



ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E ECONOMIA: UMA INTRODUÇÃO

FÓRUM DE ECONOMIA | 7 JUN. 2022

BERNARDINO ADÃO | ANTÓNIO ANTUNES |
MIGUEL GOUVEIA | NUNO LOURENÇO |
JOÃO VALLE E AZEVEDO



BANCO DE
PORTUGAL
EUROSISTEMA



AGENDA

01. ASPETOS GEOFÍSICOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

- O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA CLIMÁTICO NATURAL
- OS GEE COMO CAUSA DOMINANTE DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS
- A EVOLUÇÃO GLOBAL DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO

02. ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM PERSPETIVA ECONÓMICA

- IMPACTOS ECONÓMICOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS
- MECANISMOS DE INTERAÇÃO ENTRE A MACROECONOMIA E O CLIMA
- POLÍTICA ECONÓMICA E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS
- DESCONTO INTERTEMPORAL

03. AVALIAÇÃO PROSPETIVA DE POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO: UM EXEMPLO

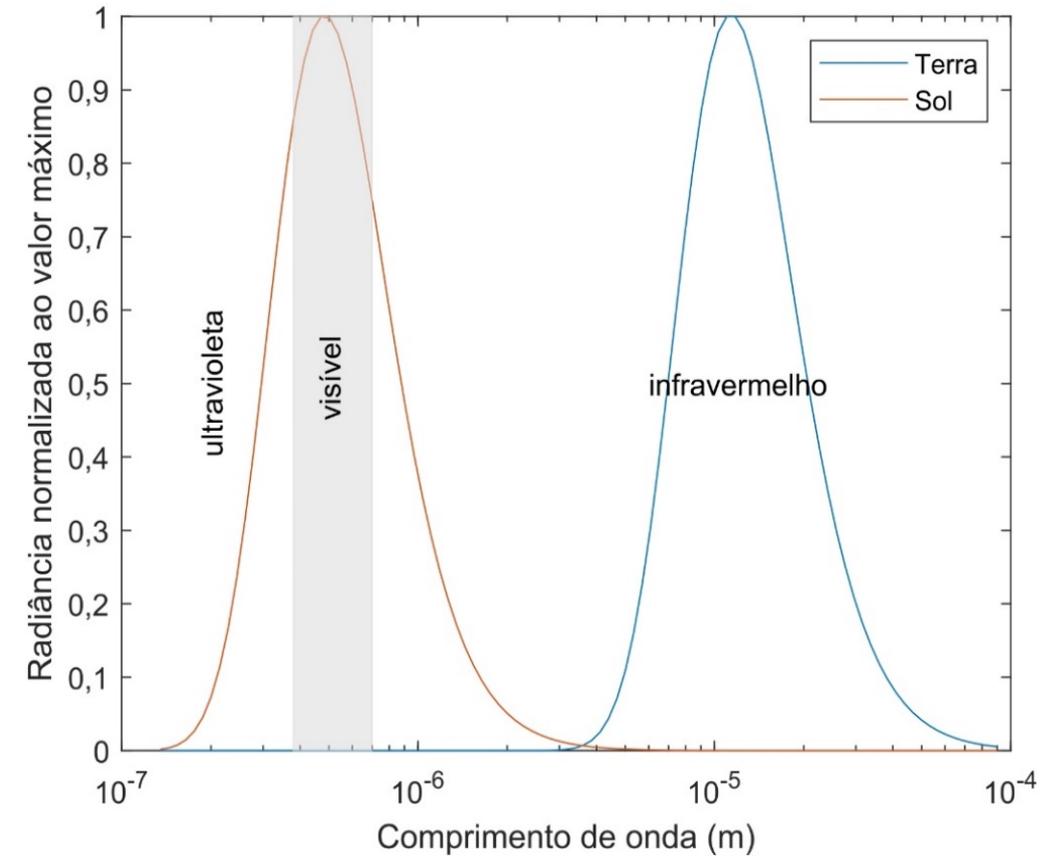
**ASPETOS
GEOFÍSICOS DAS
ALTERAÇÕES
CLIMÁTICAS**

01



ASPETOS GEOFÍSICOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

- A Terra recebe luz do Sol (**insolação**) que a aquece
- Parte da energia (30%, o **albedo**) é refletida
- Mas se não emitir energia, **aquece** indefinidamente?... (Jean-Baptiste Fourier, início do século XIX)
- Todos os corpos emitem **energia eletromagnética** cujo comprimento de onda depende da sua temperatura
- A Terra comporta-se como um **corpo negro** e emite energia de acordo com a Lei de Planck
- Quanto **maior a temperatura, maior a radiação**





ASPETOS GEOFÍSICOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

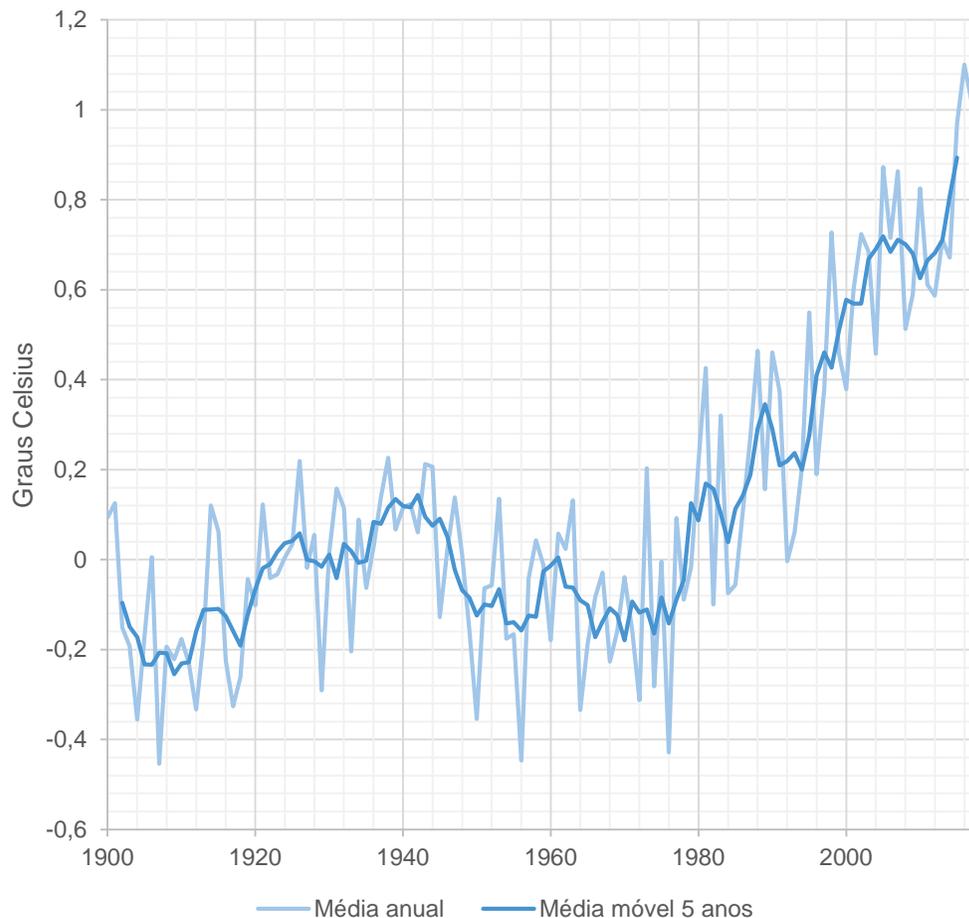
- A Terra emite radiação eletromagnética na **região infravermelha** sem sobreposição espectral com a do Sol, que emite sobretudo na **região visível**
- A **energia eletromagnética** é **parcialmente absorvida pelos gases de efeito de estufa** da atmosfera (GEE: vapor de água, CO₂, CH₄, etc.), com apenas uma parte (60%, a **transmitividade**) a escapar-se para o espaço sideral, o que traduz um **equilíbrio térmico**
- O **“efeito de estufa”** provém desses gases radiarem energia eletromagnética de volta para a Terra
- Se a **concentração de GEE** aumentar, a transmitividade reduz-se porque os GEE absorvem mais energia
- Para repor o equilíbrio, a Terra tem que aquecer à superfície, o **“aquecimento global”**
- **Syukuro Manabe** estima que duplicar a concentração de CO₂ aumenta a temperatura média em 2 graus Celsius



