

SEMINÁRIO  
**ONDAS DE CALOR EM LISBOA**

**6 NOVEMBRO 2019**

SALA DO ARQUIVO, PAÇOS DO CONCELHO

CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA

**Ondas de Calor e Ilha de Calor Urbana –  
Lisboa; Clima actual e Projecções futuras**

**Autores: Alfredo Rocha e Rui Silva  
IDAD- Universidade de Aveiro**

**ONDAS**  
de **CALOR**  
**LISBOA**

Co-financiado por:



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo de Coesão

Organização:



Rocha, A., S.C. Pereira, C. Viceto, R. Silva, J. Neto and Martinho Marta-Almeida. **A consistent methodology to evaluate temperature and heat wave future projections in cities: A case study for Lisbon. Submetido à IJC (em revisão)**

Rodrigues, M., Santana, P., Rocha, A. Bootstrap approach to validate the performance of models for **predicting mortality risk temperature in Portuguese Metropolitan Areas. 2019.** Environmental Health: A Global Access Science Source, 18, 1.

Rodrigues, M., Santana, P., Rocha, A. **Effects of extreme temperatures on cerebrovascular mortality in Lisbon:** a distributed lag non-linear model. 2019. International Journal of Biometeorology. DOI 63 4 549 559 10.1007/s00484-019-01685-2

Teixeira, J.C., Fallmann, J., Carvalho, A.C., Rocha, A. **Surface to boundary layer coupling in the urban area of Lisbon** comparing different urban canopy models in WRF 2019 Urban Climate 28. DOI 10.1016/j.uclim.2019.100454 Final

Gonçalves, A., Ornellas, G., Ribeiro, A.C., Maia, F., Rocha, A., Feliciano, M. **Urban cold and Heat Island in the City of Bragança (Portugal).** 2018. Climate, 6, 3. DOI 10.3390/cli6030070 Final

Carvalho, D., Martins, H., Marta-Almeida, M., Rocha, A., Borrego, C. **Urban resilience to future urban heat waves under a climate change scenario: A case study for Porto** urban area (Portugal). 2017. Urban Climate, 19, 1-27. DOI 10.1016/j.uclim.2016.11.005

**Prestação de serviços ao LNEC. Desde 2008. Previsões** de temperatura, radiação, precipitação, vento e pressão atmosférica são utilizados para o desenvolvimento de um **sistema de alerta para problemas de saúde pública associado à contaminação fecal no Tejo (devido às descargas do Caneiro de Alcântara, que desagua junto à doca se Sto. Amaro) e na bacia de Alcântara.**

Co-financiado por:



Organização:



Coimbra 10°C - 15°C

Evora 11°C - 16°C

Faro 14°C - 19°C

Guarda 4°C - 11°C

Leiria 9°C - 16°C

Previsão para esta manhã  
Quarta-feira, 6 de Novembro de 2019



16°C  
12°C

Aveiro



Grupo de Meteorologia e Climatologia  
da Universidade de Aveiro

universidade de aveiro  
CESAM | Dep. de Física

O Tempo

O CLIM@UA

Previsão local para: **Lisboa** [mudar de localidade](#)

Previsões de Campos: [Meteorológicos](#) | [Agitação Marítima](#) | [Oceanográficos](#) | [Outros](#)

### Detalhes para Lisboa

Temperatura

Precipitação total

Vento

Nuvens

Nevoeiro

Humidade relativa

Precipitação convectiva

Precipitação não-convectiva

Nuvens altas

Nuvens médias

Nuvens baixas

Pressão

Radiação solar

Altura de Neve

Neve

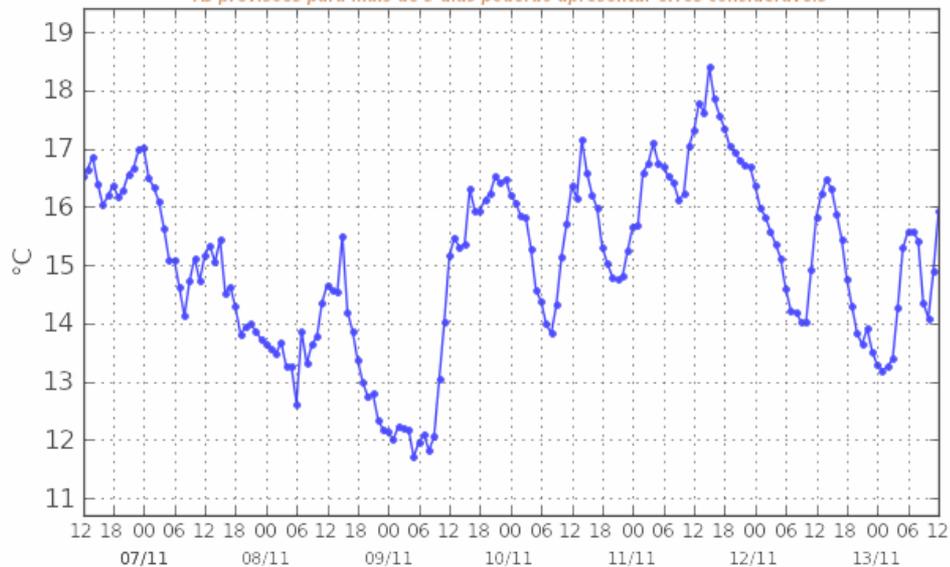
Rajada

Índice de Tempestade (SWEAT Index)

### Lisboa - Temperatura

(hora de verão = hora do gráfico + 1 hora)

As previsões para mais de 3 dias poderão apresentar erros consideráveis



Co-financiado p



INÍCIO / VIDA E FUTURO

# Emergência climática. Cientistas mundiais alertam para "sofrimento incalculável"

Mais de 11 mil cientistas de 153 países subscreveram um artigo no qual sugerem ações concretas em seis etapas de modo a que a humanidade evite consequências catastróficas. Estamos em emergência climática, avisam.

Susete Henriques  
05 Novembro 2019 — 18:32



### TÓPICOS

- alterações climáticas
- Ambiente
- Vida e Futuro
- cientistas

### Relacionados



UNIÃO EUROPEIA  
**Nove em cada 10 portugueses consideram alterações climáticas um problema**



Onze mil cientistas declaram que estamos a viver em emergência climática © NASA

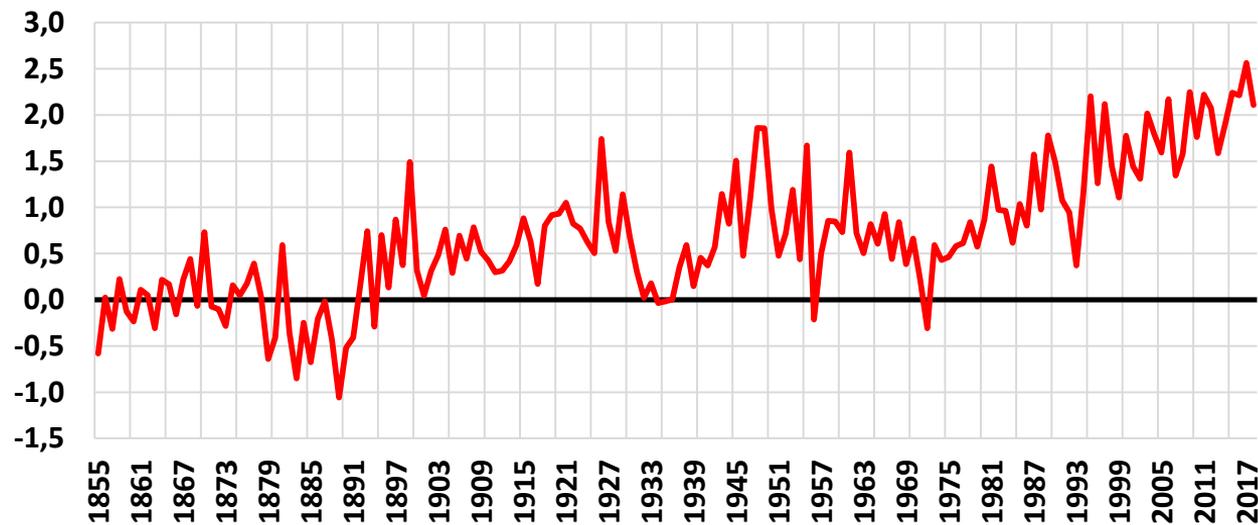
**É** um novo alerta que se faz ouvir bem alto. E, desta vez, é a comunidade científica que levanta a voz para "acordar" a humanidade em defesa do ambiente. Vivemos num

Co-financiado por:



# A temperatura média anual climatológica de Lisboa para o período 1999-2018 aumentou 1,9°C relativamente a 1855-1900 e 0,4°C relativamente a 1986-2005.

T Anom 1855-1900 - Lisboa (Geofísico)



Co-financiado por:



Organização:



# Fase 1 – Estudo do Regime das Ondas Calor na AML – clima atual e futuro

## Objectivo:

Avaliar a frequência, duração, intensidade, das ondas de calor na cidade de Lisboa

- **Clima atual de referência – 1986-2005 HIST**

Cenários climáticos futuros – **RCP8.5**

- **Clima futuro a médio prazo – 2046-2065 MED**
- **Clima futuro a longo prazo – 2081-2100 LONG**

Co-financiado por:



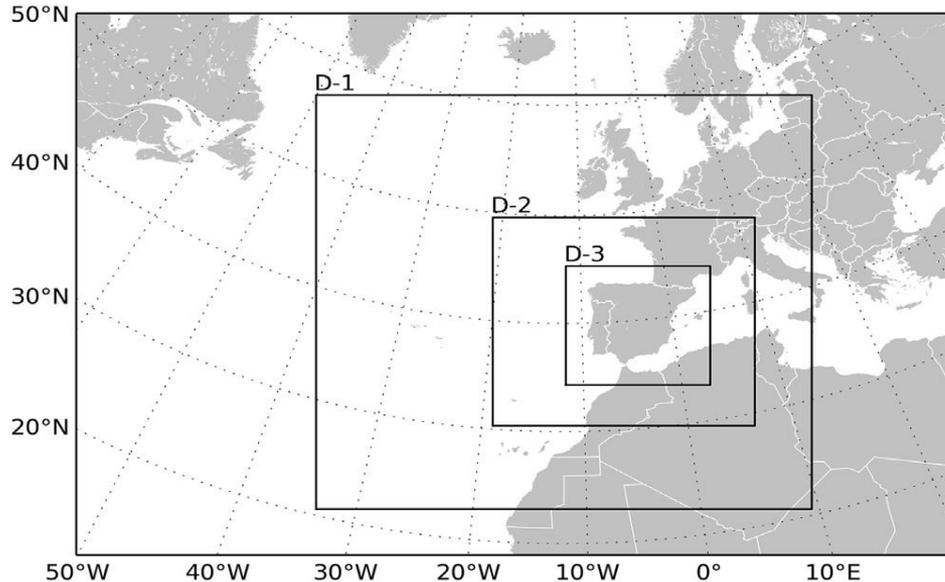
Organização:



# 1. Simulações climáticas e Dados

- **Modelo meteorológico WRF v3.5** (*Weather Research and Forecasting*) forçado por modelo climático global **MPI-ESM-LR** (*Max Planck Institute Earth System Model – low resolution*) (WRF-MPI).
- Dados observados diários em malha sobre terra 11 km **E-OBS** (EOBS daqui em diante) – *European Climate Assessment & Dataset* (ECA&D)

Lisboa ponto da malha nas E-OBS (11 km) e modelo ( 9 km)



## Simulações climáticas

- **ERA/WRF - HIST (1986-2005)**
- **MPI/WRF - HIST (1986-2005)**
- **MPI/WRF - MED (2046-2065)**
- **MPI/WRF - LONG (2081-2100)**

Organização:

- **Dados médios mensais da temperatura da estação meteorológica de Lisboa (Geofísico)**, operada pelo IPMA, obtidos na base de dados do NOAA (GHCN, 2018).
- **Dados de temperatura diária para a AML** e para a onda de calor de 2003 (de 27-07-2003 a 14-08-2003), cedidos pelo IPMA (Jorge Neto)

**Tabela 1** – Estações meteorológicas do IPMA e respectivas coordenadas e ID.

<b>Estação</b>	<b>ID</b>	<b>Latitude (°)</b>	<b>Longitude (°)</b>	<b>Altitude (m)</b>
<b>Lisboa/Geofísico</b>	01200535	38,71907778	-9,14972222	77
<b>Lisboa/Gago Coutinho</b>	01200579	38,76620278	-9,12749444	104
<b>Amadora</b>	01240935	38,75757778	-9,24244167	143
<b>Cascais/Cabo Raso</b>	01210765	38,70903056	-9,48541667	9
<b>Lisboa/Alvalade</b>	01240921	38,75614722	-9,14462778	90
<b>Lisboa/Estefânia</b>	01240924	38,72952222	-9,14332222	79
<b>Lisboa/Baixa</b>	01240925	38,71093333	-9,13405556	8
<b>Lisboa/Benfica</b>	01240931	38,74885278	9,19946944	75
<b>Cacém</b>	01240936	38,76960833	-9,29948611	124

Co-financiado por:



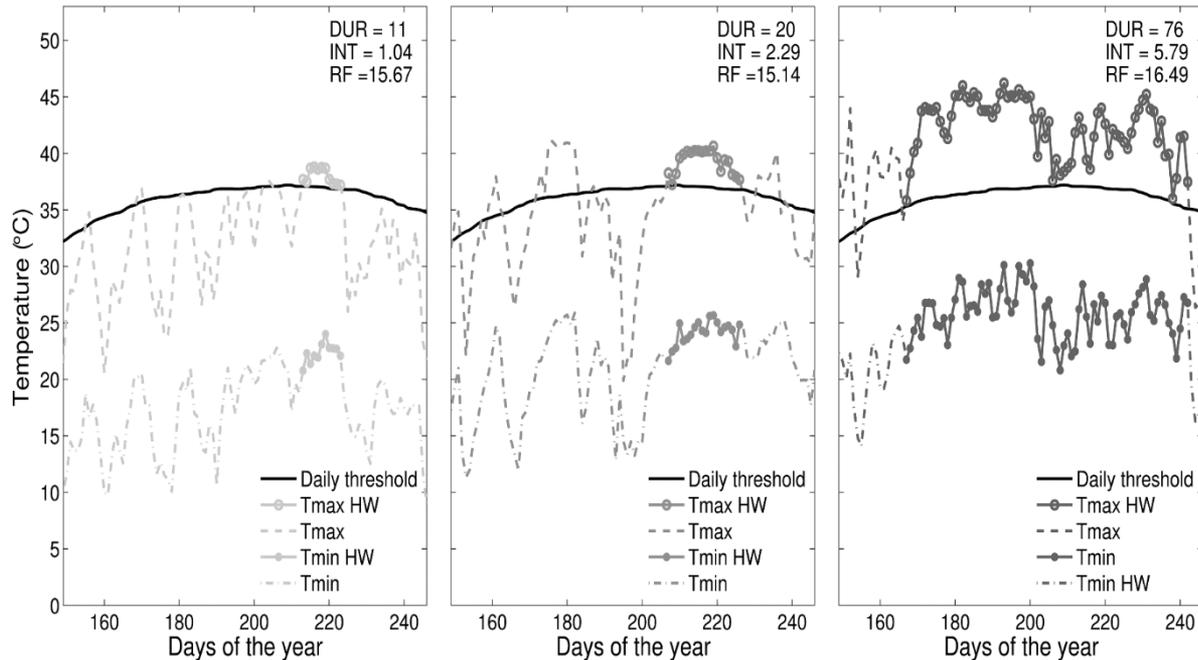
06/11/2019

Organização:



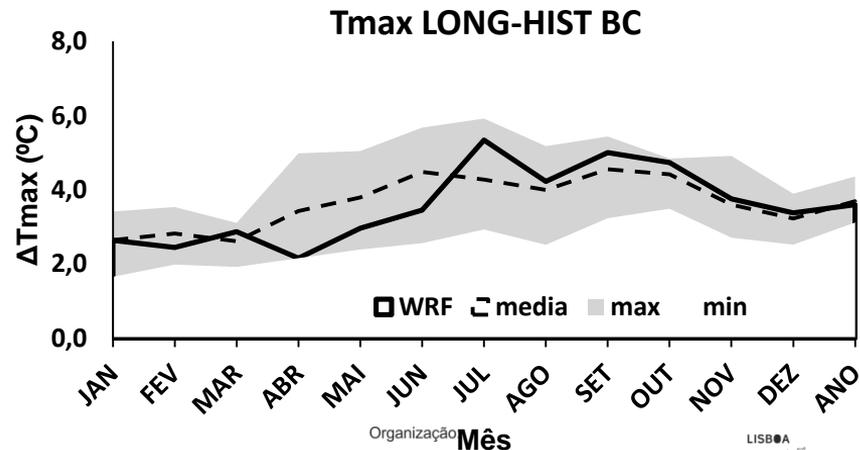
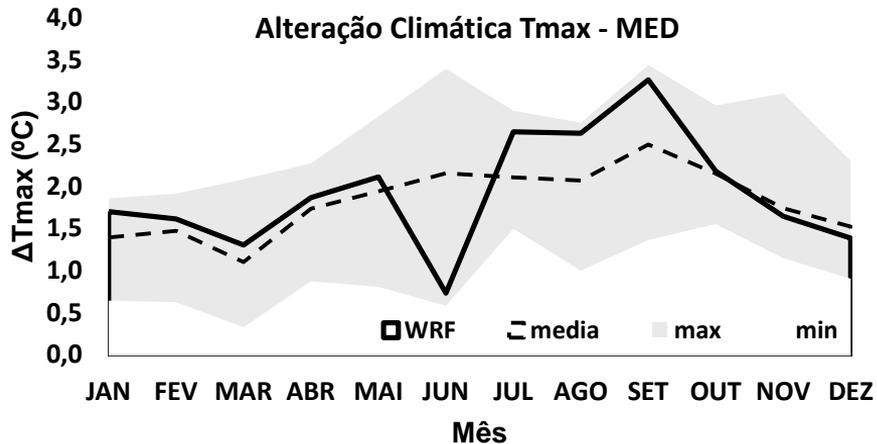
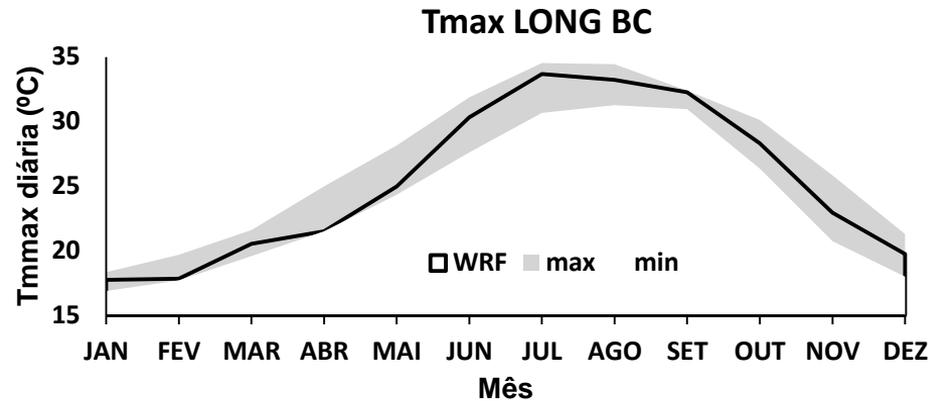
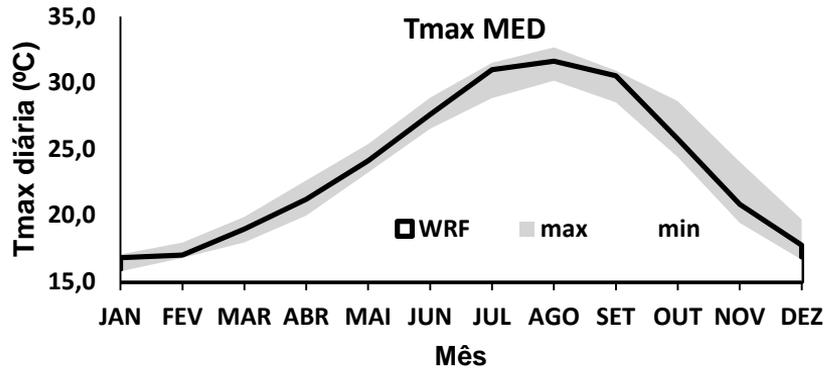
## Onda de calor (HW)

Período com **3 ou mais dias consecutivos** com Tmax em cada dia superior a um **valor crítico de Tmax** igual ao percentil 90 de Tmax climatológico. **HW são fenómenos de larga escala** (centenas/milhares de kms). Podem ser amplificados por factores locais (Ilha de Calor Urbana)



Co-financiado por:

# Alteração climática – cenários futuros



Co-financiado por:

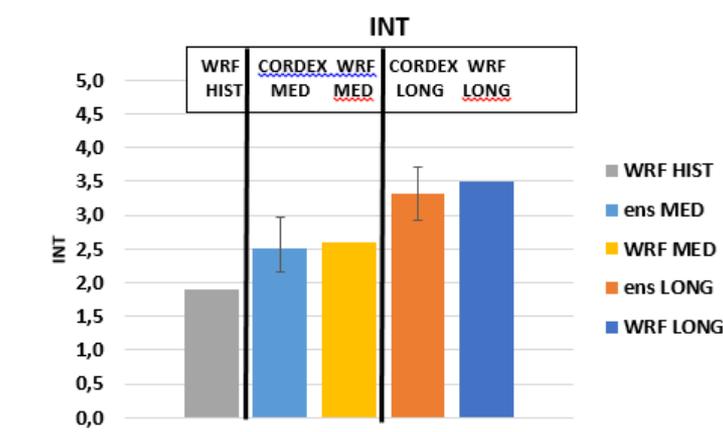
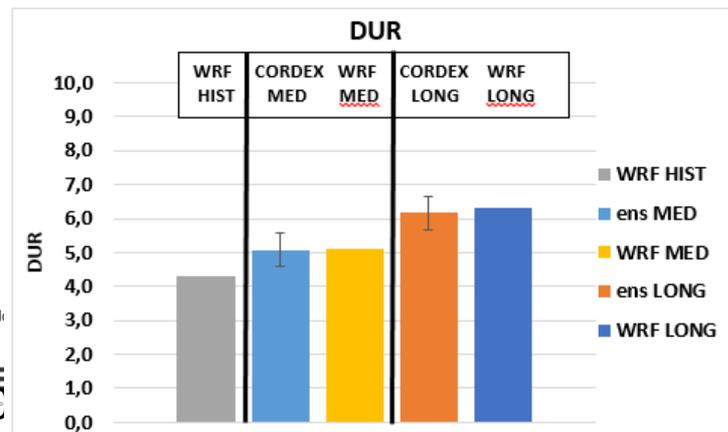
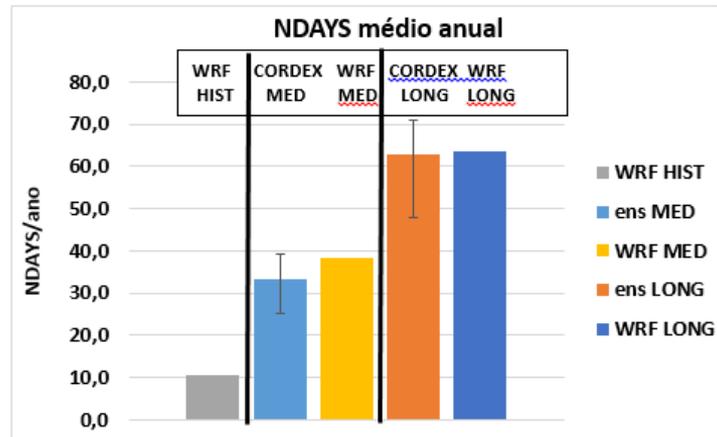
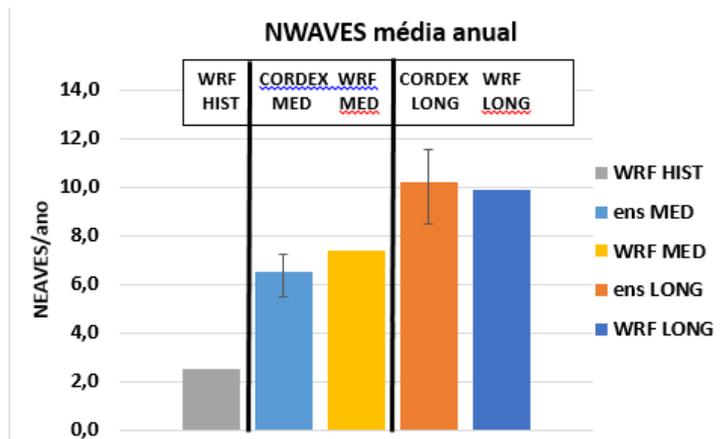


06/11/2019

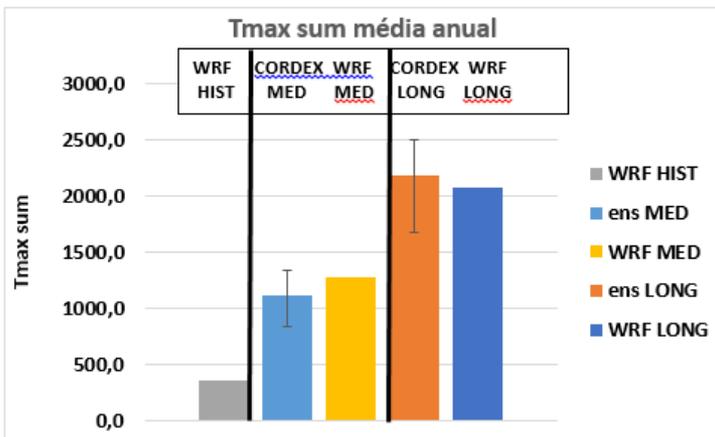
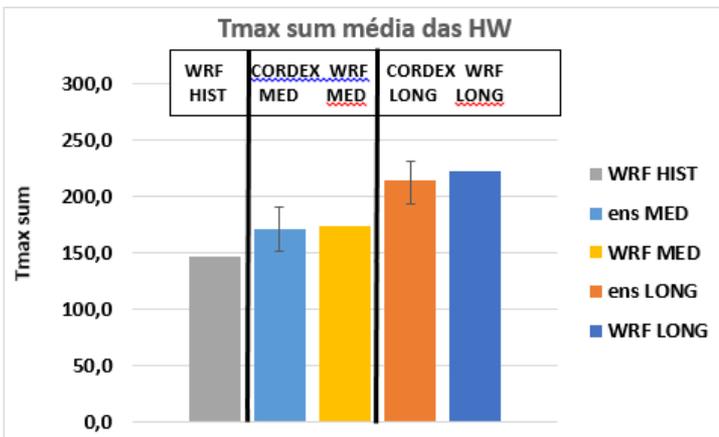
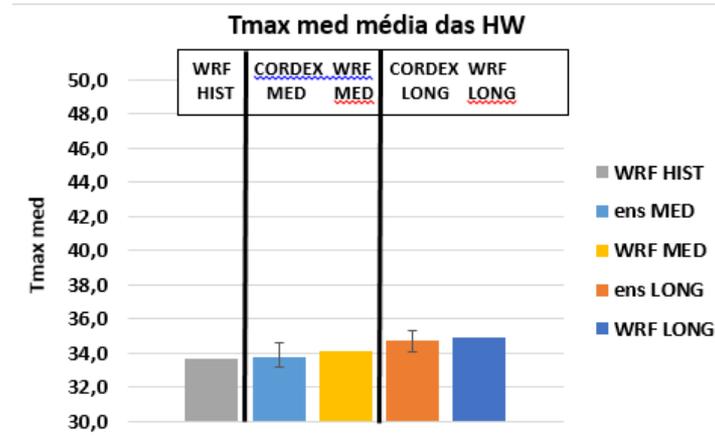
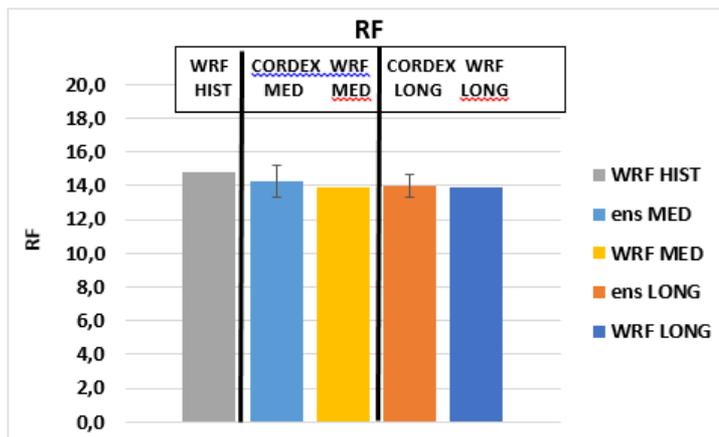
Organização



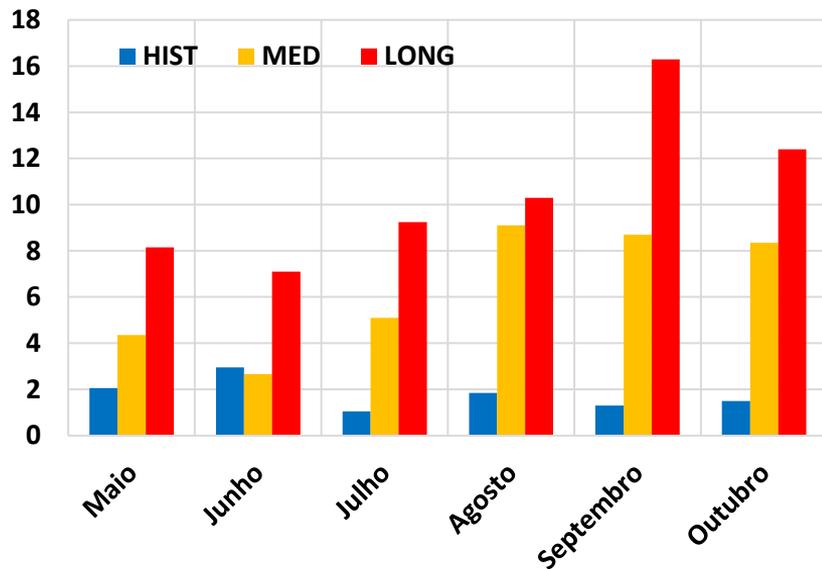
# Alteração climática – cenários futuros



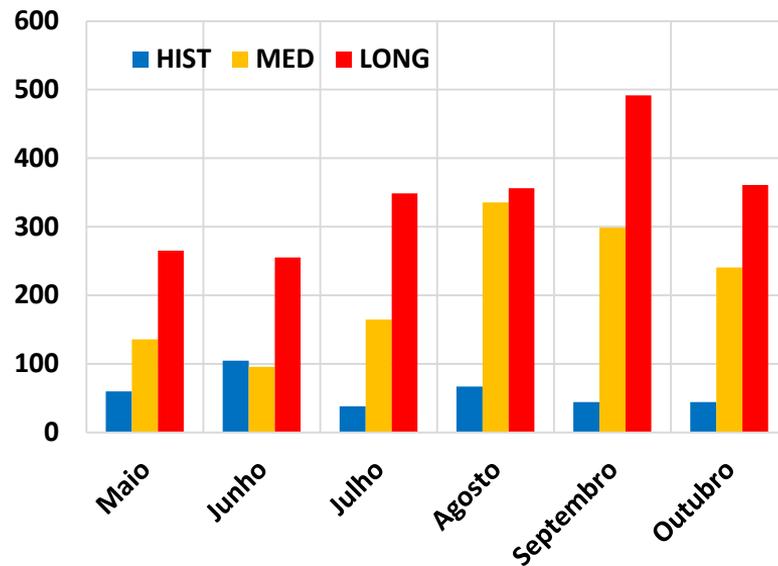
# Alteração climática – cenários futuros



## NDAYS médio mensal



## Tmax sum média mensal das HW



Co-financiado por:



06/11/2019

Organização:



# Fases 2 e 3 – Estudo e Cartografia da Ilha de Calor Urbano para o clima atual e futuro

**Modelo:** WRF-ARW v3.9;

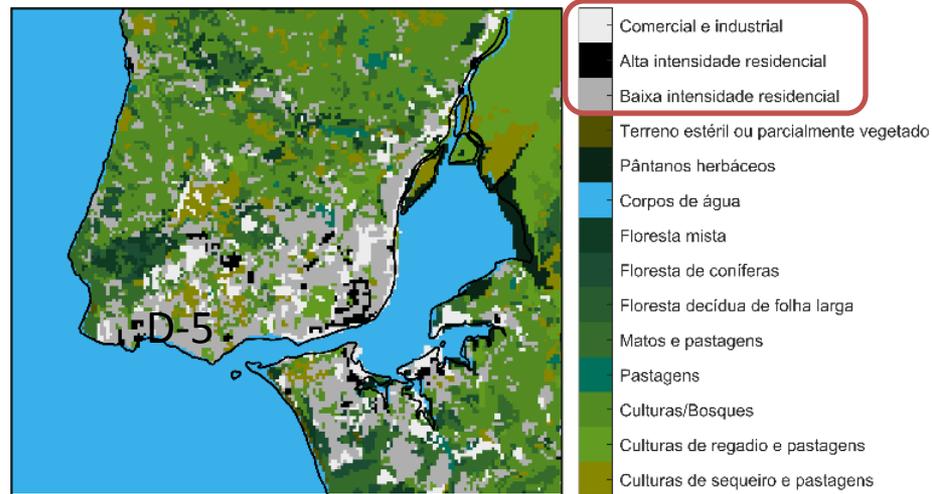
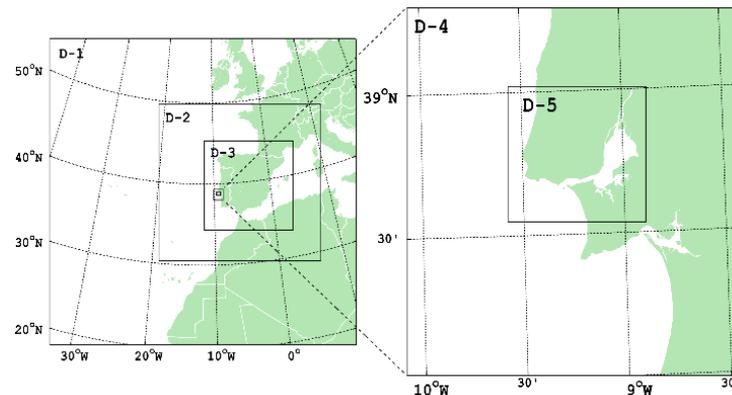
**Domínios:** 5 domínios aninhados (resolução: 81, 27, 9, 1km, **333 m**), com feedback ativo;

## Uso do solo:

- Dados Corine 2012 da agência Europeia do Ambiente, com resolução de ~100 m;
- Classes de uso do solo do Corine reclassificados para as categorias do sistema de classificação USGS 33, seguindo Pineda *et al.* 2004.
- Três classes de uso do solo urbanas – baixa intensidade residencial, alta intensidade residencial, comercial ou industrial.

## Topografia:

- Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) da NASA, com resolução de ~90 m;



# Simulações da ICU com o modelo WRF

## Parâmetros físicos dos modelos de canópia urbana

Caraterística	Classe urbana	Modelo urbano		
		SLUCM	BEP	
Altura dos edifícios (m)	Baixa intensidade residencial (31)	10	5 (15%)	
			10 (70%)	
			15 (15%)	
	Alta intensidade residencial (32)	15	10 (20%)	
			15 (60%)	
			20 (20%)	
	Comercial e industrial (33)	24	15 (10%)	
			20 (25%)	
			25 (40%)	
Largura dos telhados (m)	31	8.3	30 (25%)	
			32	9.4
			33	10
Largura das ruas (m)	31	8.3		
			32	9.4
			33	10
Fração de vegetação (%)	31	50		
			32	10
			33	5

Co-financiado por:

Organização:

# Métodos de avaliação da ICU

## Método 1 - avaliação clássica:

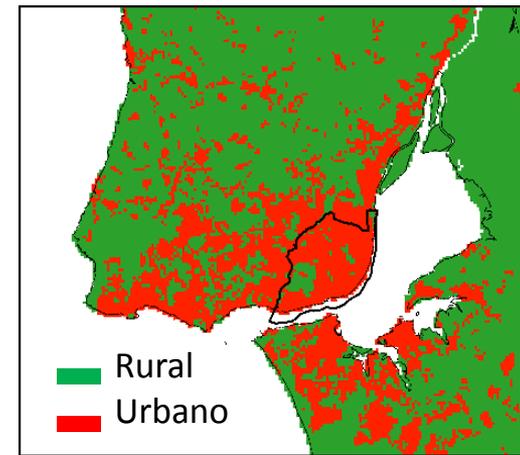
Comparação da temperatura de cada ponto urbano (a vermelho) com a média da temperatura de todos os pontos rurais do domínio (a verde) D-5.

2 fatores: localização e o tipo de superfície (urbano ou rural).

## Método 2 - avaliação local:

Comparação da temperatura de cada ponto urbano com aquela que ocorreria se o ponto não fosse urbano, rural (classes urbanas substituídas pela classe de culturas/bosques).

A ICU em cada ponto depende exclusivamente do tipo de superfície



Com Lisboa



Sem Lisboa



Co-financiado por:



Organização:



# Experiências de simulação

Todas as simulações foram feitas para períodos de onda de calor (HW)

## Clima atual – Forçamento com dados das reanálises ERA-Interim – Onda de Calor de 2003

**Período de HW:** 29/07/2003 às 00h00 a 03/08/2003 às 00h00 (não inclui 24h de spin-up do modelo)

### Objetivos:

1. Comparação da performance do modelo WRF acoplado aos modelos de canóvia urbana de camada simples (SLUCM) e multicamada (BEP) – validação dos resultados com dados de estações meteorológicas do IPMA.
2. Avaliar a intensidade e distribuição da ICU, nos períodos noturno e diurno da HW de 2003 (dizer o período da HW), nas diferentes categorias de uso do solo urbanas utilizando o método 1 e 2.

## Clima atual – Forçamento com dados do modelo climático MPI-ESM-LR – Onda de calor

**Período de HW:** 18/06/2000 às 00h00 a 21/06/2000 às 00h00 (não inclui 24h de spin-up do modelo)

### Objetivos:

1. Introdução do efeito do calor antropogénico.
2. Introdução de esquema de irrigação.
3. Introdução das alterações na cidade futura no uso do solo.

Co-financiado por:



Organização:



# Experiências de simulação

## Clima futuro longínquo – Forçamento com dados do modelo climático MPI-ESM-LR para o cenário RCP8.5

**Período de HW:** a definir

**Objetivo:**

1. Verificar as alterações na intensidade da ICU para um onda de calor extrema de um clima futuro (2081-2100), relativamente ao período histórico e considerando a evolução da cidade em 2100, o calor antropogénico e o esquema de irrigação

Co-financiado por:



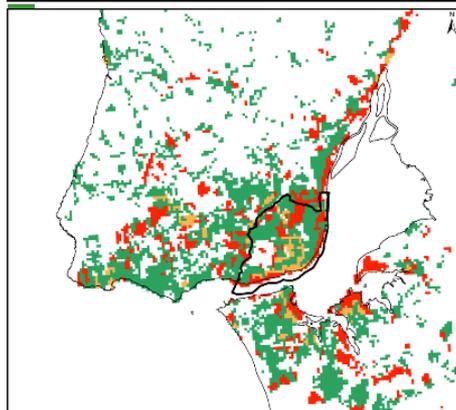
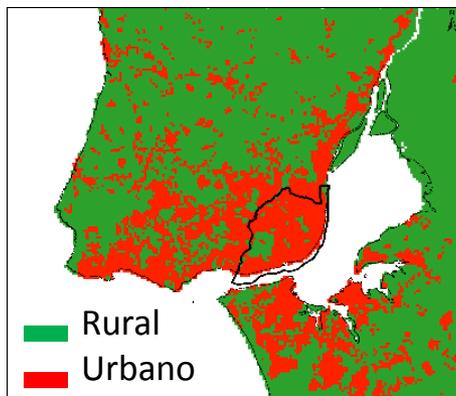
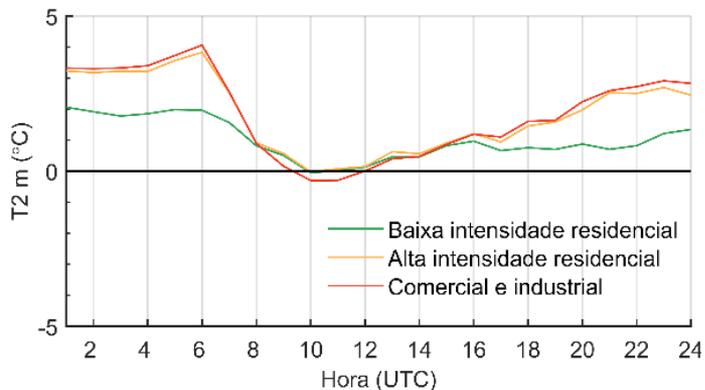
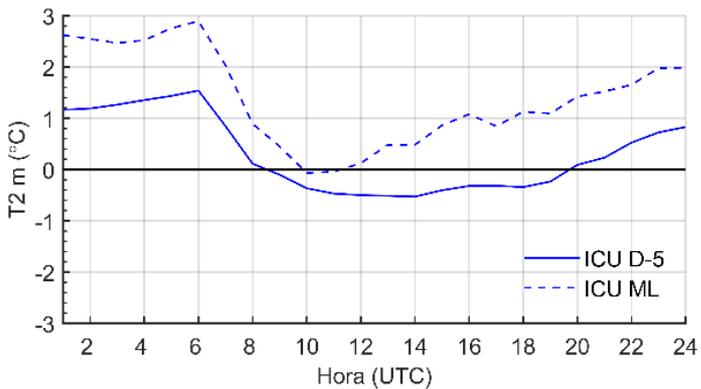
Organização:



# Resultados com modelo de camada simples (SLUCM) - Onda de Calor de 2003

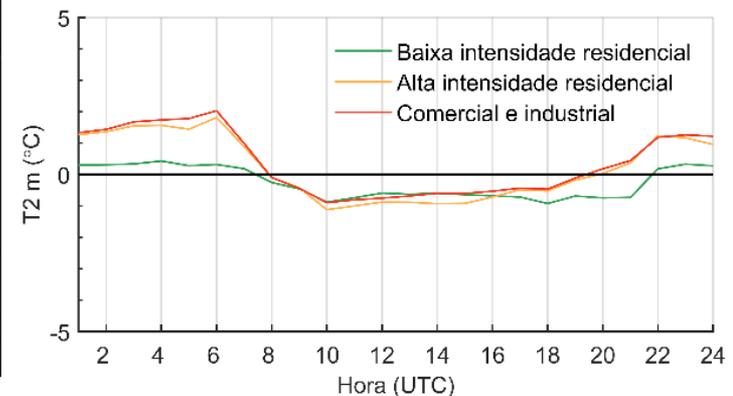
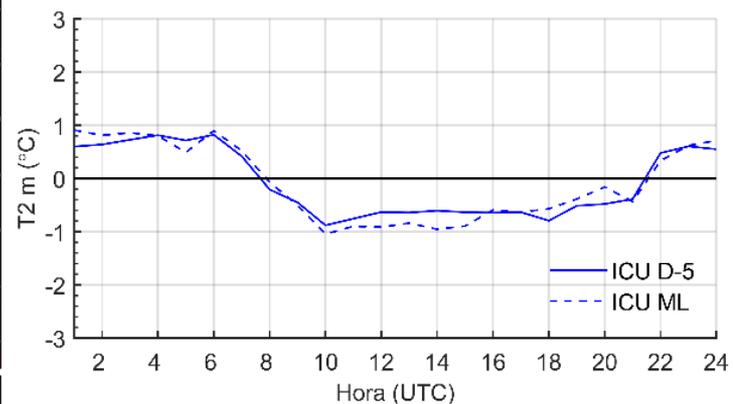
29/07/2003 às 00h00 a 03/08/2003 às 00h00

**Método 1**



■ Baixa densidade  
■ Alta densidade  
■ Comercial e industrial

**Método 2**





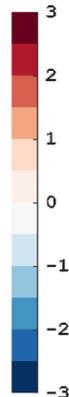
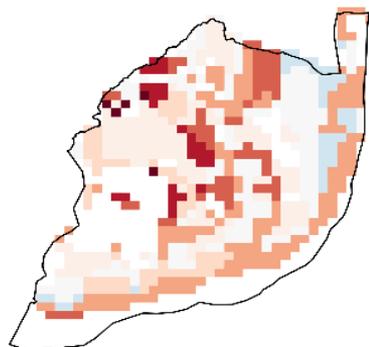
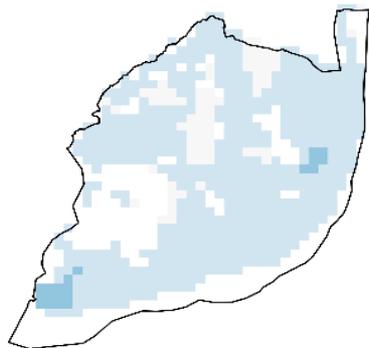
# Resultados com modelo de camada simples (SLUCM) - Onda de Calor de 2003

Método 2

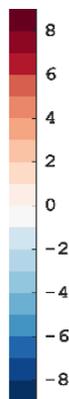
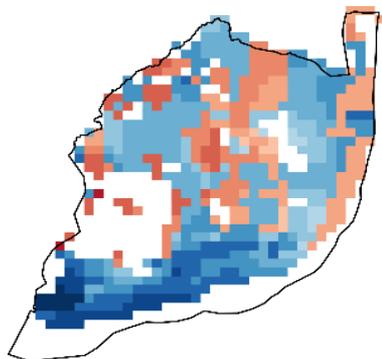
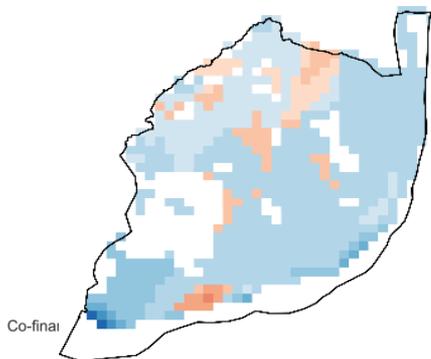
Diurno

noturno

Média temporal



Máximo absoluto



Co-final

Organização:

# Clima atual – Forçamento com dados do modelo climático MPI-ESM-LR

## Calor antropogénico



Development of a national anthropogenic heating database with an extrapolation for international cities

David J. Sailor<sup>a,b,\*</sup>, Matei Georgescu<sup>b</sup>, Jeffrey M. Milne<sup>c</sup>, Melissa A. Hart<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Department of Mechanical and Materials Engineering, Portland State University, Portland, OR 97207, USA  
<sup>b</sup> School of Geographical Sciences and Urban Planning, Centre for Sustainable, Arizona State University, Tempe, AZ 85287-5302, USA  
<sup>c</sup> School of Meteorology, University of Oklahoma, USA  
<sup>d</sup> ABC Centre of Excellence for Climate System Science and Climate Change Research Centre, University of New South Wales, Sydney, Australia



Formulação baseada na densidade de população

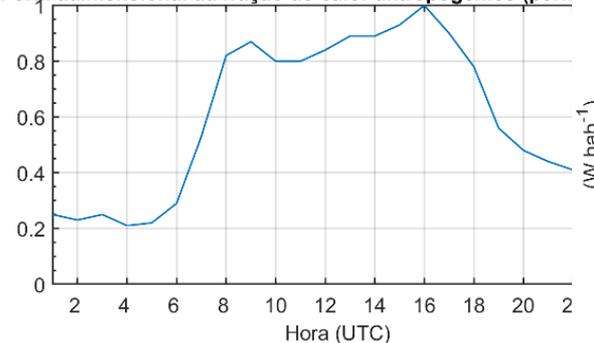
$$Q_f = Q_v + Q_E + Q_M$$

## Esquema de irrigação

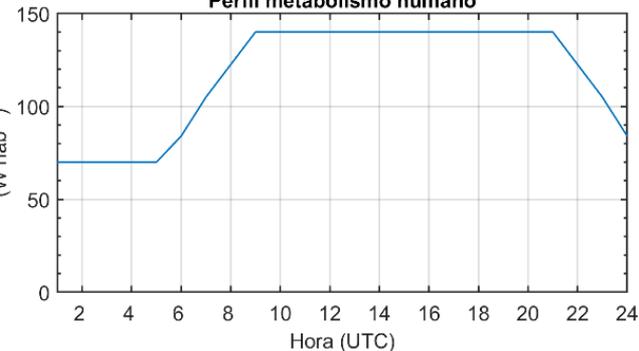
Irrigação todos os dias às 9h00 UTC

Apenas na fração verde das categorias urbanas

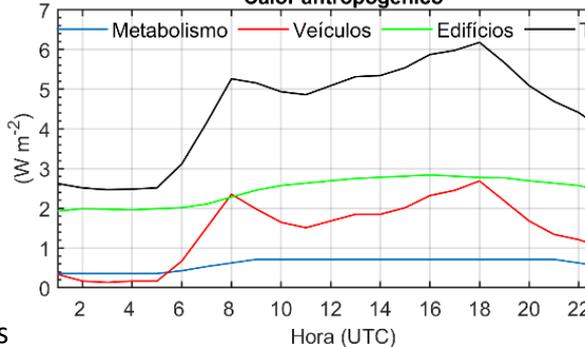
Perfil adimensional da fração do calor antropogénico (perfil)



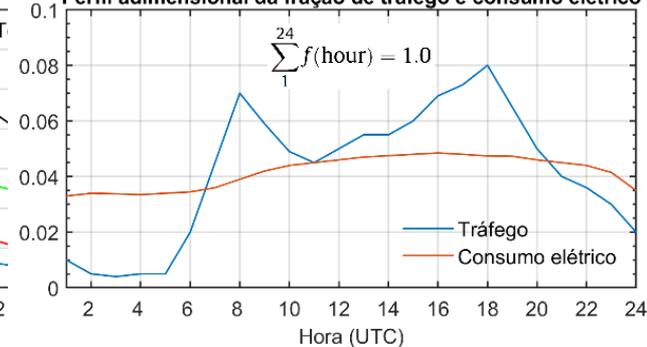
Perfil metabolismo humano



Calor antropogénico



Perfil adimensional da fração de tráfego e consumo elétrico



Co-financiado por:



Organização:

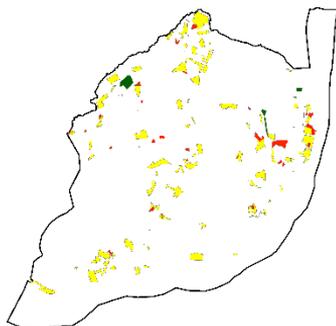


# Evolução da cidade e alterações no uso do solo

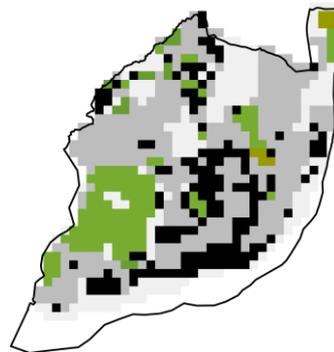
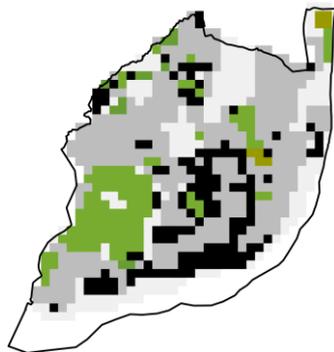
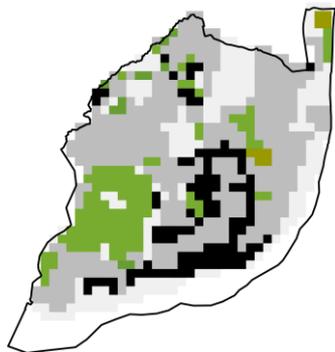
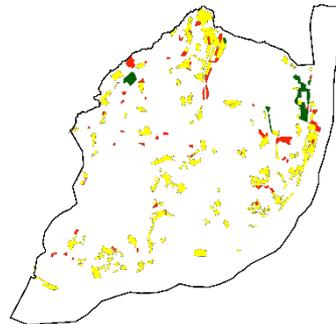
Lisboa atual



Lisboa 2050



Lisboa 2100



 Espaço central e residencial a consolidar

 Espaço de actividades económicas a consolidar

 Espaço de uso especial de equipamentos a consolidar

 Culturas de sequeiro e pastagens

 Culturas de regadio e pastagens

 Culturas/bosques

 Baixa densidade residencial

 Alta densidade residencial

 Comercial e industrial

Co-financiado por:



Organização:



# Clima atual – Forçamento de dados do modelo climático MPI-ESM-LR

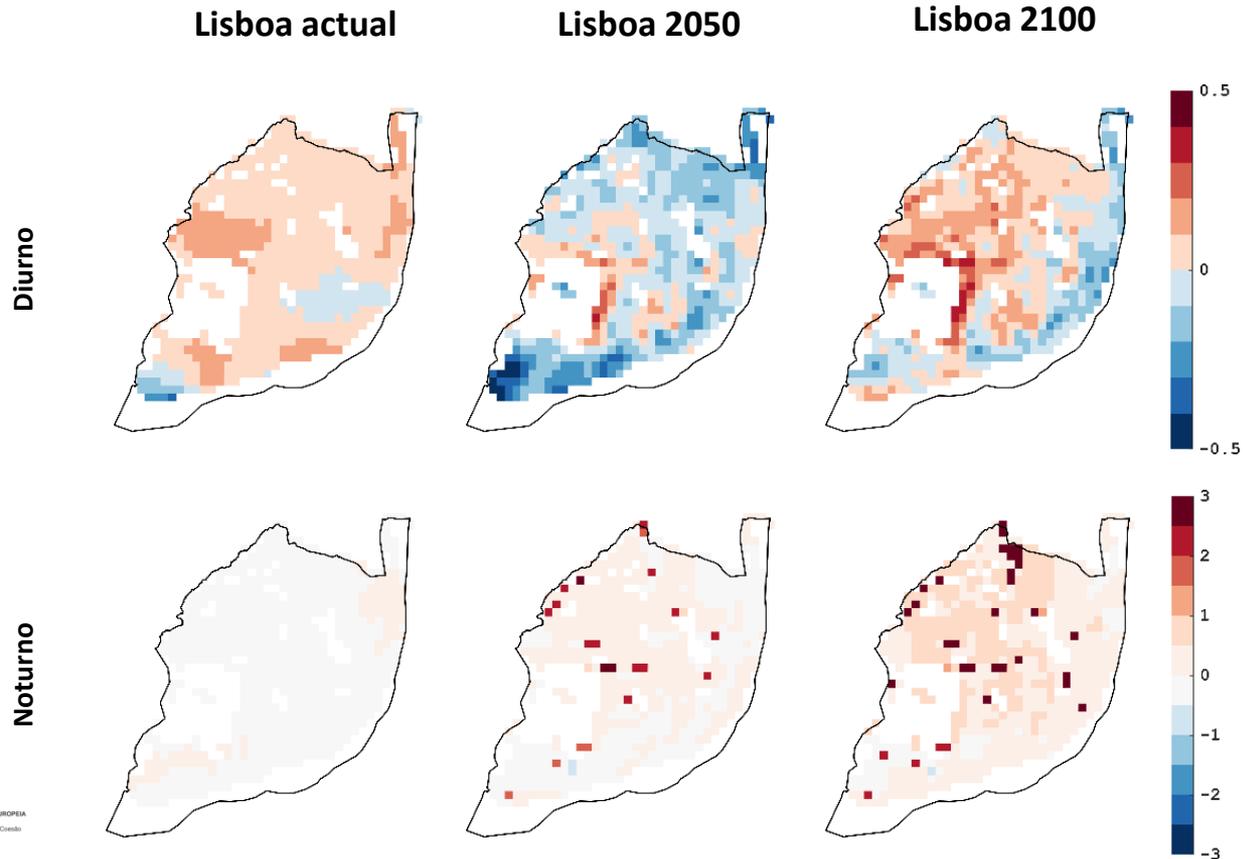
com calor antropogénico + irrigação

diferenças de temperatura

Onda de calor:

18/06/2000 às 00h00 a  
21/06/2000 às 00h00

Usando o Método 2 de  
avaliação da ICU



Co-financiado por:

