

# CLIMA 2014

## IV Congresso Nacional sobre Alterações Climáticas

*Medição de fluxos de energia, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O na canópia urbana e suburbana do Porto*

*Maria João Matos - CESAM*

**4-5 Dezembro | Aveiro**



## 1. Enquadramento

### Estratégia

- CLICURB visa avaliar o impacto da alteração climática em áreas urbanas

### Finalidade

- Análise integrada da alteração climática e do desenvolvimento urbano, considerando a inclusão de estratégias de adaptação no planeamento urbano e no processo de tomada de decisão

### Medição de fluxos

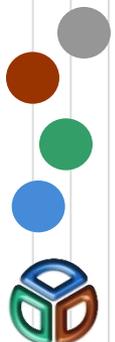
- O estudo dos fluxos ao longo do ano permitirá uma melhor compreensão do metabolismo urbano, integrando as atividades antropogénicas (aquecimento, transportes, indústria, comércio), as fontes naturais (vegetação) e o património construído e natural (edifícios)

## 2. Objetivos

- Realização de medições de fluxos de energia, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), em dois locais com diferentes características, ao longo das diversas estações do ano, através da aplicação do Método de Covariância de Fluxos Turbulentos (*Eddy Covariance*), de forma a obter dados que permitam melhorar o modelo de emissões;
- Seleção de dois locais:
  - ✓ Um representativo da área urbana do Porto;
  - ✓ Outro representativo da área suburbana;

## 2. Objetivos

- Instalação do sistema de medição de fluxos, tanto na zona urbana, como na suburbana, no topo de um edifício com o intuito de se obter uma área de influência representativa das emissões urbanas e das emissões naturais da vegetação, respetivamente;
- Caracterização dos perfis diários e semanais dos fluxos em ambas as áreas de estudo a fim de determinar o papel das diferentes fontes (naturais e antropogénicas) que influenciam os ciclos dos fluxos.

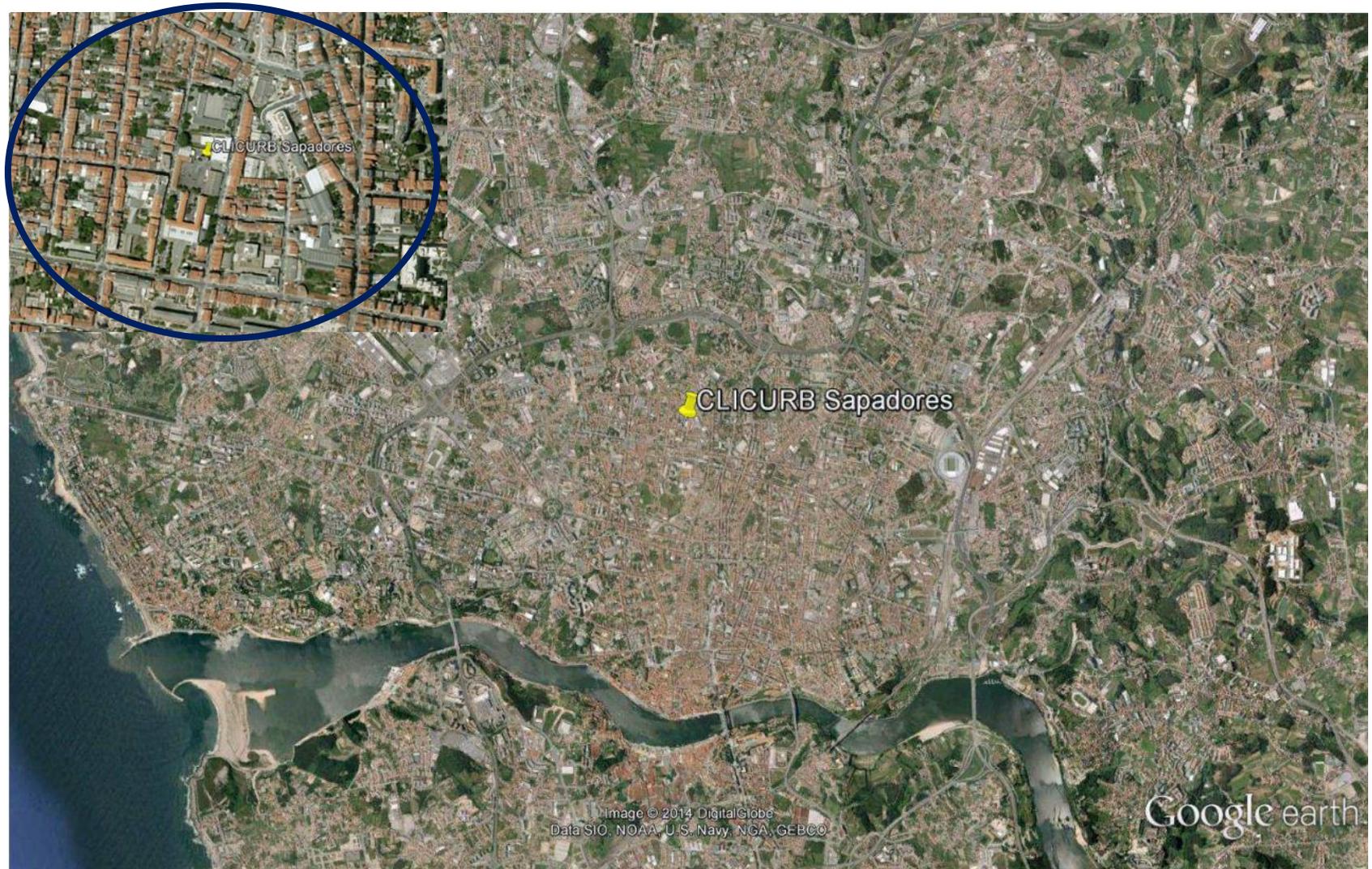


### 3. Procedimento Experimental

#### 3.1. Estações de monitorização



## Estação 1 - Batalhão Sapadores Bombeiros (Rua da Constituição, Porto)



## Estação 1 - Batalhão Sapadores Bombeiros



Instalação de torre de 12 m na placa superior da Torre de Exercícios do Quartel (edifício com 20 m de altura)



Pormenor do equipamento instalado na torre



- WindMaster Pro, Gill Instruments Ltd.;
- LI-7500A Open Path CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O Analyzer, LI-COR

## Estação 1 - Batalhão Sapadores Bombeiros (Vista da torre sobre a área urbana)



Norte



Sul

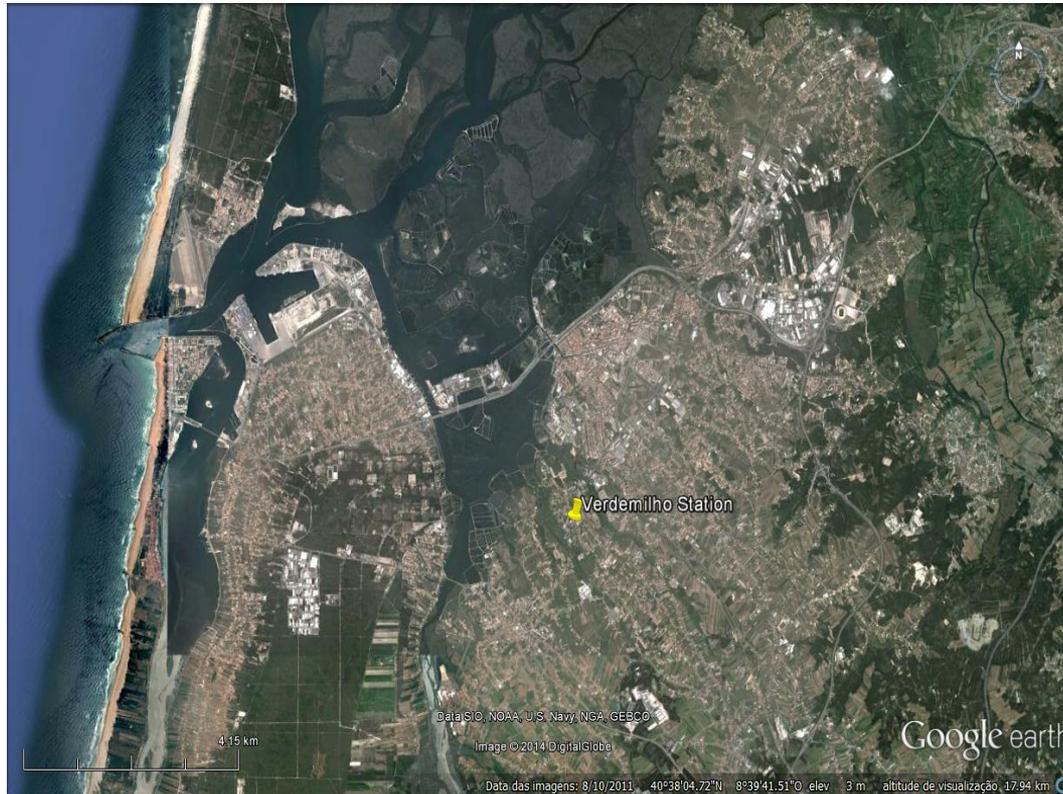


Este



Oeste

## Estação 2 - Verdemilho (5 km a sul do centro de Aveiro)



## Estação 2 - Verdemilho (Vista da torre sobre a área suburbana)



Norte



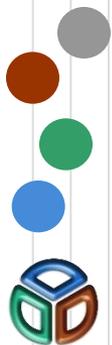
Sul



Este



Oeste



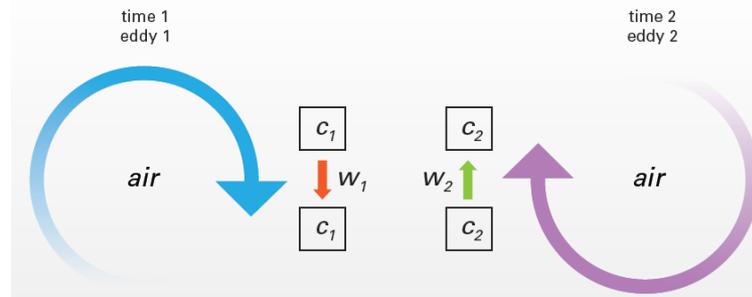
### 3.2. Instrumentação

#### Princípio do Método de Covariância de Fluxos Turbulentos (Eddy Covariance)

Fluxo de ar pode ser imaginado como um fluxo horizontal de numerosos turbilhões rotativos!



- Cada turbilhão possui uma componente 3D, incluindo componente vertical do vento;
- Esta situação parece caótica, mas estes componentes podem ser facilmente medidos a partir de uma torre de medição.



Num dado momento (tempo 1), o **turbilhão 1** move a parcela de ar **c1** no sentido *descendente* com a velocidade **w1**.

No momento seguinte (tempo 2), no mesmo ponto, o **turbilhão 2** move a parcela de ar **c2** no sentido *ascendente* com a velocidade **w2**.

- ✓ Cada parcela de ar possui as suas próprias características – concentração, temperatura, humidade. Se estas forem medidas, juntamente com a velocidade vertical do vento, obtém-se fluxos.

## 3.2. Instrumentação

### Princípio do Método de Covariância de Fluxos Turbulentos (Eddy Covariance)

#### Requisitos do equipamento de medição:



Analizador  
CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O  
“Open path”

Anemómetro  
Ultrasónico  
Tri-  
Dimensional

- ✓ Elevada velocidade de aquisição
- ✓ Elevada resolução e precisão
- ✓ Robustez
- ✓ Precisão e estabilidade
- ✓ Estrutura e design aerodinâmico para minimizar as perturbações nos turbilhões que está a medir
- ✓ Baixo consumo elétrico ( $\approx 12$  W)

## 3.2. Instrumentação

### 3.2.1. Estação 1 - Batalhão Sapadores Bombeiros

<b>Início da campanha</b>	<b>25 julho 2014</b>
Latitude	41°09'54,28" N
Longitude	8°36'50,94" O
Altura colocação dos sensores	32 m
<u>Características do Anemómetro</u>	
• Taxa aquisição	20 Hz
• Orientação	Oeste
<u>Características do Analisador CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O</u>	
• Taxa aquisição	10 Hz
• Orientação	Este
<u>Sensores meteorológicos</u>	
• Balanço de radiação (1)	
• Pluviómetro (1)	
• Temperatura do ar e humidade (1)	
• Estação meteorológica DAVIS (1)	

## Estação 1 - Batalhão Sapadores Bombeiros – Sensores Meteorológicos



Balanço energético – Rad. Global, incidente e refletida; Rad. Infravermelha, incidente e terrestre (Radiómetro)



Medição temperatura, velocidade e direção do vento, precipitação, radiação solar, UV, ... (Estação meteorológica DAVIS)

Sensor de Humidade Relativa e Temperatura do ar

Medição da precipitação (Pluviómetro)

### 3.2.2. Estação 2 - Verdemilho

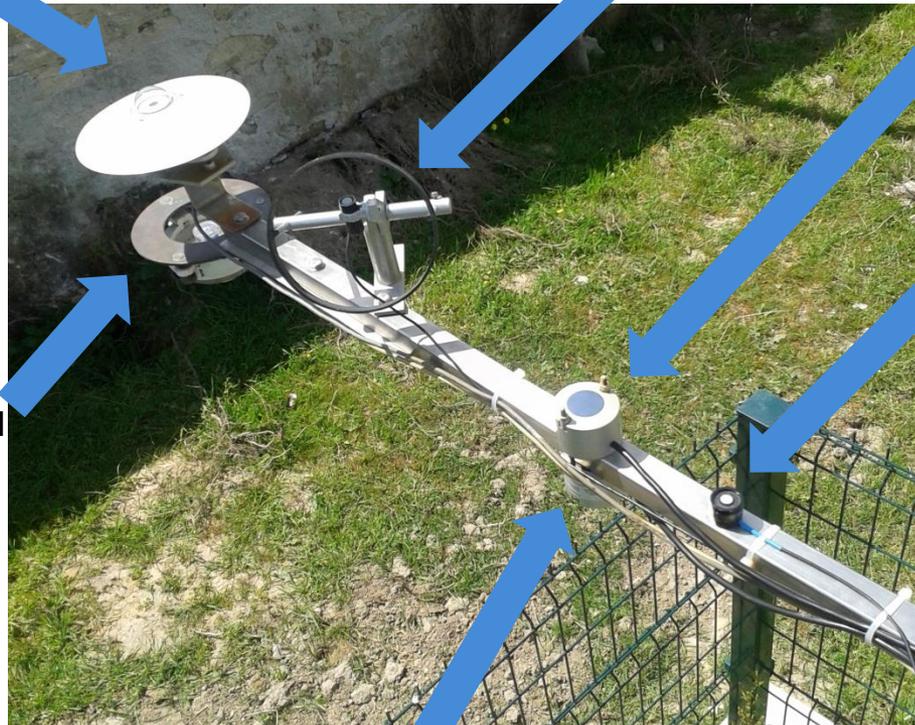
<b>Início da campanha</b>	<b>23 abril 2014</b>
Latitude	40°36'59.35"N
Longitude	8°39'03.53"O
Altura colocação dos sensores	12 m
<u>Características do Anemómetro</u>	
• Taxa aquisição	20 Hz
• Orientação	Oeste
<u>Características do Analisador CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O</u>	
• Taxa aquisição	10 Hz
• Orientação	Norte
<u>Sensores meteorológicos</u>	
• Piranómetro (2)	
• Pirgeómetro (2)	
• PAR (2)	
• Pluviómetro (1)	
• Temperatura do solo (3)	
• Humidade do solo (3)	
• Fluxo de calor no solo (1)	

## Estação 2 - Verdemilho – Sensores Meteorológicos

Radiação solar global incidente  
(Piranómetro)

Radiação fotossinteticamente ativa difusa  
(Sensor PAR)

Radiação infravermelha incidente (Pirgeómetro)



Radiação solar global refletida  
(Piranómetro)

Radiação fotossinteticamente ativa incidente  
(Sensor PAR)

Radiação infravermelha difusa (Pirgeómetro)

✓ Os dados meteorológicos auxiliam na compreensão do comportamento do local em estudo.

## ***Estação 2 - Verdemilho – Sensores Meteorológicos***

### ***Solo***

- Sensores de temperatura do solo (colocados a 2 cm, 10 cm, 20 cm de profundidade)
- Sensores de humidade do solo (colocados a 2 cm, 15 cm, 30 cm de profundidade)
- Placa fluxo de calor no solo (colocada a 8 cm de profundidade)

### ***Precipitação***

- Pluviómetro

### ***Temperatura do ar e humidade***

- Sensor de humidade relativa e temperatura do ar (a instalar)



### 3.3. Tratamento de Dados

- ✓ Estações a operar em contínuo;
- ✓ Dados brutos obtidos são processados recorrendo ao software *EddyPro Advanced* (versão 5.1.1, LI-COR);
- ✓ EddyPro fornece uma vasta gama de opções de output e processamento para a análise avançada de dados;
- ✓ Geram-se fluxos de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e energia de 30 em 30 minutos;
- ✓ No final de cada mês são gerados cerca de 1500 ficheiros (1Gb).



Dados brutos (CO<sub>2</sub>, ppm)

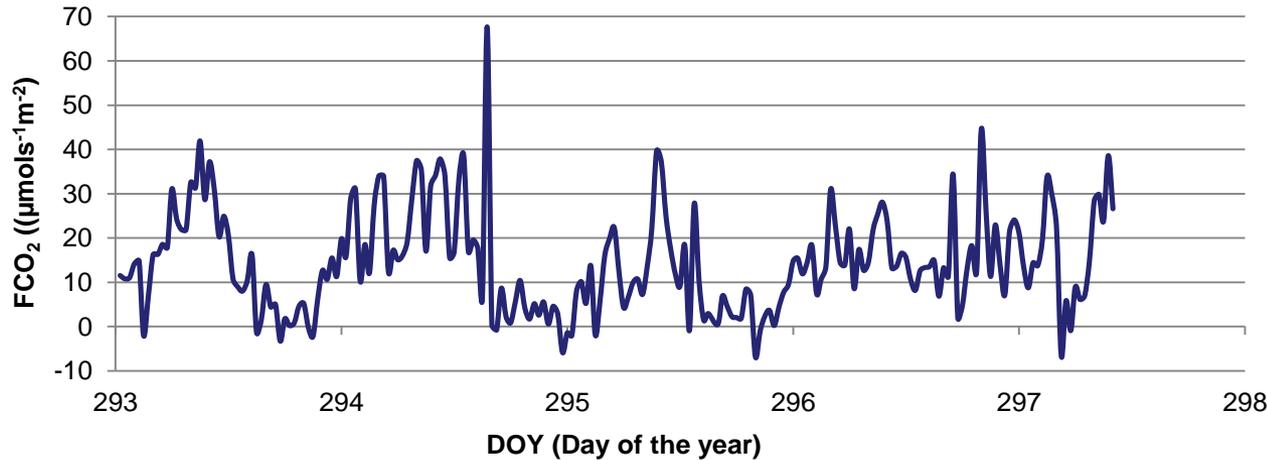


Software EddyPro®

## 4. Resultados e Discussão

✓ 20 a 24 outubro

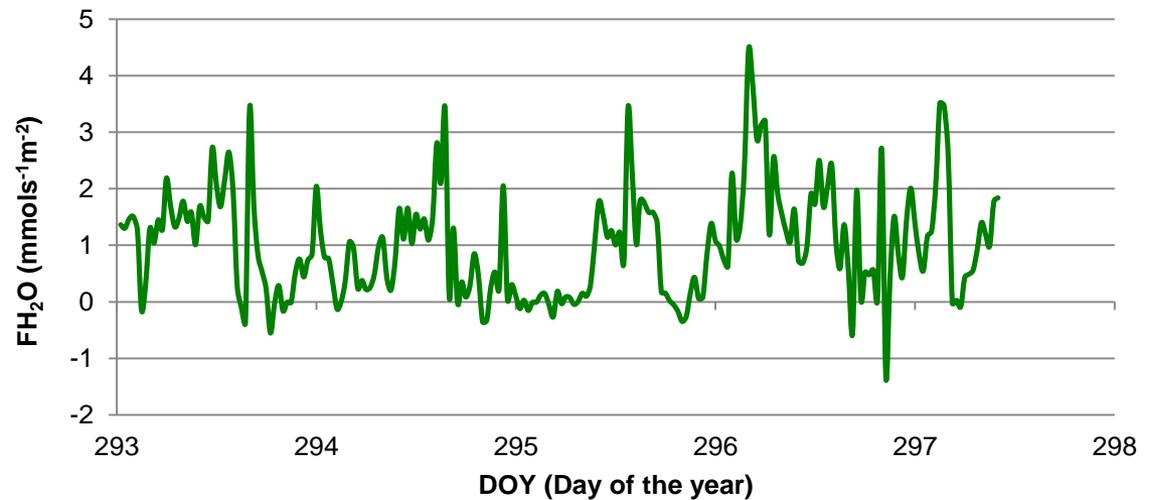
### 4.1. Fluxos de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O (Estação 1 – Batalhão Sapadores Bombeiros)



Emissões antropogénicas de CO<sub>2</sub> provenientes do tráfego parecem controlar a variabilidade diária dos fluxos.

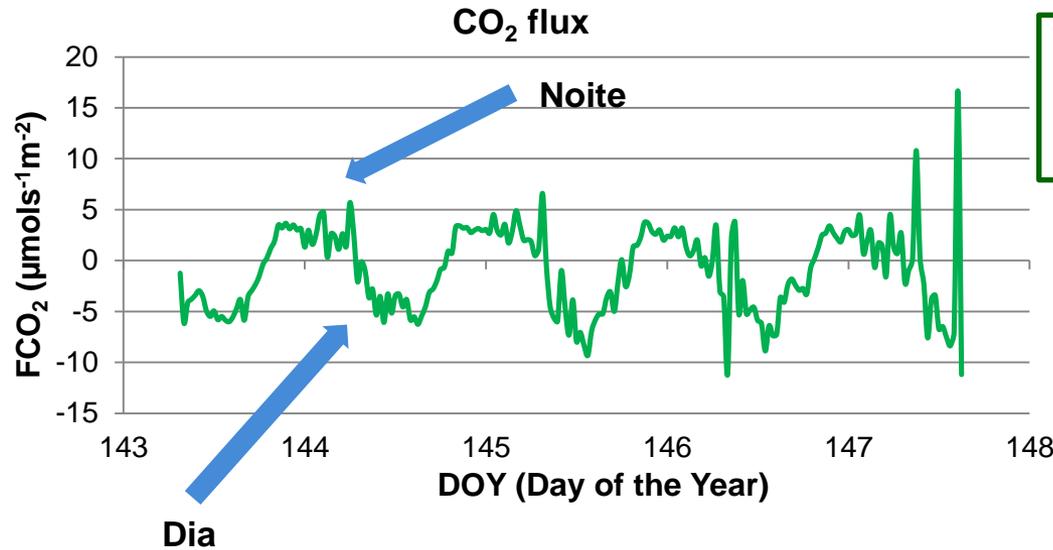


FCO<sub>2</sub> positivo durante o dia



## 4.2. Fluxos de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O (Estação 2 - Verdemilho)

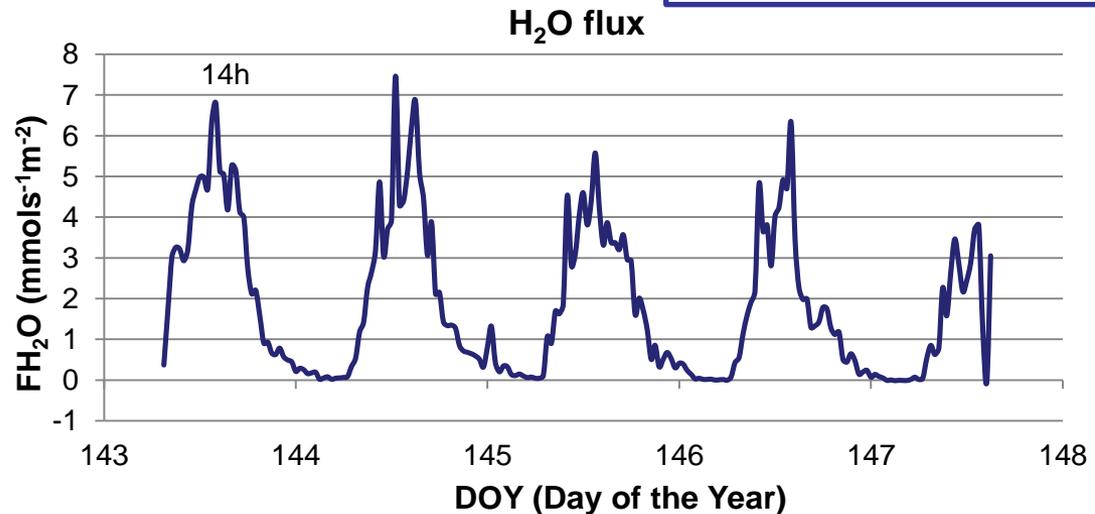
✓ 23 a 27 maio



**FCO<sub>2</sub> > 0**  
 Libertação de CO<sub>2</sub> pelas plantas  
 (Respiração)

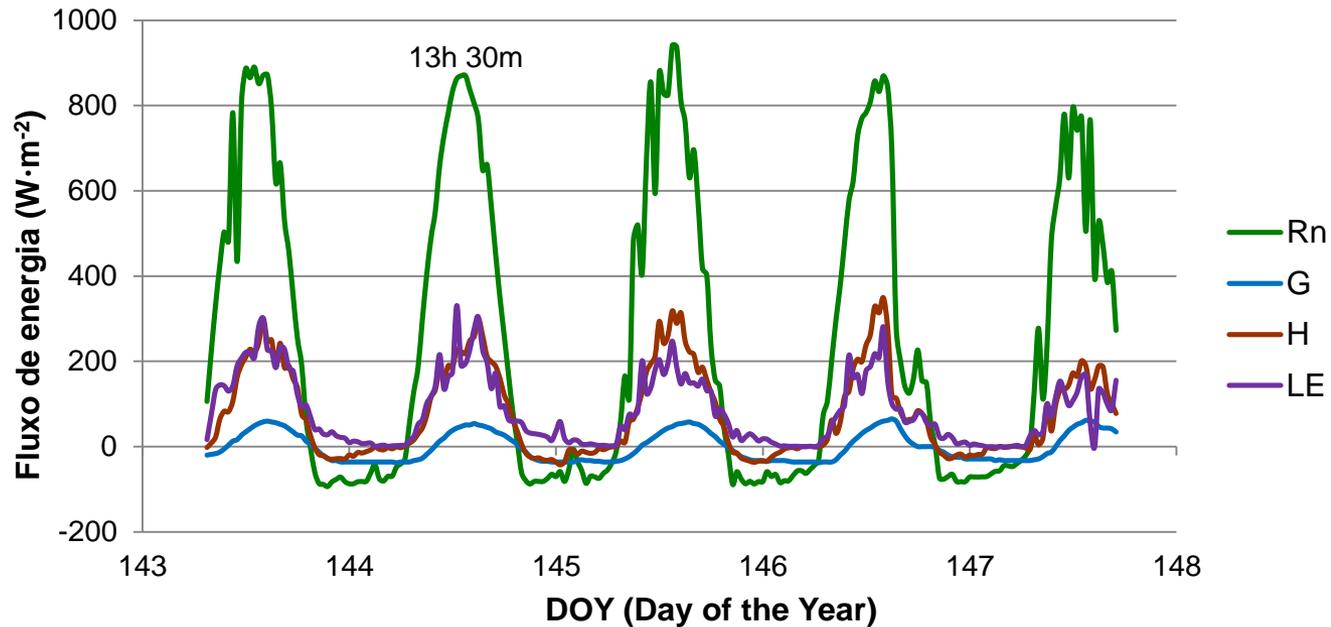
**FCO<sub>2</sub> < 0**  
 Captação de CO<sub>2</sub>  
 pelas plantas  
 (Fotossíntese)

FH<sub>2</sub>O aumenta durante o dia  
 devido ao calor e evaporação



### 4.2.1. Balanço energético (Estação 2 - Verdemilho)

✓ 23 a 27 maio



$R_n$ : Balanço de radiação ou de energia  
( $R_s$ : Radiação global incidente;  $R_{sr}$ :  $R_t$ : Radiação infravermelha terrestre)  
 $G$ : Fluxo de calor no solo ( $W m^{-2}$ ) → OI  
 $H$ : Fluxo de calor sensível ( $W m^{-2}$ ) → C  
 $LE$  ou  $\lambda E$ : Fluxo de calor latente ( $W m^{-2}$ )

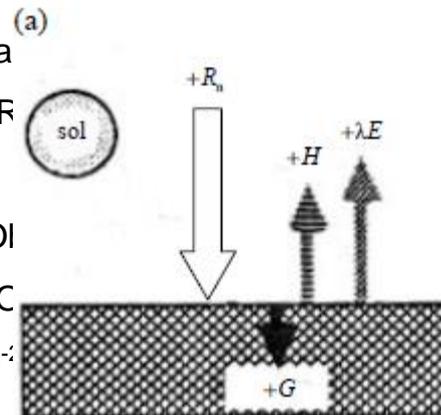
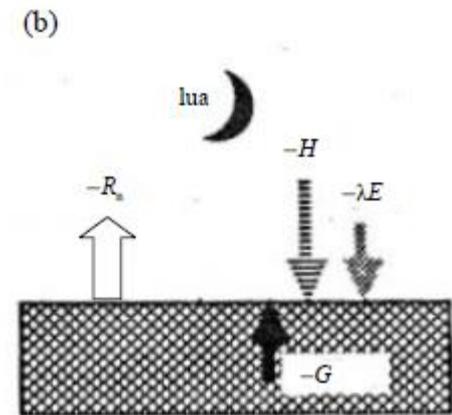


Figura adaptada de Stull (1988)



### 4.3. Limitações do sistema

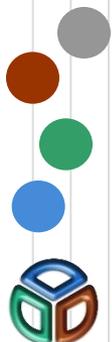
#### Condições climáticas

- A chuva e humidade afetam as janelas óticas do analisador, causando um mau funcionamento do sistema que poderá levar à perda de dados.

LE (W m-2)	CO2_flux ( $\mu\text{mol}+1\text{s}-1\text{m}-2$ )	H2O_flux (mmol+1s-1m-2)
6,817	2,724	0,154
11,728	1,688	0,265
173,254	-58,925	3,911
-9999	-9999	-9999
-9999	-9999	-9999
-9999	-9999	-9999
-9999	-9999	-9999
-9999	-9999	-9999
-9999	-9999	-9999
-9999	-9999	-9999
-9999	-9999	-9999
-9999	-9999	-9999
-9999	-9999	-9999
-9999	-9999	-9999
-9999	116,897	-9999
111,619	-7,698	2,528



- Necessário submeter dados a mais métodos de filtragem:
  - *Gap-filling*;
  - *Filtros ...*



## 5. Conclusões

- Atualmente está a proceder-se à monitorização em contínuo de fluxos de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e energia em Verdemilho (desde abril 2014) e no Porto (desde julho 2014);
- Os resultados preliminares permitem verificar que, na zona suburbana, a variabilidade diária dos fluxos de CO<sub>2</sub> é influenciada pela cobertura vegetal do terreno. Deste modo, os fluxos apresentam-se negativos durante o dia, devido à captação de CO<sub>2</sub> pela vegetação, e positivos durante a noite, o que pode ser atribuído ao processo de emissão de CO<sub>2</sub> resultante da fotossíntese;
- No caso da zona urbana, os perfis não são tão marcados, devido à inexistência de vegetação, pelo que parecem ser as atividades antropogénicas de queima de combustíveis (tráfego, entre outros) a controlar o ciclo diário dos fluxos no centro da cidade.

## ***Agradecimentos***

- O presente trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Fatores 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).

**OBRIGADO PELA ATENÇÃO.**