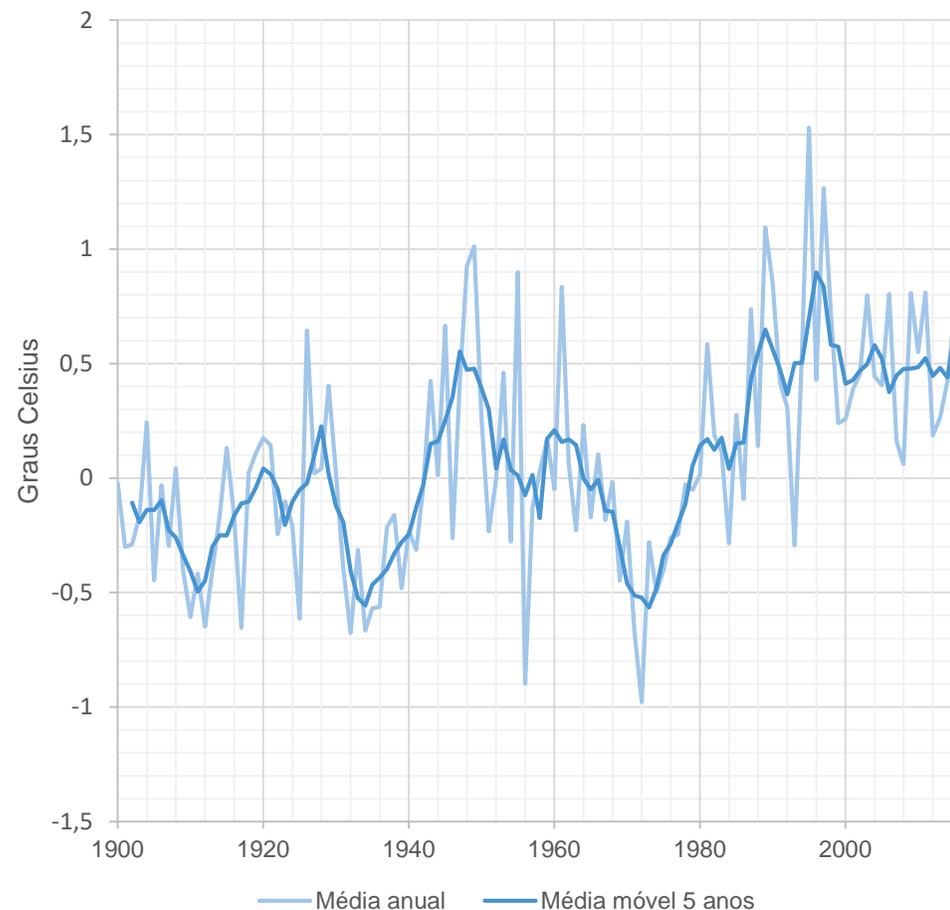
DADOS CLIMATOLÓGICOS EM PORTUGAL CONTINENTAL E NO MUNDO

Anomalia face à média do século XX (em °C)

Temperatura na superfície terrestre, 1900-2017



Temperatura em Portugal continental, 1900-2017

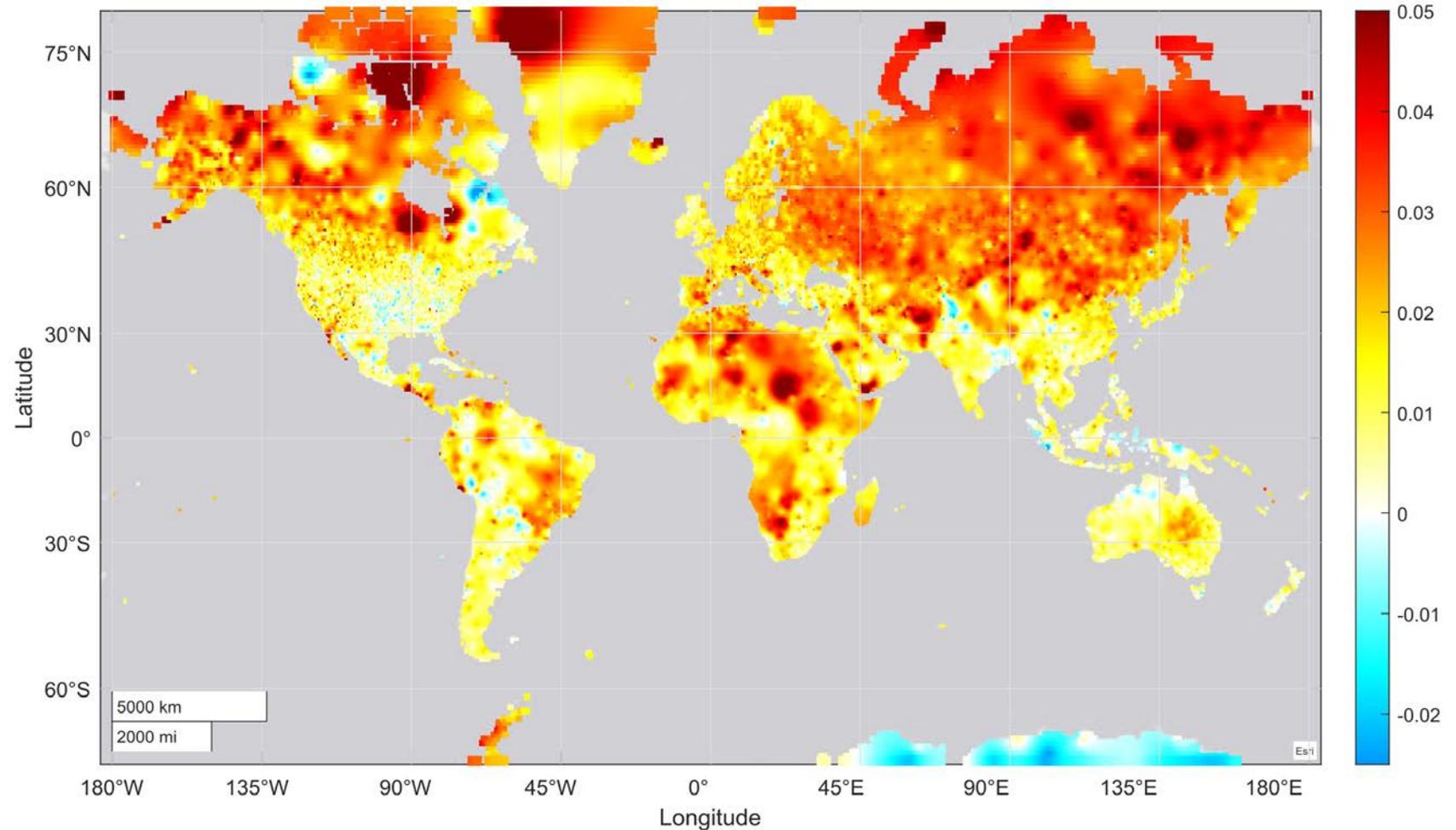




TEMPERATURA MÉDIA NA SUPERFÍCIE TERRESTRE

Variação da temperatura média anual para o período 1950-2017 (em °C por ano)

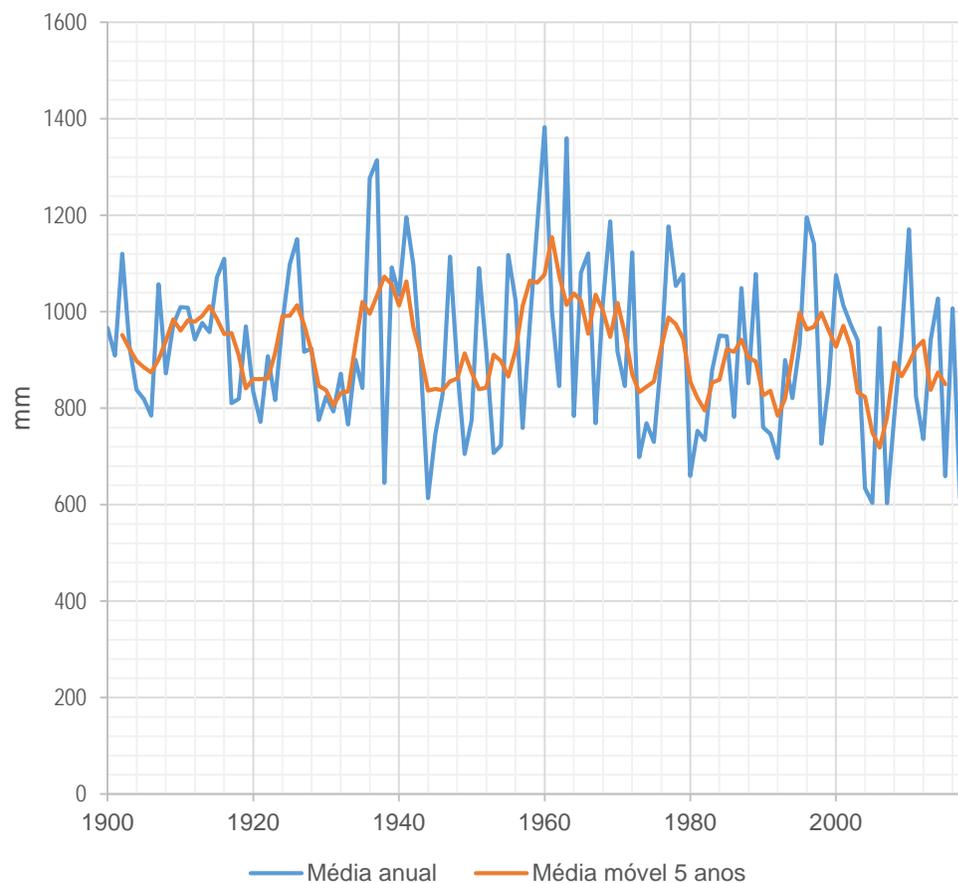
- Aquecimento global
- Aumento da precipitação
- Maior frequência de eventos extremos
- Subida do nível médio das águas do mar



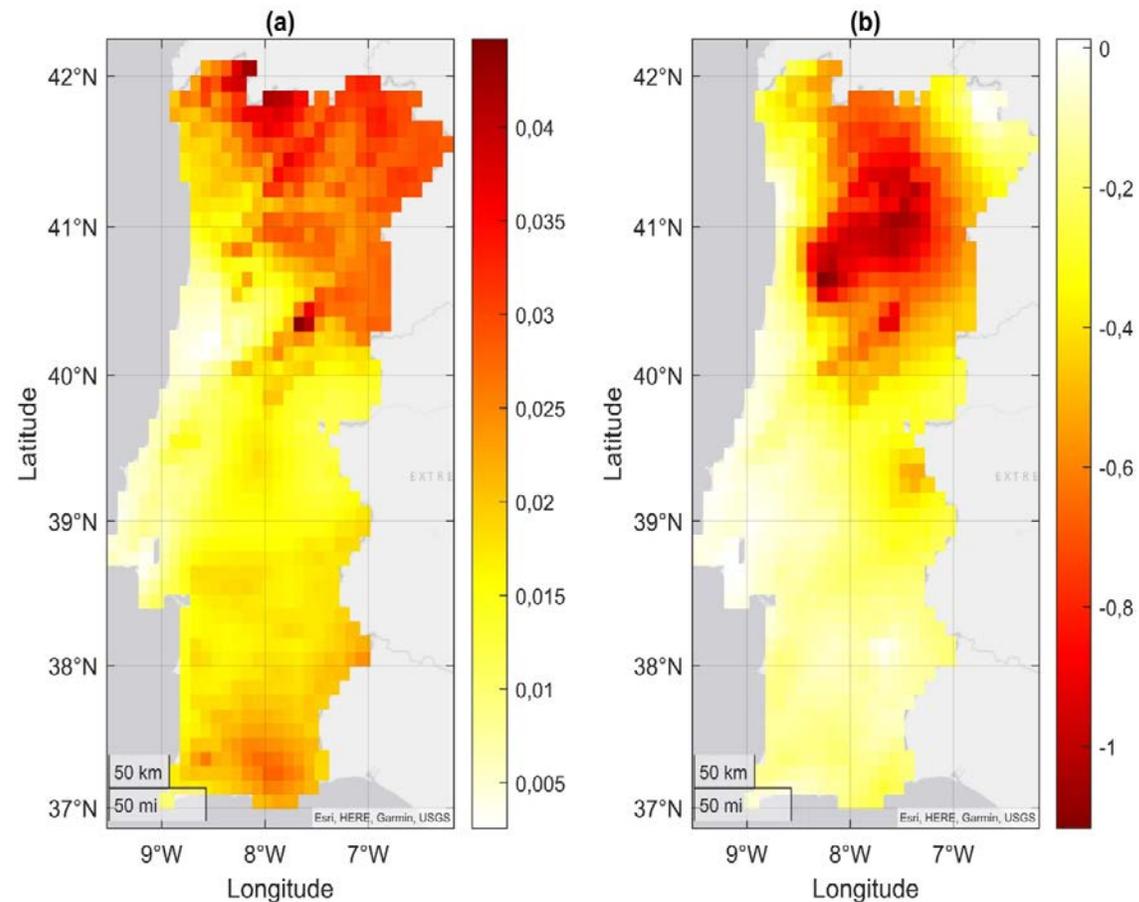


DADOS CLIMATOLÓGICOS EM PORTUGAL CONTINENTAL

Precipitação média anual, Portugal continental, 1900-2017



Variação da temperatura (a) (em °C por ano) e variação da precipitação (b) (em % por ano), Portugal continental, 1950-2020

