão de  $CO_2$  no Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE). Este efeito foi visível porque, ao mesmo tempo, os preços internacionais do carvão diminuíram devido a um aumento internacional da oferta nesse período.

As políticas governamentais que afetaram o *mix* elétrico, em particular as que reduzem a utilização de carvão e gásóleo (por exemplo, introdução do gás natural, investimento em fontes renováveis de eletricidade) afetaram os indicadores ambientais analisados.

Nos parágrafos seguintes são descritas a relação entre os indicadores ambientais e estas hipóteses explicativas. Nas notas técnicas é apresentada uma descrição mais detalhada da dinâmica do PIB (secção 7.2.2), a sua relação com a eletricidade (secção 7.2.3) e uma visão geral da política energética em Portugal (secção 7.2.4).

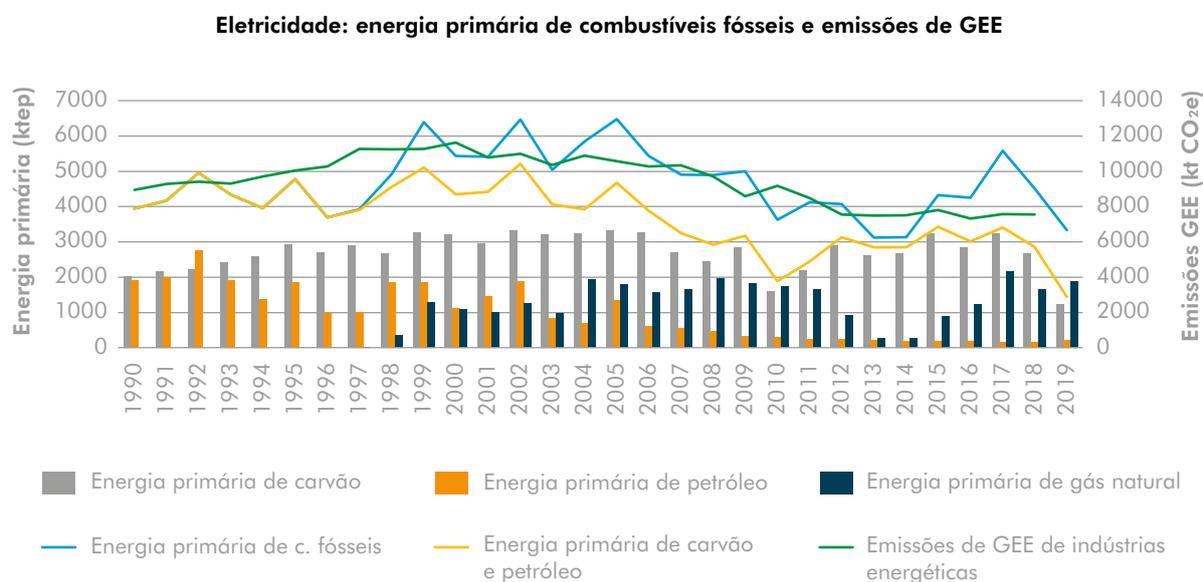
## Alterações climáticas

O sector da eletricidade representou 26,5% das emissões portuguesas de GEE em 2018 (APA, 2019a). As emissões de GEE do sector da eletricidade provêm da utilização de combustíveis fósseis. Dentro dos combustíveis fósseis, o carvão e o petróleo são os que mais contribuem (Figura 17), uma vez que estes têm maiores emissões de GEE por unidade de energia do que o gás natural. A tendência decrescente verificada nas emissões de GEE entre 2000 e 2012 está ligada à eliminação do petróleo e à diminuição do uso de carvão devido a um aumento das fontes renováveis de eletricidade e ao aumento do uso de gás natural no *mix* elétrico. A partir de 2010, a redução das emissões (e da utilização de combustíveis fósseis para a produção de energia) deve-se também a uma diminuição da procura de energia devido à recessão económica.

Embora a recessão económica tenha durado até 2013, as emissões de GEE provenientes da produção de energia estabilizaram a partir de 2012. Isto deveu-se ao facto de os preços do carvão terem descido (devido ao aumento da oferta mundial de carvão) e à diminuição dos preços de mercado dos GEE na UE (colapso do mercado do CELE) durante este período, o que tornou a utilização do carvão mais barata do que a utilização do gás natural. Como resultado, a utilização de gás natural diminuiu, e a utilização de carvão aumentou entre 2011 e 2017. Isto equilibrou o efeito da redução da procura de eletricidade devido à recessão económica, deixando as emissões relativamente estáveis durante 2012 e 2017.

Figura 17

### Emissões de GEE das indústrias energéticas e energia primária usada para a produção de eletricidade, por tipo de combustível



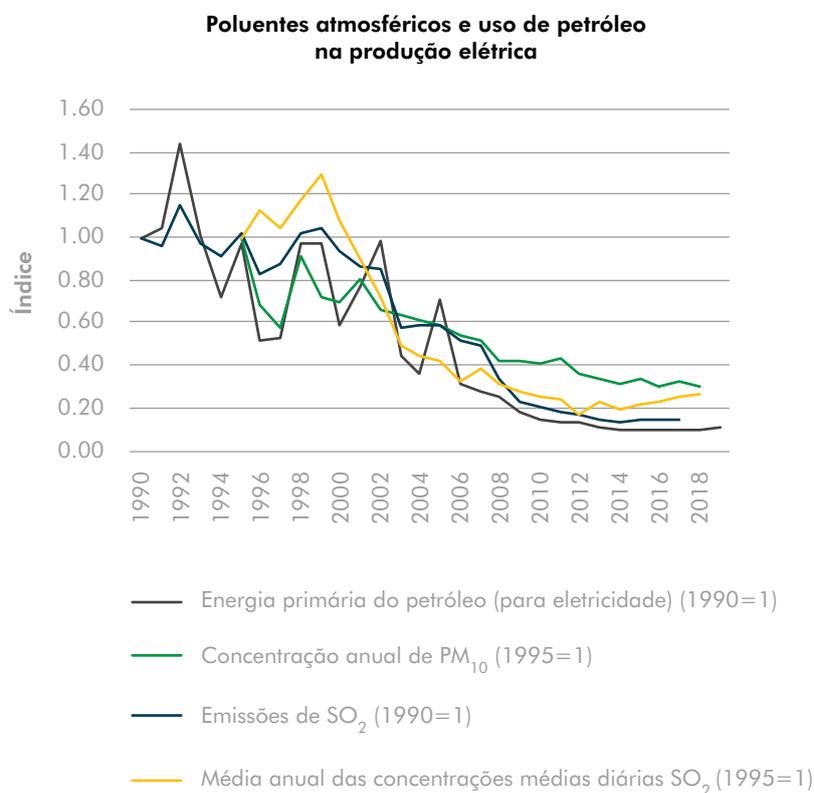
Fonte de dados: Emissões de GEE - APA (2019a), utilizações de energia primária - balanços energéticos nacionais da DGE.

## Poluição atmosférica

### concentrações de $PM_{10}$ e emissões e concentrações de $SO_2$

Todos os estudos analisados (OMS 2018, EEA 2019 e APA 2019a) identificaram o uso de combustíveis fósseis no setor da energia e indústria como fontes importantes de  $SO_2$ . A OMS (2018) relaciona ainda as concentrações de  $PM_{10}$  com os processos de combustão, entre outros. Os dados analisados neste estudo evidenciam uma relação entre o petróleo utilizado para a produção de energia e as concentrações de  $PM_{10}$  e as emissões e concentrações de  $SO_2$  (Figura 18). A contribuição do carvão é residual<sup>3</sup>. Isto significa que as emissões de  $SO_2$  e de  $PM_{10}$  estão ligadas à decisão política de eliminar o petróleo da produção de energia elétrica.

Figura 18  
**Utilização de petróleo para produção de eletricidade,  
concentrações de  $PM_{10}$  e emissões e concentrações de  $SO_x$**



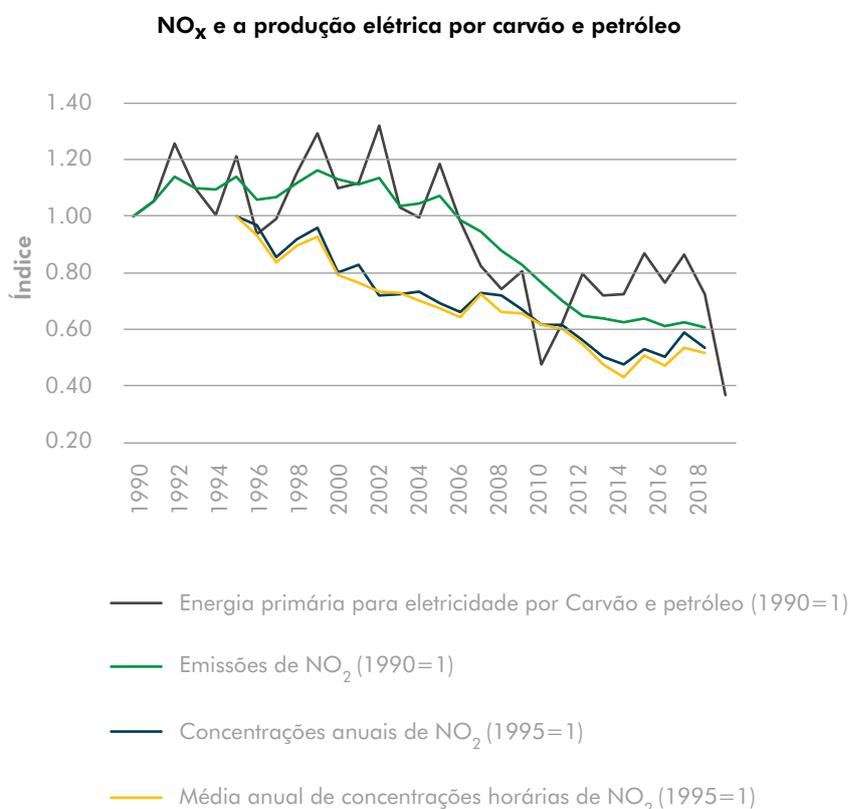
Fonte dos dados: Energia primária do petróleo - balanços energéticos nacionais da DGEG; emissões de  $SO_x$  - APA (2019a); concentrações de  $SO_x$  e de  $PM_{10}$  - cálculos próprios baseados nos dados da rede nacional de monitorização da qualidade do ar.

<sup>3</sup> As flutuações anuais no uso de carvão e petróleo na Figura 18 estão ligadas ao índice de hidraulicidade (i.e., a anos húmidos e secos, levando à utilização de mais ou menos energia hidroelétrica, respetivamente, afetando a quantidade de carvão a ser utilizada). Estas flutuações estão mais relacionadas com o carvão, que aumenta ou diminui em função da energia hídrica disponível. O gasóleo varia pouco com estas flutuações anuais, sendo o gasóleo a variável que mais afeta as  $PM_{10}$  e  $SO_2$ . Por este motivo as flutuações destes poluentes não são tão proeminentes.

## Emissões e concentrações de NO<sub>2</sub>

Segundo a OMS (2018), a UE (EEA 2019) e a APA (2019a), as emissões e concentrações de NO<sub>x</sub> estão ligadas a processos de combustão. Da análise dos dados, é possível ver que estes estão particularmente relacionados com a utilização de carvão e petróleo na produção de energia (Figura 19). Por conseguinte, as emissões e concentrações de NO<sub>x</sub> estão ligadas a políticas de diminuição da utilização de carvão e petróleo no *mix* elétrico, bem como às forças de mercado que ditam os preços do carvão (incluindo o CELE).

Figura 19  
**Carvão e petróleo usados na produção de eletricidade  
 e emissões e concentrações de NO<sub>x</sub>**

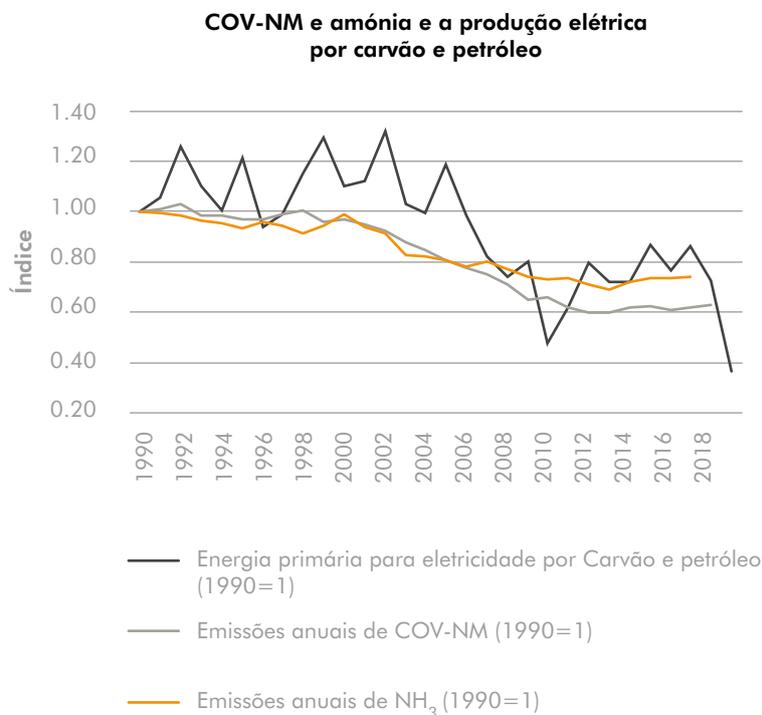


Fonte dos dados: Energia primária do carvão e petróleo - balanços energéticos nacionais da DGEG; emissões de NO<sub>x</sub> - da APA (2019a); concentrações de NO<sub>x</sub> dos próprios cálculos baseados nos dados da rede nacional de monitorização da qualidade do ar.

## Emissões de NH<sub>3</sub> e COV-NM

De acordo com APA (2019a), as emissões de COV-NM e NH<sub>3</sub> estão ligadas à produção de energia. A partir dos dados analisados é possível ver que esta relação se deve principalmente ao carvão e ao petróleo utilizados na produção de eletricidade (Figura 20) e não ao gás natural. Isto significa que as decisões políticas de redução de petróleo e carvão do *mix* elétrico têm contribuído grandemente para a redução destes poluentes.

Figura 20  
**Carvão e petróleo usados na produção de eletricidade  
 e emissões de NH<sub>3</sub> e COV-NM**



Fonte de dados: Energia primária do carvão e petróleo - balanços energéticos nacionais da DGEG; emissões de NH<sub>3</sub> e COV-NM - APA (2019a).

### 3.2.2 Mobilidade e políticas de transportes

O transporte rodoviário afeta algumas das categorias analisadas, tais como as alterações climáticas (devido à utilização de combustíveis fósseis) e poluentes atmosféricos como NO<sub>x</sub>, COV-NM, CO, O<sub>3</sub> e NH<sub>3</sub>.

As hipóteses explicativas para a dinâmica dos indicadores ambientais, em termos de transportes, são que (1) o PIB afeta os transportes, mas (2) a mobilidade e as políticas relativas aos veículos tiveram um efeito significativo em termos de impactos ambientais. A dinâmica do PIB afeta indiretamente os indicadores ambientais ao afetar as atividades económicas e ao proporcionar rendimentos familiares que conduzem a um aumento do uso do transporte privado. Políticas como a tributação da poluição dos veículos (ou o imposto sobre combustíveis), incentivos à aquisição de veículos mais limpos, incorporação de biodiesel nos combustíveis, introdução de catalisadores nos veículos a gasolina, e investimentos em infraestruturas (transportes públicos e estradas) afetaram positivamente os indicadores ambientais analisados.

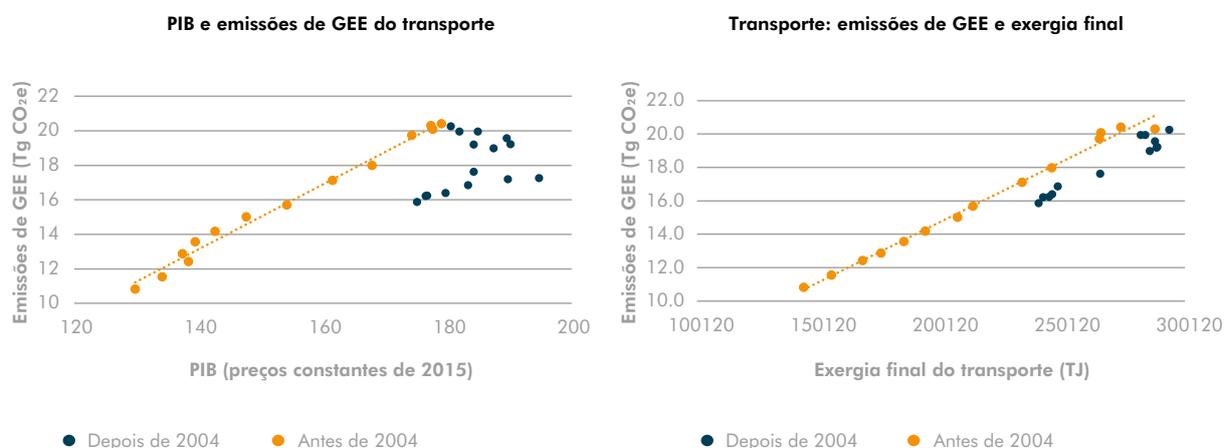
Nos parágrafos seguintes é apresentada esta relação entre os indicadores ambientais e estas hipóteses explicativas. Nas notas técnicas são apresentadas uma descrição mais detalhada da dinâmica do PIB (secção 7.2.2), a sua relação com o transporte e a mobilidade (secção 7.2.3), e uma visão geral das medidas de transporte e mobilidade adotadas em Portugal (secção 7.2.5).

## Alterações climáticas

As emissões de GEE provenientes dos transportes estão ligadas ao PIB e ao consumo final de exergia até 2004 (Figura 21), aumentando com o aumento do PIB e do consumo final de exergia. A partir de 2005, vários fatores entraram em jogo para alterar esta relação e as emissões de GEE provenientes dos transportes começaram a estabilizar, apesar da variação do PIB. Os fatores contribuíram para esta dissociação das emissões de GEE dos transportes do PIB foram:

- A tributação de veículos poluentes (introdução de uma componente CO<sub>2</sub> no imposto sobre veículos e no imposto único de circulação),
- Os incentivos à substituição de veículos (programa “Renove o Carro”),
- A incorporação de uma fração de biodiesel no gasóleo e na gasolina,
- A introdução de isenções ao imposto sobre combustíveis para biocombustíveis, transportes públicos e veículos elétricos,
- Os investimentos governamentais contínuos em transportes públicos.

Figura 21  
**Relação das emissões de GEE dos transportes com o PIB e a procura final de exergia nos transportes**



## Poluição atmosférica

### Emissões e concentrações de NO<sub>2</sub>

A relação entre o PIB e as emissões de NO<sub>2</sub> é menos direta do que a relação entre as emissões de GEE provenientes dos transportes e o PIB. Isto acontece por: (1) as emissões de NO<sub>2</sub> também dependem da produção de eletricidade e da atividade industrial; e (2) causa da introdução de automóveis a gasolina com conversores catalíticos para reduzir as emissões de NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, COV-NM e CO e regulamentos mais rigorosos em termos de emissões de veículos a gasóleo. As estações de monitorização da qualidade do ar com as concentrações mais elevadas em termos de NO<sub>2</sub> são estações ligadas ao tráfego (Tabela 10).

Tabela 10  
**Tipologia de estações de controlo da qualidade do ar  
 que comunicam as concentrações mais elevadas de NO<sub>x</sub>**

Ano (# de estações de monitorização)	Tipo de estações que reportam o valor mais alto:	
	Concentrações médias anuais	Concentrações médias horárias
1995 (20)	Tráfego	Fundo
1996 (20)	n.a.	n.a.
1997 (20)	n.a.	Tráfego
1998 (21)	Tráfego	n.a.
1999 (25)	n.a.	Fundo
2000 (29)	n.a.	Fundo
2001 (33)	n.a.	Industrial
2002 (47)	Tráfego	Fundo
2003 (56)	Tráfego	n.a.
2004 (66)	n.a.	n.a.
2005 (70)	Tráfego	Fundo
2006 (69)	Tráfego	Tráfego
2007 (72)	Tráfego	n.a.
2008 (71)	Tráfego	Tráfego
2009 (71)	Tráfego	Fundo
2010 (76)	Tráfego	Fundo
2011 (69)	Tráfego	Tráfego
2012 (61)	Tráfego	Fundo
2013 (58)	Tráfego	Fundo
2014 (60)	Tráfego	Tráfego
2015 (60)	Tráfego	Tráfego

Ano (# de estações de monitorização)	Tipo de estações que reportam o valor mais alto:	
	Concentrações médias anuais	Concentrações médias horárias
2016 (60)	Tráfego	Tráfego
2017 (59)	Fundo	Tráfego
2018 (59)	Tráfego	Tráfego

Definições: *n.a.* - não disponível; *Tráfego* - estações localizadas em áreas onde se espera que o tráfego seja a principal fonte de poluição atmosférica (rotas específicas de tráfego intenso); *Industrial* - estações localizadas em áreas onde se espera que a atividade industrial seja a principal fonte de poluição atmosférica (perto de edifícios fabris específicos); *Fundo* - estações localizadas em áreas com vários tipos de fontes de poluição.

### Emissões de COV-NM

As emissões de COV-NM encontram-se dissociadas da utilização de combustíveis fósseis no transporte rodoviário devido aos conversores catalíticos e outras medidas para veículos mais limpos.

### Emissões de NH<sub>3</sub>, e concentrações de PM<sub>10</sub>, CO e O<sub>3</sub>

Com base nos dados analisados, a relação entre a utilização de combustíveis no transporte rodoviário e as emissões de NH<sub>3</sub>, e concentrações de PM<sub>10</sub>, CO e O<sub>3</sub> é também uma relação que não aparenta ser clara. A razão para tal é que: (1) a introdução de catalisadores e outras medidas para veículos mais limpos ajudam a dissociar as emissões de NH<sub>3</sub> e as concentrações de CO da utilização de combustíveis fósseis em veículos; (2) outras fontes destes poluentes podem disfarçar a sua relação com o transporte, e (3) as concentrações (em oposição às emissões) são uma consequência das emissões, mas também dependem do clima local e das condições bioclimáticas locais, que podem dispersar os poluentes mesmo quando as emissões são elevadas.

Sabemos que existe uma relação entre estas variáveis porque a utilização de combustíveis fósseis no transporte rodoviário é utilizada para estimar as emissões de GHG, NO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> (APA, 2019a) e os dados da qualidade do ar mostram que os poluentes PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> têm uma componente de tráfego relevante.

Relativamente ao último ponto, em termos de concentrações anuais de PM<sub>10</sub>, as estações que comunicaram os picos de concentração estão todas ligadas à poluição do tráfego (Tabela 11). Dado que o tráfego é um efeito localizado e, neste estudo, estamos a trabalhar com valores nacionais alargados, estes picos são diluídos globalmente, bem como o tráfego nestas áreas é diluído com a utilização de energia do tráfego em todo o país. O transporte rodoviário é, portanto, um dos condutores das emissões de PM<sub>10</sub>.

Tabela 11  
**Estações com as concentrações mais elevadas de PM<sub>10</sub>**

Ano	# estações	Valor médio (µg/m <sup>3</sup> )	Valor máximo (µg/m <sup>3</sup> )	Nome da estação com o máximo	Tipo de estação	Zona da estação
2003	11	21.9	33.0	Vermoim	Tráfego	Urbano
2004	17	22.3	48.2	Fundão	Fundo	Rural
2005	37	18.7	33.9	Ervedeira	Fundo	Rural
2006	20	15.6	24.7	Estarreja/Teixugueira	Fundo	Suburbana
2007	23	14.2	23.9	Estarreja/Teixugueira	Fundo	Suburbana
2008	22	12.2	16.1	Estarreja/Teixugueira	Fundo	Suburbana
2009	24	12.2	14.8	Estarreja/Teixugueira	Fundo	Suburbana
2010	25	13.3	15.4	Estarreja/Teixugueira	Fundo	Suburbana
2011	24	13.6	16.6	Estarreja/Teixugueira	Fundo	Suburbana
2012	21	13.9	17.1	Estarreja/Teixugueira	Fundo	Suburbana
2013	19	12.3	15.5	Terena	Fundo	Rural
2014	23	11.7	16.4	Monte Velho	Fundo	Rural
2015	26	17.5	66.3	Fidalguinhos	Fundo	Urbano
2016	23	12.7	14.4	Entrecampos	Tráfego	Urbano
2017	21	14.0	20.7	Entrecampos	Tráfego	Urbano
2018	22	12.3	13.5	Entrecampos	Tráfego	Urbano

Definições: *Tráfego* - estações localizadas em áreas onde se espera que o tráfego seja a principal fonte de poluição atmosférica (rotas específicas de tráfego intenso); *Industrial* - estações localizadas em áreas onde se espera que a atividade industrial seja a principal fonte de poluição atmosférica (perto de edifícios fabris específicos); *Fundo* - estações localizadas em áreas com vários tipos de fontes de poluição.

As concentrações de CO estão dentro dos limites, à exceção de alguns picos. As concentrações mais elevadas são observadas sobretudo em estações de monitorização relacionadas com tráfego (Tabela 12), que são impactes localizados. Desta forma, conclui-se que o principal contribuinte para o monóxido de carbono é o tráfego.

Tabela 12

**Estações que comunicam as principais concentrações de CO em Portugal**

Ano	Picos observados	Tipo de estação com a maior concentração	Nome da estação com a maior concentração	Município com a estação com a maior concentração
1995		Tráfego	Benfica	Lisboa
1996	horário octo-horário	Tráfego <sup>a</sup>	R. dos Bragas	Porto <sup>a</sup>
1997	horário	Tráfego	R. dos Bragas / Av. Liberdade	Porto <sup>a</sup> / Lisboa
1998	horário Octo-horário	-	Hospital Velho	-
1999	Octo-horário	-	Hospital Velho	-
2000	horário octo-horário	Tráfego <sup>a</sup>	Rua dos Bragas / Hospital Velho	Porto <sup>a</sup> / - -
2001	-	Tráfego	Benfica / Entrecampos	Lisboa
2002	-	Tráfego <sup>a</sup>	Av. Casal Ribeiro	Lisboa <sup>a</sup>
2003	-	Tráfego	Benfica	Lisboa
2004	-	-	Município	-
2005	-	Tráfego	S. João / Baguim	Funchal / -
2006	Octo-horário	Fundo	Vila Nova da Telha	Maia
2007	-	Industrial	Perafita / Baguim	Matosinhos / -
2008	-	-	Matosinhos / Baguim	Matosinhos / -
2009	-	Fundo / Tráfego	Alfragide-Amadora / Benfica	Amadora / Lisboa
2010	horário octo-horário	-	Município	-
2011	-	Fundo / Tráfego	Mindelo-Vila do Conde / David Neto	Vila do Conde / Portimão
2012	-	Tráfego	Francisco Sá-Carneiro-Campanha / David Neto	Porto / Portimão

Ano	Picos observados	Tipo de estação com a maior concentração	Nome da estação com a maior concentração	Município com a estação com a maior concentração
2013	-	Fundo / Tráfego	Alfragide-Amadora / David Neto	Amadora / Portimão
2014	-	Fundo / Tráfego	Alfragide-Amadora / David Neto	Amadora / Portimão
2015	-	Tráfego	David Neto	Portimão
2016	-	Tráfego	São João	Funchal
2017	-	Tráfego	João Gomes Laranjo-S. Hora	Matosinhos
2018	horário octo-horário	Fundo	Instituto Geofísico de Coimbra	Coimbra

a. informação não disponível, valor definido pela equipa.

Definições: *Tráfego* - estações localizadas em áreas onde se prevê que o tráfego seja a principal fonte de poluição atmosférica (rotas específicas de tráfego intenso); *Industrial* - estações localizadas em áreas onde se prevê que a atividade industrial seja a principal fonte de poluição atmosférica (perto de edifícios fabris específicos); *Fundo* - estações localizadas em áreas com vários tipos de fontes de poluição.

### 3.2.3 Produção (indústria) e Consumo (residencial e serviços)

As indústrias transformadoras, as atividades domésticas e serviços (incluindo atividades comerciais, turísticas e institucionais) têm impacto em muitos dos indicadores ambientais analisados, tais como as alterações climáticas (devido à produção de energia e processos industriais de fabrico), a destruição da camada de ozono (devido à utilização de substâncias que destroem a camada de ozono), a consumo de água doce e poluentes atmosféricos tais como  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $NH_3$ , COV-NM e  $O_3$  (devido à produção de energia e outras atividades). As hipóteses explicativas são que (1) a dinâmica do PIB, (2) as políticas sectoriais nacionais e (3) acordos internacionais foram os principais fatores que afetaram as variáveis acima referidas.

A dinâmica do PIB afeta indiretamente os indicadores ambientais ao afetar a produção (isto é, a atividade da indústria transformadora e dos serviços) ou o consumo (isto é, o poder de compra). Algumas políticas sectoriais nacionais contribuíram para uma dissociação de alguns indicadores ambientais do PIB. Estes são, por exemplo, a introdução do gás natural em Portugal, políticas de eficiência energética para indústrias transformadoras e edifícios (incentivos à melhoria da eficiência energética, legislação sobre energia nos edifícios e incentivos à micro-geração de eletricidade). Os acordos internacionais, nomeadamente o Protocolo de Montreal e as suas alterações, conseguiram eliminar a produção e o consumo de substâncias que destroem a camada de ozono.

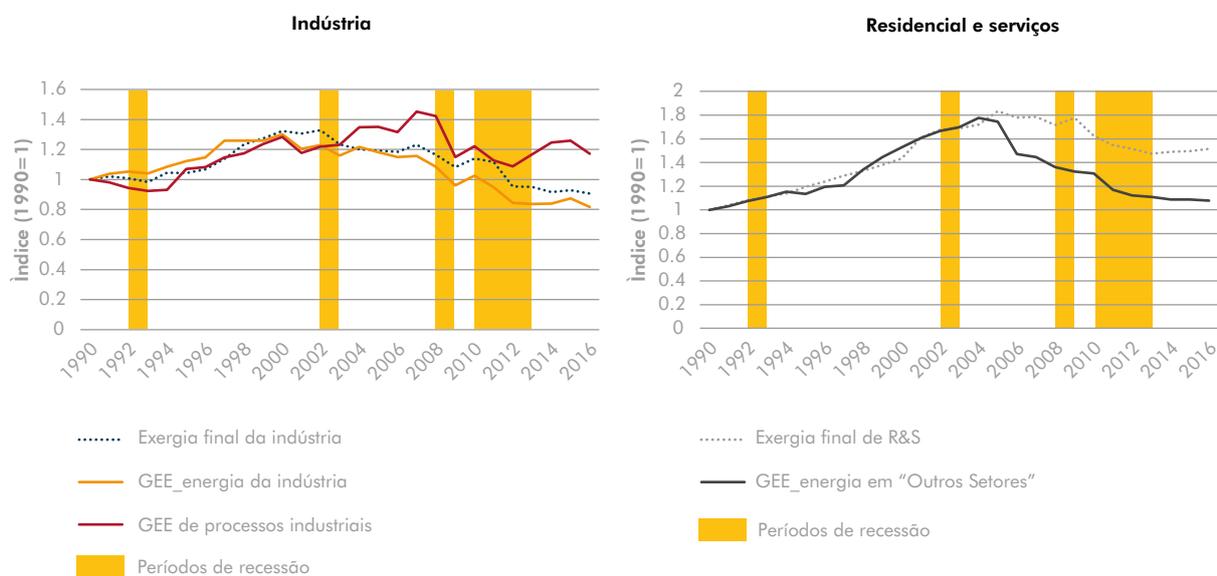
Nos parágrafos seguintes é apresentada a relação entre os indicadores ambientais e estas hipóteses explicativas. Nas notas técnicas é apresentada uma descrição mais detalhada da dinâmica do PIB (secção 7.2.2), a sua relação com as indústrias transformadoras e as atividades domésticas e serviços (secção 7.2.3), as medidas de eficiência energética adotadas em Portugal (secção 7.2.6) e os acordos internacionais que regulam a produção e consumo de substâncias que destroem a camada de ozono (secção 7.2.7).

## Alterações climáticas

A dinâmica do PIB só consegue explicar parte da dinâmica observada nas emissões de GEE da indústria transformadora e residencial e dos serviços. O aumento das emissões de GEE verificado entre 1995 e 2000 e a diminuição das emissões de GEE entre 2008-09 e entre 2010-13 podem ser explicados pelo crescimento do PIB e pela recessão, respetivamente (Figura 22). Contudo, podemos ver (1) uma diminuição do consumo de exergia na indústria transformadora a partir de 2002 acompanhada por uma diminuição das emissões de GEE provenientes da utilização de energia nas indústrias transformadoras e (2) uma dissociação das emissões de GEE provenientes da indústria residencial e dos serviços do consumo de exergia a partir de 2005.

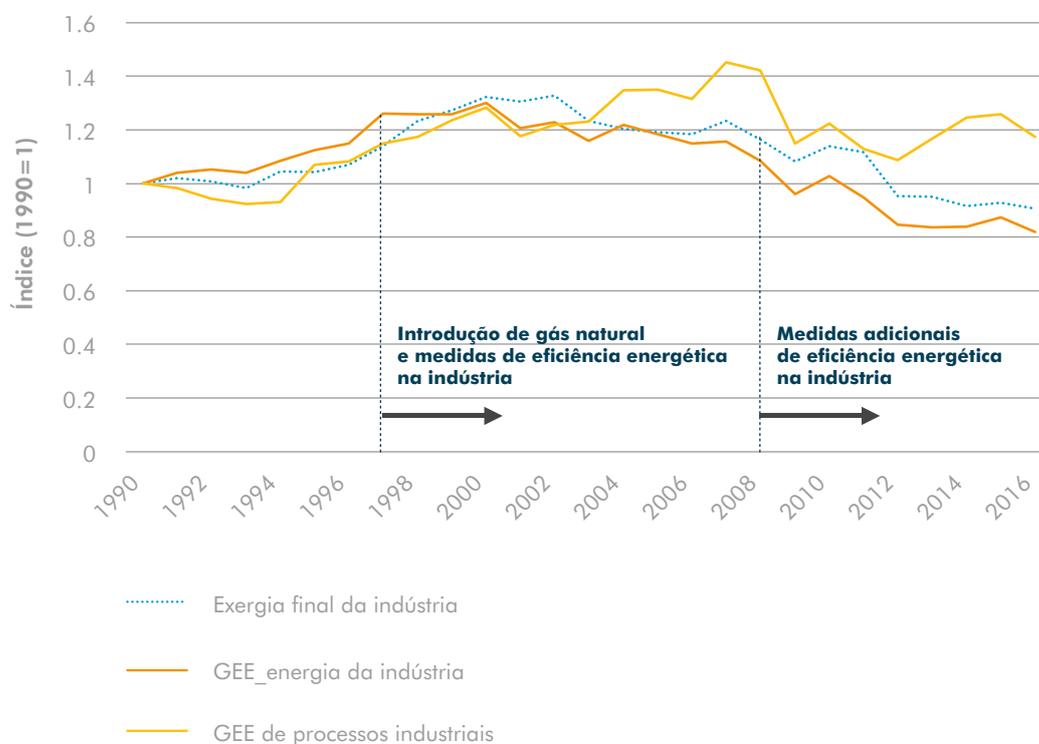
Figura 22

### Influência do PIB nas emissões de GEE da indústria, residencial e serviços



A primeira pode ser explicada pelas medidas energéticas implementadas na indústria (descritas na secção 7.2.6), Figura 23. Estas começaram a ser implementadas a partir de 1997 e incluem a introdução do gás natural em Portugal, tarifas de eletricidade de origem renovável e cogeração e a implementação do Sistema de Gestão do Consumo Intensivo de Energia (SGIE).

