



Roteiro Nacional para a Adaptação 2100

Cerimónia de Encerramento

2 maio 2024 | 10:0 -12:30 | Sala "O Século", SGA



Ciências
ULisboa



BANCO DE PORTUGAL
EUROSISTEMA



Roteiro Nacional para a Adaptação 2100

Avaliação da vulnerabilidade do território
Português às alterações climáticas 2100

Pedro Matos Soares, pmsoares@fc.ul.pt
FCUL Team

Objectivos

Apoiar os exercícios de políticas públicas de adaptação às alterações climáticas nos diferentes níveis de intervenção territorial

- Caracterizar os **impactos das alterações climáticas** nos domínios mais vulneráveis em Portugal: **água/agrofloresta, fogos florestais e zonas costeiras**.
- Caracterizar os **impactos socioeconómicos** nas diferentes escalas territoriais e avaliar necessidades financeiras.
- Apoiar as atividades da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC 2020)
 - **Revisão da ENAAC em 2025**
- Contribuir para a implementação do Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (**PNPOT**).

RNA 2100



Stakeholder engagement

Sectoral Impacts Modelling

Climate Projections, Extremes and Indi

Development of the Adaptation Storylines

Socioeconomic Scenarios

Communication and Capacity Building

Rationale

Construção de novas projecções climáticas (avaliação do total de simulações de Modelação Regional de Clima a Alta Resolução, 12 km; EURO-CORDEX)

Visão do clima futuro de Portugal para o século XXI (ensemble multi-variável/multi-modelo para os diferentes cenários de concentrações (RCPs))



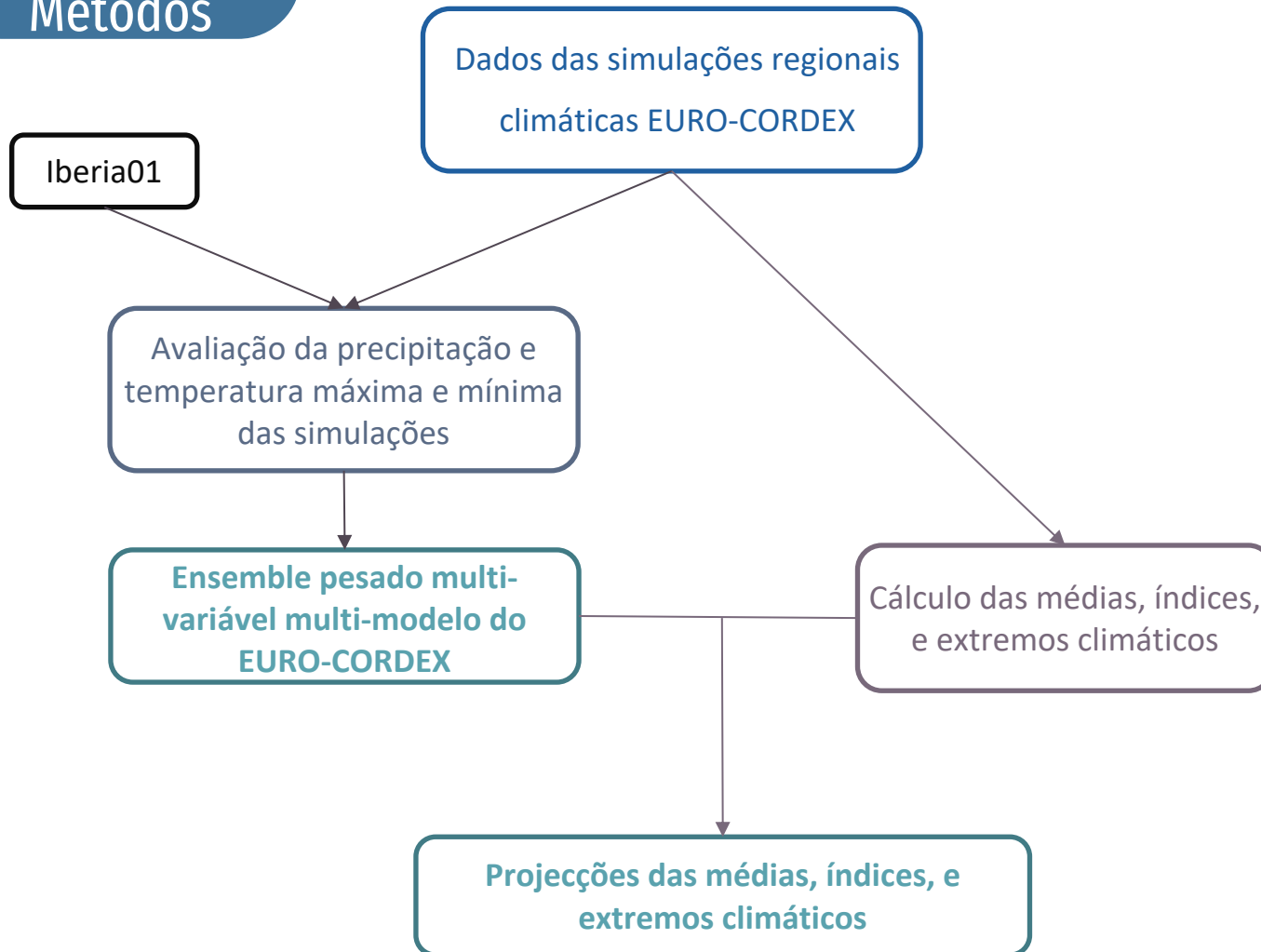
Modelação de impactos sectoriais: **água/agrofloresta, fogos e zonas costeiras**

Identificação e modelação de medidas de adaptação

Traduzir os impactos físicos em impactos económicos

(com e sem medidas de adaptação)

Dados e Métodos



Dados simulações regionais climáticas

(EURO-CORDEX)

45 simulações EURO-CORDEX (13 seleccionadas)

RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5

2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100

Precipitação diária; temperatura máxima e mínima diária; velocidade do vento diária; etc...

Observações Iberia01

Precipitação diária; temperatura máxima e mínima diária, no período 1971 to 2000 resolução ~12km

Métricas para avaliação da qualidade dos modelos

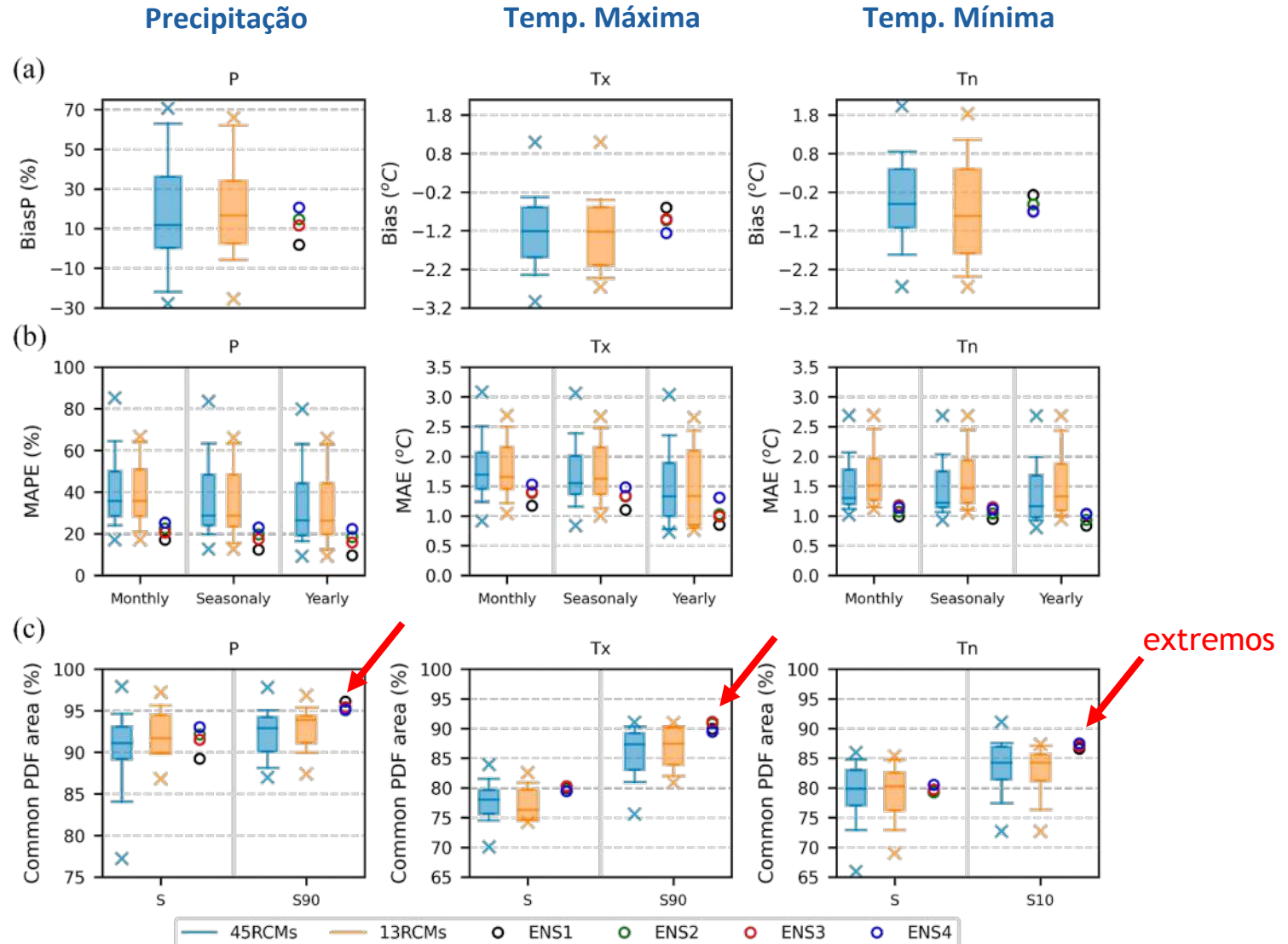
Métricas de erro utilizadas: viés médio, erro absoluto médio, erro médio quadrático, desvio padrão normalizado, correlação espacial, Willmott-D Score, Perkins skill score, and Yule-Kendall skewness

Avaliação do Ensemble Multi-Modelo

- Avaliação de todos os modelos e dos diversos ensembles multi-modelo

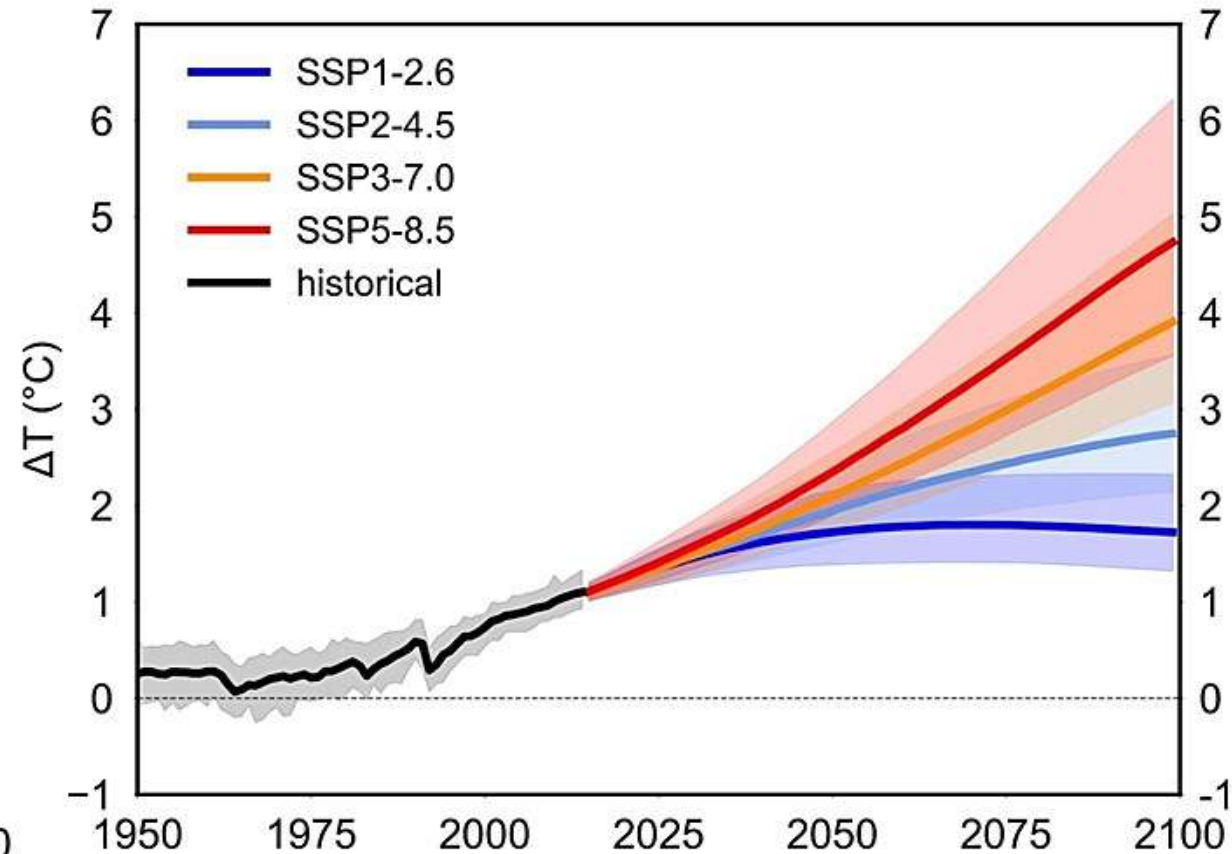
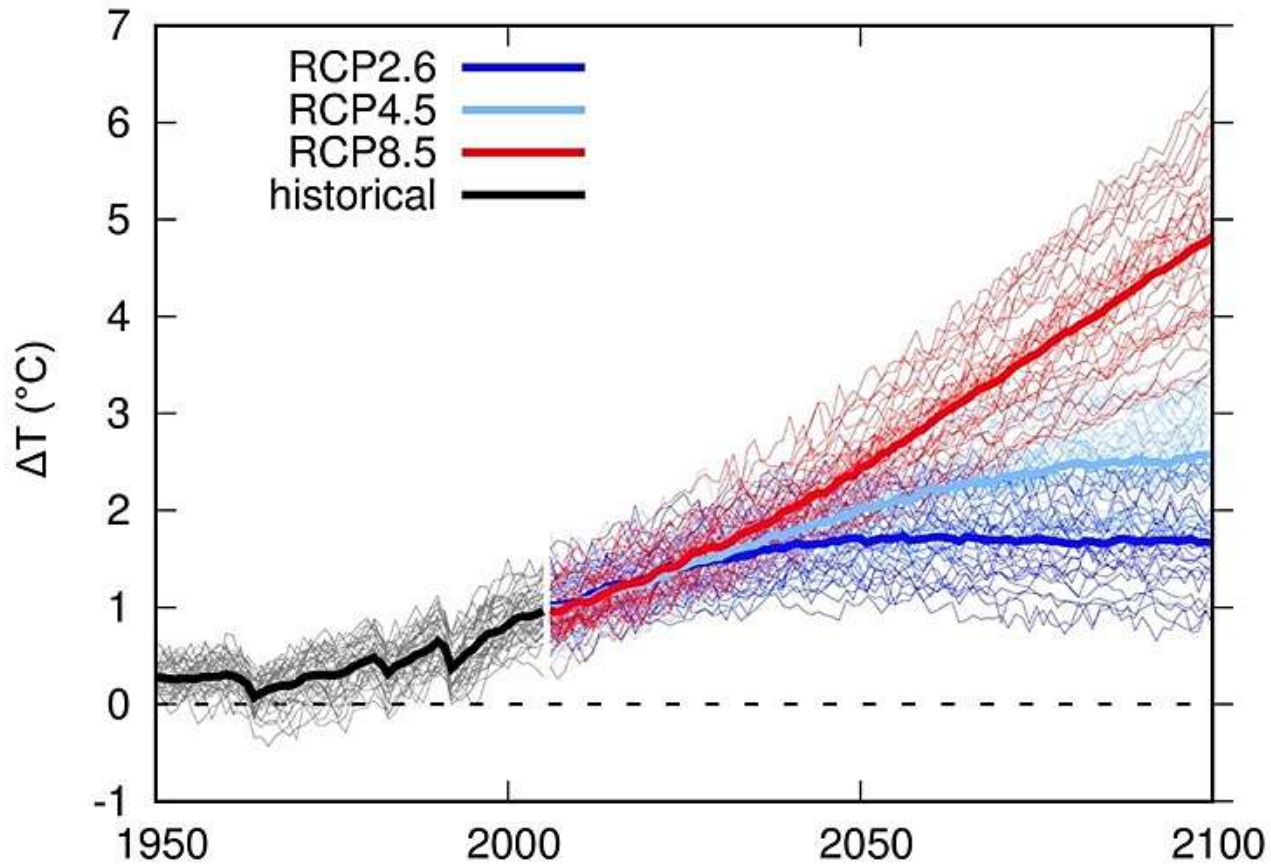
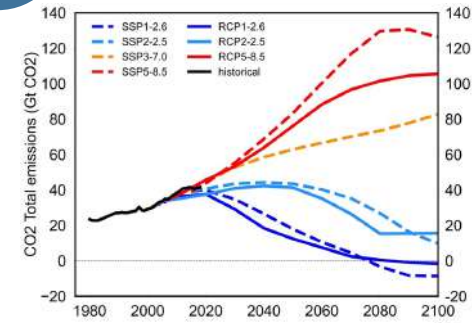
$$ENS3 = \sum_{m=1}^M V_m (0.5w_{p_m} + 0.25w_{tx_m} + 0.25w_{tn_m})$$

ensemble multi-modelo
e multi-variável pesado

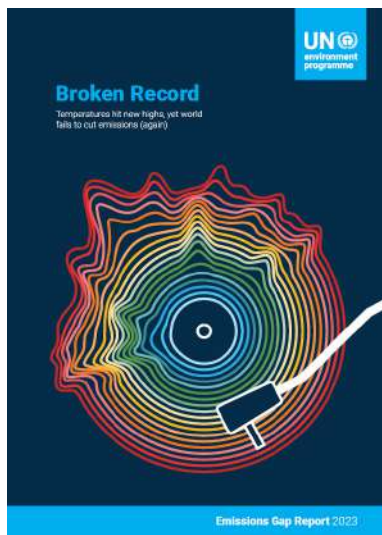


WP2 - Projecções Climáticas, Extremos e Índices

Cenários de Concentrações e Aquecimento global



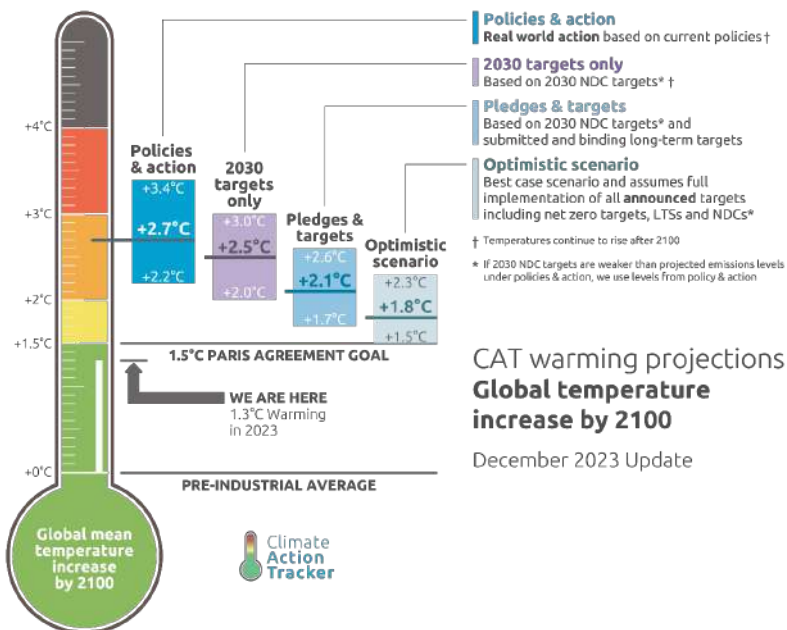
WP2 - Projecções Climáticas, Extremos e Índices



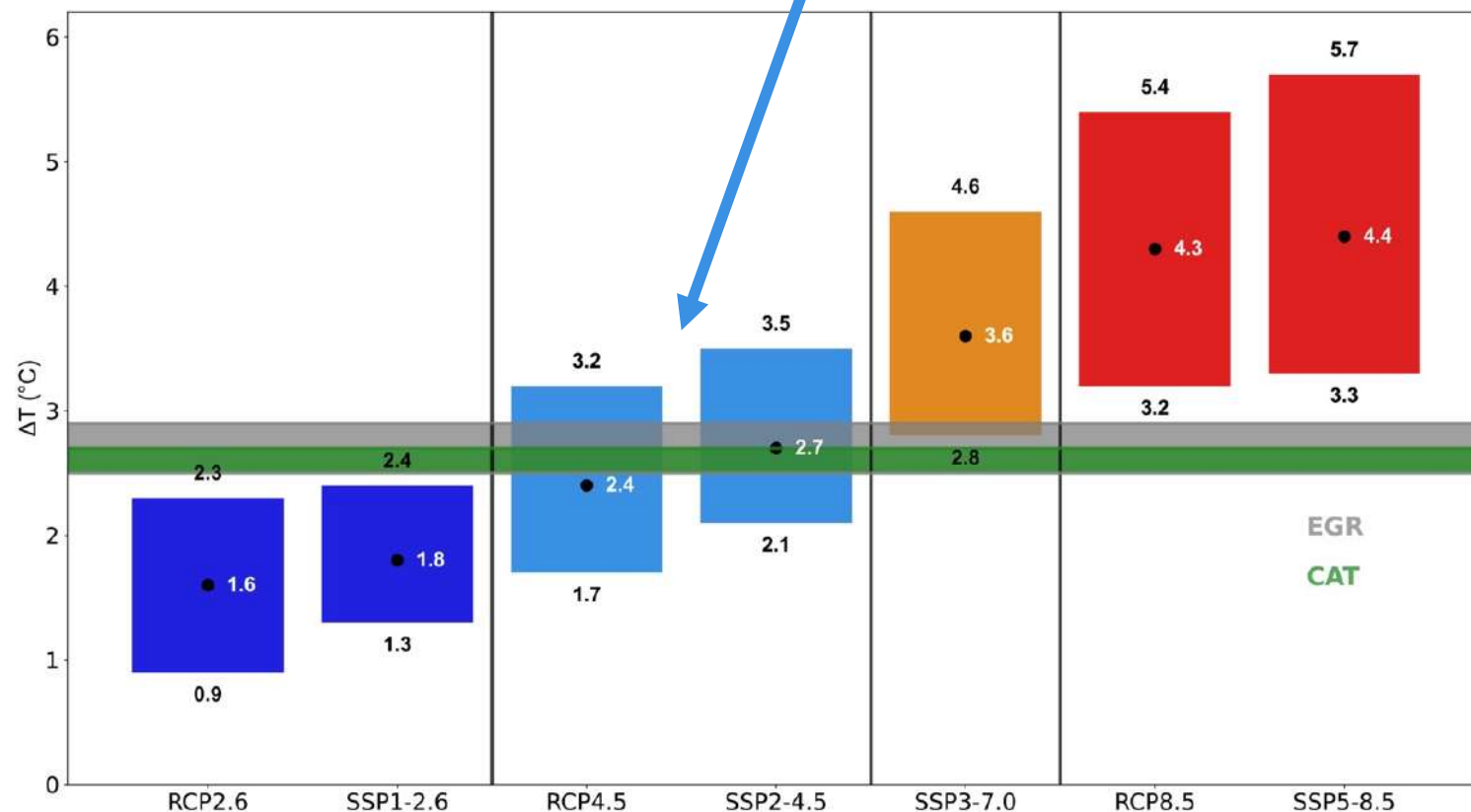
Emissions Gap Report 2023

cenário para que parece evoluirmos globalmente...

CAT 2023



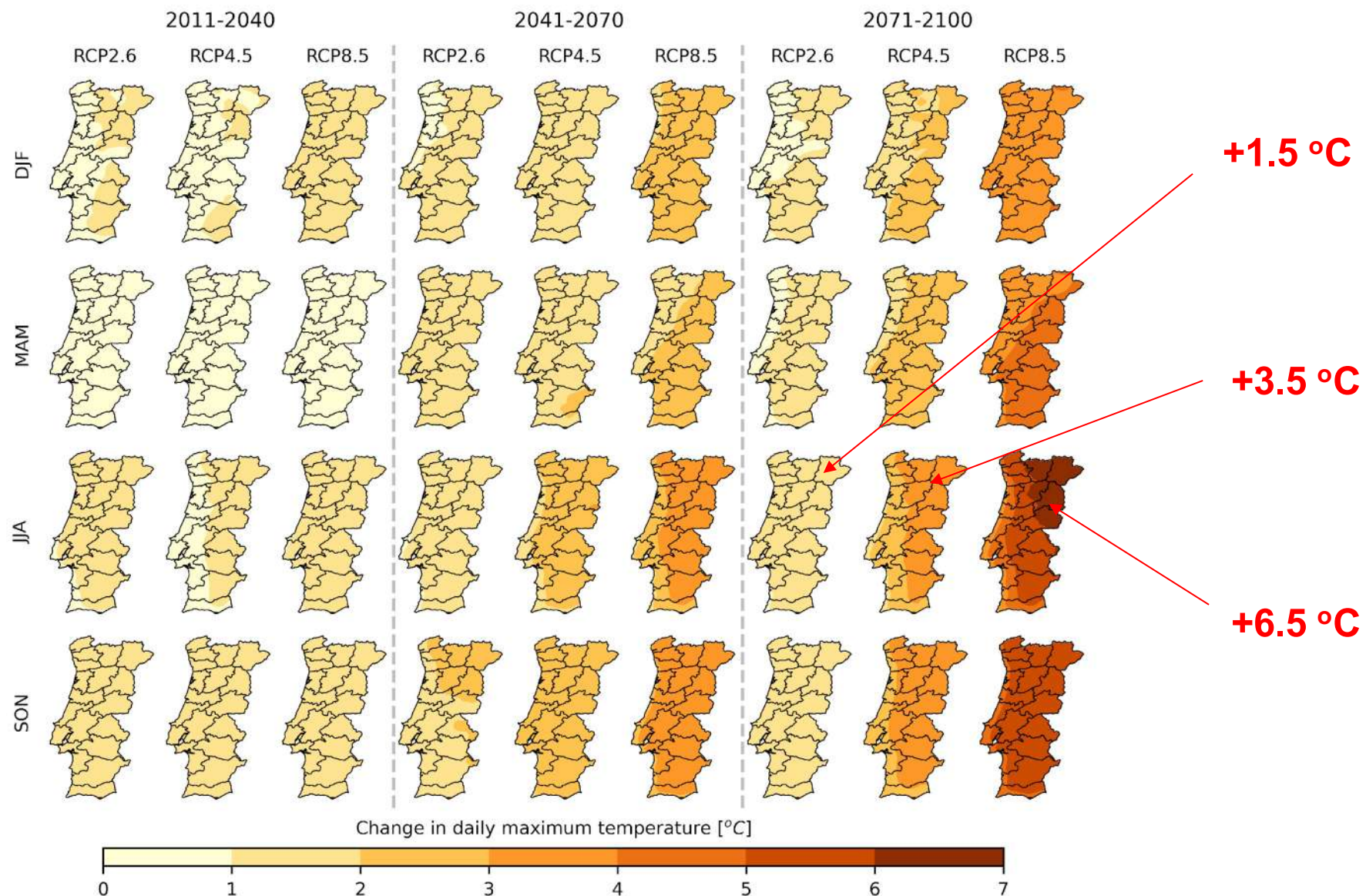
CAT warming projections
Global temperature increase by 2100
December 2023 Update



mas existe uma imensa incerteza!!!

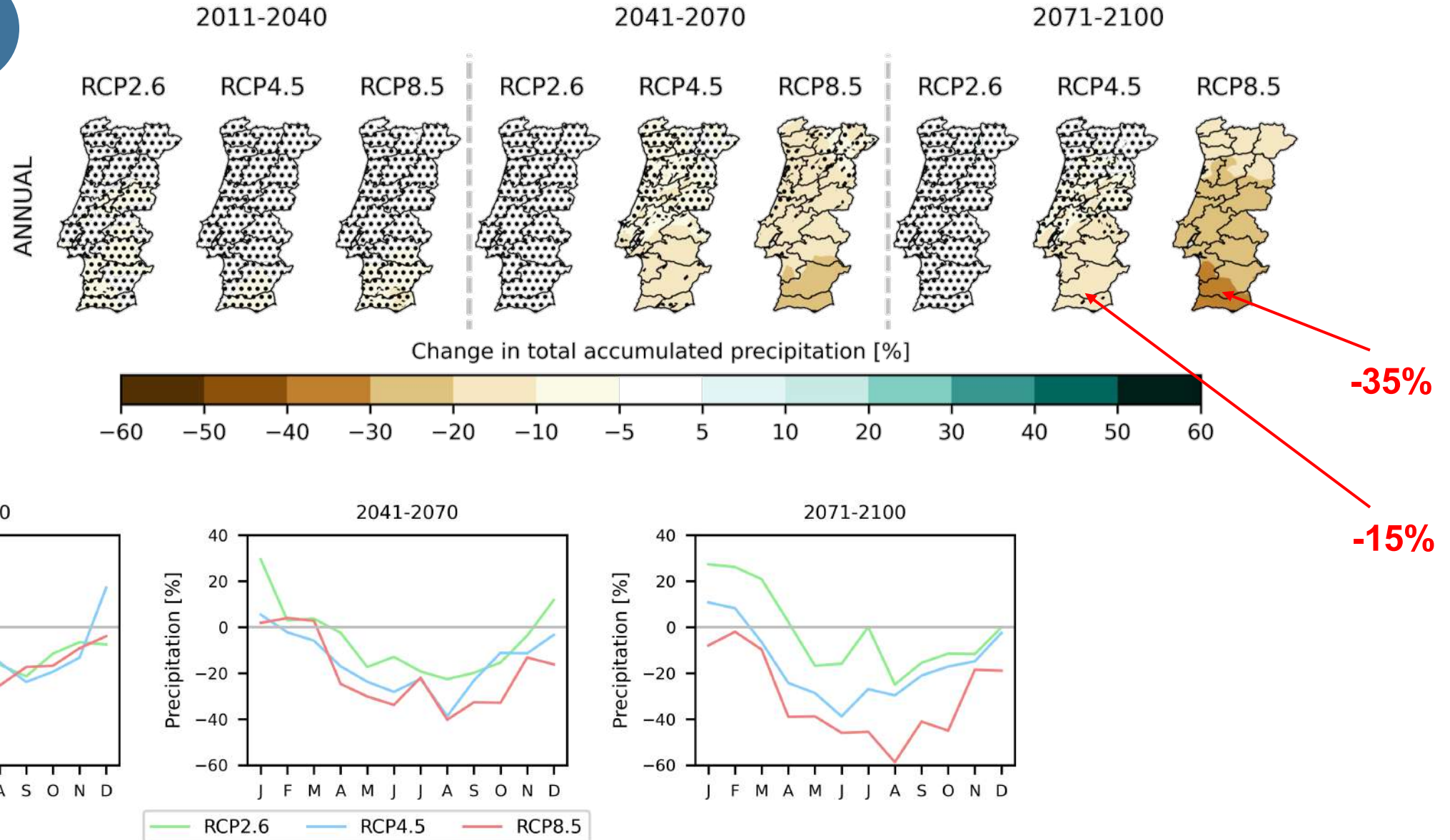
WP2 - Projeções Climáticas, Extremos e Índices

Temperatura Máxima sazonal



WP2 - Projecções Climáticas, Extremos e Índices

Precipitação Anual



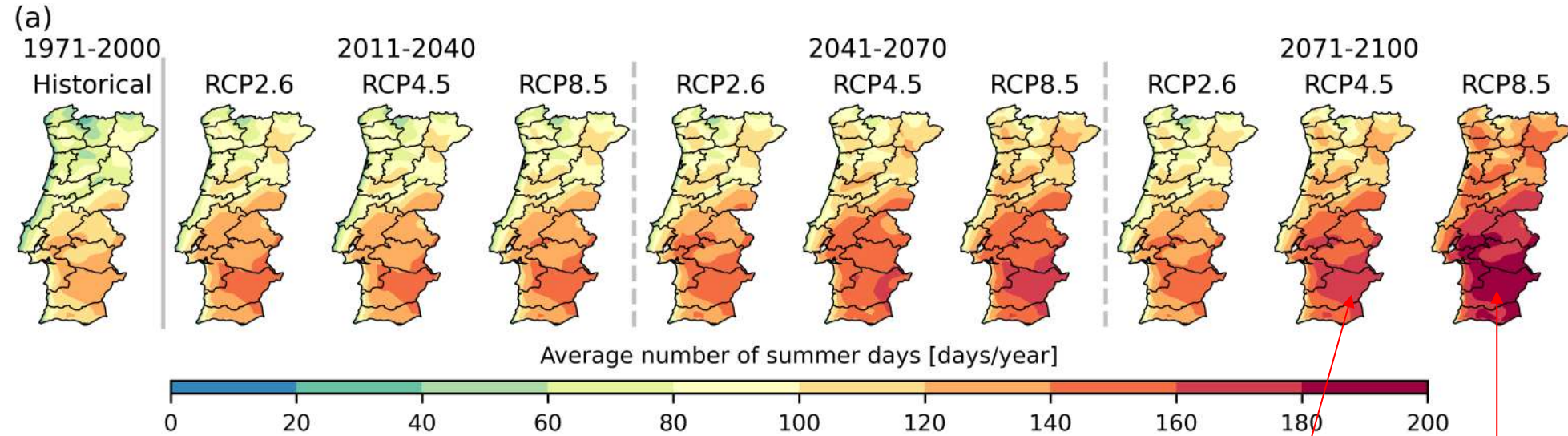
WP2 - Projecções Climáticas, Extremos e Índices

Extremos de Temperatura

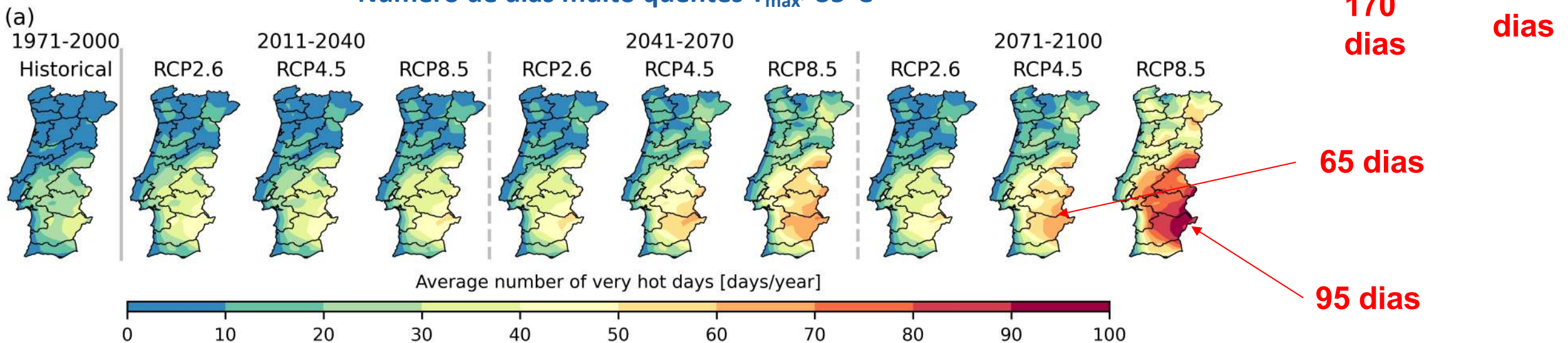


Lima et al. 2023b

Número de dias de verão $T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$



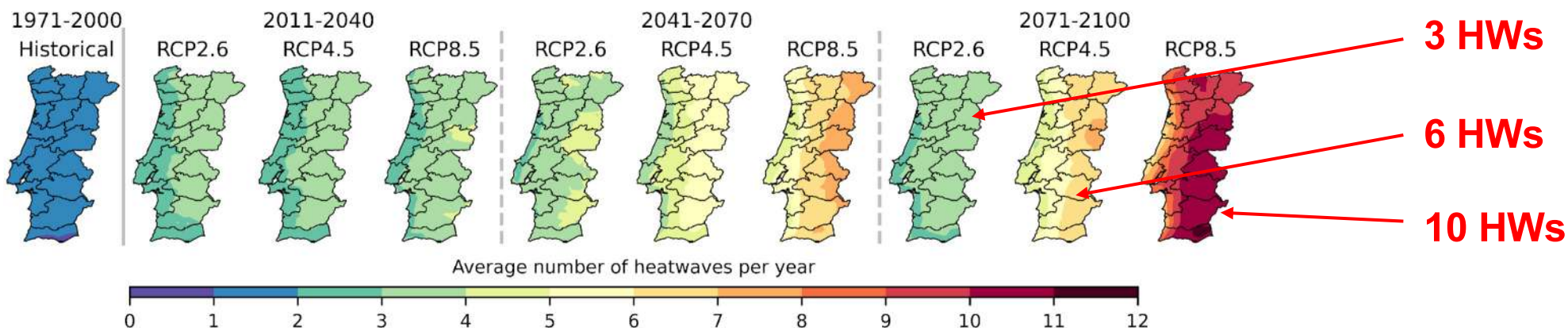
Número de dias muito quentes $T_{\max} > 35^{\circ}\text{C}$



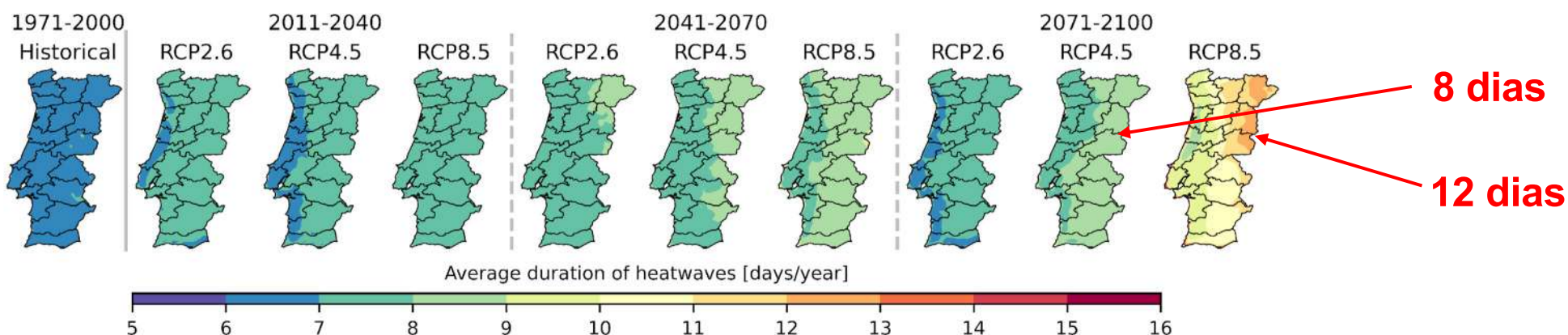
WP2 - Projecções Climáticas, Extremos e Índices

Ondas de Calor

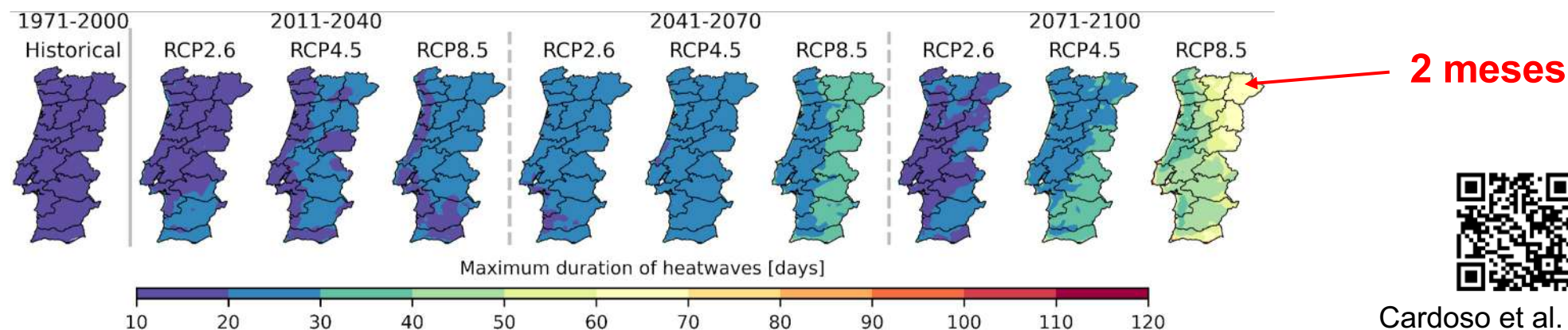
Número de ondas de calor por ano



Duração médias das ondas de calor por ano

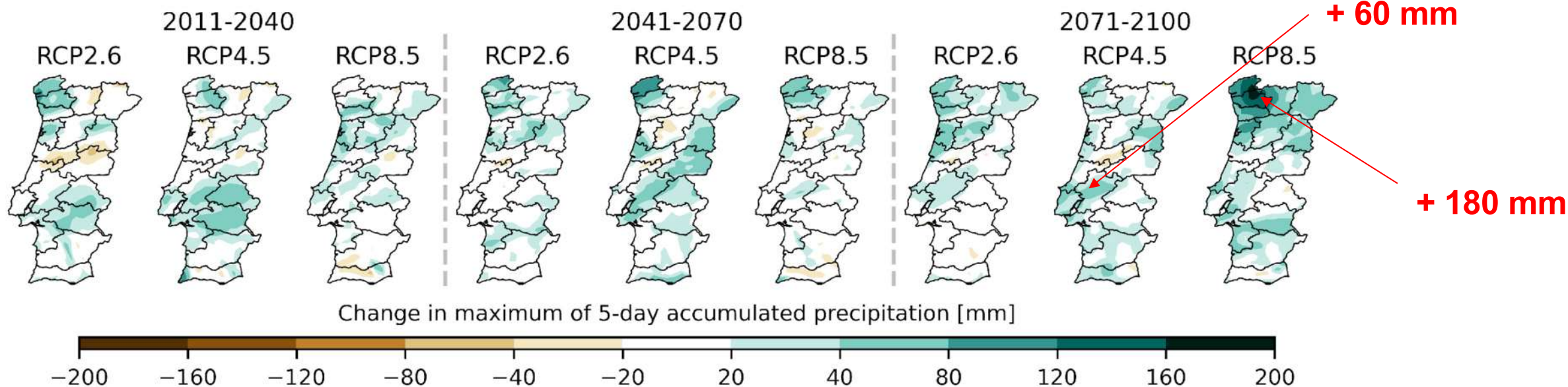
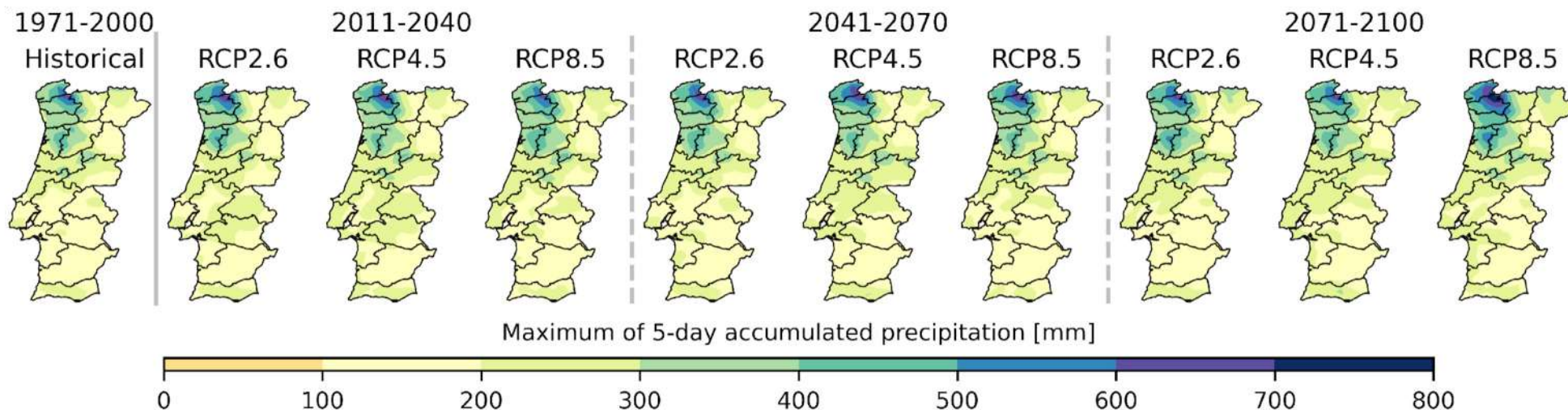


Duração máxima das ondas de calor



Extremos de Precipitação

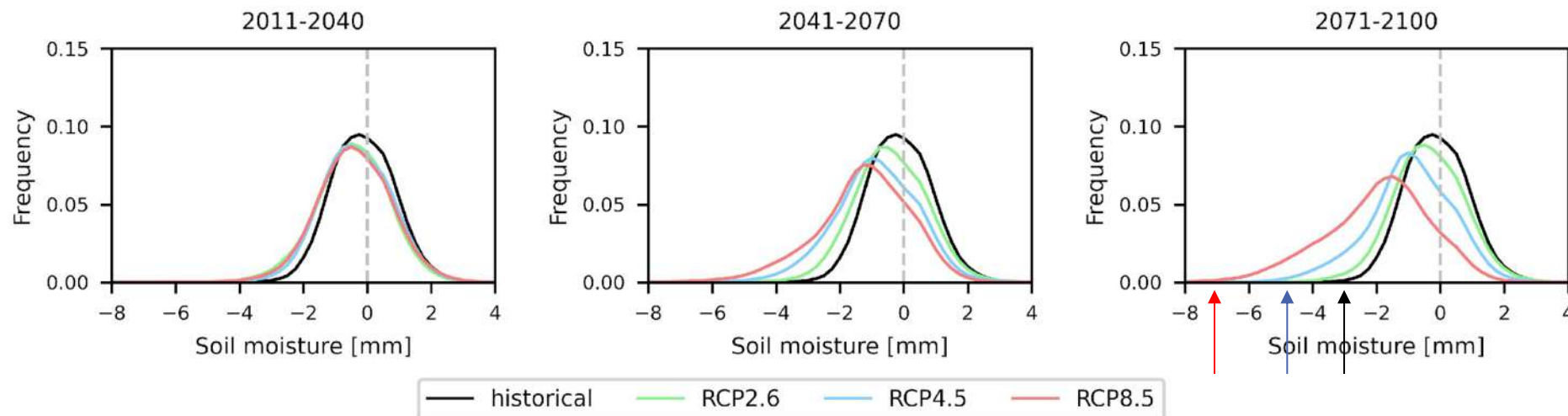
Máximo de precipitação acumulada num período de 5 dias consecutivos



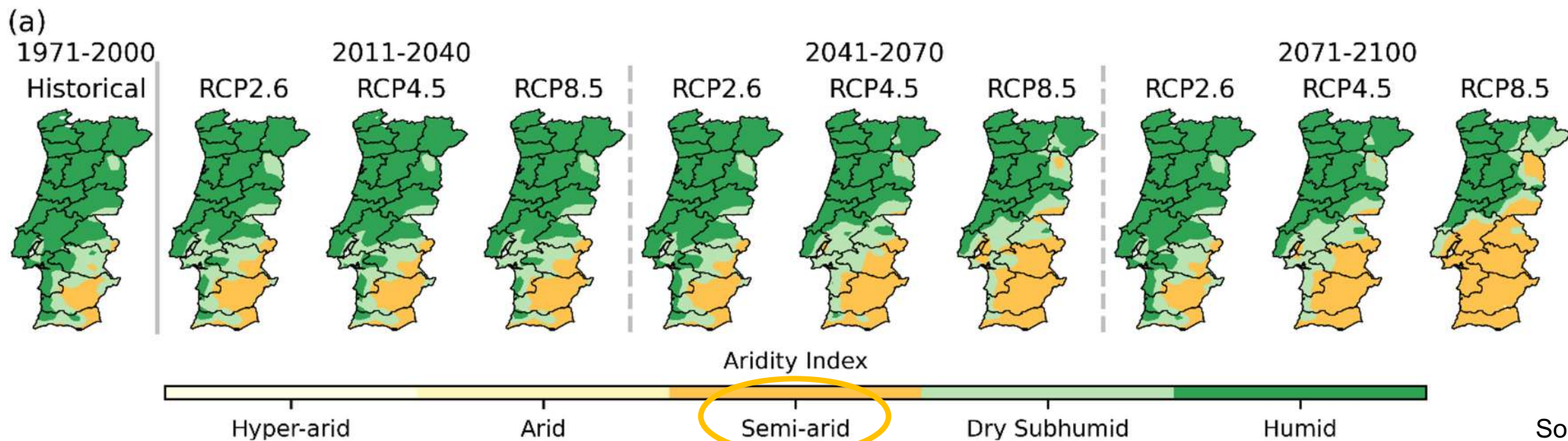
WP2 - Projecções Climáticas, Extremos e Índices

Conteúdo de água no solo

Anomalia standardizada do conteúdo de água no solo – Portugal Continental

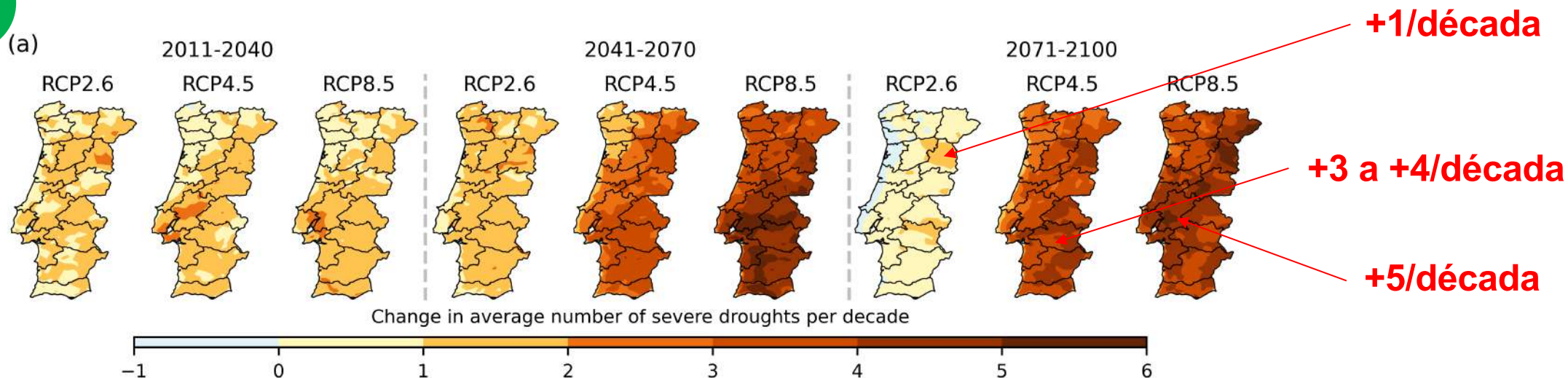


Índice de Aridez

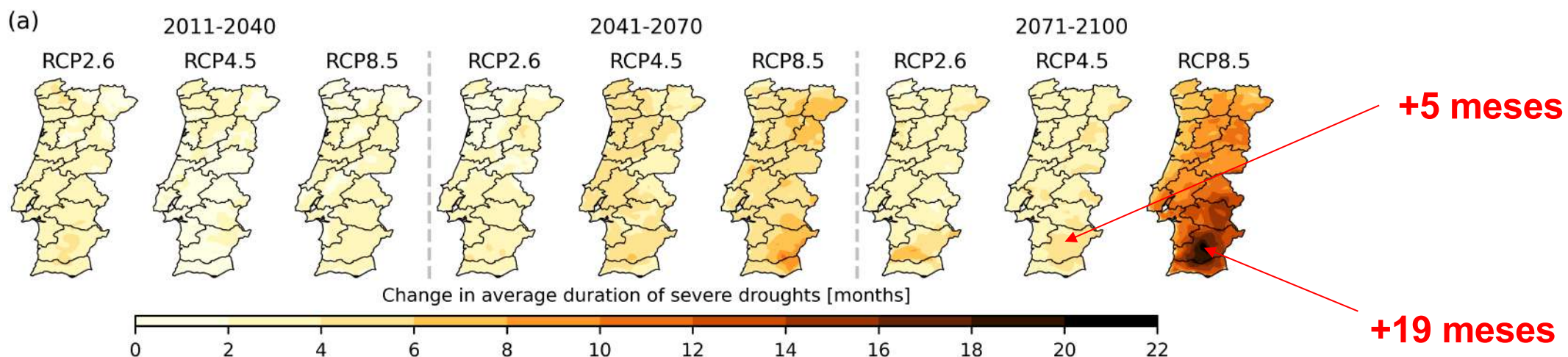


Seca Severa

Diferença no
número de secas
severas por
década



Diferença na
duração de secas
severas



Recursos Hídricos e Agrofloresta

Simulações com SWAT+EPIC

Modelo Digital de Terreno

Tipos de Solo

Usos do Solo

Dados Climáticos

EU-DEM

Linhas de Água (DQA)

Massa de Água (DQA)

Culturas

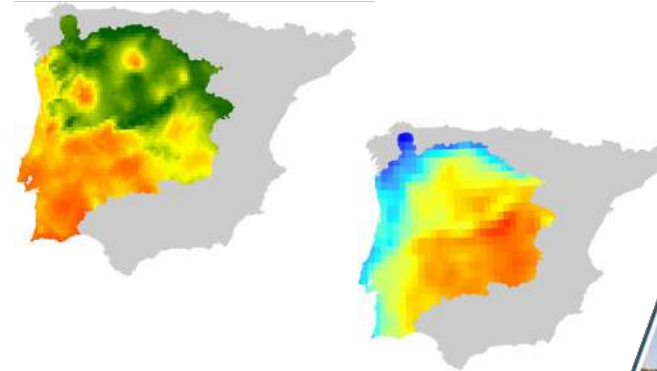
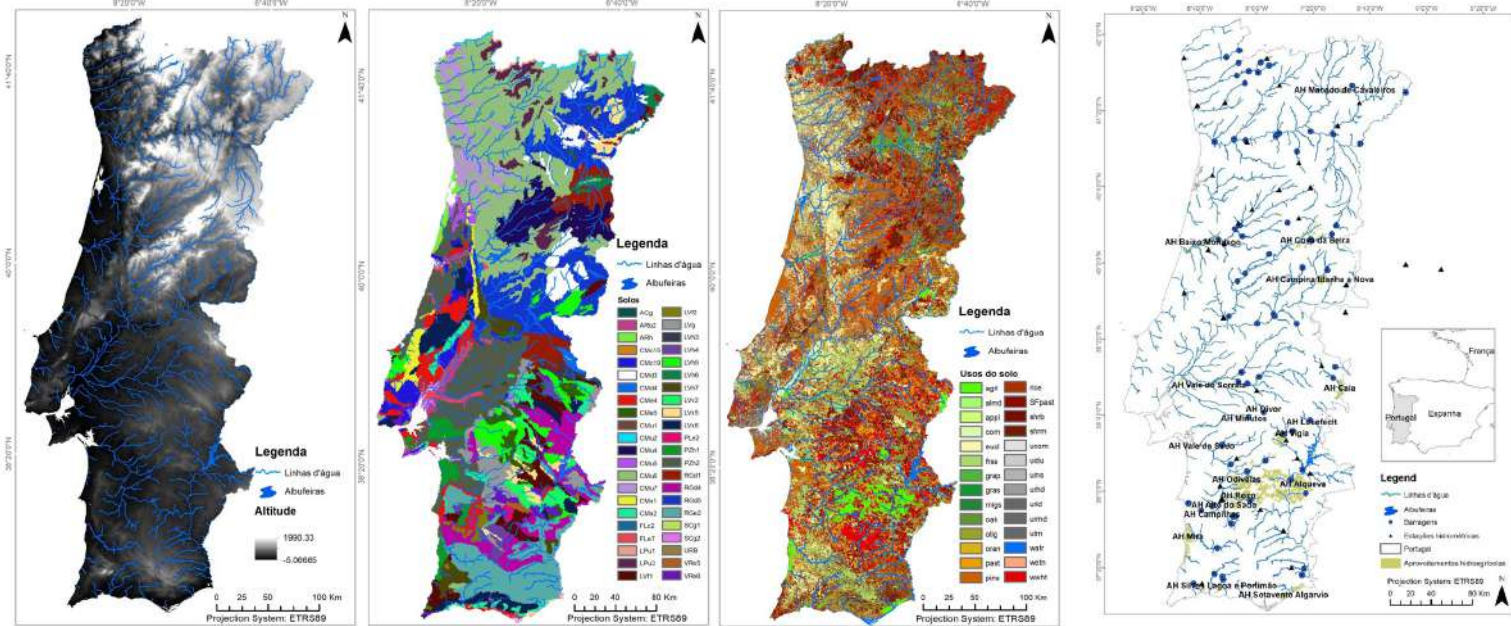
Barragens

Perímetros de Rega

Observados (Ibéria 01)

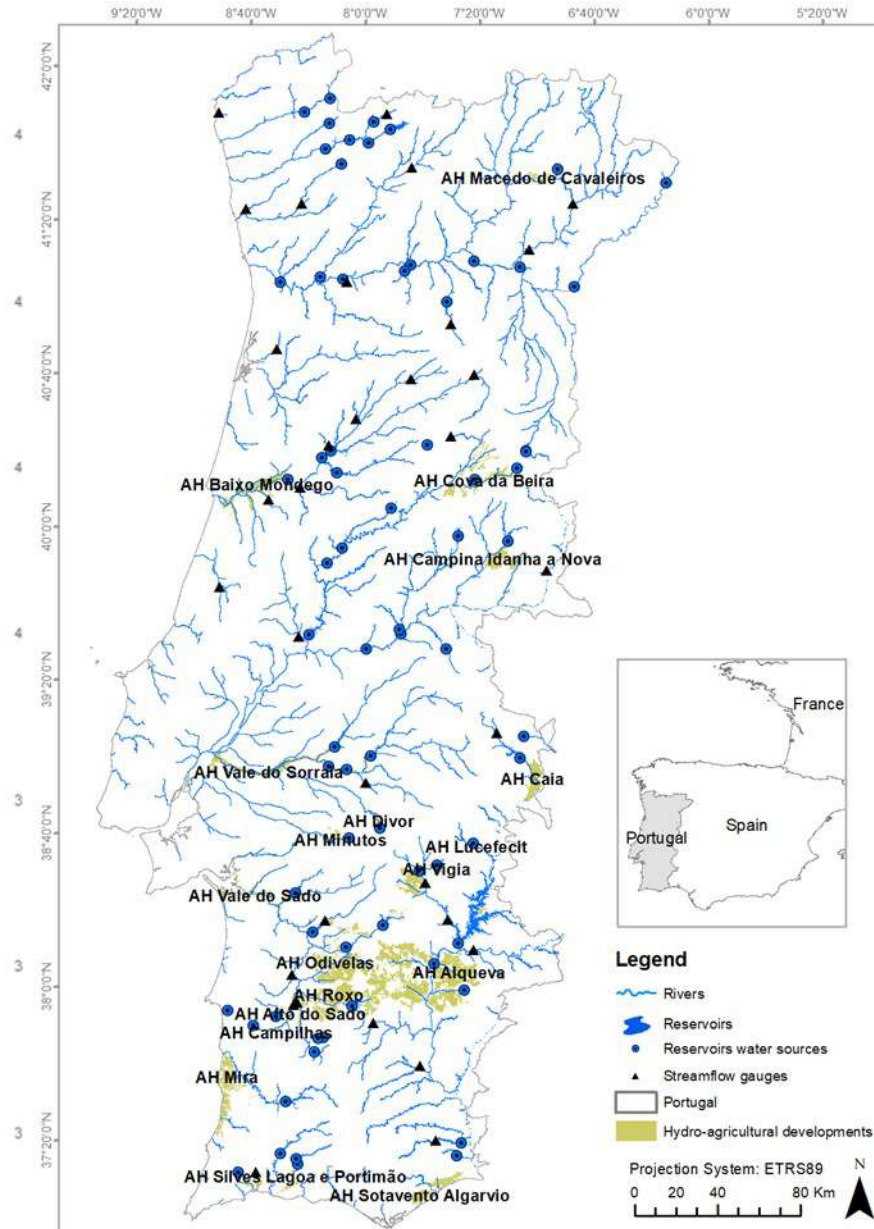
Reanálise (ERA5)

Projeções Climáticas (EURO-CORDEX)

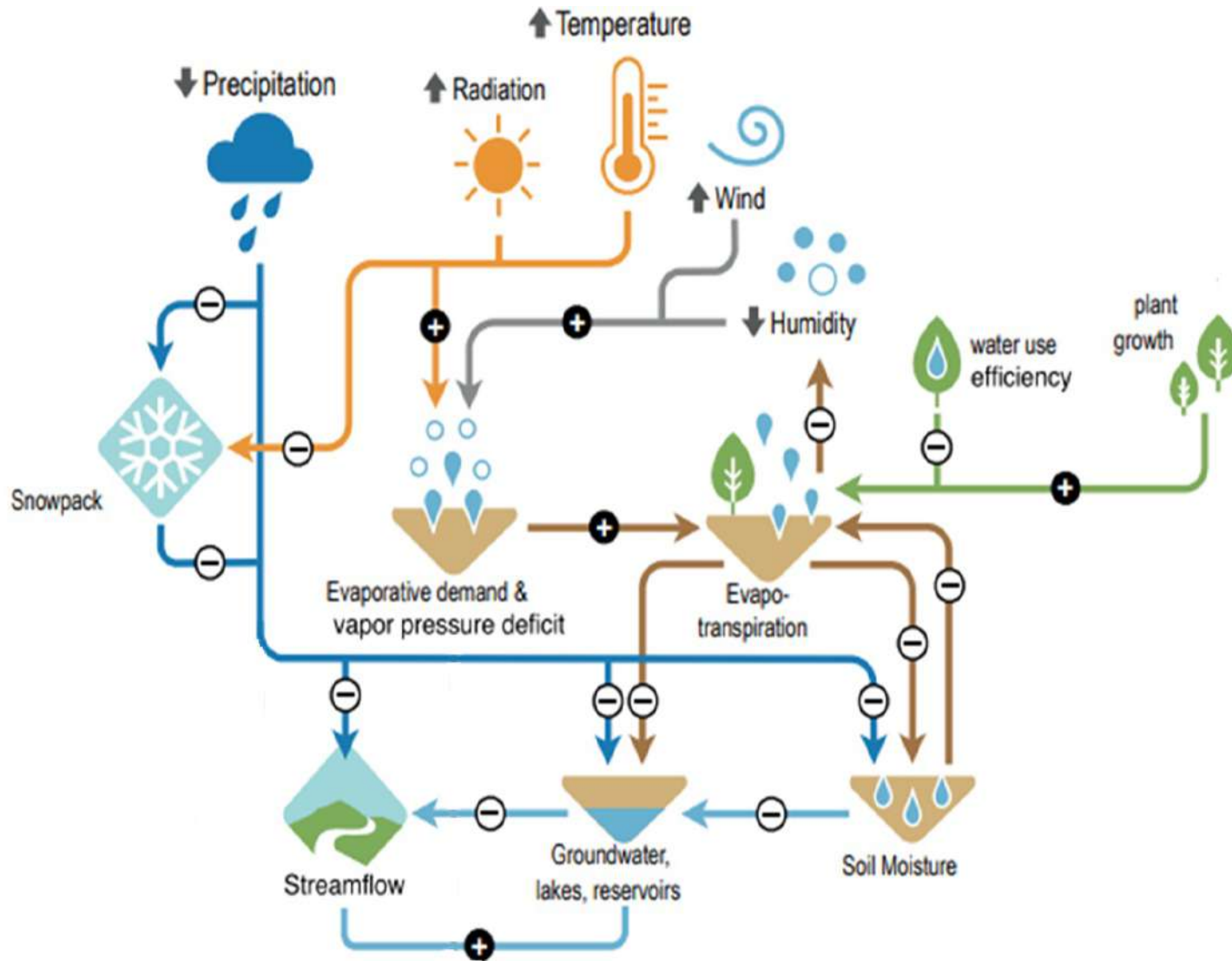


Modelação de medidas de adaptação e respetivo efeito no equilíbrio hidrológico

Modelação dos Impactos Sectoriais | Recursos Hídricos e Agrofloresta



N	Aproveitamento Hidroagrícola	Bacia Hidrográfica	Origem da água (Albufeiras)
1	Macedo de Cavaleiros	Douro	Azibo
2	Cova da Beira	Douro	Sabugal
2	Cova da Beira	Tejo	Meimoa
3	Divor	Tejo	Divor
4	Vale do Sorraia	Tejo	Maranhão
4	Vale do Sorraia	Tejo	Montargil
5	Minutos	Tejo	Minutos
6	Idanha-a-Nova	Tejo	Idanha
7	Baixo Mondego	Mondego	Mondego
8	Campilhas e Alto Sado	Sado	Monte da Rocha
8	Campilhas e Alto Sado	Sado	Fonte Serne
8	Campilhas e Alto Sado	Sado	Campilhas
8	Campilhas e Alto Sado	Sado	Monte Gato
8	Campilhas e Alto Sado	Sado	Monte Migueis ⁹
9	Mira	Mira	Santa Clara
10	Odivelas	Sado	Odivelas
11	Roxo	Sado	Roxo
12	Vale do Sado	Sado	Pêgo do Altar
12	Vale do Sado	Sado	Vale do Gaio
13	Alqueva (EFMA)	Guadiana	Alqueva
14	Caia	Guadiana	Caia
15	Luçefecit	Guadiana	Luçefecit
16	Sotavento Algarvio	Guadiana	Beliche
16	Sotavento Algarvio	Guadiana	Odeleite
17	Vigia	Guadiana	Vigia
18	Alvor	Odeóxere	Bravura
19	Silves Lagoa e Portimão	Arade	Arade
19	Silves Lagoa e Portimão	Arade	Funcho



Modelação:

- ❑ Bacias Internacionais Ibéricas
- ❑ Clima presente, histórico e futuro (1971-2000; 2005-2100)
- ❑ 13 RCMs; 3 RCPs

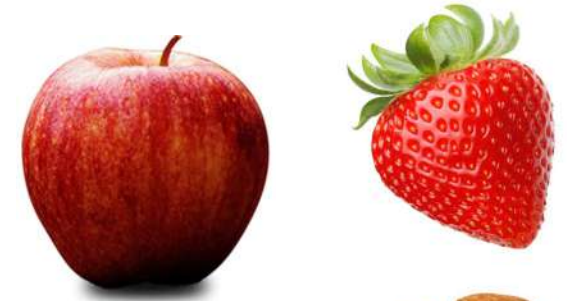
Resultados Com ou Sem Adaptação :

- ❑ Volume armazenado nas barragens
- ❑ Caudal afluyente às barragens
- ❑ Produtividade de culturas de sequeiro e regadio
- ❑ Necessidades de Irrigação
- ❑ Disponibilidades Hídricas
- ❑ Abstracção

WEI+

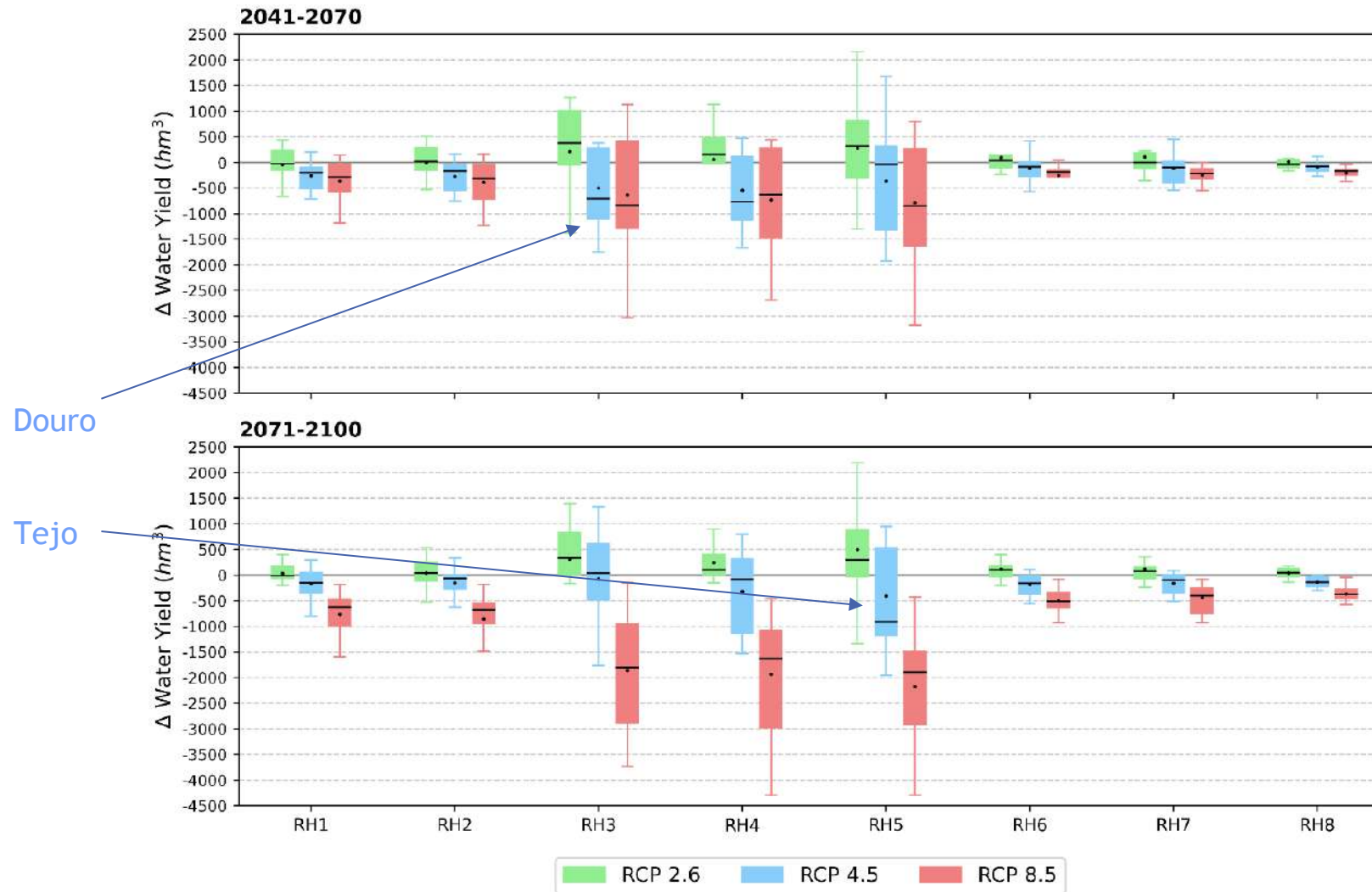
Modelação dos Impactos Sectoriais | Recursos Hídricos e Agrofloresta

N	Culturas Irrigadas	N	Culturas de Sequeiro
1	Amendoeira	1	Amendoeira
2	Batata	2	Batata
3	Vinha	3	Vinha
4	Olival	4	Olival
5	Milho	5	Prado
6	Milho forrageiro	6	Trigo
7	Sorgo	7	Pastagens
8	Golfe	8	Matos
9	Feno	9	Montado
10	Alface	10	Carvalho
11	Couve	11	Floresta mediterrânica
12	Laranjal	12	Eucaliptal
13	Arroz	13	Pinheiro
14	Morango	14	Floresta densa
15	Girassol	15	Vegetação esclerofila
16	Tomate		
17	Maça		



Modelação dos Impactos Sectoriais | Recursos Hídricos e Agrofloresta

Anomalias na Disponibilidades Hídricas (hm³)



Perdas em todas as RHs, excepto para RCP2.6 (Paris)

RH1 - Minho e Lima

RH2 - Cávado, Ave e Leça

RH3 - Douro

RH4 - Vouga, Mondego e Lis

RH5 - Tejo e Ribeiras do Oeste

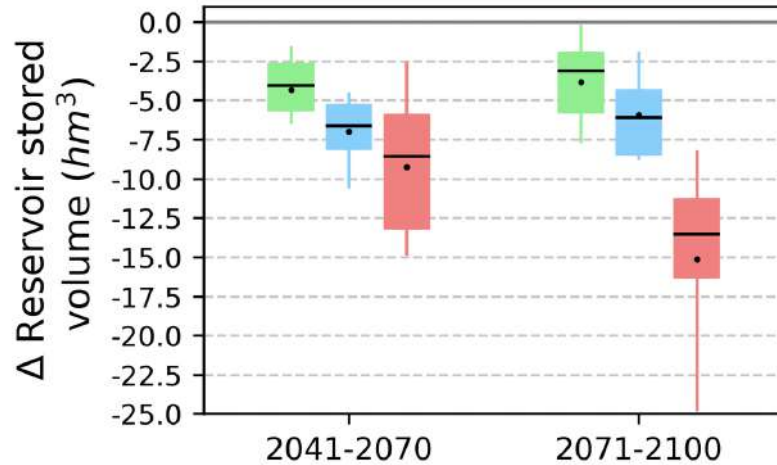
RH6 - Sado e Mira

RH7 - Guadiana

RH8 - Ribeiras do Algarve

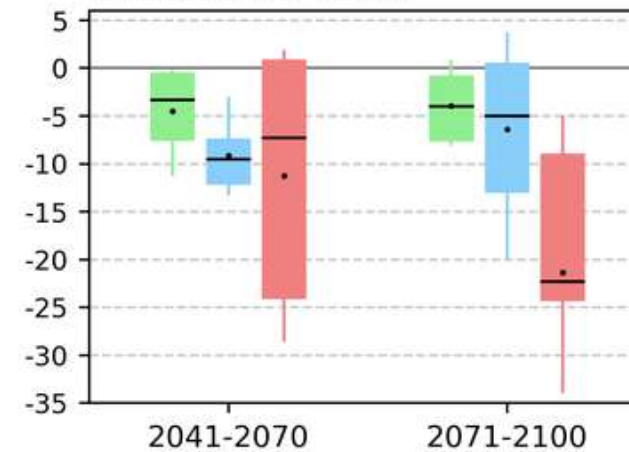
Anomalias no **Volume Armazenado** (hm^3)

Alto-Lindoso



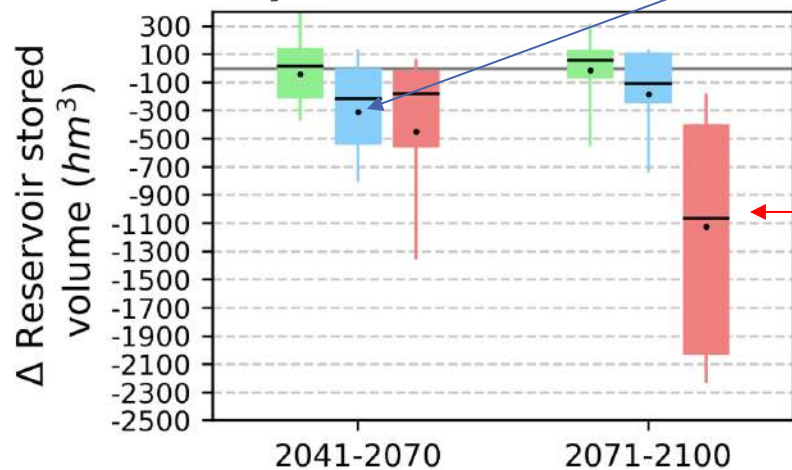
vol. total - 390 hm^3
vol. útil - 359 hm^3

Castelo do Bode



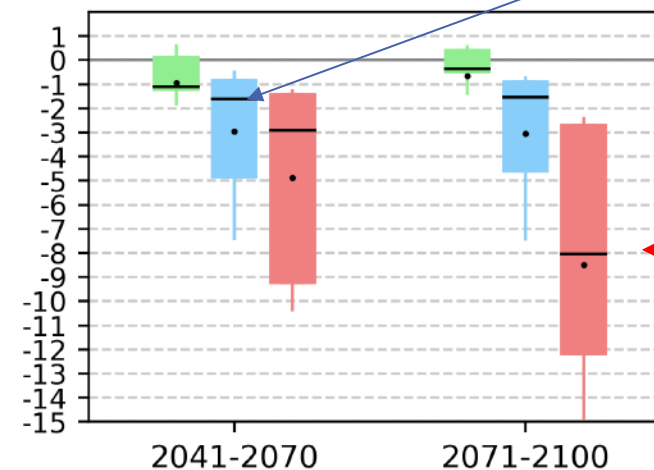
vol. total - 1095 hm^3
vol. útil - 900 hm^3

Alqueva



vol. total - 4150 hm^3
vol. útil - 3150 hm^3

Bravura



vol. total - 34.8 hm^3
vol. útil - 32.2 hm^3

-8 %

-3 %

-35 %

-25 %

Custos Económicos (€/ano) - Water Yield

Projected changes of economic costs (€)	2041-2070			2071-2100		
	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
RH1	-8 572	-71 903	-104 804	-2 716	-54 955	-230 210
RH2	6 001	-54 687	-101 046	13 817	-21 080	-216 963
RH3	38 096	-70 489	-83 087	32 788	3 291	-180 156
RH4	148 512	-722 997	-590 293	93 267	-74 812	-1 528 329
RH5	276 879	-32 755	-733 952	261 248	-793 008	-1 647 449
RH6	218 472	-565 057	-1 243 767	665 385	-1 045 925	-3 337 946
RH7	-4 427	-348 192	-764 628	263 288	-317 151	-1 423 224
RH8	-297 557	-628 965	-1 399 258	365 366	-1 141 317	-3 039 448

Portugal

~ **-2 M€**

-5 M€

-3.5 M€

-12 M€

RH1 - Minho e Lima

RH2 - Cávado, Ave e Leça

RH3 - Douro

RH4 - Vouga, Mondego e Lis

RH5 - Tejo e Ribeiiras do Oeste

RH6 - Sado e Mira

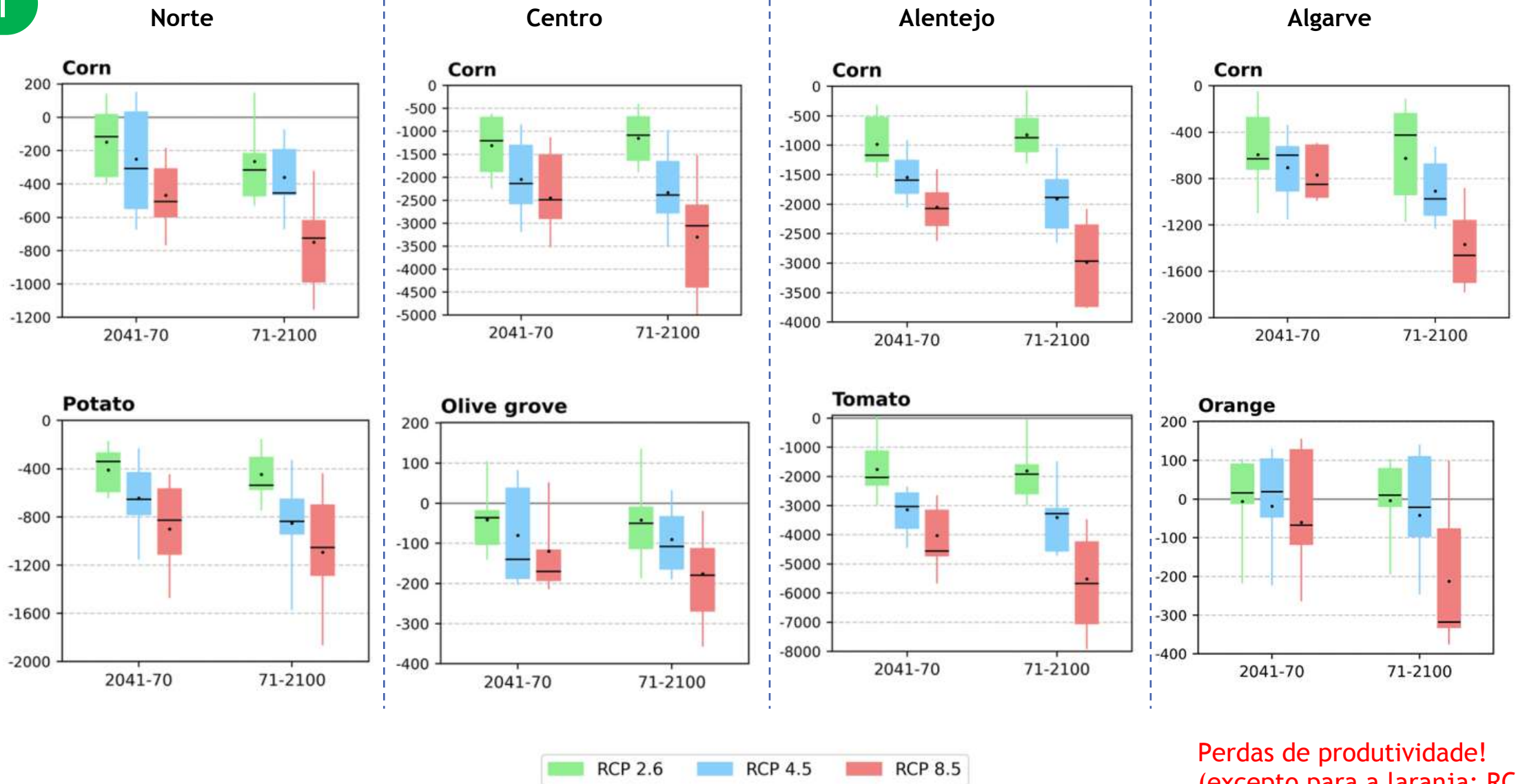
RH7 - Guadiana

RH8 - Ribeiras do Algarve

Modelação dos Impactos Sectoriais | Recursos Hídricos e Agrofloresta

NUTS II

Anomalias na Produtividade (kg/ha)



Perdas de produtividade!
(excepto para a laranja; RCP2.6)

* ASSUMINDO QUE AS NECESSIDADES HÍDRICAS DAS PLANTAS SÃO ASSEGURADAS

Modelação dos Impactos Sectoriais | Recursos Hídricos e Agrofloresta

Centro

Perdas (k€) diminuição de Produtividade NUTS II Centro	2041-2070*			2071-2100*		
	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
Milho	-15 471	-25 789	-40 281	-14 243	-31 441	-61 904
Laranja	-22	-56	-109	-36	-110	-227
Azeitona	-193	-380	-553	-183	-352	-745
Uva	-7 553	-15 142	-11 911	-939	-12 225	-21 438
Batata	-61 731	-102 641	-108 744	-41 105	-102 286	-153 052
Maçã	-2 787	-3 267	- 3706	-2 919	-2 763	-2 439
Silagem de Milho	-54	-119	-160	-86	-107	-316
...	...	...	...	...	...	...
Total Centro	-9 2869	-153 770	-177 240	-66 198	-183 270	-296 700
...	...	...	...	...	...	...
Total PT	-247 651	-368 563	-454 028	-199 567	-422 169	-659 629

Centro

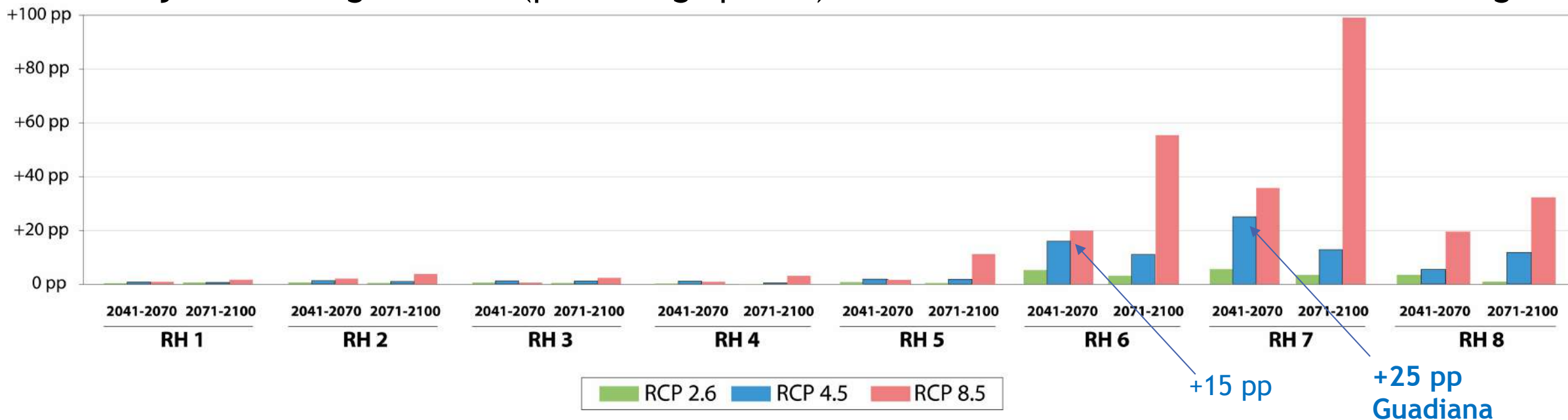
Portugal
2071-2100

Perdas anuais:

RCP2.6 - 200 M€
RCP4.5 - 422 M€
RCP8.5 - 660 M€

Custos Económicos (milhares €/ano)

Projected change in WEI+ (percentage points) for River Basin Districts in mainland Portugal



$$WEI += \frac{Uso\ de\ Agua(UA)}{Recursos\ Disponiveis\ Renovaveis(RDR)} \times 100$$

$$UA = Volumes\ Captados - Retornos$$

$$RDR = Recursos\ superficiais + \\ Recursos\ subteraneos - \\ Caudais\ ecologicos$$

Agravamento do WEI+ em todas as RHs, especialmente no SUL (RH6, RH7 e RH8) e para os cenários RCP4.5 e RCP8.5

RH1 - Minho e Lima

RH2 - Cávado, Ave e Leça

RH3 - Douro

RH4 - Vouga, Mondego e Lis

RH5 - Tejo e Ribeiças do Oeste

RH6 - Sado e Mira

RH7 - Guadiana

RH8 - Ribeiças do Algarve

Medidas de Adaptação: Balanço hidrológico & Agrofloresta

- **Aumentar a eficiência de rega**

Medida implementada no SWAT+.

- **Seleção de culturas mais adequadas ao clima projetado**

Medida implementada no SWAT+.

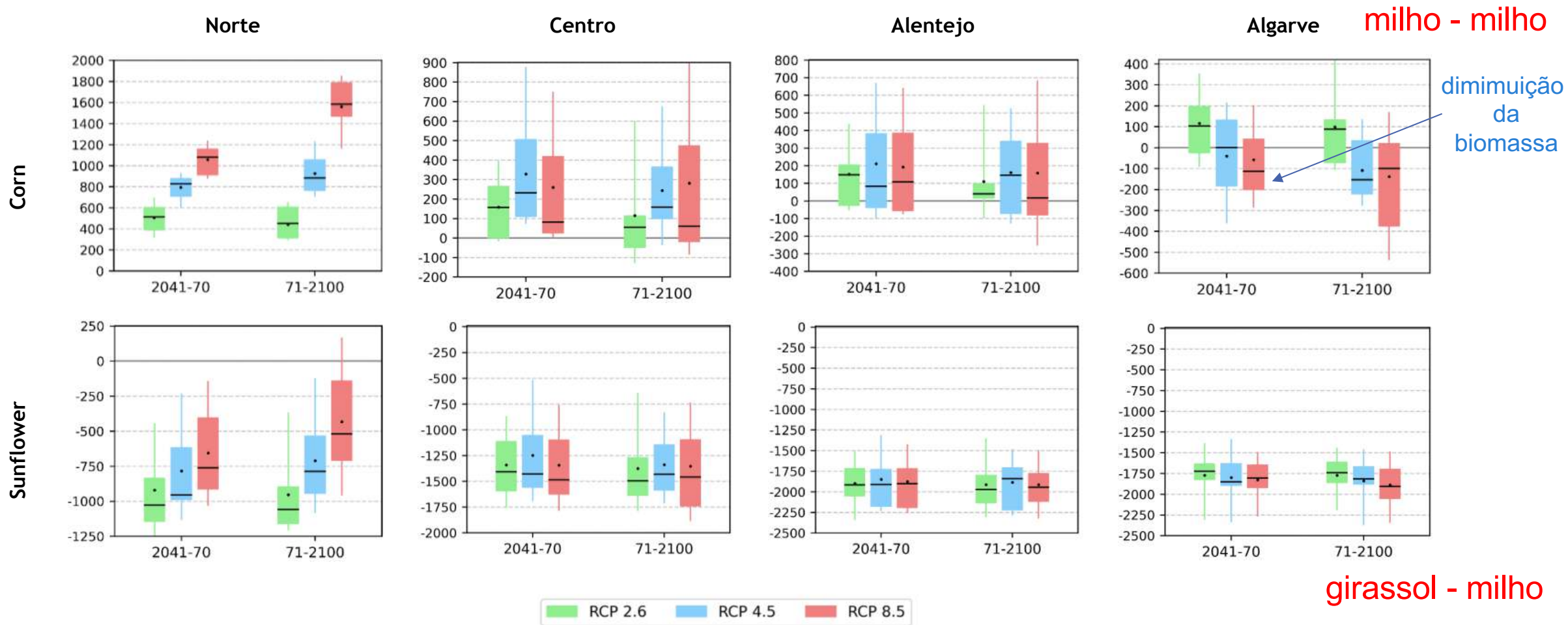
- **Tratamento e reutilização de águas residuais (APR)**

- **Reduzir perdas na rede de distribuição**



Seleção de culturas mais adequadas ao clima projetado

Substituição de Milho por Girassol



milho aumenta as necessidades de água

e.g girassol mitiga este aumento

RH7 Guadiana

MODIFICAÇÕES À ANOMALIA NO WEI+ (MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO)

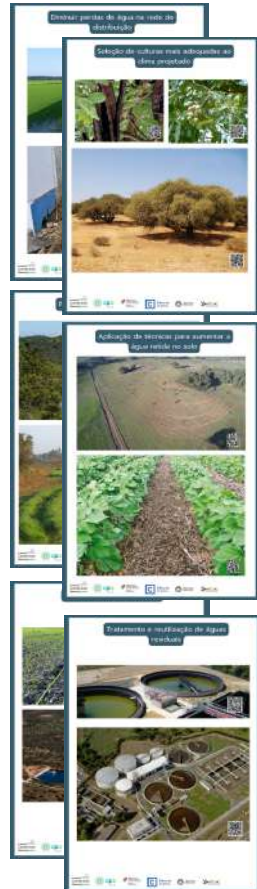
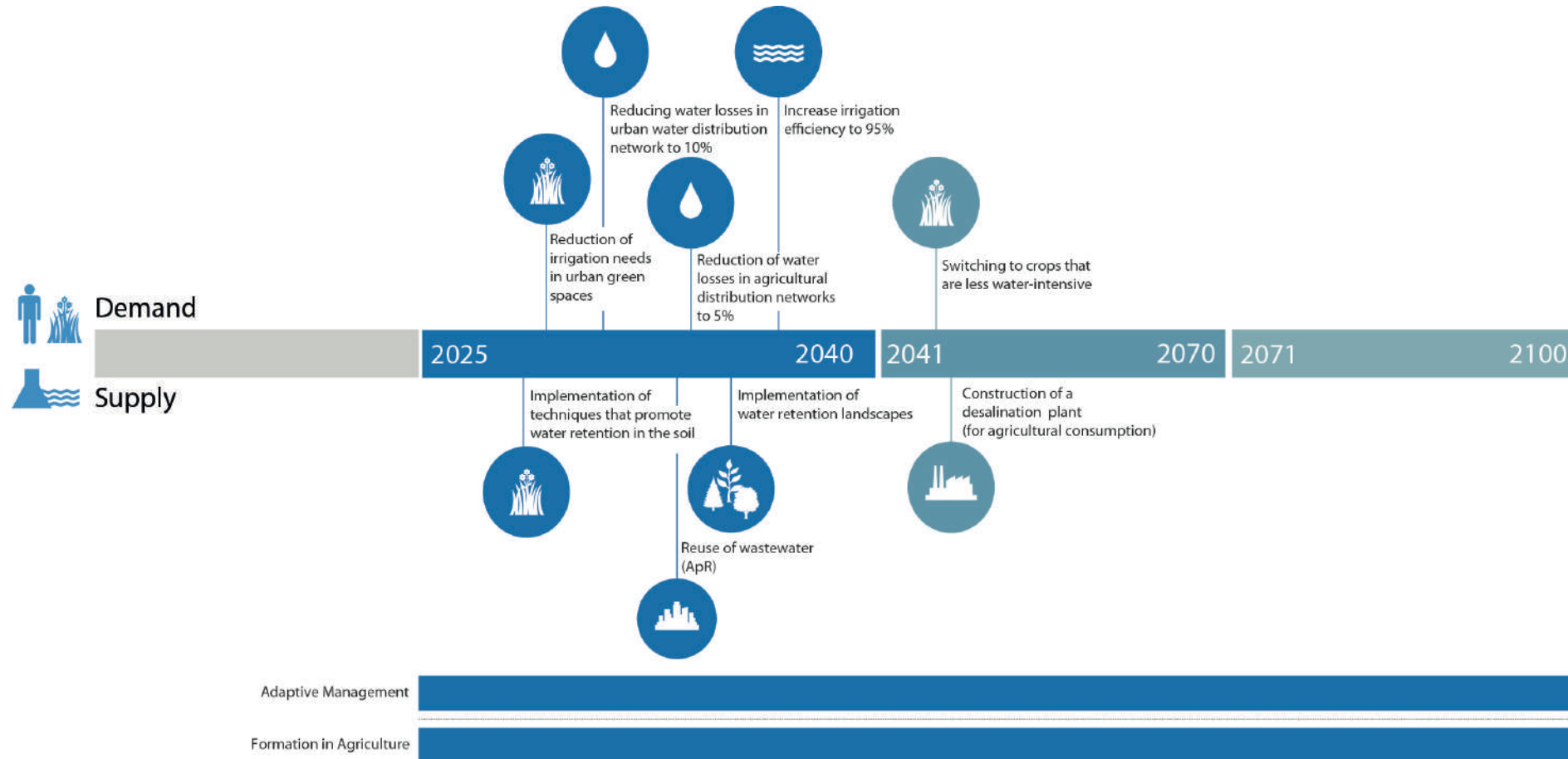
Região hidrográfica (RH7) Rio Guadiana	2041-2070			2071-2100		
	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
Alterações Climáticas (sem adaptação)	+5.65 pp	+24.97 pp	+35.69 pp	+3.04 pp	+12.82 pp	+99.03 pp
Reduzir perdas/fugas de água do sistema	+3.48 pp	+11.68 pp	+31.67 pp	+1.20 pp	+7.31 pp	+90.77 pp
Aumentar a eficiência de rega + Reduzir perdas/fugas	+2.78 pp	+9.36 pp	+30.40 pp	+0.99 pp	+6.91 pp	+89.53 pp
Alteração das atuais culturas de regadio + Reduzir perdas/fugas	+1.93 pp	+5.79 pp	+24.93 pp	+0.59 pp	+6.29 pp	+86.65 pp
Reutilização de águas residuais + Reduzir perdas/fugas	+0.69 pp	+4.22 pp	+18.07 pp	-0.78 pp	+5.49 pp	+82.54 pp



WEI+ referência (1971-2000) ~ 40 %
WEI+ referência (1981/82-2015/16) ~ 55 %

pp - pontos percentuais

RH7 - Guadiana - Narrativa de Adaptação



MOMENTO EM QUE A MEDIDA DEVE ESTAR 100% IMPLEMENTADA

Incêndios Rurais

Caracterização do **perigo meteorológico de incêndio** para o período histórico e para cenários futuros usando o **FWI_e** calculado com variáveis meteorológicas de modelos regionais climáticos

Modelação da probabilidade de ignição utilizando o perigo meteorológico de incêndio

Estudar o **impacto de potenciais medidas de adaptação na redução do número de ignições**

1

Avaliar o impacto da instabilidade atmosférica no perigo de incêndio num contexto histórico

2

Projetar o perigo de incêndio para o futuro com e sem instabilidade atmosférica como variável forçadora, considerando diferentes cenários de concentrações (RCPs)

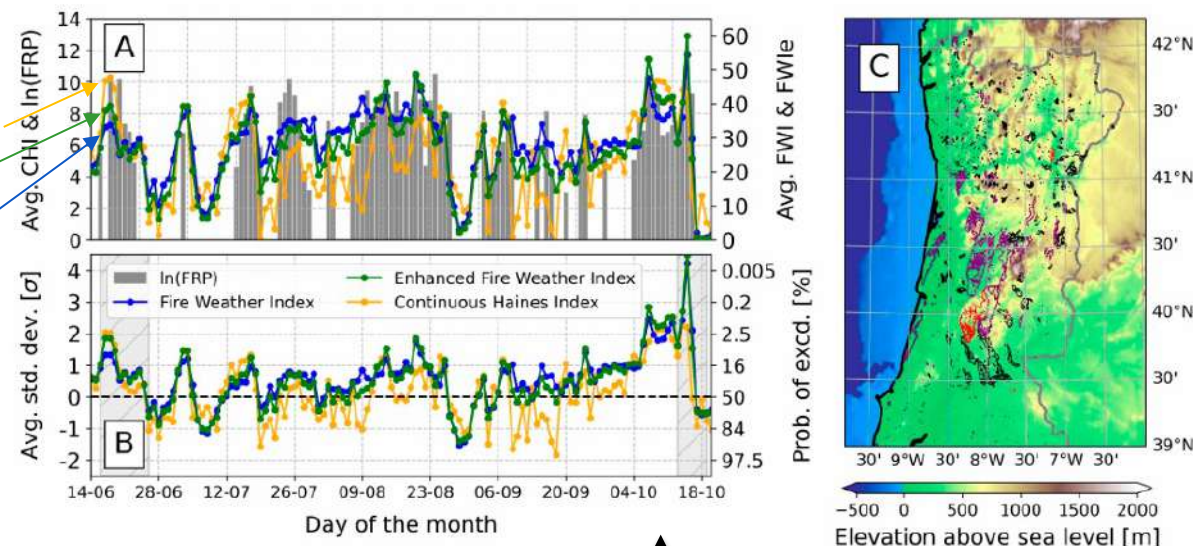
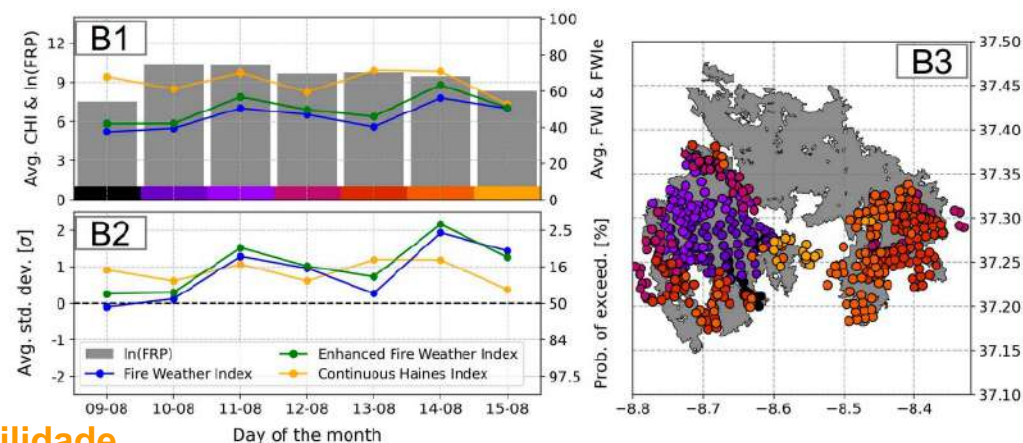
3

Perceber e preparar estratégias de adaptação baseadas na redução das ignições para diferentes classes de perigo

Modelação dos Impactos Sectoriais| Fogos

Instabilidade atmosférica (CHI) claramente impacta a energia libertada pelo incêndio (FRP), pelo que se deve ter em conta a sua inclusão quando se fala em perigo meteorológico de incêndio

FWIe – enhanced FWI



Pedrógão Grande
Incêndio de junho de 2017

Monchique Incêndio de 2003

Monchique Incêndio de 2018

FRP – Energia libertada pelo fogo
CHI – Índice Contínuo de Haines



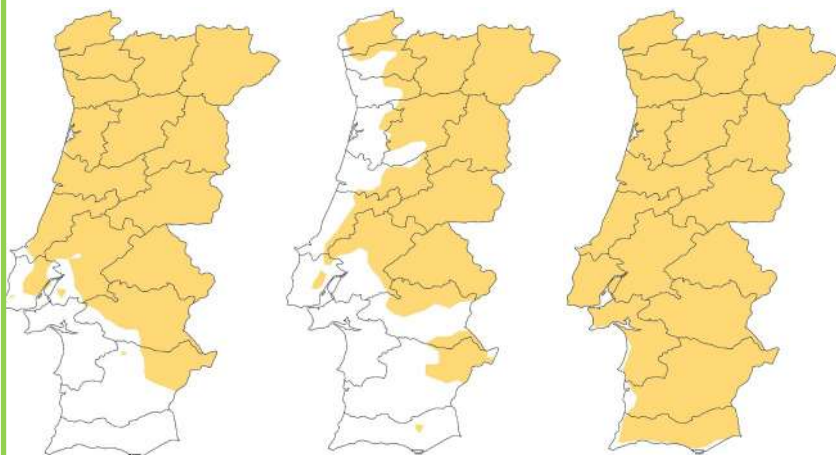
Anomalia no número de dias por ano em perigo meteorológico de incêndio extremo

2011 – 2040

RCP2.6

RCP4.5

RCP8.5



2041 – 2070

RCP2.6

RCP4.5

RCP8.5

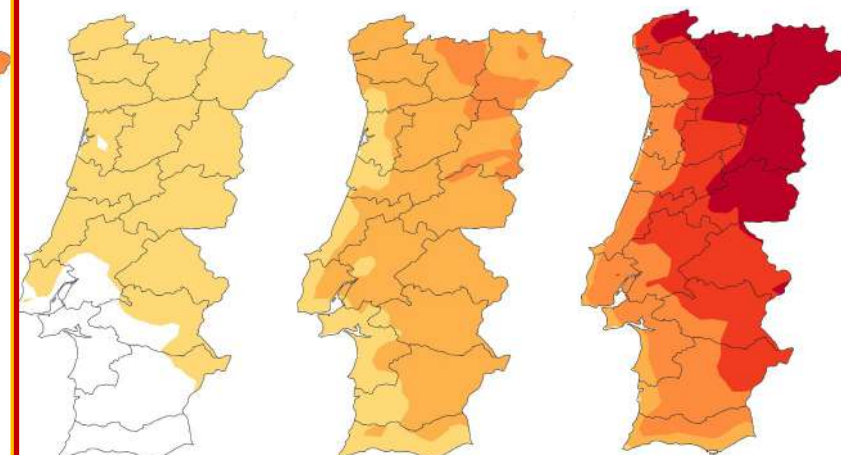


2071 – 2100

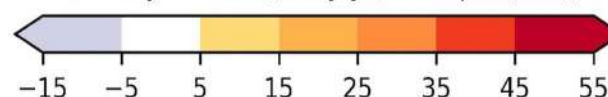
RCP2.6

RCP4.5

RCP8.5



Anomaly of mean(#day/yr, fwie>p90(fwie))



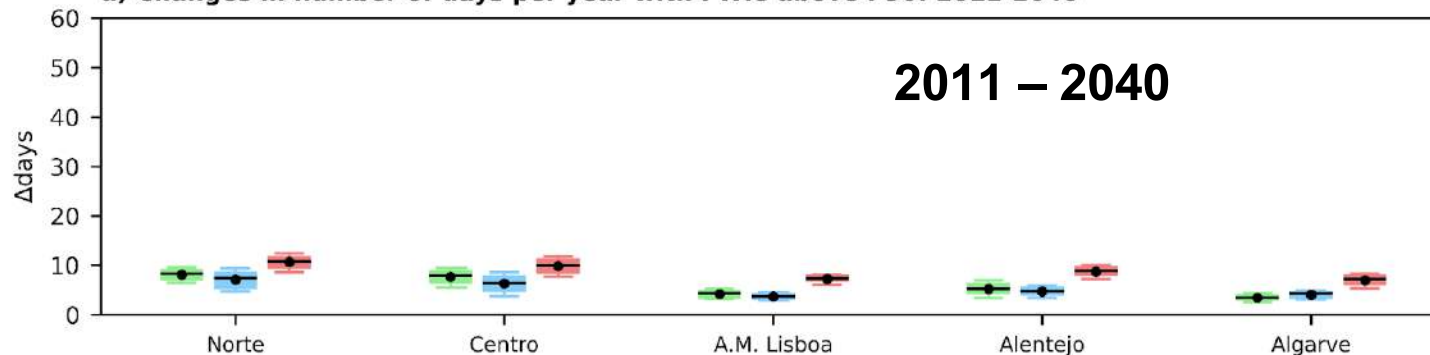
FWIe (enhanced FWI) extremo > p90

Período histórico = média de 15 dias

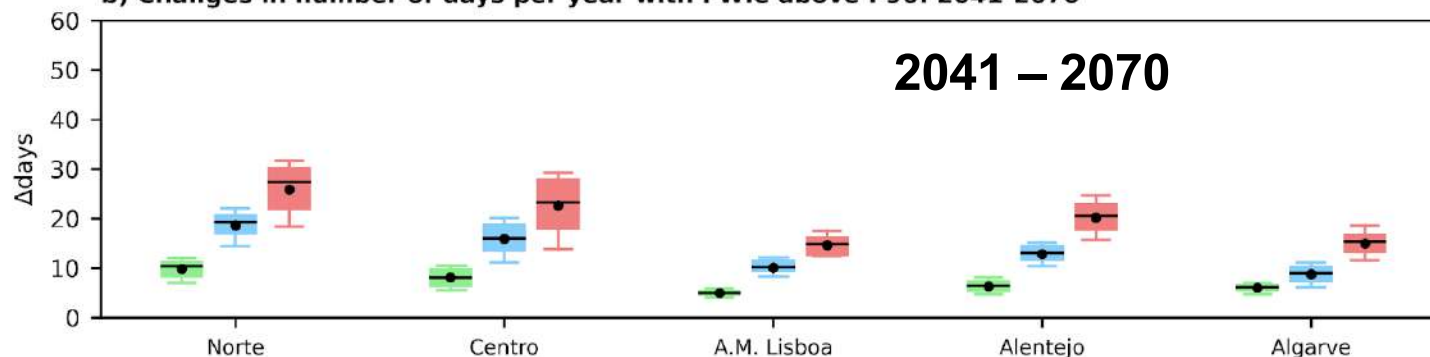


Modelação dos Impactos Sectoriais | Fogos

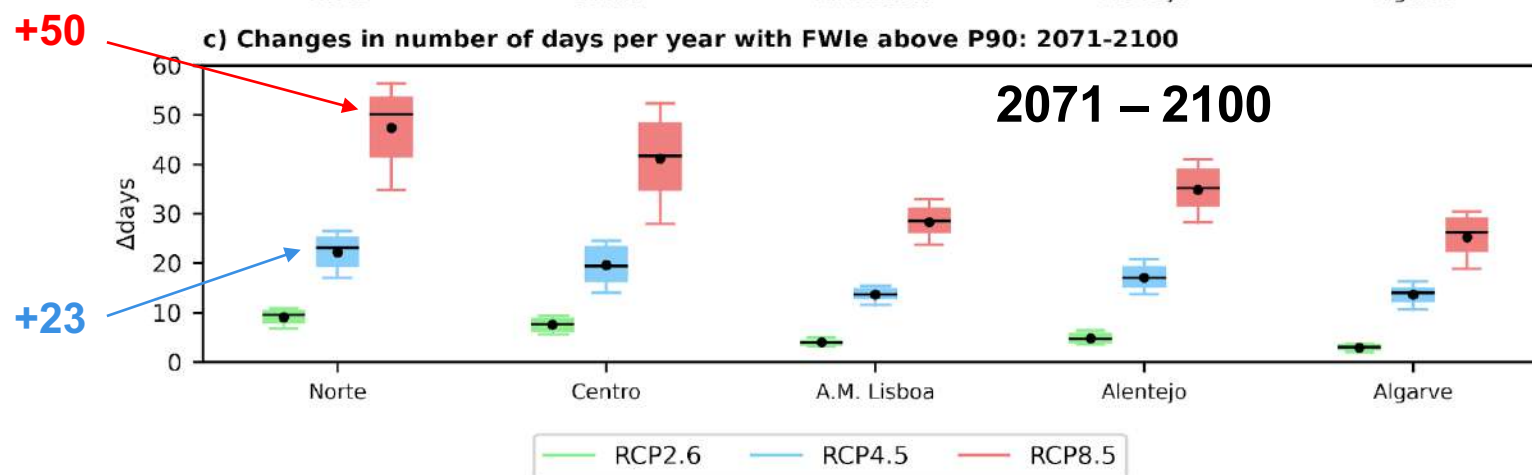
a) Changes in number of days per year with FWIe above P90: 2011-2040



b) Changes in number of days per year with FWIe above P90: 2041-2070



c) Changes in number of days per year with FWIe above P90: 2071-2100



Resultados em NUTS II:

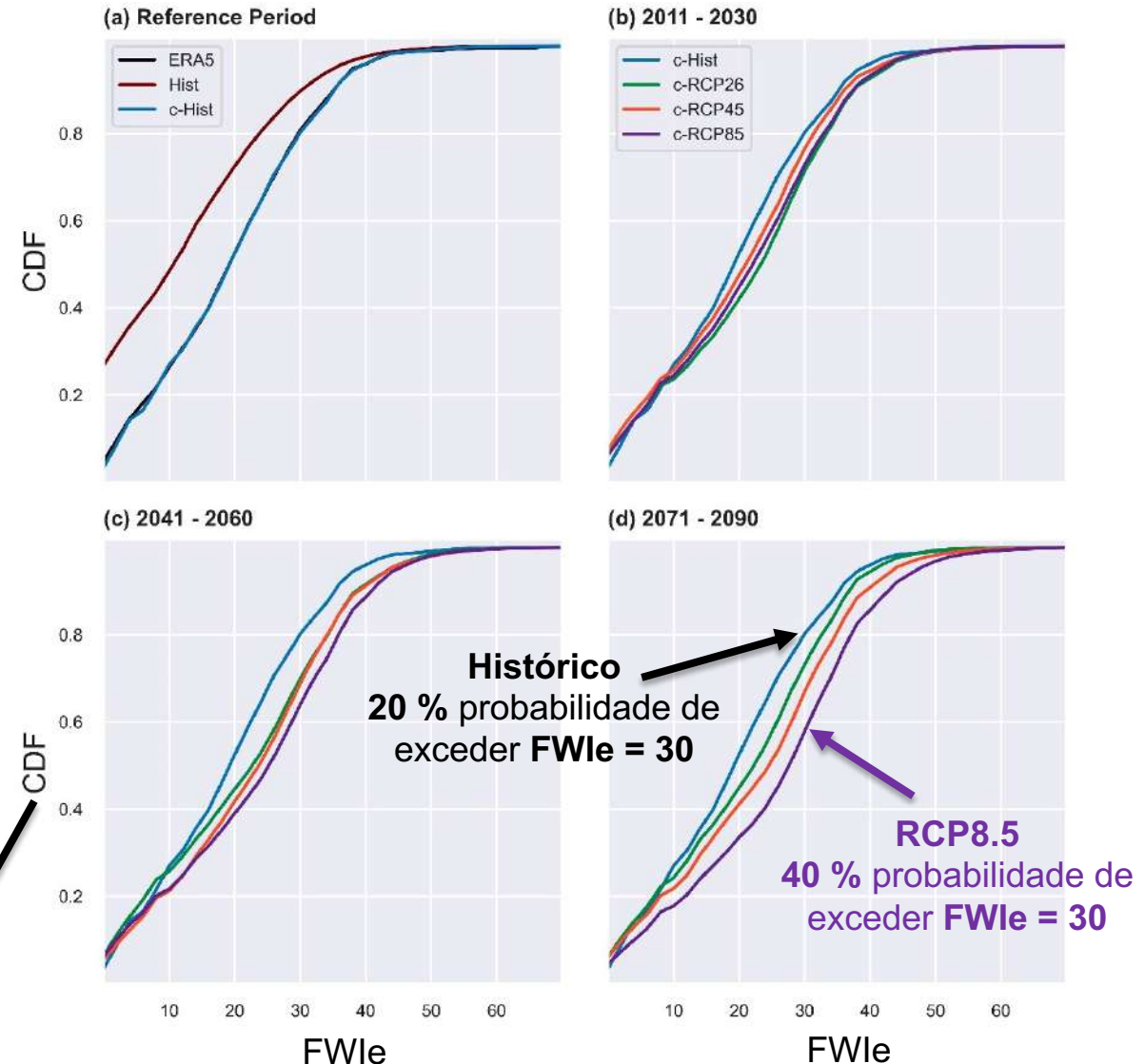
Aumento substancial do perigo, em particular no Norte e no Centro;

Meio do século e final do século particularmente preocupantes;

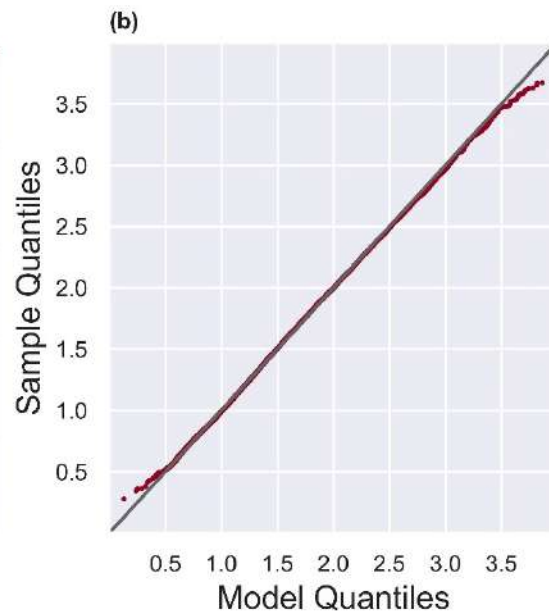
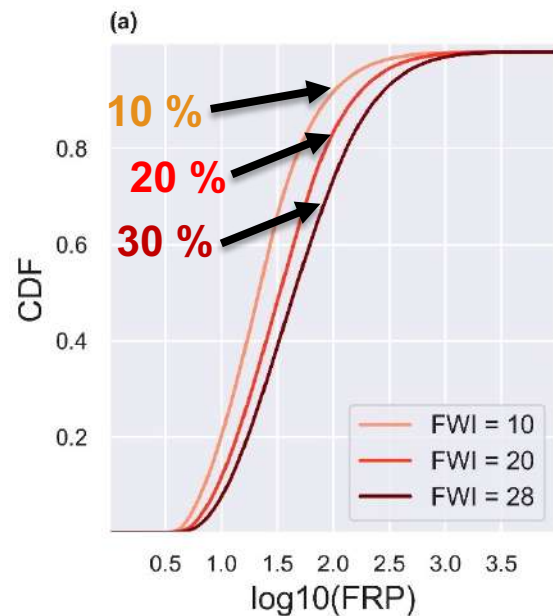
Diferença relevante no número de dias em perigo meteorológico extremo entre os 3 cenários de mitigação.

- O perigo de ignição não é equivalente à existência de um incêndio.
- Os **incêndios** realmente **relevantes** são os **mais energéticos**, que precisam de mais operacionais no terreno, tendem a arder mais tempo, e com grandes áreas ardidas.
- Foi desenvolvido um modelo que permite **estimar a probabilidade de ignição sabendo qual o perigo meteorológico de incêndio.**

CDF – Função de Distribuição Cumulativa



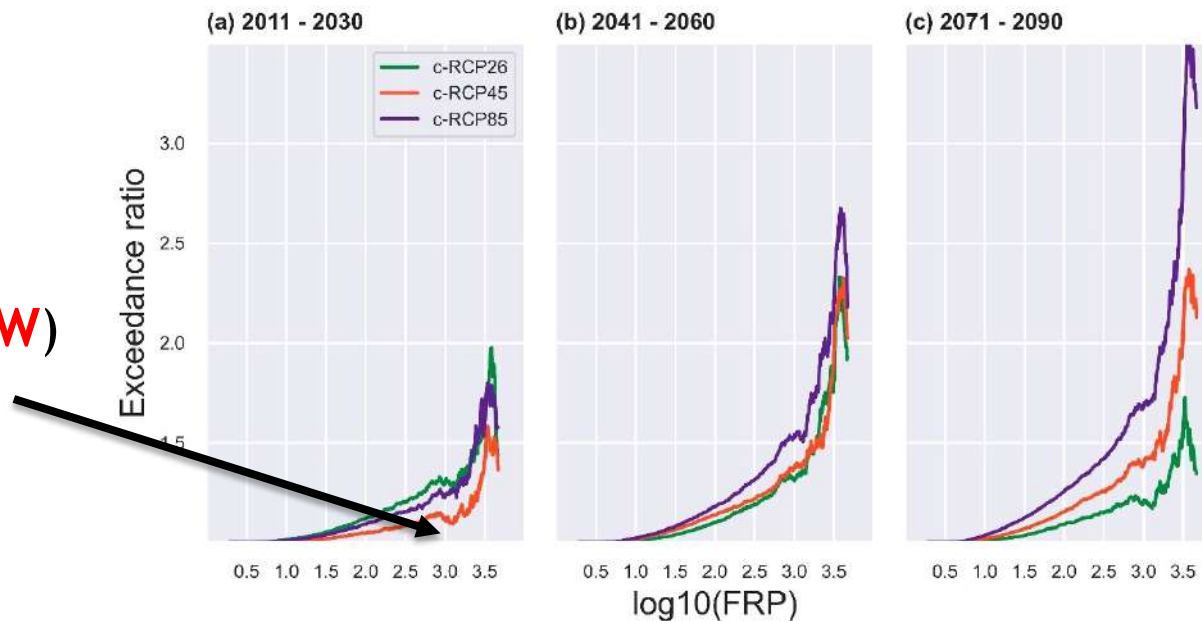
Modelação dos Impactos Sectoriais | Fogos



Distribuição do FRP - energia libertada pelo fogo

diferença entre probabilidades de FRP para diferentes valores de perigo meteorológico de incêndio

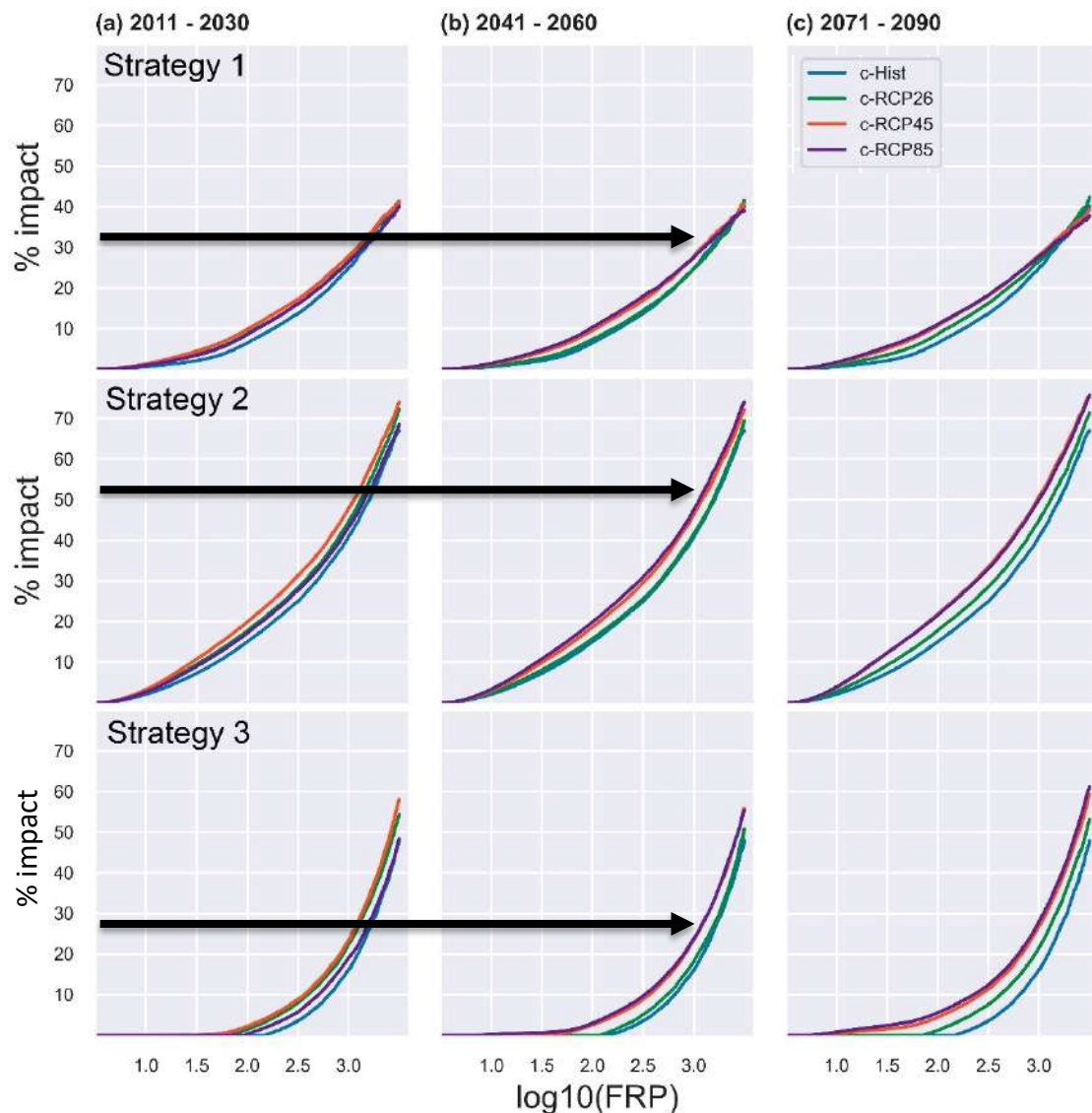
Mega-incêndios
log10(FRP) > 3 (1000 MW)



2011 – 2030 = 2x mais
 2041 – 2060 = 2.5x mais
 2071 – 2090 = até 3.5x mais

Foram definidas três estratégias de adaptação para a redução de ignições.

- **Estratégia 1 (Awareness)**: reduzir aleatoriamente 50 % das ignições quando o perigo meteorológico de incêndio (FWIe) está acima da sua mediana.
- **Estratégia 2 (Awareness + Coercive)**: reduzir aleatoriamente 50, 90, 95 % das ignições quando o perigo de incêndio meteorológico (FWIe) está, respectivamente, entre o percentil 75 e 90, entre o percentil 90 e 95, e acima do percentil 95.
- **Estratégia 3 (Coercive)**: reduzir aleatoriamente 95 % das ignições quando o perigo de incêndio meteorológico (FWIe) está acima do percentil 95.



RCP4.5 meio do século

Estratégia 1 (Awareness)

Impacto com redução de ignições > 30 %
para incêndios muito energéticos

Estratégia 2 (Awareness + Coercive)

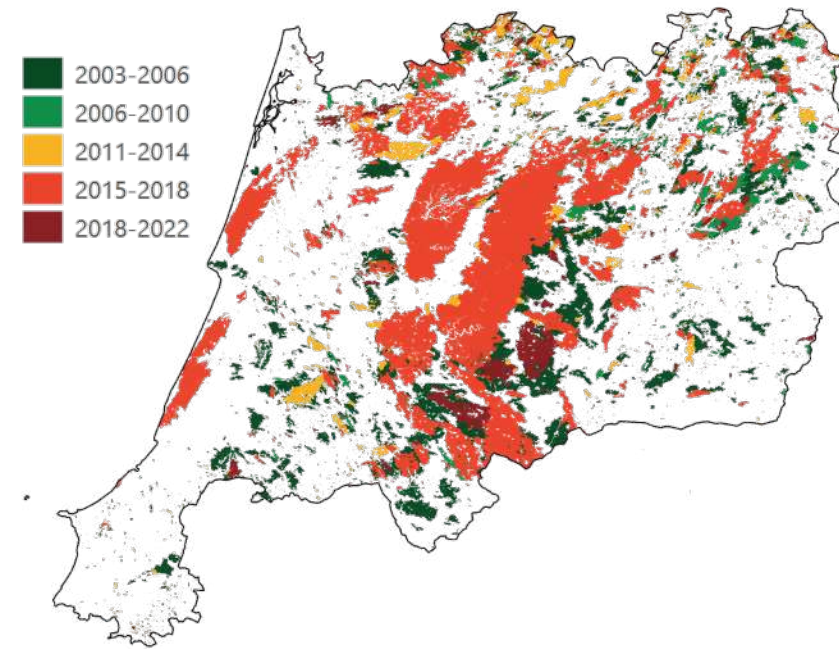
Impacto com redução de ignições > 50 %
para incêndios muito energéticos

Estratégia 3 (Coercive)

Impacto com redução de ignições > 25 %
para incêndios muito energéticos

Área ardida no Centro desde 2003.

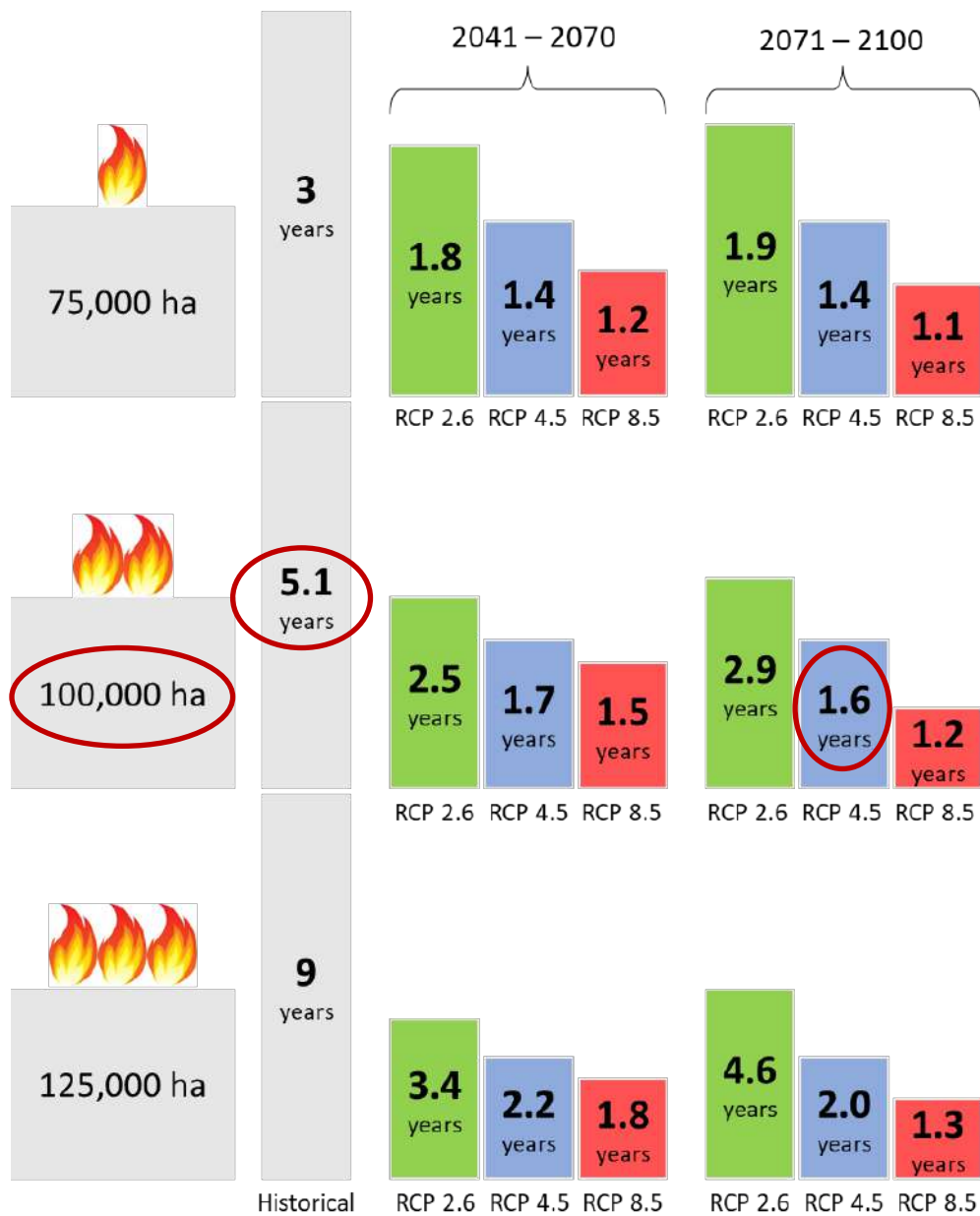
As cores representam o período em que arderam pela última vez.



Exemplo para a região Centro

- Em **clima histórico**, em média tivemos **15 dias** de perigo meteorológico de incêndio **extremo** no Centro, no verão.
- A **meio do século**, em cenário de mitigação intermédio (**RCP4.5**), esperam-se **+14 dias**, **totalizando 29 dias** de perigo meteorológico extremo no Centro, no verão.

Centro	2041-2070			2071-2100		
	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
Dias adicionais	+7	+14	+19	+6	+17	+35



Períodos de retorno de grandes áreas ardidas:

Diminuição forte dos períodos de retorno;

Eventos de área ardida que aconteciam de **5 em 5 anos**, projecta-se que poderão passar a ocorrer **a cada ~ano e meio (RCP4.5)**;

Custo de não adaptação

Centro

Informação catalogada sobre custos de incêndios florestais: muito insuficiente.

Custo estimado do incêndio da Serra da Estrela iniciado a 6 de agosto de 2022 de 27 000 ha: **35 M€**.
Custo por ha: 1 314.85 €

Total de área ardida no Centro entre 2003 e 2022: **1 303 255.80 ha**.
Custo total entre 2003 e 2022: **1 714 M€**, i.e., **85.68 M€/ano**.

Valores assegurados

Centro (Não adaptação)	2041-2060			2071-2090		
	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
Perdas (M€/ano)	159	163	175	126	163	223

Inacção: 163 M€/ano

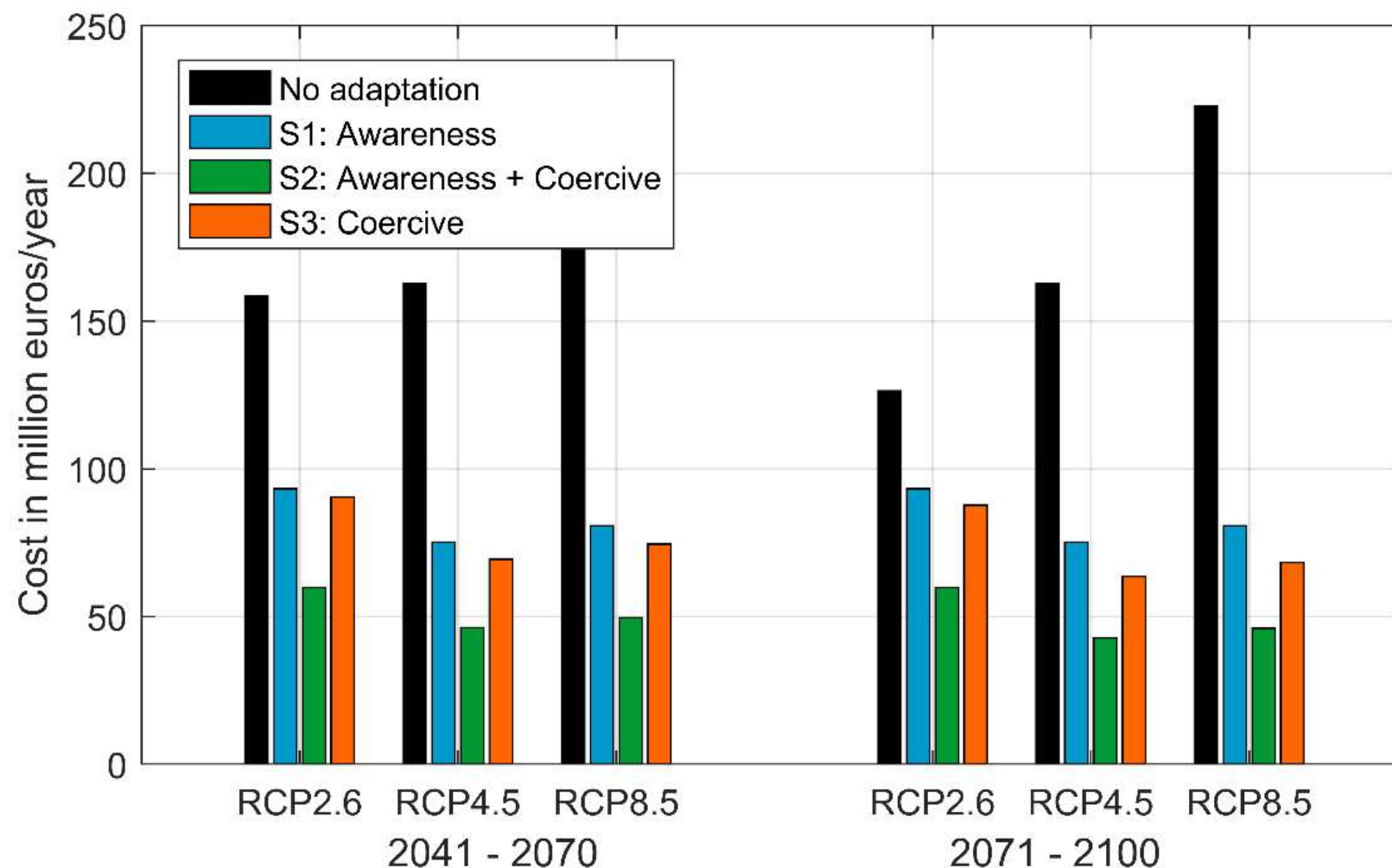
Quais os ganhos em adaptar seguindo as **três estratégias de adaptação** quando comparadas com inacção?

Meio do século RCP4.5

S1: 85 M€/ano

S2: 114 M€/ano

S3: 91 M€/ano



A **adaptação** às alterações climáticas revela-se **crucial** independentemente do cenário de mitigação.

Em relação aos incêndios florestais, **já foram aplicadas várias medidas de adaptação no passado recente**.

É necessário **generalizar estas medidas** e **implementar medidas de redução de ignições** focadas tanto em sensibilização (**Awareness**) como em coerção (**Coercive**), particularmente **nos dias de verão com perigo** meteorológico de incêndio **extremo**.

Em termos estatísticos, actuar localmente e de forma assertiva apenas nos dias onde o perigo meteorológico de incêndio é maior, mostra um substancial decréscimo dos chamados “grandes incêndios”.

Fogo controlado

Redução da continuidade
de combustíveis

Aumentar a resiliência da
vegetação ao fogo

Reduzir a vulnerabilidade
da população ao fogo

Reduzir ignições através
de campanhas de
sensibilização

Aumentar capacidade de
resposta em situação de
fogo

Compensação monetária
por serviços no
ecossistema

Incentivar população a
viver em áreas rurais

Zonas Costeiras

Contextualização

As **zonas costeiras** serão severamente afectadas pelas alterações climáticas

Alterações nos **níveis das águas**, motivadas não só pela **subida do nível médio do mar**, mas também pela sua combinação com **marés**, **sobrelevações meteorológicas** e **agitação marítima** poderão acelerar os processos de **erosão** e causar **inundações costeiras** mais generalizadas, pondo em risco pessoas e bens.



Caparica, 2007



Ofir, 2014



Fuzeta, 2018

Objectivos

Conduzir uma análise de vulnerabilidade e risco costeiro em alta resolução

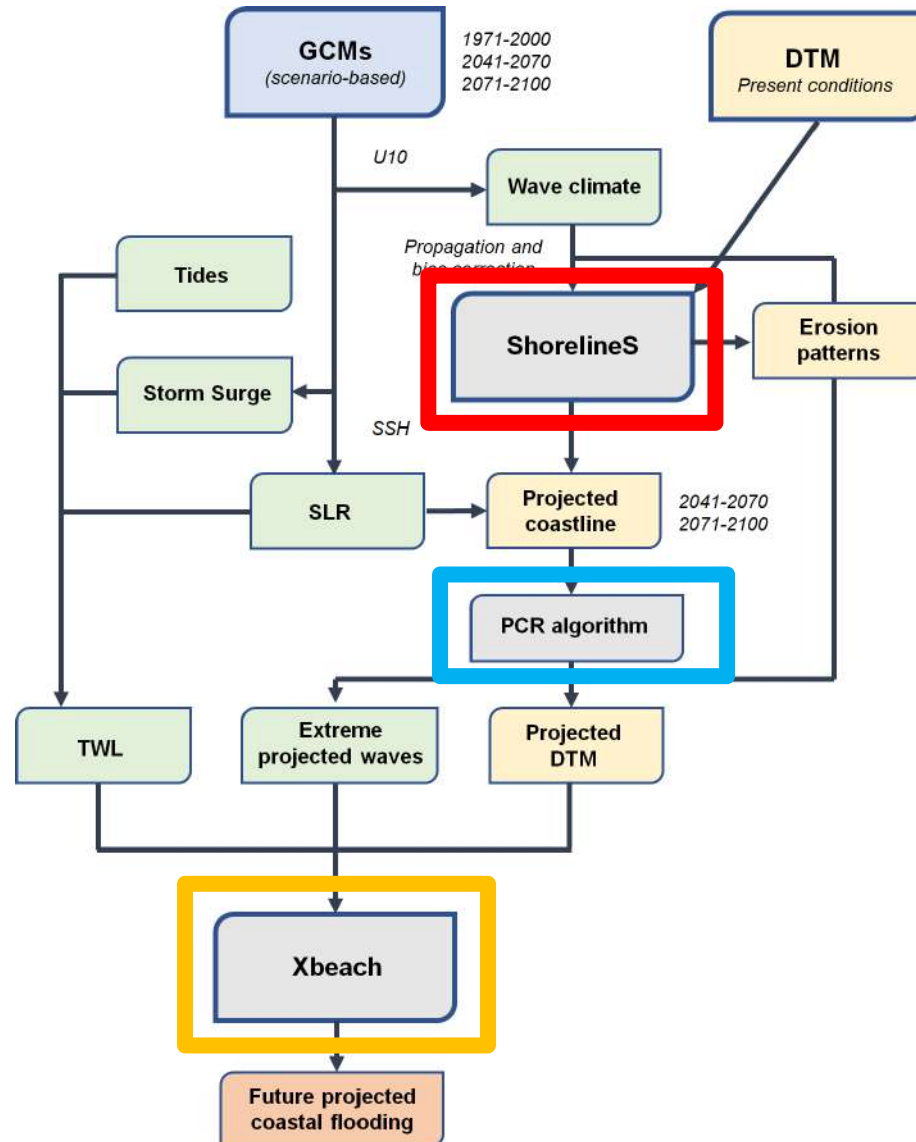
Obter resultados de forma consistente à escala nacional, baseados em modelação morfo-hidrodinâmica de alta resolução

Produzir cartografia de vulnerabilidade, exposição e risco costeiro, sugerir medidas de adaptação, e calcular custos de inação e adaptação

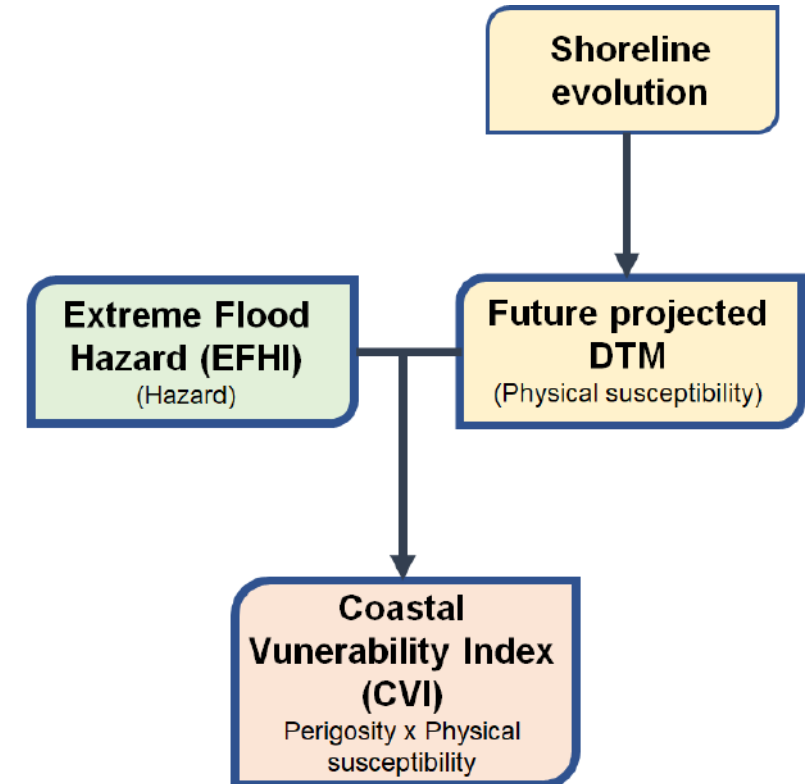
Modelação dinâmica de alta resolução

Resultados locais &
Calibração

- Ofir
- Costa Nova
- Cova Gala
- Costa da Caparica
- Praia de Faro



Modelação paramétrica à escala nacional



Projecções de
evolução da LINHA DE COSTA

COSTA NOVA

recuos máx de ~ 200 m



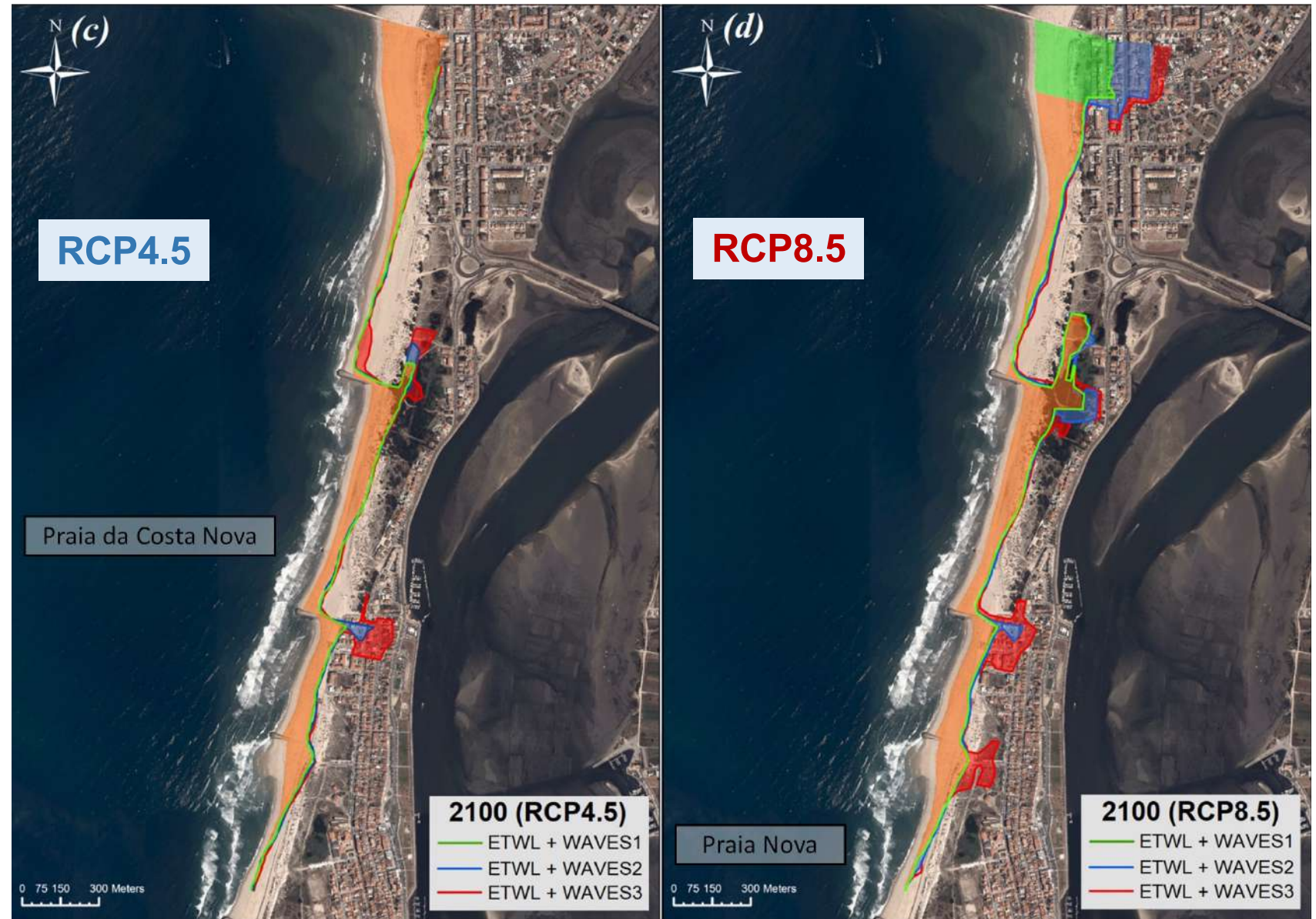
Proiecções de INUNDAÇÃO COSTEIRA

NTA com período de
retorno de 25 anos
+
eventos extremos de
agitação marítima
(*incerteza do ensemble*)

COSTA NOVA

máximo espraio
praia velha ~ 400 m
praia da barra ~ 300 m

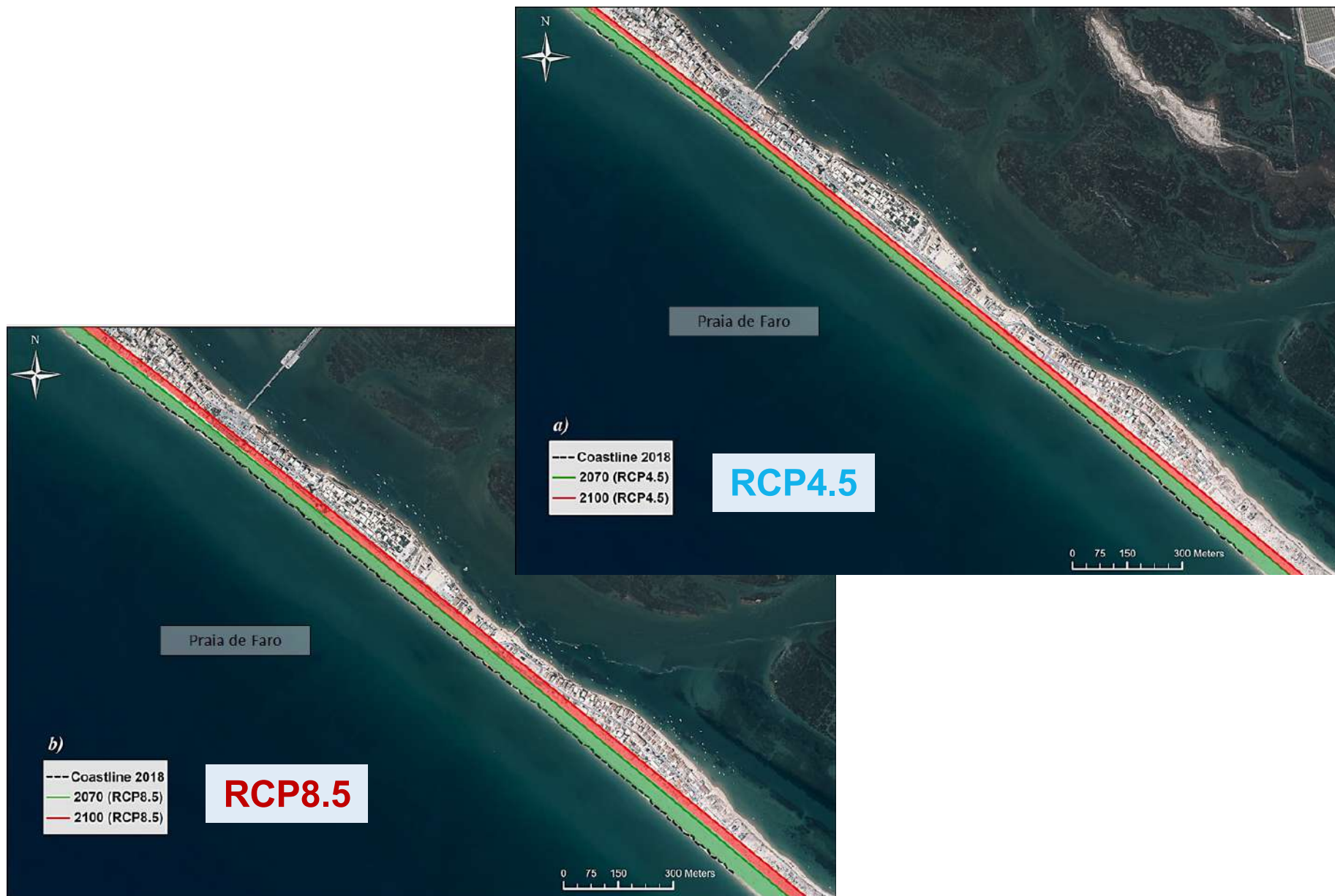
NTA - Nível total das águas



Projeções de
evolução da LINHA DE COSTA

PRAIA DE FARO

recuos máx de ~ 100 m



Projeções de INUNDAÇÃO COSTEIRA

NTA com período de
retorno de 25 anos
+
eventos extremos de
agitação marítima
(*incerteza do ensemble*)

PRAIA DE FARO

galga o cordão dunar
rompe a ilha
~ 150 m



A cartografia de vulnerabilidade costeira, representativa do índice composto de vulnerabilidade costeira (IVC), é o produto da **Perigosidade** com a **Susceptibilidade Física**.

$$\text{IVC} = \text{Perigosidade} \times \text{Susceptibilidade Física}$$

$$= \text{LME} \times \text{MDT futuro}$$

Modelo Digital de Terreno Futuro

Linha de Máximo Espraio

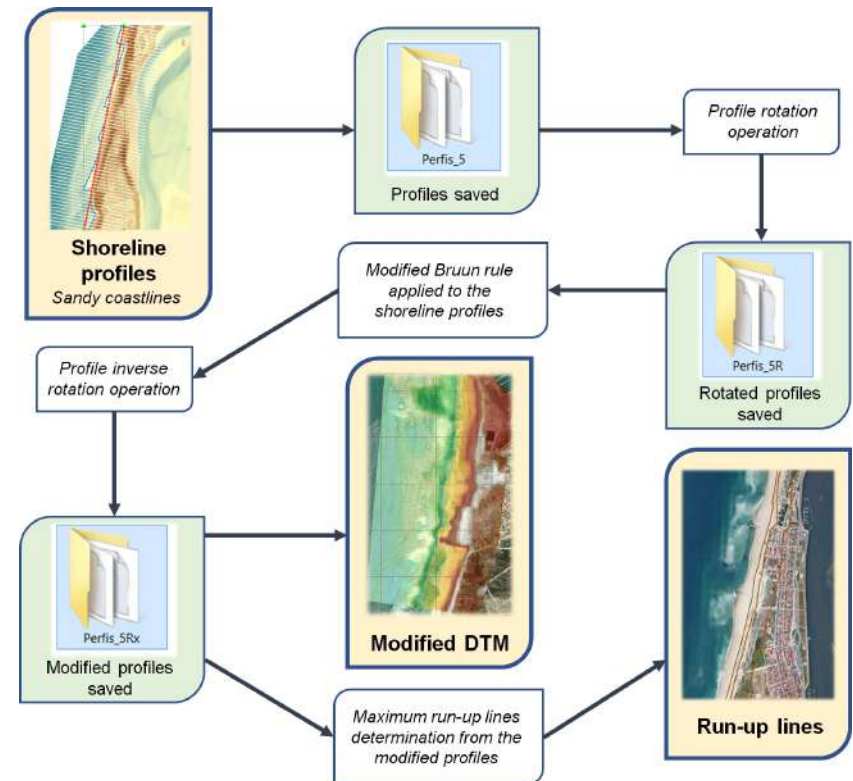
IVC dividido em três níveis:

Baixo (Nível 1) – associado a uma LME com período de retorno de **100 anos**

Moderado (Nível 2) – associado a uma LME com período de retorno de **25 anos**

Elevado (Nível 3) – associado a uma LME com período de retorno de **4 anos**

Obtido através do método **Parameterical Coastal Retreat (PaCR)** desenvolvido na FCUL, com base nos recuos médios da linha de costa calibrados em 5 locais de estudo.

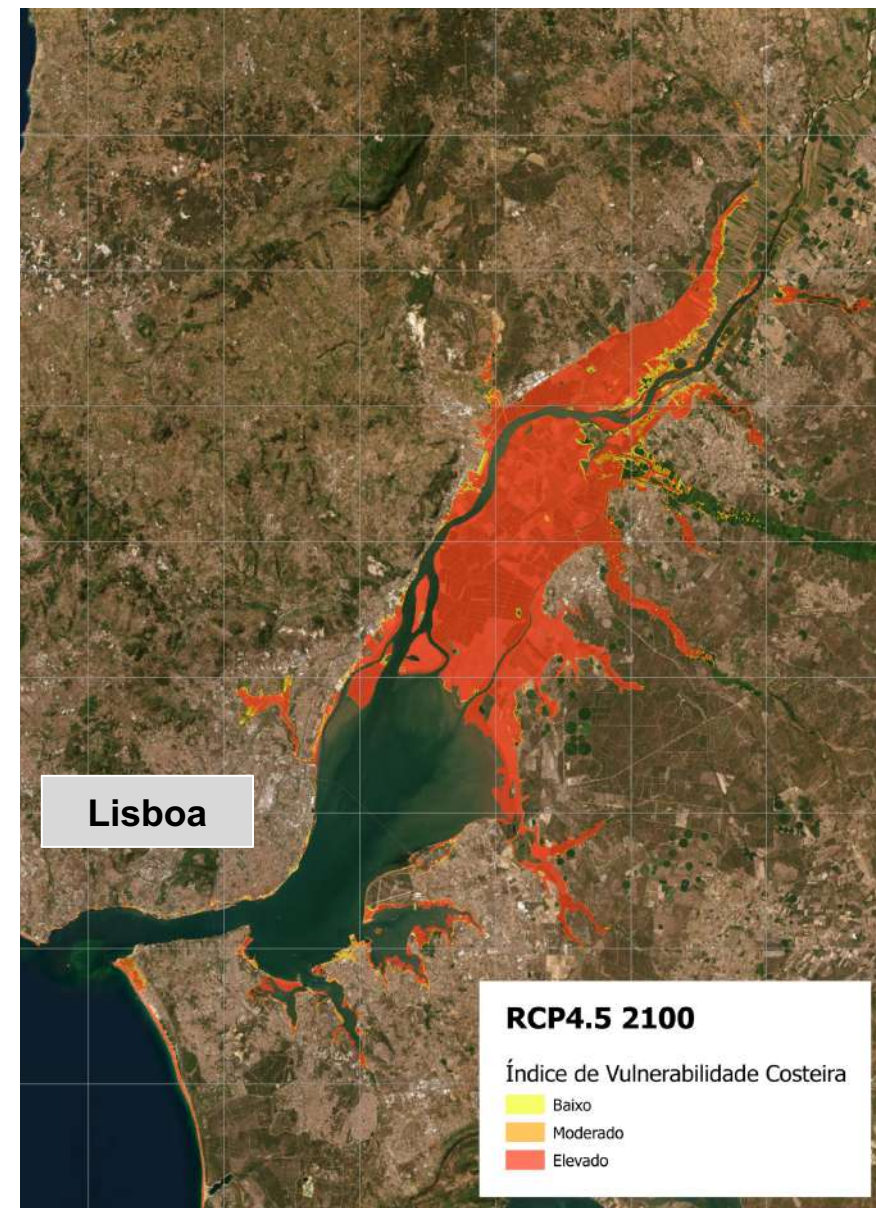
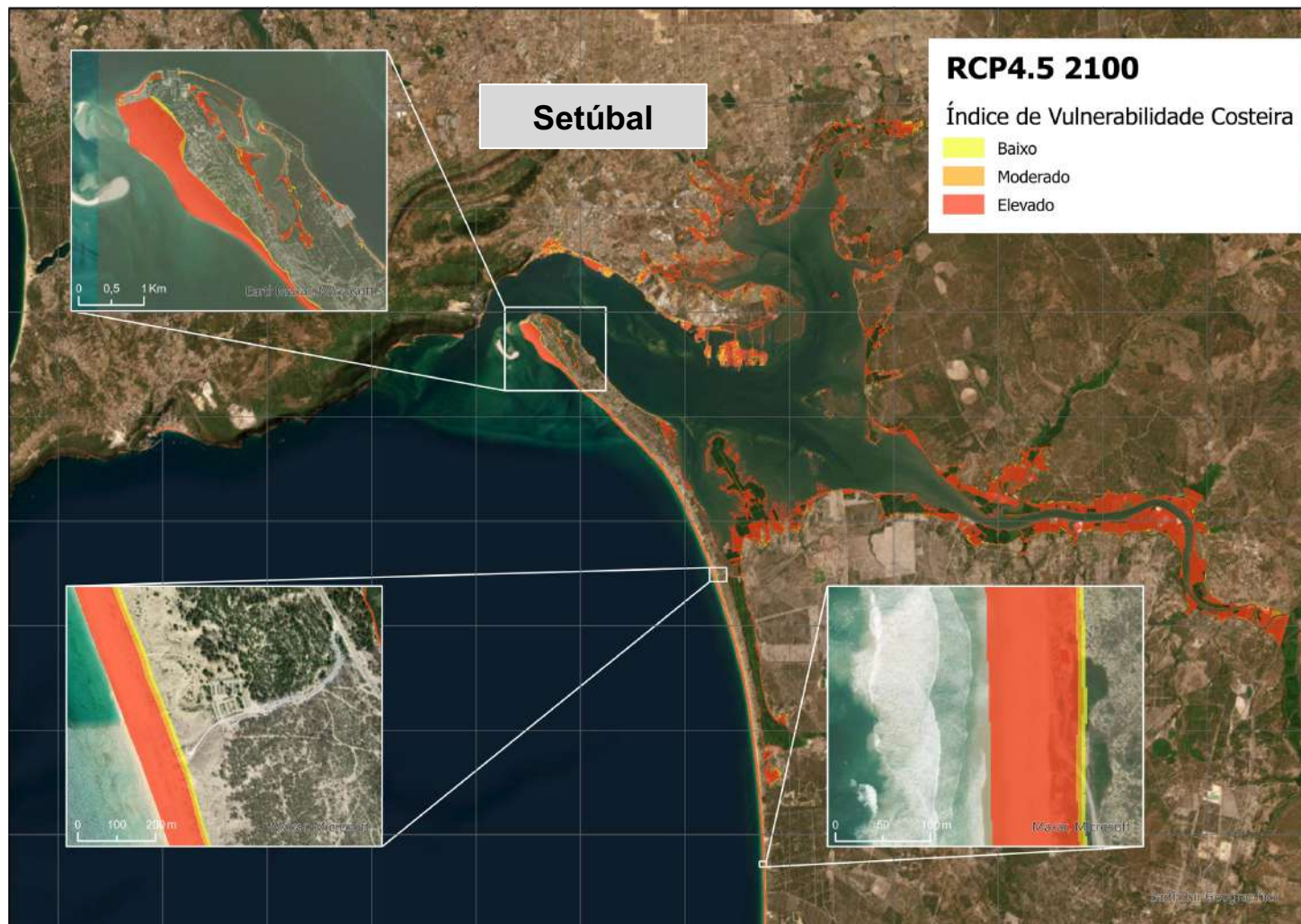


Modelação dos Impactos Sectoriais | Zonas Costeiras

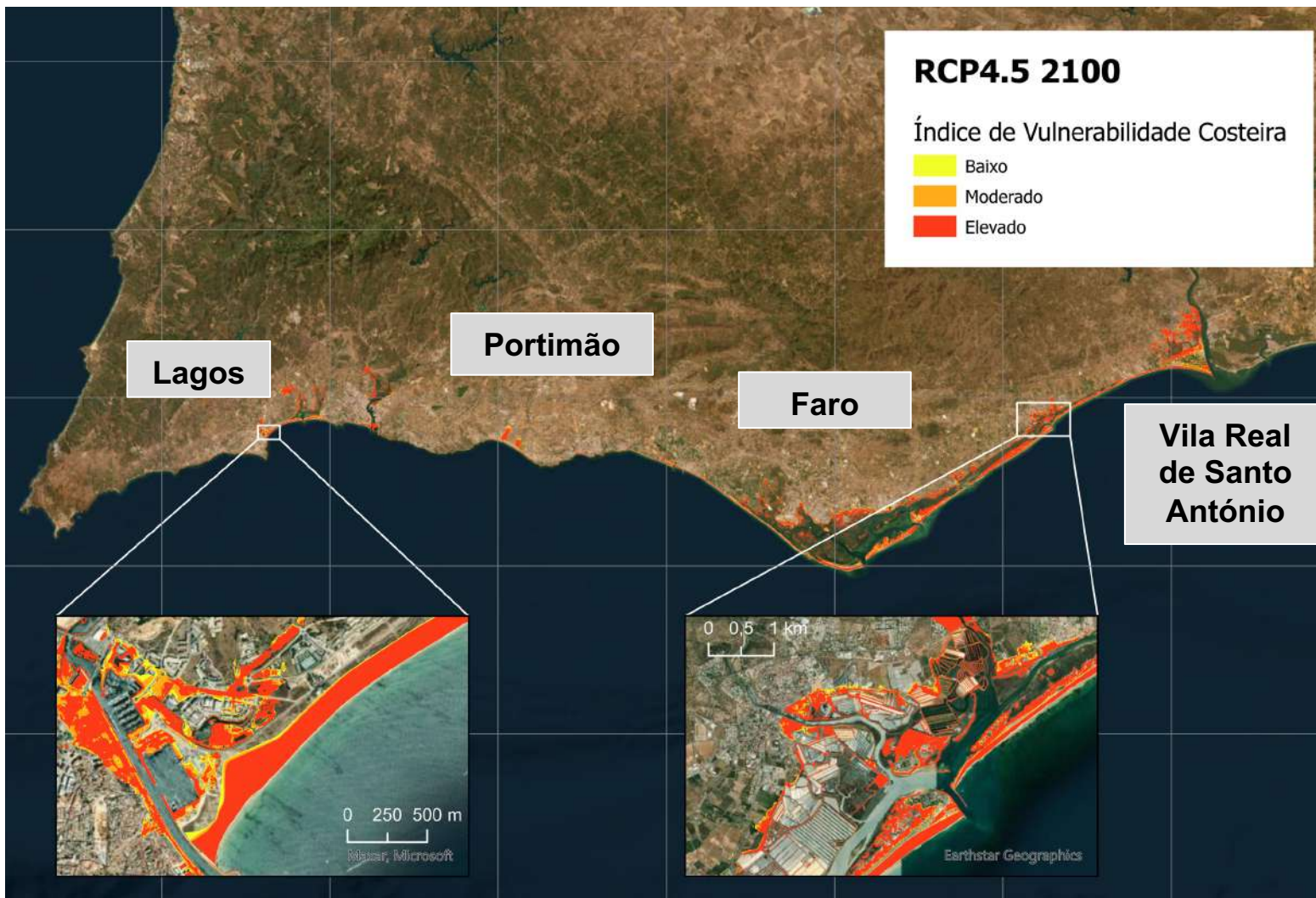
Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC)



Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC)



Modelação dos Impactos Sectoriais | Zonas Costeiras



Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC)

Zonas costeiras sob IVC em Portugal Continental			
2100 (RCP4.5)			
Distrito	Costa aberta (km²)	Águas interiores (km²)	Total (km²)
V. Castelo	1.37	10.6	12.0
Braga	1.83	1.65	3.48
Porto	5.74	0.84	6.57
Aveiro	6.59	53.8	60.3
Coimbra	7.17	5.42	12.6
Leiria	6.07	4.44	10.5
Santarém	0.00	126	126
Lisboa	1.03	217	218
Setúbal	12.4	73.7	86.0
Beja	0.921	1.17	2.15
Faro	11.6	38.3	49.9

Área nacional perdida entre 1958 e 2021: 13.5 km²

Nota: área vulnerável não implica área perdida

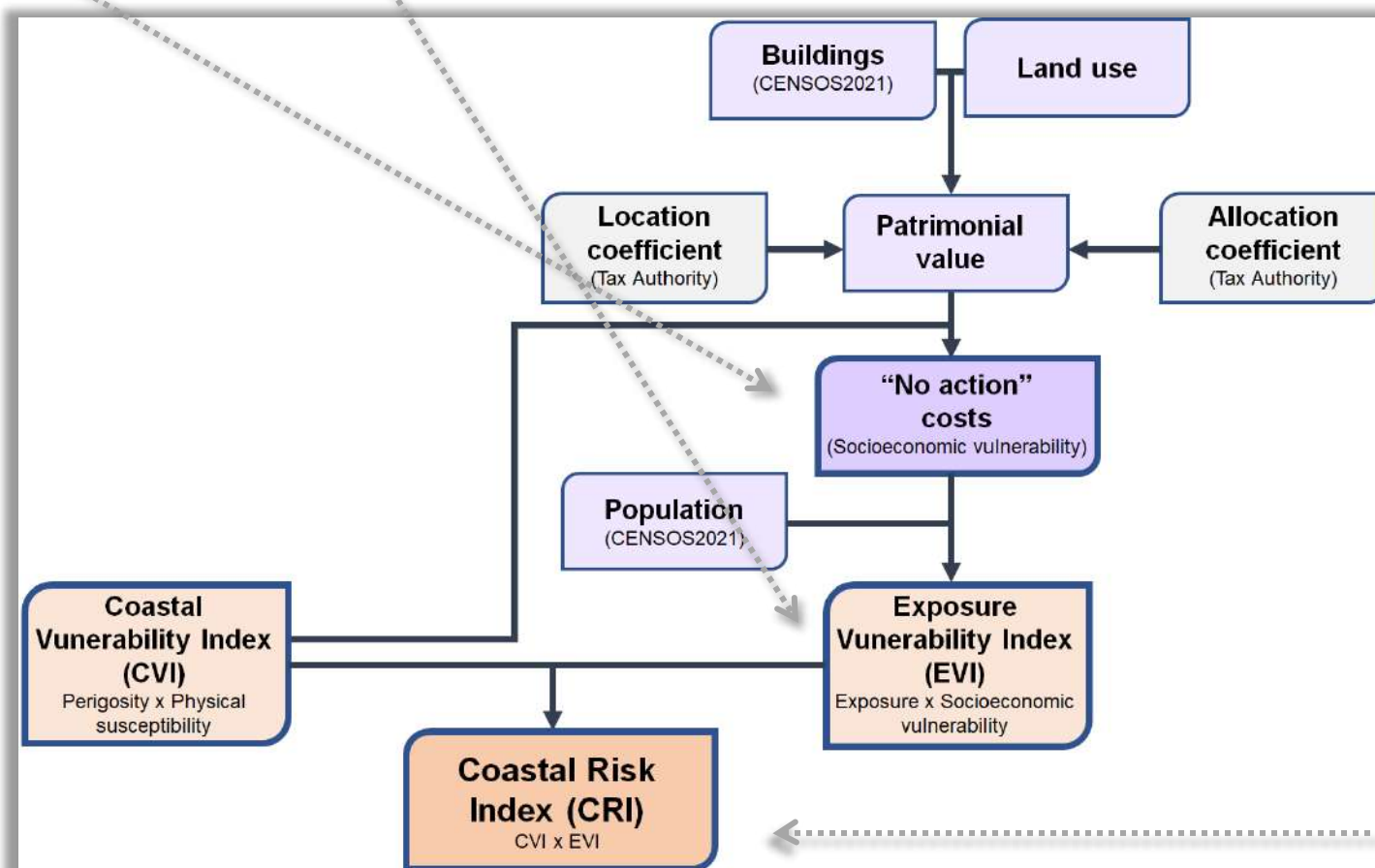
Costa Aberta: 54.7 km²

Ág. Interiores: 532 km²

TOTAL: 587 km²

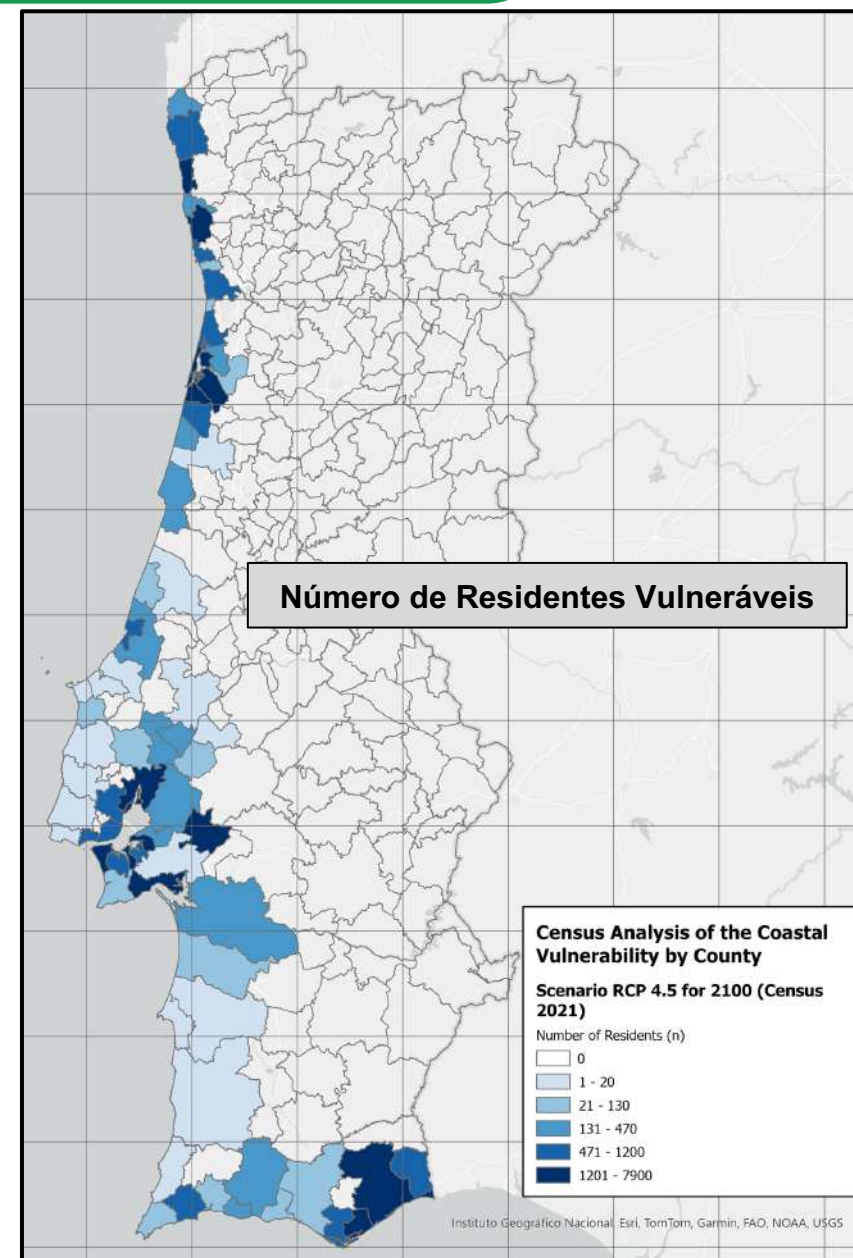
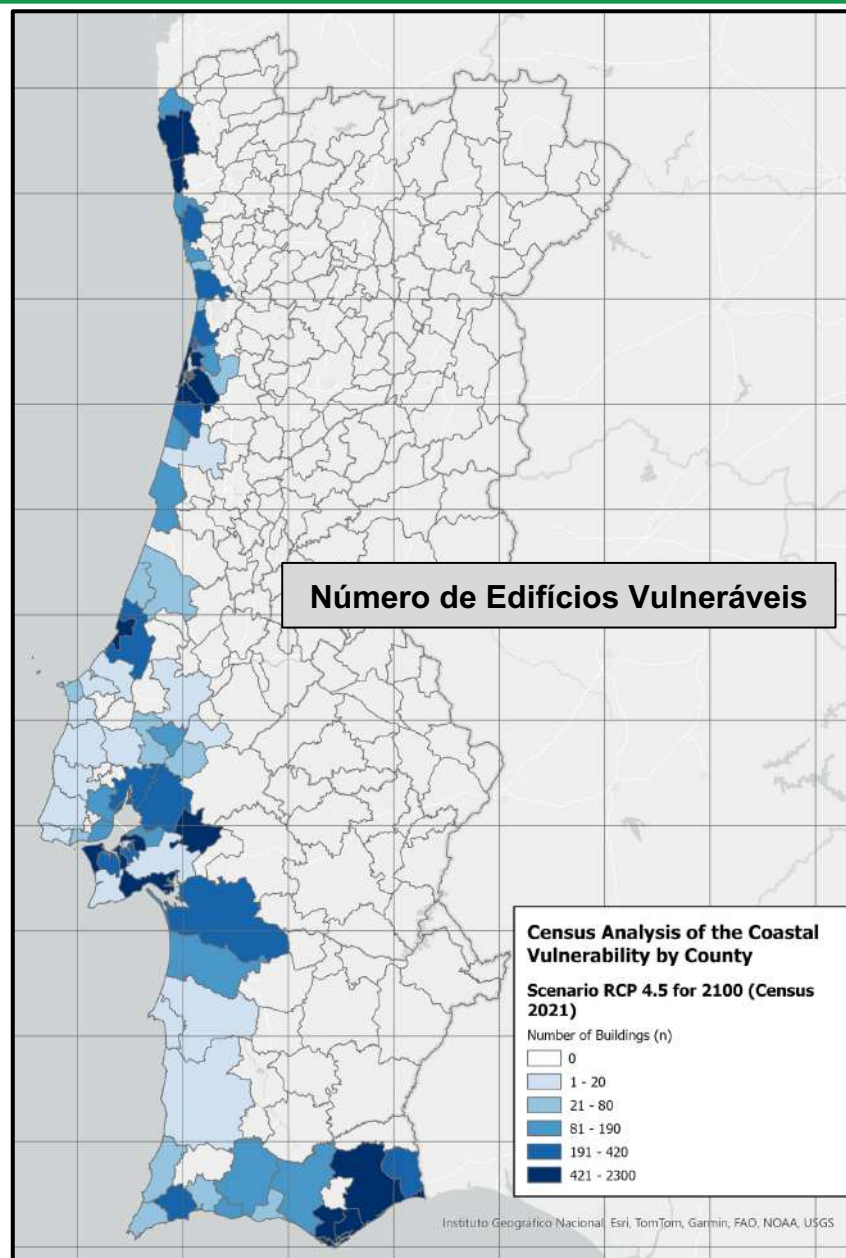
Modelação dos Impactos Sectoriais | Zonas Costeiras

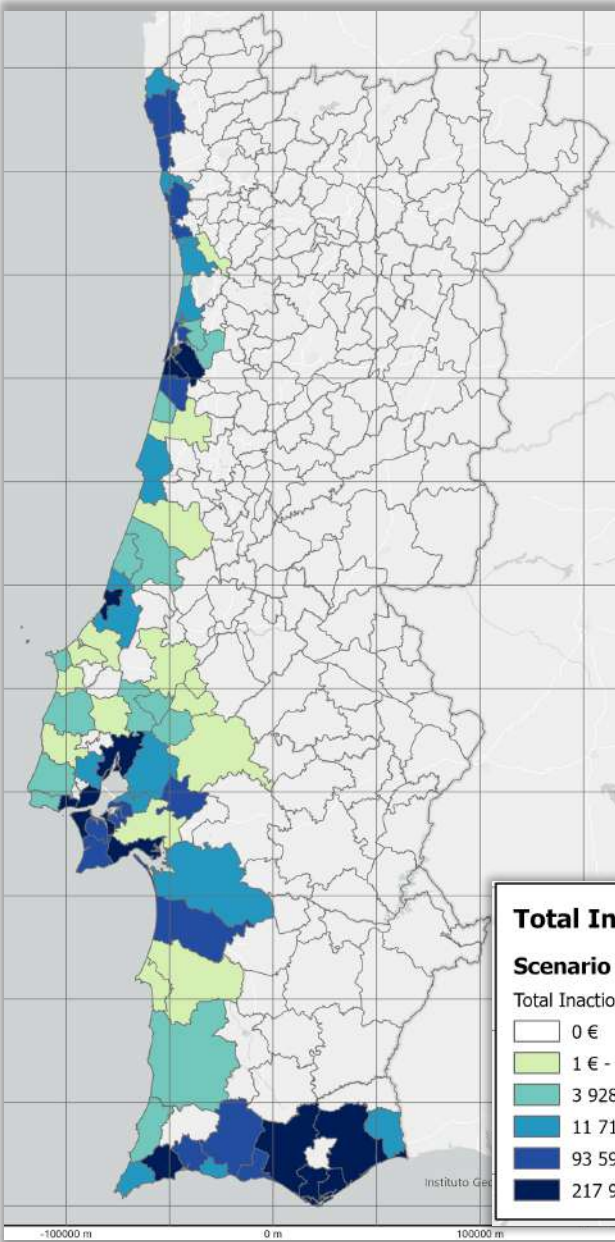
Custos Totais de Inação (CTI), Exposição (IE) e Risco Costeiro (IRC)



Estatística Demográfica 2100 (RCP4.5)

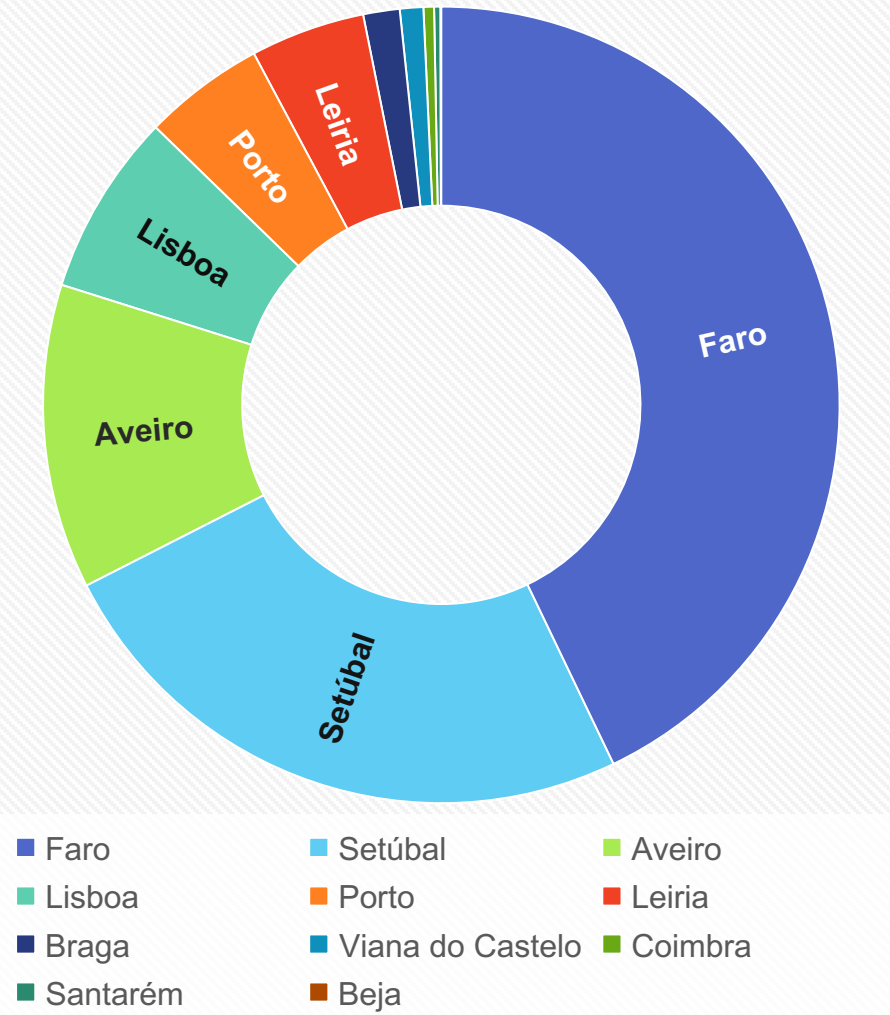
Distritos	Edifícios Vulneráveis	Residentes Vulneráveis
Viana do Castelo	625	1 509
Braga	662	1 390
Porto	1 054	3 281
Aveiro	4 672	10 285
Coimbra	266	640
Leiria	949	909
Santarém	608	927
Lisboa	901	4 264
Setúbal	3 935	14 543
Beja	13	15
Faro	6 603	15 009
Portugal Continental	20 288	52 772





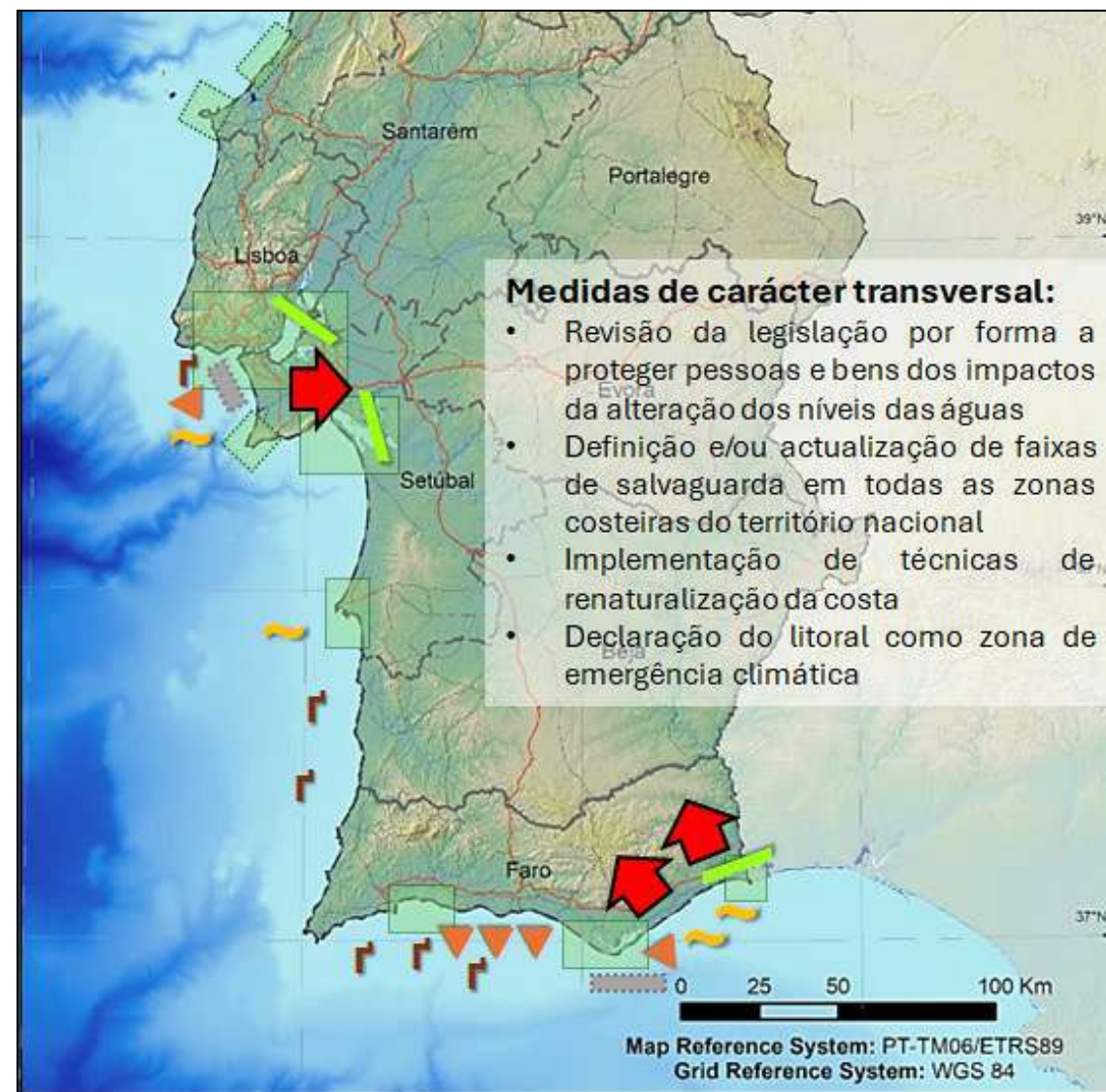
Distrito	CTI max (M€)
Aveiro	1 425.3
Beja	4.2
Braga	218.0
Coimbra	55.4
Faro	4 957.8
Leiria	572.2
Lisboa	1 099.0
Porto	609.4
Santarém	62.8
Setúbal	2 982.1
Viana do Castelo	149.5
Portugal Continental	12 135.7

CTI max (€) por Distrito de Portugal Continental



Medidas de adaptação propostas

Obtidas através de contacto directo com entidades locais e decisores-chave, através de um trabalho de selecção e priorização (WP1).



Custos de Adaptação

NOTA: exclusivos para os domínios dos POC

Custos (em €, actualizados a 2023) associados a:

- 1) **Manutenção** das estruturas de protecção pré-existentes
- 2) **Realimentação de praias** de acordo com as tendências projectadas do transporte longitudinal de sedimentos (através da modelação dinâmica)
- 3) **Acomodação de estruturas** através da elevação da cota de coroamento, por forma a suportar as alterações projectadas dos NTAs

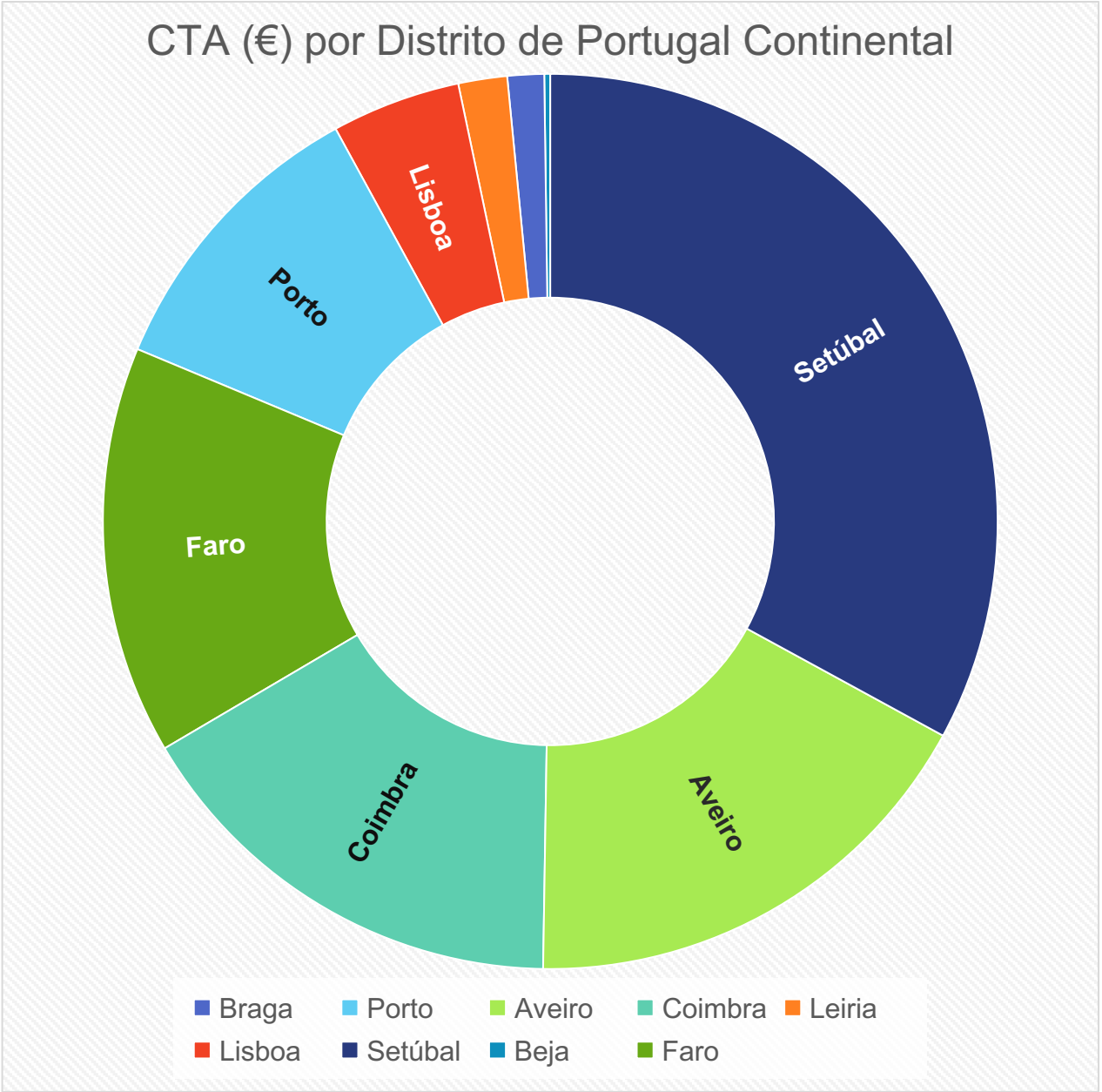
Estratégias de adaptação consideradas (de acordo com a base de dados da APA):

- 1) Realimentação de praias
- 2) Esporões
- 3) Estruturas aderentes
- 4) Quebra-mares (portuários)
- 5) Diques
- 6) Estabilização de arribas



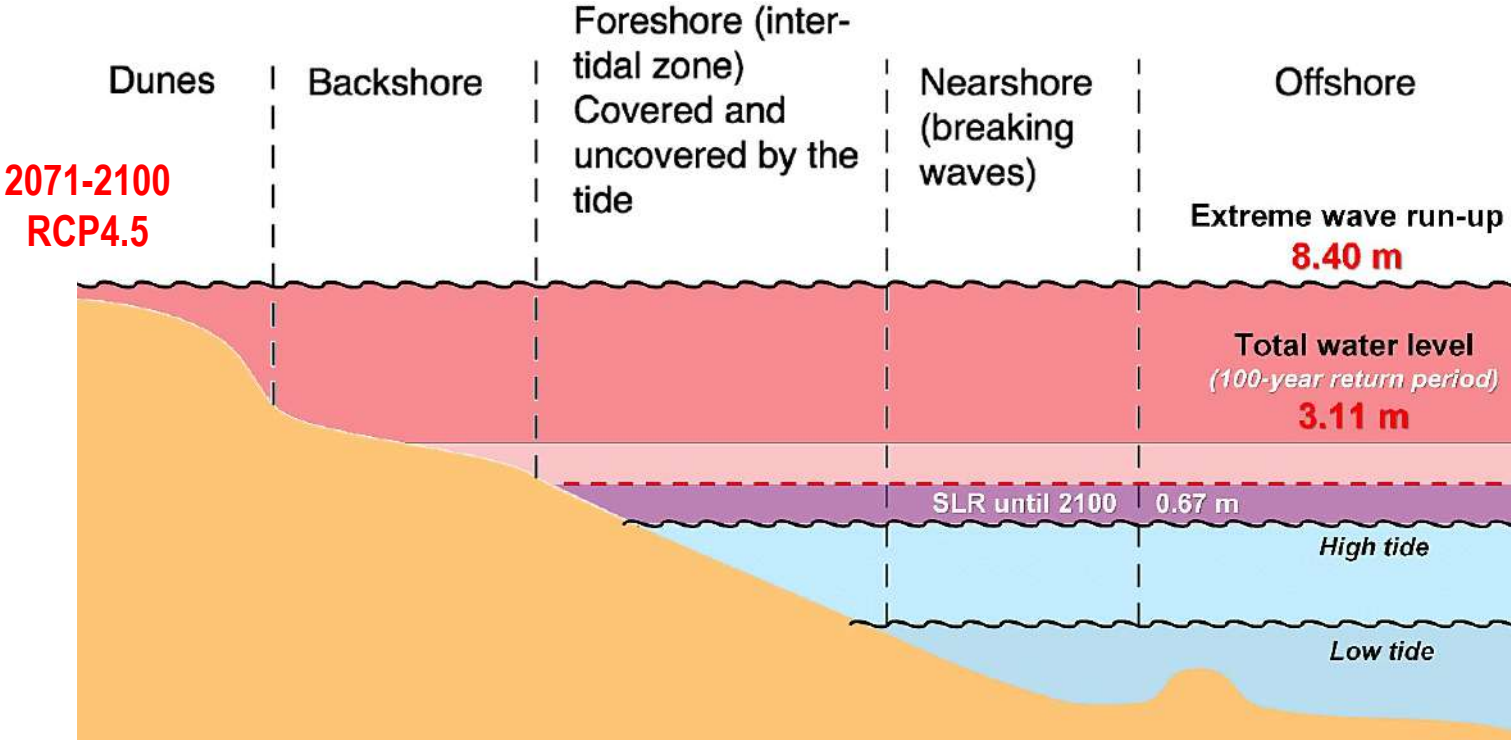
Custos de Adaptação
Custos totais de adaptação (manutenção + acomodação)

Distrito	Custo total de Adaptação (M€) 2100 (RCP4.5)
Viana do Castelo	130.4
Braga	63.6
Porto	516.1
Aveiro	831.6
Coimbra	782.2
Leiria	84.8
Lisboa	224.1
Setúbal	1 582.6
Beja	10.3
Faro	708.7
Portugal Continental (costa aberta)	4 934.2



A.M.Lisboa

Áreas vulneráveis (IVC) – AML (km²)		
	2041-2070 (RCP4.5)	2071-2100 (RCP4.5)
Costa aberta	3.0	3.4
Águas Interiores	207.0	213.6
Total	210.0	217.0



AML (NUTSII)	2070 (RCP4.5)	2100 (RCP4.5)
Residentes vulneráveis	15856	18489
Edifícios vulneráveis	4020	4529
Custo Total de Inação (CTI máximo)	3341.2 M€	3868.3 M€
CTI máximo (Costa Aberta)	1252.2 M€	1387.0 M€
Custo de Adaptação (Costa Aberta)	372.1 M€	596.4 M€
CTI máximo anualizado	71.1 M€/year	50.2 M€/year
Custo de Adaptação anualizado	7.9 M€/year	7.7 M€/year

Narrativa de adaptação Área Metropolitana de Lisboa

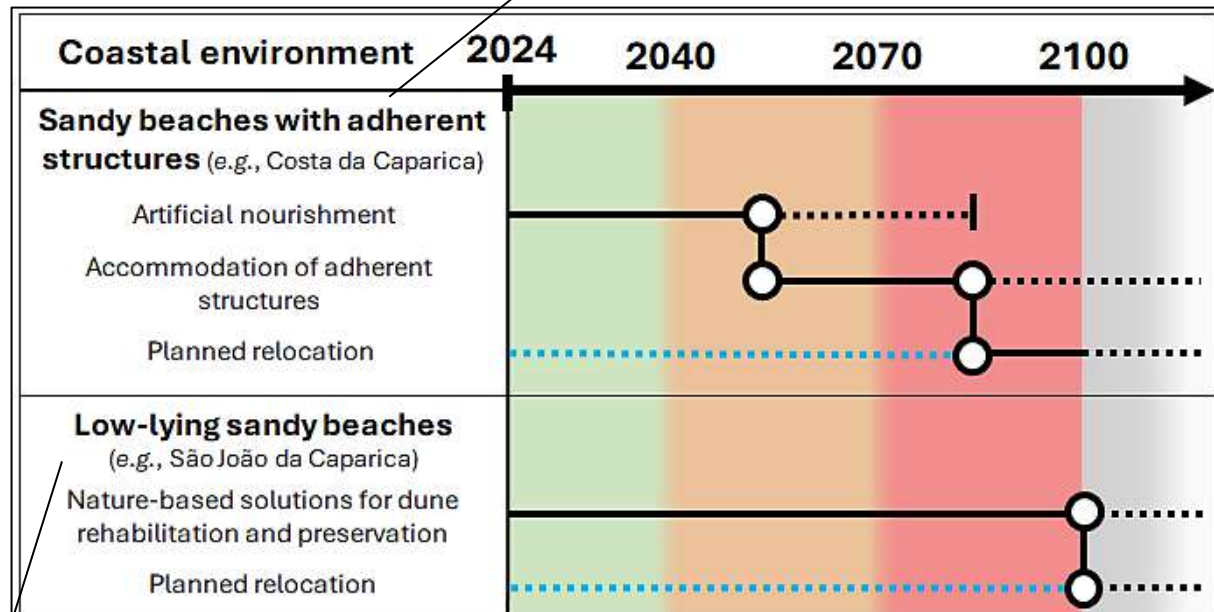
Costa da Caparica



Carcavelos



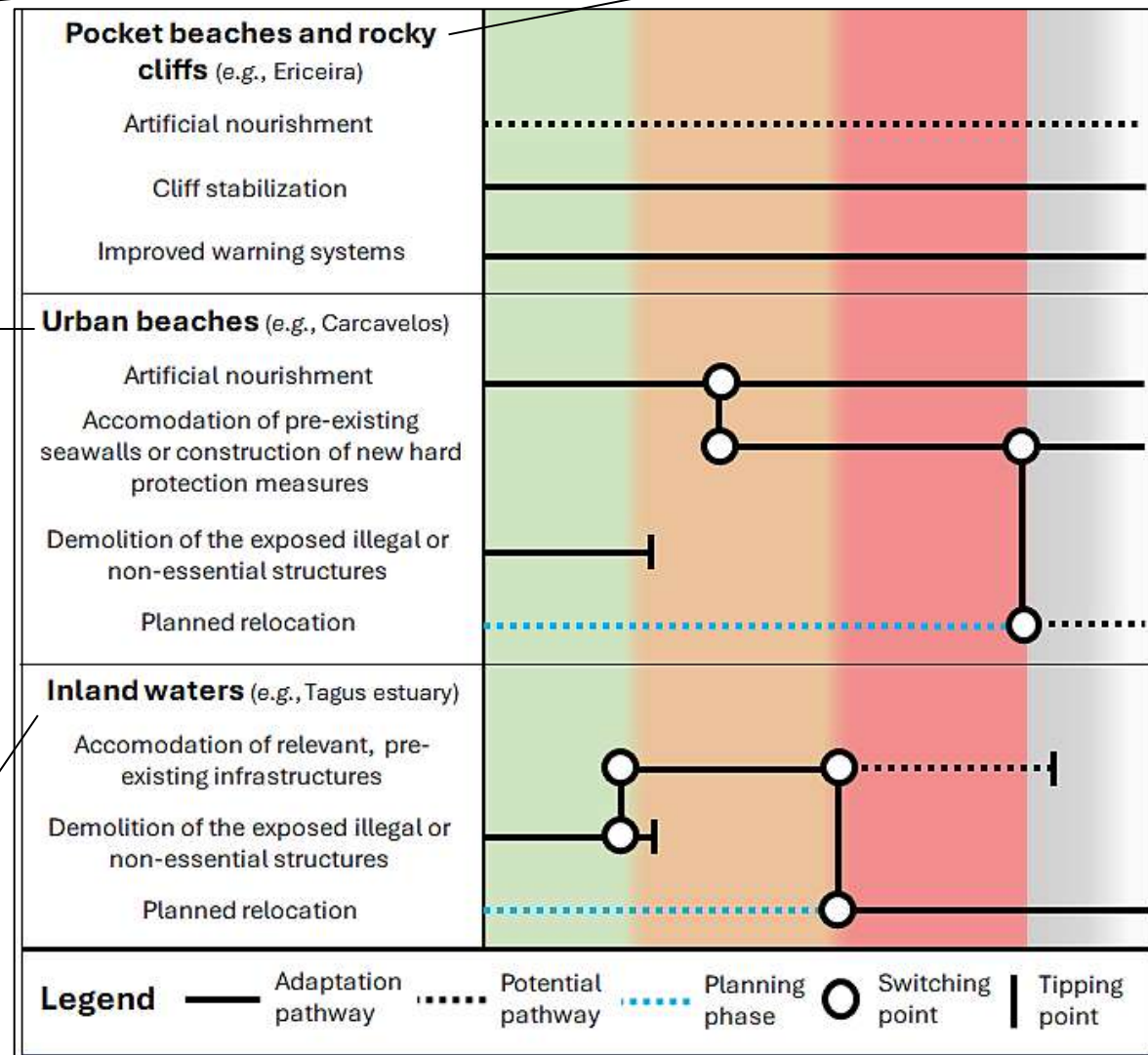
Ericeira



São João da Caparica



Estuário do Tejo



WP1 Stakeholder engagement

WP1A Stakeholder Engagement.pdf

WP2 Climate Projections, Extremes and Indices

WP2A Climate Projections, Extremes, and Indices – Mainland Portugal.pdf

WP2A Climate Projections, Extremes, and Indices – Mainland Portugal_Anexos.pdf

WP3 Socioeconomic Scenarios

WP3A1 Emissions scenarios, narratives and socioeconomic trajectories.pdf

WP4 Sectoral Impacts Modelling

WP4C1 Sectoral Impacts Modelling Executive Summaries.pdf

WP4C2 Sectoral impacts Modelling – Hydrological Balance & Agroforestry.pdf

WP4C3 Sectoral Impacts Modelling – Droughts.pdf

WP4C4 Sectoral Impacts Modelling – Forest fires.pdf

WP4C5 Sectoral Impacts Modelling – Coastal areas: from sea level rise to coastal erosion.pdf

WP5 Adaptation Needs

WP5A Adaptation Needs.pdf

WP7 Development of the Adaptation Storylines

WP7A Development of the Adaptation Storylines.pdf

WP7C1 Summary Cards – Hydrological Balance & Agroforestry.pdf

WP7C2 Summary Cards – Forest fires.pdf

WP7C3 Summary Cards – Coastal areas: from sea level rise to coastal erosion.pdf



Artigos Científicos Publicados



¹ Faculdade de Ciências, Instituto Dom Luiz (IDL), Universidade de Lisboa, 1749-016 Lisboa, Portugal
² Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 21941-915, Brazil
* Correspondence: rmtrigo@ciencias.ulisboa.pt

WP3

Pedersen J, Vuuren D, Gupta J, Santos FD, Edmonds J, Swart R (2022) IPCC emission scenarios: How did critiques affect their quality and relevance 1990-2022? Global Environmental Change, 102, 102538. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2022.102538>.



Pedersen J, Gomes C, Gupta J, Vuuren D, Santos FD, O'Rourke P, Swart R (2023) Policy-relevance of emission scenarios: Policymakers require simpler communicated scenarios, including national detail and actions. Under review. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4073175>.



WP4

Lemos, G., Bosnic, I., Antunes, C., Vousdoukas, M., Mentaschi, L., Espírito Santo, M., Ferreira, V., Soares, P. M. M. (2024b). The future of the Portuguese (SW Europe) most vulnerable coastal areas under climate change - Part II: future extreme coastal flooding from downscaled bias corrected wave climate projections. Under review at Ocean Engineering

van der Laan, E., Nunes, J. P., Dias, L. F., Carvalho, S., & Dos Santos, F. M. (2023). Assessing the climate change adaptability of sustainable land management practices regarding water availability and quality: A case study in the Sorraia catchment, Portugal. Science of the Total Environment, 897, 165438.



WP5

DaCamara, C.C., V.A. Bento, S.A. Nunes, G. Lemos, P.M.M. Soares, R.M. Trigo,: Impacts of fire prevention strategies in a changing climate: an assessment for Portugal. Under review in Environmental Research: Climate.

WP7

Ramos A, Russo; Carlos C. da Camara; Silvia Nunes; Pedro Sousa; P.M.M. Soares; Miguel M. Lima; Alexandra Hurduc; Ricardo M. Trigo (2022) The compound event that triggered the destructive fires of October 2017 in Portugal. iScience, 26(3), 106141. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106141>.



Fernández-Nóvoa D., Ramos A. M., González-Cao J., García-Feal O., Catita C., Gómez-Gesteira M., Trigo M. R. (2022) How to mitigate flood events similar to the 1979 catastrophic floods in lower Tagus. Natural Hazards and Earth System Sciences. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-2022-243>.



Araújo J.R., Ramos A.M., Soares P.M.M., Melo R., Oliveira S. C., Trigo R. M. (2022) Impact of extreme rainfall events on landslide activity in Portugal under climate change scenarios. DOI: 10.1007/s10346-022-01895-7.



Equipa IDL

Pedro Matos Soares

Daniela Lima
Rita Cardoso
Gil Lemos
Virgílio Bento
Franciane Santos
Ricardo Trigo
Ana Russo
Carlos da Câmara
Sílvia Nunes
Carlos Antunes
Cristina Catita
Carolina Rocha
Pedro Costa
Ivana Bosnic
Vanessa Ferreira
Sílvia Mourão
Miguel Espírito Santo
Teresa Costa
Luana Santos
João Careto
Angelina Bushenkova
Célia Lee



Equipa cE3c

Luís Filipe Dias
Filipe Duarte Santos
Jiesper Tristan
João Pedro Nunes
Sílvia Carvalho
Miguel Rodrigues



Muito Obrigado

Roteiro Nacional para a Adaptação 2100

Avaliação da vulnerabilidade do território Português às
alterações climáticas 2100

Clima Futuro nos arquipélagos
Açores e Madeira

João Ferreira, Pedro Miranda, Ricardo Deus,
Ricardo Tomé, Vanda Cabrinha
(ricardo.deus@ipma.pt)



Objetivos

- Gerar cenários de clima futuro para os Arq. dos Açores e da Madeira
- Disponibilizar dados/informação através de uma plataforma digital

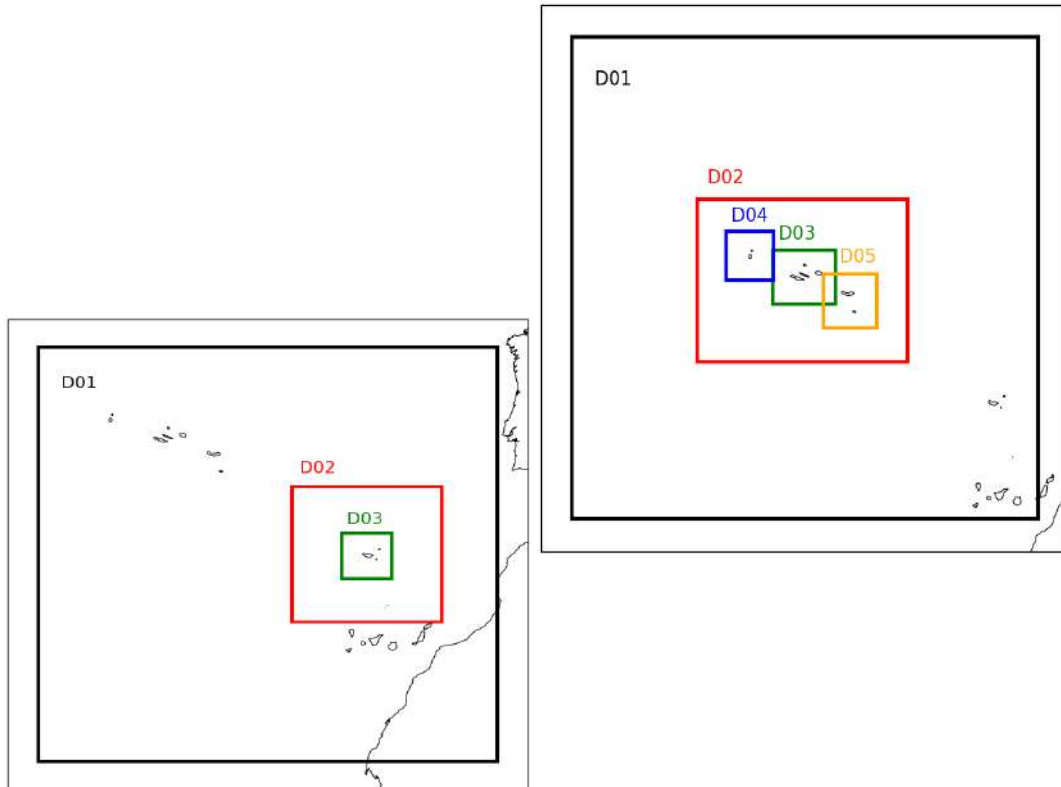


Condicionantes

- Necessária uma elevada resolução espacial, tendo em conta as características geomorfológicas dos Arquipélagos
- Poucos conjuntos de dados de observação de superfície, para efeitos de validação, face às características orográficas das Ilhas
- Capacidade limitada, GCM (modelos globais de clima), na reprodução do clima regional, resultado da limitada resolução espacial horizontal
- Tempo de processamento numérico

- modelo global ECEarth Veg
- downscaling dinâmico usando modelo WRF (Weather Research and Forecasting) aumentando a resolução espacial de 27km para 3km
- avaliar diversas parametrizações do modelo WRF, com recurso a testes de sensibilidade
- aplicar abordagem relativa ao downscaling a dois conjuntos de dados (ERA5 e ECEarth Veg) para fins de controlo
- método aplicado aos 3 cenários SSP126, SSP245 e SSP585

Domínios utilizados

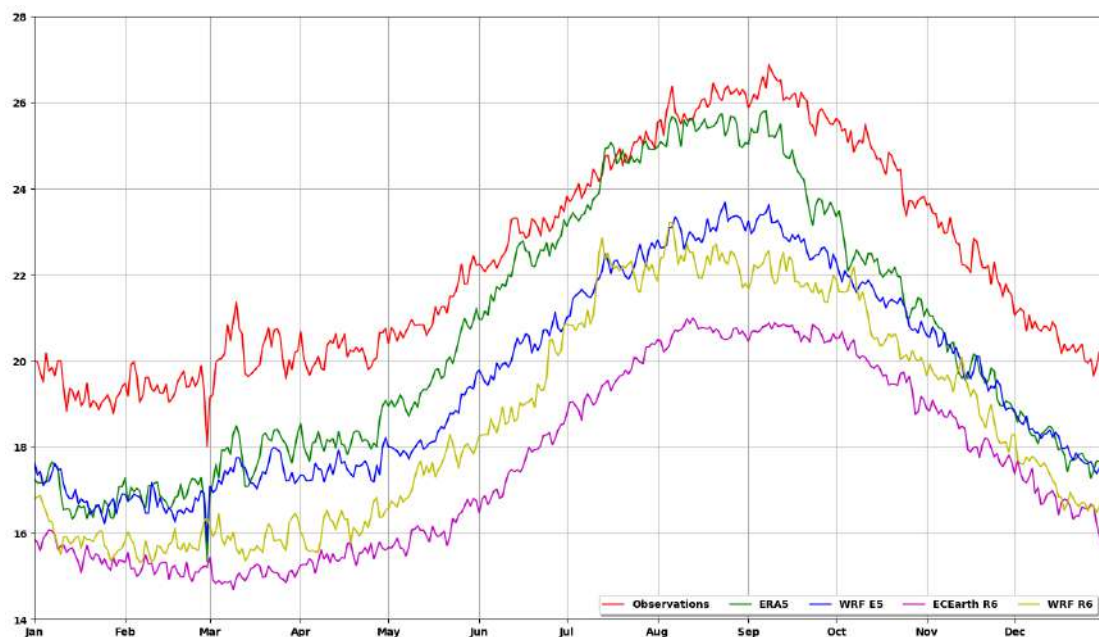


Resumo

Acronym	Description	Resolution	Forcing	Period
WRF_{e5}	Historical Simulations (Synchronized)	9 km 3 km	ERA5	1979 to 2020
WRF_{ec}	Control Simulations (Non- Synchronized)	27 km 9 km 3 km	EC-Earth Veg (r6i1p1f1)	1970 to 2000
	Mid-21 st Century Climate Simulations SSP126			2040
	Mid-21 st Century Climate Simulations SSP245			to
	Mid-21 st Century Climate Simulations SSP585			2070
	End-Of-21 st Century Climate Simulations SSP126			2070
	End-Of-21 st Century Climate Simulations SSP245			to
	End-Of-21 st Century Climate Simulations SSP585			2100

Erro associado

Exem. temperatura máxima do ar para o Funchal

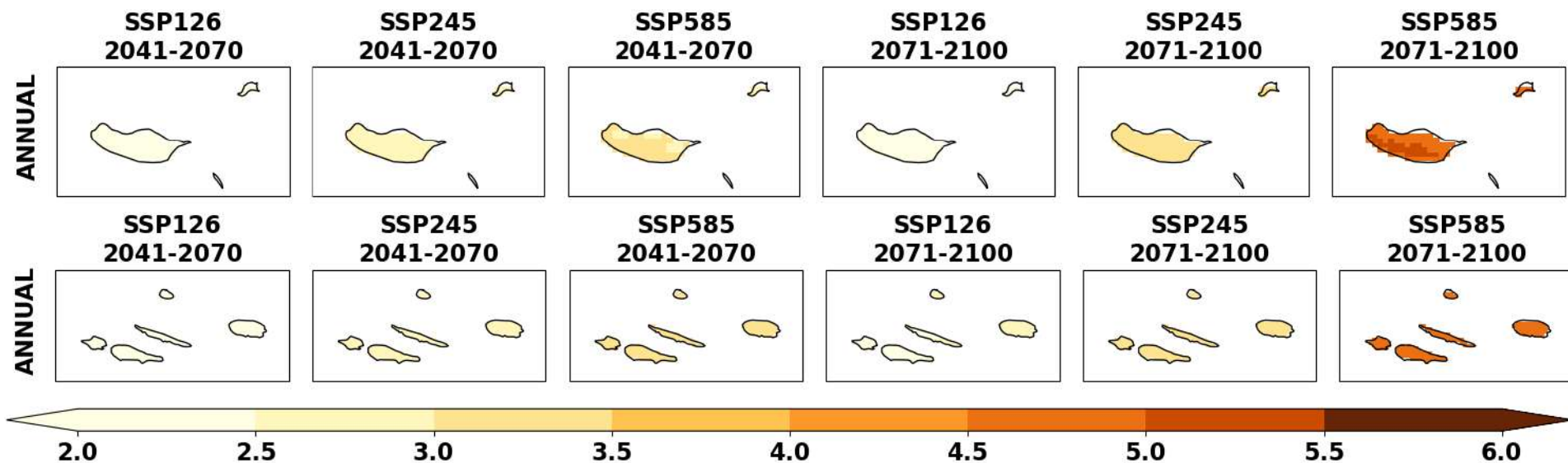


	Madeira (12 stations)				Azores (17 stations)			
PRC	ERA5	EC-Earth	WRF _{e5}	WRF _{ec}	ERA5	EC-Earth	WRF _{e5}	WRF _{ec}
BIAS	-1.01	-1.54	-0.03	-0.49	-0.75	-0.9	0.09	1.37
RMSE	2.08	2.70	1.99	2.48	1.89	2.75	2.39	3.65

	Madeira (12 stations)				Azores (17 stations)			
TMAX	ERA5	EC-Earth	WRF _{e5}	WRF _{ec}	ERA5	EC-Earth	WRF _{e5}	WRF _{ec}
BIAS	-2.29	-4.41	-1.79	-2.84	-1.99	-3.44	-1.75	-2.56
RMSE	2.46	4.57	1.93	3.05	2.15	3.64	1.87	2.74

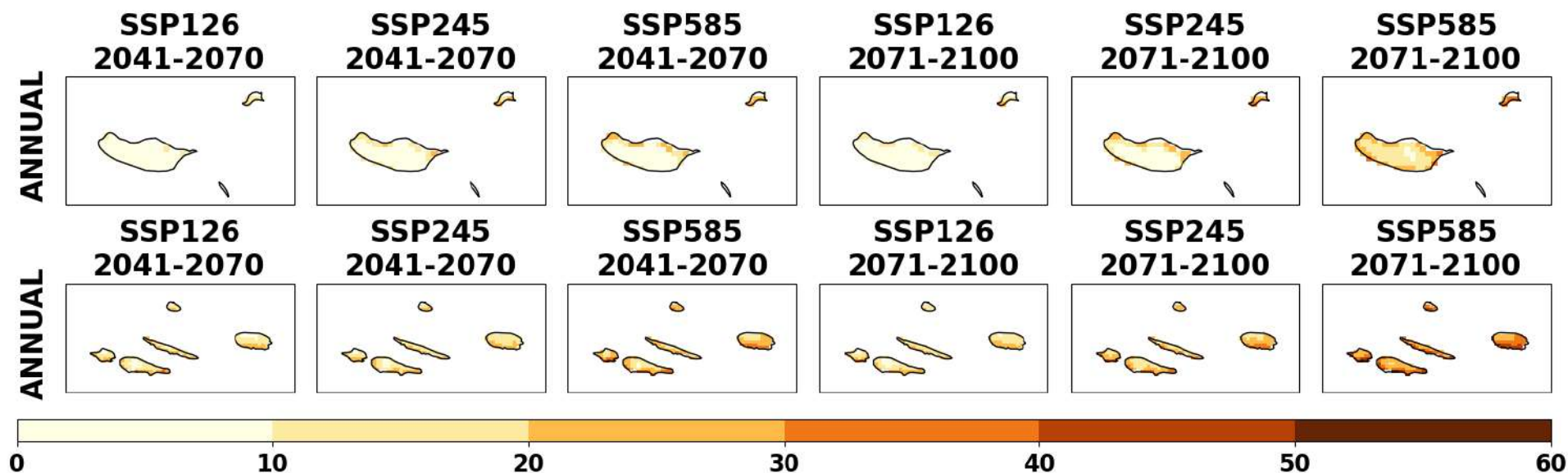
	Madeira (12 stations)				Azores (17 stations)			
TMIN	ERA5	EC-Earth	WRF _{e5}	WRF _{ec}	ERA5	EC-Earth	WRF _{e5}	WRF _{ec}
BIAS	1.50	0.34	-0.64	-1.93	1.86	0.44	-0.83	-0.83
RMSE	1.62	1.03	1.37	2.37	1.95	1.08	1.09	1.56

Temperatura média do ar



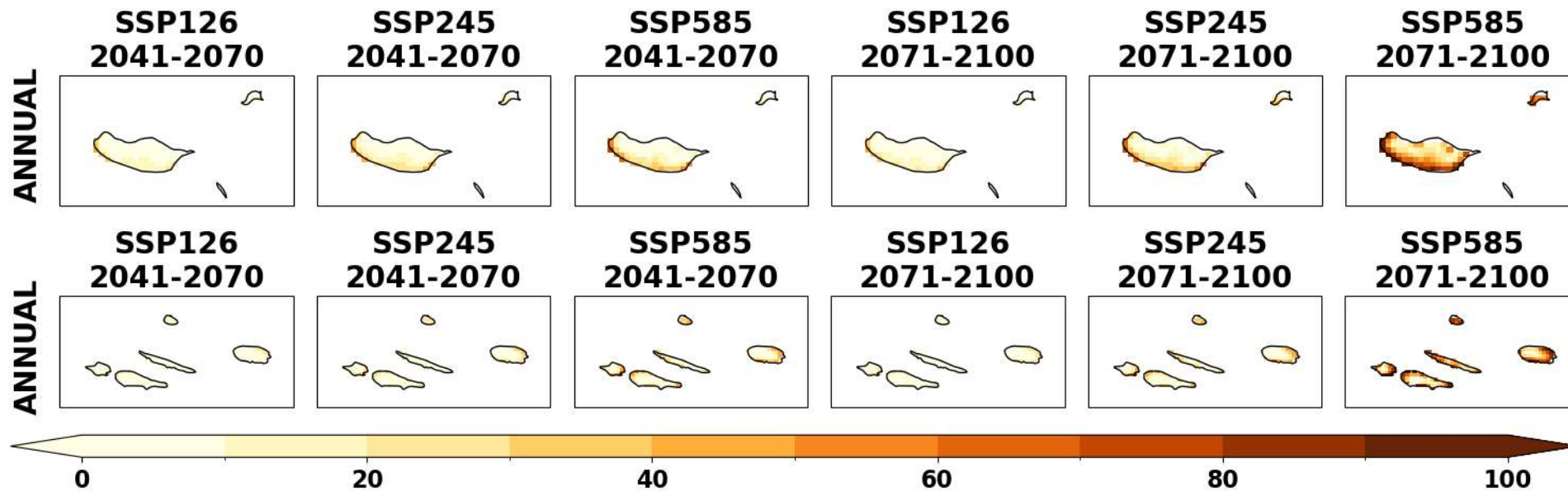
(degC)	SSP126 2041-2070	SSP245 2041-2070	SSP585 2041-2070	SSP126 2071-2100	SSP585 2071-2100	SSP585 2071-2100
Madeira	2.2	2.6	3.0	2.3	3.3	4.9
Açores G.Ocidental	2.2	2.5	3.1	2.3	3.1	4.6
Açores G.Oriental	2.4	2.8	3.3	2.6	3.3	4.9
Açores G.Central	2.4	2.7	3.2	2.5	3.2	4.8

Onda de calor



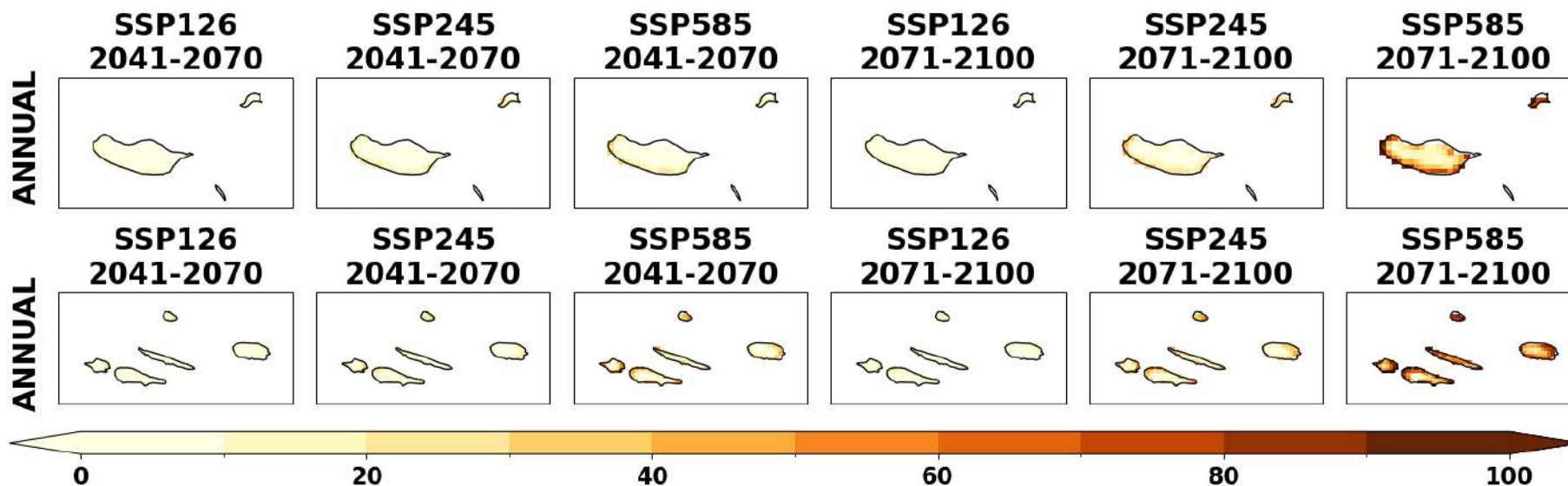
(days/year)	SSP126 2041-2070	SSP245 2041-2070	SSP585 2041-2070	SSP126 2071-2100	SSP585 2071-2100	SSP585 2071-2100
Madeira	4	8	10	6	11	19
Açores G.Ocidental	12	14	21	15	21	30
Açores G.Oriental	18	21	26	19	28	36
Açores G.Central	17	18	24	18	25	34

Dias de verão



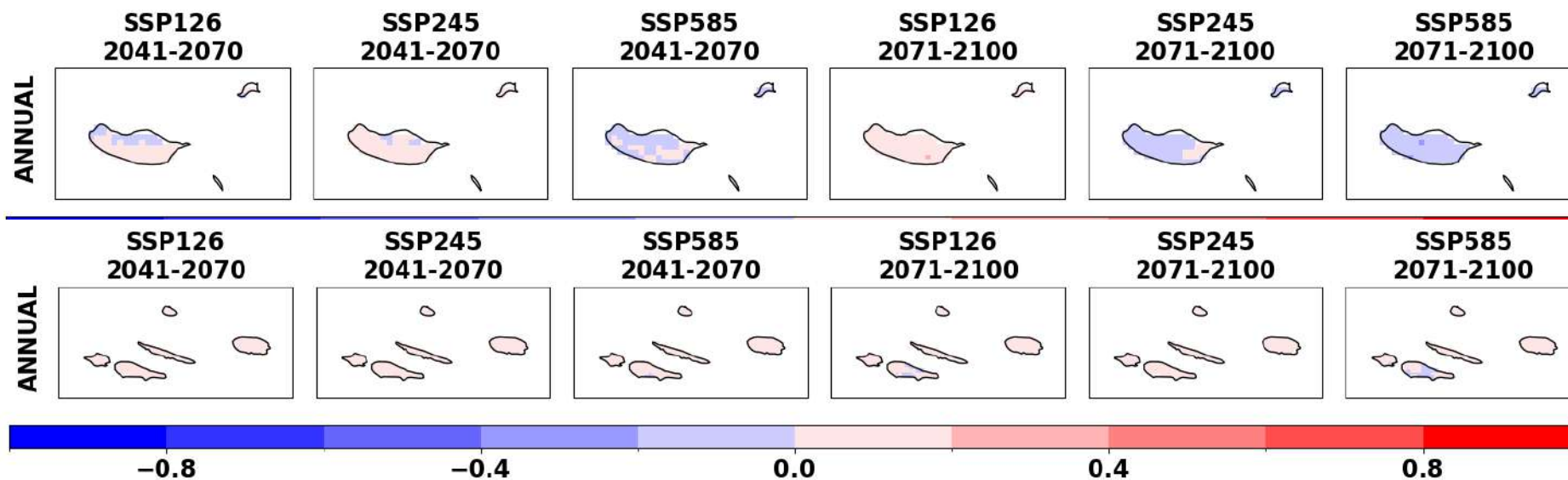
(days/year)	SSP126 2041-2070	SSP245 2041-2070	SSP585 2041-2070	SSP126 2071-2100	SSP585 2071-2100	SSP585 2071-2100
Madeira	9	15	18	12	22	52
Açores G.Ocidental	3	6	12	4	12	42
Açores G.Oriental	7	11	18	7	19	50
Açores G.Central	5	9	17	6	17	49

Noites tropicais



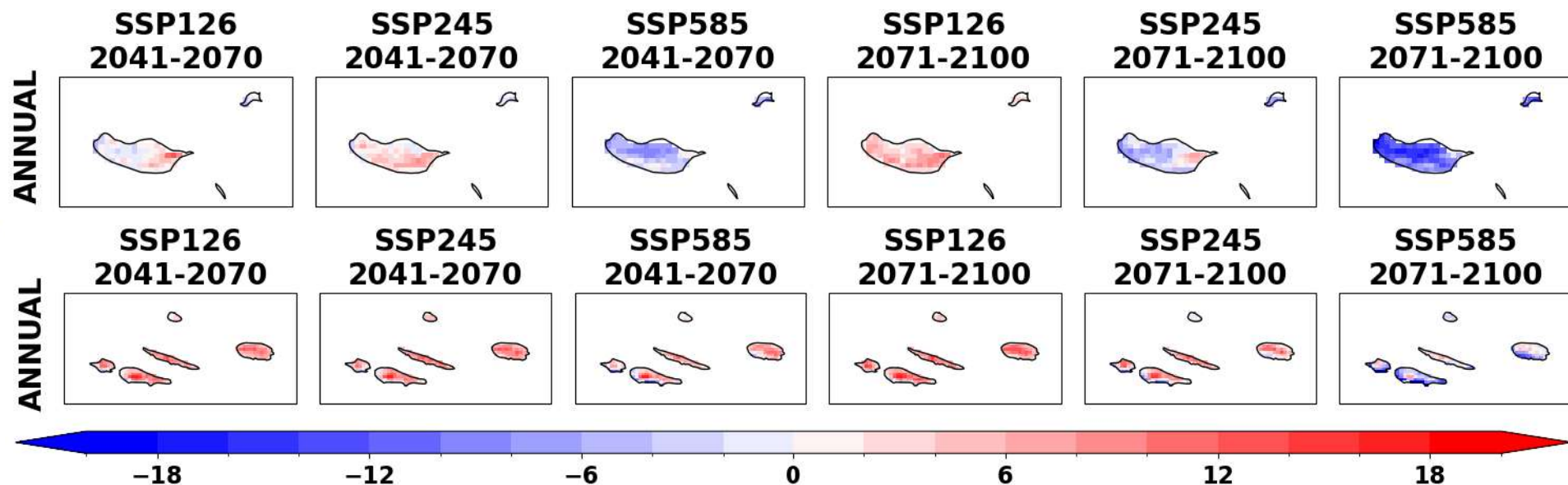
(days/year)	SSP126 2041-2070	SSP245 2041-2070	SSP585 2041-2070	SSP126 2071-2100	SSP585 2071-2100	SSP585 2071-2100
Madeira	6	10	10	7	15	42
Açores G.Ocidental	8	15	25	11	26	65
Açores G.Oriental	7	11	19	7	21	58
Açores G.Central	7	12	21	8	22	60

Precipitação



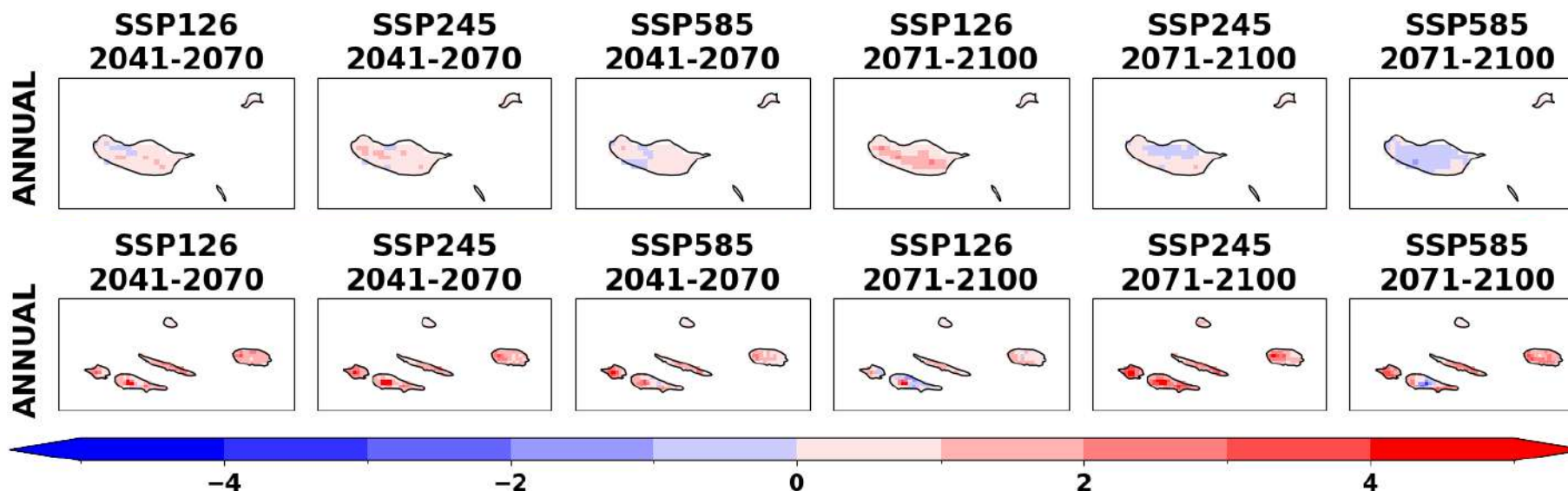
(mm)	SSP126 2041-2070	SSP245 2041-2070	SSP585 2041-2070	SSP126 2071-2100	SSP585 2071-2100	SSP585 2071-2100
Madeira	0.02	0.05	-0.02	0.12	-0.05	-0.14
Açores G.Ocidental	0.07	0.09	0.07	0.05	0.09	0.04
Açores G.Oriental	0.09	0.11	0.07	0.09	0.11	0.02
Açores G.Central	0.09	0.09	0.07	0.06	0.10	0.04

Dias com precipitação



(days/year)	SSP126 2041-2070	SSP245 2041-2070	SSP585 2041-2070	SSP126 2071-2100	SSP585 2071-2100	SSP585 2071-2100
Madeira	1	2	-5	4	-3	-11
Açores G.Ocidental	4	3	4	5	2	-6
Açores G.Oriental	8	11	7	10	8	-2
Açores G.Central	6	6	3	7	4	-5

Dias com precipitação muito forte



(days/year)	SSP126 2041-2070	SSP245 2041-2070	SSP585 2041-2070	SSP126 2071-2100	SSP585 2071-2100	SSP585 2071-2100
Madeira	0.4	0.5	0.2	0.9	0.2	-0.2
Açores G.Ocidental	2.7	3.6	3.3	1.9	3.9	3.6
Açores G.Oriental	1.1	1.2	0.6	0.8	1.5	0.9
Açores G.Central	1.4	1.6	1.3	0.7	2.1	1.5



Resumo, resultados

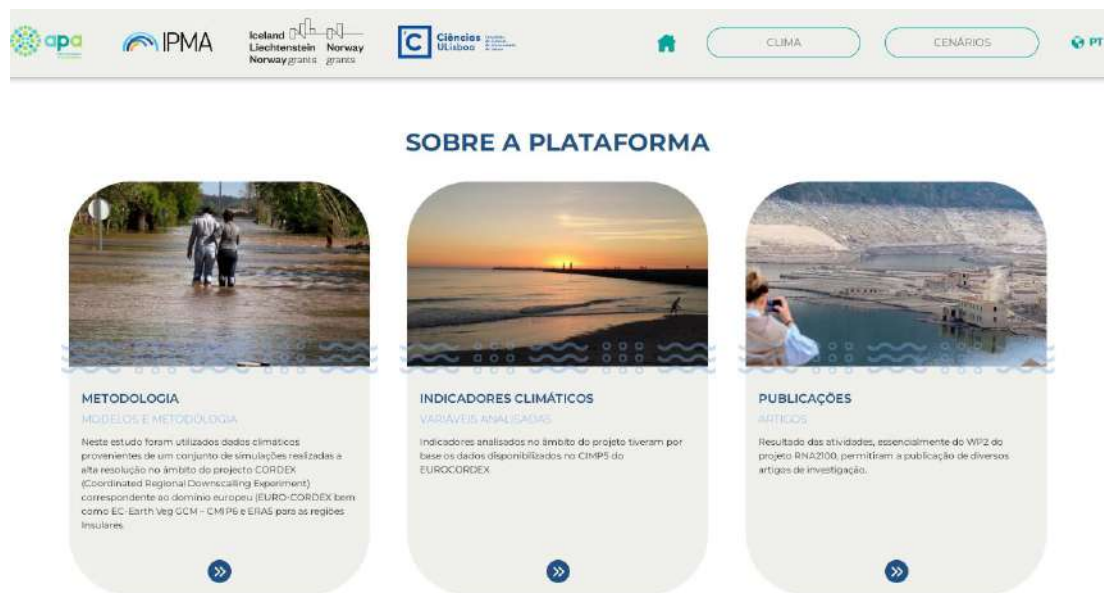
Para o pior cenário no final do período, 2071-2100, tendo como referência a normal climatológica 1971-2000 e em termos médios:

- Indicadores revelam um aumento da temperatura média, mínima, máxima do ar, com especial destaque para a temperatura máxima do ar que poderá atingir 5 graus acima do normal em ambos os Arquipélagos
- Aumento do número de dias de verão pode chegar aos 50 dias/ano na maioria das ilhas dos Arquipélagos.
- O número de noites tropicais irá aumentar, podendo o aumento ser superior a 60 dias/ano no Arq. Açores e 40 dias/ano na Arq. Madeira.
- Dias em onda de calor poderão aumentar até 20 dias/ano relativamente ao normal no Arq. Madeira e nos Arq. Açores o aumento poderá ser superior a 30 dias/ano
- Quantidade de precipitação, sem sinal estatístico significativo no Arq. Açores (menos de 4%), mas no Arq. Madeira a perda pode atingir os 14%
- Em ambos os Arquipélagos o número de dias de precipitação deverá diminuir, no entanto dias com precipitação excepcionalmente forte apresenta sinal contrario, aumento até 4 dias/ano



Plataforma digital disponibilização de dados

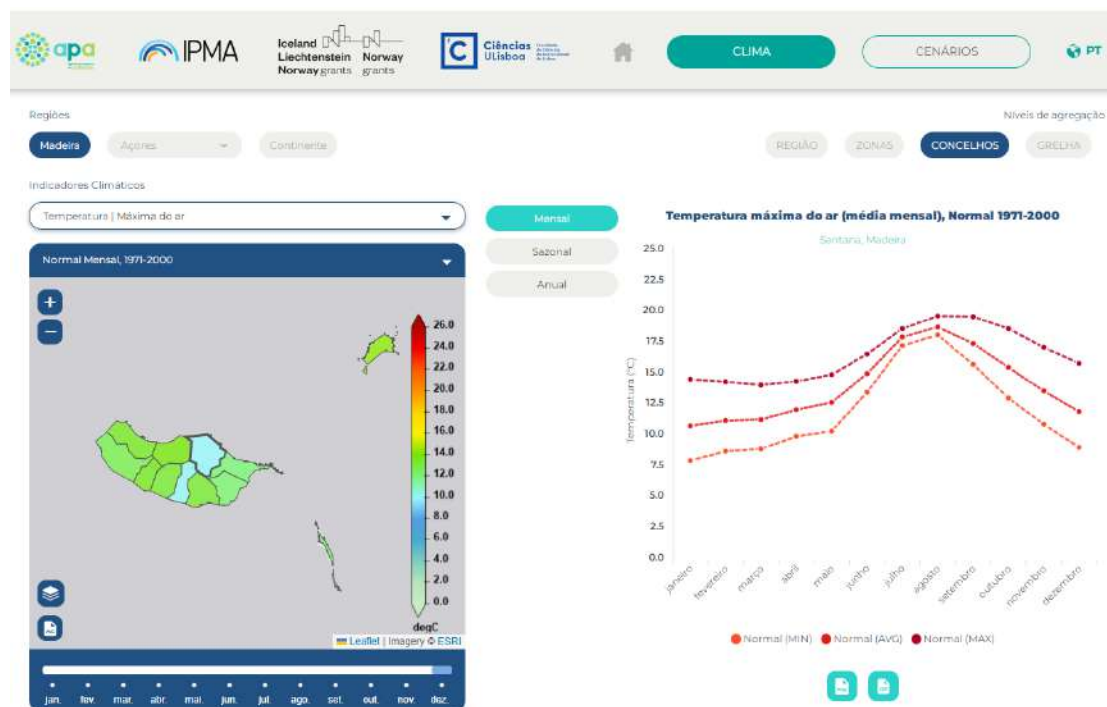
Plataforma digital



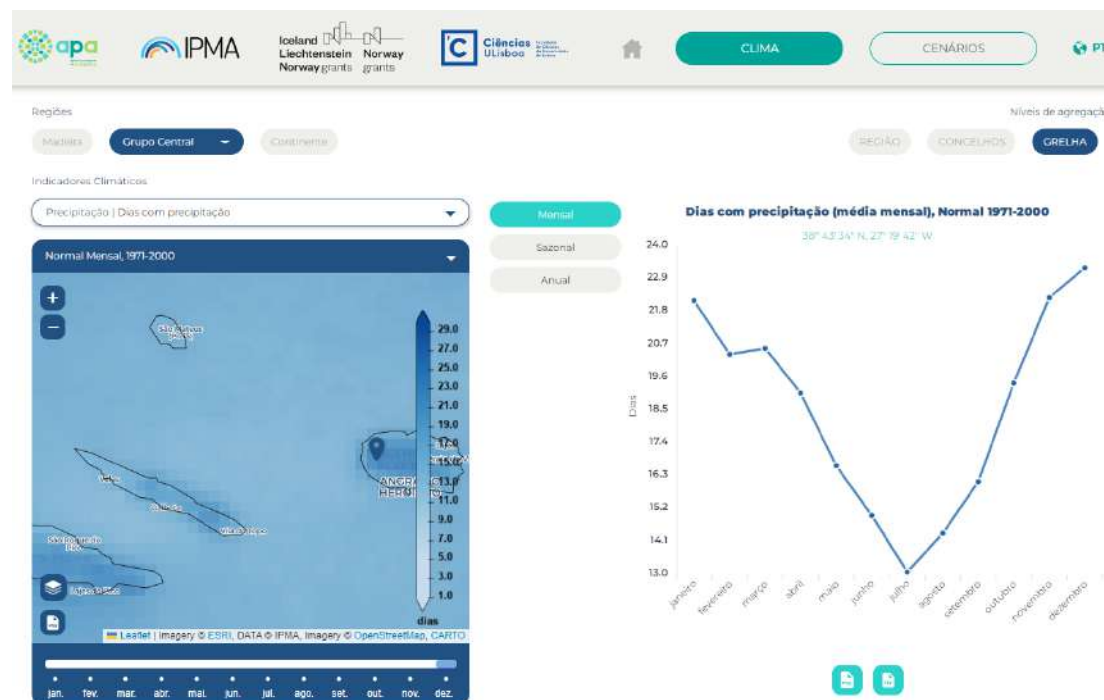
Requisitos

- Interoperável
- Baseado em soluções tecnológicas sem licenciamento e de código aberto
- Recurso à infraestrutura existente no IPMA, projeto anterior
- De fácil interação com dados e a informação
- Gestão simplificada

Interação por Unidade Territorial - clima



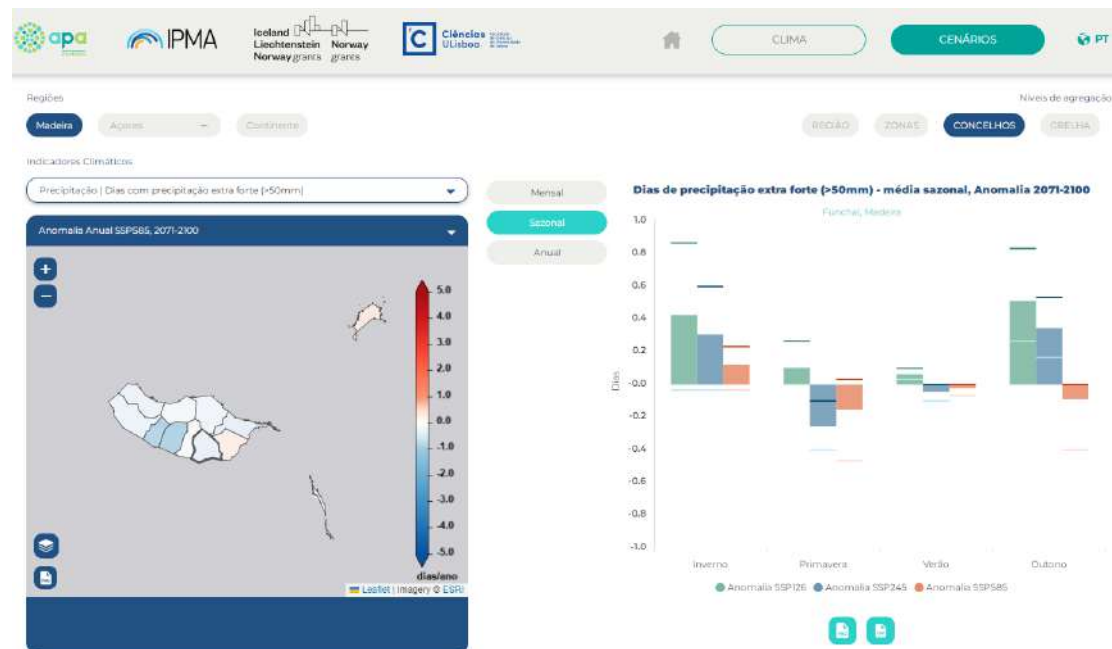
Interação por grelha - clima



Interação por Unidade Territorial - cenários



Interação por Unidade Territorial - cenários



rna2100.portaldoclima.pt



Roteiro Nacional para a Adaptação 2100

Muito Obrigada

Ricardo Deus (ricardo.deus@ipma.pt)

Uma avaliação dos impactos económicos de diferentes cenários climáticos

Bernardino Adão António Antunes Nuno Lourenço

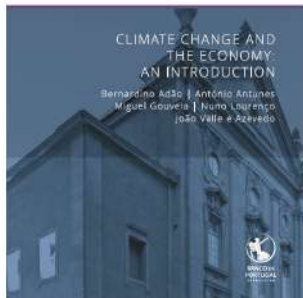
Banco de Portugal

2 de Maio de 2024

RNA2100 | WP6 – Impactos macroeconómicos

Agenda

1. Motivação
2. Resultados
 - 2.1 Simulações de base
 - 2.2 Adaptação em Portugal
3. Considerações finais



Evaluating the economy under different climate scenarios: the case of a small open economy*

Bernardino Adão¹ António Antunes¹ Nuno Lourenço¹

March 2024

1 Introduction

Most of the literature on the macroeconomic effects of climate change approaches the topic from a very aggregate perspective. Policy aimed at curbing carbon emissions only works if it is applied globally, since atmospheric carbon concentration is a global phenomenon. Yet, local effects dominate the net effect of climate change on the different economies. This observation is perhaps what makes tackling the issue so difficult: policy must be global, but the effects of policy are local and very heterogeneous. It is therefore useful to study the impact of policies with a global reach on economies which are small and therefore irrelevant for the intensity of global emissions.

This study is an attempt to do just that. We develop an integrated climate assessment model with different energy sources, fossil and clean. The analysis takes as given three of the IPCC Representative Concentration Pathways (RCPs) (van Vuuren et al., 2011; IPCC, 2013) used in various other studies, namely RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5, and builds model-consistent carbon taxation policies capable of generating each of the scenarios. We then zoom in to the reality of a small open economy characterized by few, but important, differences relative to the global economy.

*This paper was prepared as part of the National Roadmap for Adaptation 2100 (RNA2100) project, a collaboration between Portuguese and European universities and institutions supported by EEA Grants. Comments and suggestions from RNA2100 colleagues are gratefully acknowledged. The views expressed in this paper are the authors' and do not necessarily represent those of Banco de Portugal or the Eurosystem.

¹Banco de Portugal.

Motivação

- ▶ Políticas eficazes que visem reduzir as emissões de carbono devem ser implementadas **globalmente**
- ▶ Os efeitos são **locais e heterogéneos**, o que motiva a análise dos impactos nas economias cujas emissões de gases de efeito de estufa são globalmente irrelevantes
- ▶ A análise assenta num modelo de avaliação integrada (IAM) com diferentes fontes de energia: petróleo, carvão, gás natural e energia verde
- ▶ Diferentes políticas de tributação do carbono são mapeadas em três cenários do IPCC: RCP2.6, RCP4.5 e RCP8.5
- ▶ O foco incide numa pequena economia aberta – Portugal – que apresenta diferenças relevantes em relação à economia global

Motivação

O nosso contributo subdivide-se em três partes

- ▶ Tanto quanto sabemos, esta é a primeira análise integrada dos cenários do IPCC numa perspetiva de equilíbrio geral, que caracteriza a transição em função de políticas de tributação de carbono, com foco numa pequena economia aberta
- ▶ Avaliamos o papel das florestas como sumidouros de carbono, salientando a sua relevância na transição para uma economia de baixo carbono
- ▶ Modelamos explicitamente a adaptação (local) e os custos de adaptação para avaliar a sua importância na transição sujeita a uma política climática global

Resultados

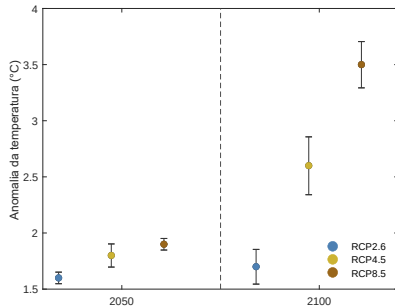
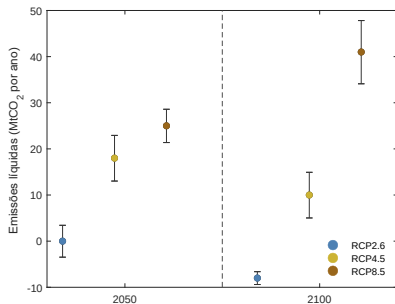
Simulações de base

Mundo	2020	RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
		2050	2100	2050	2100	2050	2100
Emissões líquidas (GtCO ₂ por ano)	35	5	-2	27	25	42	111
Anomalia da temperatura (°C)	1,0	1,3	1,4	1,5	2,2	1,6	2,9
Ganho de consumo (%)	-	-0,2	0,3	0,1	0,7	0,1	0,7
Perda económica (%)	0,6	0,9	0,9	1,2	1,8	1,4	3,1

Portugal	2020	RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
		2050	2100	2050	2100	2050	2100
Emissões líquidas (MtCO ₂ por ano)	36	0	-8	18	10	25	41
Anomalia da temperatura (°C)	1,2	1,6	1,7	1,8	2,6	1,9	3,5
Ganho de consumo (%)	-	0,7	2,0	0,3	1,6	0,1	1,1
Perda económica (%)	1,0	1,0	1,0	1,3	1,9	1,5	3,3

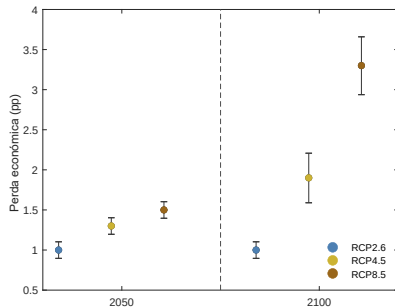
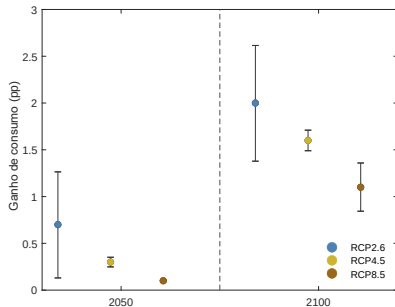
Resultados

Análise de robustez às simulações de base



Resultados

Análise de robustez às simulações de base



Resultados

Adaptação em Portugal

Portugal	2020	RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
		2050	2100	2050	2100	2050	2100
Emissões líquidas (MtCO ₂ por ano)	36	0	-8	18	10	25	42
Anomalia da temperatura (°C)	1,2	1,6	1,7	1,8	2,6	1,9	3,5
Ganho de consumo (%)	-	0,8	2,0	0,4	2,1	0,3	2,2
Perda económica (%)	1,0	1,0	0,9	1,1	1,3	1,2	1,9
Custos de adaptação (%)	-	0,1	0,0	0,2	0,4	0,2	0,7

Diferença face ao cenário sem adaptação	2020	RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
		2050	2100	2050	2100	2050	2100
Emissões líquidas (MtCO ₂ por ano)	0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	1,0
Ganho de consumo (pp)	-	0,0	0,0	0,1	0,4	0,2	1,2
Perda económica (pp)	0	-0,1	0,0	-0,2	-0,6	-0,3	-1,4

Considerações finais

- ▶ A análise apresenta narrativas para quatro cenários: status quo, imposto baixo (RCP8.5), imposto intermédio (RCP4.5) e imposto elevado (RCP2.6)
- ▶ As emissões líquidas diminuem com impostos sobre o carbono mais altos, no entanto, a eficiência económica não é consistentemente maior com níveis de impostos mais elevados
- ▶ A adaptação será mais significativa se a mitigação for menos exigente, de modo a que os ganhos de consumo sejam aproximadamente comparáveis entre os cenários
- ▶ Danos não económicos (por exemplo, conflitos migratórios, perdas de biodiversidade, desconforto) não são contabilizados, o que agravaria a posição do RCP4.5 em relação ao RCP2.6 e especialmente do RCP8.5 em relação ao RCP2.6
- ▶ A incerteza é elevada (modelo, parâmetros, etc.)

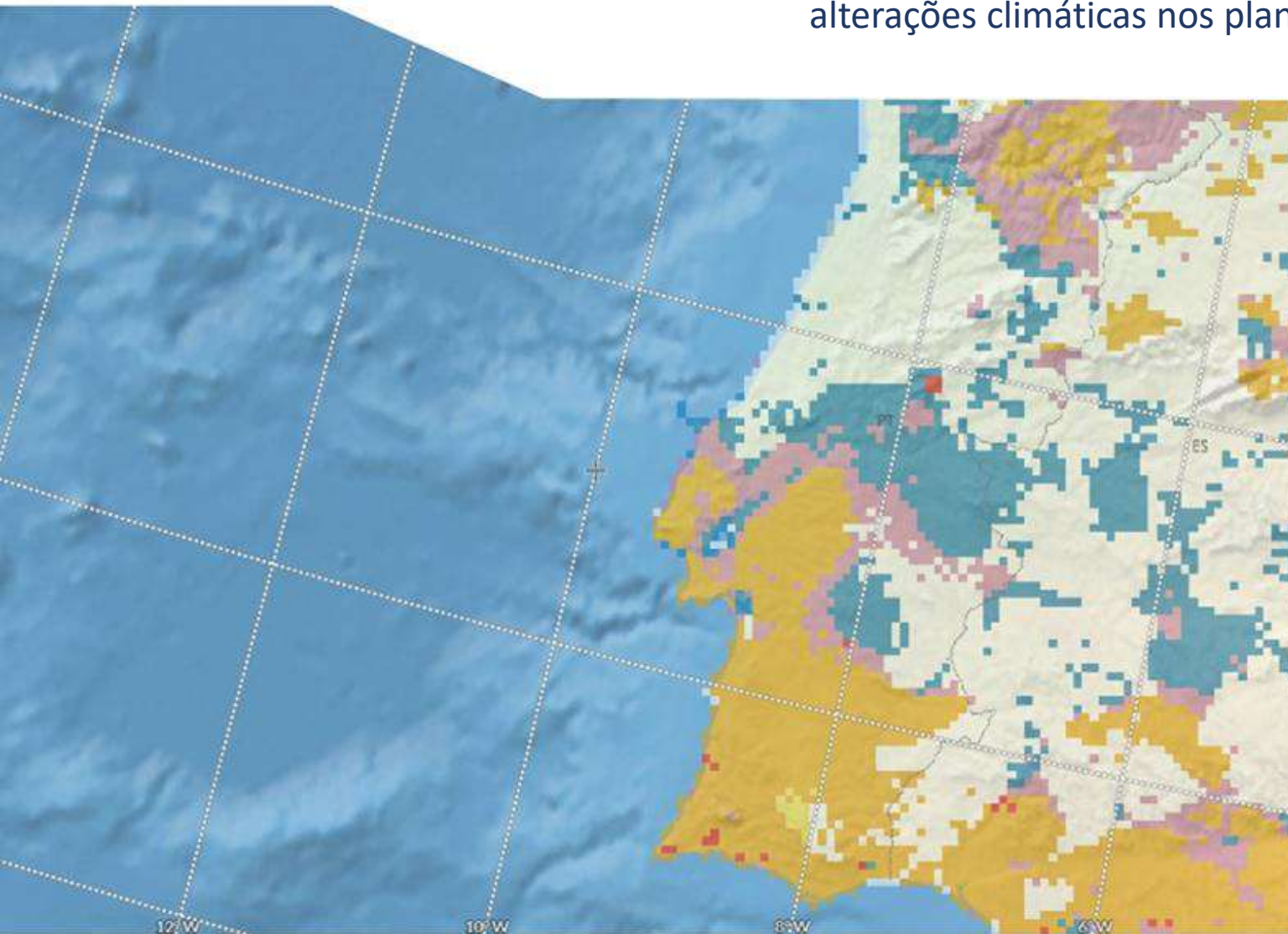
Roteiro Nacional para a Adaptação 2100

Avaliação da vulnerabilidade do território Português às
alterações climáticas 2100

Integração da adaptação nos IGT

Ana Sofia Rizzone (anasofia.santos@dgterritorio.pt)

WP7B - Revisão do panorama atual sobre a adaptação às alterações climáticas nos planos e programas territoriais



- Como está a adaptação a ser integrada nos diversos instrumentos de planeamento adaptativo e territoriais?
- Que boas práticas e necessidades para a implementação ao nível municipal de medidas de adaptação associadas aos perigos estudados no RNA 2100

- Seca
- Incêndios florestais
- Subida do nível do mar, erosão e inundações costeiras

Levantamento e análise das **medidas de adaptação previstas nos planos/estratégias intermunicipais e municipais de adaptação às alterações climáticas**

- julho 2023: 92 instrumentos de adaptação
- Maioria elaborados entre 2016 e 2019, com financiamento do POSEUR e EEA Grants;
- Metodologia mais utilizada: projeto ClimAdaPT.Local
- 3615 medidas de adaptação identificadas → 1023 (28,2%) associadas aos perigos climáticos do Roteiro



Seca

- **585 medidas** de adaptação
- Destaque para Sistemas de distribuição e armazenamento de água; Eficiência hídrica (reaproveitar águas pluviais e residuais); Recuperação dos ecossistemas associados aos recursos hídricos
- Muitas medidas *soft* (Ações de sensibilização, promoção de boas práticas junto da sociedade civil)



Incêndios rurais

- 283 medidas de adaptação
- Destaque para Meios de vigilância e combate a incêndios
- Novas formas de abordagem ao problema como ordenamento e gestão da floresta, promoção do mosaico agro florestal uso de espécies florestais autóctones relacionadas com planos de emergência de ordenamento da floresta, e práticas florestais adaptadas



SNM, Erosão e inundações costeiras

- 153 medidas de adaptação
- Destaque para Delimitação de faixas de salvaguarda (decorrem dos POC); medidas infraestruturais (obras proteção costeira)
- Começam a surgir medidas para recuo da ocupação em zonas de perigo e medidas de base natural
- Muitas medidas infraestruturais

Identificação de medidas de adaptação nos PDM

- 125 PDM aprovados após 2015 (revisões e alterações por adaptação a POOC/POC)
- Analisados os Regulamentos e os Programas de Execução
- 1941 medidas de adaptação associadas aos perigos climáticos do Roteiro



Seca

- 633 medidas de adaptação
- 10 categorias
- Destaque para Tratamento de águas residuais; Sistemas de distribuição e armazenamento de água; **Interdição de usos prejudiciais ao ecossistema hídrico**
- Muitas medidas de Reabilitação, renaturalização ou conservação de cursos de água e galerias ripícolas



Incêndios rurais

- 613 medidas de adaptação
- 11 categorias
- Destaque para Uso de espécies florestais autóctones ou adaptadas; **Interdição de usos e ocupação de áreas de risco**
- Muitas medidas de Adaptação ou proteção de infraestruturas; Gestão das faixas de combustível e Medidas que contribuem para a dinamização das atividades económicas

Natureza regulamentar do PDM



SNM, Erosão e inundações costeiras

- **679 medidas** de adaptação
- 7 tipologias
- Destaque para Delimitação e recuo das faixas de risco (POC) e **Limitações à edificação ou outras formas de construção, reconstrução, instalação de infraestruturas e acessos**
- Muitas medidas de Renaturalização ou regeneração ecológica de zonas costeiras
- Menor expressão as medidas de alimentação de praias, reforço dunar, estabilização de arribas e obras de proteção costeira

Avaliação das práticas de integração da adaptação às alterações climáticas na elaboração/revisão dos PDM

- Inquérito ao 102 Municípios sobre a experiência de integração da adaptação na revisão dos PDM (municípios com proposta de plano)
- Debate com consultores especialistas em OT
- Debate com CCDR

Incêndios rurais e perigos costeiros

- Perigos mais valorizados pelos municípios
- contributo elevado ou muito elevado do PDM
- medidas de adaptação presentes nos estudos caracterização e regulamento.

Seca

- Perigo mais desvalorizado, sobretudo no Norte
- o contributo dos PDM é diminuto (apenas 38% dos municípios consideram que o PDM dá contributo elevado ou muito elevado para adaptação à seca)

Dificuldades

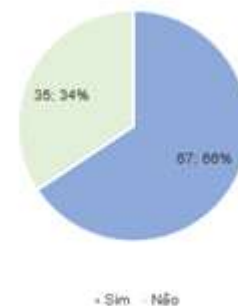
- Definir no PDM regras relacionadas com uso e ocupação do solo que aumentem a resiliência ao risco e reduzam a exposição
- Falta de informação sobre a evolução do perigo



Documentos fundamentais

	N.º	%
Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT)	95	93,1
Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC 2020)	62	60,8

Pertinência da adaptação



« Sim - Não »

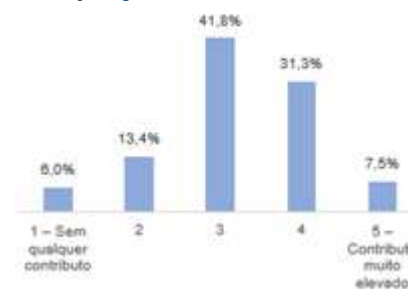
Fonte: Inquérito aos municípios (2023)

É importante a adaptação do município?

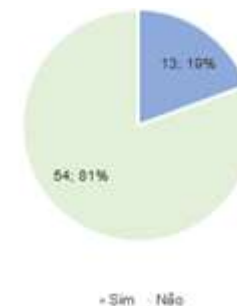


Fonte: Inquérito aos municípios (2023)

PDM contribui para a adaptação?



PDM inclui boas práticas de adaptação? Quais?



« Sim - Não »

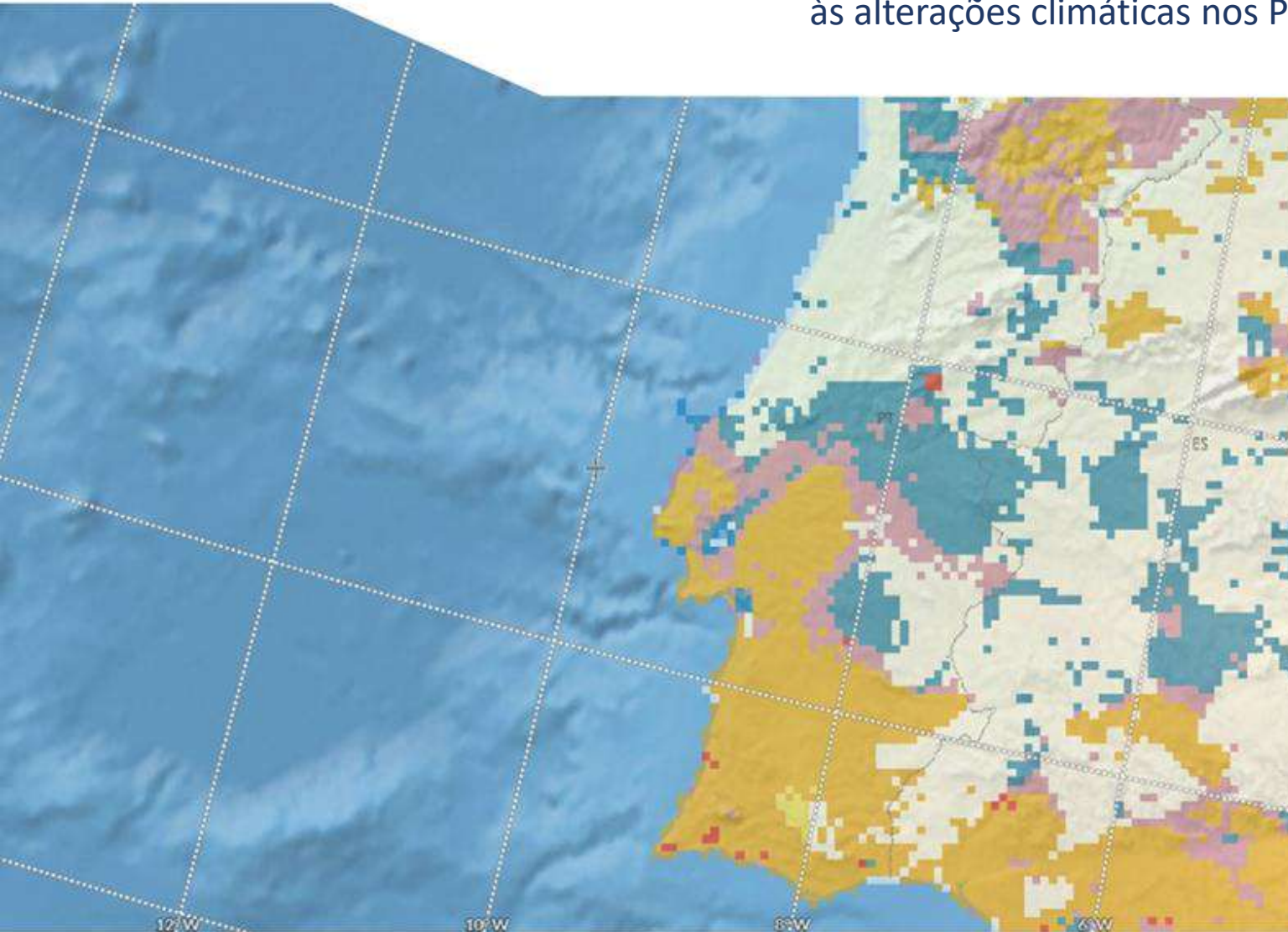
Dificuldades na integração da adaptação

	N.º	%
Dificuldade em definir regras relacionadas com uso e ocupação do solo que aumentem a eficiência hídrica	26	38,8
Falta de informação sobre a evolução das secas e da precipitação no seu concelho até 2100	23	34,3
Dificuldade em definir regras sobre a edificação que aumentem a eficiência hídrica	21	31,3

Conclusão

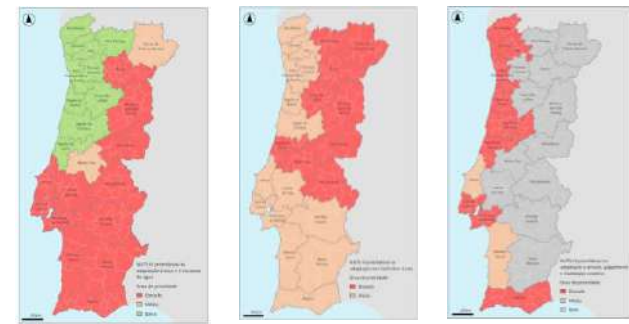
- Os instrumentos de adaptação **não estão a ter os desejados impactes no ordenamento do território**
 - i. falta de integração e coordenação entre as várias equipas técnicas das autarquias;
 - ii. reduzida profundidade e assertividade como as EMAAC abordaram a questão do OT;
 - iii. desarticulação entre o calendário de revisão dos PDM e a elaboração dos planos de adaptação.
- É preciso um **processo robusto, continuado e persistente de capacitação** dos técnicos municipais e das várias entidades que participam na elaboração dos PDM;
- É necessário **aumentar os níveis de sensibilidade técnica e política para os impactes das alterações climáticas**
- É importante **compreender as disparidades regionais de sensibilidade**, para melhor **definir estratégias de capacitação** com cada uma das CCDR, de forma a melhor responder às necessidades específicas dos municípios.
- É preciso otimizar e potenciar os resultados dos trabalhos (técnicos e financeiros)

WP8D – Orientações e boas práticas para a integração da adaptação às alterações climáticas nos Planos Diretores Municipais



- promover e integrar a adaptação às AC no planeamento e ordenamento do território, com vista à construção de melhores respostas aos impactes previstos
- desenvolver metodologias e critérios para a integração da vulnerabilidades às AC e impactes futuros no planeamento territorial.
- Apoiar os decisores e técnicos envolvidos na missão de melhorar a resiliência dos seus territórios aos riscos associados aos perigos climáticos do Roteiro no contexto da elaboração dos respetivos PDM.

Medida de Adaptação	Sinergias	Contributo para ODS																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 Restrições e incentivos de proteção e promoção do uso eficiente dos recursos hídricos																		
2 Reutilizar recursos hídricos e utilizar origens alternativas																		
3 Reabilitar sistemas de distribuição e armazenamento de água																		
4 Rega urbana eficiente																		
5 Desenho urbano e construção water-sensitive																		
6 Infraestrutura verde urbana																		
7 Refer água para usos agrícolas e práticas agrícolas adaptadas																		
8 Usar espécies autóctones ou adaptadas																		
9 Reabilitar, renaturalizar ou conservar cursos de água e galerias ripícolas																		



Qual o contexto?
Conhecer o problema, a relação entre o ordenamento do território e adaptação climática e os principais conceitos.

Que co-benefícios?
Conhecer outros benefícios que as medidas de adaptação permitem obter.

Quais os constrangimentos?
Conhecer os principais constrangimentos na adoção das medidas de adaptação

Qual a relação com uso do solo?
Saber em que classes e categorias de uso do solo se aplicam as medidas de adaptação.

Qual a prioridade?
Conhecer o grau de prioridade de adaptação do Município em função dos cenários projetados?

Como adaptar?
Saber que medidas e formas de adaptação ao perigo climático podem ser adotadas.

Como integrar?
Saber como integrar a adaptação às alterações climáticas nos vários conteúdos documentais do PDM e que boas práticas existem.

Medida de Adaptação	Tipologias de Constrangimentos					
	Condições ambientais	Recursos hídricos	Disponibilidade de tecnologia e inovação	Capacidade humana e de recursos	Impactos ambientais	Normas técnicas
Restrições e incentivos de proteção e promoção do uso eficiente dos recursos hídricos						
Reutilizar recursos hídricos e utilizar origens alternativas						
Reabilitar sistemas de distribuição e armazenamento						
Rega urbana eficiente						
Desenho urbano e construção water-sensitive						
Infraestrutura verde urbana						
Refer água para usos agrícolas e práticas agrícolas adaptadas						
Usar espécies autóctones ou adaptadas						
Reabilitar, renaturalizar ou conservar cursos de água e galerias ripícolas						

Medida de Adaptação	Classificação do solo											
	Urbanas						Rurais					
1 Restrições e incentivos de proteção e promoção do uso eficiente dos recursos hídricos												
2 Reutilizar recursos hídricos e utilizar origens alternativas												
3 Reabilitar sistemas de distribuição e armazenamento de água												
4 Rega urbana eficiente												
5 Desenho urbano e construção water-sensitive												
6 Infraestrutura verde urbana												
7 Refer água para usos agrícolas e práticas agrícolas adaptadas												
8 Usar espécies autóctones ou adaptadas												
9 Reabilitar, renaturalizar ou conservar cursos de água e galerias ripícolas												



1 Restrições e incentivos de proteção e promoção do uso eficiente dos recursos hídricos	1 Faixas de gestão de combustível	1 Interditar e condicionar o uso e ocupação do solo nas áreas expostas ao perigo
2 Reutilizar recursos hídricos e utilizar origens alternativas	2 Controlar e aproveitar a biomassa florestal	2 Acomodar infraestruturas e edificações
3 Reabilitar sistemas de distribuição e armazenamento	3 Promover a atividade agroflorestal	3 Alimentar praias e conservar sistemas dunares
4 Rega urbana eficiente	4 Promover mosaicos florestais	4 Estabilizar arribas
5 Desenho urbano e construção water-sensitive	5 Reflorestar e usar espécies florestais autóctones ou adaptadas	5 Renaturalizar e regenerar zonas costeiras
6 Infraestrutura verde urbana	6 Adaptar e proteger infraestruturas	6 Construir e acomodar obras de proteção costeira
7 Refer água para usos agrícolas e práticas agrícolas adaptadas	7 Instalar meios de vigilância e reforçar meios de combate a incêndios	7 Recuar planeadamente
8 Usar espécies autóctones ou adaptadas		
9 Reabilitar, renaturalizar ou conservar cursos de água e galerias ripícolas		

C. Como integrar a adaptação às alterações climáticas nos PDM?

Formas de Integração	Como? (Exemplos)
Estratégica	• Cenários de desenvolvimento territorial • Visões de desenvolvimento sustentável de médio e longo prazo • Princípios de uso e ocupação do solo • AAE - cenários e fatores críticos de decisão
Regulamentar	• Disposições regulamentares relativas ao uso e ocupação do solo e às formas de edificação • Zonamento de áreas expostas a riscos climáticos
Operacional	• Obras de proteção costeira, adaptação de infraestruturas de drenagem, eficiência hídrica de edifícios públicos, criação/adaptação de espaços verdes, realocização de edifícios, ...
Governança Territorial	• Criação de grupos de trabalho específicos, realização de seminários ou workshops temáticos, mecanismos de monitorização climática,...

Exemplo de ficha de medida de adaptação

5

Desenho urbano e construção *water-sensitive*

Conceito

O desenho urbano e construção *water-sensitive* pretende proteger e reutilizar a qualidade da água e os ecossistemas, podendo ser implementado em várias escalas, desde um único edifício até áreas urbanas mais amplas, concorrendo para a concretização do conceito de "cidade esponja".

Os princípios-chave são a consideração, durante o processo de planeamento urbano, de todos os elementos do ciclo da água e das suas interconexões, visando a obtenção de um ambiente natural saudável e que atende às necessidades humanas.

Esta medida visa também otimizar a integração sustentável do ciclo da água no planeamento e gestão urbana. O reconhecimento do potencial impacto da seca e escassez de água enquanto perigo climático reforça a expressão das medidas de promoção da eficiência hídrica nos instrumentos de adaptação às alterações climáticas. Estes refletem um substancial foco no reaproveitamento de águas pluviais e residuais, bem como na melhoria ou construção de infraestruturas de retenção e eficiência de distribuição de recursos hídricos.

Metodologia de interação da adaptação no PDM

As construções e o urbanismo *water sensitive*, são edifícios ou áreas projetadas para gerir eficientemente o ciclo da água e promover a sustentabilidade hídrica.

Esta medida contempla um amplo e integrado leque de intervenções como: coberturas verdes de edifícios; criação de pavimentos permeáveis e a despavimentação de áreas artificializadas; criação de áreas verdes projetadas para captar, filtrar e armazenar água da chuva, geralmente por meio de bacias ou depressões no solo plantadas com vegetação nativa ou adaptada; construção de sistemas de reutilização de água que recolhem, tratam e reutilizam águas cinzentas (provenientes de lavatórios, chuveiros, etc.) ou águas pluviais para fins não potáveis, como a rega de jardins, descargas de sanitários e limpezas; e sistemas de drenagem verde, como valas de infiltração, *swales* e bacias de retenção.

A sua amplitude e diversidade de formas de realização faz com a sua concretização no âmbito do PDM possa ser conseguida de múltiplas formas, tanto ao nível regulamentar, através da regulação das obras de construção e urbanização, como operacional, através da criação/requalificação de espaços e equipamentos públicos.

Natureza	Documento de integração	Metodologia de integração	Fase de desenvolvimento		
			Estudos de Caracter.	Proposta de Plano	Discussão Pública
 Estratégica	Estratégia do Plano	Assinalar a necessidade de poupar, racionalizar e utilizar de forma mais eficiente a água nos princípios e objetivos estratégicos relevando-se a importância desse objetivo ser alcançado no âmbito dos processos de urbanização, regeneração e reabilitação urbana.		●	
	Relatório Ambiental (AAE)	- Destacar a resiliência e a adaptação aos perigos de seca e escassez de água como uma questão estratégica do Plano, no Relatório de Definição de Âmbito. - Identificar a Resiliência aos Perigos de seca e escassez de água como um Fator Crítico para a Decisão no Relatório de Definição de Âmbito e no Relatório Ambiental. - Considerar as projeções de redução de precipitação e disponibilidade hídrica até ao final do século nos cenários.		●	
 Regulamentar	Regulamento	Definir no regulamento do PDM as disposições normativas relativas à adoção de soluções de técnicas que promovam o desenho urbano e a construção <i>water sensitive</i>, no que respeita aos espaços e equipamentos públicos.		●	
		Definir no regulamento do PDM as disposições normativas relativas à adoção de soluções de técnicas que promovam o desenho urbano e a construção <i>water sensitive</i>, no que respeita aos espaços e equipamentos públicos.		●	

 Operacional	Programa de execução e Plano de financiamento	- a sua programação temporal, os montantes de investimento associados e as entidades a envolver. - Identificar no Programa de Execução as intervenções prioritárias do Município. - Identificar no Programa de Execução as intervenções que visem aumentar a sensibilidade à água dos espaços urbanos (por exemplo: a despavimentação de áreas artificializadas; a integração ou adaptação de sistemas de reutilização de água que recolham, tratem e reutilizem águas pluviais; a criação de áreas verdes projetadas para captar, filtrar e armazenar água da chuva; a criação de sistemas de drenagem verde, como valas de infiltração, <i>swales</i> e bacias de retenção), bem como a sua programação temporal, os montantes de investimento associados e as entidades a envolver.			
 Governança territorial		Realizar sessões temáticas para sensibilizar e debater a necessidade de promover a maior sensibilidade à água no setor da construção.			
Práticas de Referência					
Forma de integração	Medidas			Instrumentos (Exemplos)	
Exemplos de medidas previstas em Planos Municipais ou Intermunicipais de Adaptação					
 Estratégica	Promover a implementação de sistemas de recuperação de águas pluviais em novas construções.			EMAAC Guarda	
 Regulamentar	Incorporar medidas de redução do consumo e de reutilização de águas cinzentas e/ou pluviais em processos de reabilitação urbana.			PIAAC Alentejo Central, Oeste	
	Introdução de materiais / tecnologias nos edifícios e / ou no espaço público, para promover a eficiência de recursos e o bem-estar (ex.: sistemas de gestão de rega, de água, de resíduos, de energia e qualidade do ar; reaproveitamento de águas residuais / pluviais; soluções de ensombramento), desenvolvimento de projetos piloto em várias áreas.			EMAACs Almeirim, Alpiarça, Azambuja, Benavente, Cartaxo, Chamusca	
 Operacional	Promoção do aumento da eficiência do uso de água em sistemas prediais e instalações coletivas.			- PMAACs Cascais, Vila Franca de Xira - PMAAC AML	
	Recuperar água da chuva para rega, promovendo inclusive um design dos arruamentos e dos passeios que contribua para o seu encaminhamento para a rega das árvores e áreas ajardinadas em espaço urbano - water harvesting.			- PMAAC Loures, Vila Franca de Xira - PIAAC Alto Alentejo, Baixo Alentejo	
Exemplos de medidas de adaptação integradas Planos Diretores Municipais					

Exemplos de medidas de adaptação previstas em instrumentos de adaptação e exemplos de medidas integradas em PDM em vigor

5. Glossário

Adaptação - Nos sistemas humanos, é o processo de adaptação ao clima atual ou esperado e os seus efeitos, a fim de moderar danos ou explorar oportunidades benéficas. Nos sistemas naturais, é o processo de ajustamento ao clima atual e os seus efeitos; a intervenção humana pode facilitar o ajustamento ao clima esperado e aos seus efeitos.

Agricultura de Conservação - método agrícola focado na sustentabilidade e na proteção do ambiente, caracterizado por três princípios fundamentais: mínima perturbação do solo, manutenção de uma cobertura vegetal permanente e rotação de culturas. Este sistema visa melhorar e conservar a qualidade do solo, água e biodiversidade, promovendo ao mesmo tempo a eficiência económica das atividades agrícolas. Através da redução do revolvimento do solo, procura-se preservar a sua estrutura e minimizar a erosão, enquanto a cobertura vegetal constante ajuda a manter a humidade, reduzir a compactação e aumentar o sequestro de carbono. A rotação de culturas contribui para a saúde do solo, minimizando pragas e doenças.

Áreas artificializadas - espaços significativamente modificados ou construídas, substituindo o ambiente natural por estruturas urbanas, como edificações, estradas e outras infraestruturas. Essas áreas caracterizam-se pela alteração da cobertura do solo original, com a redução de espaços verdes e da permeabilidade do solo, impactando diretamente os ecossistemas locais, os ciclos hidrológicos e a biodiversidade.

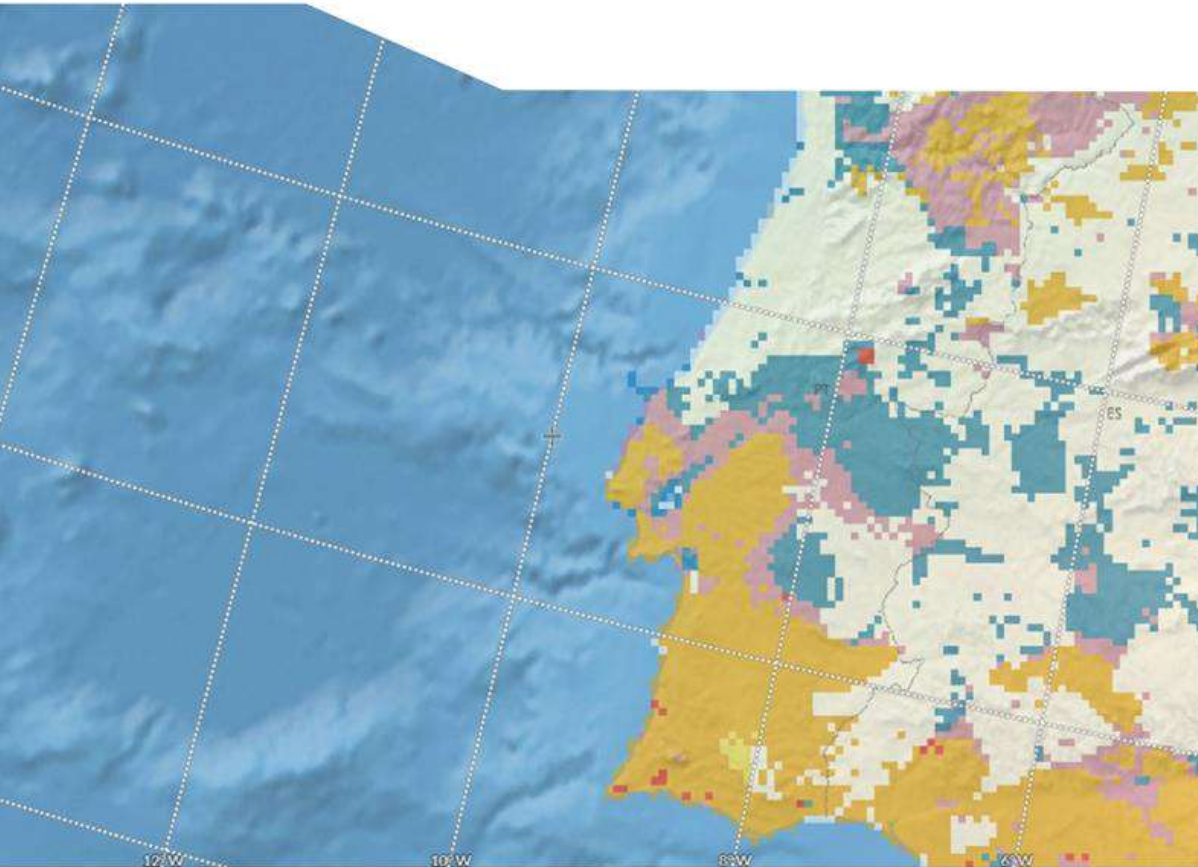
Avaliação dos riscos - Corresponde à estimativa científica qualitativa e/ou quantitativa dos riscos.

Balanço hidrológico - Balanço de água que resulta da quantidade de água que entra e que sai de uma certa porção do solo num determinado intervalo de tempo.

Capacidade de adaptação (ou adaptativa) - Capacidade que um sistema, instituição, Homem ou outros organismos têm para se ajustar aos diferentes impactes

WP7B - Revisão do panorama atual sobre a adaptação às alterações climáticas nos planos e programas territoriais

WP8D – Orientações e boas práticas para a integração da adaptação às alterações climáticas nos PDM



Muito Obrigada

Ana Sofia Rizzone (anasofia.santos@dgterritorio.pt)