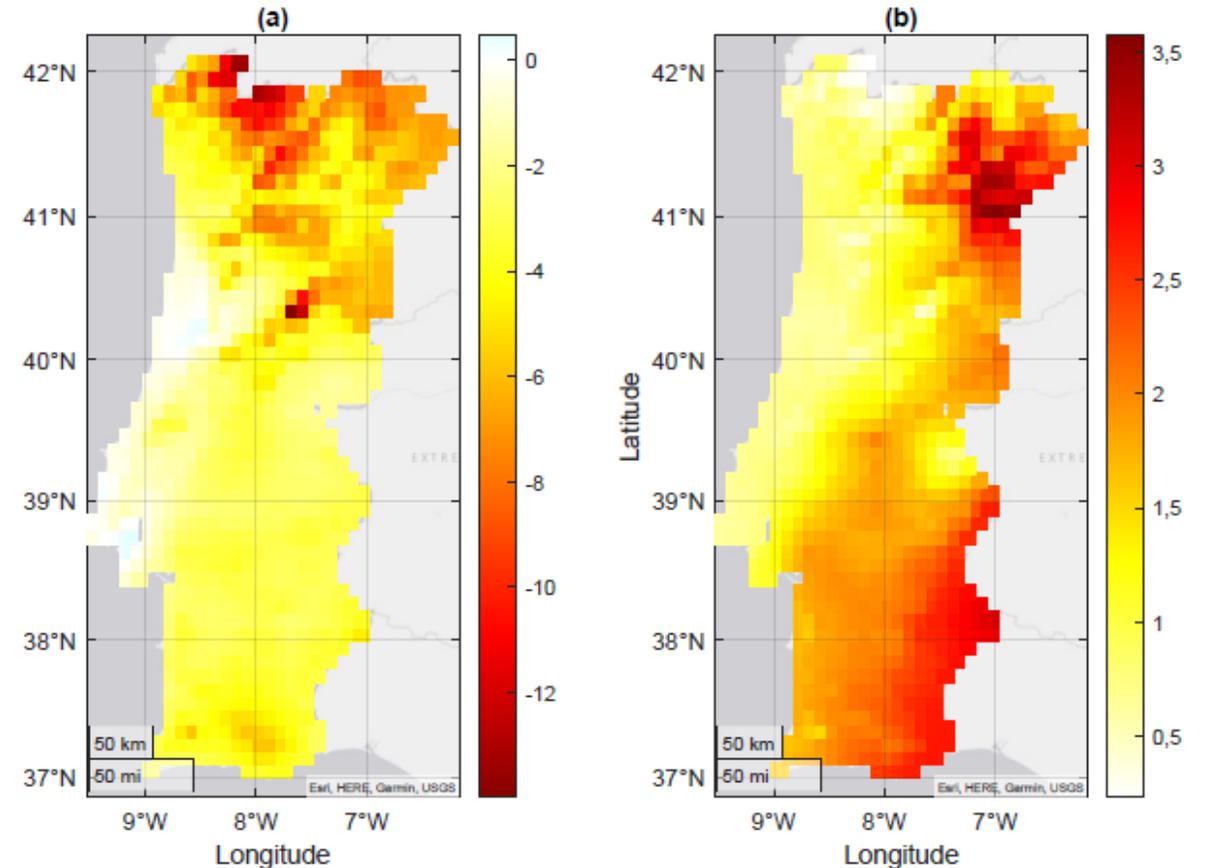




DADOS CLIMATOLÓGICOS EM PORTUGAL CONTINENTAL

- As alterações climáticas têm várias implicações económicas (como veremos a seguir)
- Uma delas é sobre o **consumo de energia**
- Quanta energia é necessária para aquecer ou arrefecer os **edifícios**?
- Depende de **características estruturais** mas também do **clima**
- Necessidades de aquecimento e arrefecimento, medidas em **dias-°C** (Eurostat, etc.)

Variação média anual de dias-graus de aquecimento (a) e de arrefecimento (b) (em dias-°C por ano), 1950-2020





**ALTERAÇÕES
CLIMÁTICAS EM
PERSPETIVA
ECONÓMICA**

02



ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM PERSPETIVA ECONÓMICA

O **consumo de energia** está no centro de todas as atividades económicas

- Tal induz a **acumulação de GEE** (e.g. CO₂)
- As **atividades económicas** afetam o clima (e vice-versa)

Do ponto de vista económico, as **alterações climáticas** são uma **externalidade negativa global** e, na presença de externalidades, os mercados não garantem uma alocação eficiente de recursos

- Necessidade de tomar **ações corretivas** (políticas públicas)



IMPACTO DE LONGO PRAZO DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO PIB

Aumento da temperatura média global da superfície (em graus Celsius)	N.º de estimativas	Impacto % no nível do PIB mundial	
		Média das estimativas	Intervalo das estimativas
≤ 2	4	0,3	-0,5 a 2,3
2,5	11	-1,3	-3,0 a 0,1
2,9	2	-2	-2,1 a -2
3	6	-1,7	-3,6 a -0,9
3,2	1	-5,1	-5,1
5,4	1	-6,1	-6,1
6	1	-6,7	-6,7

Fonte: Adaptado de Tol (2018). | Nota: Impacto percentual no nível do PIB em 2100 relativamente a um cenário sem alterações climáticas.

- Numa perspetiva de **testes de esforço (*stress tests*)**, os valores reportados são muito maiores (e.g. Swiss Re Institute 2021)



MECANISMOS DE INTERAÇÃO ENTRE A MACROECONOMIA E O CLIMA

A **avaliação do impacto das alterações climáticas** na economia é normalmente feita ao nível de cada **setor de atividade** – com **agregação posterior** – e se possível considerando as **interligações entre setores e custos energéticos**

Vários **canais de transmissão** têm sido identificados na literatura económica:

- Volatilidade de preços e rendimento
- Fluxos de comércio internacional
- Redução do stock de capital
- Obsolescência de ativos
- Migrações, entre outros



POLÍTICAS ECONÓMICAS DE MITIGAÇÃO

As principais **medidas corretivas** assentam na **atenuação das emissões de combustíveis fósseis** através de:

Impostos sobre o carbono:

- Consistem na introdução de impostos corretores (impostos de Pigou): bens e serviços são objeto de tributação (adicional) cujo valor depende da quantidade de carbono emitido na sua produção e distribuição

Licenças de emissão transacionáveis:

- Assentam em fixar uma quantidade agregada de emissões de carbono, a que corresponde uma dada quantidade de licenças transacionáveis (mecanismo inspirado na definição de direitos de propriedade de Ronald Coase). Exemplo: *Emissions Trading System* europeu



POLÍTICAS ECONÓMICAS DE MITIGAÇÃO

Papel do sistema financeiro:

O primeiro passo consiste em **identificar as falhas de mercado** às quais as medidas dirigidas ao sistema financeiro podem responder:

- 1. Insuficiências no reporte de informação** sobre os efeitos ambientais de determinadas indústrias ou empresas e sobre a sua suscetibilidade às alterações climáticas, que podem gerar um escasso reconhecimento do risco que lhes está associado;
- 2. Externalidades de determinadas atividades:** negativas no caso de emissões de GEE; positivas no caso de investimento demasiado baixo em desenvolvimento e adoção de tecnologias de energias renováveis, caracterizadas por ganhos na produção em massa ou economias de rede.



POLÍTICAS ECONÓMICAS DE MITIGAÇÃO

Reporte de informação e regulação financeira:

- Medidas enquadráveis na **regulação e supervisão do sistema financeiro** tendentes a garantir **informação credível e comparável**, a **divulgação padronizada** de dados ambientais pelas empresas e a correspondência com uma **taxonomia globalmente aceite** concorreriam para uma melhor **avaliação dos riscos climáticos** por parte dos **consumidores e investidores**
- Esta orientação pode ser reforçada pelo **papel dos bancos centrais enquanto autoridades monetárias**: o **desenho da política monetária** pode ser condicionado a requisitos de reporte por parte de bancos e de empresas que se financiem no mercado de capitais

Política monetária:

- Subsidação de atividades verdes por via de **compra de obrigações verdes**
- **Tratamento favorável de créditos verdes dados como garantia** (e.g. menores *haircuts*)



DESCONTO INTERTEMPORAL

O valor hoje de um fluxo a gerar daqui a t anos é dado por $V_0 = V_t/(1 + \rho)^t$, sendo ρ a **taxa de desconto**

$\rho = r + \gamma\mu - 1/2 \gamma^2 \sigma^2$, onde μ é o **crescimento do consumo per capita**, γ a **elasticidade intertemporal de substituição do consumo**, r é a **taxa de desconto intertemporal pura** e σ o desvio-padrão do crescimento do consumo per capita

r é inferido a partir da **taxa de juro real sem risco**; 0,5% para Portugal (excluindo o período 2009-2014) [1-3% na década de 90]

γ pode ser 1 ou superior (1,5 por exemplo; valor comum na avaliação de políticas)

μ situa-se no intervalo 1-3%, mas próximo de 1% nas economias avançadas

σ : 1-4%, próximo de 1% nas economias avançadas

ρ : 1,4-8,5%

**AVALIAÇÃO
PROSPETIVA DE
POLÍTICAS DE
MITIGAÇÃO: UM
EXEMPLO**

03



AValiação PROSPETIVA DE POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO

Os modelos de avaliação integrada (*Integrated Assessment Models*) permitem **avaliar** a eficácia de diferentes **políticas fiscais de mitigação** dos efeitos das alterações climáticas:

1. Sem alteração das políticas atuais
2. Incentivos à adoção de produção de energias renováveis
3. Tributação de Pigou das emissões de GEE para produção de energia
4. Adoção simultânea das políticas 2 e 3

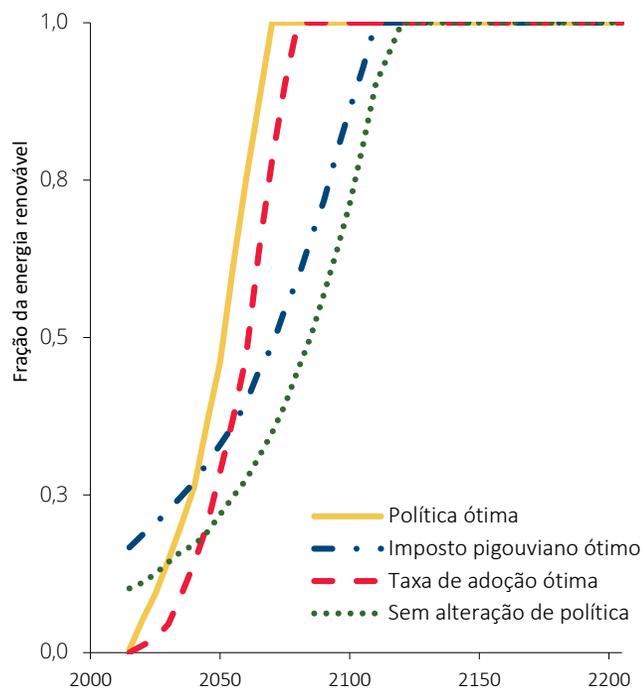
No exemplo que se segue, recorre-se a um modelo deste tipo que combina **quatro módulos** que interagem entre si: **clima, ciclo do carbono, danos causados** e a **economia**



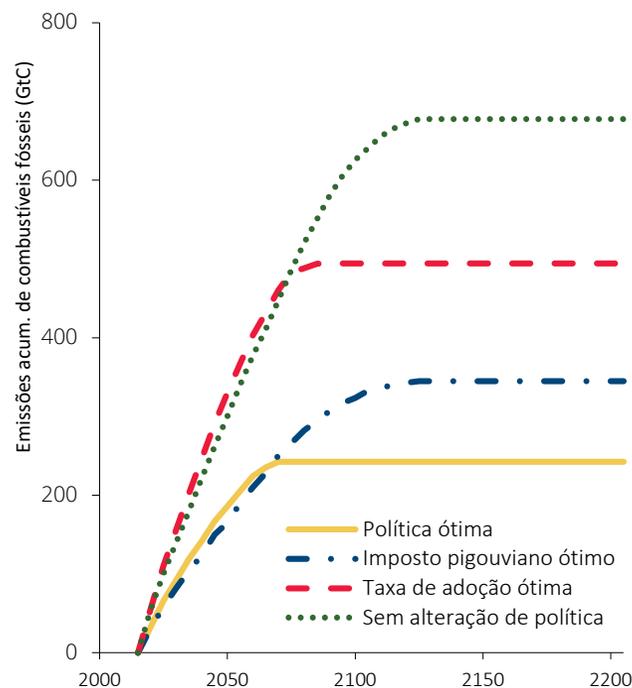
AVALIAÇÃO PROSPETIVA DE POLÍTICAS DE MITIGAÇÃO

Resultados de simulações sob cenários de política de impostos sobre emissões

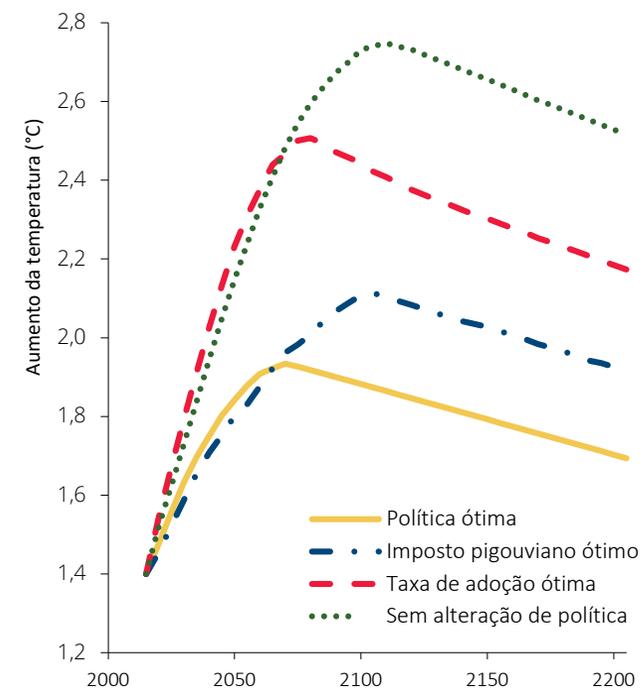
Painel (a) Fração de energia renovável



Painel (b) Emissões de combustíveis fósseis



Painel (c) Aumento de temperatura



Fonte: Adão et al. (2021).