

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**PATRICK ROGGER GARCIA**

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO SOFTWARE RIMT  
(ROPLUS INVERSION MAGNETOTELLURIC)**

**ORIENTADOR:** VINICIUS ABREU DE OLIVEIRA

**CO-ORIENTADORA:** ANDREA CRISTINA LIMA DOS SANTOS MATOS

**Caçapava do Sul**

**2018**

## 1 INTRODUÇÃO

Apoiado nas leis de Maxwell **citar**o método MT (Magnetotelúrico) usa a Terra como um condutor ôhmico **citar** e as variações do seu campo magnético promovido por ventos solares **citar** e tempestades equatoriais que interagem com a ionosfera **citar** para investigar as estruturas internas da Terra e litologias rasas.

No Brasil o uso do método MT é insipiente, restrito ao meio acadêmico e pouco utilizado na indústria, porém, pode ser bem aplicado na prospecção de hidrocarbonetos, tendo a sua resolução melhor que a magnetometria e gravimetria **citar**, também em estudos crustais apoiando a sismologia devido sua grande profundidade de investigação, mas o alto custo de processamento, a falta de *softwares* para trabalhar com os dados tem sido algumas das causas do fraco uso.

Esse trabalho foi pensado primeiramente para tornar o MT mais difundido, construindo um *software* com interface gráfica amigável e distribuição livre. O RiMT (Roplus inversion Magnetotelluric) nasceu então com esse propósito, compreendendo o processamento de dados MT desde a coleta até a primeira visualização dos dados, como escolha de bandas, plotagem de pseudo-seções em função de resistividade e fase também fazendo tratamentos estatísticos como o processamento robusto proposto por EGBERT (1997).

O programa será construído usando a linguagem Python (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2018) e a construção da interface gráfica será desenvolvida usando a API (*Application Programming Interface*)..(não sei se precisa.) Kivy (KIVY ORGANIZATION, 2018) dentre outros pacotes, ....**mais apis...** A escolha por essa linguagem foi a vasta quantidade de pacotes, o crescente número de pessoas implementando e a facilidade com que é a construção de seu código.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O método MT proposto por TIKHONOV (1950) e CAGNIARD (1953), usa das propriedades eletromagnéticas para estudar a distribuição de resistividade na crosta, podendo variar a sua investigação em dezenas de metros como dezenas de quilômetros.

### Fundamentos do Método

As flutuações no campo magnético da Terra e tempestades equatoriais geram correntes que penetram no interior da Terra, para simplificar os modelos, em forma de ondas planas ortogonais, por indução geram novas correntes chamadas de correntes telúricas, que trazem informações das características físicas das litologias.

Uma das características é a modulação da frequência, causada por diferentes tipos de rochas e estruturas, esse fenômeno é diretamente relacionado a resistividade do meio.

Para construção do método algumas situações de contorno são propostas:

1. Ondas geradas na ionosfera, distantes o suficientes, penetram ortogonais à superfície da Terra.
2. A Terra se comporta como um condutor ôhmico.
3. ..129....
4. ..130....
5. ..131....

A equação 2.1 mostra a relação entre a profundidade ( $\delta_f$ ), frequência ( $f$ ) e a resistividade aparente ( $\rho_a$ ), essa profundidade é chamada de *skin-depth* **itar**, e decai com o inverso de  $e$ .

$$\delta_\omega = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} \longrightarrow \delta_f = 0,564\sqrt{\frac{\rho_a}{f}} \quad (2.1)$$

Essa relação mostra que para uma mesma profundidade variando a resistividade aparente a frequência é alterada.

## Fundamento Matemático e Leis de Maxwell

Usando as leis de Maxwell **citar** podemos medir os campos eletricos e magnéticos separadamente em diferentes componentes e assim unir para obter as função de *skin-depth*.

Os campos podem ser descritos pelas equações para carga e corrente livre (macroscópica):

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2.2)$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (2.3)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (2.4)$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho \quad (2.5)$$

$\vec{E} \rightarrow$  Campo Elétrico [ $V/m$ ]

$\vec{B} \rightarrow$  Campo Magnético [ $T$ ]

$\vec{H} \rightarrow$  Campo Magnetizante [ $A/m$ ]

$\vec{J} \rightarrow$  Densidade de Corrente [ $A/m^2$ ]

$\vec{D} \rightarrow$  Campo de Deslocamento Elétrico [ $C/m^2$ ]

$\rho \rightarrow$  Densidade de Carga [ $C/m^3$ ]

$t \rightarrow$  Tempo [ $s$ ]

Obedecendo as situações de contorno para um meio isotrópico temos as seguintes relações (equações constitutivas):

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad (2.6)$$

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} \quad (2.7)$$

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (2.8)$$

$\mu \rightarrow$  Permeabilidade Magnética [ $H/m$ ]

$\epsilon \rightarrow$  Permissividade Elétrica [ $F/m$ ]

$\sigma \rightarrow$  Condutividade Elétrica [ $S/m$ ]

Cada escalar das equações anteriores são características que dependem do meio que se propagam.

Para a crosta  $\mu = 1,2566 \times 10^{-6} H/m$  e  $\epsilon = 8,85 \times 10^{-12} F/m$  esses parâmetros funcionam como tensores em um meio anisotrópico que variam em função do tempo, já

considerando para os trabalhos de investigação o meio supõe-se ser isotrópico, assim, tornando estáticos os tensores.

**Continuação Teoria**

**Continuação Teoria**

**Continuação Teoria**

**Continuação Teoria**

### **Estrutura do software (RiMT)**

O RiMT será desenvolvido em linguagem Python na sua terceira versão, a compatibilidade, a vasta quantidade de pacotes e o grande crescimento foram os fatores que ajudaram na escolha da linguagem. Os recursos e APIs utilizadas na construção do programação serão:

1. Kivy 1.10.0 → Para a construção da interface gráfica
2. Matplotlib 2.2.2 → Plotagem dos gráficos em conjunto com a API Kivy
3. Numpy e Scipy → Processamento dos dados
4. Python 3.5 → Linguagem base

A figura 2.1 mostra o fluxograma da construção do RiMT e a interação das APIs. O programa será desenvolvido para distribuições Linux baseadas no Debian.

Figura 2.1: Fluxograma e interação entre as APIs



# Fluxograma

Fonte: O autor

**Continuação Teoria**

**Continuação Teoria**

**Continuação Teoria**

### 3 ÁREA DE ESTUDO

Para validar e testar as rotinas de processamento, serão utilizados os dados da campanha **citar a campanha do GEOMA projeto** Borborema, já processados nos trabalhos de: **citar tese andrea, tcc alane, mestrado e artigos**

#### **4 RESULTADOS ESPERADOS**



## **5 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES**

### **1º Semestre**

## REFERÊNCIAS

CAGNIARD, L. Basic theory of the magneto-telluric method of geophysical prospecting. v. 18(3), p. 605–635, 1953.

EGBERT, G. D. Robust multiple-station magnetotelluric data processing. **Geophysical Journal International**, v. 130, p. 475–496, 1997.

KIVY ORGANIZATION. **Kivy 1.10.1 documendation**. [S.l.], 2018. Available at < <https://kivy.org/> >. Visited in March, 2018.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **Python 3.6.5 documendation**. [S.l.], 2018. Available at < <https://docs.python.org/3/> >. Visited in March, 2018.

TIKHONOV, A. N. On determining electrical characteristics of the deep layers of the earth's crust. **Doklady Akademii Nauk SSSR**, v. 73, p. 295–297, 1950.