

MAG-GIC

Correntes induzidas pelo campo geomagnético no território português

(concurso 02/SAICT/2017)

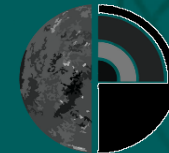
Maria Alexandra Pais (pais@fis.uc.pt)

Fernando Pinheiro (fjgpinheiro.astro@gmail.com)

Paulo Ribeiro (pribeiro@ci.uc.pt)

& restante equipa

A. Pais & F. Pinheiro, REN, 11/10/2018



CITEUC
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO
DA TERRA E DO ESPAÇO
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



**INSTITUTO
DOM LUIZ**

Sumário

❑ Introdução

- ❑ Space Weather: tipo de risco e como afeta a rede

- ❑ Projeto MAG-GIC

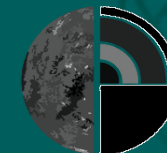
❑ GICs

- ❑ Campo elétrico induzido

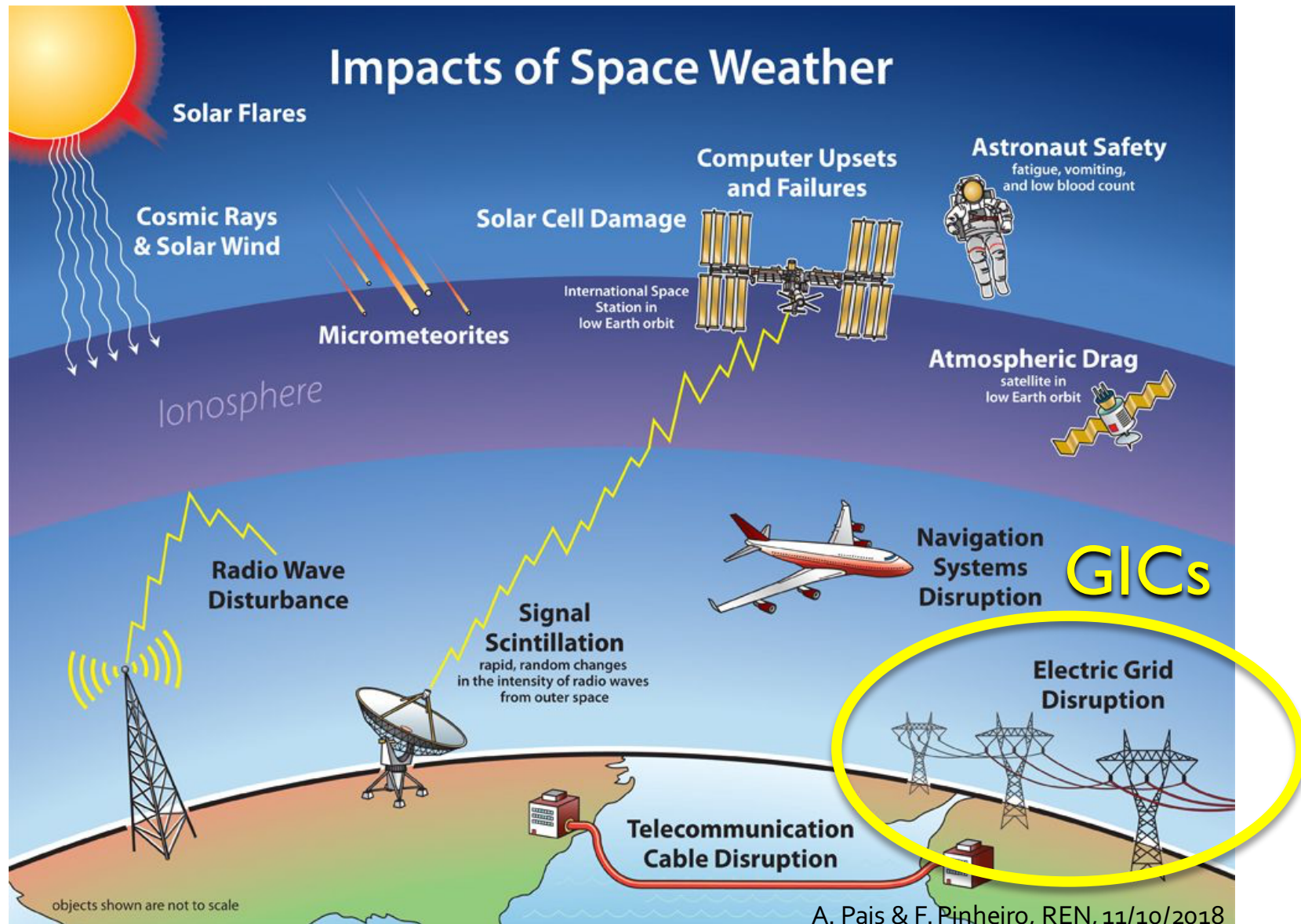
- ❑ Correntes induzidas

- ❑ Efeitos na rede

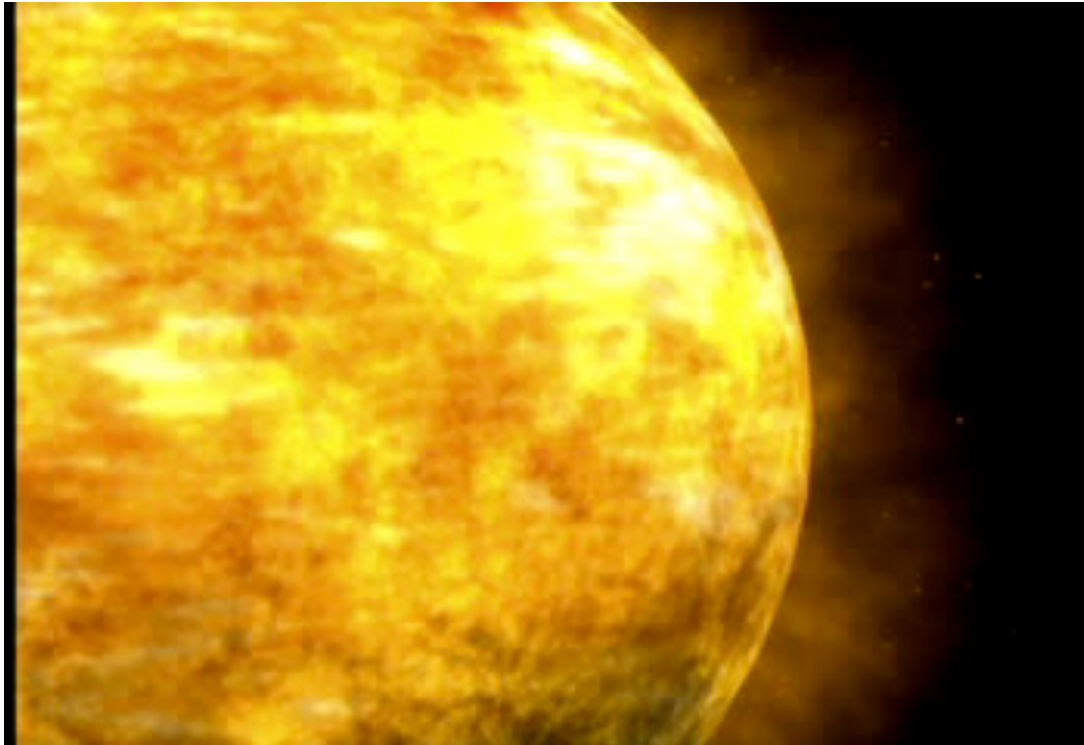
❑ Colaboração com a REN



Meteorologia Espacial (Space Weather)

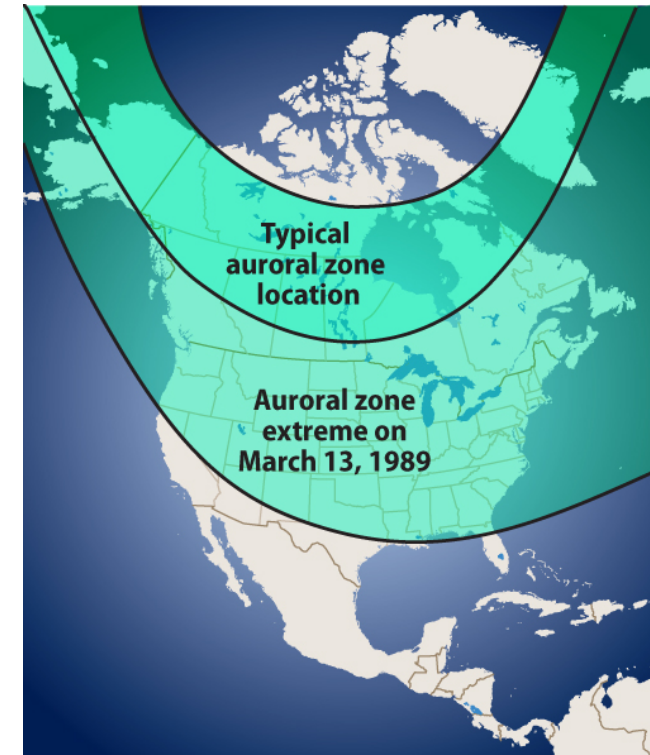


O dia em que o Sol trouxe a escuridão... (13/03/1989)



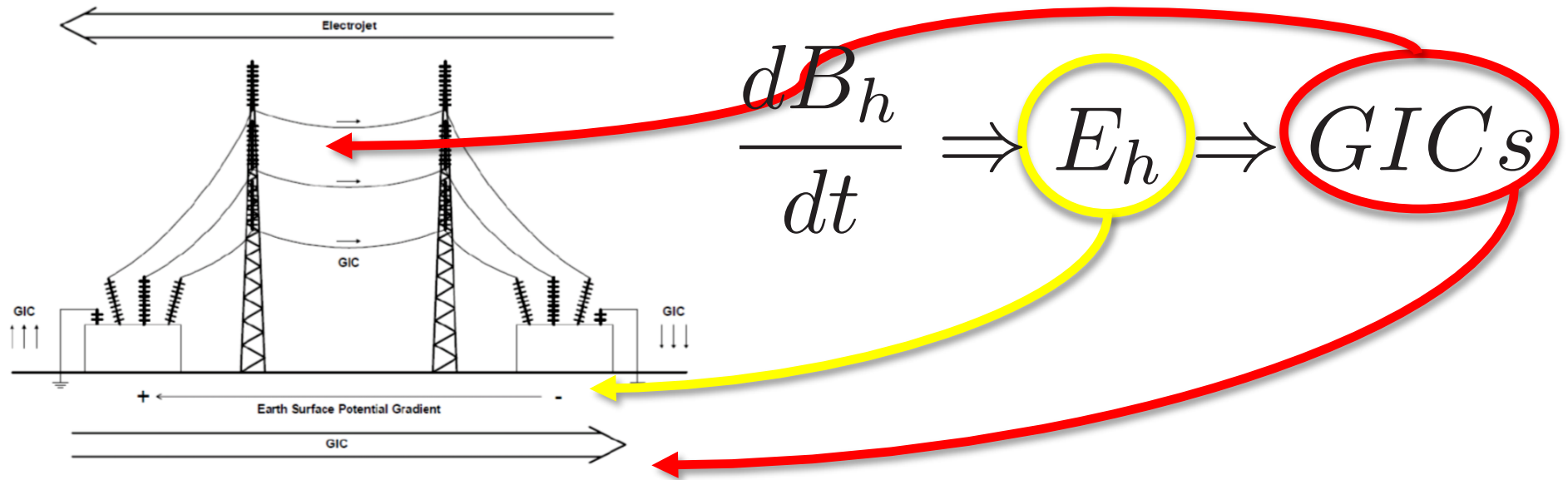
Créditos: NASA

- **Plasma do Sol penetra a magnetosfera**
- **Alimenta sistemas de corrente em torno da Terra**



- **Efeitos excepcionais!**
- **Blackout na Hydro-Québec**

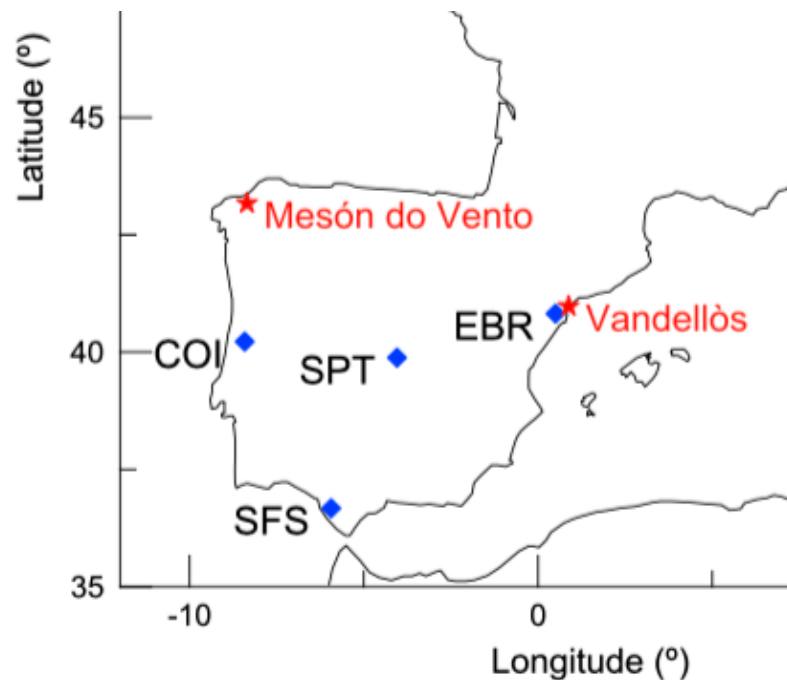
GICs e seus efeitos



- **GICs são correntes DC** ($f \sim 0,1 \text{ mHz} - 0,1 \text{ Hz}$)
- **Saturam os núcleos de transformadores**
- **Produzem sobreaquecimento, harmónicos na rede, vibração mecânica**
- **Perda de potência reativa nos transformadores**
- **Fugas de fluxo para fora do núcleo**
- **Destruição do óleo de isolamento**

Eventos mais recentes e GICs a latitudes intermédias

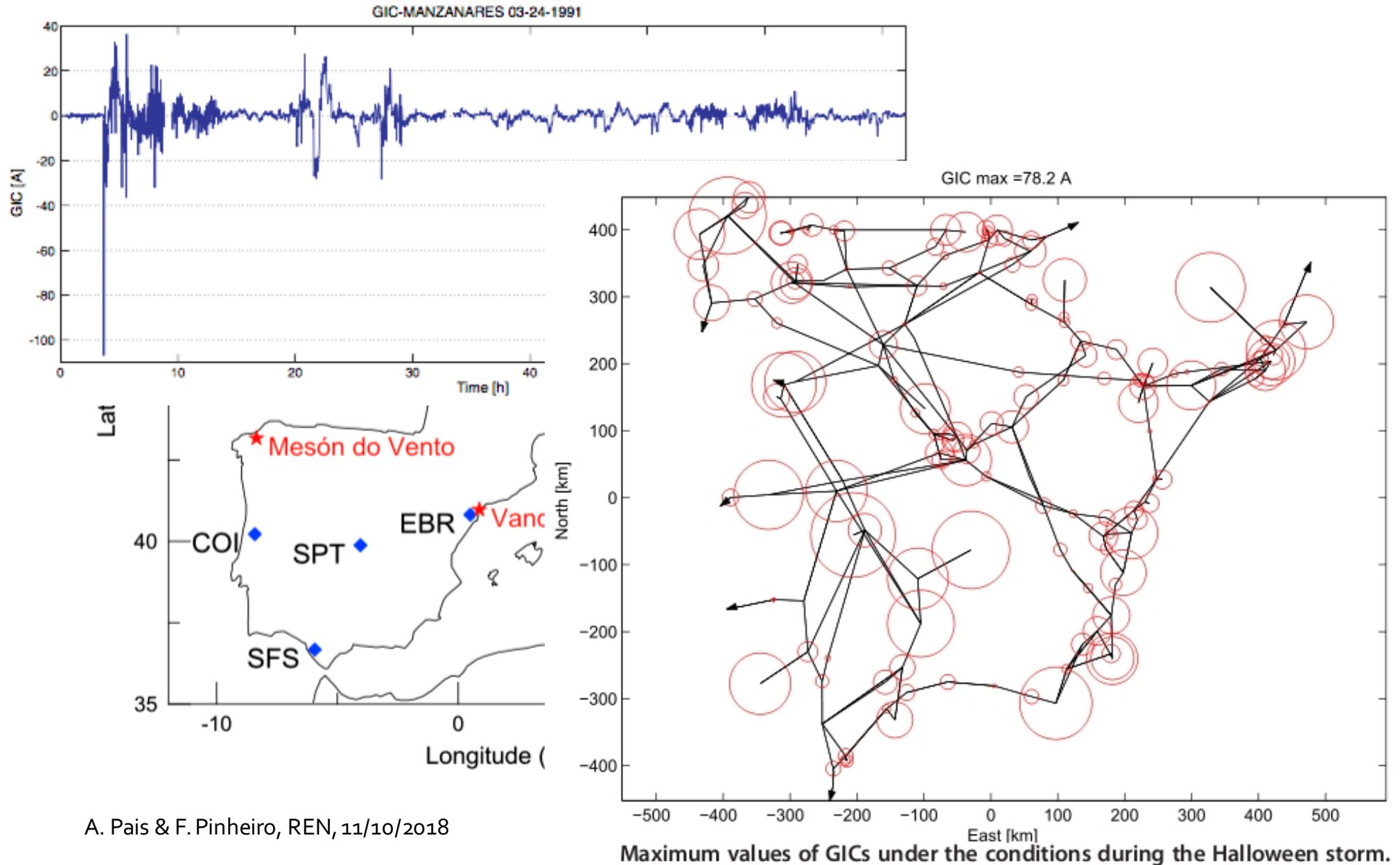
- março e novembro de 1991
- outubro-novembro de 2003 (tempestade de Halloween)
- outubro de 2011
- março de 2015 (tempestade do dia de S. Patrício)



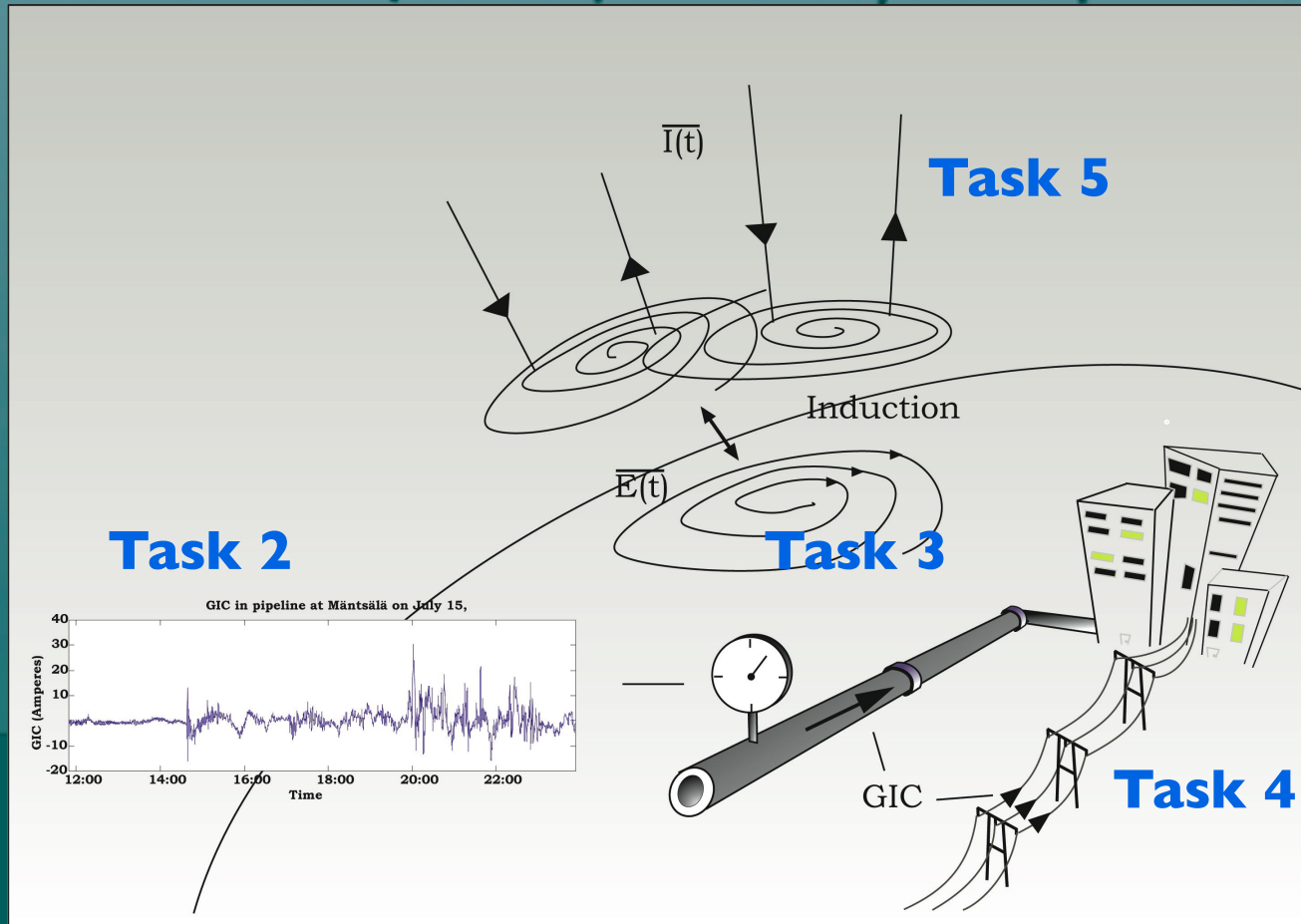
$$\frac{dB}{dt} \Rightarrow E_H \Rightarrow GICs$$

$$177 \text{ nT/min} \Rightarrow \sim 1 \text{ V/km} \Rightarrow \sim 10^2 \text{ A}$$

Eventos mais recentes e GICs a latitudes intermédias

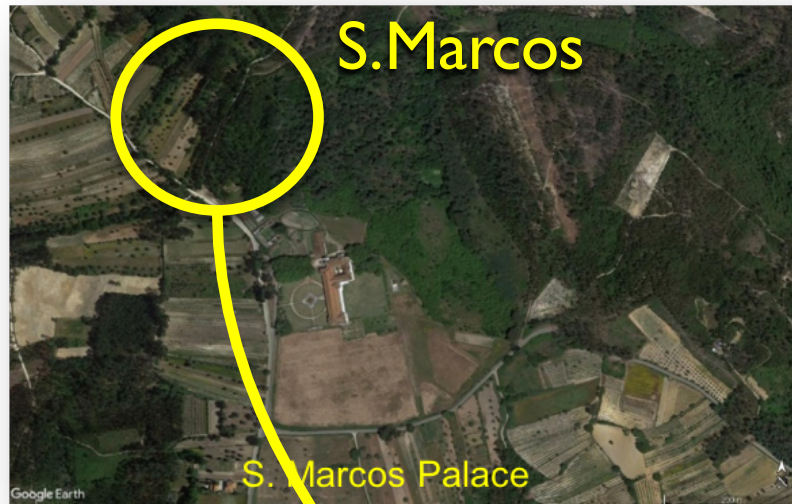


Projeto MAG-GIC: o que estuda?



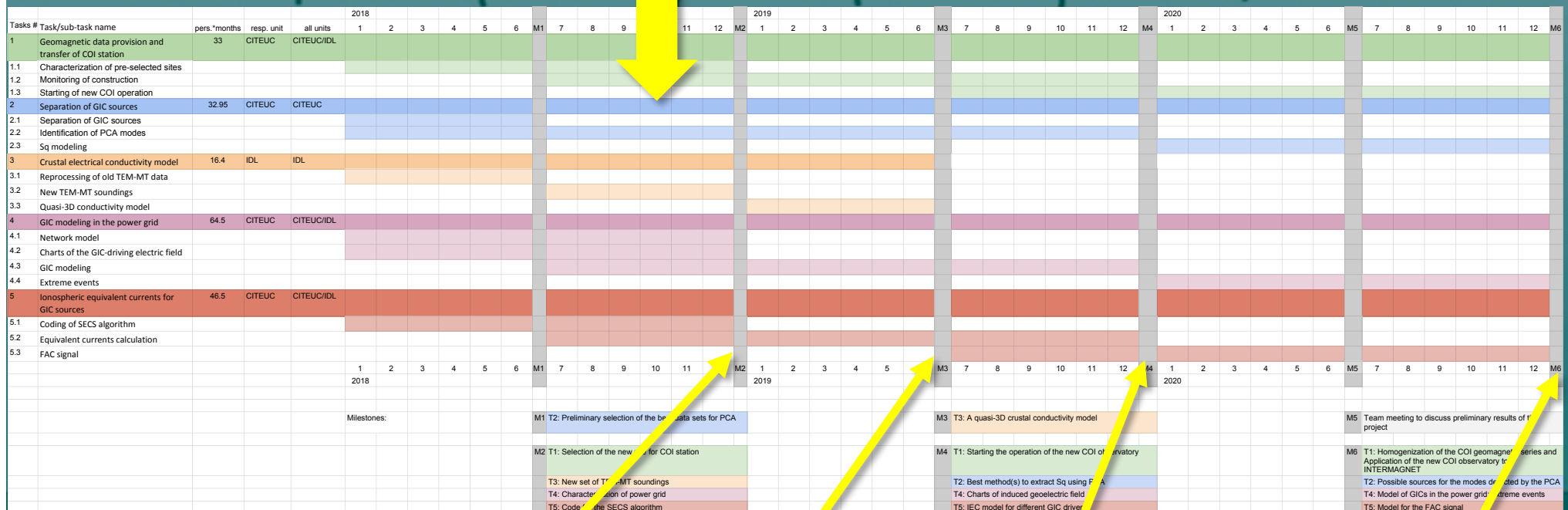
- **Task 2:** Análise do sinal fonte das GICs (Anna Morozova, CITEUC)
- **Task 3:** Modelo de condutividades crustais (Fernando Santos, IDL)
- **Task 4:** Simulação de GICs na rede elétrica (Fernando Pinheiro, CITEUC)
- **Task 5:** Identificação e simulação das correntes geradoras de GICs (Alexandra Pais, CITEUC)

Projeto MAG-GIC: reinstalação do Observatório Magnético



Projeto MAG-GIC: cronograma

Início



Caraterização da rede

Modelo de condutividade

Cartas do campo induzido

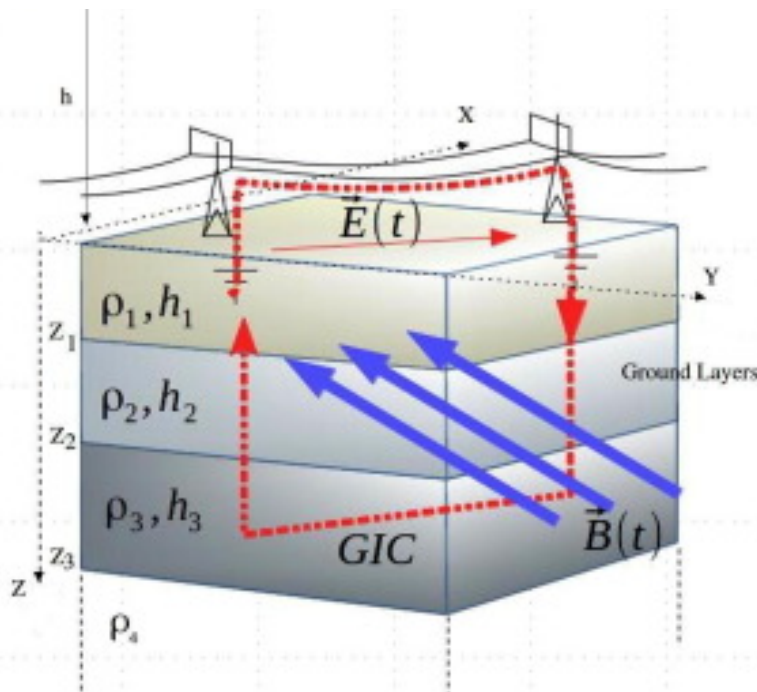
Cartas de risco de GICs

Projeto MAG-GIC: quem participa?

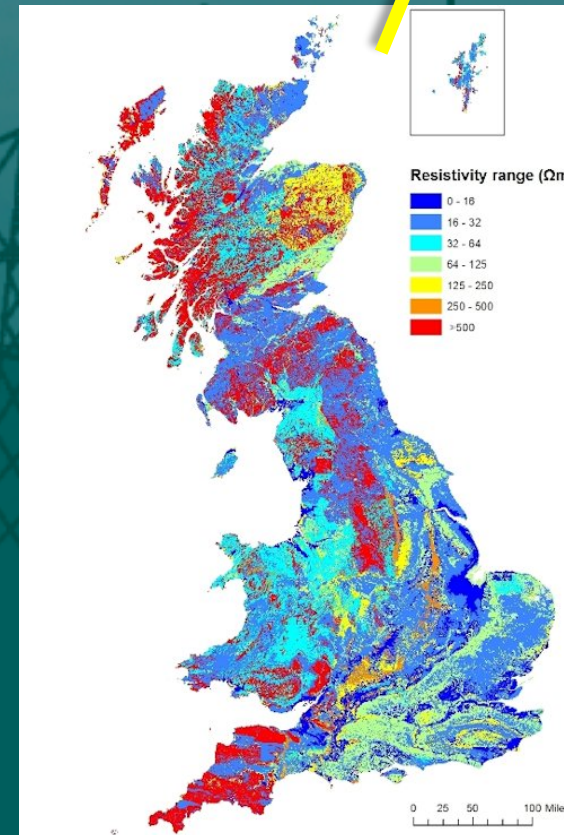
- **Universidade de Coimbra/ CITEUC:** João Fernandes (Co-PI), Anna Morozova, Alexandra Pais (PI), Nuno Peixinho, Fernando Pinheiro, Paulo Ribeiro
- **FCiências.ID/ IDL:** Miguel Miranda, Fernando Santos
- Investigador Doutorado contratado CITEUC
- Bolsiros:
 - 1 doutoramento CITEUC
 - 1 mestrado IDL
 - 2 mestrados CITEUC
- **Consultores/colaboradores**
 - IPMA: Jorge Cruz (task 1)
 - IPGP: Vincent Lesur, IPGP (task 1)
 - IAGA: Mioara Manda (task 1)
 - Obs. de Ebro: Miquel Torta (tasks 4, 5)
 - REN (task 4)

GICs (Geomagnetically Induced Currents) - Modelação

$$\mathbf{E}_h(\omega) = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{Z}(\omega) \mathbf{B}_h(\omega)$$

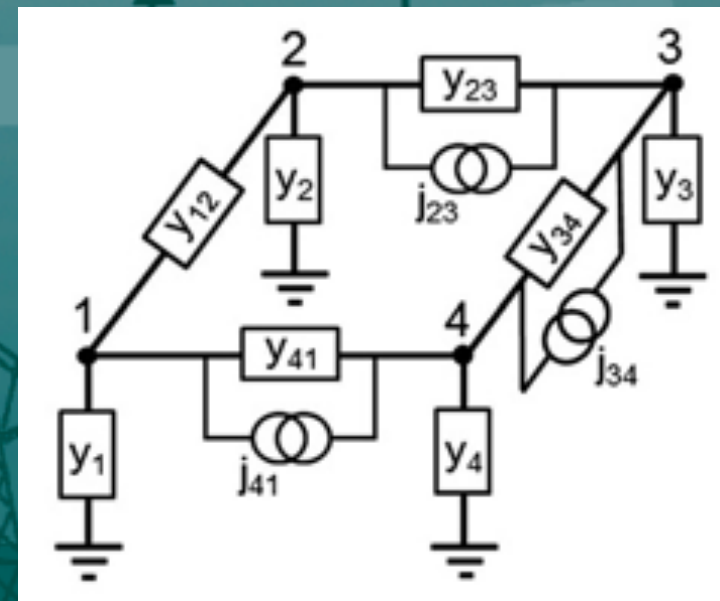
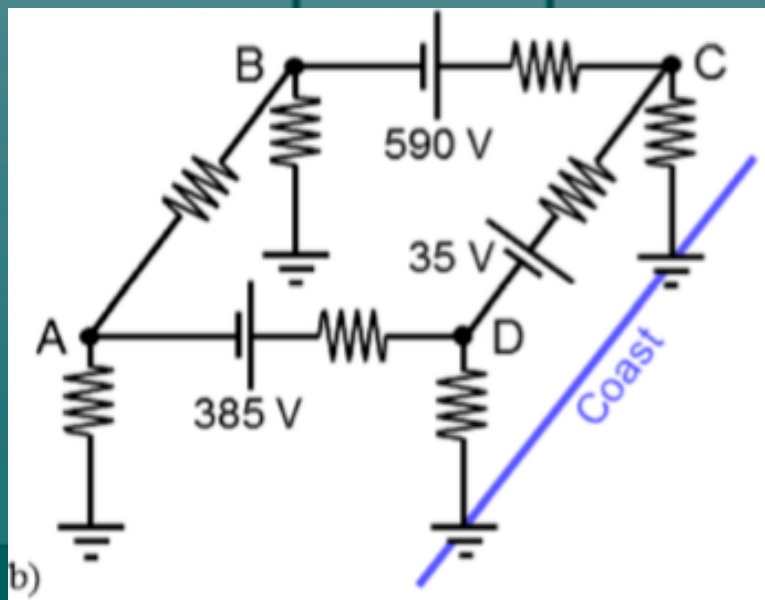


- ρ resistividade elétrica
- $\sigma = 1/\rho$ condutividade elétrica
- $\mathbf{Z}(\omega)$ tensor das impedâncias



GICs - Modelação

Lehtinen & Pirjola, 1985



$$\mathbf{I} = (\mathbf{1} + \mathbf{YZ})^{-1} \mathbf{J}$$

- $\mathbf{I}$ vetor das GICs
- $\mathbf{1}$ matriz identidade
- $\mathbf{Y}$ admitâncias da rede
- $\mathbf{Z}$ impedâncias de aterramento
- $\mathbf{J}$ fontes de corrente

Resumindo: cálculo das GLCs

- ❑ Variações do campo geomagnético (tasks 1 e 2)
- ❑ Condutividade do solo (task 3)
- ❑ Geometria e parâmetros da rede (task 4)
 - ❑ Dimensão, orientação, nodos
 - ❑ Número e tipo de transformadores

Colaboração com a REN

□ Pontos fortes da equipa

- Experiência em geomagnetismo interno e externo (CITEUC)
- Monitorização da atividade solar e geomagnética (SpinLab)
- Experiência em condutividade elétrica de solos (IDL)

□ Pontos sensíveis

- Primeiro estudo de cálculo de GICs
 - (mas temos consultor especialista e financiamento para PhD especialista)
- Necessidade de dados da rede elétrica
 - (parceria com REN é muito importante)

- Home
- Solar data
- Ionospheric data
- Geomagnetic data
- Space Weather forecast
- Research
- Coimbra space weather database
- Other data
- Glossary
- Contacts
- Links

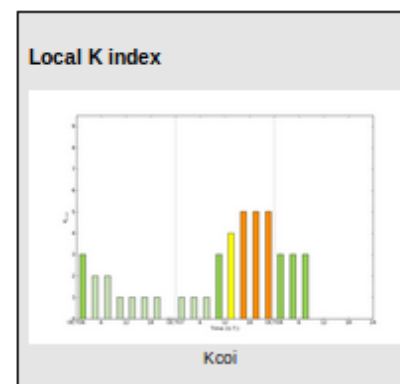
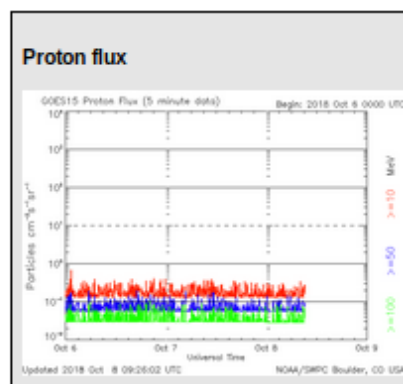
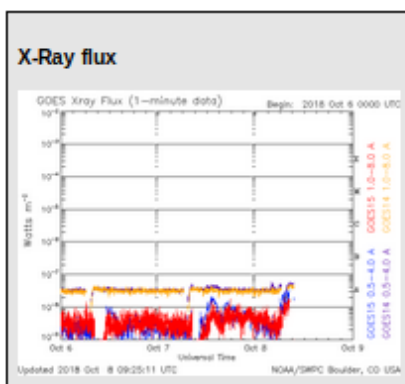
SPINLab - Home

The Space-Planetary Interactions monitoring and forecasting Laboratory (SPINLab) is dedicated to Space Weather. Space Weather describes the variations in solar activity that by interacting with Earth affect the performance of technological systems with an impact on economical activities and the life of populations.

SPINLab has access to 150 years of continuous observations of the geomagnetic field and the Sun acquired by University of Coimbra, counting also on the expertise in this field of Centro de Investigação da Terra e do Espaço da Universidade de Coimbra's (CITEUC) researchers.

This web portal makes available the most recent data that allow to follow the Space Weather conditions.

Space-Weather current conditions



News:

- **04/09/18 06:13 UTC**
This morning there was an earthquake in the Iberian abyssal zone, and it was felt with maximum intensity of III/IV in the region of Albergaria a Velha. (Details: [IPMA](#))
- **10/07/18 14:32 UTC**
"CMEs and their stories": "No obvious coronal dimming seems to have been associated with this C1 flare, but a faint CME was observed in LASCO coronagraphic imagery (not detected by LASCO)." (Source: [STCE](#))
- **06/06/18 15:48 UTC**
Proton auroras observed on Mars: "The new results obtained by the researchers

Alerts:

- **11/09/18**
Alert for geomagnetic storm of Kp 6 (medium) intensity for 12/09/2018 issued at 11/09/2018. (fonte: [SIDC](#))
- **20/06/18 00:50 UTC**
Warning: A G1 (Minor) geomagnetic storm alert was issued at 18/0256 UTC (10:56 pm Eastern). A G1 (Minor) storm warning is valid from 0220-0900 UTC on 18 June (10:20 pm- 5:00 am Eastern) due to coronal hole high speed stream activity. (source: [NOAA/SWPC](#))
- **02/06/18 18:49 UTC**
Warning: G1 (Minor) storm levels were observed at 01/1329 UTC (9:29 Eastern). A

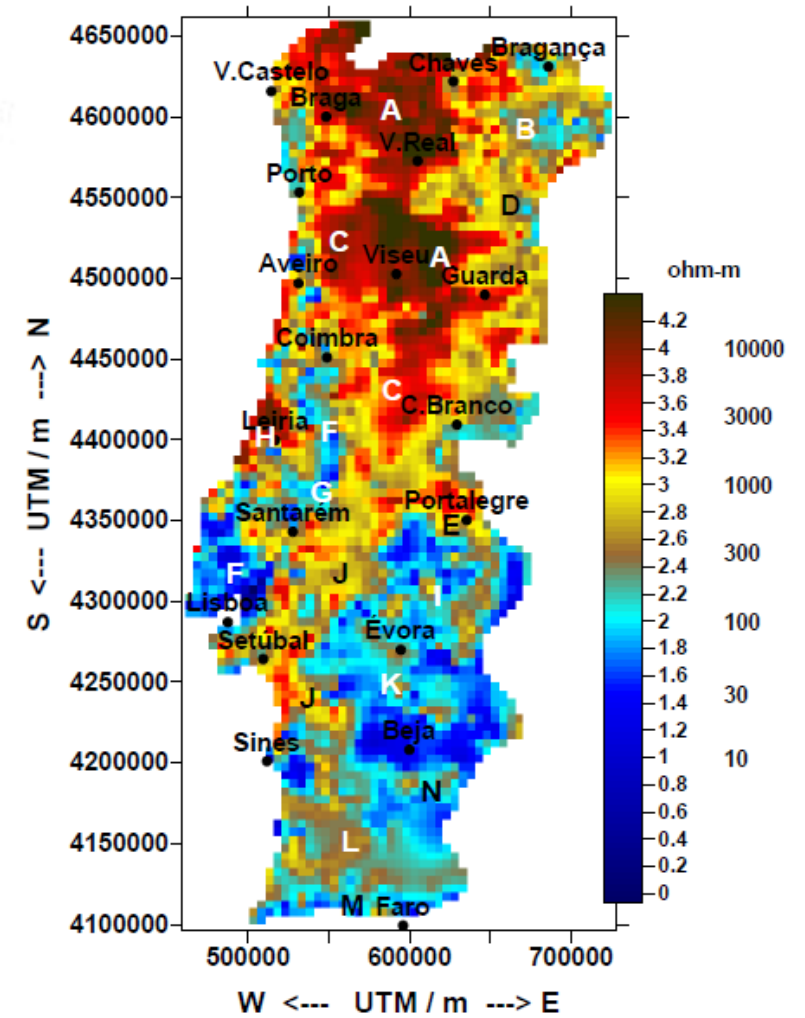
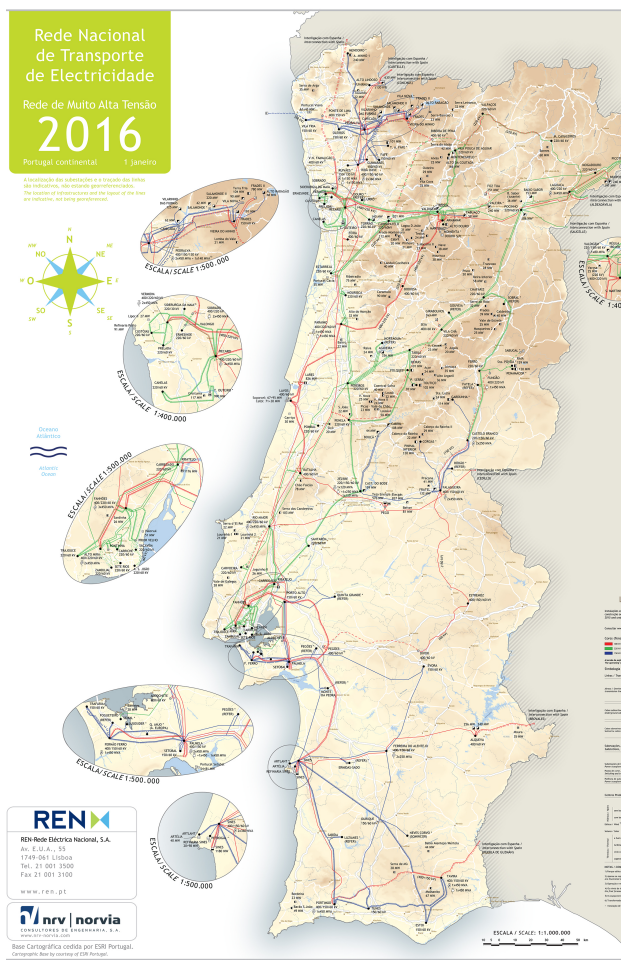
Colaboração com a REN

☐ Oportunidades

- ☐ Novidade dos resultados

- ☐ Foram estabelecidos acordos e colaborações necessários

- ☐ Tema na área dos riscos naturais, atrai financiamentos de programas nacionais e europeus



Colaboração com a REN

- ❑ Colaboração com a REN é importante
 - ❑ Dados da rede
 - ❑ Instalação de sensores?
 - ❑ Co-supervisão de bolseiros?
- ❑ De que forma os nossos resultados podem ser úteis a REN?
 - ❑ Eventos relevantes a assinalar?

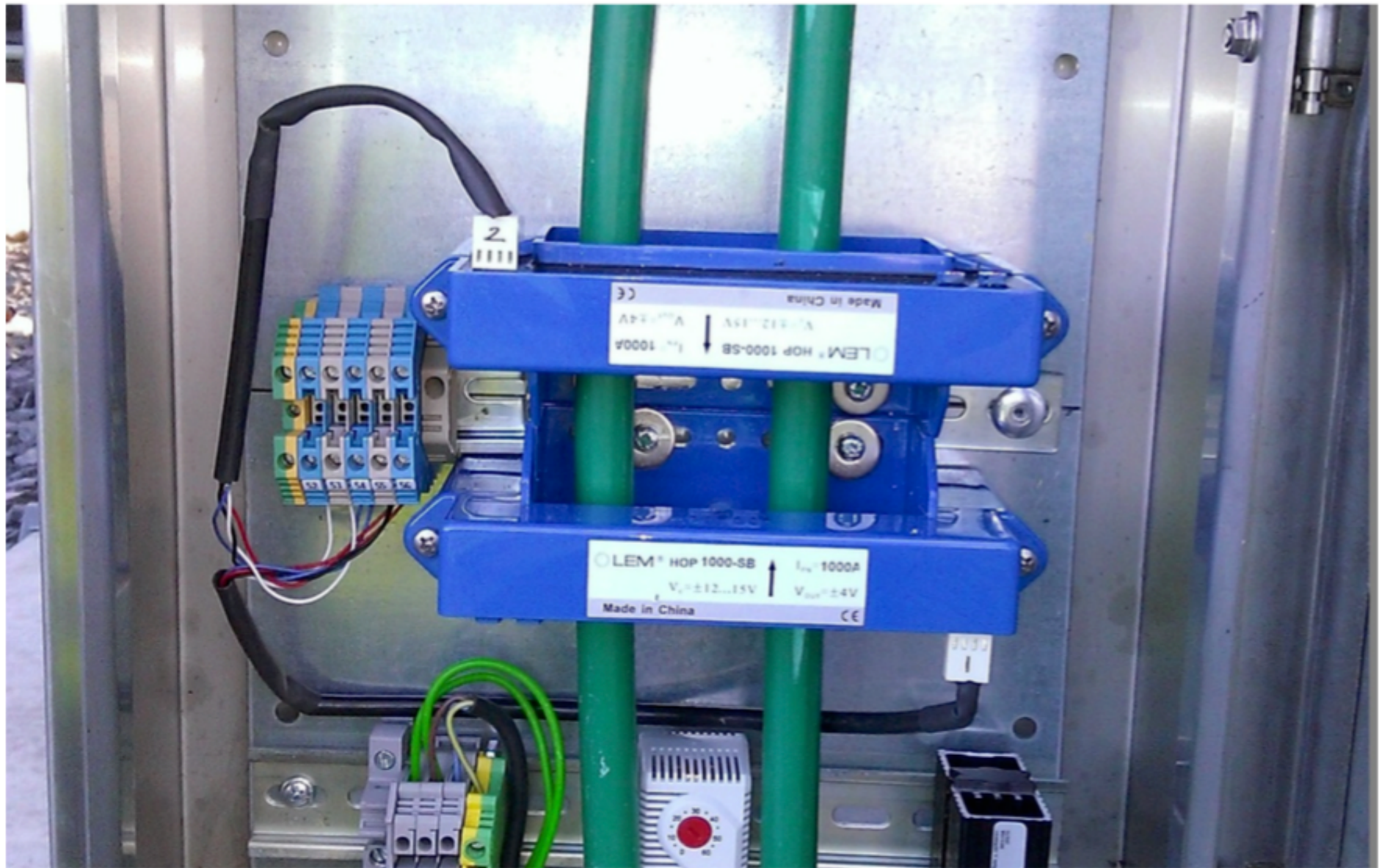
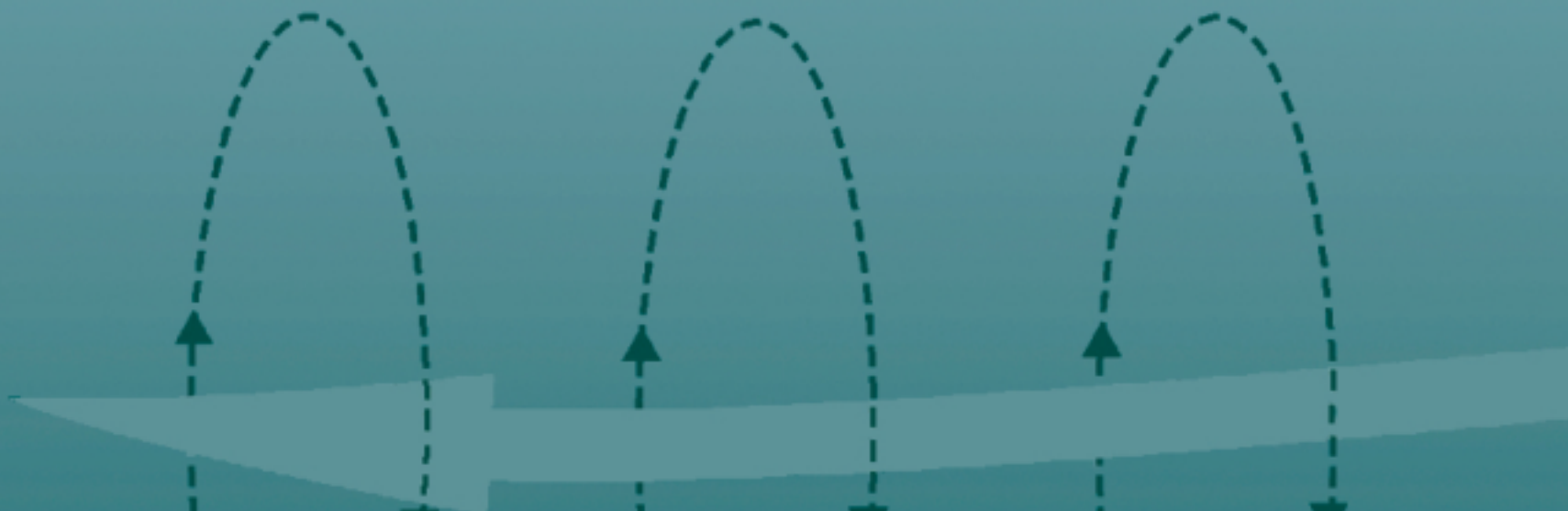


Figure 7.1: The Hall effect sensor at the ground of a transformer in the Woodland substation. This device bins the data into minute bins *in situ*, and a daily file is emailed to interested parties (David Bell, EirGrid, personal communication).

In: Sean Blake's thesis, 2017



Obrigada pela atenção

