









# FICHA CLIMÁTICA

## BRAGA

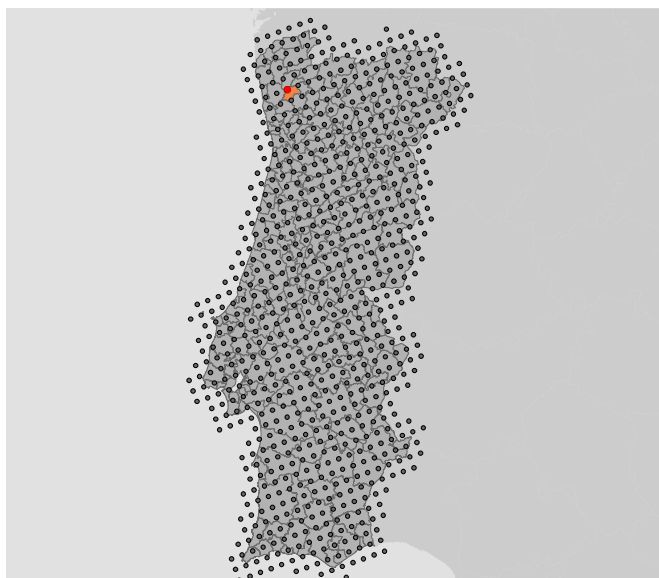
Esta ficha climática é parte integrante do 'Manual para a avaliação de vulnerabilidades futuras' (passo 2 do ADAM) e foi produzida no âmbito do projeto ClimAdaPT.Local.

Para mais informação sobre conceitos associados aos dados aqui apresentados, consultar o manual ou entrar em contacto com a equipa do projeto através do responsável regional.

### 1. QUADRO RESUMO

Variável climática	Sumário	Alterações projetadas
	 Diminuição da precipitação média anual	<p><b>Média anual</b> Diminuição da precipitação média anual (entre 5 e 21%) no final do séc. XXI.</p> <p><b>Precipitação sazonal</b> Nos meses de inverno não se verifica uma tendência clara (podendo variar entre -15% e +16%), projetando-se uma diminuição no resto do ano, que pode variar entre 5% e 28% na primavera e entre 7% e 33% no outono.</p> <p><b>Secas mais frequentes e intensas</b> Diminuição do número de dias com precipitação, entre 11 e 28 dias por ano. Aumento da frequência e intensidade das secas no sul da Europa [IPCC, 2013].</p>
	 Aumento da temperatura média anual, em especial das máximas	<p><b>Média anual e sazonal</b> Subida da temperatura média anual, entre 2°C e 4°C, no final do século. Aumento acentuado das temperaturas máximas no outono e verão (entre 2°C e 6°C).</p> <p><b>Dias muito quentes</b> Aumento do número de dias com temperaturas muito altas (<math>\geq 35^{\circ}\text{C}</math>), e de noites tropicais, com temperaturas mínimas <math>\geq 20^{\circ}\text{C}</math>.</p> <p><b>Ondas de calor</b> Ondas de calor mais frequentes e intensas.</p>
	 Diminuição do número de dias de geada	<p><b>Dias de geada</b> Diminuição acentuada do número de dias de geada.</p> <p><b>Média da temperatura mínima</b> Aumento da temperatura mínima, entre 1°C e 3°C no inverno, sendo maior (entre 2°C e 5°C) no verão e outono.</p>
	 Aumento dos fenómenos extremos de precipitação	<p><b>Fenómenos extremos</b> Aumento dos fenómenos extremos, em particular de precipitação intensa ou muito intensa (projeções nacionais) [Soares <i>et al.</i>, 2015]. Tempestades de inverno mais intensas, acompanhadas de chuva e vento forte (projeções globais) [IPCC, 2013].</p>

**Tabela 1** | Resumo das principais alterações climáticas projetadas para Braga até ao final do século XXI (apresentação gráfica da imagem adaptada de 'Climate Change Adaptation Strategy' de Vancouver ©).



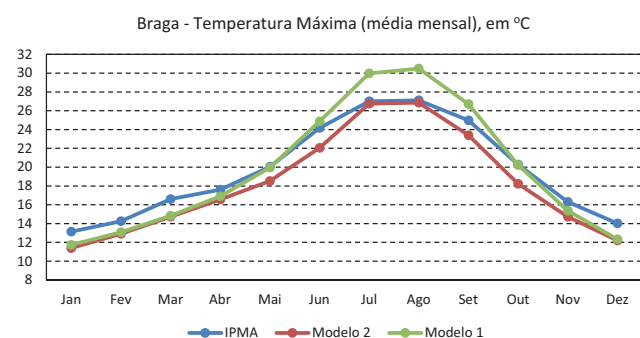
**Figura 1** | Localização do ponto da grelha selecionado para caracterizar o clima futuro de Braga.

### 3. PRESSUPOSTOS E INCERTEZAS

Os dados apresentados nesta ficha representam a mais recente informação desenvolvida de forma sistemática para Portugal Continental e em linha com o 5º Relatório de Avaliação do IPCC.

Foi utilizada uma nova abordagem (*Representative Concentration Pathways* ou *RCPs*) para o desenvolvimento de cenários de emissões, pelo que os resultados não devem ser diretamente comparados com a anterior metodologia (*Special Report on Emission Scenarios* ou *SRES*) que foi aplicada, por exemplo, nos projetos SIAM. A partir de uma concentração atual de CO<sub>2</sub> que ronda as 400ppm (partes por milhão), as duas projeções de emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) utilizadas nesta ficha representam:

- **RCP4.5:** uma trajetória de aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico até 520ppm em 2070, aumentando de forma mais lenta até ao final do século;
- **RCP8.5:** uma trajetória de crescimento semelhante até meio do século, seguida de um aumento rápido



**Figura 2** | Comparação entre os valores observados (IPMA) e os modelados para o clima presente - cidade de Braga.

## 2. FICHA TÉCNICA

**BI:** Braga

**Região:** Norte

**Período referência:** 1976-2005

**Períodos cenários:** 2041-2070 e 2071-2100

**Modelos:** HadGEM2-SMHI-RCA4 [Modelo 1] e EC-EARTH-KNMI\_RACMO22E [Modelo 2]

**Resolução espacial:** grelha de  $\approx 11\text{km}$  ( $0,11^\circ$ )

**Projeções (concentrações GEE):** RCP4.5 e RCP8.5

e acentuado, atingindo uma concentração de CO<sub>2</sub> de 950ppm no final do século.

Foram utilizados dois modelos climáticos (ver ficha técnica) cujos dados foram regionalizados para a Europa pelo projeto CORDEX. Foi selecionado o ponto da grelha mais próximo do concelho de Braga (Figura 1) para o qual foram obtidos os valores diários de temperatura máxima, média e mínima; precipitação e velocidade do vento. Para cada uma destas variáveis climáticas foram calculadas as médias mensais, sazonais e anuais, assim como alguns valores extremos, nomeadamente o número de dias acima de determinados limiares (média por ano, relativamente a períodos de 30 anos).

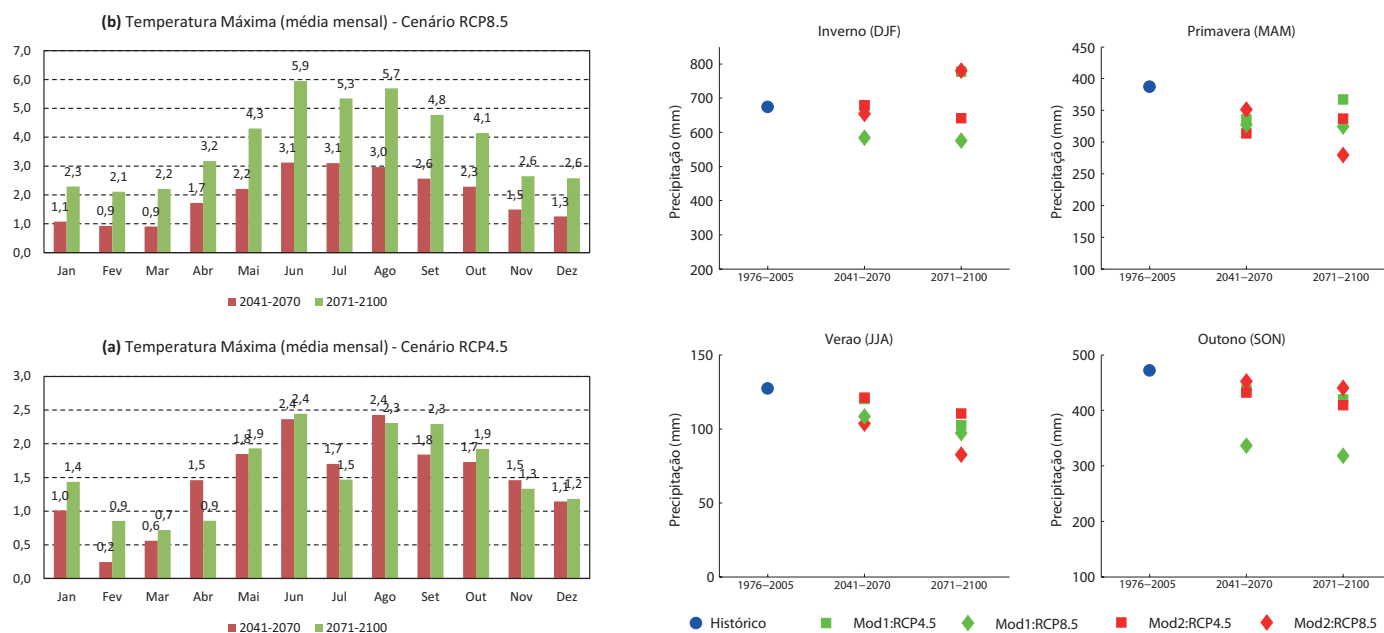
De forma a identificar as anomalias projetadas entre o clima atual e futuro, todos os cálculos foram realizados para três períodos de trinta anos (normais climáticas):

- **1976-2005** (clima atual)
- **2041-2070** (meio do século)
- **2071-2100** (final do século)

Os dados referentes ao clima atual são fornecidos pelos modelos, pelo que apresentam um viés (desvio) relativamente aos dados observados. Este viés, que se pressupõe manter-se ao longo do tempo, pode ser observado na comparação entre os dados modelados e os observados para a média da temperatura máxima em Braga (figura 2). As anomalias da precipitação foram corrigidas através dos dados observados, fornecidos pelo IPMA, utilizando o método delta [Hay *et al.*, 2000].

As figuras apresentadas indicam qual o modelo e o cenário a que se referem. Os textos explicativos podem conter informação não apresentada nas figuras por razões de poupança de espaço.

## 4. PROJEÇÕES CLIMÁTICAS (MÉDIAS)



**Figura 3** | Esquerda - Anomalias da média mensal de temperatura máxima para: (b) RCP8.5 [modelo 2] e (a) RCP4.5 [modelo 2]; Direita - Média da precipitação por estação do ano [ambos os modelos e cenários].

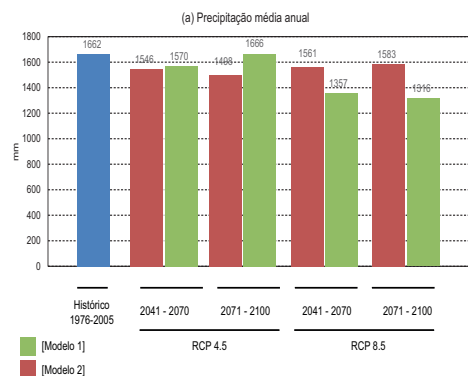
### TEMPERATURA

Ambos os modelos e cenários indicam um aumento da temperatura máxima (média mensal) ao longo do século, embora com trajetórias e variações sazonais diferentes (ver figura 3 para resultados do modelo 2). As anomalias mais elevadas são projetadas para o verão e outono (até 6°C), sendo um pouco menores para a primavera e inverno (até 4°C). Espera-se que a temperatura mínima também aumente de forma acentuada, com os maiores desvios projetados para o verão e outono (até 5°C), sendo menores nas restantes estações (até 3°C na primavera e no inverno). Para a temperatura média anual projeta-se o mesmo comportamento de subida ao longo do século, para ambos os modelos e cenários.

### PRECIPITAÇÃO

As projeções indicam uma diminuição da precipitação média anual que poderá atingir, no final do século, uma redução de até 21% relativamente ao clima atual (figura 4). As reduções projetadas para a primavera e verão são acentuadas (até 28% e 35%, respetivamente) embora a diminuição na primavera possa acarretar maiores consequências já que a atual precipitação no verão é residual. No inverno, a incerteza é maior com as anomalias (RCP8.5) para o final do século a variarem entre uma

diminuição de até 15% [modelo 1] e um aumento de 16% [modelo 2]. Para o outono projeta-se uma redução da precipitação entre 7% [modelo 2] e 33% [modelo 1] no final do século (figura 3).



**Figura 4** | Precipitação média anual no clima atual e nos cenários futuros.

### VENTO

Projeta-se que os valores diários de velocidade do vento (média mensal) poderão manter-se ou diminuir (até 9%) no outono e inverno. Relativamente à primavera e verão, não se projetam modificações substanciais.

## 5. PROJEÇÕES CLIMÁTICAS (EXTREMOS)

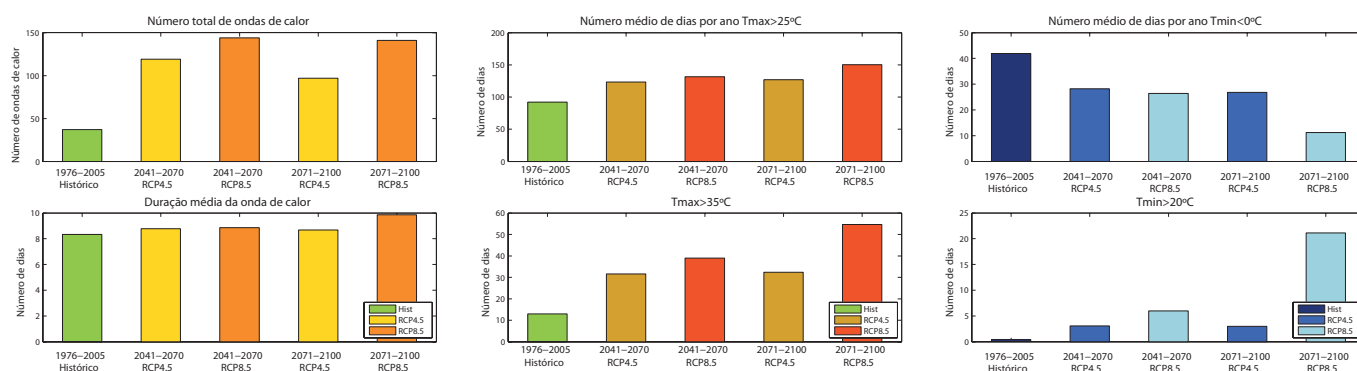
### TEMPERATURA

Projeta-se um aumento considerável no número médio de dias de verão (entre 29 e 56 dias) e do número de dias muito quentes (entre 18 e 43 dias) até ao final do século. O número médio de dias muito quentes (por ano) poderá mesmo chegar a ser mais de quatro vezes superior ao atual (RCP8.5). Projeta-se um aumento substancial da frequência das ondas de calor (podendo chegar a ser três vezes superior no RCP8.5) e um aumento

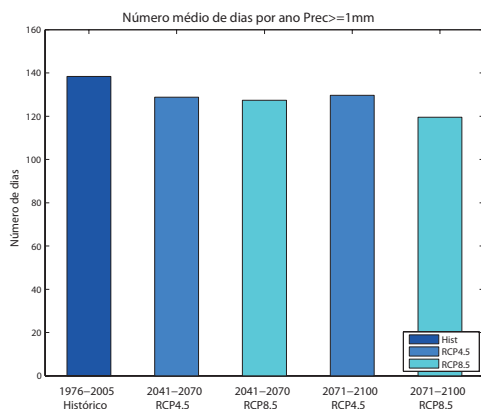
ligeiro da sua duração (em ambos os cenários). Para a frequência de noites tropicais (média anual) projeta-se um aumento substancial que poderá atingir as 21 noites (RCP8.5), enquanto o número de dias de geada poderá diminuir para um quarto do valor atual (RCP8.5).

### PRECIPITAÇÃO

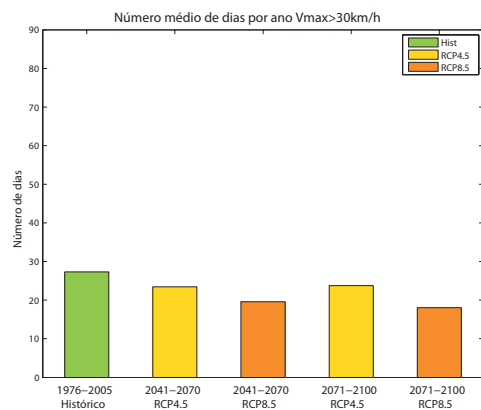
O número de dias de chuva ( $\geq 1\text{mm}$ ) poderá diminuir entre 11 a 21 dias (média anual) [modelo 2] sendo a diminuição mais aparente na primavera e outono.



**Figura 5** | Esquerda - Frequência e duração das ondas de calor: comparação entre o cenário atual e os futuros, exemplo para o [modelo 1]; Centro - Número médio de dias de verão (cima) e número de dias muito quentes (baixo), para períodos de 30 anos no cenário presente e nos cenários futuros [modelo 1]; Direita - número médio de dias de geada (cima) e de noites tropicais (baixo), para períodos de 30 anos no cenário presente e nos cenários futuros [modelo 2].



**Figura 6** | Número médio de dias de chuva [modelo 2].



**Figura 7** | Número médio de dias com vento moderado a forte, ou com intensidade superior [modelo 1].

### VENTO

O número de dias com vento moderado a forte, ou superior ( $> 30\text{ km/h}$ ), poderá diminuir entre 4 a 10 dias no clima futuro [modelo 1]. Em geral, estas ocorrências poderão ser menos frequentes, embora nos meses de inverno exista a possibilidade de um ligeiro aumento.

## 6. REFERÊNCIAS

- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F. et al.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Hay LE et al., 2000. *A Comparison of Delta Change and Downscaled GCM Scenarios for Three Mountainous Basins in the United States*. J Am Water Resour Assoc, 36(2), 387-397.
- Soares, P. et al., 2015. *Climate change and the Portuguese precipitation: ENSEMBLES regional climate models results*. Climate Dynamics 45(7): 1771-1787.

## 7. CÓLOFON

Autores: Tomás Calheiros, Luís Dias, Susana Marreiros, Tiago Capela Lourenço, Filipe Duarte Santos, Sílvia Carvalho. CE3C/CCIAM - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL).