



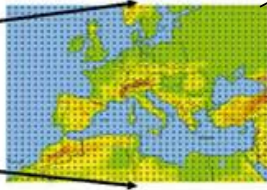
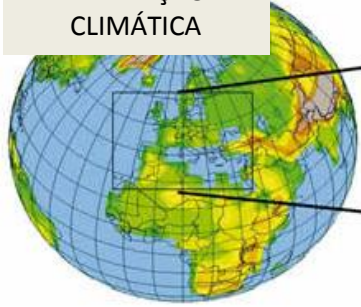
Impacte das alterações climáticas na qualidade do ar do Porto

H. Martins, E. Sá, S. Freitas, J.H. Amorim, S. Rafael, C.
Borrego

clicurb

metodologia

MODELAÇÃO DA
ALTERAÇÃO
CLIMÁTICA



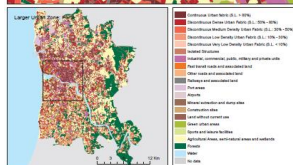
MODELAÇÃO
METEOROLÓGICA E
DA QUALIDADE
DO AR



MONITORIZAÇÃO
E MODELAÇÃO
FÍSICA



Porto



ATLAS
URBANO

RESILIÊNCIA
URBANA



ÁREAS
VERDES



TELHADOS E
FACHADAS
VERDES

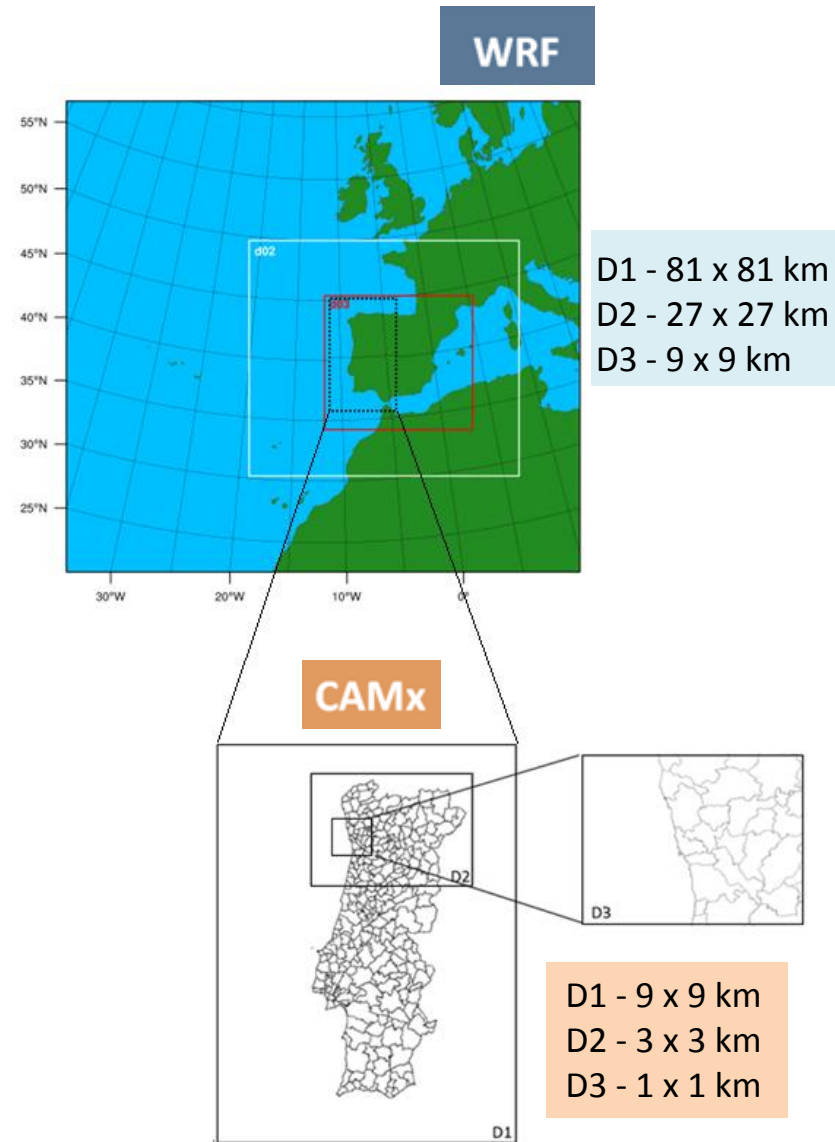
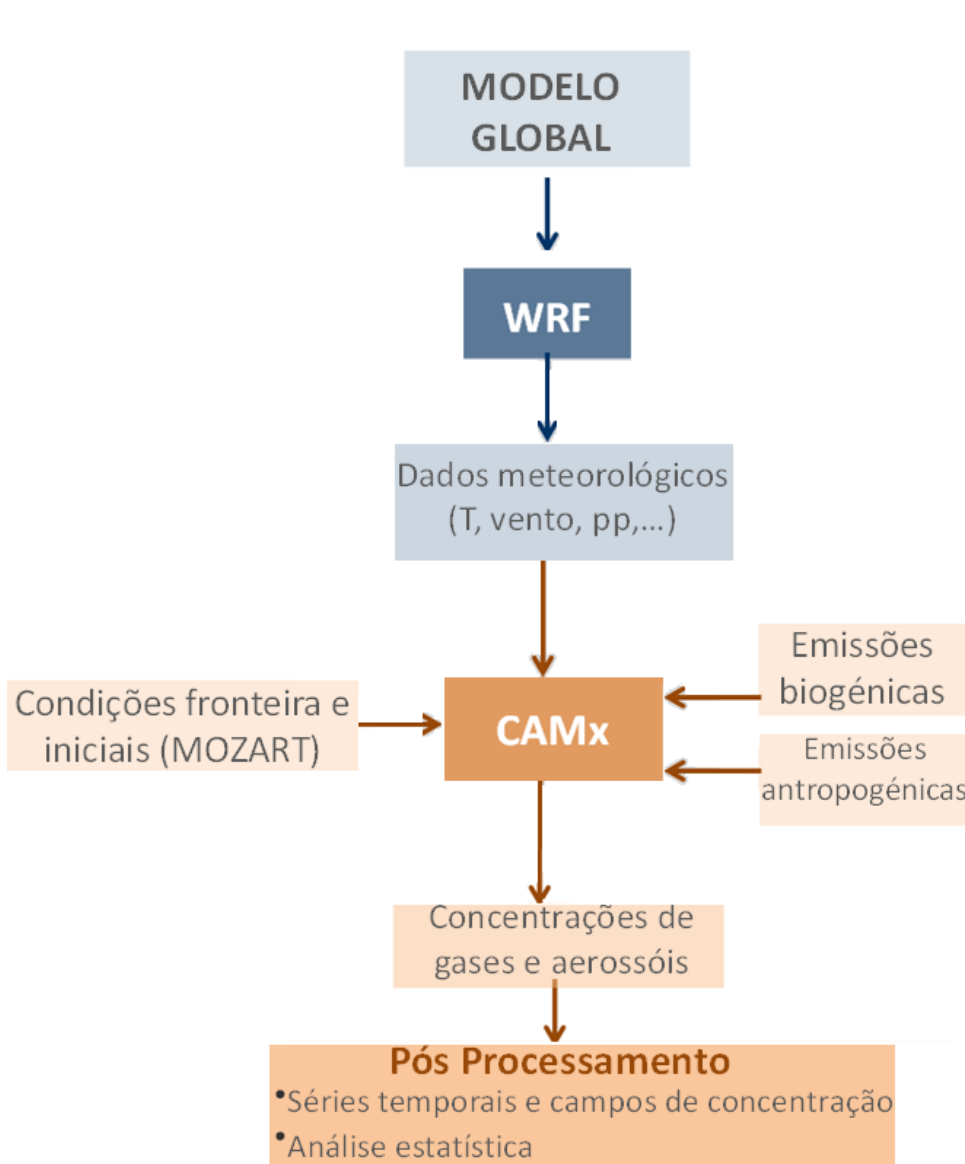


ÁREAS AZUIS

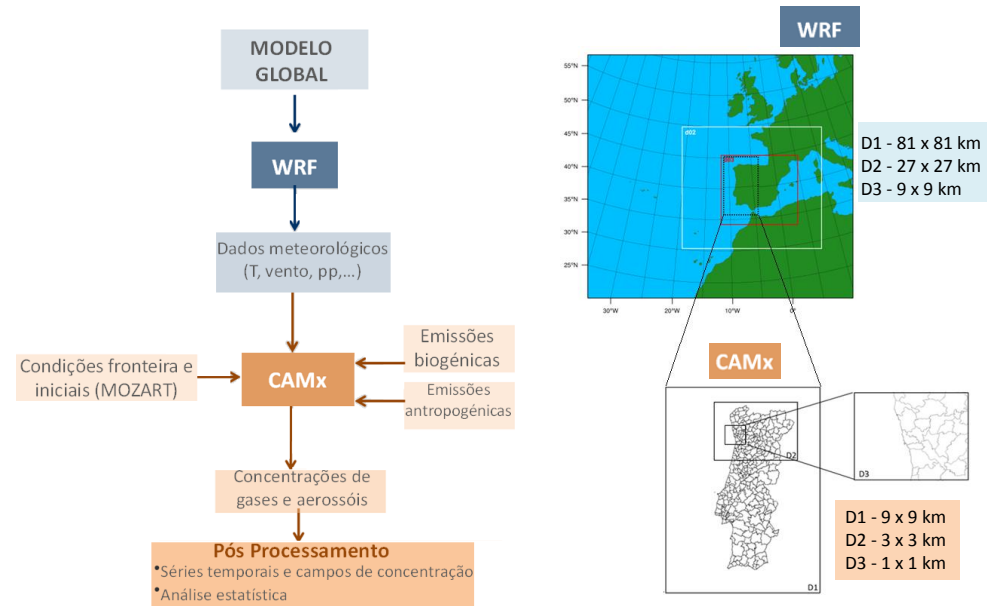


CONFIGURAÇÃO DE
RUAS E EDIFÍCIOS

modelação da qualidade do ar



modelação da qualidade do ar



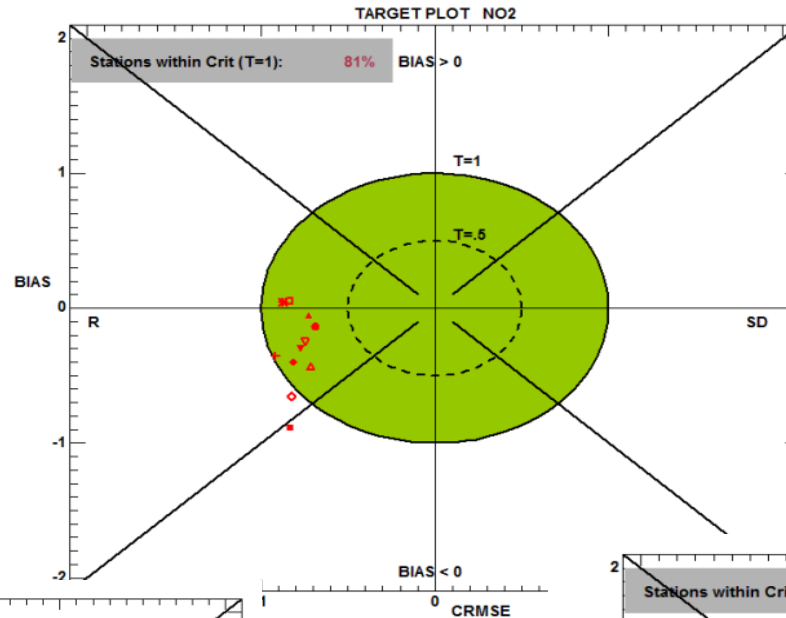
- i) validação (ano 2011) ●
- ii) clima atual (histórico) (5 anos) ●
- iii) clima futuro (5 anos) + emissões actuais ●
- iv) clima futuro (5 anos) + emissões futuras ●

➡ análise estatística ●

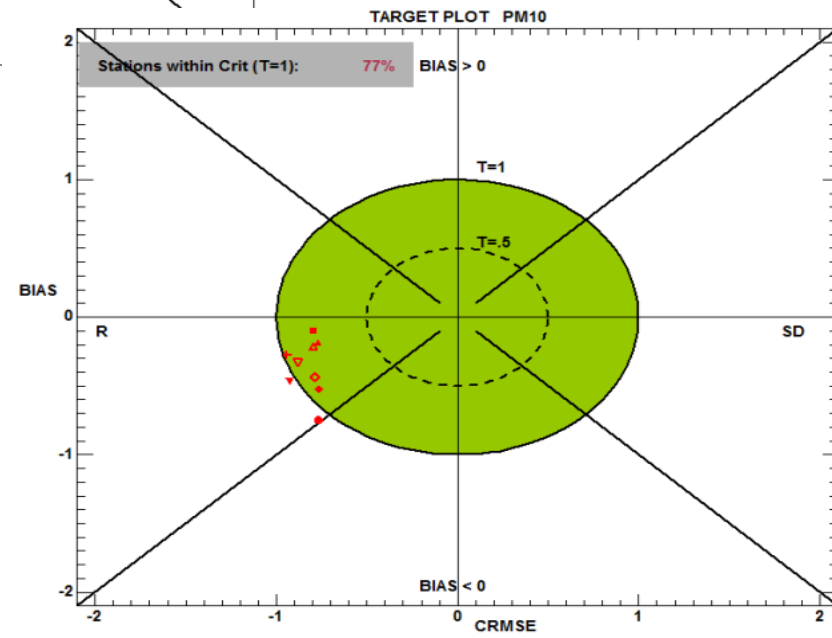
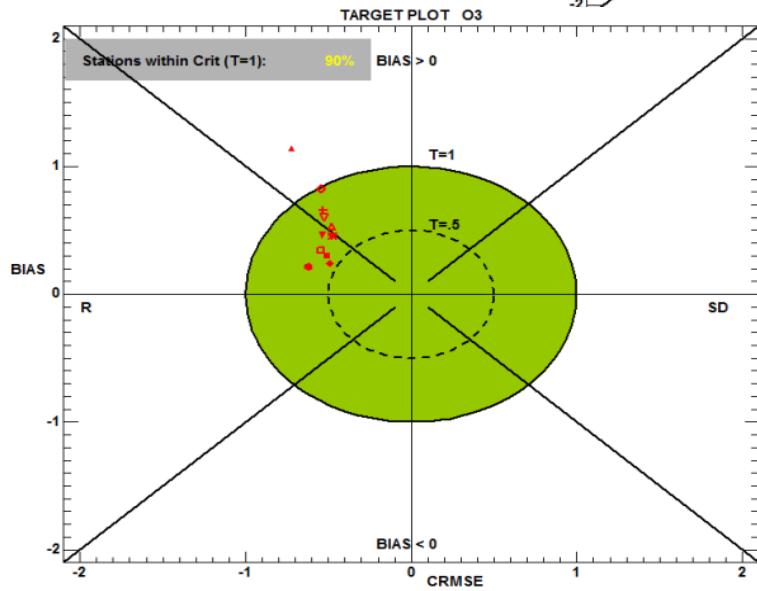
modelação da qualidade do ar

i) validação (ano 2011)

D3



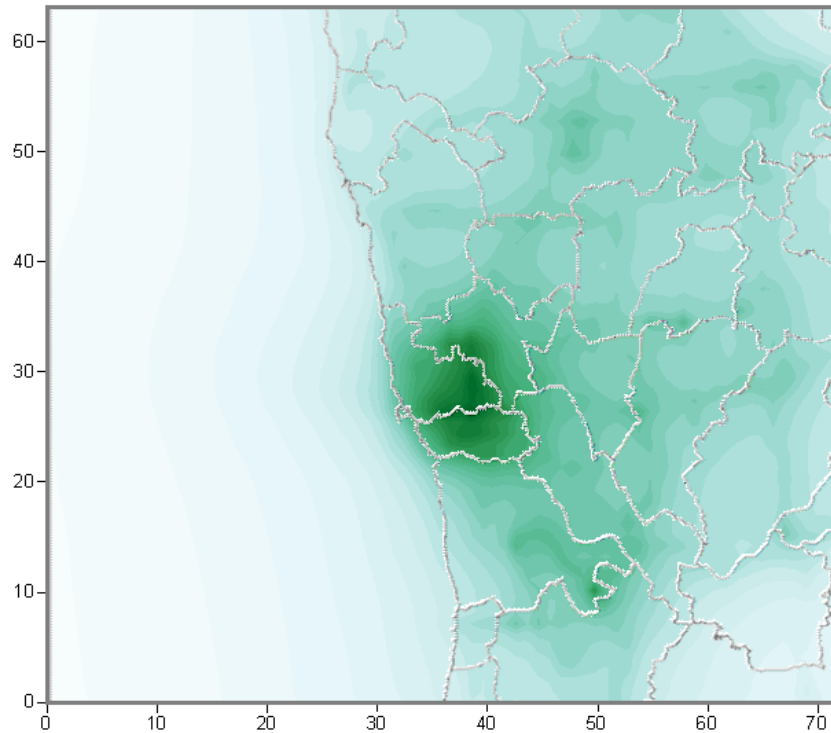
Nº de estações que
cumprem os critérios de
qualidade:
NO₂ – 81%
O₃ – 90%
PM10 – 77%



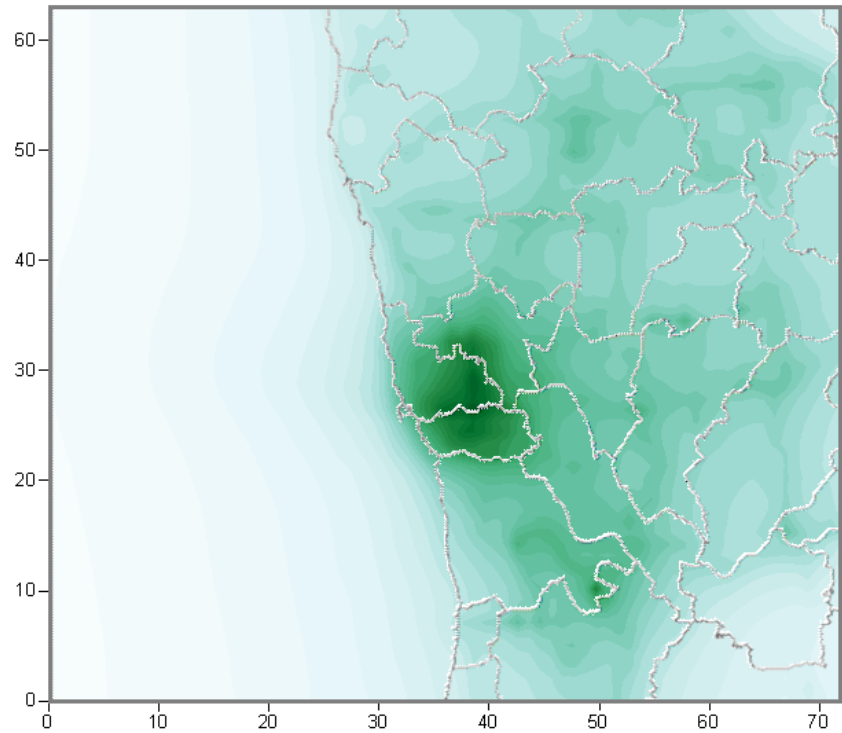
modelação da qualidade do ar

NO₂ (dióxido de azoto) – média anual

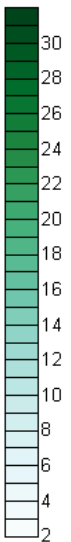
[NO₂] HISTÓRICO



[NO₂] 2046-2050



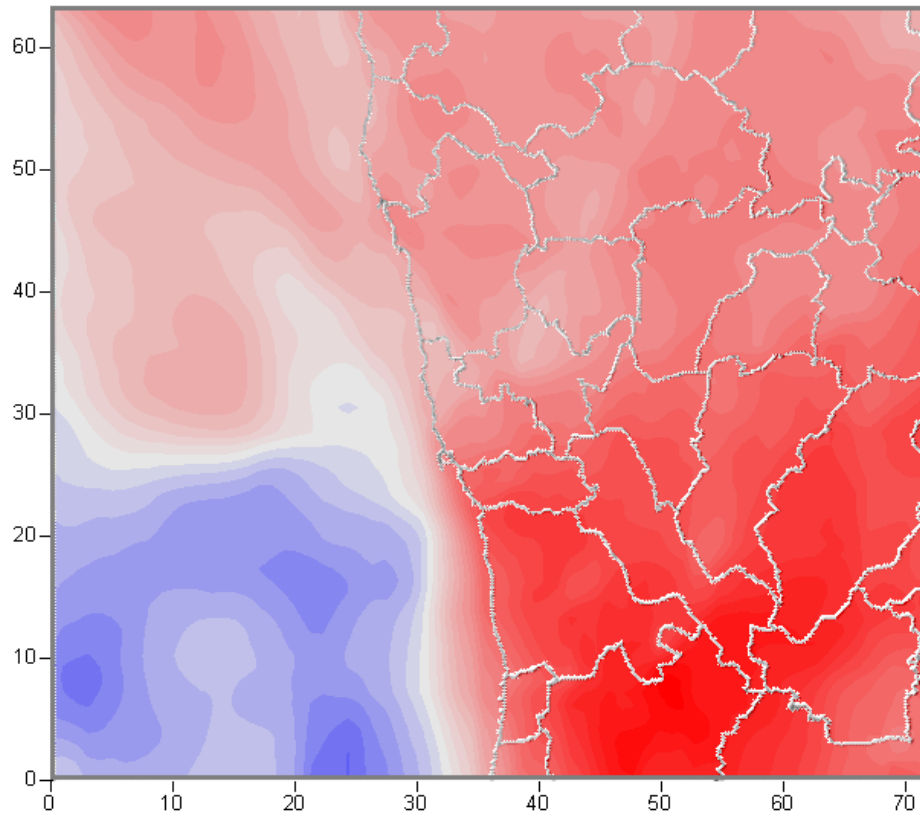
[NO₂]
µg.m⁻³



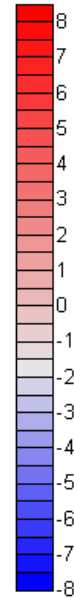
modelação da qualidade do ar

NO₂ (dióxido de azoto) – média anual

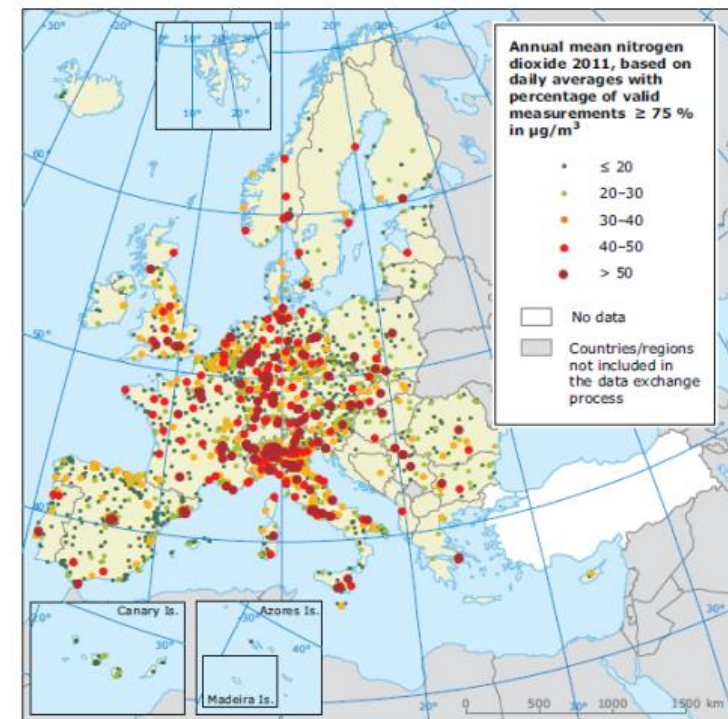
Δ [NO₂] 2046-2050 - [NO₂] HISTÓRICO



%



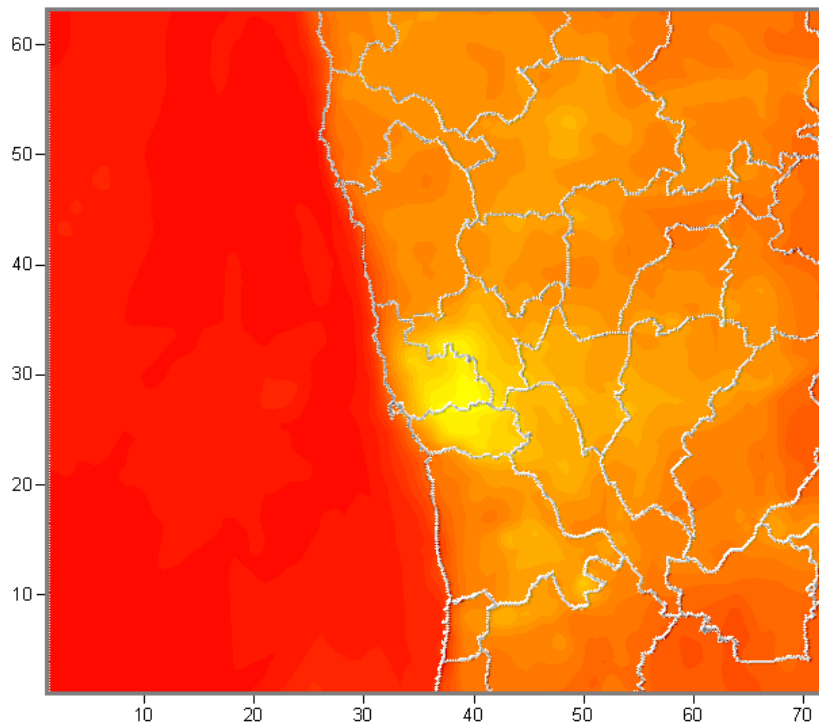
Annual mean concentration of NO₂ in 2011



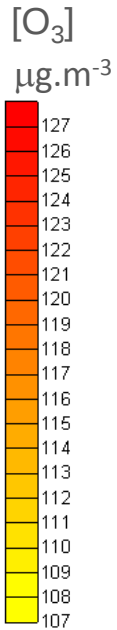
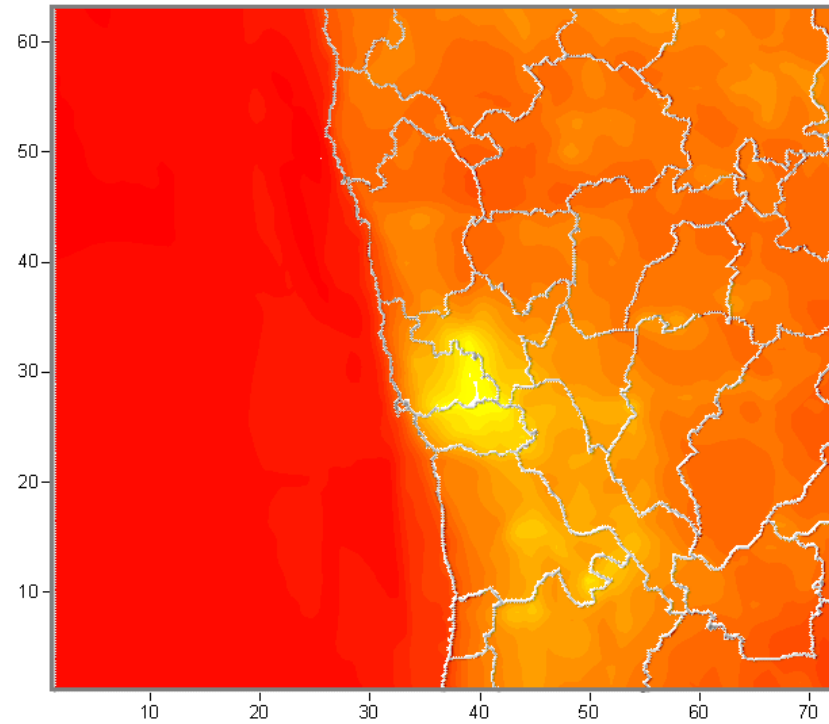
modelação da qualidade do ar

O_3 (ozono) – 26ª máxima octo-horária

[O_3] HISTÓRICO



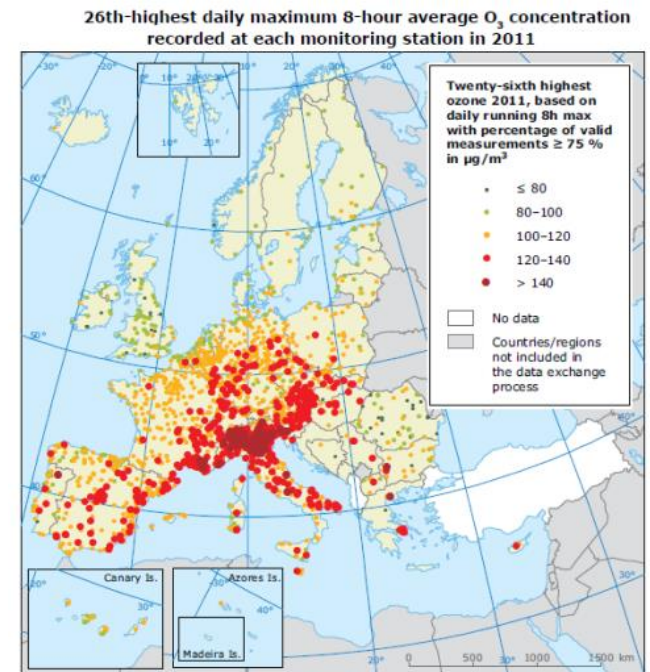
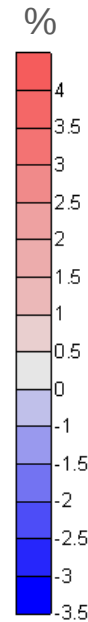
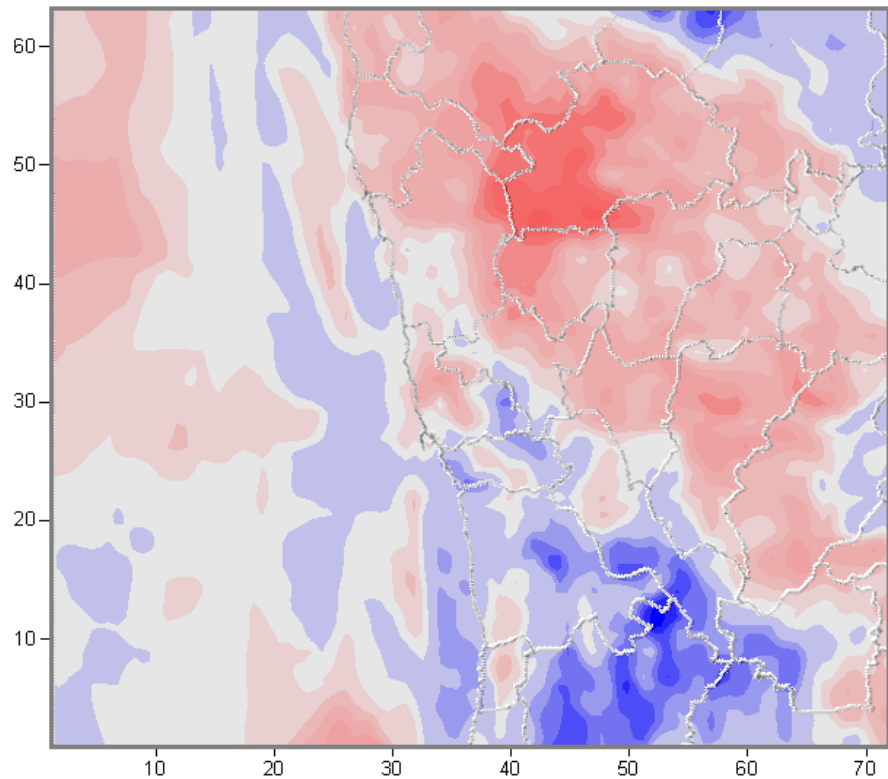
[O_3] 2046-2050



modelação da qualidade do ar

O_3 (ozono) – 26ª máxima octo-horária

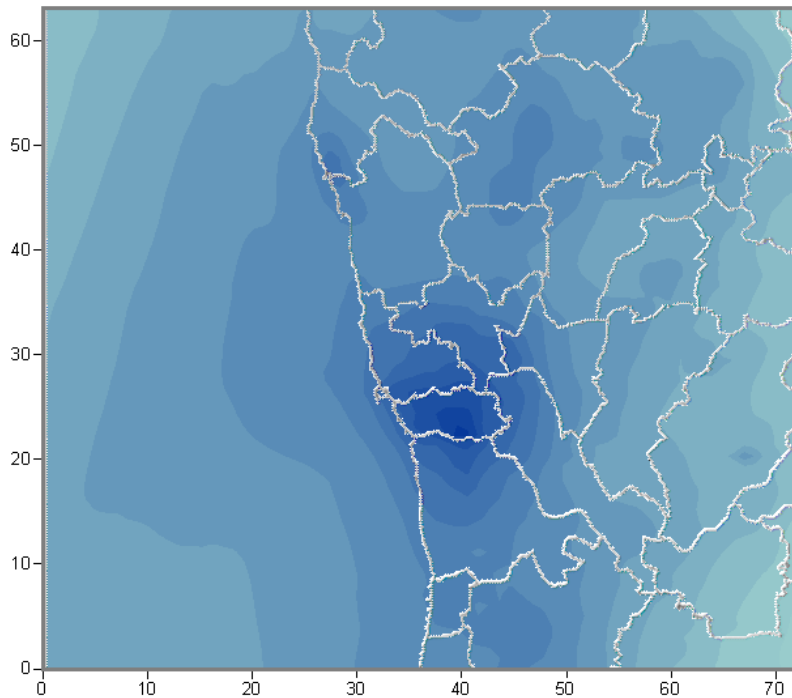
$\Delta [O_3]$ 2046-2050 - $[O_3]$ HISTÓRICO



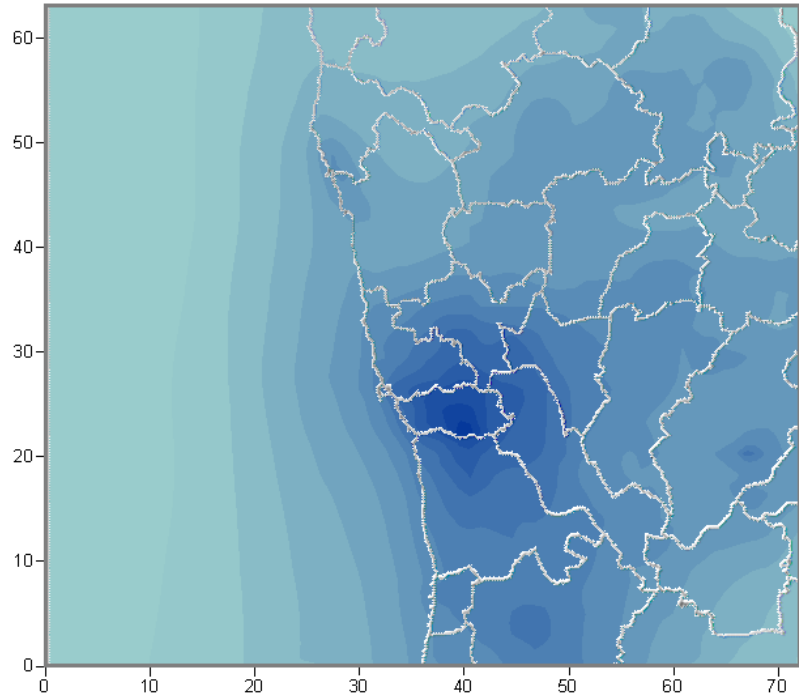
modelação da qualidade do ar

PM10 – média anual

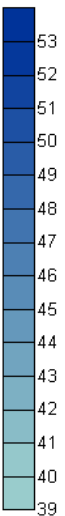
[PM10] HISTÓRICO



[PM10] 2046-2050



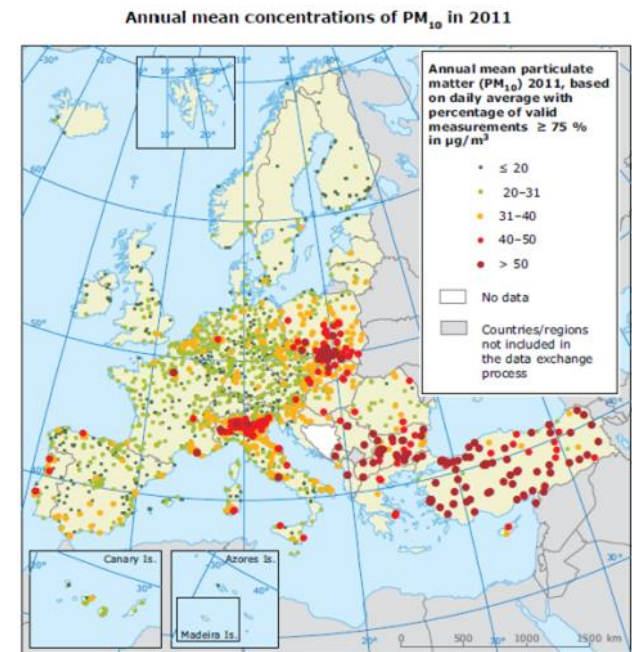
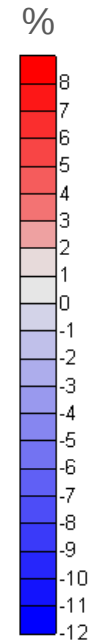
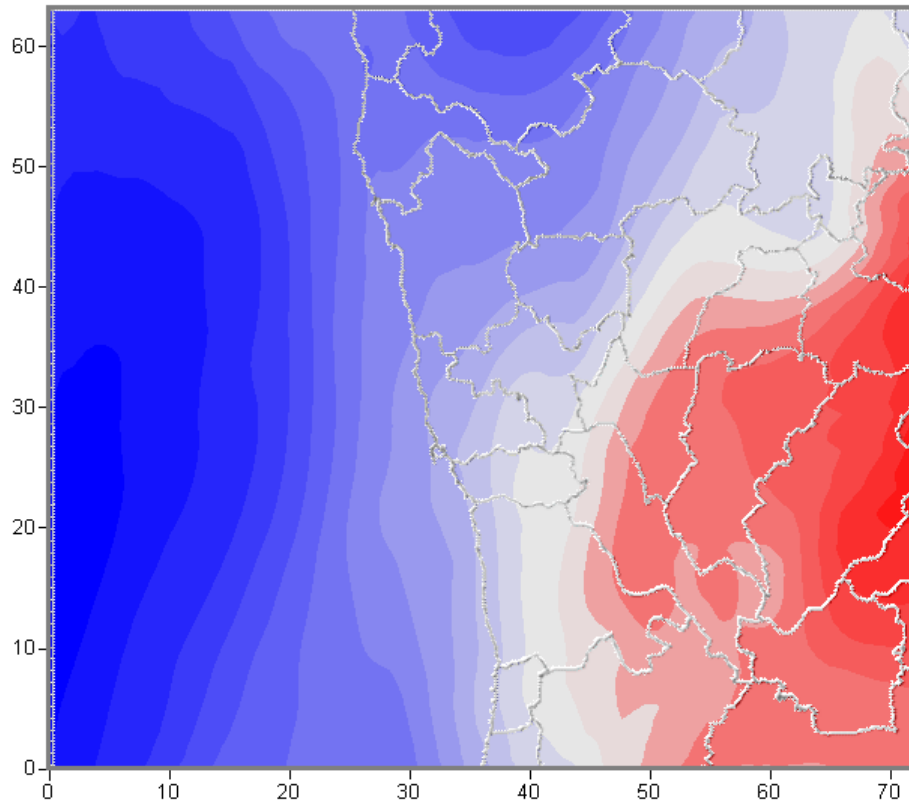
[PM10]
 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$



modelação da qualidade do ar

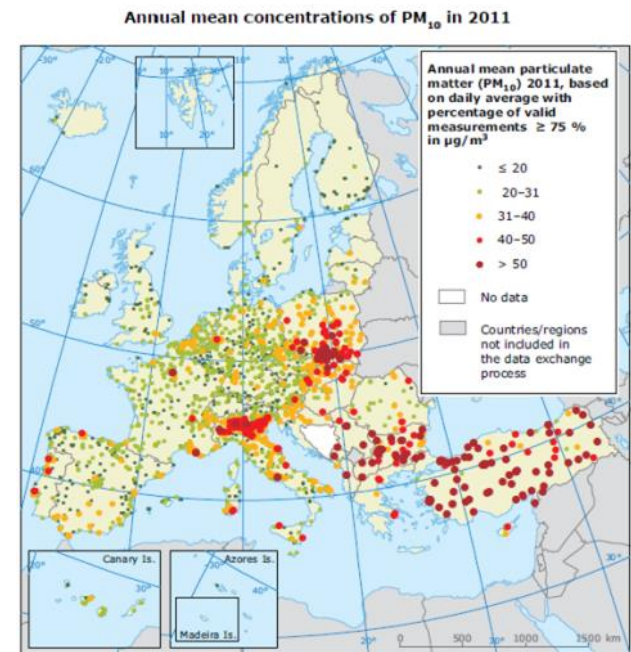
PM10 – média anual

Δ [PM10] 2046-2050 - [PM10] HISTÓRICO



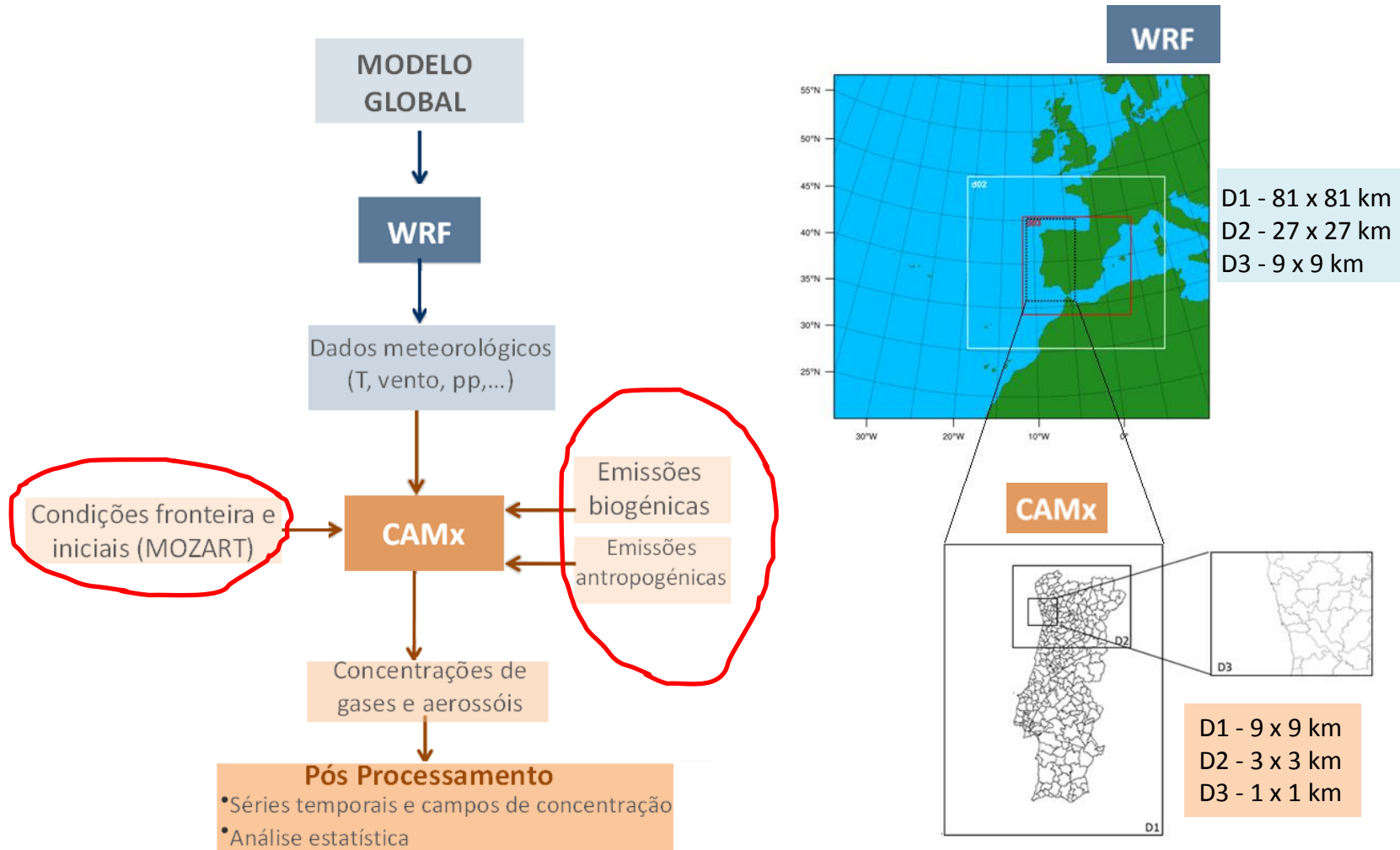
modelação da qualidade do ar

PM10 – média anual



modelação da qualidade do ar

iv) clima futuro (5 anos) + emissões futuras

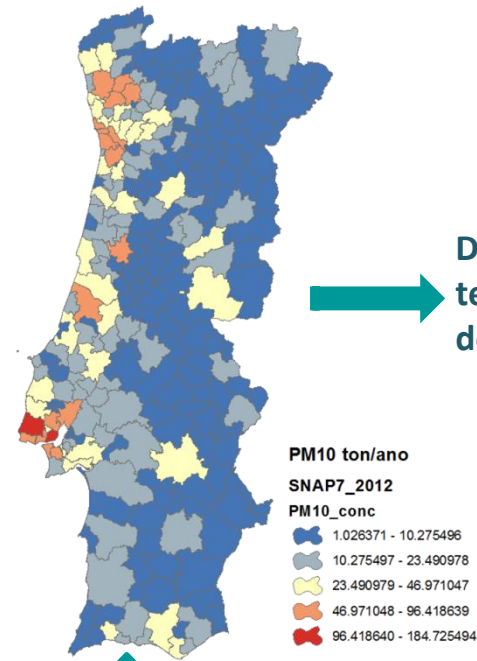


modelação da qualidade do ar

iv) clima futuro (5 anos) + emissões futuras

Inventário Nacional de 2012 (valor total por atividade):

- atividade 1 – fontes pontuais
- atividade 2 - combustão não industrial
- atividade 3 - combustão na indústria
- atividade 4 – processos de produção industriais
- atividade 5 - extração e distribuição de combustíveis fósseis
- atividade 6 - uso de solventes
- atividade 7 - transportes rodoviários
- atividade 8 - outras fontes móveis não rodoviárias
- atividade 9 – tratamento e deposição de resíduos
- atividade 10 – agricultura

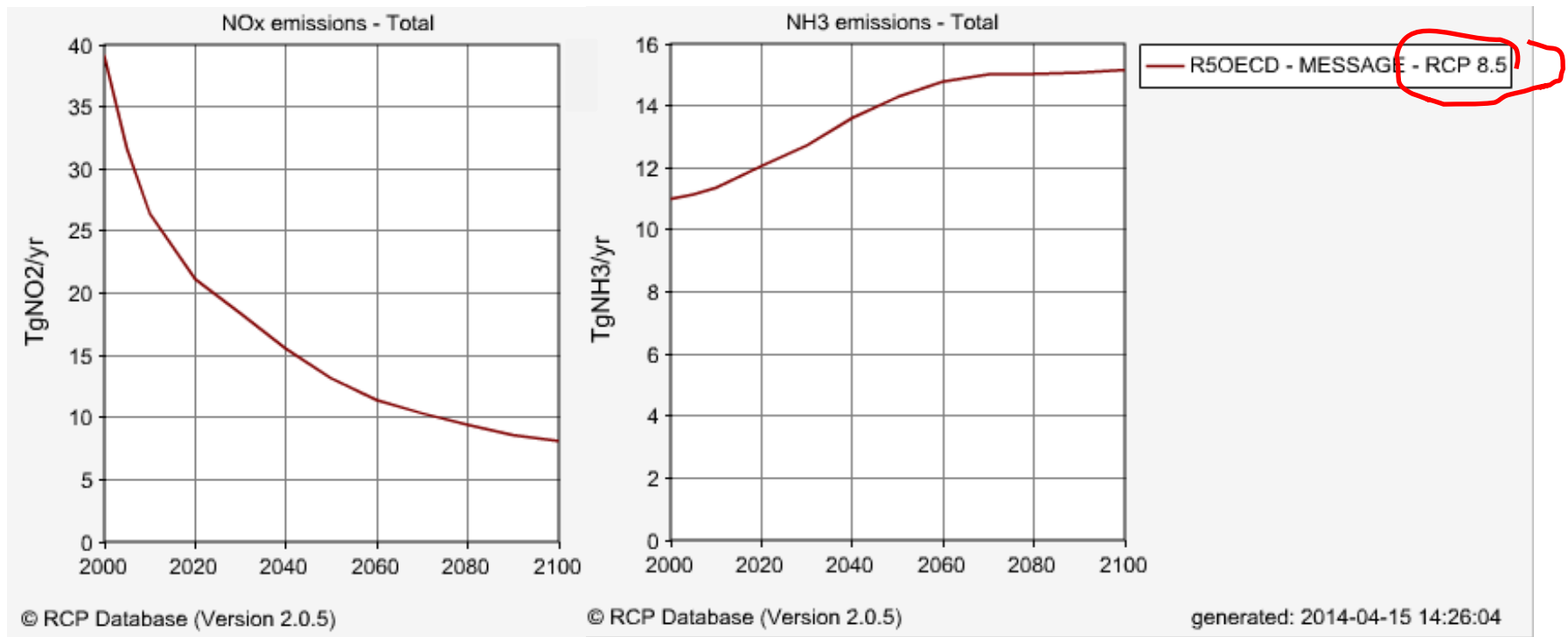


Desagregação espacial e temporal de acordo com os domínios do CAMx

modelação da qualidade do ar

iv) clima futuro (5 anos) + emissões futuras

Modelo de emissões criado com base nos cenários RCPs



$$\text{Future emission} = \text{Current emission} \times \frac{\text{Emission Projection year RCP}}{\text{Emission Base year RCP}}$$

modelação da qualidade do ar

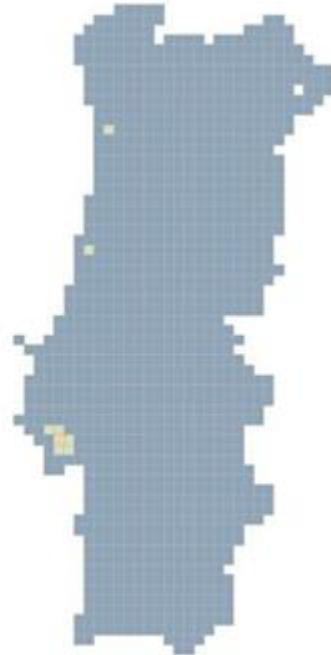
iv) clima futuro (5 anos) + emissões futuras

SNAP4_PM10 (ton)

2012



2050

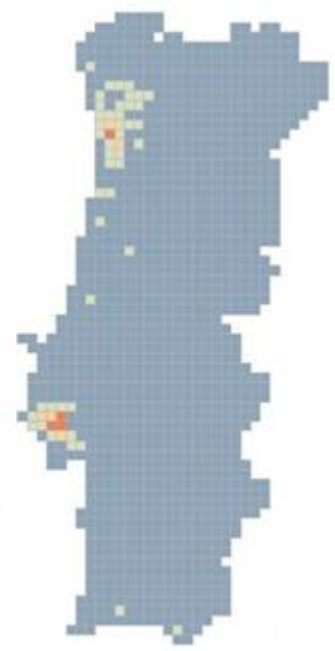


SNAP7_NOx (ton)

2012

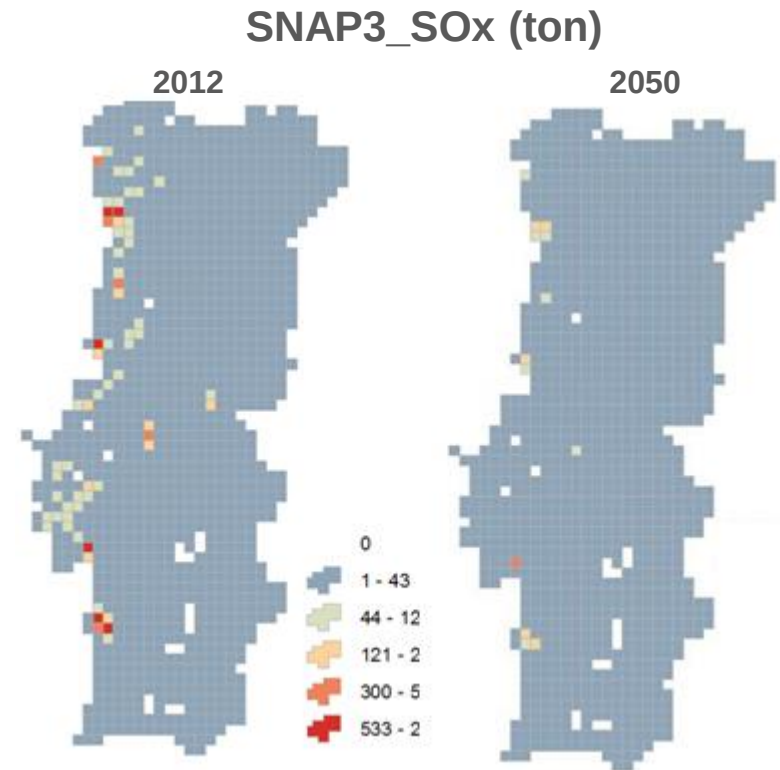
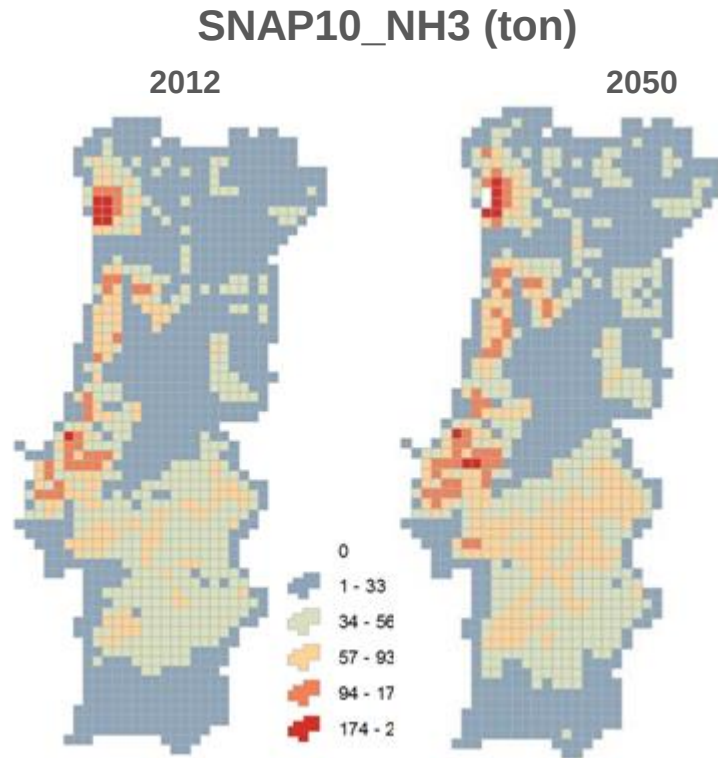


2050



modelação da qualidade do ar

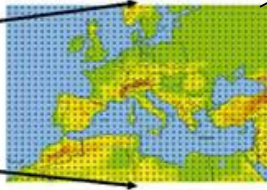
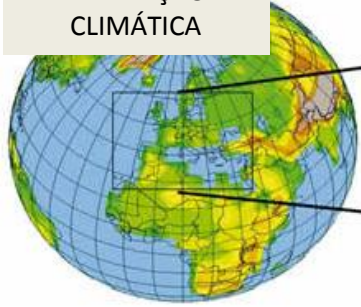
iv) clima futuro (5 anos) + emissões futuras



clicurb

metodologia

MODELAÇÃO DA
ALTERAÇÃO
CLIMÁTICA



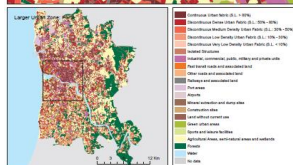
MODELAÇÃO
METEOROLÓGICA E
DA QUALIDADE
DO AR



MONITORIZAÇÃO
E MODELAÇÃO
FÍSICA



Porto



ATLAS
URBANO

RESILIÊNCIA
URBANA



ÁREAS
VERDES



TELHADOS E
FACHADAS
VERDES



ÁREAS AZUIS



CONFIGURAÇÃO DE
RUAS E EDIFÍCIOS

Túnel de vento

Modelação física de fluxos urbanos

- Manutenções estruturais: melhor acesso e maior estanqueidade;
- Manutenções elétricas: ativação dos eixos de posicionamento interno e melhor funcionamento do motor;
- Novos equipamentos de medição e suporte.

2010

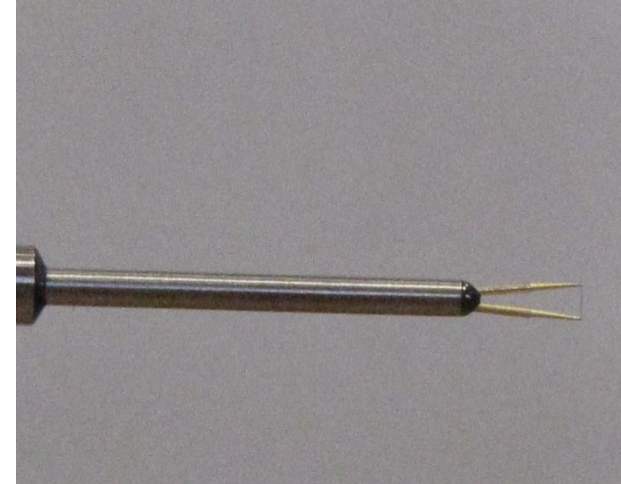
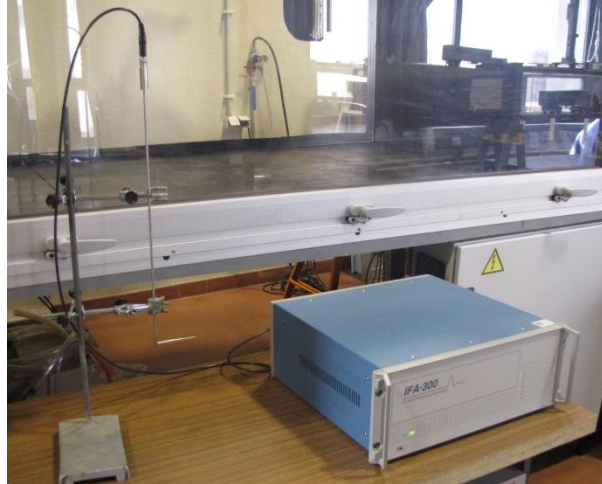


2014

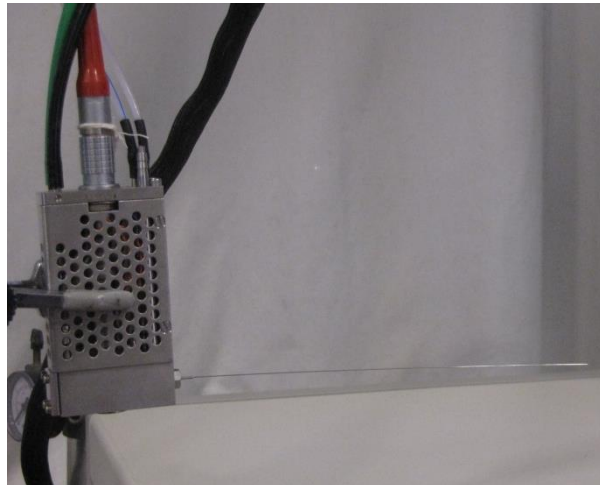
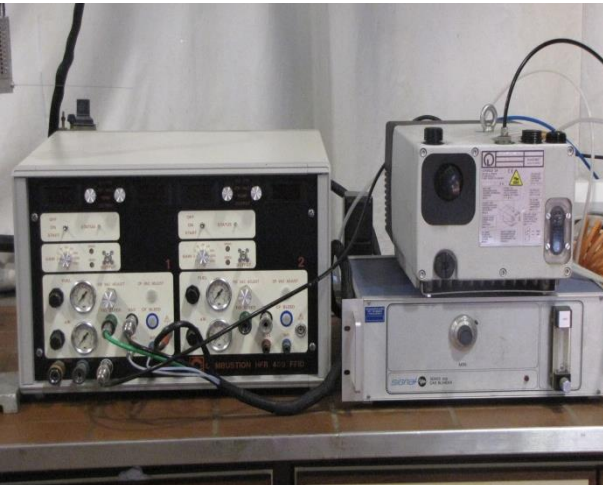
Equipamentos de medição

Anemómetro de fio quente (*TSI IFA-300*)

Velocidade 1D/2D
num ponto do
escoamento



Detetor de ionização de chama (*Cambustion HFR-400*)



Concentração de
partículas
traçadoras num
ponto do
escoamento

Velocímetro por Imagens de Partículas (*TSI PIV 2D*)

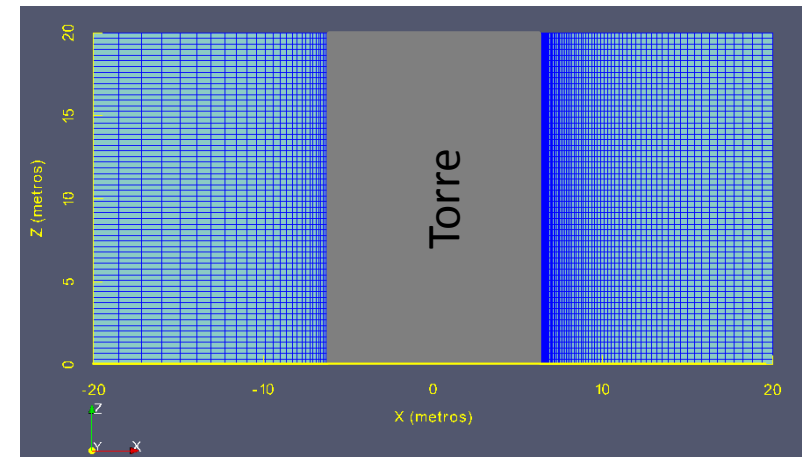
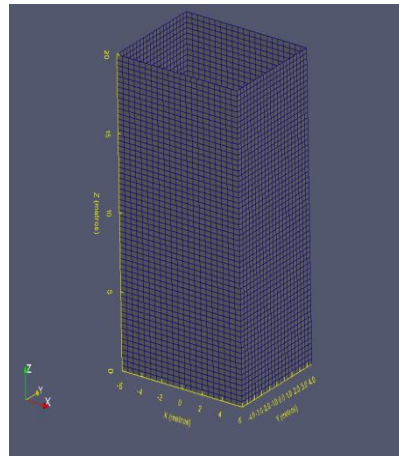
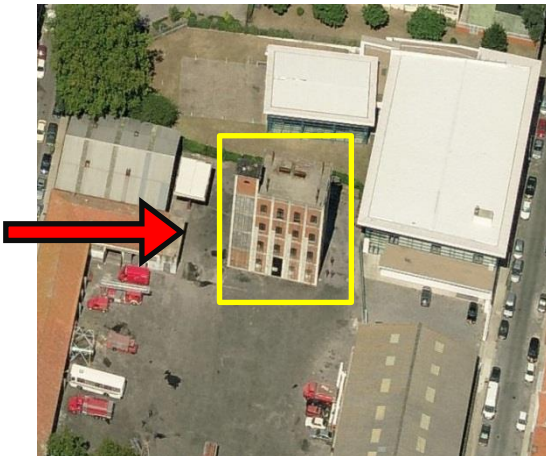
Campo de velocidades 2D num plano do escoamento iluminado pelo laser do sistema.



Modelo CFD

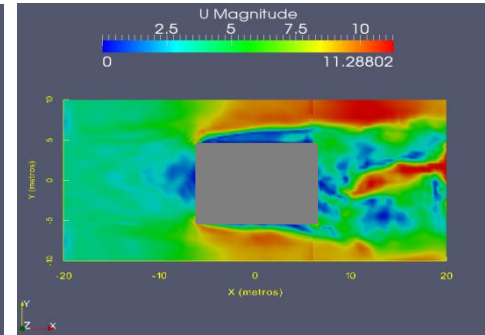
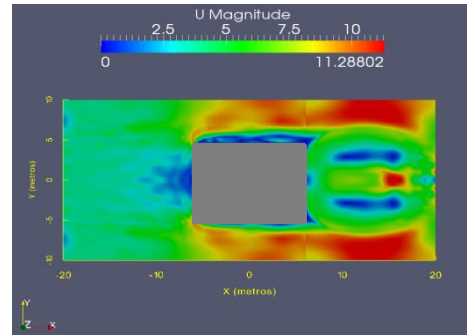
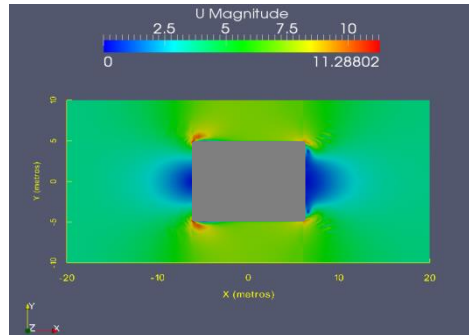
Modelação numérica de fluxos urbanos

- Aplicação do modelo OpenFOAM na Torre dos BSP, Rua da Constituição, Porto;
- Quantificação do escoamento em torno da torre;
- Dados do escoamento atmosférico:
 - Área de aplicação: 40 x 20 x 20 [m]
 - Velocidade de entrada: (3,79, 0, 0) [m/s],
 - Turbulência: 2%,

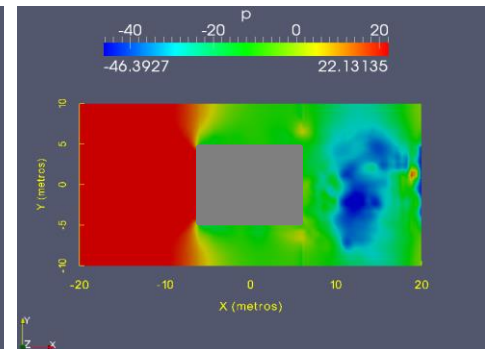
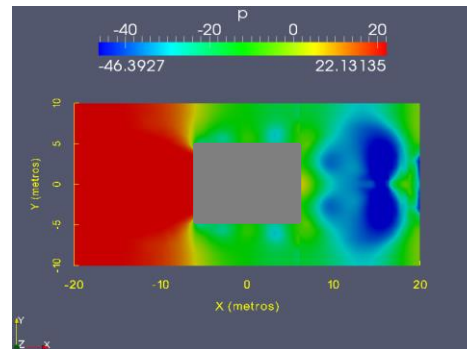
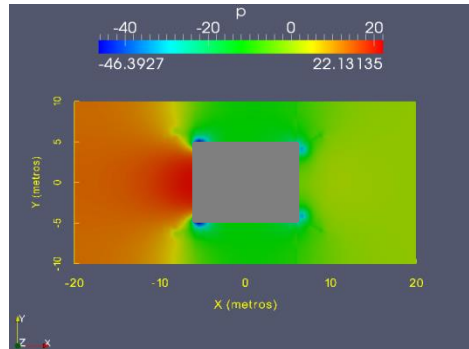


Resultados da Simulação

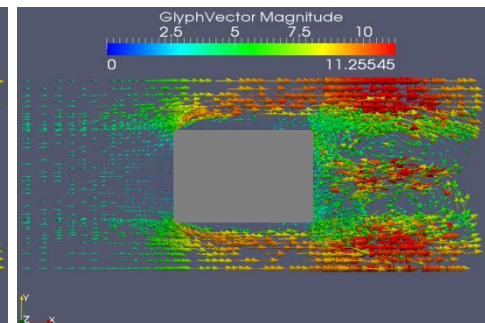
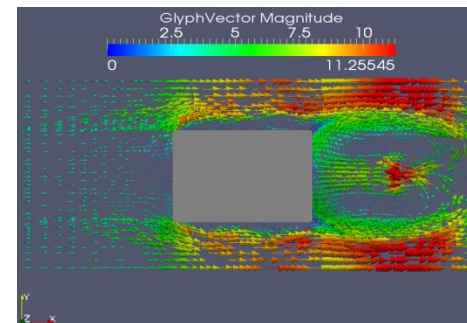
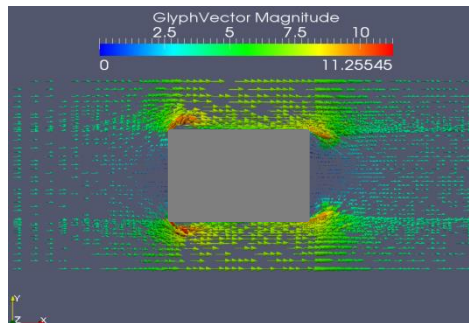
Velocidade do escoamento,
 $z = 0$ m



Pressão do ar,
 $z = 0$ m



Vetor velocidade
média,
 $z = 0$ m



$t = 0,5$ s

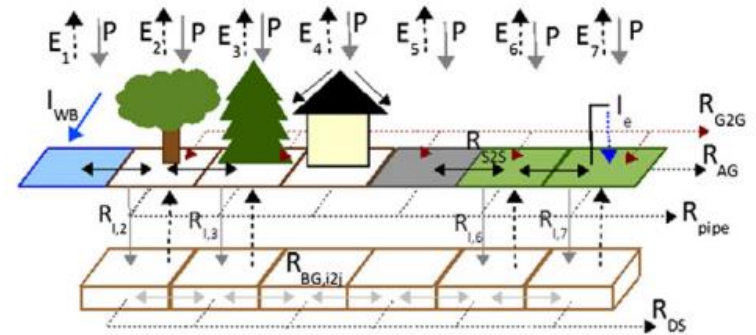
$t = 10$ s

$t = 20$ s

Fluxos

SUEWS (Surface Urban Energy and Water Balance Scheme)

Determina balanços de calor, água e energia em áreas urbanas, usando variáveis meteorológicas medidas (ou modeladas) e informação sobre o uso do solo.



- i) validação (ano 2011)
- ii) clima atual (histórico) (5 anos)
- iii) clima futuro (5 anos)
- iv) Simulação do impacto de fatores de resiliência

Resiliência

Identificação de estratégias de adaptação às alterações climáticas em áreas urbanas

Mundo

C40-Large Cities Climate
Group World Mayors

cidades participantes comprometem-se a **reduzir o impacto nas emissões de GEE e simultaneamente o risco das AC**

Europa

EEAAC / ENAAC

Estratégias de adaptação às AC: áreas urbanas são um dos sectores analisados

Pacto dos Autarcas
www.pactodeautarcas.eu

Mitigação das emissões GEE
focado no consumo energético

Mayors Adapt
mayors-adapt.eu/

Mitigação das AC
focado na adaptação

Estratégias de adaptação actualmente em marcha em diversas
cidades europeias

Resiliência

Identificação de estratégias de adaptação às alterações climáticas em áreas urbanas

Reuniram-se diversas medidas de adaptação, que incidem em 3 áreas:

- reforço da investigação e aumento conhecimento;
- comunicação e consciencialização da população;
- planeamento urbano



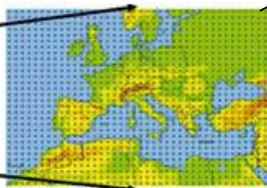
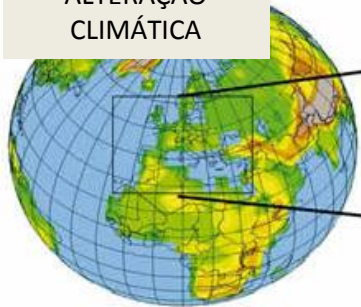
aumento da ênfase na proteção, melhoria e expansão das infra-estruturas verdes e azuis dado o seu enorme potencial para redução de riscos vários



Resiliência

Medidas	Túnel vento	CFD	Modelos escala regional	Variáveis
Telhados verdes		x	x	- [] poluentes atmosféricos - Fluxos de calor - Temperatura
Fachadas verdes		x		- [] poluentes atmosféricos - Fluxos de calor - Temperatura
Zonas verdes e plantação de árvores	x	x		- [] poluentes atmosféricos - Fluxos de calor - Temperatura
Alterações do uso do solo			x	- [] poluentes atmosféricos
Design de edifícios	x	x		- Fluxos de calor - Temperatura
Zonas azuis		x	x	- [] poluentes atmosféricos - Fluxos de calor e água - Temperatura

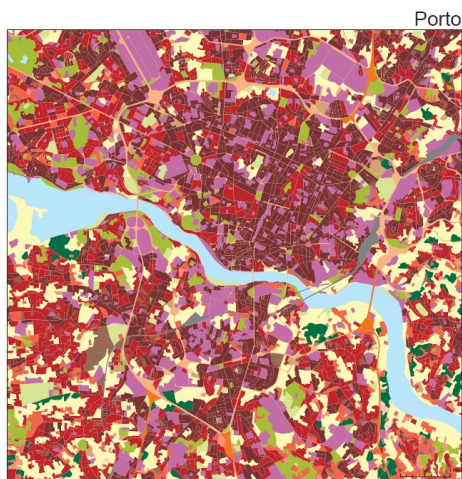
MODELAÇÃO DA
ALTERAÇÃO
CLIMÁTICA



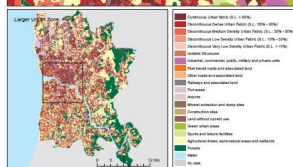
MODELAÇÃO
METEOROLÓGICA E
DA QUALIDADE
DO AR



MONITORIZAÇÃO
E MODELAÇÃO
FÍSICA



Porto



ATLAS
URBANO

RESILIÊNCIA
URBANA



ÁREAS
VERDES



TELHADOS E
FACHADAS
VERDES



ÁREAS AZUIS



CONFIGURAÇÃO DE
RUAS E EDIFÍCIOS

Obrigada!



O presente trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Factores de Competitividade – COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto CLICURB (EXCL/AAG-MAA/0383/2012).