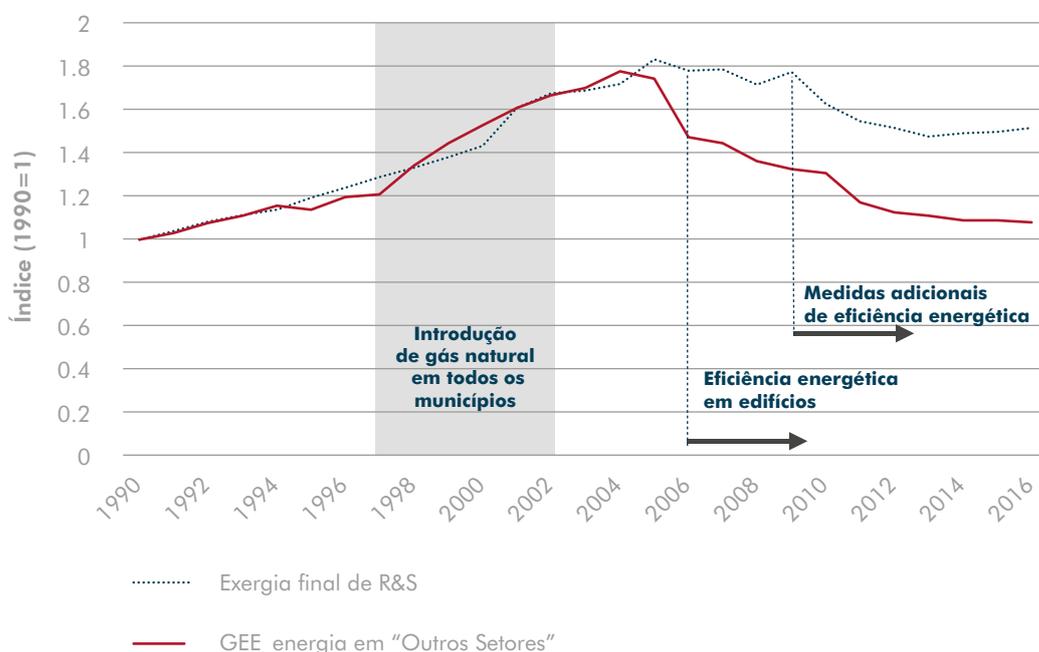
Figura 23  
**Emissões de GEE e procura de exergia final na indústria**



Fonte: APA (2019a) para emissões de GEE, cálculos próprios baseados nos balanços energéticos nacionais para a procura de exergia final.

O segundo é devido a: (1) à introdução do gás natural em Portugal. Este processo teve início em 1997 e foi concluído em todos os municípios até 2002, e cuja adoção pelos agregados familiares (substituindo as garrafas de gás butano) só entraria em vigor nos anos seguintes, não tendo ainda hoje a sua plena adoção; (2) a regulamentação nos edifícios a partir de 2006, que incluiu a certificação energética nos edifícios e tornou obrigatória a instalação de sistemas solares térmicos para água em novos edifícios e em alguns edifícios de serviços, Figura 24.

Figura 24  
**Emissões de GEE do consumo residencial e serviços<sup>4</sup>  
 e procura de exergia final**



Fonte: APA (2019a) para emissões de GEE, cálculos próprios baseados nos balanços energéticos nacionais para a exergia final.

A partir de 2008, várias medidas e incentivos energéticos foram adotados pelo governo português (detalhes na secção 7.2.6), tendo efeitos em termos da utilização de energia (substituição de lâmpadas, e incentivos para equipamento e isolamento eficientes) e em termos de dissociação da utilização de energia das emissões de GEE (incentivos para micro-geração de eletricidade, instalação de solar térmico, regulamentação sobre edifícios). Estes efeitos podem explicar a diminuição do consumo de energia entre 2009-2010 (antes da recessão económica) e ser camuflados pelos efeitos da recessão.

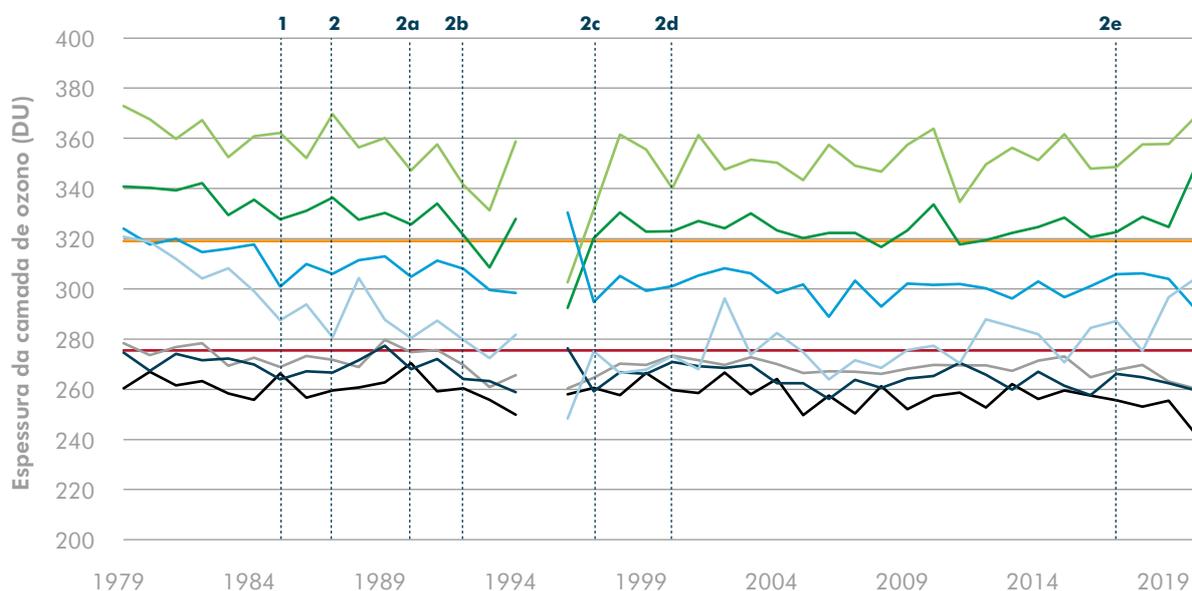
É esperado que a nova legislação para os edifícios (DL 58/2013) irá ter um grande impacto no fornecimento de energia em edifícios novos (residenciais, comerciais e de serviços), tanto em termos de utilização de energia como em termos de descarbonização da energia utilizada. Esta legislação dita que a origem da energia usada em edifícios terá de ter origem no próprio edifício ou nas áreas circundantes.

### **Destruição da camada de ozono**

A Figura 25 identifica os acordos internacionais que regulam a produção e consumo de ODS e a espessura da camada de ozono. A maioria destes acordos aconteceu antes de 2000 e muito antes de se começar a ver uma recuperação da área do buraco na camada de ozono (2011). Através da Figura 26 é possível ver que a maioria dos objetivos acordados aconteceu antes de o buraco na camada de ozono ter começado a recuperar.

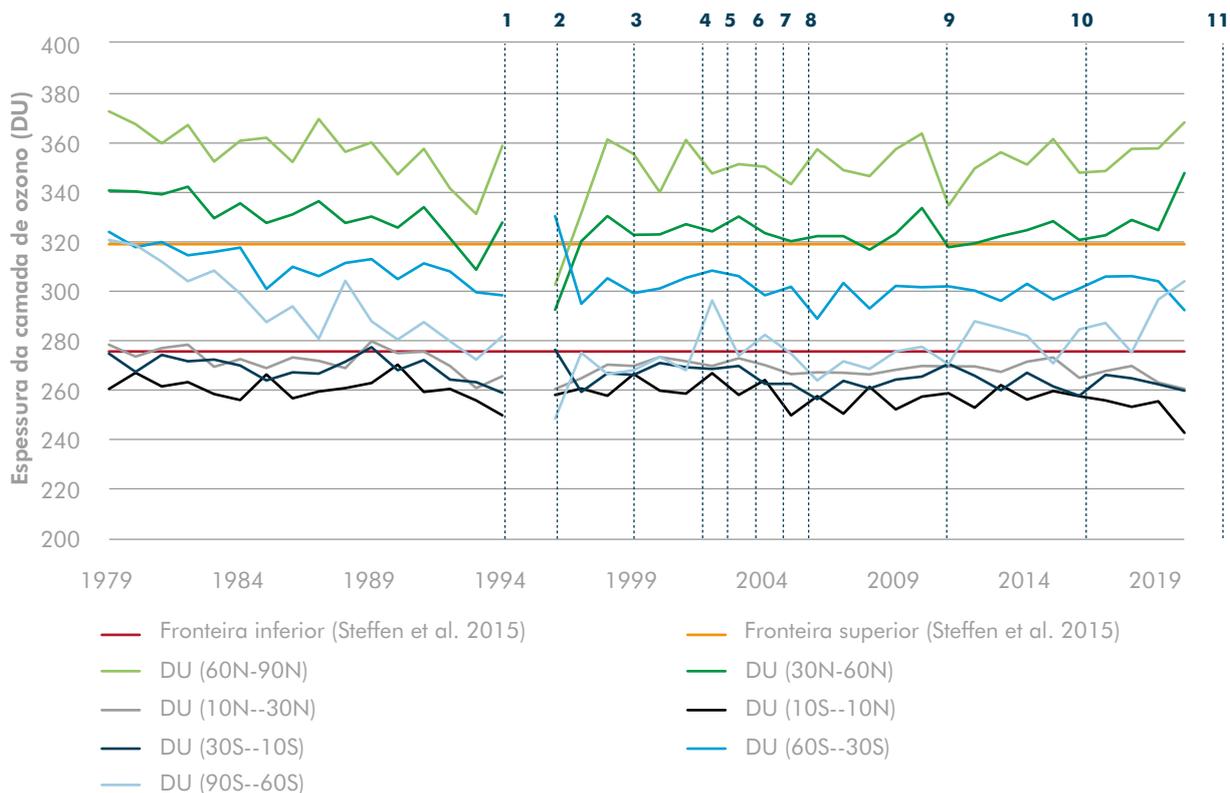
<sup>4</sup> Estes valores incluem também as emissões de GEE resultantes da utilização de energia na agricultura e pesca, que se espera sejam baixas, tendo pouco efeito dos valores apresentados.

Figura 25  
**Espessura da camada de ozônio e acordos internacionais sobre restrições às ODS**



1 – Convenção de Viena; 2 – Protocolo de Montreal; 2a – Emenda de Londres; 2b – Emenda de Copenhaga; 2c – Emenda de Montreal; 2d – Emenda de Pequim; 2e – Emenda de Kigali.

Figura 26  
**Espessura da camada de ozônio e metas de restrição da produção e consumo de ODS**



1 – Meta para halons; 2 – Metas para CFC, tetracloro de carbono, clorofórmio de metilo e HBFC; HCFC;  
3 – Meta para brometo de metilo (25% de redução); 4 - brometo de metilo 50% de redução; 5 – meta para bromoclorometano; 6 - brometo de metilo 75% de redução; 7 – HCFC 35% de redução; 8 – eliminação progressiva do brometo de metilo; 9 – HCFC 65% de redução; 10 – HCFC 90% de redução; 11 – HCFC 99,5% de redução.

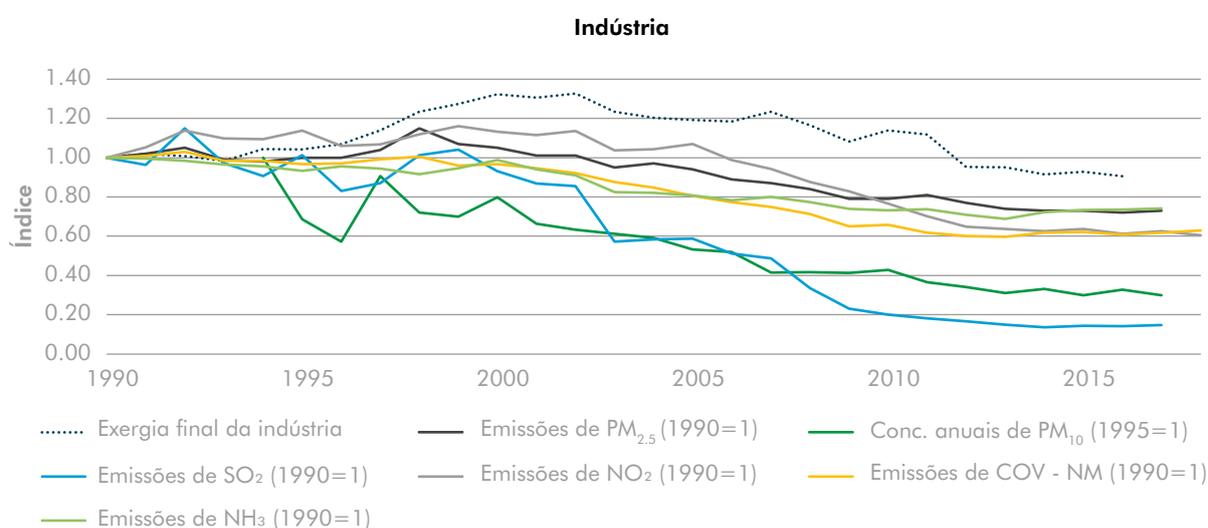
## Consumo de água doce

De acordo com o Plano Nacional de Gestão das Bacias Hidrográficas, as atividades urbanas (incluindo residenciais, comerciais e turísticas) são o segundo maior consumidor de água doce em Portugal (mais detalhes na secção 7.2.1). Embora seja um segundo maior contribuinte para a consumo de água doce, este efeito tem um peso pequeno quando comparado com o efeito da agricultura no consumo de água doce, que representa 70% do consumo de água. A relação entre o uso de água doce e a agricultura é explorada na secção 3.2.4.

## Poluição atmosférica

As emissões dos poluentes atmosféricos ( $PM_{2,5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  e  $NH_3$ ) estão ligadas ao consumo final de exergia pela indústria transformadora (Figura 27).

Figura 27  
**Consumo final de exergia da indústria e emissões de poluentes atmosféricos**



Fonte de dados: Exergia final - cálculos próprios baseados nos balanços energéticos nacionais da DGEG; emissões de poluentes atmosféricos da APA (2919a).

No caso das concentrações de  $SO_2$ , as tendências parecem um pouco desfasadas com a atividade industrial, o que pode ser explicado por: (1) serem concentrações, portanto, não consequência direta da atividade, e (2) referirem-se a estações de monitorização locais, pelo que os impactes localizados podem ser diluídos nesta análise nacional. As estações de qualidade do ar que reportam os picos de emissão de  $SO_2$  são estações do tipo industrial (Tabela 13), localizadas em Sines, Barreiro, Matosinhos e Santiago do Cacém.

Tabela 13  
**Estações de monitorização da qualidade do ar com valores mais elevados  
para concentrações de SO<sub>2</sub>**

Ano (número total de estações)	Tipologia da pior estação para concentrações médias diárias	Tipologia da pior estação para concentrações horárias
1995 (17)	Tráfego	n.a.
1996 (17)	Tráfego	n.a.
1997 (17)	-	Industrial
1998 (18)	Industrial	Industrial
1999 (20)	-	Industrial
2000 (24)	Industrial	Fundo
2001 (29)	Industrial	Industrial
2002 (38)	Industrial	Industrial
2003 (45)	Industrial	Industrial
2004 (52)	Industrial	n.a.
2005 (61)	Industrial	Fundo
2006 (53)	Industrial	Industrial
2007 (56)	Industrial	Industrial
2008 (57)	Industrial	Industrial
2009 (59)	Fundo	n.a.
2010 (63)	Fundo	Industrial
2011 (58)	Fundo	Tráfego
2012 (36)	Industrial	Fundo
2013 (28)	Fundo	Industrial
2014 (29)	Industrial	Industrial
2015 (29)	Fundo	Industrial
2016 (27)	Fundo	Tráfego
2017 (26)	Industrial	Industrial
2018 (27)	Industrial	Industrial

Definições: *n.a.* - não disponível; *Tráfego* - estações localizadas em áreas onde se espera que o tráfego seja a principal fonte de poluição atmosférica (rotas específicas de tráfego intenso); *Industrial* - estações localizadas em áreas onde se espera que a atividade industrial seja a principal fonte de poluição atmosférica (perto de edifícios fabris específicos); *Fundo* - estações localizadas em áreas com vários tipos de fontes de poluição.

No caso das concentrações de  $O_3$ , a sua relação com atividades industriais aparenta ser inexistente. Este facto deve-se a  $O_3$  ser um poluente secundário. As suas concentrações dependem da relação complexa entre emissões e concentrações de poluentes primários, bem como da radiação. Ao analisar o tipo de estações de monitorização da qualidade do ar que identificaram as concentrações mais elevadas neste poluente, podemos ver que algumas destas estações são do tipo industrial (em Sines, Matosinhos e Santiago do Cacém).

### 3.2.4 Políticas agrícolas

A agricultura produz efeito em muitos dos indicadores ambientais analisados, tais como as alterações climáticas (principalmente devido à utilização de fertilizantes azotados e à produção de ruminantes), pressão sobre os ecossistemas (devido à competição de área), poluição da água (devido à utilização de fertilizantes), consumo de água doce (devido à irrigação), e poluentes atmosféricos tais como  $PM_{10}$ , COV-NM e  $NH_3$  (devido à mobilização do solo, erosão do vento, silagem, gestão de estrume, pastagem e utilização de fertilizantes azotados).

As hipóteses explicativas avançadas neste estudo são que a política agrícola da UE (a partir de 1986) foi o principal fator que afetou os indicadores ambientais analisados.

Durante os anos 60 e 70, o regime ditatorial implementou uma reforma agrícola para reagir ao crescente abandono da agricultura e da pobreza nas comunidades rurais. A reforma visava deslocar a produção agrícola para produtos mais rentáveis como a silvicultura, outras culturas mais rentáveis do que a produção de cereal e a produção animal. As campanhas florestais, particularmente nos “baldios” reduziram as áreas de pastagem. A reforma centrou-se também na mecanização e irrigação da agricultura. Esta reforma levou a uma maior utilização de fertilizantes, maquinaria e produção animal, com exceção dos ovinos (que utilizavam as áreas de pastagem que estavam a ser substituídas pela silvicultura). Estas reformas (nos anos 60 e 70) levaram a um ligeiro aumento das emissões de GEE provenientes da agricultura, a um aumento da pressão sobre os ecossistemas e a aumentos na utilização de fertilizantes (N e P).

Entre 1975 e 1982 registou-se um grande aumento das emissões de GEE. Este aumento coincide com a mudança de regime político que ocorreu em 1974 (de um regime ditatorial para um regime democrático), levando-nos a pensar que esta mudança estará relacionada com um período de adaptação ao novo regime. As atividades responsáveis por este aumento são a produção animal em geral, e a produção suína em particular.

As políticas agrícolas da UE, nomeadamente, o período de transição de Portugal para a Política Agrícola Comum (PAC) (entre 1986-2000) e a internacionalização do mercado agrícola da UE (em 1993) levaram primeiro a uma diminuição da produção agrícola seguida de uma intensificação da agricultura. A produção animal diminuiu, com exceção de bovinos de carne, que aumentou. O resultado foi uma tendência decrescente nas emissões de GEE provenientes da agricultura, pressão sobre os ecossistemas, utilização de fertilizantes, emissões de  $NH_3$  e COV-NM e concentrações de  $PM_{10}$ .

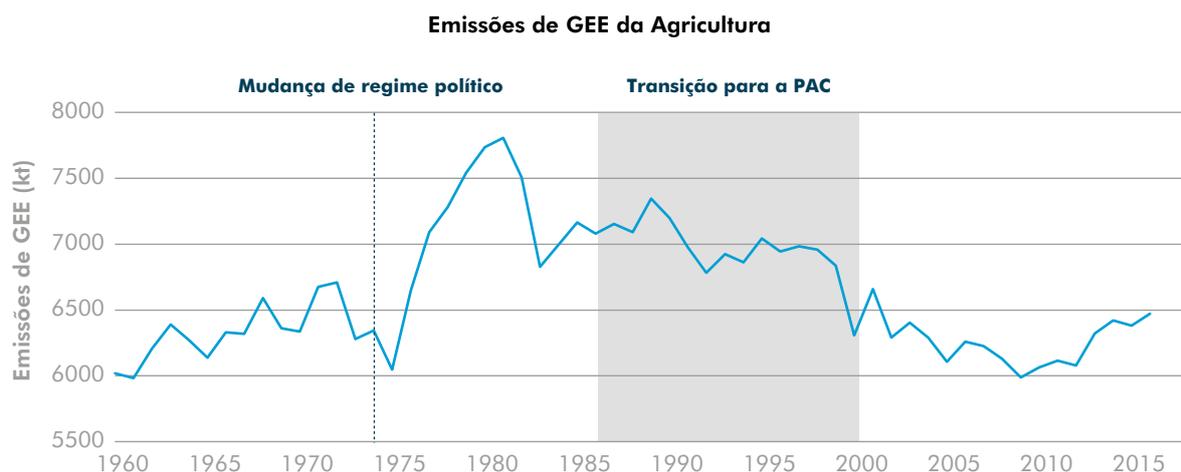
Os efeitos destas das políticas agrícolas são descritos abaixo. Nas notas técnicas (secção 7.2.8) é apresentada uma descrição mais detalhada das políticas implementadas durante o regime ditatorial e as políticas da UE.

#### **Alterações climáticas**

As alterações climáticas são afetadas pela utilização de fertilizantes à base de azoto e pela produção de ruminantes (APA, 2019a). A mudança no regime político introduziu um aumento das emissões de GEE

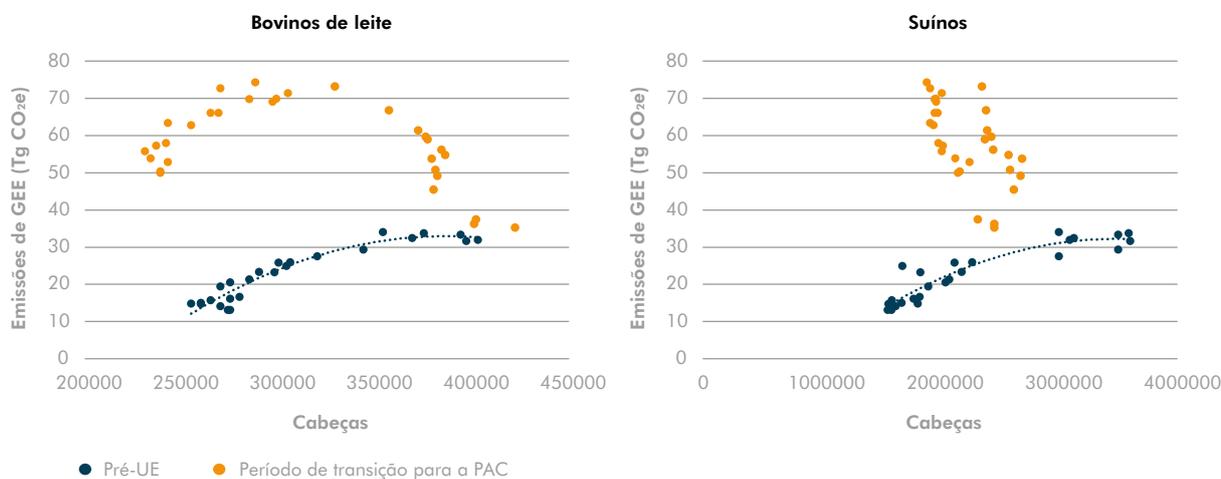
(Figura 28). Este aumento das emissões de GEE entre o fim do regime ditatorial e a adesão à UE é observado em todos os números da produção animal. Durante o período de transição para a UE verificou-se uma tendência de redução das emissões de GEE, que só começou a aumentar a partir de 2010. (ver Figura 38 na secção 7.2.8 “Notas Técnicas”).

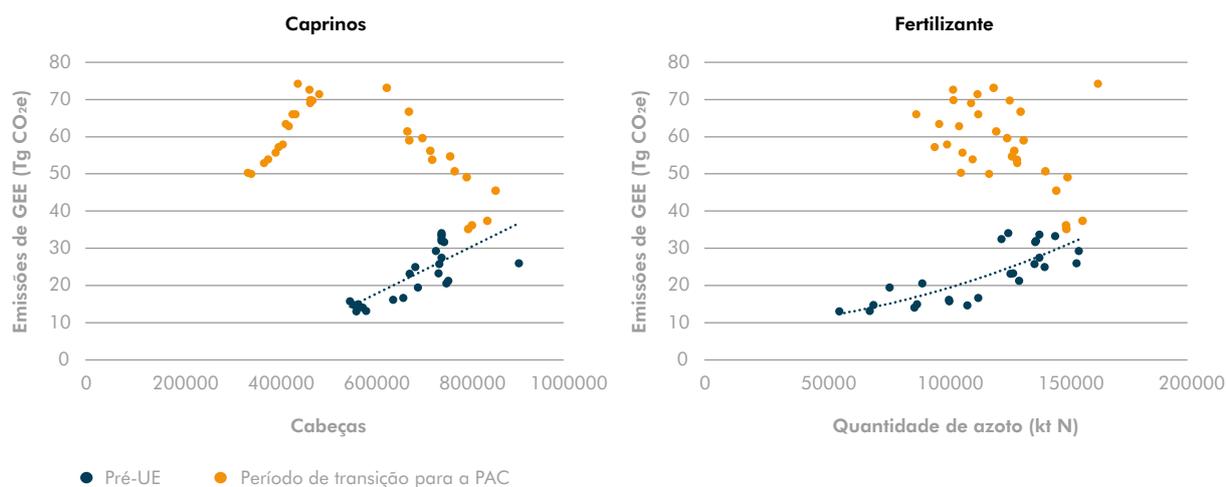
**Figura 28**  
**Emissões de GEE da agricultura e principais mudanças na política agrícola**



Antes da adesão de Portugal à UE, é possível ver uma relação entre as emissões de GEE provenientes da agricultura e o número de bovinos de leite, caprinos e suínos, bem como a utilização de fertilizantes azotados, onde o aumento destas variáveis leva a um aumento das emissões de GEE agrícolas (Figura 29). Todas estas variáveis tiveram um ligeiro aumento até 1974 e depois tiveram um salto nos seus números antes de 1986.

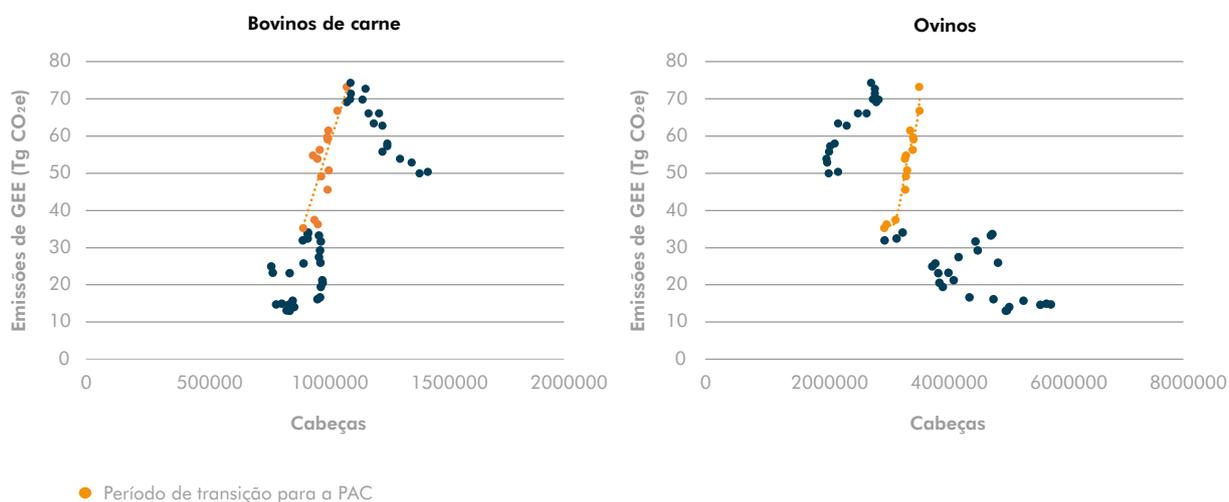
**Figura 29**  
**Relação entre o número de animais e as emissões de GEE antes da adesão de Portugal à UE**





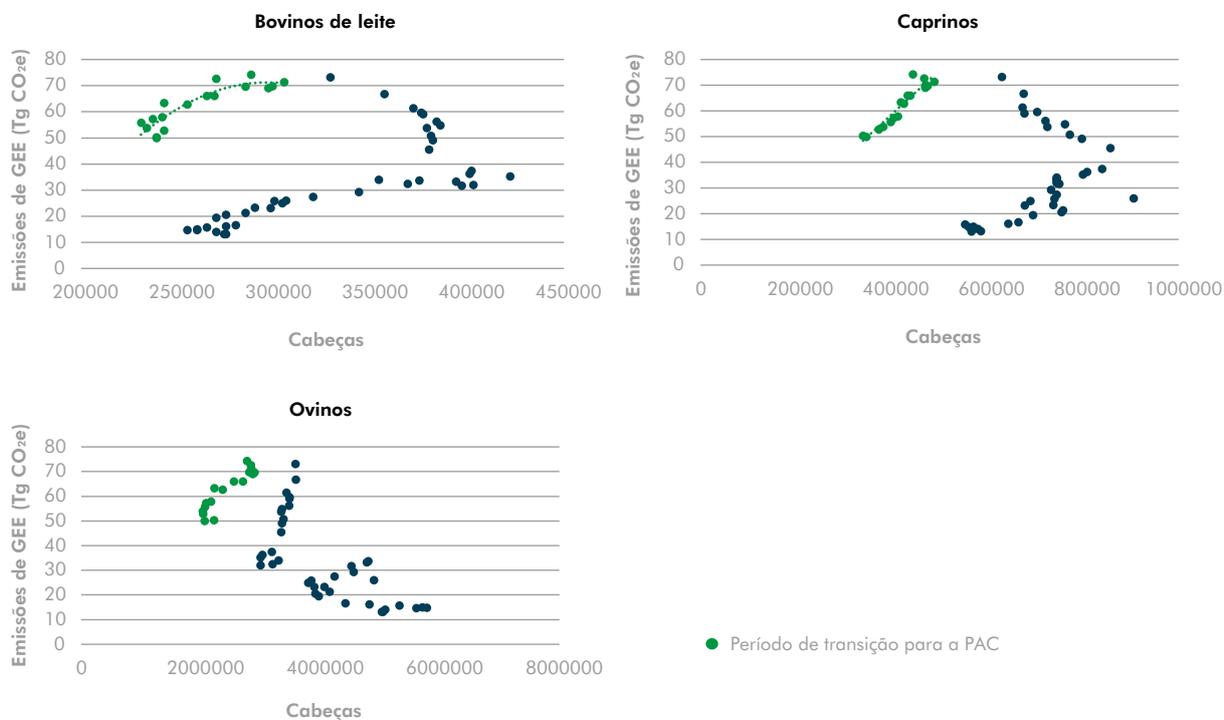
Durante o período de transição para a UE, o número de bovinos de leite começou a aumentar, substituindo outras formas de produção animal. Este aumento conduziu a uma diminuição das emissões diretas de GEE agrícolas (Figura 30).

Figura 30  
**Relação entre o número de animais e as emissões de GEE da agricultura durante o período de transição para a UE**



Após o período de transição, é possível ver uma relação entre as emissões de GEE agrícolas e o número de bovinos de leite, caprinos e ovinos (Figura 31), à medida que o número destes animais diminuiu, diminuíram também as emissões de gases com efeito de estufa.

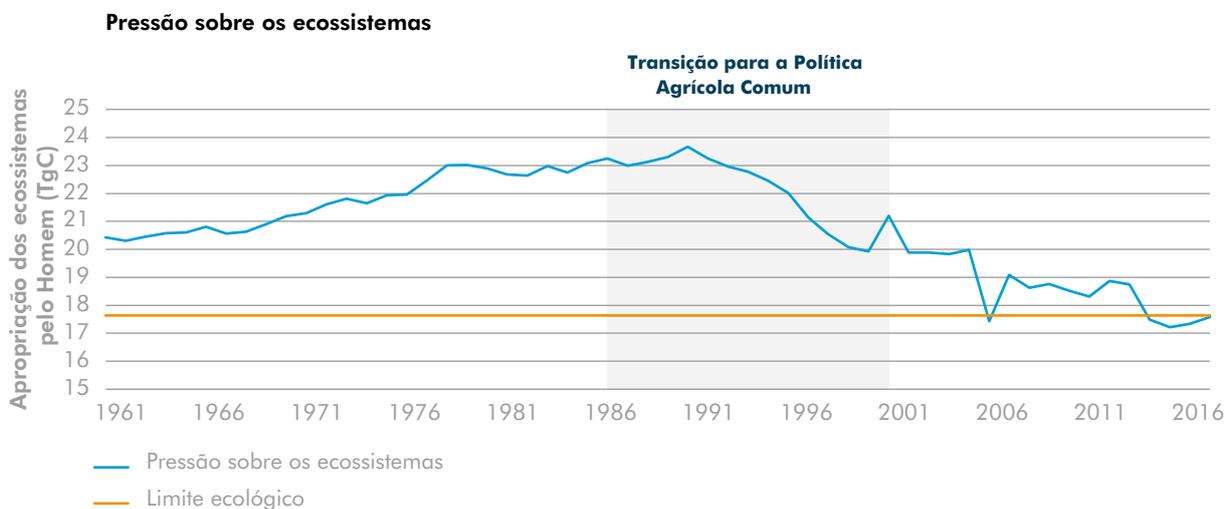
Figura 31  
**Relação entre as emissões de GEE da agricultura e o número de animais após o período de transição**



### Pressão sobre os ecossistemas

As políticas da UE em matéria de agricultura levaram a uma diminuição da pressão sobre os ecossistemas (Figura 32), tendência esta que se manteve até aos dias de hoje.

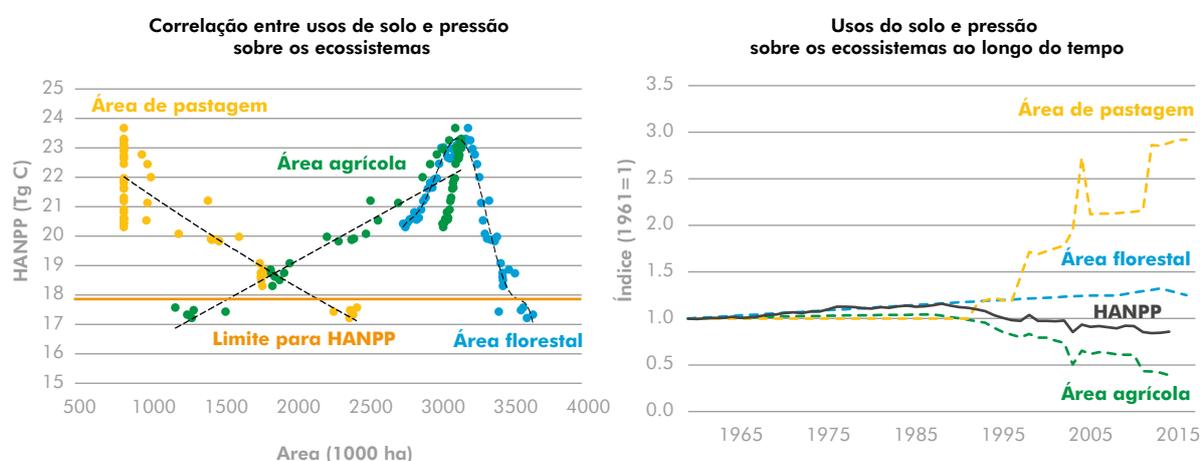
Figura 32  
**Pressão sobre os ecossistemas e a adesão à Política Agrícola Comum (PAC)**



A pressão sobre os ecossistemas é principalmente afetada pelas alterações do uso do solo, em particular as que ocorrem nas florestas, áreas agrícolas e áreas de pastagem (Figura 33). As áreas florestais e de pastagem (que incluem matos) contribuem para uma diminuição da pressão sobre os ecossistemas (quanto maiores estas áreas, menor é a apropriação humana da produção primária). Para a área agrícola acontece o inverso. Desde o período de transição de Portugal para a PAC, como as áreas de pastagem e de floresta têm vindo a aumentar e as áreas agrícolas a diminuir, a pressão sobre os ecossistemas tem vindo a decrescer, em particular durante a transição para a PAC da UE.

Figura 33

### Relação entre a pressão sobre os ecossistemas (HANPP) e alterações do uso do solo. Esquerda: correlação. Direita: ao longo do tempo.



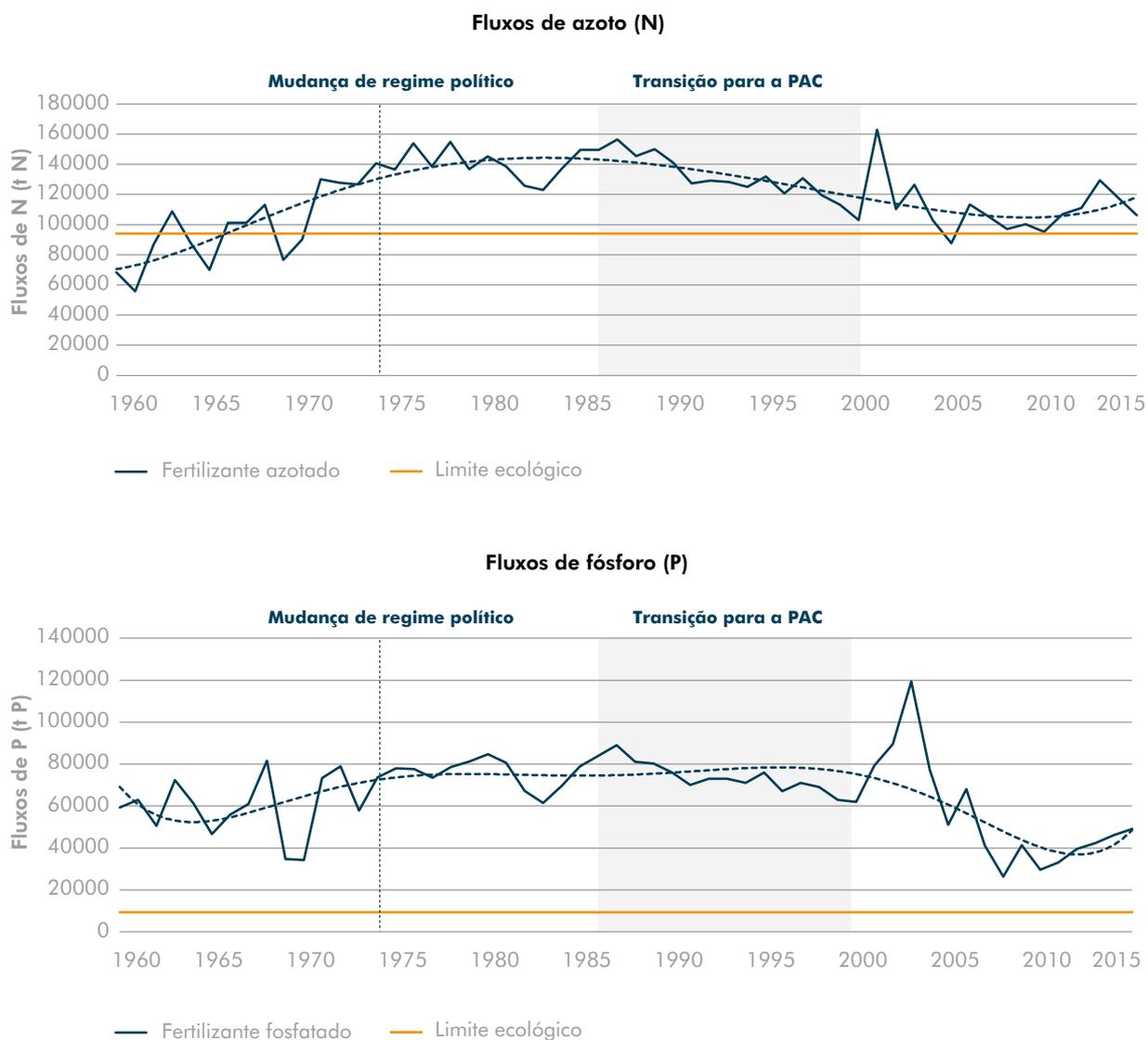
Áreas de pastagem incluem matos. Linhas de tendência em preto.

Fonte de dados: estimativas próprias para HANPP, COS para a área florestal e FAOSTAT para as restantes variáveis.

### Poluição da água e destruição da camada de ozono

Os fluxos de N e P aumentaram durante o regime político ditatorial com uma tendência para a estabilização após a mudança de regime (Figura 34). Durante a transição para a PAC, os fluxos de N diminuíram, como resultado da redução dos subsídios e da diminuição da produção agrícola. Os fluxos de N e P só começaram a aumentar em anos mais recentes (a partir de 2010). A utilização de N na agricultura é responsável pelas emissões de  $N_2O$ , que é simultaneamente um gás GHG e um ODS.

Figura 34  
**Fluxos de N e P e a mudança nas políticas agrícolas em Portugal**

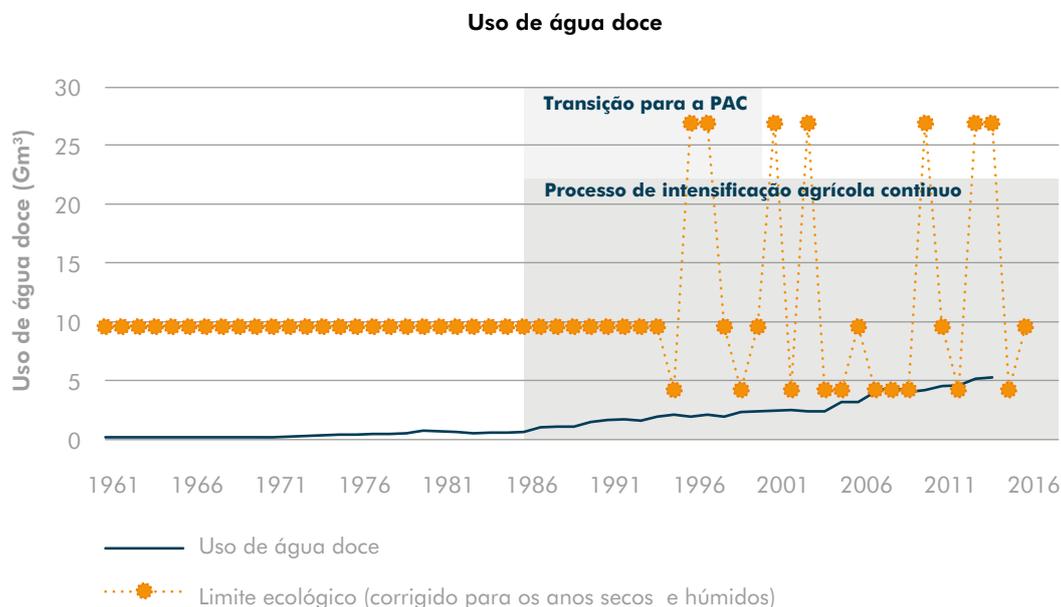


Linhas de tendência adicionadas para ajuda na interpretação das tendências observadas.

### Consumo de água doce

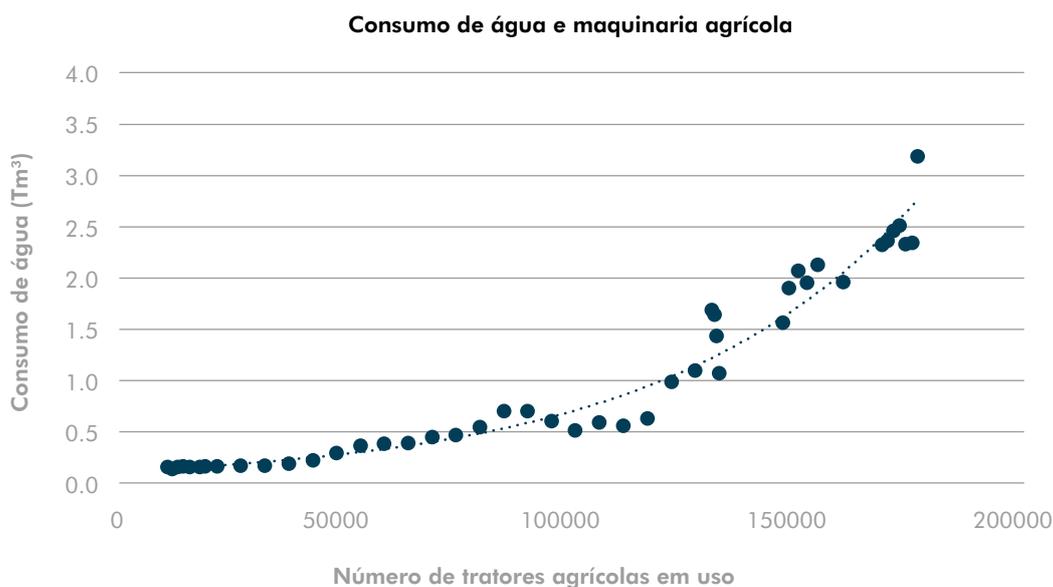
O consumo de água aumentou significativamente durante o período de transição para a PAC e tem vindo a aumentar desde então, ao contrário da área agrícola. Este facto deve-se ao consumo de água estar ligado à intensificação da agricultura e não à área em si (ou seja, é proporcional à área irrigada, e não à área agrícola como um todo). Isto é visível na Figura 36, onde o aumento do uso de água doce vai de mãos dadas com o aumento de tratores utilizados na agricultura. O aumento do número de tratores é um sinal de uma intensificação agrícola.

Figura 35  
**Consumo de água doce e as principais mudanças na política agrícola em Portugal**



Entre 1961 e 1994, dada a inexistência de dados para o índice de hidraulicidade, o valor deste índice foi assumido como 1 (i.e., ano normal). O resultado é um limite ecológico constante entre 1961 e 1994.

Figura 36  
**Consumo de água doce e utilização de tratores na agricultura (intensificação da agricultura)**



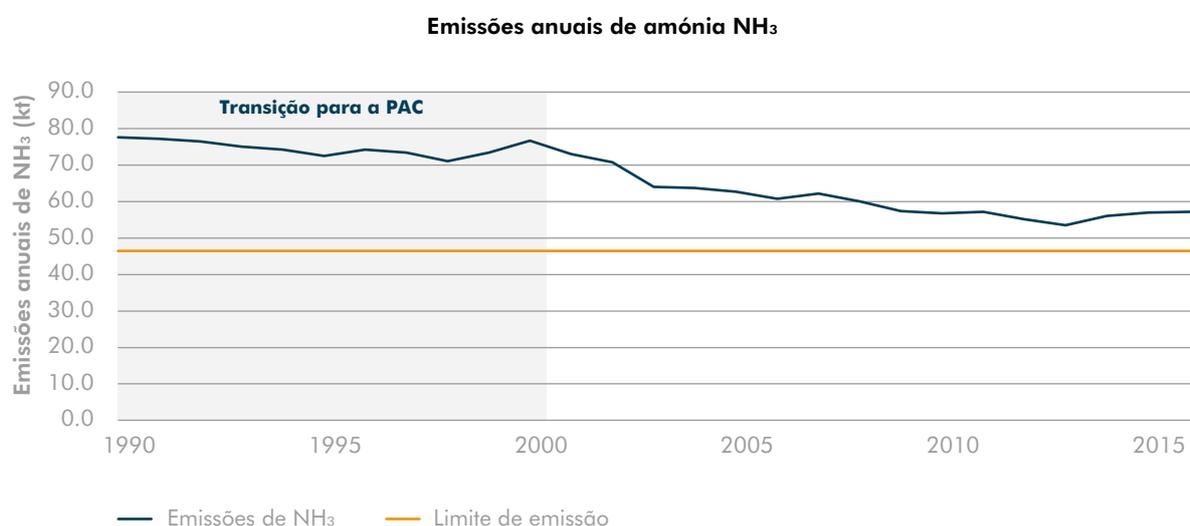
Fonte de dados: FAOSTAT.

## Poluição atmosférica

### Emissões de NH<sub>3</sub>

A Figura 37 apresenta as emissões de amónia e mapeia as principais mudanças de política agrícola em Portugal. As emissões de amónia apresentam uma aparente falta de relação com a mudança de política introduzida pela UE, mantendo a sua tendência decrescente à semelhança das áreas agrícolas. Dada a inexistência de dados anteriores a 1990, não é possível observar o efeito que a mudança de regime político de 1974 possa ter tido nas emissões de amónia, contudo, é possível deduzir que as emissões estivessem a aumentar antes de 1990 e começaram a diminuir a partir de 1990, à semelhança das tendências observadas para as áreas agrícolas e a utilização de fertilizantes azotados.

Figura 37  
**Emissões anuais de amónia e a transição de Portugal para a UE**



A utilização de fertilizantes contribui com emissões de amónia e emissões de GEE. Em ambos os poluentes, esta relação não é direta, como se pode ver na Figura 38. O azoto dos fertilizantes precisa de ser dissolvido na água (do ar ou do solo), dando origem à amónia. Com as emissões de GEE, o azoto dos fertilizantes volatiliza-se primeiro em óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>) e só depois se converte em óxido nítrico, que é um GEE. Quanto mais (ou menos) fertilizantes azotados forem utilizados, mais (ou menos) emissões de amónia haverá, embora com alguma variabilidade. Isto é visível tanto na Figura 38 como na Figura 39. O que também é possível concluir é que quanto maior a área agrícola (e menor a área de pastagem), maiores são as emissões de amónia, isto deve-se a uma potencial ligação entre a área utilizada para a agricultura e a utilização de fertilizantes. Com as emissões de GEE, o facto de ser um efeito indireto e o facto de outras emissões da produção animal terem também uma contribuição significativa para as emissões de GEE (como discutido anteriormente), o efeito é de alguma forma diluído.

Figura 38  
**Azoto de fertilizantes e emissões anuais de GEE agrícolas e amónia**

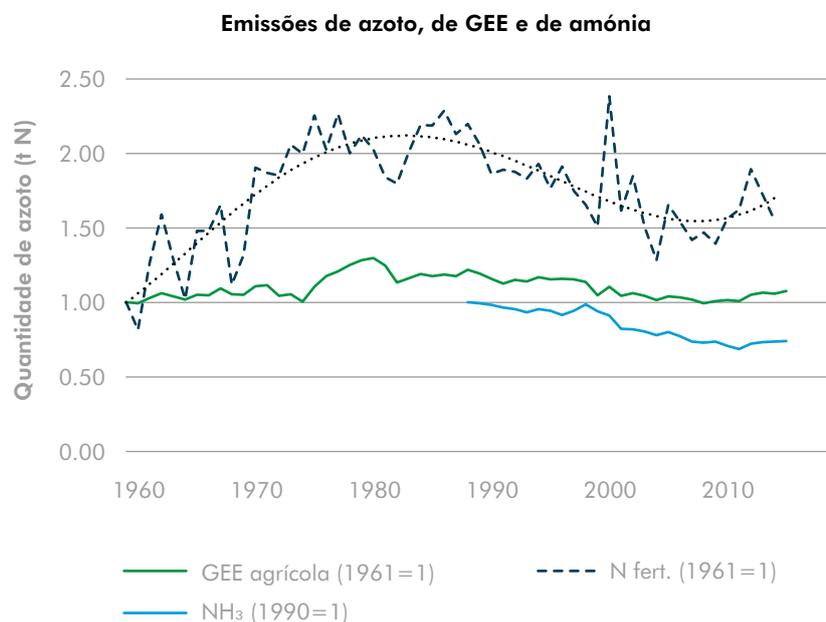
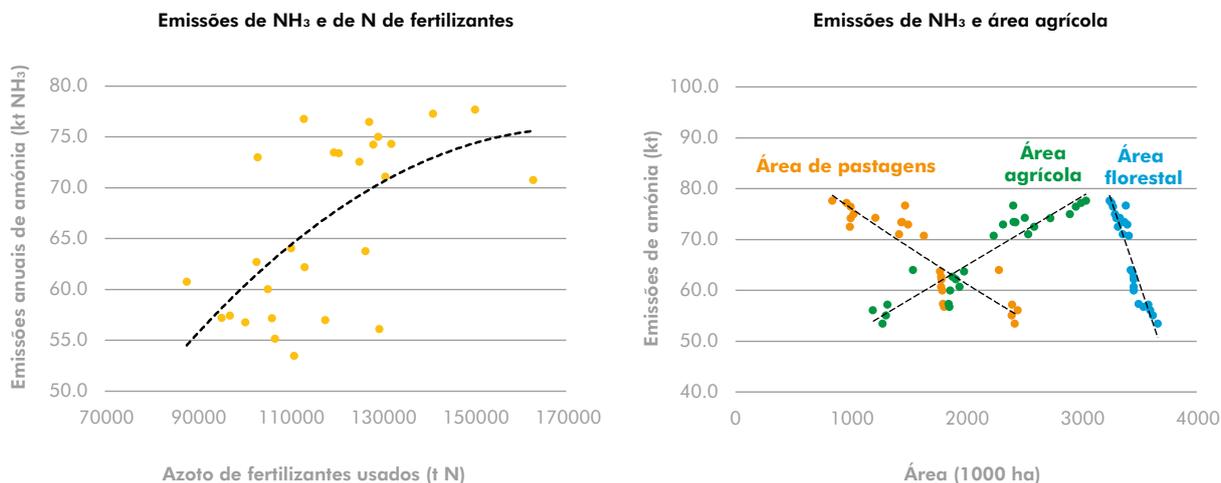


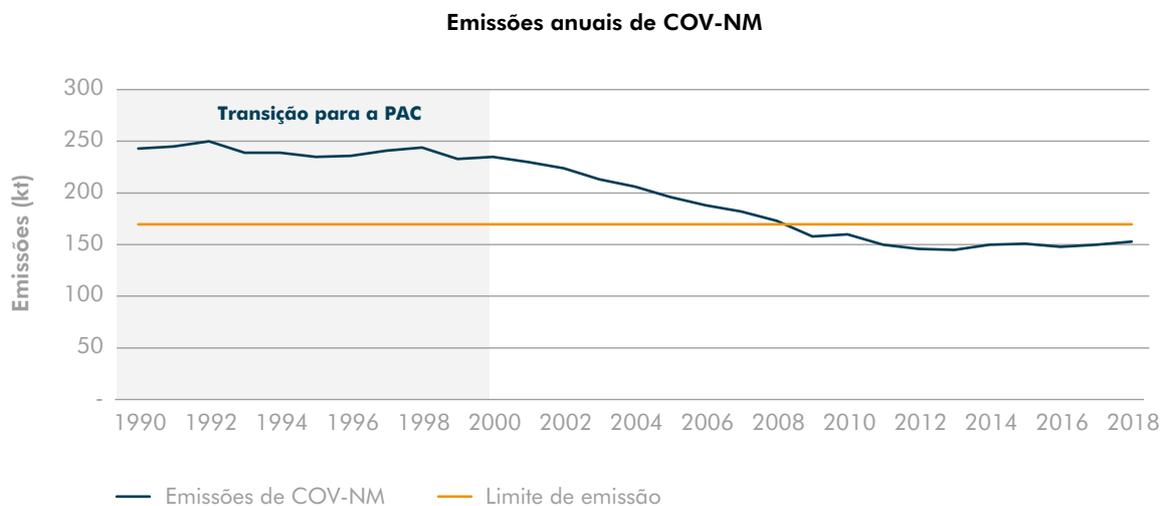
Figura 39  
**Relação entre as emissões de amónia com o uso de fertilizantes azotados e os usos do solo**



### Emissões de COV-NM

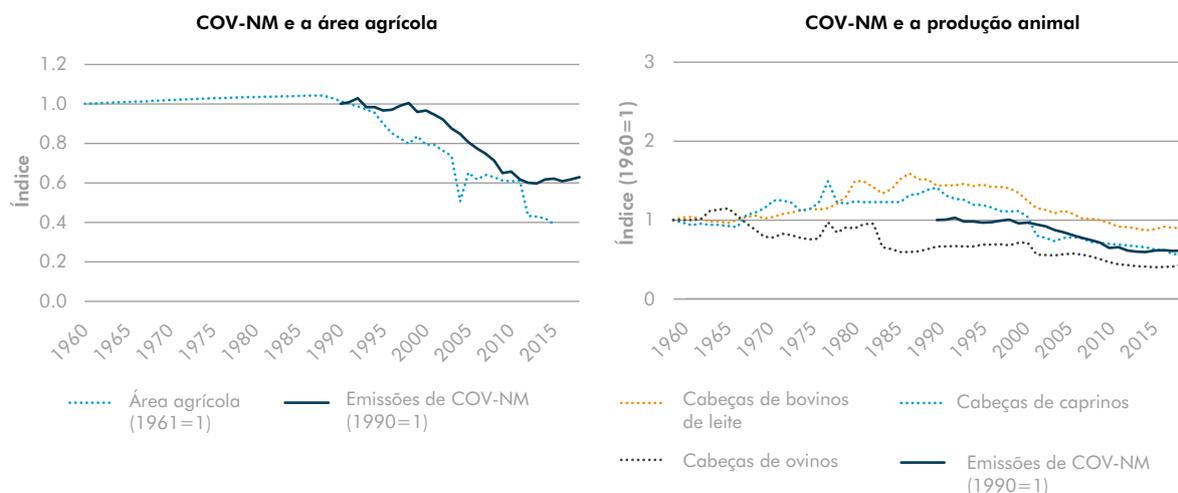
As emissões de COV-NM diminuíram a partir de 2000, o que corresponde ao fim do período de transição de Portugal para a PAC (Figura 40), devendo-se ao facto de a área agrícola ter vindo a reduzir a partir do fim desse período de transição.

Figura 40  
**COV-NM e a transição para as políticas agrícolas da UE**



Em geral, as emissões de COV-NM ao longo do tempo têm um padrão semelhante à evolução da área agrícola em Portugal (Figura 41). A área agrícola em Portugal é um indicador da dimensão das atividades agrícolas, como a lavoura e a silagem, e um indicador da erosão do vento a partir de solos não cobertos, tudo causas de emissões de COV-NM. A área agrícola diminuiu com a transição de Portugal para a PAC e, portanto, as emissões de COV-NM também. As emissões de COV-NM estão também ligadas às práticas de gestão de estrume e pastagem e, por conseguinte, a redução do número de animais tipicamente produzidos em agricultura extensiva (pastagem) resulta numa redução das emissões de COV-NM.

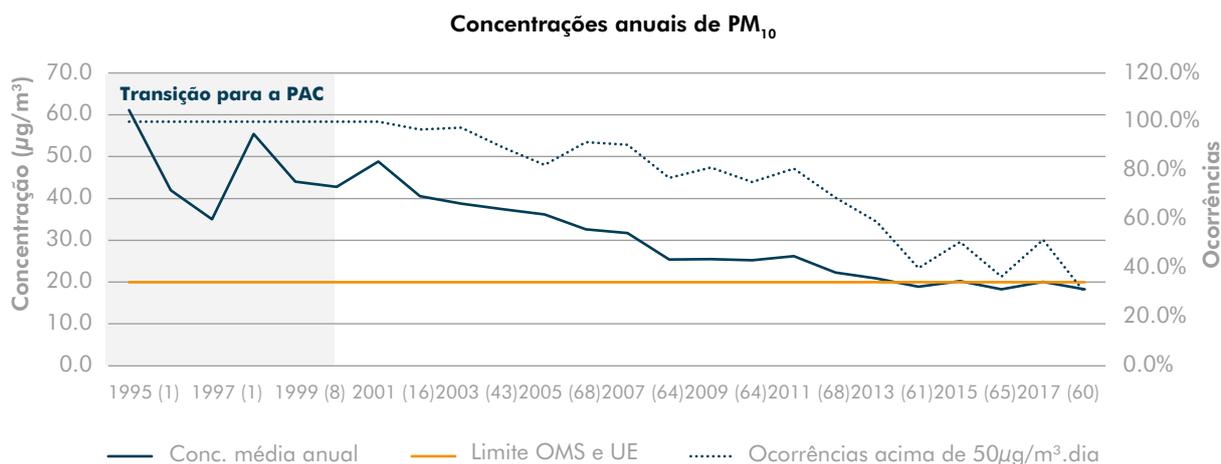
Figura 41  
**Emissões de COV-NM e área agrícola (esquerda)  
 e número de animais (direita)**



### Concentrações de PM<sub>10</sub>

As concentrações anuais de PM<sub>10</sub> diminuíram a partir de 2000, o que corresponde ao fim do período de transição de Portugal para a PAC (Figura 42).

Figura 42  
Concentrações anuais de PM<sub>10</sub> e o período de transição para a PAC

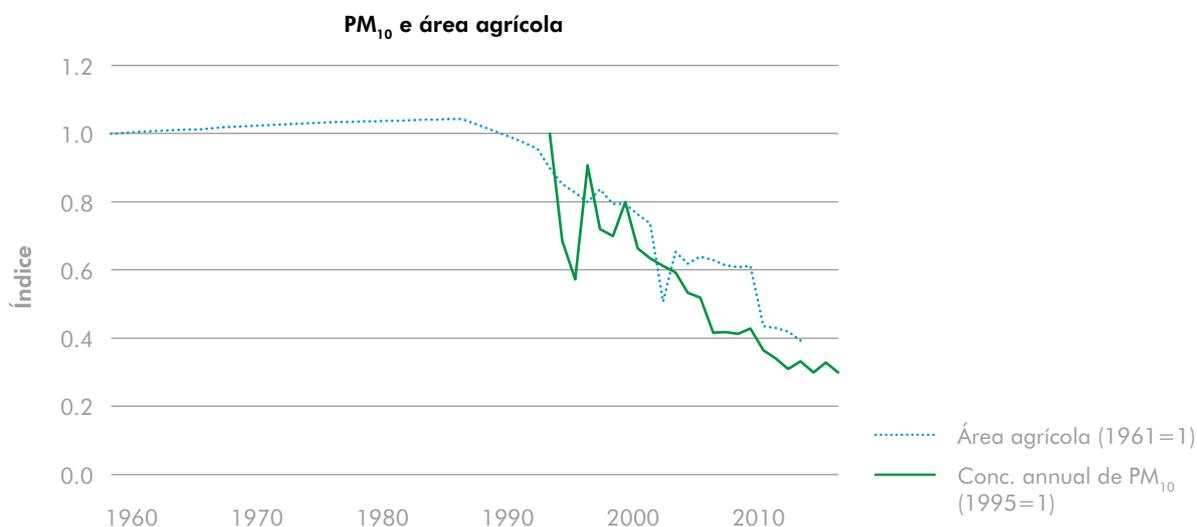


PAC - Política Agrícola Comum.

Ocorrências referem-se ao número de estações acima do valor limite dividido pelo número total de estações (número entre parênteses no eixo-x).

As emissões de PM<sub>10</sub> tendem a aumentar com a lavoura do solo, silagem e erosão eólica, que estão fortemente ligadas às áreas agrícolas. A área agrícola tem vindo a diminuir desde o período de transição para a UE e as concentrações de PM<sub>10</sub> seguem uma tendência semelhante (Figura 43).

Figura 43  
Área agrícola e concentrações médias anuais de PM<sub>10</sub>

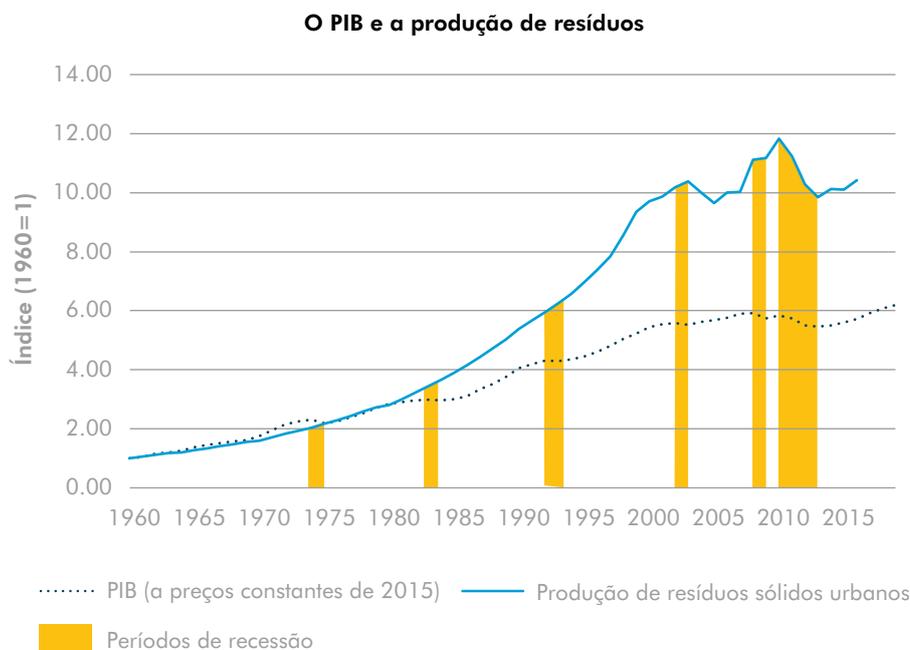


### 3.2.5 Políticas de resíduos

As políticas de resíduos, juntamente com o PIB, influenciam a produção e deposição de resíduos. As hipóteses que explicam a evolução dos indicadores ambientais relacionados com resíduos são que (1) o crescimento do PIB é o principal contribuinte para o aumento da produção e deposição de resíduos e (2) as políticas de resíduos que promovem o tratamento de resíduos contribuíram para suavizar as tendências em matéria de eliminação de resíduos. Uma revisão da política de resíduos em Portugal é apresentada nas Notas Técnicas (secção 7.2.8).

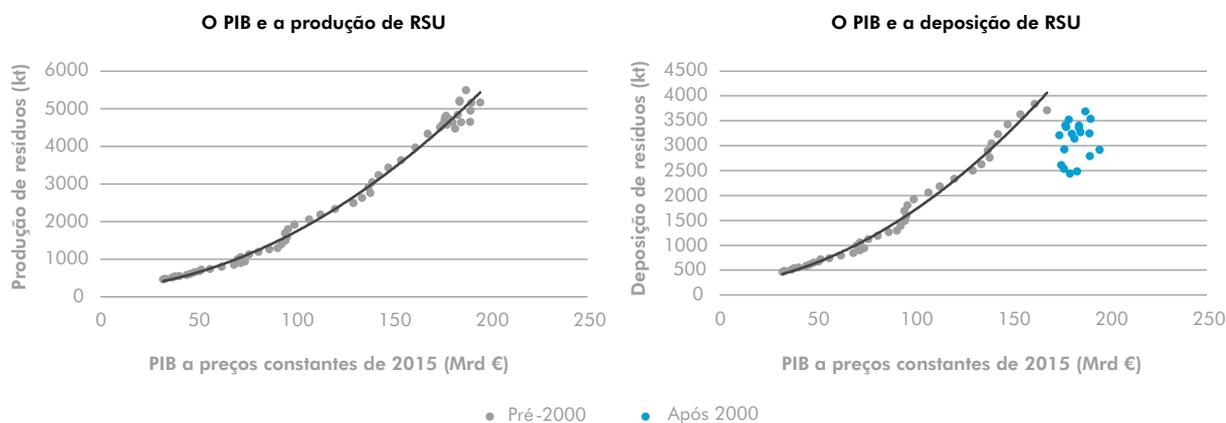
Em geral, podemos ver que a produção de resíduos está ligada à dinâmica do PIB. O crescimento do PIB levou a um aumento da quantidade de resíduos e a um aumento da sua deposição em aterro. A diminuição do PIB levou a reduções na produção e deposição de resíduos (Figura 44).

Figura 44  
**PIB e produção de resíduos ao longo do tempo**



A relação entre o PIB e a deposição de resíduos não é tão direta como para a produção de resíduos. Até 2000, a relação é quase linear (Figura 45), onde os resíduos produzidos são enviados para deposição em aterro sanitário sem tratamento prévio. A partir de 2000, os investimentos em valorização material, biológica e energética quebraram esta relação com o PIB, uma vez que havia uma menor quantidade de resíduos por PIB a ser enviada para deposição. A introdução de políticas de tratamento e eliminação de resíduos teve um efeito significativo em termos de suavizar os efeitos do PIB na deposição de resíduos. Uma vez não existindo políticas sobre a produção de resíduos para o período em análise, não se pode concluir o mesmo em relação à produção de resíduos.

Figura 45  
**Relação entre a produção (esquerda) e a eliminação (direita) de resíduos municipais com o PIB**

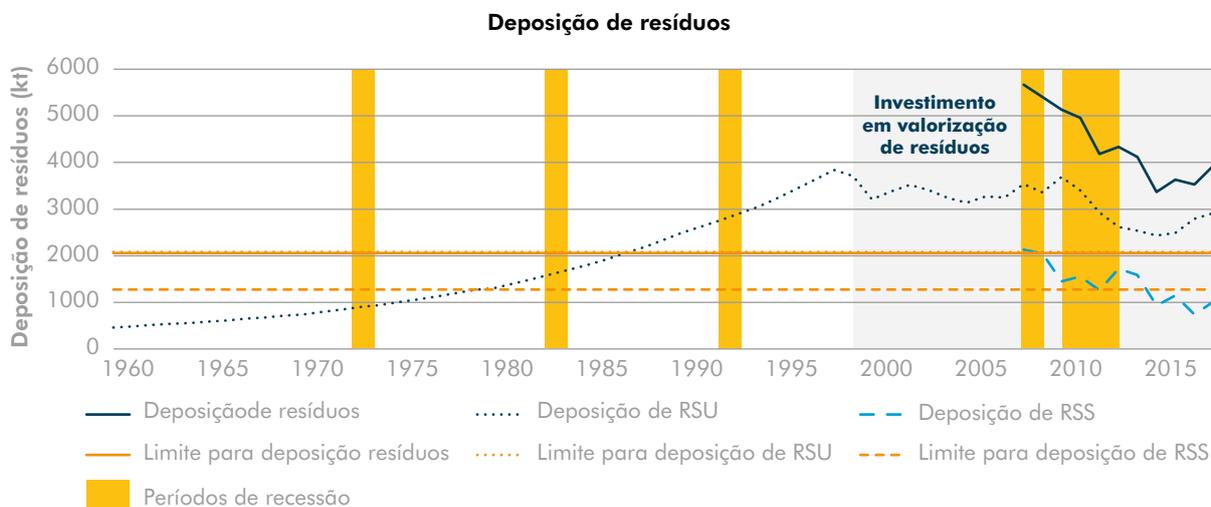


Linhas de tendência adicionadas à interpretação da ajuda.

As políticas que foram implementadas em Portugal, e que afetaram a deposição de resíduos, foram:

- Melhoria dos sistemas de recolha de resíduos. Os sistemas de recolha de resíduos aumentaram de 40% nos anos 60 para 100% em 2000 (APA, 2019a), tendo sido reportados mais resíduos até 2000, pelo que parte do aumento na produção de resíduos até 2000 pode também estar relacionada com o aumento no reporte de resíduos.
- A introdução da incineração de resíduos (duas instalações introduzidas em 1999 em Portugal Continental, uma na Madeira em 2001 e uma na Terceira/Açores em 2015), a melhoria das taxas de reciclagem (que começaram a aumentar a partir de 2000) e a introdução de processos de tratamento e recuperação biológica (2007-2016) contribuíram para uma redução da deposição de resíduos (Figura 46).

Figura 46  
**Resíduos depositados em aterro e principais eventos da política de resíduos em Portugal**



RST - resíduos sólidos totais; RSU - resíduos sólidos urbanos; RSS - resíduos sólidos sectoriais.

## 3.3

# MENSAGENS PRINCIPAIS

---

Os principais fatores identificados responsáveis pelas tendências observadas nos indicadores analisados foram:

- A dinâmica do PIB,
- A dissociação parcial dos indicadores ambientais do PIB, obtida pela implementação de políticas que promovem a descarbonização da eletricidade; eficiência energética (para a indústria e edifícios); veículos e combustíveis mais limpos; regulação da produção e consumo de substâncias que destroem a camada de ozono; políticas de valorização de resíduos.
- As políticas agrícolas associadas à entrada de Portugal na UE (a partir de 1986).

### 3.3.1 Dinâmica do PIB

A dinâmica do PIB (crescimento e recessão) afeta indiretamente os indicadores ambientais, uma vez que resulta do consumo privado e do rendimento familiar, levando ao aumento da procura de energia, do transporte rodoviário, das atividades de produção (atividade industrial), do consumo (de produtos, mas também de água) e da produção e deposição de resíduos. O PIB, por estar ligado às atividades de produção e consumo, é a principal causa da transgressão dos limites dos indicadores ambientais analisados. Isto é válido para a maioria dos indicadores analisados (exceção para os indicadores ligados à agricultura, tais como a pressão sobre os ecossistemas, poluição da água por N e P e consumo de água doce), e assume particular relevância para os indicadores de produção e deposição de resíduos.

A produção e deposição de resíduos estão acima dos limites ecológicos. Estes indicadores têm vindo a seguir as tendências do PIB. O caso da produção de resíduos, que diminuiu com a última recessão económica (2010-2013), voltou a aumentar com a recuperação da economia, em particular porque esta recuperação económica ficou ligada a um aumento do turismo que é um sector com elevada produção de resíduos (APA, 2019a). A eliminação de resíduos, por outro lado, dissociou-se do PIB em 2000 (no final do último período de crescimento económico). Esta dissociação está ligada à promoção da reciclagem de resíduos e à introdução de instalações de incineração de resíduos em Portugal. A categoria ambiental dá-nos dois exemplos importantes: um com a ausência e o outro com a presença de políticas e o seu efeito em termos de dissociação dos resíduos do PIB.

Foram encontradas fortes relações entre o PIB e (1) as emissões de GEE das indústrias energéticas até 2005, quando as políticas de descarbonização começaram a influenciar a produção de eletricidade; (2) a procura de energia por parte da indústria até 2002; (3) o residencial e serviços até 2005; (4) as emissões do transporte rodoviário até 2004; (5) a produção de resíduos em todos os anos analisados (1960-2018); e (6) a eliminação de resíduos até 2000 (data a partir da qual as taxas de reciclagem tornaram-se significativas e a incineração foi introduzida).

A última recessão, entre 2010 e 2013, levou a uma redução da atividade industrial, levando a um aumento das licenças de CO<sub>2</sub> não utilizadas, o que levou a uma redução do preço das licenças de emissão de CO<sub>2</sub> no Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE). Este efeito foi visível porque, ao mesmo tempo, os preços internacionais do carvão diminuíram devido a um aumento internacional da oferta. A recessão levou também a uma redução das viagens rodoviárias. A recessão também levou a uma redução na emissão e concentração de poluentes atmosféricos (por exemplo, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>2.5</sub> e NH<sub>3</sub>).

### 3.3.2 Políticas conducentes a uma dissociação entre o PIB e os indicadores ambientais

A partir dos anos 90 foram implementadas várias políticas com contribuição relevante para os indicadores ambientais analisados. Referimo-nos a políticas que promovem a descarbonização da eletricidade, transporte rodoviário e eliminação de resíduos; medidas de eficiência energética (para a indústria e edifícios); políticas que promovem veículos e combustíveis mais limpos; políticas que regulam a produção e consumo de substâncias que destroem a camada de ozono (ODS); e políticas de valorização de resíduos.

Os efeitos destas políticas foram:

- As políticas de descarbonização tiveram um forte efeito na poluição atmosférica a partir de 1997 e nas emissões de GEE (provenientes das indústrias energéticas) a partir de 2005 com a introdução do gás natural e o investimento em fontes renováveis de eletricidade,
- As medidas de eficiência energética tiveram um forte efeito em termos de emissões de GEE das indústrias transformadoras a partir de 2002, quando estas políticas começaram a ter um efeito significativo; e na eficiência energética de edifícios a partir de 2005,
- As políticas para combustíveis e transportes mais limpos têm tido um forte efeito sobre os poluentes atmosféricos provenientes dos transportes rodoviários a partir de 2004,
- As políticas de resíduos, em particular as que promovem a valorização material e energética (reciclagem e a incineração), tiveram um efeito significativo a partir do ano 2000 sobre a eliminação de resíduos.

Um exemplo de tais políticas, que teve grande relevância, foi a introdução do gás natural em Portugal, em 1997, que teve um impacto transversal nos indicadores ambientais, nomeadamente em termos de alterações climáticas e uma série de concentrações de poluentes atmosféricos. O gás natural substituiu o petróleo na produção de eletricidade, o gás butano no sector doméstico e nos serviços, e influenciou a indústria transformadora. Isto afetou positivamente as emissões de GEE em geral, e em particular as emissões de GEE da produção de eletricidade, a utilização de energia nas indústrias transformadoras e a utilização de energia em residências e serviços e afetou as emissões de poluentes atmosféricos, nomeadamente  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ , COV-NM e  $NH_3$ .

### 3.3.3 Políticas agrícolas

Antes da adesão de Portugal à UE, verificou-se uma intensificação crescente da agricultura com o aumento da utilização de fertilizantes e maquinaria, e um aumento generalizado da produção animal intensiva. Isto resultou principalmente de políticas agrícolas implementadas durante os anos 60 para melhorar o rendimento agrícola, resultando na intensificação da agricultura (Branco 2015). O resultado foi uma lenta tendência crescente nas emissões de GEE provenientes da agricultura, pressão sobre os ecossistemas e utilização de fertilizantes (fluxos N e P).

Portugal aderiu à UE em 1986. O período de transição português para a Política Agrícola Comum da UE (PAC, entre 1986-2000) e a internacionalização do mercado agrícola da UE (em 1993) levou primeiro a uma diminuição da produção agrícola seguida de uma intensificação da agricultura (nomeadamente no aumento do contributo de fertilizante azotado por unidade de área) nas áreas mais produtivas e irrigadas e à extensificação ou abandono noutros locais. As áreas agrícolas e a produção animal diminuíram. A exceção é para as formas mais intensivas de produção animal, tais como a engorda de bovinos de carne que aumentou (e, mais tarde, a produção de suínos também aumentou). O resultado é uma ten-

dência decrescente na pressão sobre os ecossistemas, utilização total de fertilizantes, emissões de NH<sub>3</sub> e COV-NM (devido à gestão de estrume, pastagem e fertilização) e concentrações de PM<sub>10</sub> (devido ao pastoreio e lavoura).

### 3.3.4 Resumo

A Tabela 14 resume os principais acontecimentos que contribuíram para os indicadores ambientais analisados.

Tabela 14  
**Resumo dos principais fatores que afetam os indicadores ambientais**

Sector <sup>1</sup>	Eventos principais	Efeito do sector nos indicadores ambientais
<p><b>Sector elétrico</b> Quantidade de petróleo e carvão usada na produção de energia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procura de eletricidade,</li> <li>• Custos de utilização do carvão (carvão e CO<sub>2</sub>),</li> <li>• A introdução de gás natural,</li> <li>• A decisão de eliminar o petróleo da mistura de eletricidade, e</li> <li>• Investimentos em fontes renováveis de eletricidade.</li> </ul>	<p><b>Alterações climáticas</b> O uso de petróleo e carvão na produção de energia leva a aumentos nas emissões de GHG.</p> <p><b>Poluição atmosférica</b> O uso de petróleo e carvão leva a emissões de PM<sub>10</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> e COV-NM.</p>
<p><b>Indústria transformadora</b> Procura por combustíveis fósseis; alguns processos industriais emitem GEE (CO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>), NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> e SO<sub>2</sub>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procura de energia (influenciada pelo PIB),</li> <li>• Introdução de gás natural,</li> <li>• Medidas de eficiência energética para a indústria,</li> <li>• Normas de emissão de qualidade do ar,</li> <li>• Acordos internacionais de redução da produção de equipamentos com ODS.</li> </ul>	<p><b>Alterações climáticas</b> As emissões de GEE aumentam com a procura de energia (mas diminuem com a utilização de gás natural e de fontes de energia renováveis) e com o PIB. As emissões de gases com efeito de estufa também diminuem com medidas de eficiência energética.</p> <p><b>Poluição atmosférica</b> As PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> e O<sub>3</sub> aumentam com o aumento da atividade industrial. A política de qualidade do ar contribuiu para a sua contínua monitorização e redução.</p>
<p><b>Residencial e serviços</b> Procura por combustíveis fósseis; procura de água; utilização de equipamentos com ODS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procura de energia (influenciada pelo PIB),</li> <li>• Introdução de gás natural,</li> <li>• Medidas de eficiência energética para edifícios, incluindo a produção de energia renovável,</li> <li>• Acordos internacionais de redução de equipamentos com ODS e regulamentos sobre manutenção e eliminação de tais equipamentos.</li> </ul>	<p><b>Alterações climáticas</b> Uso de combustíveis fósseis leva a emissões de GEE. A introdução do gás natural e as medidas de eficiência energética promoveram uma redução das emissões de gases com efeito de estufa.</p> <p><b>Destruição da camada de ozono</b> Os ODS são reduzidos pela redução do consumo, manutenção certificada, e eliminação de equipamentos que contêm ODS.</p>

Sector <sup>1</sup>	Eventos principais	Efeito do sector nos indicadores ambientais
<b>Transporte rodoviário</b> Consumo de combustível fóssil e eficiência dos veículos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rendimento familiar (ligado à economia),</li> <li>Investimento em infraestruturas - infraestruturas rodoviárias e pontos de carga para veículos elétricos,</li> <li>Incorporação de biodiesel nos combustíveis (a partir de 2006)</li> <li>Introdução de conversores catalíticos em veículos a gasolina,</li> <li>Incentivos à redução e substituição de automóveis,</li> <li>Imposto sobre o CO<sub>2</sub> emitido por veículos,</li> <li>Incentivos para a aquisição de veículos elétricos e híbridos.</li> </ul>	<p><b>Alterações climáticas</b>            O consumo de combustíveis fósseis leva a emissões de GEE.</p> <p><b>Poluição atmosférica</b>            PM<sub>10</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> e O<sub>3</sub> estão ligados ao consumo de combustível e à tecnologia dos veículos (ex.: conversores catalíticos em veículos).</p>
<b>Sector agrícola</b> Produção animal (intensiva e extensiva), e produção vegetal (utilização de fertilizantes, mobilização do solo e silagem)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transição para a Política Agrícola Comum da UE (PAC - 1986-2000),</li> <li>Internacionalização do mercado agrícola europeu (1993),</li> <li>Após a transição para a PAC (com o fim da redução dos subsídios da UE à produção).</li> </ul>	<p><b>Alterações climáticas</b>            A produção animal e uso de fertilizantes azotados leva a emissões de GEE.</p> <p><b>Destruição da camada de ozono</b>            Uso de fertilizantes azotados leva a emissões de N<sub>2</sub>O (uma ODS).</p> <p><b>Pressão sobre os ecossistemas</b>            Intensificação ou abandono da agricultura levou à redução da pressão sobre os ecossistemas.</p> <p><b>Poluição da água (N e P)</b>            Uso de fertilizantes leva ao aumento de emissões de N e P.</p> <p><b>Utilizações de água doce</b>            A intensificação e mecanização da agricultura leva ao uso de água.</p> <p><b>A poluição atmosférica PM<sub>10</sub></b>            O aumento da pastagem de animais e o aumento de terrenos cultivados leva a aumentos de COV-NM e NH<sub>3</sub>. A intensificação da agricultura pode levar à diminuição das emissões e concentrações de poluentes atmosféricos.</p>
<b>Sector dos resíduos</b> Quantidade de resíduos produzidos e eliminados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atividades de consumo (ligadas ao PIB),</li> <li>Introdução e adesão à valorização material</li> <li>Introdução de instalações de incineração</li> <li>Introdução de instalações de compostagem.</li> </ul>	<p><b>Produção e deposição de resíduos</b>            O aumento do consumo leva ao aumento da produção de resíduos. O aumento da valorização dos resíduos (reciclagem, incineração e compostagem) leva a uma redução da quantidade de resíduos eliminados.</p>

1. A destruição da camada de ozono está incluída nas indústrias transformadoras e no sector residencial e serviços.

**4.**

**ANÁLISE  
INTERGERACIONAL**

---



## 4.1

# ABORDAGEM SEGUIDA

Para explorar quanto cada geração utilizou em termos de recursos naturais e quanto está a deixar para as gerações seguintes foram atribuídos impactes à população utilizando um perfil de consumo baseado na idade e no ano. Para tal, foram utilizadas coortes de nascimento. Nas secções seguintes, são definidas as coortes e o método utilizado para a análise.

### 4.1.1 Coortes de nascimento e gerações

Foram definidas 25 coortes de nascimento com base em intervalos de 5 anos, abrangendo todas as coortes vivas entre 1960 e 2020. As coortes definidas encontram-se em:

- Tabela 15, que apresenta as coortes nascidas antes de 1945 (fim da Segunda Guerra Mundial, 2ªGM),
- Tabela 16, que apresenta as coortes nascidas entre 1945 e 1949, frequentemente referidas como *baby boomers* ou gerações pós Segunda Guerra Mundial,
- Tabela 17, que apresenta as coortes nascidas entre 1960 e 1979, frequentemente associadas à Geração X (*Gen X*),
- Tabela 18, que apresenta as coortes nascidas entre 1980 e 1999, também denominadas de Geração Y (*Gen Y*) ou *Millennials*, e
- Tabela 19, que representa as coortes nascidas após 2000, referidos como Geração Z (ou *Gen Z*).

Para facilitar a interpretação dos resultados, a nomenclatura das coortes de nascimento foi a seguinte: “C” de coorte, e “número” refletindo a idade do membro mais jovem da coorte em 2020. Dado o período de análise (1960-2020), isto significa que nem todas as coortes estão completas; de facto, apenas as coortes C56 a C41 estão completas.

As gerações, tal como aqui utilizadas, são grupos de coortes de nascimento. Foram consideradas seis gerações: Pré-WWII divididas nos grupos C121-C101 e C96-C81, *Baby Boomers* (C76-C61), Geração X (inclui coortes de nascimento C56-C41), Geração Y (inclui coortes de nascimento C36-C21) e Geração Z (inclui coortes de nascimento C16-C01). As coortes de nascimento incluídas em cada uma são apresentadas nas Tabela 15 a Tabela 19.

Tabela 15  
Coortes nascidos antes da II Guerra Mundial (2ªGM)

Coorte	Idade em 2020	Ano de nascimento	Ano com 15 anos de idade	Ano com 65 anos de idade
C121	-	1895-1899	1910-1914	<b>1960-1964</b>
C116	-	1900-1904	1915-1919	<b>1965-1969</b>
C111	-	1905-1909	1920-1924	<b>1970-1974</b>

Coorte	Idade em 2020	Ano de nascimento	Ano com 15 anos de idade	Ano com 65 anos de idade
C106	-	1910-1914	1925-1929	<b>1975-1979</b>
C101	-	1915-1919	1930-1934	<b>1980-1984</b>
C96	>96	1920-1924	1935-1939	<b>1985-1986</b>
C91	>91	1925-1929	1940-1944	<b>1990-1994</b>
C86	>86	1930-1934	1945-1949	<b>1995-1999</b>
C81	81-85	1935-1939	1950-1954	<b>2000-2004</b>

**Negrito:** anos no período de análise.

Tabela 16  
**Coortes geralmente referidos como Baby Boomers**

Coorte	Idade em 2020	Ano de nascimento	Ano com 15 anos de idade	Ano com 65 anos de idade
C76	76-80	1940-1944	1955-1959	<b>2005-2009</b>
C71	71-75	1945-1949	<b>1960-1964</b>	<b>2010-2014</b>
C66	66-70	1950-1954	<b>1965-1969</b>	<b>2015-2019</b>
C61	61-65	1955-1959	<b>1970-1974</b>	2020-2024

**Negrito:** anos no período de análise.

Tabela 17  
**Coortes geralmente referidos como Geração X**

Coorte	Idade em 2020	Ano de nascimento	Ano com 15 anos de idade	Ano com 65 anos de idade
C56	56-60	<b>1960-1964</b>	<b>1975-1979</b>	2025-2029
C51	51-55	<b>1965-1969</b>	<b>1980-1984</b>	-
C46	46-50	<b>1970-1974</b>	<b>1985-1989</b>	-
C41	41-45	<b>1975-1979</b>	<b>1990-1994</b>	-

**Negrito:** anos no período de análise.

Tabela 18  
Coortes geralmente referidos como Geração Y

Coorte	Idade em 2020	Ano de nascimento	Ano com 15 anos de idade	Ano com 65 anos de idade
C3	36-40	<b>1980-1984</b>	<b>1995-1999</b>	-
C31	31-35	<b>1985-1989</b>	<b>2000-2004</b>	-
C26	26-30	<b>1990-1994</b>	<b>2005-2009</b>	-
C21	21-24	<b>1995-1999</b>	<b>2010-2014</b>	-

**Negrito:** anos no período de análise.

Tabela 19  
Coortes geralmente referidos como Geração Z

Coorte	Idade em 2020	Ano de nascimento	Ano com 15 anos de idade	Ano com 65 anos de idade
C16	16-20	<b>2000-2004</b>	<b>2015-2019</b>	-
C11	11-14	<b>2005-2009</b>	<b>2020 -</b>	-
C06	6-10	<b>2010-2014</b>	-	-
C01	1-5	<b>2015-2019</b>	-	-

**Negrito:** anos no período de análise.

Para determinar o número de cidadãos por idade em cada coorte de nascimento foi usada a dimensão da população anual entre 1971 e 2019 da PORDATA. A dimensão da população anual foi agregada em intervalos de 5 anos, com exceção do primeiro intervalo (1971-1974), onde apenas quatro anos foram incluídos no intervalo. Com base na idade e ano foi possível determinar quantos membros de cada coorte de nascimento existiam em cada ano. O resultado foi um perfil do número de membros de cada coorte por idade.

#### 4.1.2 Atribuição de impactes às coortes de nascimento e gerações

A atribuição de impactes foi feita utilizando a distribuição etária dos chefes de família ao longo do tempo. Esta abordagem diferencia os grupos etários com base na sua probabilidade de serem chefes de família que são os responsáveis pelos gastos do agregado familiar. Com esta abordagem, os grupos etários com maior número de chefes de família num determinado ano serão atribuídos com uma maior quota-parte dos impactes ambientais. Foi utilizada a distribuição etária do chefe de família disponível no Instituto Nacional de Estatística (INE 1971, 1986, 2008 e 2017). O chefe do agregado familiar é definido como o membro do agregado familiar com maiores rendimentos. Foi usada a distribuição etária do chefe do

agregado familiar porque (1) tendo um rendimento mais elevado no agregado familiar, o chefe do agregado familiar terá maior responsabilidade nas decisões de consumo no agregado familiar e (2) o agregado familiar é uma boa unidade para analisar o consumo.

Adicionalmente, foram efetuadas duas correções às distribuições de impactes por idade do chefe do agregado familiar: (i) as idades dentro da idade de escolaridade obrigatória foram atribuídas impacte zero; e (ii) dos 60 aos 80 anos de idade, a quota-parte dos impactes foi definida a tender para zero. Este pressuposto posterior pressupõe que a partir dos 80 anos de idade não há chefes de agregados familiares.

As fontes de dados utilizadas foram as seguintes:

- Distribuição etária do chefe de família em Portugal: INE (1971, 1986, 2008, 2017);
- Anos de escolaridade obrigatória em Portugal: Ministério da Educação.

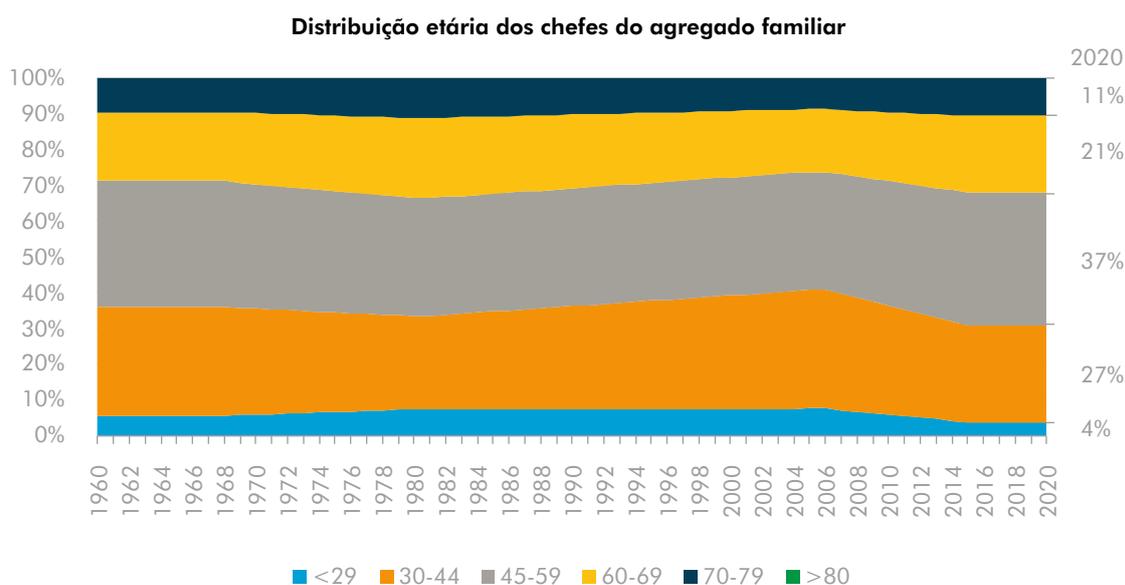
A distribuição por idades do chefe de família só se encontra disponível para quatro anos. O primeiro passo foi completar a série cronológica utilizando uma transição linear nos intervalos entre os dados disponíveis.

Num segundo passo, foi decomposto o grupo etário mais jovem do INE (" $\leq 29$ ") em dois grupos: de 0 a  $x$  e de  $x+1$  a 29, em que  $x$  é a idade em que se termina o ensino obrigatório, que variou ao longo do tempo. Para os impactes associados ao intervalo de 0 a  $x$ , atribui-se impacte zero, para o intervalo entre  $x+1$  e 29, atribuiu-se a quota-parte nas despesas do agregado familiar para o grupo  $\leq 29$ .

Finalmente, foi decomposto o grupo etário mais velho (" $\geq 60$ ") em três grupos etários: 60-69, 70-79, e mais de 80 anos. Para o grupo "mais de 80" atribuiu-se impacte zero. Para o grupo 70-79 atribuiu-se 1/3 das despesas do agregado familiar para o grupo etário " $>60$ "; e para o grupo etário 60-69 atribuiu-se 2/3 do impacte das despesas do agregado familiar para o grupo etário " $>60$ ".

As quotas resultantes desta abordagem são apresentadas na Figura 47.

Figura 47  
Distribuição etária do chefe do agregado familiar



A legenda refere-se a grupos etários. Fonte de dados: cálculos próprios baseados no INE.

Cada indicador ambiental anual foi multiplicado pelas quotas das despesas do agregado familiar por grupo etário do chefe do agregado familiar, por ano, com as correções acima referidas. O resultado é o impacto por grupo etário, por ano.

Após agregar os anos em intervalos de 5 anos, cada impacto por faixa etária por ano foi dividido pela população em cada faixa etária em cada ano obtendo um impacto por pessoa, por faixa etária por ano. Ao fazer isto, está-se a assumir que o impacto de uma coorte é igual ao impacto dos chefes de família que pertencem a essa coorte, pois não sabemos quem nessa coorte é chefe de família e quem não o é. Ao assumirmos um impacto médio para todos os membros da coorte, estamos a contabilizar a probabilidade de um membro da coorte ser ou não chefe de um agregado familiar.

Foram efetuadas duas outras abordagens à atribuição de impactos às coortes. Estas foram:

- Atribuição de impactos anuais pela população que vive nesse ano (Abordagem 1),
- Atribuição de impactos anuais pela população que trabalha nesse ano (Abordagem 2).

Das três abordagens, a que revelou resultados mais completos (em termos da inclusão de um maior número de variáveis) foi a apresentada neste estudo. As restantes abordagens, embora não usadas, encontram-se detalhadas nas Notas Técnicas (secção 7.3.1).

### 4.1.3 Análise dos resultados

As gerações foram comparadas umas contra as outras dentro de cada impacto ambiental. Isto permitiu conhecer o impacto de cada geração e o quão bem ou não cada geração se comportou relativamente às outras gerações. Os indicadores ambientais aqui considerados incluíram alterações climáticas (para emissões totais), pressão sobre os ecossistemas, fluxos de N e P, consumo de água doce, poluição atmosférica (apenas as emissões anuais de  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ , COV-NM,  $NH_3$  e concentrações de  $O_3$  (8h-mean) e  $PM_{2.5}$  (média de 1 dia) e produção e deposição de resíduos. Os restantes indicadores ambientais não foram apresentados uma vez que ou estão ligadas a estes indicadores ou estão na zona segura/dentro dos limites).

Os impactos das gerações foram também comparados a um “limite para as gerações”. Isto dá uma indicação de quantos recursos naturais e emissões cada geração está a deixar para as gerações seguintes. O “limite para gerações” foi estimado com base nos limites de cada indicador, atribuindo-a a cada geração e grupo etário utilizando a mesma abordagem descrita para os próprios indicadores ambientais (ou seja, utilizando o perfil etário do chefe de família).

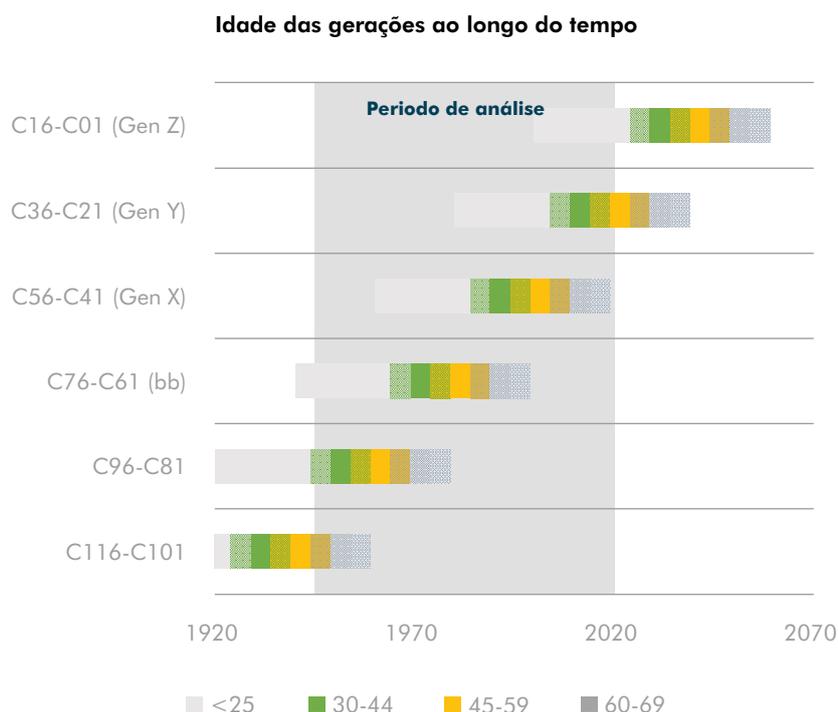
## 4.2 RESULTADOS DETALHADOS

O que temos visto dos resultados é que o impacto de uma determinada geração depende de dois fatores: (1) os perfis de consumo assumidos para os cálculos (consumo por grupo etário) e (2) as tendências observadas nos próprios impactos ambientais (impacte por ano).

Os perfis de consumo assumem impactos mais elevados para as gerações entre os 30 e 70 anos de idade (Figura 47e Figura 48). As gerações mais velhas tiveram muitos anos nestes grupos etários, em particular os *baby-boomers* (C76-C61) e os pré-2<sup>a</sup>GM (em particular, o grupo C96-C81). Por conseguinte, seria de

esperar que estas gerações tivessem impactes mais elevados apenas porque o período em que o seu consumo per capita foi mais elevado está a ser considerado nesta análise. Mas a dinâmica dos indicadores (quando atingiram um pico elevado e quando atingiram um pico baixo) também tem uma contribuição significativa para os resultados. A combinação destes dois fatores resulta na variedade dos padrões observados nas Figura 49, Figura 50 e Figura 51. Devido a isto, não se pode generalizar que as gerações mais velhas (pré-2ªGM e *baby boomers*) são as que têm impactes ambientais per capita mais elevados.

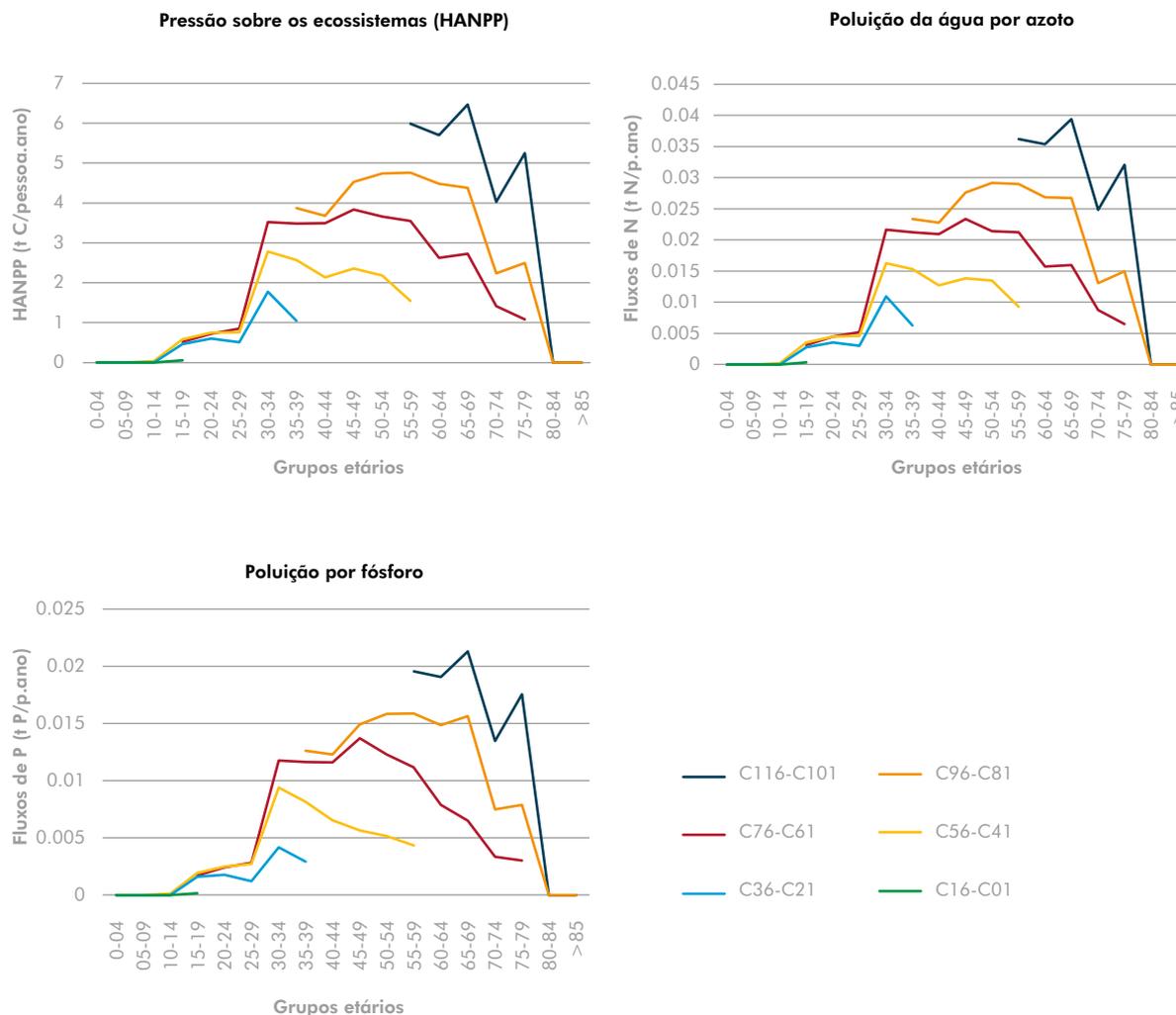
Figura 48  
**Idade das gerações ao longo do tempo**



As transições entre as idades encontram-se sombreadas pois nestes períodos referem-se a gerações com membros em ambos os grupos etários.

Isto só é observável para a pressão sobre os ecossistemas e fluxos N e P. Para estes indicadores, quanto mais velha for a geração, maiores foram os seus impactes e quanto mais jovem for a geração, menores foram os seus impactes. Em todos estes indicadores, a variabilidade é pequena, e estes aumentaram até 86-2000 e têm vindo a diminuir desde então. Isto combinado com os perfis etários de consumo das gerações leva a padrões que as gerações mais velhas têm impactes mais elevados (Figura 49).

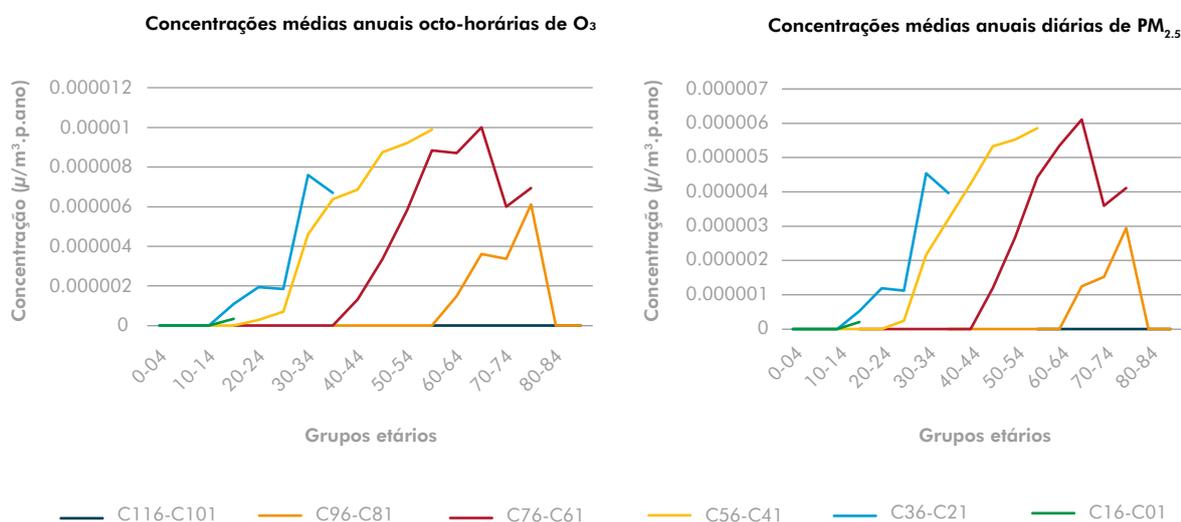
Figura 49  
**Impactes por geração e por grupo etário para pressão sobre os ecossistemas e fluxos de N e P**



Para os restantes impactes ambientais, dependendo do grupo etário que estamos a analisar, a geração com impactes mais elevados varia. O que se pode ver é que, para diferentes grupos etários, diferentes gerações apresentam os impactes mais elevados.

Para as concentrações médias octo-horárias de  $O_3$  e concentrações médias diárias de  $PM_{2.5}$ , encontramos três gerações (*Baby Boomers* (C76-C61), Geração X (C56-C41) e Geração Y (C36-C21)) que revelaram os impactes mais elevados para certos grupos etários. A Geração X, em particular, tem os seus impactes ainda a aumentar e que podem ser superiores aos da geração dos *Baby Boomers* para os grupos etários a partir dos 60 anos de idade (Figura 50). Note-se que a geração mais velha (C116-C101) e, em certa medida, a geração C96-C81 têm menos ou nenhum impacte porque os dados sobre as concentrações de poluentes atmosféricos só estavam disponíveis a partir de 1995 para  $O_3$  e 2003 para  $PM_{2.5}$ , não capturando as idades em que as gerações estavam em idade de consumo.

Figura 50  
**Impactes por geração e por grupo etário das concentrações de poluentes atmosféricos**



Note-se que a geração mais antiga (C116-C101) e, em certa medida, a geração C96-C81 têm menos ou nenhum impacte porque os dados sobre as concentrações de poluentes atmosféricos só estavam disponíveis a partir de 1995 para O<sub>3</sub> e 2003 para PM<sub>2.5</sub>, não captando as idades em que as gerações estavam em idade de consumo.

Para as alterações climáticas, consumo de água doce, emissões anuais de SO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, COV-NM e NH<sub>3</sub>, e produção e deposição de resíduos, quatro gerações (pré-2<sup>a</sup>GM (C96-81), *Baby Boomers* (C76-C61), *Gen X* (C56-C41) e *Gen Y* (C36-C21)) tiveram um pico nos seus impactes em certos grupos etários (Figura 51). Para o caso particular das emissões e concentrações de poluentes atmosféricos, uma vez que os dados só estavam disponíveis a partir de 1990, as gerações mais velhas têm menos ou nenhum impacte. Isto deve-se apenas aos dados e não ao facto de estas gerações não terem tido qualquer impacte.

Figura 51  
Impactes ambientais per capita, por grupo etário

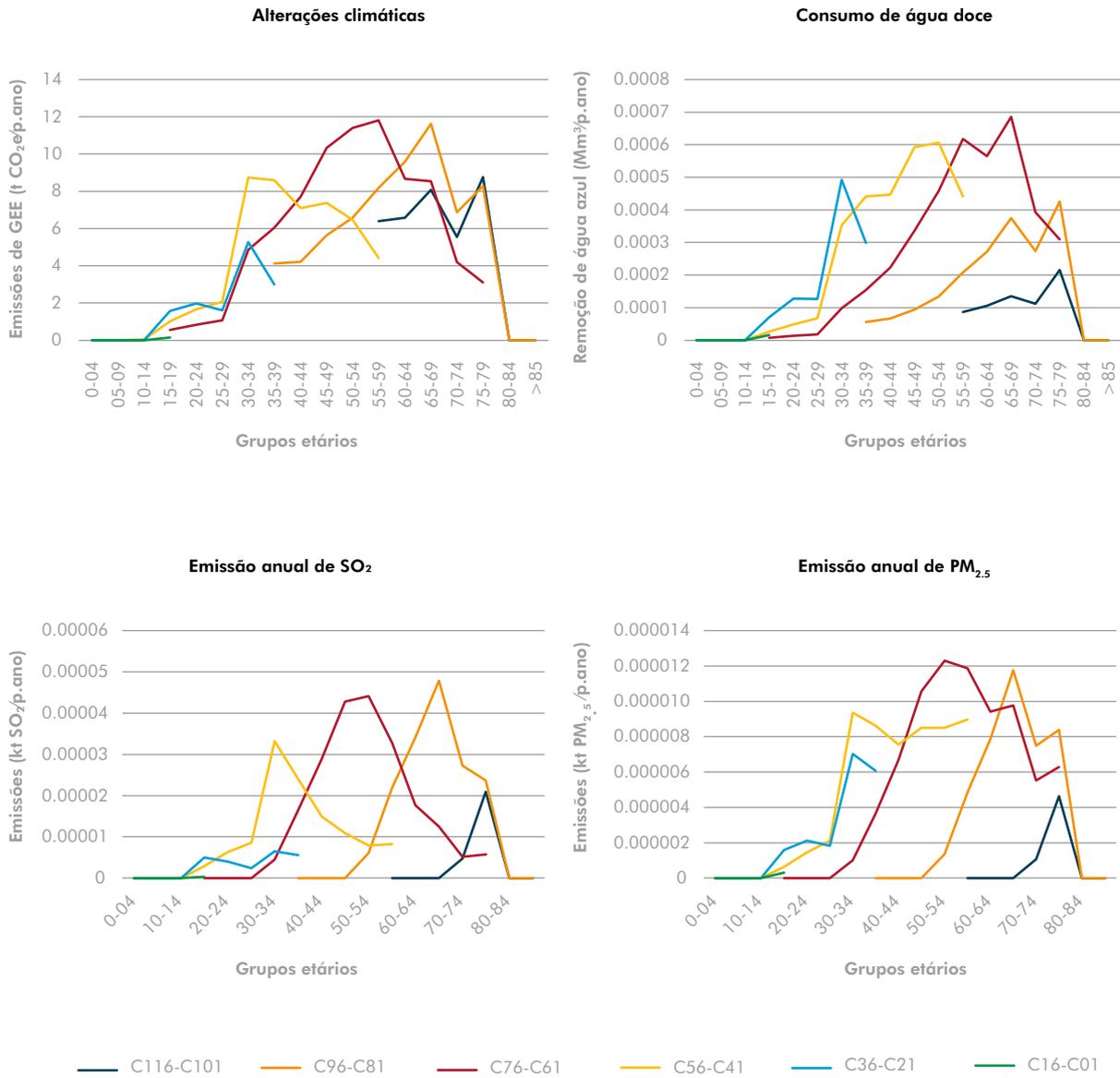
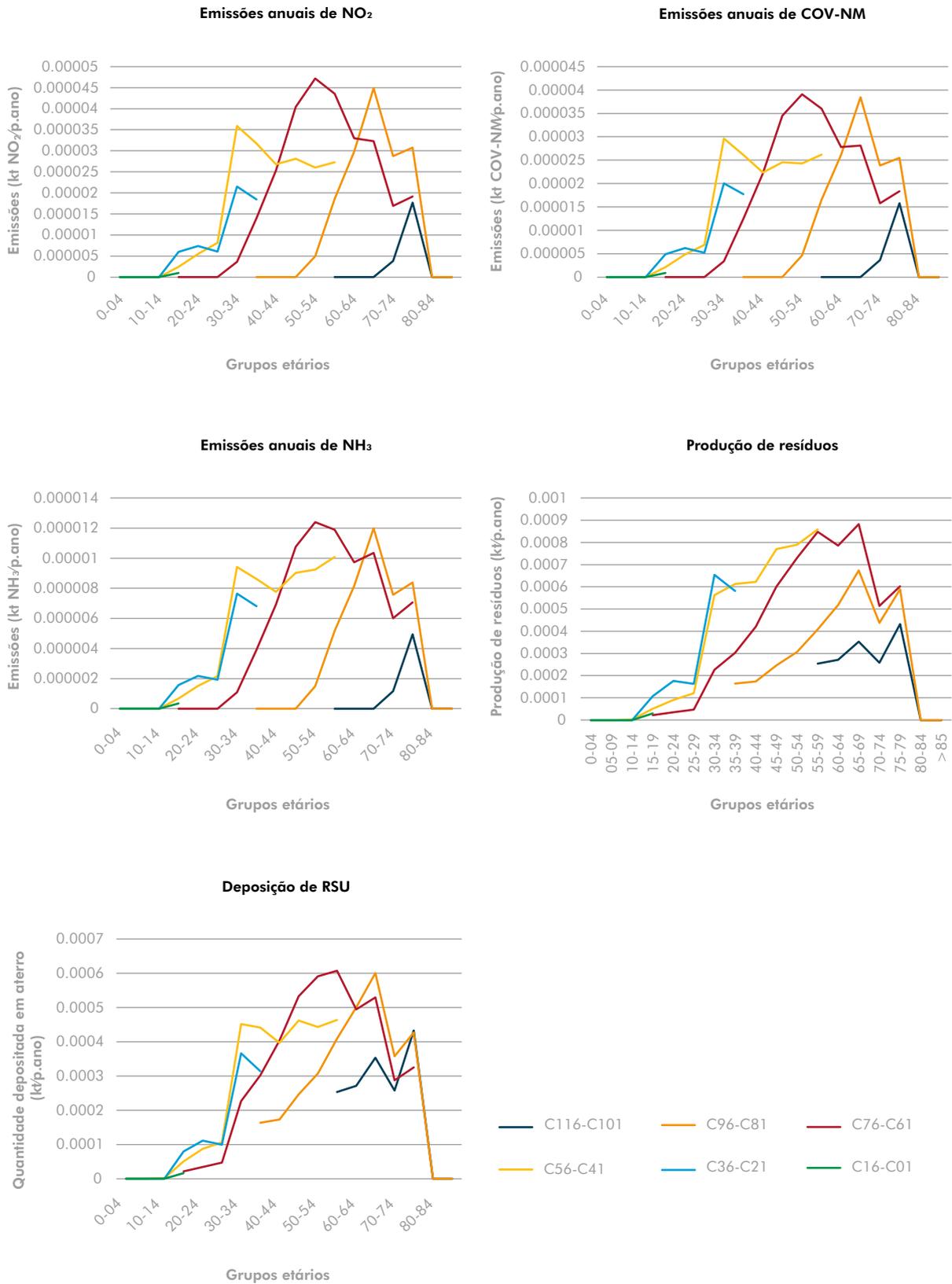


Figura 51  
(cont.)



Embora os impactes de algumas gerações sejam inferiores aos de outras gerações para o mesmo grupo de idade, isto não significa que os seus impactes sejam baixos. De facto, a maioria das gerações têm os seus impactes elevados quando comparados com os limites ecológicos. Isto significa que, embora algumas gerações tenham impactes consideravelmente mais baixos, ainda assim contribuem para os impactes ambientais. Isto é relevante para todos os indicadores, mas particularmente para as alterações climáticas, em que o limite se refere a um orçamento/estoque fixo disponível até 2100 e em que quanto mais for utilizado agora (ou seja, utilizando mais do que a dotação anual), menos estará disponível nos próximos anos (ou seja, a dotação anual para os próximos anos será reduzida).

A Figura 52 e Figura 53 apresentam exemplos desta situação para quatro indicadores: alterações climáticas, produção de resíduos, deposição de resíduos e pressão sobre os ecossistemas. Para as alterações climáticas, todas as gerações apresentam impactes acima dos limites, incluindo as mais jovens. A geração X (C56-C41), *Baby Boomers* (C76-C61) e Pré-2ªGM (C116-81) têm o maior défice entre os limites ecológicos e os impactes ambientais.

Para o caso particular das alterações climáticas, e como referido anteriormente (Secção 2.4), Em 2018 Portugal emitia mais GEE do que o orçamento anual de GEE (limite), o que resultou numa diminuição progressiva deste limite (ficando menos disponível para ser emitido até 2100). Isto significa que as gerações presentes e futuras, para respeitarem o limite ecológico terão um orçamento de emissão de GEE inferior ao das gerações a viver em 1960, valor que anda à volta dos 41-45%. Veja-se por exemplo, entre 1975-1979 (os primeiros 5 anos após a mudança de regime), o limite ecológico para as alterações climáticas era ainda de 26.5 Tg CO<sub>2</sub>e (=Mton), com emissões de GEE ainda abaixo do orçamento anual (usando o limite “Orçamento anual fixo, com atualizações nacionais”). Já entre 2015-2019, este limite encontrava-se em 15.1 TgCO<sub>2</sub>e, tendo havido uma redução de 43% entre estes períodos.

De uma forma geral, um cidadão (ou um grupo etário) em 2018 teve um orçamento de emissão mais baixo do que um cidadão da mesma idade em anos anteriores, de acordo com a Tabela 20.

Tabela 20  
**Alteração do limite ecológico para alterações climáticas de 2018  
face a diferentes anos**

Alteração ao limite ecológico em 2018	
Face a 1961	-41%
Face a 1970	-43%
Face a 1980	-43%
Face a 1990	-41%
Face a 2000	-31%
Face a 2010	-11%

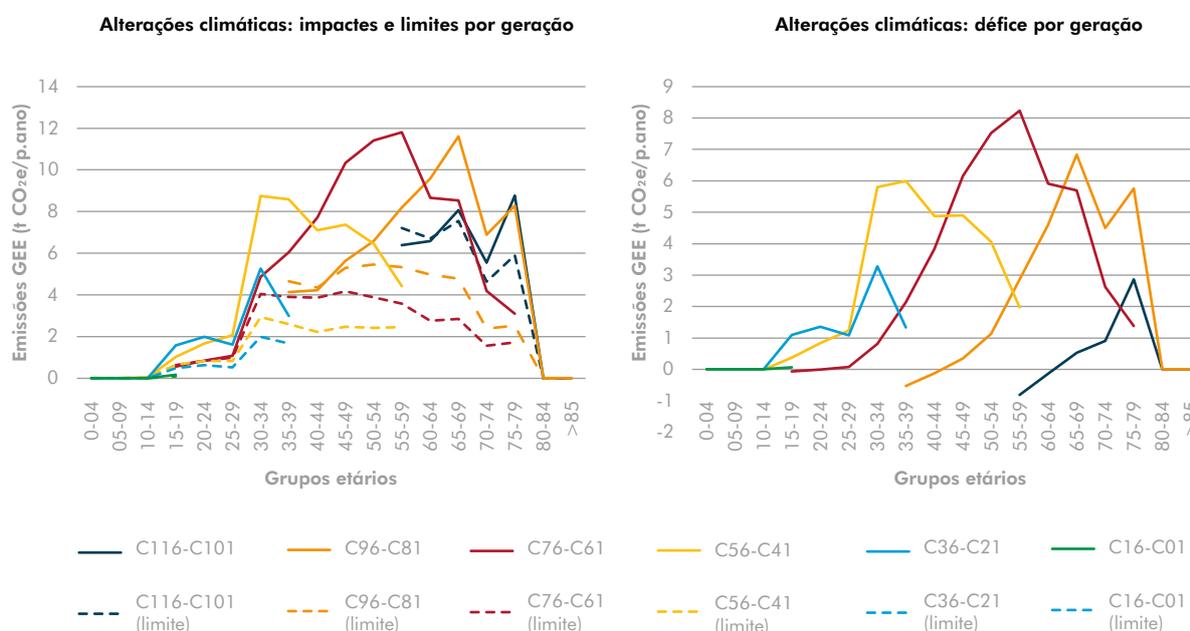
Com base no limite ecológico “orçamento anual fixo, com atualizações nacionais”.

Para a pressão sobre os ecossistemas, este facto já não acontece (decrécimo do limite quando se ultrapassa este), pelo que, para uma mesma faixa etária (em diferentes gerações), as diferenças devem-se apenas ao facto de existirem mais ou menos pessoas com essa idade a viver nesse período e à probabilidade de estas serem chefes de família.

Neste caso da pressão sobre os ecossistemas, o que se pode ver é que as gerações mais antigas apresentam o maior défice entre os seus impactes e o limite, mas todas as gerações, com exceção da mais jovem (Geração Z - C16-C01), apresentam valores acima do limite. Para a produção e deposição de resíduos, as gerações mais velhas (Pré-2<sup>a</sup>GM - C116-81) e as mais jovens (Geração Z - C16-C01) são as únicas gerações cujos impactes se situam abaixo do limite. As restantes gerações têm impactes acima dos limites.

Figura 52

### Impactes vs. Limites ecológicos por geração para alterações climáticas

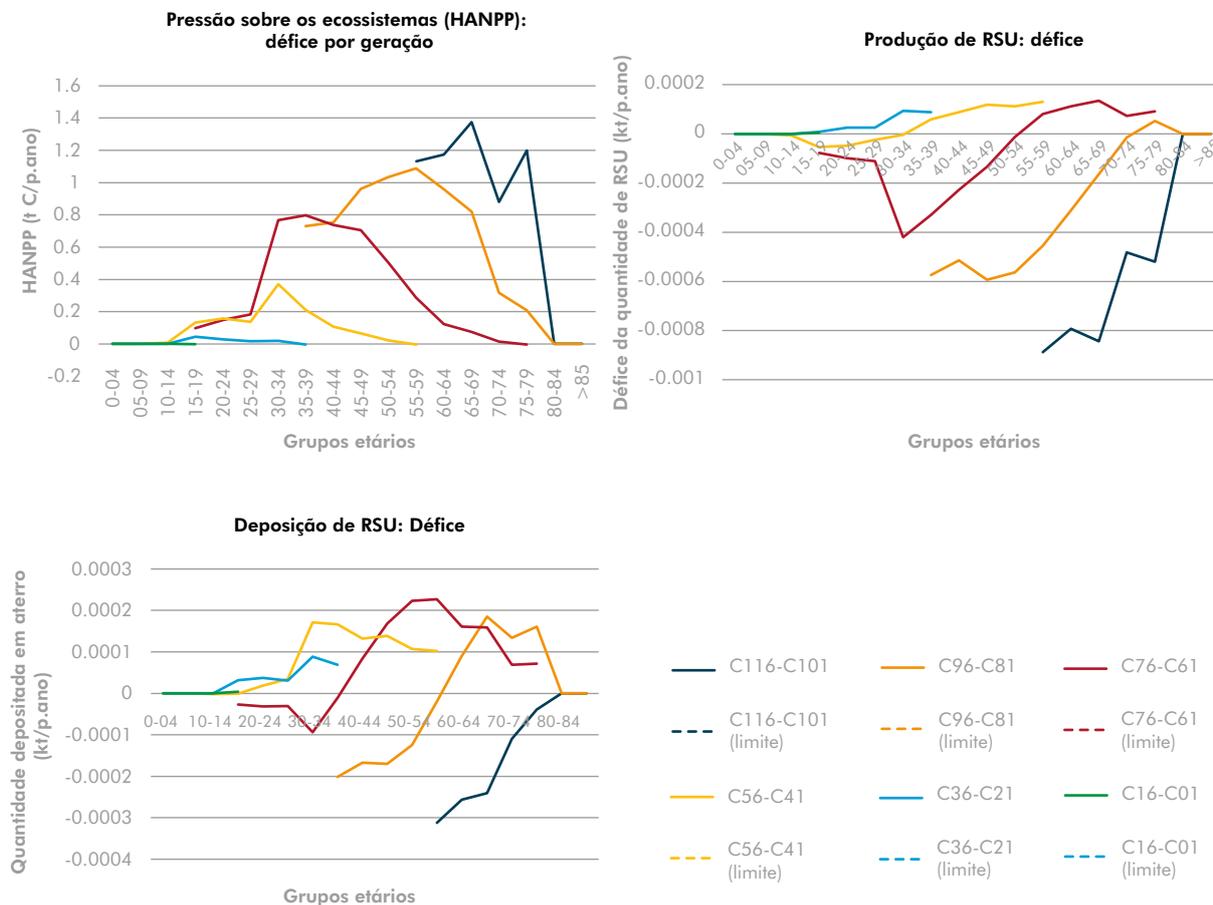


À esquerda: impactes estimados por geração (linhas completas) e limite de geração: limite para cada geração, utilizando os mesmos procedimentos de afetação (perfis de consumo) que para determinar os impactes para a geração (linhas tracejadas).

À direita: diferença entre o impacte estimado e o limite de cada geração. Os valores positivos referem-se a impactes fora dos limites. Os valores negativos referem-se a impactes dentro dos limites.

Figura 53

### Défice entre impactes estimados e limites ecológicos por geração para pressão sobre os ecossistemas, produção e deposição de RSU



As linhas representam a diferença entre o impacte real e o limite para cada geração. Os valores positivos referem-se a impactes fora do limite. Os valores negativos referem-se a impactes dentro do limite.

Embora as gerações mais velhas tenham tido impactes significativos em muitos indicadores ambientais, estas também contribuíram para a implementação de políticas que levaram a uma redução destes indicadores, deixando a sua própria geração e as gerações mais jovens com menos impactes. Como vimos no Capítulo 3 deste relatório, a razão pela qual os indicadores ambientais têm vindo a diminuir deve-se à dinâmica do PIB, mas também, devido a políticas de eficiência e processos mais limpos que foram decididas, acordadas e implementadas antes que os efeitos dos impactes se fizessem sentir. Isto significa que as gerações que viveram nesses períodos, independentemente do seu impacte por indivíduo, tiveram uma contribuição para reduzir os impactes da sua própria geração e das gerações que se seguiram. Isto inclui as gerações C96-C81, C76-61 (*Baby Boomers*), C56-C41 (Geração X) e, em menor medida C36-C21 (Geração Y). Além disso, as novas gerações estão agora a crescer num ambiente de maior sensibilização do público as questões ambientais e dispõem de tecnologias alternativas mais limpas do que as gerações mais antigas não tiveram. Neste sentido é de esperar que os impactes ambientais das gerações mais jovens continuem a diminuir.

## 4.3

### MENSAGENS PRINCIPAIS

---

Os impactos das gerações dependem de dois fatores: (1) dos perfis de consumo assumidos com base na distribuição etária dos chefes de família (consumo por grupo etário) e (2) das tendências observadas nos indicadores ambientais (impacte em cada ano). A combinação destes dois fatores resulta na variedade dos padrões observados em termos dos impactos de cada geração em cada indicador ambiental. Isto fez com que os resultados fossem muito diferentes de indicador para indicador:

- As gerações mais velhas têm impactos ambientais per capita maiores do que as gerações mais jovens para os indicadores pressão sobre os ecossistemas e fluxos de N e P;
- Para os restantes indicadores ambientais, todas as gerações têm um intervalo etário onde os seus impactos foram os mais elevados de todas as gerações;
- Este intervalo etário tem vindo a acontecer cada vez mais cedo, das gerações mais velhas para as mais novas (ou seja, o intervalo etário em que as gerações mais novas tiveram maiores impactos em comparação com as gerações restantes é mais baixo/juvenil do que para as gerações mais velhas, o que aconteceu mais tarde na vida).

Para as concentrações médias octo-horárias de  $O_3$  e concentrações médias diárias  $PM_{2.5}$  encontramos três gerações que revelaram os impactos mais elevados em diferentes faixas etárias: *Baby Boomers* (C76-C61), Geração X (C56-C41) e Geração Y (C36-C21). Note-se que para as emissões e concentrações de poluentes atmosféricos (que incluem concentrações de  $O_3$ ), uma vez que os dados só estavam disponíveis a partir de 1990, as gerações mais velhas têm menos ou nenhum impacto. Isto deve-se apenas à disponibilidade dos dados e não ao facto de estas gerações não terem tido qualquer impacto.

Para outros indicadores ambientais (alterações climáticas, consumo de água doce, emissões anuais de  $SO_2$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$ , COV-NM e  $NH_3$  e produção e deposição de resíduos), encontramos quatro gerações que revelaram os impactos mais elevados em determinada faixa etária (pré-2ª GM (C96-81), *Baby Boomers* e Gerações X e Y).

É importante notar que embora as gerações mais velhas tenham tido impactos significativos em muitos indicadores ambientais, estas gerações contribuíram, ao mesmo tempo, para a implementação de políticas que levaram a uma redução destes indicadores, deixando a sua própria geração e as gerações mais jovens com impactos menores.

Quando se compara a pegada ambiental com os limites para cada geração, há um fator importante que surge da análise: a maioria das gerações analisadas tiveram os seus impactos acima dos limites ecológicos na maioria das categorias ambientais. Isto significa que, embora algumas gerações tenham impactos consideravelmente inferiores quando comparadas com as restantes gerações, ainda assim contribuem para os impactos ambientais.

Para o caso particular das alterações climáticas, porque uma vez o limite sendo ultrapassado, este reduz-se (ficando menos disponível para ser emitido até 2100), concluiu-se que um cidadão (ou um grupo etário) em 2018 teve um orçamento de emissão mais baixo do que um cidadão da mesma idade em anos anteriores: -31% face a um cidadão em 2000 com a mesma idade, -43% face a um cidadão em 1980 com a mesma idade, -41% face a um cidadão em 1961 com a mesma idade.

# 5.

## CONCLUSÕES

---



Com base neste estudo é possível concluir que existem várias áreas ambientais de preocupação, uma vez que Portugal está completamente dentro dos limites de apenas uma categoria ambiental (de oito) – pressão sobre os ecossistemas. Para as restantes categorias ambientais, Portugal está fora dos limites de toda ou em parte da categoria ambiental.

As áreas de preocupação são as alterações climáticas, a destruição da camada de ozono (para as latitudes entre 30N-30S e entre 60S-30S), a pressão sobre os ecossistemas, os fluxos de N e P, a consumo de água doce, a poluição atmosférica (para as emissões de COV-NM e NH<sub>3</sub>, as concentrações anuais de PM<sub>2.5</sub>, as concentrações diárias de PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub> e as concentrações de O<sub>3</sub>) e a produção e deposição de resíduos (para os resíduos sólidos urbanos e os resíduos sólidos totais).

As áreas de menor preocupação são a camada de ozono para as latitudes entre 90S-60S (a latitude do buraco de ozono), 60N-30N e 90N-60N, poluição atmosférica para emissões de PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>, concentrações anuais de PM<sub>10</sub>, concentrações diárias de SO<sub>2</sub>, concentrações horárias de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>, eliminação de resíduos sólidos sectoriais. Isto deve-se a estes indicadores:

- estarem dentro dos limites ecológicos definidos e a sua tendência irá mantê-los dentro dos limites (para a destruição da camada de ozono para as latitudes entre 90N-30N, PM<sub>2.5</sub>, emissões de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>, concentrações anuais de PM<sub>10</sub>, concentrações diárias de SO<sub>2</sub>, concentrações horárias de SO<sub>2</sub>, eliminação de resíduos sólidos sectoriais),
- embora ainda na zona de incerteza dos limites ecológicos, mostram uma tendência de melhoria (para a destruição da camada de ozono para as latitudes entre 90S-60S, concentrações horárias de NO<sub>2</sub>).

Verificou-se que o PIB, por estar ligado às atividades de produção e consumo, é a principal causa da transgressão dos limites dos indicadores ambientais analisados. Isto é válido para a maioria dos indicadores analisados (com exceção dos indicadores ligados à agricultura, tais como pressão sobre os ecossistemas, poluição da água por N e P e consumo de água doce), e assume particular relevância para os indicadores de produção e deposição de resíduos sólidos. Para a pressão sobre os ecossistemas, poluição da água por N e P e consumo de água doce, a política agrícola foi o principal motor, particularmente, as políticas europeias.

Políticas que promoveram a descarbonização da eletricidade, transporte e tratamento de resíduos; medidas de eficiência energética (para a indústria e edifícios); políticas que promoveram veículos e combustíveis mais limpos; políticas que regularam a produção e consumo de substâncias que destroem a camada de ozono (ODS); políticas de valorização de resíduos têm desempenhado um papel importante na dissociação parcial dos indicadores ambientais do PIB.

Os resultados mostraram que a maioria das gerações analisadas teve os seus impactos acima dos limites. À exceção de poucos indicadores, a Geração Z é a única que se encontra dentro ou quase dentro do limite em todos os indicadores ambientais.

Para o caso particular das alterações climáticas, em 2016 Portugal emitia mais GEE do que o orçamento anual de GEE o que resultou numa diminuição progressiva deste limite (ficando menos disponível para ser emitido até 2100). Isto resulta em que um cidadão (ou um grupo etário) em 2016 teve um orçamento

de emissão mais baixo do que um cidadão da mesma idade em anos anteriores: -31% face a um cidadão em 2000 com a mesma idade, -43% face a um cidadão em 1980 com a mesma idade, -41% face a um cidadão em 1961 com a mesma idade.

Há limitações para a abordagem seguida neste estudo. Estas são:

- Os indicadores ambientais foram estimados com base numa abordagem territorial. Isto significa que apenas contabiliza as pressões exercidas dentro das fronteiras nacionais, não contabilizando os impactos do consumo de bens e serviços importados,
- Os impactos locais relacionados com os indicadores ambientais são diluídos na medida que os impactos são analisados em termos nacionais. Isto é particularmente relevante para a água (onde a escassez regional de água (por exemplo, no Sul) é diluída com regiões com menor escassez) e a poluição atmosférica, em particular, a poluição relacionada com o tráfego, onde os limites podem ser transgredidos localmente, mas não quando as médias nacionais são analisadas. Dadas estas limitações, os resultados aqui apresentados fornecem uma boa indicação do estado do território português, mas é preciso ter cuidado do que quando as concentrações de poluição atmosférica ou a utilização da água se encontram dentro dos limites, que pode haver casos locais em que isso não seja observado,
- Para os indicadores de poluição atmosférica, os dados só estavam disponíveis a partir de 1990 e, em alguns casos, a partir de 2005. Isto significa que o impacto aqui estimado para as gerações mais velhas é inferior ao real. Este deve-se apenas à disponibilidade de dados e não porque a geração teve impactos inferiores. Isto tem de ser tomado em consideração ao analisar os resultados da análise Intergeracional para a poluição atmosférica,
- As gerações mais velhas, embora não dentro dos limites de muitos indicadores ambientais, contribuíram para a implementação de políticas que conduziram a uma redução destes indicadores, deixando as próprias gerações e as gerações mais jovens com impactos menores em alguns indicadores.

**Há algum trabalho a ser feito para melhorar os impactos ambientais portugueses, mas o que se pode verificar é que as políticas implementadas a partir dos anos 90 já contribuíram para reduzir alguns destes impactos, e assegurar que as gerações mais jovens (geração Z) tenham impactos mais baixos do que se não houvesse estas políticas.**

6.

# **BIBLIOGRAFIA**

---



- Aguiar-Conraria, L. (2020). 2010-2013: a mais longa e severa das crises. Fundação Francisco Manuel dos Santos, <https://www.ffms.pt/crises-na-economia-portuguesa/5047/a-mais-longa-e-severa-das-crises> (último acesso: outubro 2020).
- Alvarenga, A., Marta-Pedroso, C., Santos, J., Felício, L., Serra, L.A., Palha, M.R., Sarmiento, N., da Silva Vieira, R., Teixeira, R., Santos, S., Oliveira, T., Sousa, T., Domingos, T. (2017). MEET2030 - Business, Climate Change and Economic Growth. Technical Report. BCSD Portugal e IST - Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Anon. (2004). A agricultura de regadio em Portugal continental: contributo para o Plano Nacional de Regadio. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.
- APA (2019a). Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases 1990-2017. APA, Amadora.
- APA (2019b). Água. Disponibilidades de Águas Superficiais e Subterrâneas. Relatório do Estado do Ambiente. Portal do Estado do Ambiente: <https://rea.apambiente.pt/content/disponibilidades-de-águas-superficiais-e-subterrâneas> (último acesso: março 2020).
- Ball, W.T., Alsing, J., Mortlock, D.J., Staehelin, J., Haigh, J.D., Peter, T., Tummon, F., Stübi, R., Stenke, A., Andersen, J., Bourassa, A., Davis, S.M., Degenstein, D., Frith, S., Froidevaux, L., Roth, C., Sofieva, V., Wang, R., Wild, J., Yu, P., Ziemke, J., Rozanov, E.V. (2018). Evidence for a continuous decline in lower stratospheric ozone offsetting ozone layer recovery. *Atmospheric Chemistry and Physics* 18, 1379-1394.
- Carmo, M., García-Ruiz, R., Ferreira, M.I., Domingos, T. (2017). O balanço de nutrientes do solo N-P-K da terra portuguesa na década de 1950: A transição da fertilização orgânica para a fertilização química. *Relatórios científicos* 7, 811.
- Demuth, H., Beale, M. (2013). Neural Network Toolbox for use with MATLAB. Math Work. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2005.10.002>.
- Directorate General for Economic and Financial Affairs (2018). AMECO database [WWW Document]. AMECO database.
- EEA (2019). Air quality in Europe – 2019 Report. Agência Europeia do Ambiente (EEA), Publications Office of the European Union, Luxemburgo.
- FAO (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations - Statistics Division. FAO.
- Faria, T., Martins, V., Canha, N., Diapouli, E., Manousakas, M.I., Eleftheriadis, K., Almeida, S.M. (2020). Children's exposure and dose assessment to particulate matter in Lisbon. European Aerosol Conference – EAC 2019, Gotemburgo, 25-30 de agosto.
- Felício, L., Henriques, S.T., Serrenho, A., Domingos, T., Sousa, T. (2019). Insights from Past Trends in Exergy Efficiency and Carbon Intensity of Electricity: Portugal, 1900–2014. *Energies* 2019, 12(3), 534; doi:10.3390/en12030534.
- Felício, L., Henriques, S.T., Serrenho, A., Domingos, T., Sousa, T. (2019). Insights from Past Trends in Exergy Efficiency and Carbon Intensity of Electricity: Portugal, 1900–2014. *Energies* 12: 534.
- Ferrão, P.M.C., Pinheiro, L., Ribeiro, P.J.T., Niza, S.P.O., Santos, C.P.P.F.R., Vilão, V., Carrola, C., Gonçalves, L., Vaz, A.S., Feliciano, M.J., Machado, M., Simão, P., Dias, B. (2011). Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020. Proposta PNGR. Agência Portuguesa do Ambiente (APA), Amadora.
- Gerten, D. Hoff, H., Rockström, J., Jägermeyr, J., Kummu, M., Pastor, A.V. (2013). Towards a revised planetary boundary for consumptive freshwater use: role of environmental flow requirements. *Curr Opin Environ Sustain* 5, 551-558.
- Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzer, C., Gingrich, S., Lucht, W., Fischer-Kowalski, M., Fischer, M. (2007). Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 104, 12942–12947. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704243104>.

- Hegglin, M. I., Fahey, D. W., McFarland, M., Montzka, S. A., & Nash, E. R. (2014). Twenty questions and answers about the ozone layer: 2014 update. Organização Meteorológica Mundial, PNUA, NOAA, NASA, e Comissão Europeia.
- Heistermann, M. (2017). HESS Opinions: A planetary boundary on freshwater use is misleading. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 21, 3455-3461.
- INE (1971). Orçamentos Familiares. Instituto Nacional de Estatística (INE), [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESTipo=ea&PUBLICACOEScolecao=107707&PUBLICACOESTema=55538&selTab=tabo&xlang=pt](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESTipo=ea&PUBLICACOEScolecao=107707&PUBLICACOESTema=55538&selTab=tabo&xlang=pt) (acedido: Setembro de 2020).
- INE (1986). Orçamentos Familiares. Instituto Nacional de Estatística (INE), [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESTipo=ea&PUBLICACOEScolecao=107707&PUBLICACOESTema=55538&selTab=tabo&xlang=pt](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESTipo=ea&PUBLICACOEScolecao=107707&PUBLICACOESTema=55538&selTab=tabo&xlang=pt) (acedido: Setembro de 2020).
- INE (2008). Orçamentos Familiares. Instituto Nacional de Estatística (INE), [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESTipo=ea&PUBLICACOEScolecao=107707&PUBLICACOESTema=55538&selTab=tabo&xlang=pt](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESTipo=ea&PUBLICACOEScolecao=107707&PUBLICACOESTema=55538&selTab=tabo&xlang=pt) (acedido: Setembro de 2020).
- INE (2017). Orçamentos Familiares. Instituto Nacional de Estatística (INE), [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESTipo=ea&PUBLICACOEScolecao=107707&PUBLICACOESTema=55538&selTab=tabo&xlang=pt](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESTipo=ea&PUBLICACOEScolecao=107707&PUBLICACOESTema=55538&selTab=tabo&xlang=pt) (acedido em: Setembro de 2020).
- Kastner, T., Erb, K.-H., Haberl, H. (2015). Global human appropriation of net primary production for biomass consumption in the European Union, 1986–2007. *J Ind Ecol* 19, 825-836.
- Krausmann, F., Erb, K., Gingrich, S., Haberl, H., Bondeau, A., Gaube, V., Lauk, C., Plutzar, C., Searchinger, T.D. (2013). Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 110, 10324–10329.
- Krausmann, F., Lauk, C., Haas, W., Wiedenhofer, D. (2018). From resource extraction to outflows of wastes and emissions: The socioeconomic metabolism of the global economy, 1900–2015. *Global Environmental Change* 52: 131–140.
- Lenzen, M., Kanemoto, K., Moran, D., Geschke, A. (2012). Mapping the structure of the world economy. *Environ. Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1021/es300171x>.
- Montzka, S. A., Dutton, G. S., Yu, P., Ray, E., Portmann, R. W., Daniel, J. S., Nance, J. D. (2018). An unexpected and persistent increase in global emissions of ozone-depleting CFC-11. *Nature*, 557(7705), 413.
- NASA Ozone Watch (2020). Images, data and information for atmospheric ozone. NASA, <https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/SH.html> (último acesso: março 2020).
- O'Neill, D.W., Fanning, A.L., Lamb, W.F., Steinberger, J.K. (2018). A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability* 1, 88-95.
- Reis, R. (2020). Crises na economia portuguesa. Fundação Francisco Manuel dos Santos, <https://www.ffms.pt/crises-na-economia-portuguesa> (último acesso: outubro 2020).
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F.S.III, Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schelinhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J. (2009). et al. A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472-475.

- Running, S. (2012). Measurable planetary boundary for the biosphere. *Science* 337, 1458-1459.
- Serrenho, A.C., Warr, B., Sousa, T., Ayres, R. U., Domingos, T. (2016). Structure and dynamics of useful work along the agriculture-industry-services transition: Portugal from 1856 to 2009. *Structural Change and Economic Dynamics*, 36, 1-21.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347 (6223), 1259855.
- Tiryaki, S., Aydın, A. (2014). An artificial neural network model for predicting compression strength of heat treated woods and comparison with a multiple linear regression model. *Constr. Build. Mater.* 62, 102–108. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2014.03.041>.
- ONU – Organização Mundial das Nações Unidas, Departamento de Assuntos Económicos e Sociais, Divisão da População (2019). *World Population Prospects 2019*, Edição Online. Rev. 1.
- PNUA (2015). Consumption of ozone-depleting substances 1989-2014. PNUA, <http://ede.grid.unep.ch> (Acesso: março de 2020).
- Weiskel, P. K., Wolok, D.M., Zarriello, P.J., Vogel, R.M., Levin, S.B., Lent, R.M. (2014). Hydroclimatic regimes: a distributed water-balance framework for hydrologic assessment, classification, and management. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 18, 3855-3872.
- OMS (2006). *Air Quality Guidelines. Global Update 2005*. Escritório Regional da OMS para a Europa, Copenhaga.
- OMS (2018). *Ambient (outdoor) air pollution*. Organização Mundial de Saúde, [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (último acesso: setembro de 2020).
- Wiedenhofer, D., Fishman, T., Lauk, C., Haas, W., Krausmann, F. (2019). Integrating Material Stock Dynamics Into Economy-Wide Material Flow Accounting: Concepts, Modelling, and Global Application for 1900–2050. *Ecological Economics* 156: 121–133.
- WWF (2020). *Living Planet Report 2020 – Bending the curve of biodiversity loss*, Almond, R.E.A., Grooten, M., Petersen, T. (Eds.), WWF, Gland.
- Xie, Y., Sha, Z., Yu, M., Bai, Y., Zhang, L. (2009). A comparison of two models with Landsat data for estimating above ground grassland biomass in Inner Mongolia, China. *Ecol. Modell.* 220, 1810–1818.
- Yang, S., Feng, Q., Liang, T., Liu, B., Zhang, W., Xie, H. (2018). Modeling grassland above-ground biomass based on artificial neural network and remote sensing in the Three-River Headwaters Region. *Remote Sens. Environ.* 204, 448–455.

# 7.

# NOTAS TÉCNICAS

---



## 7.1

# NOTA TÉCNICA 1. ESTIMATIVA DE LIMITES ECOLÓGICOS E INDICADORES AMBIENTAIS

---

### 7.1.1 Revisão dos resultados do estudo de O'Neill et al. (2018)

O'Neill et al. (2018) apresenta uma abordagem de fronteiras planetárias a nível de países. Isto foi conseguido através da reformulação de algumas fronteiras e da divisão das fronteiras planetárias pela população total, obtendo-se fronteiras per capita. Estas fronteiras per capita foram então multiplicadas pela população de cada país para obter a quota-parte de um determinado país nas fronteiras planetárias. As pressões biofísicas foram estimadas utilizando uma abordagem baseada no consumo, ou seja, contabilizando as importações e exportações de cada país.

No estudo produzido por O'Neill et al. (2018) foram consideradas as seguintes alterações:

- Para as alterações climáticas, o limite considerado foi o objetivo do Acordo de Paris de estabilizar o aumento da temperatura global em 2° C,
- Para a alterações do sistema-solo e integridade da biosfera foi utilizado um indicador proxy, o *Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP)*<sup>5</sup>,
- A destruição da camada de ozono não foi considerada uma vez que esta questão já se encontra em resolução, sendo uma questão de tempo até ser resolvida,
- A acidificação dos oceanos não foi considerada por ser impulsionada pelas emissões de CO<sub>2</sub> e estas são quantificadas no indicador de alterações climáticas,
- Não foram estimadas as categorias de introdução de entidades novas e emissões de aerossóis (à semelhança de Steffen et al. 2015, onde foram definidas, mas não quantificadas),
- Os indicadores “fluxo de materiais” e “pegada ecológica” foram acrescentados como indicadores adicionais para complementar os processos-chave do sistema Terra acima referidos.

Os resultados de uma abordagem a nível de país mostram que mesmo nos processos-chave do sistema Terra em que globalmente foi ultrapassada a fronteira existem países que ainda se encontram dentro da fronteira. O inverso também é verdade.

De acordo com O'Neill et al. (2018) (Tabela 21), Portugal excedeu todas as sete fronteiras em 2010.

---

<sup>5</sup> HANPP mede a quantidade de biomassa recolhida através da agricultura e silvicultura, bem como a biomassa que é morta durante a recolha mas não utilizada, e a biomassa que é perdida devido a alterações no uso do solo.

Tabela 21  
**Situação portuguesa nas “fronteiras planetários” em 2010,  
 abordagem baseada no consumo**

Indicador ambiental	Valor para Portugal	Limite per capita	Unidade
Emissões de CO <sub>2e</sub>	12.1	1.6	toneladas de CO <sub>2</sub> e por ano
Fósforo	5.2	0.9	Quilogramas de P por ano
Nitrogénio	72.9	8.9	Quilogramas de N por ano
Água azul	240	574	Metros cúbicos de água por ano
eHANPP	2.4	2.6	Toneladas de carbono por ano
Pegada Ecológica	4.2	1.7	Hectares globais (gha) por ano
Fluxo de materiais	24.3	7.2	Toneladas por ano

Fonte: <https://goodlife.leeds.ac.uk> (último acesso em novembro de 2020).

## 7.1.2 Alterações climáticas

### Limites ecológicos para alterações climáticas

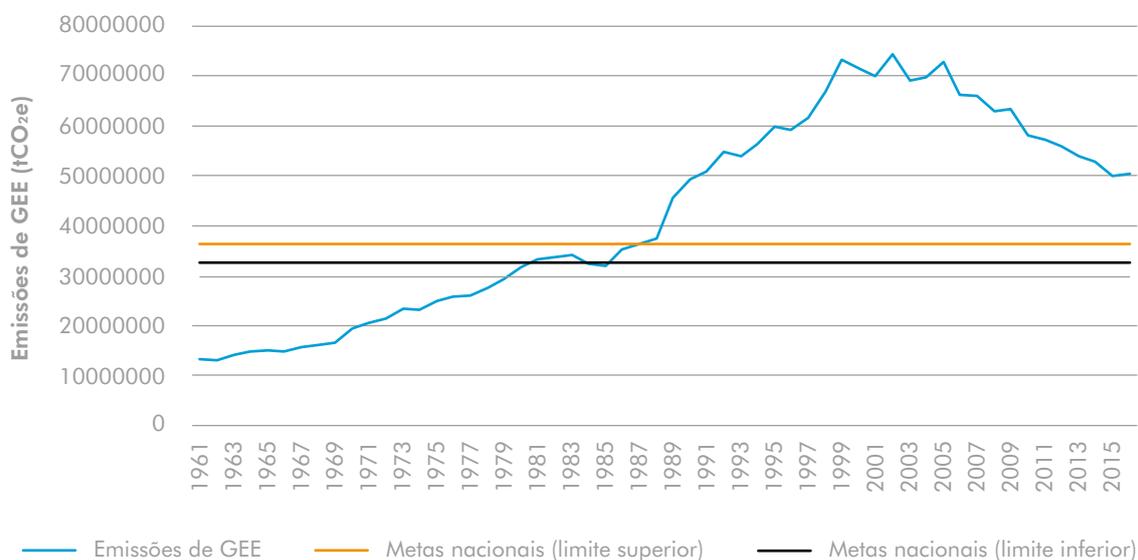
Foram considerados dois tipos de limites:

- Metas governamentais para 2030 e
- O objetivo de estabilização da temperatura média anual do acordo de Paris.

### Limites baseados em alvos governamentais

As metas anunciadas pelo governo para 2030 são: atingir até 2030 um nível de emissões entre 55% e 45% inferior ao das emissões em 2005. De acordo com esta meta, Portugal está a caminho de cumprir as metas até 2030 (Figura 54).

Figura 54  
**Metas de redução de emissões de GEE do governo português**



### Limites baseados no objetivo do Acordo de Paris

O Acordo de Paris definiu uma estabilização da temperatura média mundial de 2°C até 2100. Isto significa que existe um orçamento de emissões de GEE que os seres humanos podem emitir para assegurar que o objetivo não seja ultrapassado. Este valor é de 2 PtCO<sub>2</sub>e e constitui o orçamento de GEE disponível para ser emitido entre 1960 e 2100.

Há duas questões com a operacionalização desta fronteira:

- Como atribuir este orçamento a cada ano,
- Como atribuir este orçamento a cada país.

O **orçamento pode ser atribuído a cada ano** considerando um orçamento igual por ano, obtendo-se um orçamento anual fixo. Como a população mundial aumentou ao longo do tempo, cada pessoa poderia emitir mais em 1960 do que em 2010, por exemplo. Eticamente, este favorecimento das gerações mais antigas pode ser justificado pelo facto de a tecnologia estar menos desenvolvida em 1960 do que em 2010, e, portanto, seria justo que cada pessoa em 1960 pudesse emitir mais do que uma pessoa no futuro.

Alternativamente, o orçamento pode ser dividido por *pessoa.ano* (soma da população total em todos os anos entre 1960 e 2100, dados obtidos da ONU - Departamento de Assuntos Económicos e Sociais, Divisão da População, 2019), assegurando cada pessoa em cada ano tem sempre o mesmo orçamento de GEE, quer vivesse em 1960 ou em 2100. Como a população mundial aumentou de 1960 até aos dias de hoje e espera-se que continue a aumentar, o orçamento anual total irá aumentar.

O orçamento anual precisa de ser atualizado todos os anos para contabilizar as emissões excedentárias (ou abaixo do orçamento) ocorridas no ano anterior:

- Quando as emissões num ano são superiores ao orçamento disponível para esse ano, as emissões “excedentárias” são descontadas do orçamento restante para os anos seguintes até 2100.
- Quando as emissões estão abaixo do orçamento disponível para um determinado ano, as “emissões” não emitidas nesse ano são creditadas no orçamento para os anos restantes até 2100.

O resultado é que quando o orçamento é ultrapassado pelas emissões, o limite começa a diminuir, quando as emissões estão abaixo do orçamento, o orçamento disponível aumenta.

**A atualização do orçamento em cada ano** pode ser realizada globalmente, com base nas emissões mundiais e no orçamento mundial (ou seja, antes da atribuição a cada país) ou com base no desempenho de cada país em matéria de emissões (ou seja, após a atribuição do orçamento global a cada país). A primeira opção traduz o facto de que as alterações climáticas são um problema global e, por conseguinte, é necessário que todos os países atuem dentro dos limites para assegurar a consecução do objetivo do Acordo de Paris. A segunda opção coloca a responsabilidade por cada país no próprio país, ligando as emissões do país ao seu próprio orçamento disponível.

**A atribuição a cada país** pode ser feita utilizando o limite per capita (O'Neill et al 2018) e multiplicando este limite pela população de cada país para obter o orçamento de cada país. Outras opções têm sido exploradas na literatura, mas não exploradas neste estudo. Esta afetação favorece países com maior número de habitantes ou países que favorecem políticas de aumento da população. Como alternativa, uma população fixa poderia ser utilizada, por exemplo, a população mundial em 2010, quando foi efetuada a estimativa do orçamento disponível. Quaisquer políticas de controlo demográfico tomadas após 2010 (por exemplo, políticas de crescimento populacional ou de promoção da imigração) não afetarão diretamente o orçamento disponível para esse país específico.

Um resumo das modalidades de operacionalização do objetivo do Acordo de Paris é apresentado na Tabela 22.

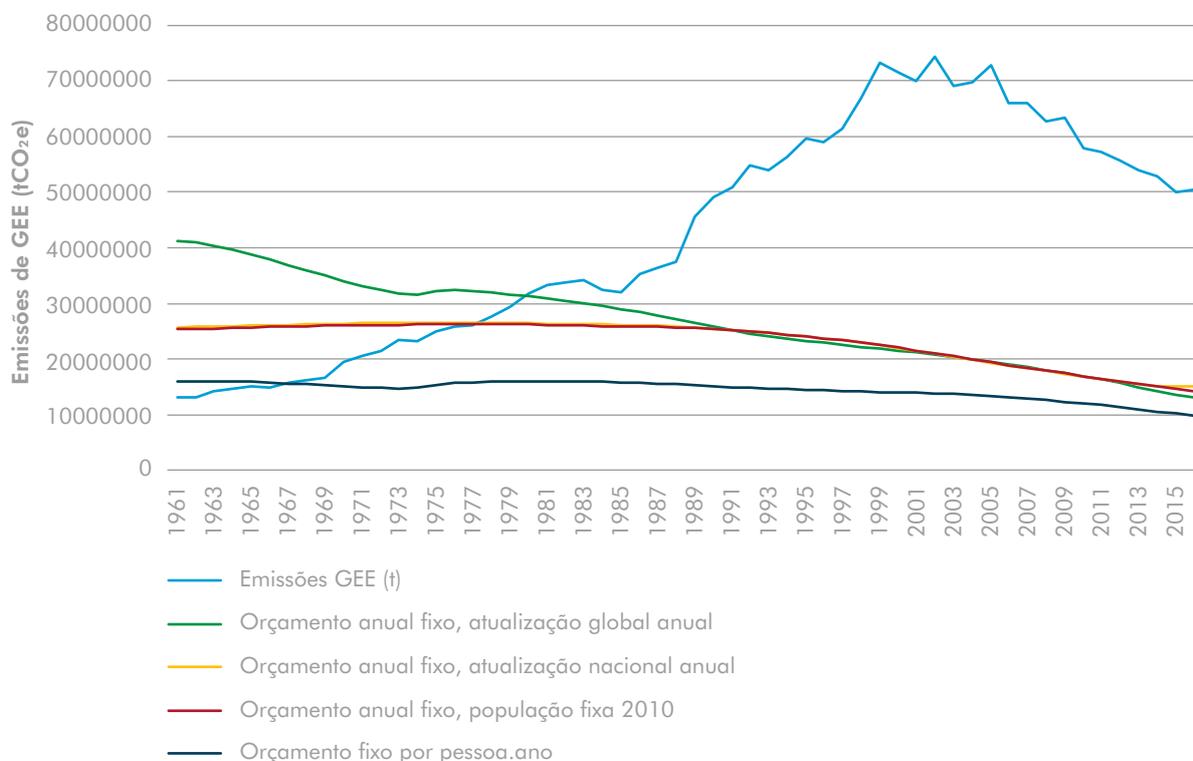
Tabela 22  
**Quatro modos de operacionalização do objetivo do Acordo de Paris**

Nome do limite	Atribuição a cada ano	Atualização do orçamento	Atribuição por país
<b>Orçamento anual fixo, atualização anual global</b>	Orçamento anual fixo	Atualização mundial anual (antes da atribuição por país)	Per capita com população real
<b>Orçamento anual fixo, atualização anual nacional</b>	Orçamento anual fixo	Atualização do país (após atribuição por país)	Per capita com população real
<b>Orçamento anual fixo, população fixa em 2010</b>	Orçamento anual fixo	Atualização do país (após atribuição por país)	Per capita com população fixa (2010)
<b>Orçamento fixo para pessoa.ano</b>	<i>Pessoa.ano</i>	Atualização mundial (antes da atribuição por país)	Per capita com população real

Figura 55 apresenta os resultados para os quatro modos de operacionalização dos limites do Acordo de Paris. Em todos os casos, Portugal está fora da fronteira. O ano após o qual isto acontece depende do limite:

- 1980 para o “orçamento anual fixo, défices globais”,
- 1978 para os limites “orçamento anual fixo, défices por país” e “orçamento anual fixo, população fixa” e
- 1969 para o “orçamento fixo para pessoa.ano”.

Figura 55  
**Emissões de GEE e quatro modos de operacionalizar a meta de temperatura do Acordo de Paris**



## Emissões de GEE

Os dados utilizados para estimar as emissões de GEE, foram os seguintes:

- Para emissões de energia: O consumo de energia final foi calculado por vetor de energia com base na base de dados da Agência Internacional de Energia (AIE). Mais especificamente, o consumo é distribuído nas seguintes categorias: carvão, petróleo, gás natural, energias renováveis combustíveis, calor e eletricidade. Para o carvão, petróleo e gás natural foi considerada uma ineficiência de 10% da conversão de energia primária em final, devido a perdas na distribuição após a extração. Estes 10% foram adicionados ao consumo total anual de cada um destes vetores. Para obter emissões de CO<sub>2</sub> e associadas à energia, o consumo final de energia de Portugal foi multiplicado pelos fatores de emissão do IPCC 2006 para todos os vetores de energia (carvão, petróleo e gás natural), exceto para a Eletricidade. Para as emissões de eletricidade, os recursos naturais consumidos foram estimados com base no mix de recursos de cada ano para a produção de eletricidade (a partir dos Balanços Energéticos Nacionais<sup>6</sup>), finalmente, foram aplicados os fatores de emissão do IPCC de 2006. Finalmente, as emissões associadas à eletricidade foram somadas às restantes emissões.
- Para a agricultura, as séries cronológicas de emissões de GEE do sector agrícola, utilização de azoto e fósforo foram obtidas da FAOSTAT (FAO, 2020);
- Para as restantes emissões (indústrias transformadoras, sector doméstico e dos serviços e resíduos): emissões obtidas a partir do Relatório de Inventário Nacional (APA, 2019a).

<sup>6</sup> Disponível em <http://www.dgeg.gov.pt/>

### 7.1.3 Espessura da camada de ozono

O buraco de ozono é o principal problema com a camada de ozono. O buraco foi causado pela emissão de substâncias que destroem a camada de ozono, cuja produção e consumo foram mitigados e cujas emissões estão já abaixo dos níveis de 1960 (Hegglin et al., 2014). O  $N_2O$  é a única substância cujas emissões ainda são elevadas. O  $N_2O$  é um subproduto da agricultura e da produção animal e é um gás com efeito de estufa. É uma questão de tempo até que a questão do buraco de ozono seja resolvida. As concentrações de substâncias que destroem a camada de ozono na atmosfera começaram a diminuir (Hegglin et al. 2014; Montzka et al., 2018) e as concentrações de ozono estão a aumentar (Hegglin et al. 2014). Os dados da NASA mostram agora que a extensão do buraco está a estabilizar (*NASA Ozone Hole Watch*, 2020).

Recentemente, novos dados revelam que o ozono estratosférico inferior em latitudes médias está a diminuir, compensando o progresso feito no sentido de reduzir o buraco de ozono e todo o espessamento da camada de ozono em latitudes médias - entre 60 °S e 60 °N (Ball et al., 2018). As causas deste declínio ainda não são totalmente conhecidas. Algumas hipóteses estão ligadas à dinâmica da atmosfera (incluindo a influência das alterações climáticas na dinâmica atmosférica) e à emissão de substâncias químicas rotuladas como VSLs (substâncias de vida muito curta) contendo cloro e bromo, cuja vida curta pode não ser tão curta como inicialmente se pensou.

Tendo isso em conta que:

- A destruição da camada de ozono é uma questão global, assemelhando-se às alterações climáticas (e, portanto, uma análise a nível nacional pode revelar pouco significado),
- não existem dados que forneçam emissões portuguesas de substâncias que destroem a camada de ozono (PNUA, 2015), com exceção dos dados para emissões de  $N_2O$  (APA, 2019a),
- o buraco de ozono está a estabilizar,
- as causas da redução da camada de ozono em latitudes médias são ainda desconhecidas (e, portanto, difíceis de atribuir responsabilidades a cada país),

só foi analisado este indicador ambiental a nível planetário. Os dados para esta análise foram obtidos de *NASA Ozone Watch* (*NASA Ozone Watch*, 2020; Hegglin et al. 2014; Montzka et al., 2018).

### 7.1.4 Cálculo de HANPP

Foi seguida a abordagem em Krausmann et al. (2013) para estimar o HANPP. O HANPP pode ser expresso como:

$$\text{HANPP} = \text{HANPP}_{\text{luc}} + \text{HANPP}_{\text{harv}}$$

onde  $\text{HANPP}_{\text{luc}}$  é a produção primária líquida (NPP) perdida da vegetação natural potencial devido à mudança de usos do solo, e  $\text{HANPP}_{\text{harv}}$  é a NPP colhida da vegetação atualmente prevalecente ( $\text{NPP}_{\text{act}}$ ).  $\text{HANPP}_{\text{luc}}$  foi calculado como a diferença entre  $\text{NPP}_{\text{act}}$  e  $\text{NPP}_{\text{pot}}$  (onde  $\text{NPP}_{\text{pot}}$  foi obtido de Haberl et al., 2007, e  $\text{NPP}_{\text{act}}$  foi extrapolado de  $\text{HANPP}_{\text{harv}}$ ). Tal como acima descrito,  $\text{HANPP}_{\text{harv}}$  em solos agrícolas inclui as culturas produzidas bem como a biomassa abaixo do solo e a biomassa acima do solo que é deixada nestes.  $\text{HANPP}_{\text{luc}}$  em prados assume que a conversão de florestas em prados resulta numa redução de 20% da NPP.  $\text{HANPP}_{\text{luc}}$  em áreas florestais e áreas protegidas é igual ao  $\text{NPP}_{\text{pot}}$ .  $\text{HANPP}_{\text{luc}}$  em solos agrícolas inclui a extração de biomassa usada e não utilizada. A  $\text{HANPP}_{\text{harv}}$  em áreas de pastagem é calculada com base na procura de alimento animal, que é uma função do número de animais.  $\text{HANPP}_{\text{harv}}$  em zonas florestais é dado pela madeira extraída.

Todas as áreas de utilização do solo, produção de terras agrícolas, número de animais e extração de madeira necessária para calcular o HANPP foram obtidas da FAOSTAT (FAO, 2020).

### 7.1.5 Poluição da água

Os dados nacionais do uso de azoto e fósforo foram obtidos da FAOSTAT (FAO, 2020).

### 7.1.6 Estimativa para a água azul

A captação de água azul foi obtida a partir da base de dados Eora Global Supply Chain Database (Lenzen et al., 2012).

### 7.1.7 Emissões e concentrações de poluentes atmosféricos

Os dados de emissões anuais de poluentes atmosféricos foram obtidos do Anexo I do Relatório do Inventário Nacional Português (APA, 2019a).

Para concentrações de poluentes atmosféricos, foram obtidos dados da rede nacional de monitorização da qualidade do ar. Esta rede fornece valores horários para a maioria dos poluentes. Os valores foram calculados como média por valores de 1 ano, 1 dia ou 8 horas, de acordo com cada limite de poluentes. Para alguns poluentes foi considerado o número de vezes (horas, dias, períodos de 8 horas, ano) que as concentrações estavam acima dos valores máximos num ano, para comparar com os respetivos valores máximos da UE.

Valores para metais pesados em  $PM_{10}$  (As-Arsénico, Cd-Cádmio, Ni-Níquel e Pb-Lead) e benzo-(a)-pireno em  $PM_{10}$  não foram estimados, uma vez que não havia dados suficientes para ter boas estimativas.

A abordagem seguida aqui, embora coerente com o enquadramento das fronteiras planetárias, tem algumas limitações em termos do objetivo do estudo:

- As taxas de morbilidade e mortalidade, ligadas aos poluentes, representariam melhor o limite. Embora alguns destes dados estejam disponíveis para alguns poluentes para humanos, não estão disponíveis para todos os poluentes para humanos, e também não estão disponíveis para os ecossistemas,
- As taxas de exposição, em vez de emissões ou concentrações na atmosfera, seria uma segunda abordagem melhor (na ausência de taxas de morbilidade e mortalidade); contudo, medir a exposição não é fácil (Faria et al., 2019): (1) os padrões de atividade dos subgrupos da população variam ao longo do dia, da semana e do ano, pelo que a exposição pode variar, bem como os impactos na saúde das pessoas mais sensíveis e (2) as pessoas passam aproximadamente 90% do seu tempo em recintos fechados, tornando a qualidade do ar interior mais relevante para a exposição da população do que os níveis de concentração exterior. Devido a este facto, ainda não há conhecimentos e dados suficientes para se poder medir a poluição do ar em termos de exposição da forma requerida por este estudo. Espera-se que no futuro a abordagem vá no sentido de medir a exposição em vez de emissões ou concentrações,
- A concentração na atmosfera seria uma terceira melhor abordagem, que é a abordagem seguida aqui sempre que os dados (e os valores-limite) estão disponíveis nesta forma. Esta abordagem tem algumas limitações em comparação com as duas primeiras abordagens acima descritas. Segundo Faria et al. (2020), existe uma variabilidade significativa em algumas concentrações de poluentes no território (mesmo dentro de uma cidade), incluindo os pontos críticos que muitas vezes não são cobertos pelas redes de qualidade do ar,

- Finalmente, há outros poluentes que poderiam ter relevância para a “poluição atmosférica”, mas não estão incluídos porque ou não há dados suficientes disponíveis (ou seja, recolha sistemática de dados para analisar tendências, por exemplo, para metais pesados em  $PM_{10}$ ) ou não há ainda conhecimento sobre os danos que determinados poluentes podem ter (por exemplo, fontes de poluição interior). Espera-se que no futuro, novos poluentes possam ser acrescentados a esta categoria.

## 7.1.8 Produção e deposição de resíduos sólidos

### Limites para a produção e deposição de resíduos

O Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020 (PNGR 2011-2020) define quatro objetivos para os resíduos sólidos:

1. Um limite na produção de resíduos sólidos: 20% de redução na produção total de resíduos de 2009 a 2020. Este limite é estabelecido para reduzir os impactes ambientais relacionados com a gestão de resíduos.
2. Nível mínimo de integração de recursos na economia - 70% do total de resíduos a serem reciclados até 2020 (PNGR 2011-2020). Este limite é estabelecido para reduzir os impactes ambientais de certas formas de gestão de resíduos (nomeadamente, aterro e incineração).
3. Um limite para a eliminação de resíduos: 62% de redução de 2009 a 2020. Este limite foi estabelecido para reduzir as práticas de gestão de resíduos mais nocivas para o ambiente.
4. Um limite para as emissões de GEE do sector dos resíduos: redução das emissões para o valor de 5,68 MtCO<sub>2</sub> e até 2020 (redução de 20% a partir de 2005).

Para o presente estudo, selecionou-se os alvos 1 e 3. Isto porque (1) os objetivos 2 e 3 são dependentes; e (2) como o sector dos resíduos contribui apenas com 6,8% (em 2017) do total de emissões de GEE (APA, 2019a), considerou-se que este objetivo não é tão significativo como os restantes.

Os dados sobre o total de resíduos produzidos não estavam disponíveis porque os dados sobre resíduos sectoriais não estavam disponíveis. Por este motivo, foram definidos limites parciais para os resíduos sólidos urbanos com base nos limites nacionais:

- 20% de redução na produção de resíduos sólidos urbanos de 2009 a 2020
- 62% de redução, de 2009 a 2020, dos resíduos municipais depositados em aterro.

### Fontes de dados para a produção e tratamento de resíduos

Os dados utilizados para a produção e deposição de resíduos foram:

- Produção municipal de resíduos sólidos, 1990-2018: Relatório de Inventário Nacional (APA, 2019a),
- Eliminação de resíduos sólidos sectoriais, 2008-2014: Instituto Nacional de Estatística (INE),
- Resíduos eliminados: Relatório de Inventário Nacional (APA, 2019a).
- O total de resíduos produzidos é estimado pela soma da produção de RSU e RSS.

## 7.2

# NOTA TÉCNICA 2. DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS EXPLICATIVAS

---

### 7.2.1 Setores que contribuem para os indicadores

Os resultados aqui apresentados resultam da nossa análise da literatura sobre os indicadores ambientais.

#### **Alterações climáticas**

Em 2018, a maior parte das emissões de GEE em Portugal veio da utilização de combustíveis fósseis (>80%). De acordo com a APA (2019a), as emissões de GEE de Portugal em 2018 foram as seguintes

- 26,6% das indústrias da energia (produção de combustíveis, calor e eletricidade),
- 25,6% do transporte,
- 11,2% da utilização de energia nas indústrias transformadoras,
- 11,1% de outros processos em processos industriais,
- 10,1% do sector agrícola,
- 6,8% do sector dos resíduos (resíduos sólidos e tratamento de águas residuais) e
- 6,7% da utilização de energia nos serviços, comércio, edifícios e agricultura.

Assim, para as alterações climáticas, as indústrias energéticas, os transportes, as indústrias transformadoras e o sector agrícola (que inclui a produção animal) são as principais fontes de emissões de GEE.

#### **Destruição da camada de ozono**

A maioria das substâncias que destroem a camada de ozono (ODS) é emitida pela utilização e eliminação de equipamentos que contêm estas substâncias, tais como ar condicionado, unidades de refrigeração e extintores. A utilização de ODS nestes equipamentos foi regulamentada, bem como a sua manutenção e eliminação. O único ODS que não foi regulamentado em N<sub>2</sub>O, cuja principal fonte é a agricultura (a partir da utilização de fertilizantes à base de azoto na agricultura, APA, 2019a).

#### **Pressão sobre os ecossistemas**

A nossa estimativa para a pressão sobre os ecossistemas foi efetuada utilizando áreas de uso do solo e o seu potencial conteúdo de biomassa (secção 7.1.4). Isto significa que a pressão sobre os ecossistemas está ligada a terras agrícolas, terras florestais e terras de pastagem.

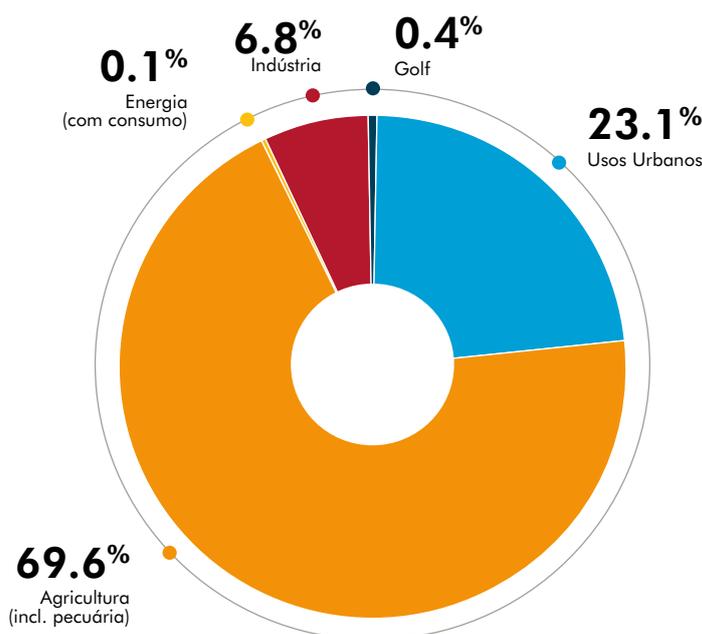
#### **Poluição da água por N e P**

Os fluxos de N e P estão diretamente ligados à utilização de fertilizantes à base de azoto e fósforo.

## Consumo de água doce

De acordo com os Planos Nacionais de Gestão de Bacias Hidrográficas (PNGBH), o uso de água doce está na sua maioria ligado à agricultura (70%). Os usos urbanos, que incluem a habitação, o comércio e o turismo, representam 23% do consumo de água (Figura 56).

Figura 56  
**Utilizações de água em Portugal para 2007**



Fonte: Planos Nacionais de Gestão de Bacias Hidrográficas (PNGBH)

## Poluição atmosférica

Para a hipótese explicativa da qualidade do ar, utilizámos as seguintes fontes para um início da nossa investigação:

- Relatório de inventário nacional (NIR), APA (2019a), abrangendo Portugal;
- Relatório da Agência Europeia do Ambiente sobre a qualidade do ar para 2019 (AEA, 2019), abrangendo a UE;
- Sítio Web da Organização Mundial de Saúde sobre poluição do ar ambiente (exterior) ([https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health), último acesso: Setembro de 2020), cobrindo o mundo.

Estas fontes identificaram potenciais relações entre poluentes atmosféricos e fatores socioeconómicos (ver Tabela 23). Identificámos variáveis dentro destes fatores e explorámos as relações entre eles e os poluentes atmosféricos. Conseguimos então fornecer hipóteses explicativas para as tendências dos poluentes.

Tabela 23  
Fontes de poluentes atmosféricos

Referência:	OMS <sup>(a)</sup>	EEE <sup>(b)</sup>	NIR <sup>(c)</sup>
Geografia:	Mundo	UE	Portugal
PM <sub>2,5</sub>	Queima de combustíveis (cozinha, aquecimento, transporte)	Setor doméstico e serviços; Processos industriais e utilização de produtos; Transporte rodoviário.	Atividades industriais
PM <sub>10</sub>	Queima de combustíveis	Setor doméstico e serviços; Processos industriais e utilização de produtos; Agricultura; Transporte rodoviário;	-
SO <sub>2</sub>	Queima de combustíveis (carvão e petróleo); Fundição de minérios	Produção e distribuição de energia; Utilização de energia na indústria; setor doméstico e serviços; Processos industriais e utilização de produtos	Produção de energia; Utilização de energia na indústria
CO	-	Setor doméstico e serviços; Utilização de energia na indústria; Transporte rodoviário; Processos industriais e utilização de produtos	-
NO <sub>2</sub>	Combustão de combustíveis	Transporte rodoviário; Produção e distribuição de energia; setor doméstico e serviços; Utilização de energia na indústria	Transporte rodoviário; produção de energia; processos industriais e utilização de produtos (pasta e papel, vidro, ferro e aço, cerâmica); utilização de energia em geral
COV-NM	-	Processos industriais e utilização de produtos; setor doméstico e serviços; Agricultura	Produção de energia; Utilização de energia na indústria; Processos industriais e utilização de produtos
O <sub>3</sub>	Veículos; Indústria; Solventes	-	-
NH <sub>3</sub>	-	-	Queima de combustíveis fósseis; Indústria (produção de ácido nítrico); Agricultura

(a) OMS (2018); (b) EEE (2019); (c) APA (2019a).

Considerámos sectores APA (2019a) para análise e utilizámos as restantes fontes de dados para poluentes não abrangidos pela APA (2019a), dando preferência à AEA (2019), uma vez que a área geográfica coberta é semelhante a Portugal do que a da OMS (2018).

### Produção e deposição de resíduos

De acordo com a APA (2019a), os principais motores para a produção de resíduos são o PIB e para a eliminação de resíduos são o PIB e as políticas de tratamento de resíduos.

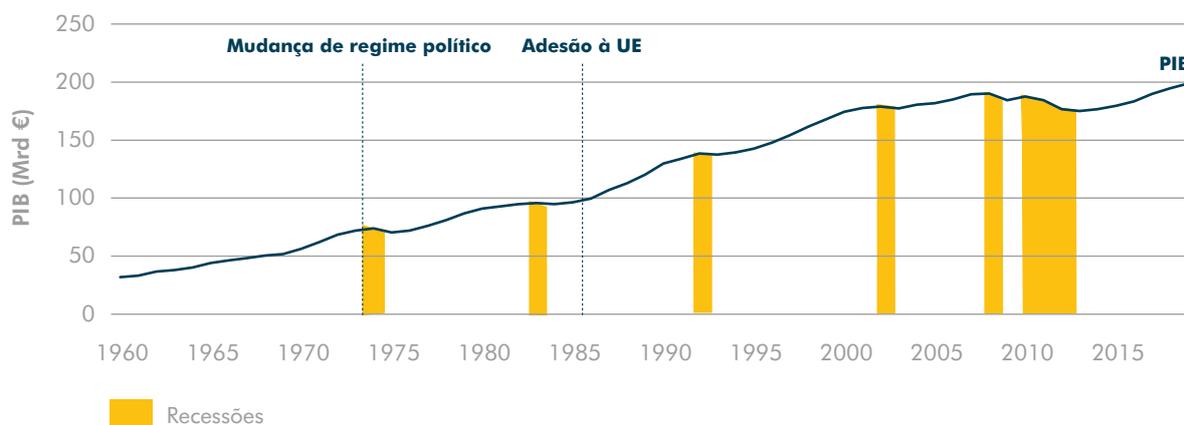
## 7.2.2 Dinâmica do PIB

Durante a história económica portuguesa tem havido vários períodos de recessão económica e de crescimento económico. A Figura 57 apresenta estes períodos de recessão e de crescimento.

Os períodos de recessão ocorreram em 1974-75 (coincidindo com a mudança do regime político da ditadura para regimes democráticos), 1983-84, 1992-93, 2002-03, 2008-09 e 2010-13. O último foi a recessão mais longa e mais severa e incluiu um salvamento financeiro dos bancos europeus e mundiais e do FMI. O índice de consumo privado decaiu de 101,1 em 2010 para 89,7 em 2013 (Aguiar-Conraria, 2020). Durante este período de recessão, a Europa também iniciou uma recessão, que prolongou a recessão em Portugal.

Em termos de crescimento económico, Portugal tem vindo a crescer entre os anos 60 e 2000, com alguns períodos de recessão no intervalo. Este crescimento não tem sido ao mesmo ritmo, e houve dois períodos em que esta taxa de crescimento foi superior: entre 1986-90 (coincidindo com a adesão de Portugal à UE) e entre 1995-2000. Entre 2000 e 2010, o PIB português esteve próximo da estagnação, com exceção dos dois períodos de recessão.

Figura 57  
**PIB entre 1960-2018**



Fonte: Base de dados AMECO. Períodos de recessão: Reis (2020).

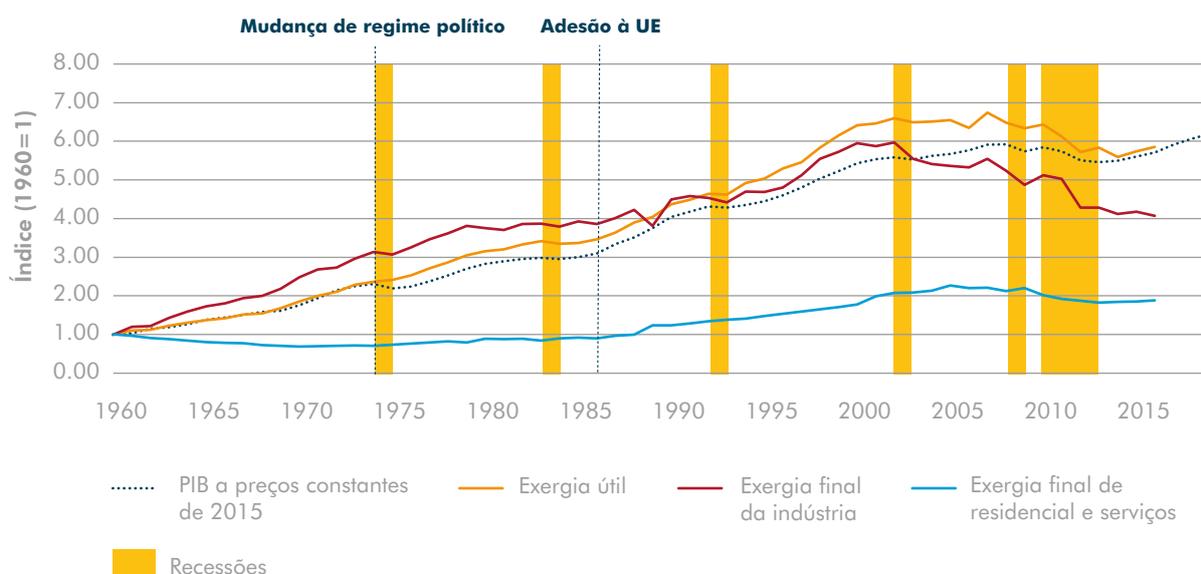
### 7.2.3 Relação entre PIB e subsectores de atividade

Figura 58 apresenta a variação do PIB e a sua relação com o esforço<sup>7</sup> útil<sup>8</sup> da economia e a energia final da indústria e serviços e residencial. A relação entre o PIB e o esforço útil da economia foi explorada em Serrenho et al (2016), e podemos ver que períodos de recessão e períodos de rápido crescimento económico se refletem no esforço útil da economia.

O consumo final de exergia na indústria também segue os períodos de recessão e crescimento económico, com exceção do período com início em 2003, em que o consumo final de exergia na indústria continua a diminuir até 2009, um ano imediatamente antes da última recessão. Isto pode ser parcialmente explicado com as medidas de eficiência energética impostas à indústria (e exploradas na secção 7.2.6).

Residencial e serviços parecem ser afetados apenas pela última recessão (tendo começado um ano antes da recessão, em 2009) e pelos períodos de rápido crescimento do PIB.

Figura 58  
PIB, exergia útil e exergia final da indústria e residencial e serviços



PIB - produto interno bruto.

Em termos de transportes, Figura 59 apresenta um resumo da evolução das diferentes variáveis do transporte rodoviário e do PIB. Entre 1985 e 2000, o crescimento económico levou ao aumento do poder de compra das famílias e ao aumento do número de veículos e de viagens rodoviárias (APA, 2019a), o

<sup>7</sup> A exergia é a quantidade máxima de energia que pode (termodinamicamente) ser alguma vez convertida em trabalho. Haverá sempre uma parte de energia que não pode ser convertida em trabalho. Esta quantidade é uma anergia. Anergia + Exergia = Energia.

<sup>8</sup> Útil é a fase da energia após a energia final. A energia final é a energia que normalmente é paga, por exemplo, eletricidade, gás natural, gasóleo e gasolina. A energia útil é a conversão desta energia no que precisávamos, por exemplo, de luz, calor, mobilidade.

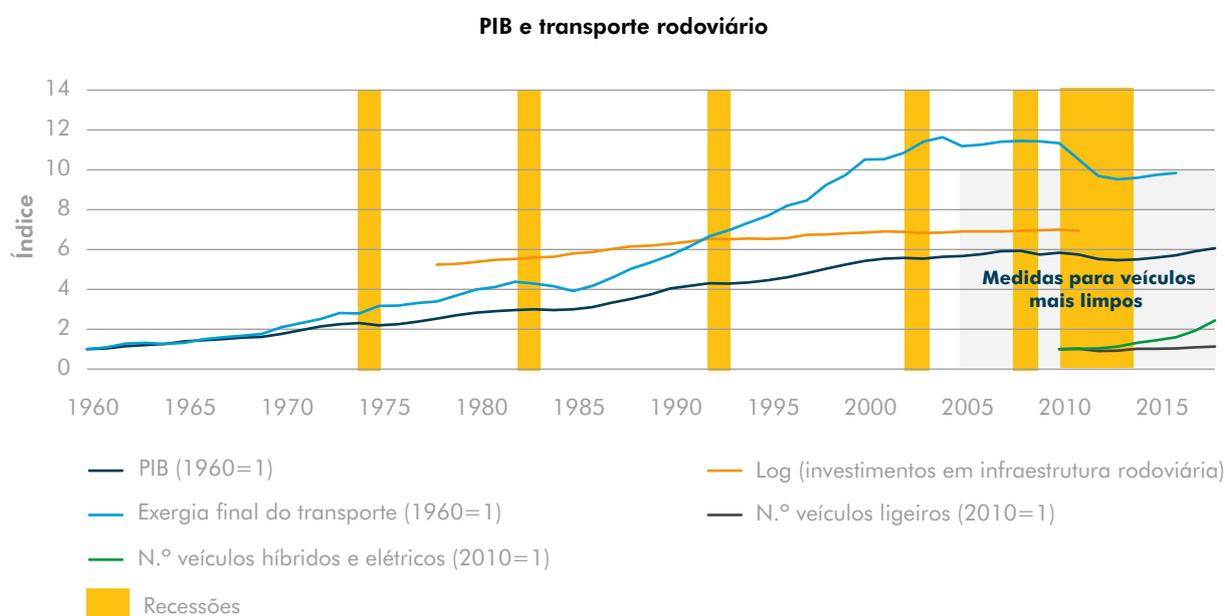
que pode ser observado pelo aumento da utilização de energia proveniente do transporte rodoviário. Ao mesmo tempo, o governo tem feito investimentos crescentes em infraestruturas rodoviárias até 2010 (EUROSTAT).

Entre 2000 e 2010 houve estagnação económica, o que se reflete na utilização de energia pelo transporte rodoviário, levando a concluir que esta estagnação reduziu alguma atividade económica ligada ao transporte e as famílias reduziram a sua utilização de veículos privados. As indústrias transformadoras foram também afetadas por esta estagnação (Figura 58), cujo esforço final diminuiu durante este período, afetando o transporte rodoviário de mercadorias. Os investimentos governamentais em infraestruturas de transporte rodoviário continuaram a aumentar durante este período. É também neste período que são introduzidos biocombustíveis líquidos e conversores catalíticos.

A última recessão económica atingiu Portugal em 2010 e durou até 2013. Durante este período, as famílias reduziram as suas viagens rodoviárias, a atividade industrial foi reduzida (reduzindo o transporte rodoviário) e o governo reduziu os investimentos em infraestruturas rodoviárias. O consumo de energia diminuiu em resultado disso. O número de veículos alternativos (ou seja, veículos híbridos e elétricos) começou a aumentar durante este período, resultado das políticas de mobilidade, retirando impostos a este tipo de veículos.

A partir de 2014, em consonância com a recuperação da economia, começamos a ver um aumento do número de veículos e da utilização de biocombustíveis líquidos.

Figura 59  
Indicadores de transporte rodoviário,  
1960-2018

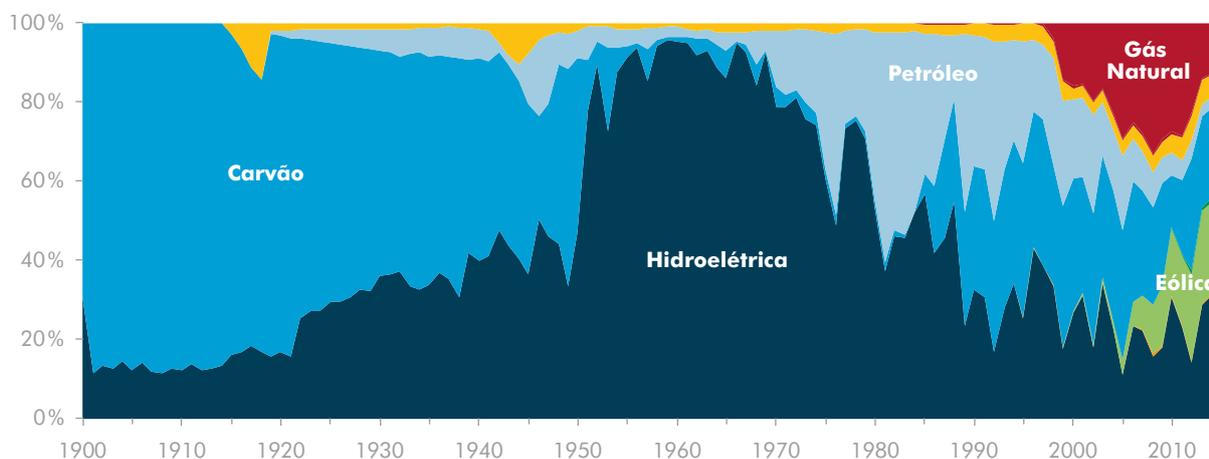


Fonte de dados: PIB: Base de dados Ameco; Investimentos em infraestruturas rodoviárias, veículos ligeiros e veículos híbridos e elétricos: EUROSTAT; Exergia final dos transportes: cálculos próprios com base nas estatísticas energéticas da AIE.

## 7.2.4 Mix elétrico nacional - panorama histórico

A Figura 60 apresenta a mistura de eletricidade de Portugal de 1900 a 2014. Entre 1900 e 1950, o carvão foi a principal fonte de energia para a eletricidade. Entre 1950 e meados da década de 1970, houve grandes investimentos em energia hidroelétrica, reduzindo a utilização de carvão. A energia hidroelétrica tornou-se a principal fonte de eletricidade durante esse período. De meados dos anos 70 até finais dos anos 90, coincidindo com a reintrodução da democracia em Portugal, o petróleo foi adicionado à mistura de eletricidade e o carvão voltou a ser utilizado. No final dos anos 90, o gás natural foi introduzido em Portugal e na produção de eletricidade através de centrais de ciclo combinado, substituindo na sua maioria o petróleo utilizado na mistura de eletricidade.

Figura 60  
**Mix elétrico em Portugal, 1900-2014**



Fonte: Felício et al. (2019)

A partir de 2005, houve um investimento maciço em fontes de energia renováveis, em particular a energia eólica, que contribuiu para uma redução da utilização do carvão. Para além do financiamento direto ligado à instalação de novas fontes renováveis de eletricidade, foram concedidos outros incentivos durante este período para promover as fontes renováveis de energia. Estes foram:

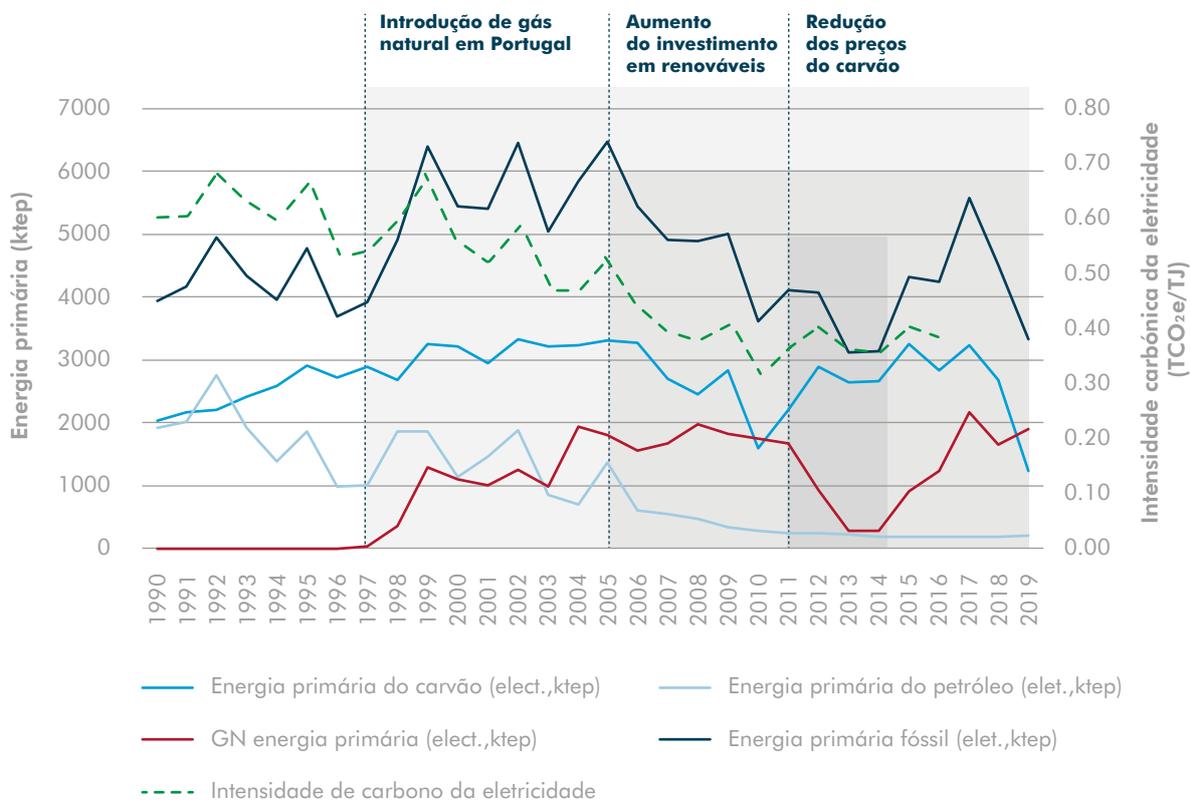
- Um regime especial para as fontes renováveis de eletricidade, com tarifas de alimentação para as fontes renováveis de eletricidade (e a cogeração, CHP) e uma garantia de que as fontes renováveis tinham prioridade na rede elétrica para satisfazer a procura (até 2013),
- O Regime de Comércio de Emissões da União Europeia (CELE), que penalizou a eletricidade de origem fóssil,
- O RECS - sistema de certificados de energia renovável, para a geração de micro-eletricidade.

A partir de 2013 o mercado da eletricidade em Portugal foi liberalizado (com um período de transição entre 2007-2013). Isto representou uma mudança do anterior controlo de uma única empresa governamental para um mercado aberto. Isto permitiu a novas empresas investir na produção de eletricidade em Portugal. Este período marcou o fim das tarifas de alimentação para as fontes de eletricidade renováveis.

Entre 2010 e 2013, com os investimentos em gás de xisto nos EUA, os EUA tornaram-se um exportador de carvão, inundando o mercado com carvão. Como resultado, os preços do carvão desceram. Isto aconteceu em simultâneo com a queda do mercado do RCLE-UE, cujos preços de CO<sub>2</sub> se situaram entre 2 e 5 EUR/tonelada. Este crash resultou da recessão económica, onde a atividade industrial diminuiu e as licenças de emissão de CO<sub>2</sub> não estavam a ser utilizadas, resultando no excesso de licenças comercializadas no âmbito do Regime de Comércio de Licenças de Emissão da UE, levando a uma descida do preço do CO<sub>2</sub>. Estes dois fatores (preço do carvão como matéria-prima e preço do CO<sub>2</sub> da combustão do carvão) tornaram a utilização do carvão mais barata do que o gás natural, levando a uma redução na utilização do gás natural na mistura de eletricidade, para dar lugar ao carvão.

Figura 61 apresenta a intensidade de carbono da eletricidade e os combustíveis fósseis utilizados na produção de eletricidade. A utilização do petróleo tem sido eliminada da mistura de eletricidade, sendo substituída pelo gás natural. A utilização de carvão tem sido constante até 2006. A partir de 2006, as fontes renováveis de eletricidade e a redução da procura de energia resultante da recessão económica em 2010 levaram a uma redução na utilização do carvão. Esta diminuição foi rapidamente alterada para um aumento da utilização do carvão entre 2012 e 2017, período em que o preço da utilização do carvão foi inferior ao do gás natural.

Figura 61  
**Combustíveis utilizados na produção elétrica e intensidade de carbono elétrica**



Fonte de dados: combustíveis fósseis - balanços energéticos nacionais da DGEG; intensidade de carbono da eletricidade - Felício et al (2019).

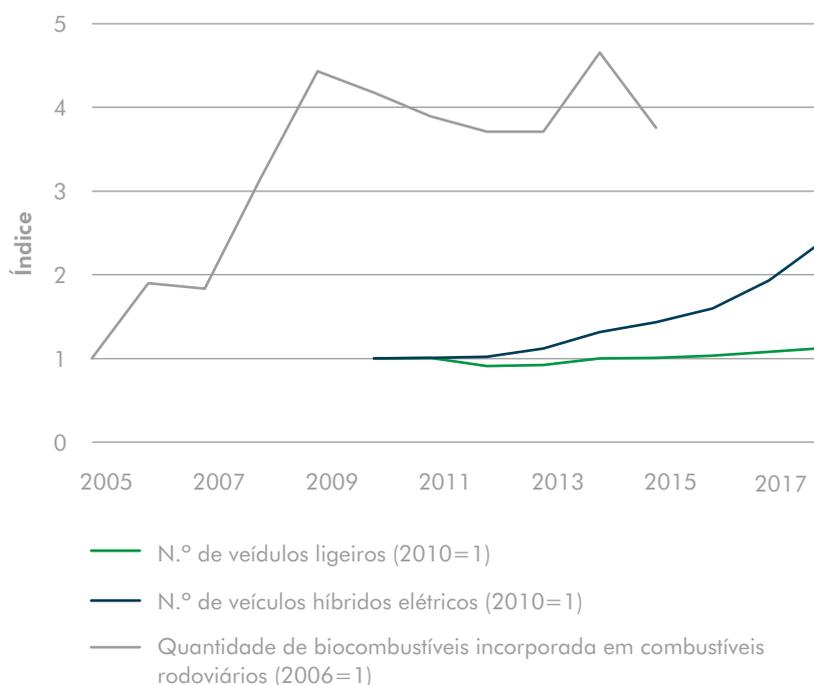
## 7.2.5 Políticas de transportes e mobilidade

Várias medidas foram adotadas pelo governo para reduzir a utilização de combustíveis fósseis nos automóveis, nomeadamente:

- a inclusão de uma componente CO<sub>2</sub> no imposto anual de circulação (a partir de 2007) e no imposto sobre a compra de veículos,
- incentivos para a redução e substituição de veículos (de 2008 a 2010),
- introdução de biodiesel no diesel a partir de 2005 (metas: 6% em volume até 2009, 7% até 2010, e assim sucessivamente até 2020). Figura 62 mostra como a utilização de biodiesel tem vindo a aumentar em Portugal a partir de 2005,
- introdução de isenções ao imposto sobre combustíveis para biocombustíveis, transportes públicos e veículos híbridos e elétricos (a partir de 2010, Portaria 139/2009). Figura 62 mostra como os números destes veículos têm vindo a aumentar a partir de 2010,
- Investimento em transportes públicos, e
- Investimentos em infraestruturas rodoviárias.

Figura 62

### Incorporação de biodiesel nos combustíveis, número de veículos híbridos e elétricos e veículos ligeiros



Fonte dos dados: número de veículos - EUROSTAT; biocombustíveis nos transportes rodoviários - balanços energéticos nacionais da DGEG.

## 7.2.6 Medidas de eficiência energética

Incluindo medidas de eficiência energética na indústria:

- Introdução do gás natural em Portugal (a partir de 1997),
- tarifas de alimentação para a produção de CHP (a partir de 1999, DL 538/99 e Portaria 60/2002),
- o Sistema de Gestão do Consumo Intensivo de Energia (SGCIE, DL 71/2008),
- entre outros.

Residencial e serviços (incluindo comércio e institucionais) tinham algumas medidas de eficiência energética, em particular, medidas que visavam a eficiência energética em edifícios. Estas incluem:

- Regulamento sobre energia em edifícios de 2006 (SCE - DL 78/2006, RCCTE - DL 80/2006; RSECE - DL 79/2006 de 4 de abril), que incluiu a instalação obrigatória de energia solar térmica em novos edifícios, e a certificação energética dos edifícios,
- Incentivos à substituição de lâmpadas incandescentes (a partir de 2008),
- Incentivos à micro-geração de eletricidade (a partir de 2008),
- Incentivos para substituição de máquinas de lavar, instalação ou substituição de janelas (sem vidros duplos ou com mau isolamento), instalação de isolamento térmico, e instalação de bombas de calor para aquecimento de água,
- A nova legislação para edifícios (DL 58/2013), que terá um grande impacto no consumo de energia em edifícios novos (residenciais, comerciais e de serviços) e edifícios que passam por grandes obras de renovação.

## 7.2.7 Acordos internacionais sobre substâncias que destroem a camada de ozono (ODS)

As substâncias que destroem a camada de ozono estão presentes em muitas tecnologias utilizadas pelas sociedades modernas, tais como refrigerantes em unidades de ar condicionado e de refrigeração e extintores. Relativamente à regulação da produção e consumo destas substâncias, existem dois acordos internacionais principais: a Convenção de Viena (1985) e o Protocolo de Montreal (1987). A última teve cinco revisões, e a última em 2016. Tabela 24 apresenta um resumo dos acordos internacionais sobre ODS. Tabela 25 apresenta os objetivos que resultaram destes acordos.

Todos estes objetivos se refletem na indústria, que teve de encontrar substitutos para as substâncias utilizadas como refrigerantes e em extintores, e para os lares e serviços que tiveram de manter e eliminar adequadamente as unidades de refrigeração e ar condicionado para garantir que a ODS não escapasse para a atmosfera.

Tabela 24  
**Resumo dos principais acordos internacionais sobre ODS**

Acordo	Resumo
<b>Convenção de Viena</b> (1985)	Países acordaram o Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Esgotam a Camada de Ozono ao abrigo da Convenção
<b>Protocolo de Montreal</b> (1987)	Metas para a eliminação progressiva de CFCs e congelar a produção e o consumo de halons
<b>Emenda de Londres</b> (1990)	Alteração do calendário para metas de emissões de ODS. O metil-clorofórmio foi acrescentado à lista de ODS controlados
<b>Emenda de Copenhaga</b> (1992)	Aceleração das metas para a eliminação progressiva das ODS e incorporação de uma eliminação progressiva dos hidroclorofluorocarbonetos (HCFC)
<b>Emenda Montreal</b> (1997)	Inclusão da eliminação progressiva dos HCFC nos países em desenvolvimento, bem como a eliminação progressiva do brometo de metilo nos países desenvolvidos e em desenvolvimento
<b>Emenda de Pequim</b> (1999)	Controlos reforçados da produção e comércio de HCFC. O bromoclorometano foi também adicionado à lista de substâncias controladas
<b>Emenda Kigali</b> (2016)	Diminuição gradual da produção e consumo de hidrofluorocarbonetos (HFC) – substâncias adotadas pela indústria para se afastarem das substâncias que destroem a camada de ozono, embora sejam gases com efeito de estufa.

Tabela 25  
**Metas para ODS**

Substância	Nível base	Meta para países desenvolvidos
<b>CFC</b> (CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114, CFC-115)	1986	100% de redução até 1 de janeiro de 1996 (com possíveis isenções de utilização essencial). Aplicável à produção e ao consumo.
<b>Halons</b>	1986	100% de redução até 1 de janeiro de 1994 (com possíveis isenções de utilização essencial). Aplicável à produção e ao consumo.
<b>Outros CFC halogenados</b> (CFC-13, CFC-111, CFC-112, CFC-211, CFC-212, CFC-213, CFC-214, CFC-215, CFC-216, CFC-217)	1989	100% de redução até 1 de janeiro de 1996 (com possíveis isenções de utilização essencial). Aplicável à produção e ao consumo.

Substância	Nível base	Meta para países desenvolvidos
<b>Clorofórmio de metilo</b>	1989	100% de redução até 1 de janeiro de 1996 (com possíveis isenções de utilização essencial). Aplicável à produção e ao consumo.
<b>HCFCs</b>	1989 Consumo de HCFC + 2,8 % do consumo de CFC em 1989	Congelamento: 1996 35% de redução até 1 de janeiro de 2004 65% de redução até 1 de janeiro de 2010 90% de redução até 1 de janeiro de 2015 99,5% de redução até 1 de janeiro de 2020, e posteriormente consumo limitado à manutenção de equipamentos de refrigeração e de ar condicionados existentes a essa data. 100% de redução até 1 de janeiro de 2030 Aplicável ao consumo
<b>HCFCs</b>	Média da produção de HCFC de 1989 + 2,8% da produção de CFC de 1989 e do consumo de HCFC de 1989 + 2,8% do consumo de CFC de 1989	Congelamento: 1 de janeiro de 2004, a nível da produção de base Aplicável à produção
<b>HBFCs</b>	Ano não especificado	100% de redução até 1 de janeiro de 1996 (com possíveis isenções de utilização essencial). Aplicável à produção e ao consumo.
<b>Bromoclorometano</b>	Ano não especificado	100% de redução até 1 de janeiro de 2002 (com possíveis isenções de utilização essencial). Aplicável à produção e ao consumo.
<b>Brometo de metilo</b>	1991	Congelamento: 1 de janeiro de 1995 25% de redução até 1 de janeiro de 1999 50% de redução até 1 de janeiro de 2001 75% de redução até 1 de janeiro de 2003 100% de redução até 1 de janeiro de 2005 (com possíveis isenções de utilização essencial). Aplicável à produção e ao consumo

## 7.2.8 Políticas agrícolas

### Políticas agrícolas durante o regime ditatorial

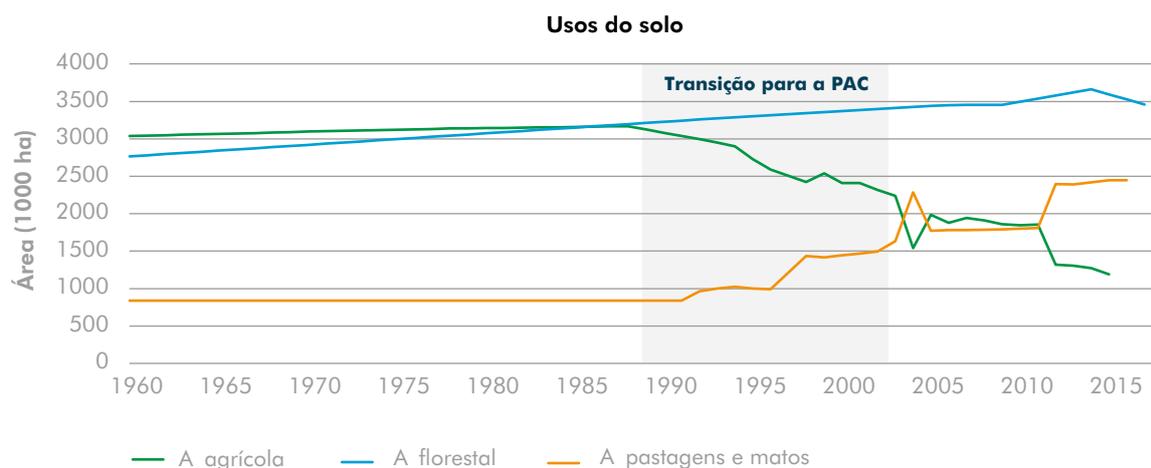
Durante os anos 50 e 60, a agricultura não proporcionou muito rendimento à população nas zonas rurais, levando a uma migração da população quer para as cidades quer para fora do país (Carmo et al. 2017). Isto levou a um aumento das áreas abandonadas (diminuição das áreas agrícolas).

Nas décadas de 60 e 70, o governo promoveu uma série de reformas agrícolas, abandonando a “campanha dos cereais” que estava em curso. Estas reformas visavam aumentar o rendimento das atividades agrícolas, investindo na silvicultura, em particular em áreas comunitárias (os “baldios”), o que poderia ter contribuído para uma diminuição do número de pastagens extensivas de animais, nomeadamente, ovinos; investir em culturas e produção animal mais rentáveis; e investir na mecanização e irrigação da agricultura. As reformas não conseguiram aumentar a população rural, mas ajudaram a manter a área agrícola relativamente estável e a aumentar a produtividade agrícola.

Como resultado, entre 1960 e 1974:

- As áreas agrícolas permaneceram estáveis, não decrescendo (Figura 63);
- A utilização de fertilizantes com azoto e fósforo aumentou, como resultado da intensificação da agricultura (Figura 64);
- A produção de trigo aumentou (Figura 65) e a utilização de maquinaria na agricultura aumentou muito (Figura 66);
- O número de bovinos (leiteiros e não leiteiros), caprinos e suínos aumentou, mas o número de ovinos diminuiu (Figura 67).

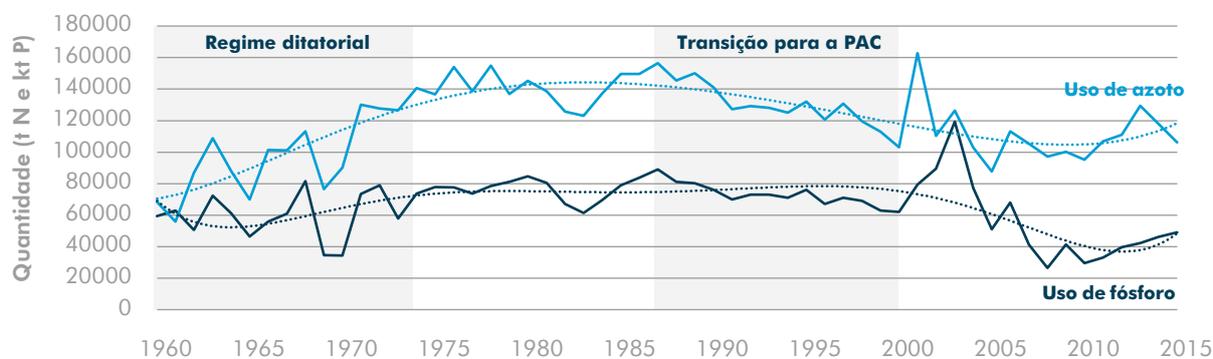
Figura 63  
Tendências de uso do solo em Portugal



Fonte dos dados: COS para áreas florestais, FAOSTAT para áreas restantes.

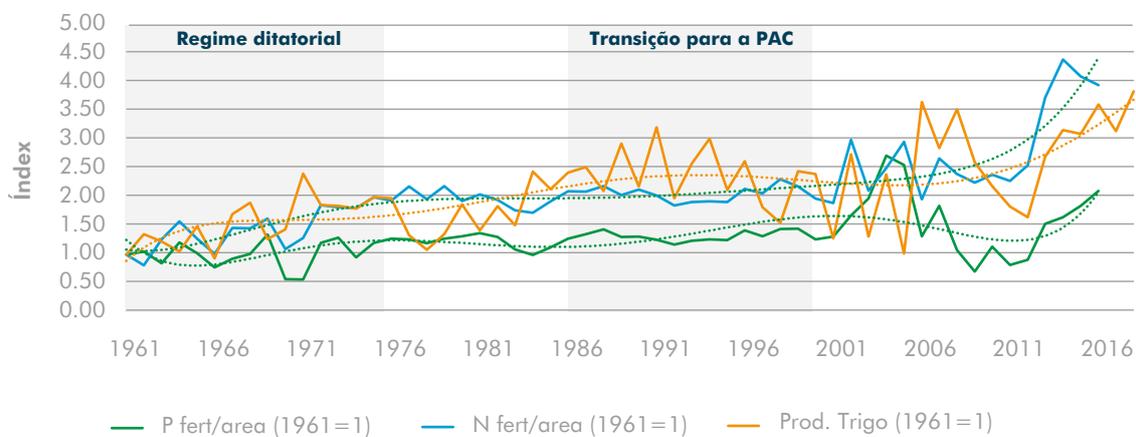
Note-se que as áreas agrícolas e de pastagem permanecem constantes até aos anos 80, o que poderá ser devido à baixa qualidade dos dados disponíveis.

Figura 64  
**Tendências na utilização de fertilizantes em Portugal**



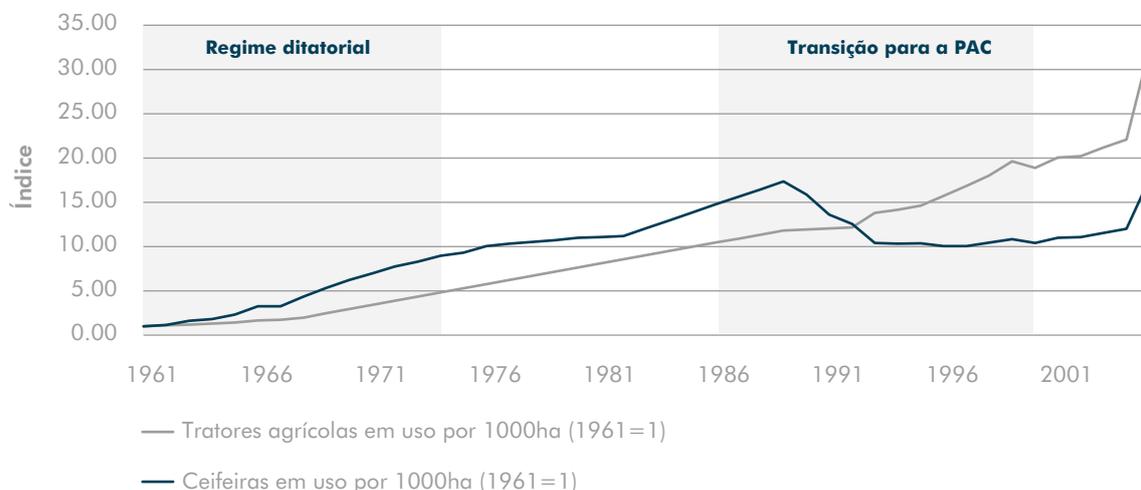
Fonte de dados: FAOSTAT.

Figura 65  
**Tendências na intensificação agrícola - fertilizantes e trigo por 1000 ha**



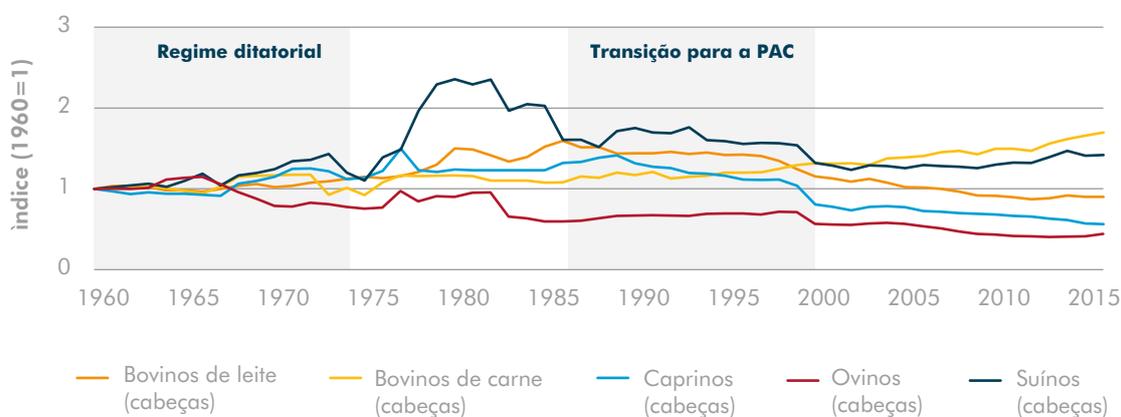
Fonte de dados: cálculos próprios baseados na FAOSTAT.

Figura 66  
Tendências na intensificação agrícola  
- utilização de máquinas por 1000ha



Fonte de dados: cálculos próprios baseados na FAOSTAT.

Figura 67  
Produção animal



Fonte de dados: FOASTAT.

## Políticas agrícolas da UE

Portugal aderiu à UE em 1986. A transição para a PAC da UE foi um processo que incluiu um período de harmonização dos preços dos produtos portugueses com os preços dos produtos da UE, bem como uma série de alterações às estruturas reguladoras em Portugal (Anon. 2004). O período de transição foi definido como o seguinte:

- um período de transição de 10 anos (mais tarde prolongado até ao ano 2000) para harmonizar os preços dos produtos cujo preço era mais elevado do que os da restante UE. Isto abrangeu cereais (incluindo trigo), arroz, leite e produtos à base de carne. Para tal, a UE introduziu subsídios para esses produtos, com uma tendência decrescente ao longo do tempo, terminando os subsídios em 2000 (Anon. 2004),

- um período de transição de 7 anos para harmonizar os produtos cujos preços eram mais baixos do que os praticados na restante UE. Foi o caso dos óleos, das frutas e legumes transformados e do açúcar.

Em 1992, a UE introduziu uma grande reforma na PAC. Esta reforma incluiu a internacionalização dos mercados agrícolas da UE que ocorreu em 1993, reduzindo a sua proteção do mercado interno. Houve um corte nos subsídios para a agricultura (Anon. 2004), exceto para as medidas agroambientais.

Durante este período, a superfície agrícola começou a diminuir (Figura 63) juntamente com a utilização de fertilizantes azotados e fosfóricos (Figura 64). As áreas de pastagem começaram a aumentar (como resultado do abandono das áreas agrícolas). As áreas florestais começaram a estabilizar-se. A produção animal, nomeadamente gado bovino (leiteiro) e caprino (Figura 67), começou a diminuir em parte devido à diminuição dos subsídios da UE e à internacionalização dos mercados da UE. Como a produção de leite e carne foi subsidiada pela UE, com subsídios decrescentes, o produtor aproveitou esta oportunidade para investir na produção de gado não leiteiro, que é uma forma mais intensiva de produção animal.

Após 2000, os subsídios da UE à agricultura portuguesa diminuíram consideravelmente. A PAC da UE concentrou-se então na promoção da competitividade, do ambiente (com medidas orientadas para o rendimento) e do desenvolvimento rural. As áreas de utilização do solo mantiveram as suas tendências (Figura 63), com as áreas agrícolas a decrescer. Os preços no produtor de trigo começaram a aumentar e depois a estabilizar (Figura 65), e os rendimentos do trigo e a utilização de fertilizantes azotados começaram a aumentar após uma diminuição, o que significa que, apesar das reduções das áreas agrícolas, houve uma intensificação da agricultura. A produção animal manteve as tendências observadas no período de transição, com o aumento do gado (não-lácteo) e a diminuição dos restantes tipos de animais (Figura 67). A exceção é a produção de suínos, que começou a estabilizar-se.

Nos anos 2003 e 2005 tiveram uma grande área afetada por incêndios florestais e, após 2005, o governo impôs fortes medidas de prevenção de incêndios florestais.

Em suma, a entrada portuguesa na UE através de grandes mudanças na agricultura portuguesa, os principais efeitos foram:

- uma redução na produção de gado leiteiro, suíno e caprino,
- uma diminuição das áreas agrícolas e da utilização de fertilizantes,
- uma diminuição dos preços do trigo e da utilização do azoto durante o período de transição, e da qual Portugal começou a recuperar nos últimos anos,
- uma estabilização da área florestal, evitando a sua contínua diminuição.

## 7.2.9 Política de resíduos

Segundo a APA (2019a) e o PERSU (plano estratégico para os resíduos sólidos urbanos), os principais fatores que afetam a produção, tratamento e eliminação de resíduos foram os seguintes:

- a quantidade de resíduos gerados segue as variações do PIB, devido ao aumento dos padrões de consumo e da atividade industrial.
- Introdução e aceitação de sistemas de recolha e tratamento de resíduos.

Até finais dos anos 90, a deposição em aterro continuou a ser quase exclusivamente a principal prática de tratamento de resíduos. A partir de 1999, a separação de resíduos mais do que duplicou (PERSU) e os sistemas de recolha de resíduos aumentaram de 40% nos anos 60 para 100% em 2000 (porque os sistemas aumentaram e porque a população se deslocou para as cidades, onde os sistemas estavam em funcionamento).

Segundo a PERSU, a partir de 1999, foram também introduzidas instalações de incineração:

- 1999, duas unidades de incineração de resíduos sólidos urbanos (RSU) iniciaram o seu funcionamento,
- 2001/2002 Instalação de incineração de RSU na Madeira,
- 2015 Instalação de incineração de RSU nos Açores.

A partir de 2002, a eliminação descontrolada de resíduos sólidos urbanos (lixeiros) foi eliminada.

A partir de 2005, o aumento da queima de biogás dos aterros sanitários (redução das emissões de metano dos aterros, um GEE).

Entre 2007 e 2016, foi implementado um novo plano estratégico para os resíduos sólidos urbanos (PERSU II). Este plano previa a construção de unidades orgânicas de tratamento mecânico e biológico e recuperação, com vista à recuperação e reciclagem da fração biodegradável dos resíduos e o seu desvio do aterro, bem como o reforço do equipamento para a recuperação da fração multimaterial dos resíduos.

Em 2010, a crise económica e os esforços de PERSU e PERSU II reduziram a quantidade de resíduos.

Em 2014, com a recuperação económica, a produção de resíduos parece aumentar, aliada ao aumento do turismo que aumenta o PIB e os RSU.

A partir de 2014, foi implementado o novo plano nacional de gestão de resíduos (PNGR 2014-2020). Este plano visava a promoção da utilização de resíduos como recurso, dando prioridade à atividade a montante da cadeia de valor e à integração do Programa de Prevenção de Resíduos Urbanos. Além disso, apoia um aumento significativo da recolha separada e da reciclagem e promove a eliminação progressiva da deposição direta de resíduos em aterros.

## 7.3

### **NOTA TÉCNICA 3. ABORDAGENS DE ALOCAÇÃO DE IMPACTES NA ANÁLISE INTERGERACIONAL**

---

#### **7.3.1 Abordagens alternativas de alocação analisadas neste estudo**

##### **Repartição do impacte por população viva (abordagem de repartição 1)**

A atribuição de impactes pela população viva atribui os impactes a cada pessoa que vive num determinado ano com um determinado impacte. Toda a população está incluída, desde o nascimento até aos 85 anos de idade. O resultado é de 25 nascimentos.

Cada indicador ambiental por ano (da Tarefa 1) foi dividido pela população total no mesmo ano, obtendo-se cada indicador ambiental per capita e por ano.

Com base nos anos de vida de cada coorte, foi possível atribuir este indicador per capita a cada faixa etária de cada coorte (com base no ano em que cada faixa etária de cada coorte viveu). Estes resultados são per capita, representando o impacte atribuído a um cidadão médio que viveu num determinado ano.

## **Repartição do impacte pela população ativa (abordagem de repartição 2)**

A atribuição de impactes pela população ativa atribui os impactes a cada pessoa que trabalha num determinado ano com um determinado impacte. Apenas a população ativa está incluída. Para simplificar, presumiu-se que a população ativa era a população entre os 15-64 anos de idade.

Cada indicador ambiental por ano (da Tarefa 1) foi dividido pela população total entre os 15 e 64 anos no mesmo ano, obtendo-se cada indicador ambiental per capita e por ano.

Com base nos anos de vida de cada coorte, foi possível atribuir este indicador per capita a cada faixa etária de cada coorte (com base no ano em que cada faixa etária de cada coorte viveu).

## **Comparação das três abordagens de atribuição**

A Tabela 26 e a Figura 68 apresentam os impactes de cada geração com cada abordagem de alocação. Da análise Intergeracional podemos ver que quase todas as gerações tiveram um período nas suas vidas em que o seu impacte foi elevado, principalmente porque viveram, trabalharam ou foram chefes de família durante o período de 1995 a 2016, onde as emissões de GEE foram as mais elevadas.

Na abordagem 1, todas as gerações tiveram um período das suas vidas que viveram durante o período com elevadas emissões de GEE. Isto significa que todas as gerações tiveram um impacte elevado num período das suas vidas. A geração *Pré-WWII Baby Boom* é a que apresenta os menores impactes em geral, uma vez que esta geração, embora tenha vivido períodos de aumento das emissões de GEE e o período de maiores emissões, também viveu num período de menores emissões de GEE, diluindo a média de emissões de GEE per capita por ano a partir desta geração. A Geração Y e a Geração Z apresentam os impactes mais elevados. Isto porque estas gerações viveram toda a sua vida num período de elevadas emissões de gases com efeito de estufa, pelo que ao calcular a média do impacte ao longo da sua vida não existe um período de emissões mais baixas para diluir os impactes elevados. Parte da Geração Z corresponde aos membros que ainda não entraram em idade ativa e já têm um impacte elevado em termos de emissões de gases com efeito de estufa.

Na abordagem 2, onde os impactes são atribuídos apenas à população trabalhadora, todas as gerações tiveram um período das suas vidas em que trabalharam durante o período com elevadas emissões de GEE. Isto significa que todas as gerações têm impactes elevados num período das suas vidas. A geração com o menor impacte de emissões de GEE é a Geração Z, uma vez que esta geração tem trabalhado pouco ainda, e, por conseguinte, tem poucos impactes atribuídos à geração. A geração com maior impacte médio é a Geração X, uma vez que esta geração trabalhou a maior parte das suas vidas durante um período de elevadas emissões de gases com efeito de estufa.

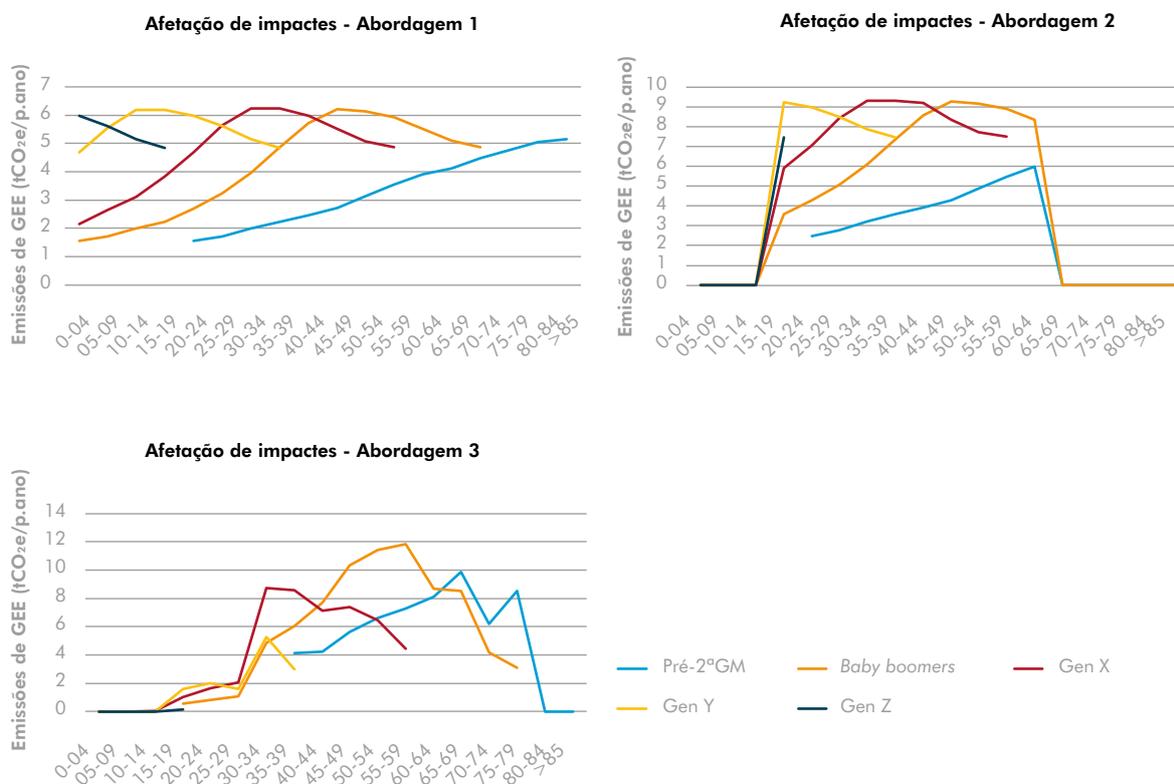
Na abordagem 3 (a selecionada para este estudo), as gerações mais jovens têm menos impactes e as gerações mais antigas têm impactes maiores (Tabela 26). Apenas as gerações *Pré-WWI Baby Boom*, *Baby Boomers* e Geração X se encontravam num período de maior consumo quando as emissões eram mais elevadas. Em geral, o *Baby Boom Pré-WWII* apresenta os impactes médios mais elevados seguidos de perto pelo *Baby Boomers*. Estas gerações têm períodos mais longos das suas vidas em que viveram, trabalharam e consumiram durante as elevadas emissões portuguesas de GEE.

Tabela 26  
**Impactes dos GEE per capita para cada geração,  
 por abordagem de afetação**

Abordagem	pré-2 <sup>o</sup> GM	Baby Boomers	Geração X	Geração Y	Geração Z
A1	3.3	4.1	4.7	5.5	5.4
A2	2.6	3.9	6.1	5.3	1.9
A3	5.8	5.6	4.0	1.7	0.0

Os picos nas emissões de GEE de cada geração têm sido cada vez mais baixos de geração em geração (Figura 68), sendo os mais altos para os *Baby Boomers* e os mais baixos para a Geração Y (a Geração Z ainda não atingiu o seu pico). Para esta última geração, o pico já ocorreu quando atingiram entre 30-34. Os *Baby Boomers* apresentam os maiores impactes per capita a partir dos seus 30-60 anos de idade.

Figura 68  
**Três abordagens de afetação de impactes às gerações**



# **SIGLAS E ABREVIATURAS**

---



<b>#</b>	número
<b>APA</b>	Agência Portuguesa do Ambiente
<b>As</b>	Arsénico
<b>BaP</b>	Benzo-(a)-Pireno
<b>Cd</b>	Cádmio
<b>CFCs</b>	Clorofluorcarbonetos
<b>CO</b>	Monóxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub>e</b>	Equivalentes de dióxido de carbono (unidade de medida para GEE)
<b>DU</b>	Unidades Dobson (unidade utilizada como medida da espessura da camada de ozono)
<b>E/MSY</b>	Taxas de Extinção por milhão de espécies por ano
<b>UE</b>	União Europeia
<b>FAOSTAT</b>	Estatísticas da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
<b>FCG</b>	Fundação Calouste Gulbenkian (Fundação Calouste Gulbenkian)
<b>GEE</b>	Gases com efeito de estufa
<b>HANPP</b>	Apropriação humana da produção primária líquida
<b>IPCC</b>	Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas
<b>RSU</b>	Resíduos sólidos urbanos
<b>N</b>	Azoto
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Óxido nitroso, um GEE e uma substância que empobrece a camada de ozono
<b>GN</b>	Gás natural
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amónia
<b>Ni</b>	Níquel
<b>NIR</b>	Relatório do Inventário Nacional
<b>COV-NM</b>	Compostos orgânicos voláteis não-metânicos
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dióxido de azoto
<b>NO<sub>x</sub></b>	Óxidos de azoto
<b>NPP</b>	Produção primária líquida
<b>N.º</b>	número
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozono (utilizado aqui para se referir ao ozono troposférico)
<b>P</b>	Fósforo
<b>Pb</b>	Chumbo
<b>PM<sub>10</sub></b>	Partículas com diâmetro inferior a 10 mm
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	Partículas com diâmetro inferior a 2,5 micrómetros (mm)
<b>ppm</b>	Partes por milhão
<b>PT</b>	Portugal
<b>SNIERPA</b>	Sistema Nacional de Inventário de Emissões e Remoções de Poluentes Atmosféricos
<b>SO<sub>2</sub></b>	Dióxido de enxofre
<b>SO<sub>x</sub></b>	Óxidos de enxofre
<b>RSS</b>	Resíduos sólidos setoriais
<b>OMS</b>	Organização Mundial de Saúde

# **ÍNDICE DE FIGURAS E TABELAS**

---



# ÍNDICE DE FIGURAS

01	Indicadores, limites ecológicos e fatores explicativos para alterações climáticas e pressão sobre os ecossistemas .....	10
02	Combustíveis utilizados na produção de energia elétrica e intensidade carbónica da eletricidade .....	12
03	Poluição atmosférica (PM <sub>10</sub> , SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> , COVNM) e a utilização de petróleo e carvão na produção de energia elétrica.....	13
04	Tendências para usos do solo, uso de fertilizantes e produção animal em Portugal .....	14
05	Mudanças na política agrícola e indicadores ambientais, 1960-2018.....	15
06	Impactes por geração e por grupo etário para a pressão sobre os ecossistemas .....	17
07	Concentrações de O <sub>3</sub> e alterações climáticas per capita, por grupo etário.....	17
08	Impactes reais vs. limites da geração para alterações climáticas e pressão sobre os ecossistemas.....	18
09	Situação das fronteiras planetárias.....	24
10	Caudal médio dos rios e limite para remoções de água doce .....	31
11	Pegadas e limites por indicador ambiental .....	38
12	Pegadas e limites para poluição atmosférica: emissões anuais (kt) .....	40
13	Pegadas e limites para poluentes atmosféricos: concentrações (mg/m <sup>3</sup> para CO, µg/m <sup>3</sup> para os restantes poluentes) .....	41
14	Pegadas e limites dos poluentes atmosféricos: para limites em termos de número de ocorrências acima dos valores máximos.....	44
15	Pegadas e limites para os indicadores de resíduos .....	47
16	Visão geral da abordagem seguida para ligar os acontecimentos históricos aos indicadores ambientais.....	55
17	Emissões de GEE das indústrias energéticas e energia primária usada para a produção de eletricidade, por tipo de combustível .....	57
18	Utilização de petróleo para produção de eletricidade, concentrações de PM <sub>10</sub> e emissões e concentrações de SO <sub>x</sub> .....	58
19	Carvão e petróleo usados na produção de eletricidade e emissões e concentrações de NO <sub>x</sub> .....	59
20	Carvão e petróleo usados na produção de eletricidade e emissões de NH <sub>3</sub> e COV-NM.....	60
21	Relação das emissões de GEE dos transportes com o PIB e a procura final de exergia nos transportes.....	61
22	Influência do PIB nas emissões de GEE da indústria, residencial e serviços .....	67
23	Emissões de GEE e procura de exergia final na indústria .....	68

24	Emissões de GEE do consumo residencial e serviços e procura de exergia final .....	69
25	Espessura da camada de ozono e acordos internacionais sobre restrições às ODS.....	70
26	Espessura da camada de ozono e metas de restrição da produção e consumo de ODS.....	70
27	Consumo final de exergia da indústria e emissões de poluentes atmosféricos.....	71
28	Emissões de GEE da agricultura e principais mudanças na política agrícola .....	74
29	Relação entre o número de animais e as emissões de GEE antes da adesão de Portugal à UE .....	74
30	Relação entre o número de animais e as emissões de GEE da agricultura durante o período de transição para a UE .....	75
31	Relação entre as emissões de GEE da agricultura e o número de animais após o período de transição.....	76
32	Pressão sobre os ecossistemas e a adesão à Política Agrícola Comum (PAC).....	76
33	Relação entre a pressão sobre os ecossistemas (HANPP) e alterações do uso do solo. Direita: correlação. Esquerda: ao longo do tempo. ....	77
34	Fluxos de N e P e a mudança nas políticas agrícolas em Portugal.....	78
35	Consumo de água doce e as principais mudanças na política agrícola em Portugal .....	79
36	Consumo de água doce e utilização de tratores na agricultura (intensificação da agricultura).....	79
37	Emissões anuais de amónia e a transição de Portugal para a UE.....	80
38	Azoto de fertilizantes e emissões anuais de GEE agrícolas e amónia.....	81
39	Relação entre as emissões de amónia com o uso de fertilizantes azotados e os usos do solo .....	81
40	COV-NM e a transição para as políticas agrícolas da UE .....	82
41	Emissões de COV-NM e área agrícola (esquerda) e número de animais (direita).....	82
42	Concentrações anuais de PM <sub>10</sub> e o período de transição para a PAC.....	83
43	Área agrícola e concentrações médias anuais de PM <sub>10</sub> .....	83
44	PIB e produção de resíduos ao longo do tempo .....	84
45	Relação entre a produção (esquerda) e a eliminação (direita) de resíduos municipais com o PIB.....	85
46	Resíduos depositados em aterro e principais eventos da política de resíduos em Portugal .....	85
47	Distribuição etária do chefe do agregado familiar.....	94
48	Idade das gerações ao longo do tempo .....	96
49	Impactes por geração e por grupo etário para pressão sobre os ecossistemas e fluxos de N e P.....	97

50	Impactes por geração e por grupo etário das concentrações de poluentes atmosféricos .....	98
51	Impactes ambientais per capita, por grupo etário.....	99
52	Impactes vs. Limites ecológicos por geração para alterações climáticas .....	102
53	Défice entre impactes estimados e limites ecológicos por geração para pressão sobre os ecossistemas, produção e deposição de RSU.....	103
54	Metas de redução de emissões de GEE do governo português .....	115
55	Emissões de GEE e quatro modos de operacionalizar a meta de temperatura do Acordo de Paris .....	117
56	Utilizações de água em Portugal para 2007 .....	122
57	PIB entre 1960-2018 .....	124
58	PIB, exergia útil e exergia final da indústria e residencial e serviços.....	125
59	Indicadores de transporte rodoviário, 1960-2018.....	126
60	Mix elétrico em Portugal, 1900-2014.....	127
61	Combustíveis utilizados na produção elétrica e intensidade de carbono elétrica.....	128
62	Incorporação de biodiesel nos combustíveis, número de veículos híbridos e elétricos e veículos ligeiros.....	129
63	Tendências de uso do solo em Portugal .....	133
64	Tendências na utilização de fertilizantes em Portugal.....	134
65	Tendências na intensificação agrícola - fertilizantes e trigo por 1000 ha .....	134
66	Tendências na intensificação agrícola - utilização de máquinas por 1000 ha .....	135
67	Produção animal .....	135
68	Três abordagens de afetação de impactes às gerações .....	139

# ÍNDICE DE TABELAS

01	Estado dos indicadores ambientais comparado com os seus limites ecológicos.....	8
02	Breve visão geral das nove fronteiras planetárias .....	26
03	Resumo das variáveis de controle e limites globais neste relatório .....	28
04	Definições dos limites para a qualidade do ar .....	32
05	Métodos usados para estimar os indicadores ambientais .....	34
06	Situação das categorias ambientais em comparação com os limites ecológicos nacionais .....	35
07	Variação dos limites para as emissões de GEE desde 1960 até 2018 .....	37
08	Distância entre a pegada e o seu limite (défice), e tendências das pegadas nos últimos anos de análise .....	51
09	Principais relações entre indicadores ambientais e sectores económicos.....	56
10	Tipologia de estações de controlo da qualidade do ar que comunicam as concentrações mais elevadas de NOx.....	62
11	Estações com as concentrações mais elevadas de PM <sub>10</sub> .....	64
12	Estações que comunicam as principais concentrações de CO em Portugal .....	65
13	Estações de monitorização da qualidade do ar com valores mais elevados para concentrações de SO <sub>2</sub> .....	72
14	Resumo dos principais fatores que afetam os indicadores ambientais.....	88
15	Coortes nascidos antes da II Guerra Mundial (2ªGM) .....	91
16	Coortes geralmente referidos como <i>Baby Boomers</i> .....	92
17	Coortes geralmente referidos como Geração X.....	92
18	Coortes geralmente referidos como Geração Y.....	93
19	Coortes geralmente referidos como Geração Z.....	93
20	Alteração do limite ecológico para alterações climáticas de 2018 face a diferentes anos .....	101
21	Situação portuguesa nas “fronteiras planetários” em 2010, abordagem baseada no consumo .....	114
22	Quatro modos de operacionalização do objetivo do Acordo de Paris.....	116
23	Fontes de poluentes atmosféricos .....	123
24	Resumo dos principais acordos internacionais sobre ODS .....	131
25	Metas para ODS .....	131
26	Impactes dos GEE per capita para cada geração, por abordagem de afetação.....	139

**ADIST - Associação para o Desenvolvimento do Instituto Superior Técnico**

Avenida Manuel da Maia, 36, R/C Dto.  
1000-201 Lisboa





