



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**PROCESSAMENTO DE DADOS DE SONDAGEM  
MAGNETOTELÚRICAS COLETADOS NA PROVÍNCIA  
BORBOREMA, REGIÃO NORDESTE DO BRASIL.**

**RELATÓRIO PARCIAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Bianca Alencar Bianchi (IAG/USP, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: [biancabianchi@usp.br](mailto:biancabianchi@usp.br)

Dr. Ícaro Vitorello (INPE, Orientador)  
E-mail: [icaro@dge.inpe.br](mailto:icaro@dge.inpe.br)

Dr. Maurício de Souza Bologna (IAG/USP, Co-orientador)  
E-mail: [mbologna@usp.br](mailto:mbologna@usp.br)

**COLABORADORES**

Dr. Antônio Lopes Padilha (INPE)  
Dr. Marcelo Banik de Pádua (INPE)

Julho de 2009

## Índice

1. Introdução-----	03
2. Atividades desenvolvidas	
Processamento de dados-----	04
Divulgação dos resultados-----	09
Demais atividades-----	09
3. Atividades futuras-----	10
4. Bibliografia-----	11

## **1. Introdução**

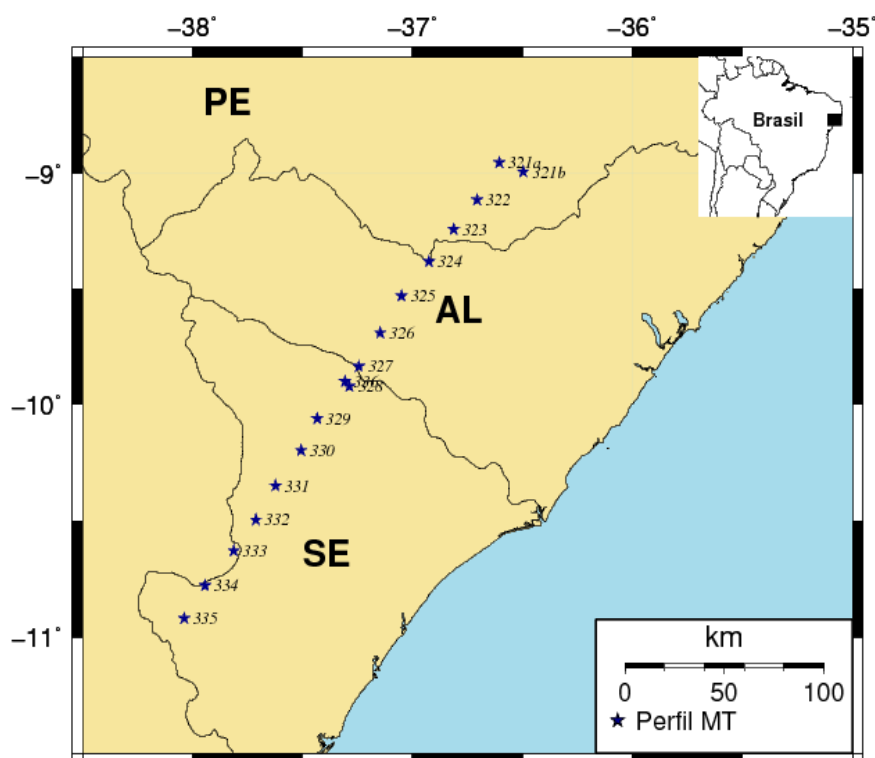
As atividades desenvolvidas desde o início de vigência deste projeto, em 01 janeiro de 2009, envolveram principalmente o processamento de dados de 8 estações magnetotélúricas (MT). O projeto prevê no total a análise de 13 estações MT, incluindo processamento, elaboração de pseudo-seções de resistividade aparente e fase, modelagem numérica e interpretação dos resultados. Tais estações MT localizam-se na região dos estados de Sergipe, Alagoas e Pernambuco e compõem um perfil de direção geral NNE-SSW com extensão de aproximadamente 200 km, transversal às estruturas e afloramentos geológicos da Província Borborema.

O objetivo deste trabalho é obter uma tomografia geoeétrica preliminar da Província Borborema, gerando novos vínculos para sua evolução geotectônica. No estudo aqui proposto vai-se utilizar o método MT para detectar a ocorrência de anomalias de condutividade elétrica em diferentes profundidades litosféricas sob a Província Borborema. Esse método é uma técnica geofísica para determinar a distribuição da condutividade elétrica no interior da Terra a partir da interpretação de medidas simultâneas, efetuadas na superfície, das variações temporais naturais dos campos geomagnético e geoeétrico induzido. O estado da arte sobre esse método geofísico pode ser encontrado no livro publicado por Simpson e Bahr (2005) e exemplos da sua utilização recente para estudos geotectônicos pelo grupo de Geomagnetismo do INPE podem ser consultados em Bologna et al. (2005, 2006).

## 2. Atividades desenvolvidas

### - Processamento de dados

Até o presente foram processados os dados das estações 321 à 328, cujas localizações geográficas são mostradas na Fig. 1. Os dados foram processados com o código robusto de Egbert (1997). Como resultado obtêm-se, através de técnicas de análise espectral, curvas de resistividade aparente e fase em função da frequência (ou período).



**Figura 1.** Perfil estações de sondagem MT (321 a 336) na Província Borborema, região nordeste do Brasil.

O primeiro passo foi fazer a decodificação dos arquivos de binários para ASCII. Isto é necessário para que haja compatibilidade entre os dados e os programas computacionais utilizados nas diferentes etapas de processamento.

A etapa seguinte foi a obtenção dos coeficientes de Fourier, o que é feito na prática através da sub-rotina DNFF. Toda faixa espectral é dividida em quatro intervalos (ou bandas) de frequência com sobreposição entre eles (denominados A, B, C e D) e com frequências centrais respectivamente de

40.960 Hz, 4.096 Hz, 64Hz e 2 Hz. Para cada banda de freqüência existe uma ou mais janelas específicas para gerar esses coeficientes e são mostrados na Tabela 1.

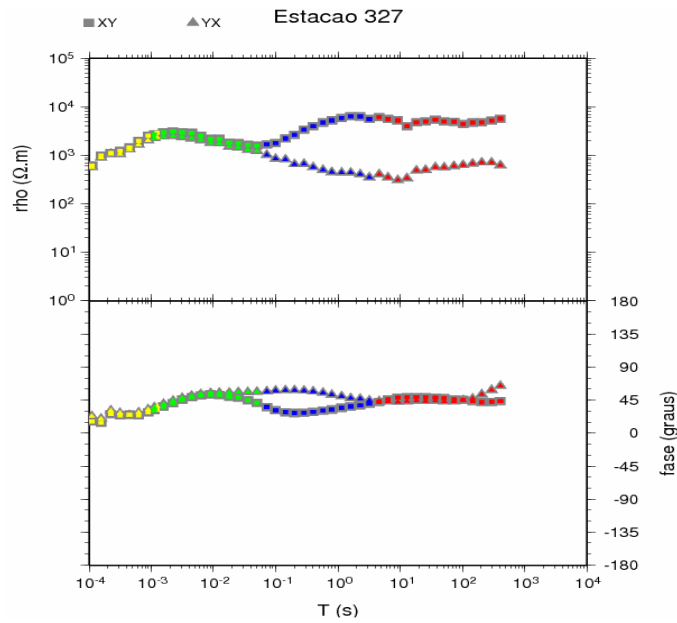
**Tabela 1.** *Tamanho das janelas para cada banda de freqüência.*

Tamanho da Janela	Bandas: padrão	Bandas: eventual
0064	D	C
0128	C, D	-
0256	C	B, D
1024	B,C	A
4096	A, B	C
8192	A, B	-

Uma vez obtidos esses coeficientes usou-se a sub-rotina TRANMT para calcular as funções de transferência magnética e os tensores de impedância. Por fim, as bandas foram agrupadas para compor uma curva completa. A escolha das bandas seguiu critérios, como:

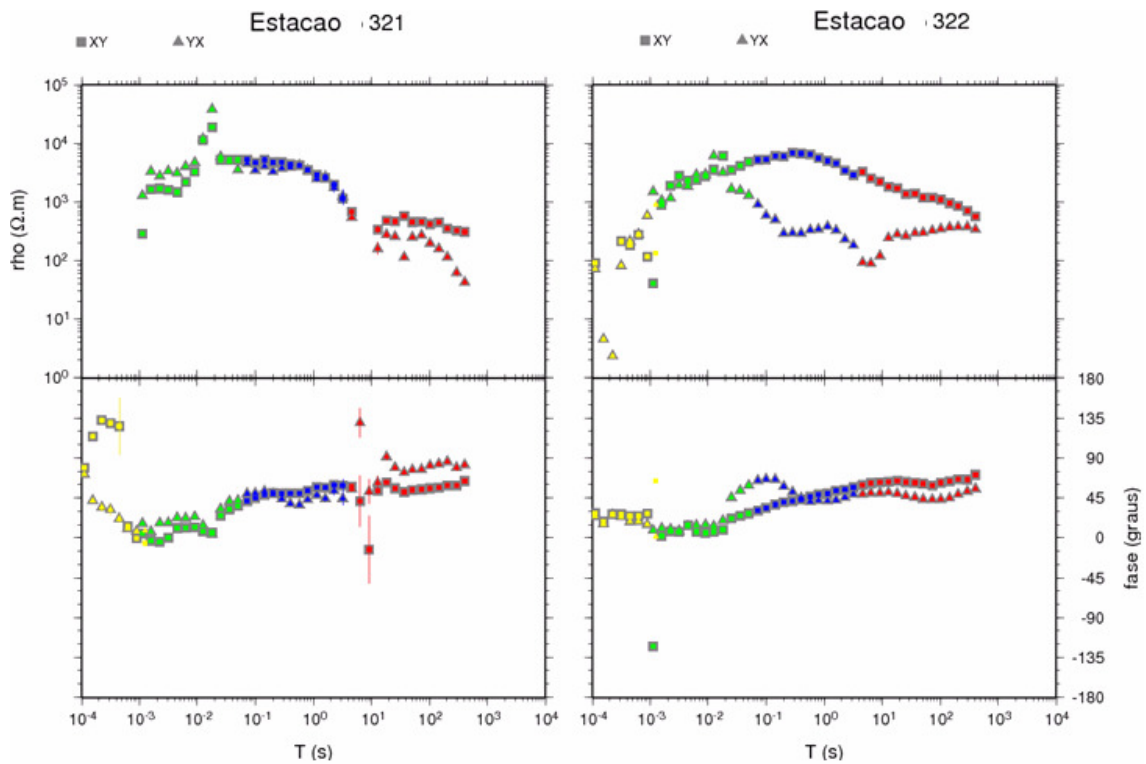
- Suavidade da curva;
- Continuidade da curva;
- Baixa dispersão dos dados;
- Menor barra de erro.

A Fig. 2 mostra um exemplo das curvas processadas da estação 327. As diferentes cores representam as diferentes bandas processadas de forma independente e agrupadas posteriormente. A banda A é identificada pela cor amarela, que possui freqüências mais altas e fornece informações de estruturas mais rasas. As bandas B e C identificadas, respectivamente, pelas cores verde e azul, consistem de freqüências intermediárias. A banda D (vermelha) engloba freqüências mais baixas identificando estruturas mais profundas.

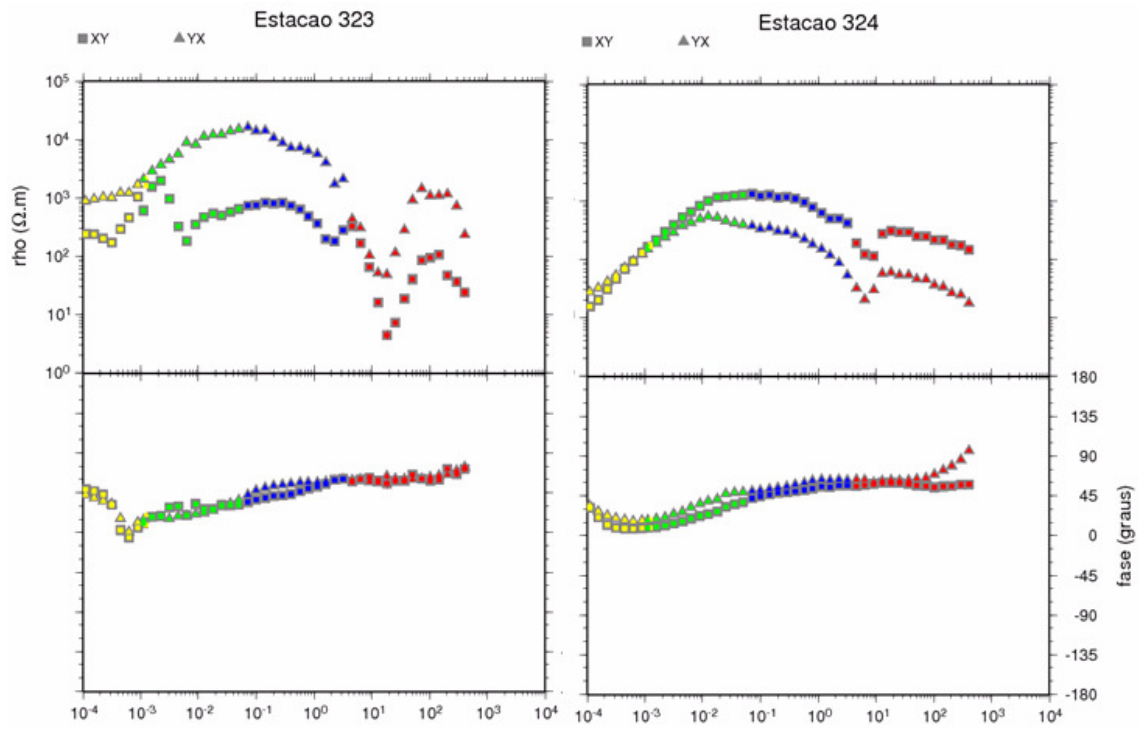


**Figura 2.** Gráfico da resistividade e fase pelo período do sinal da estação 327.

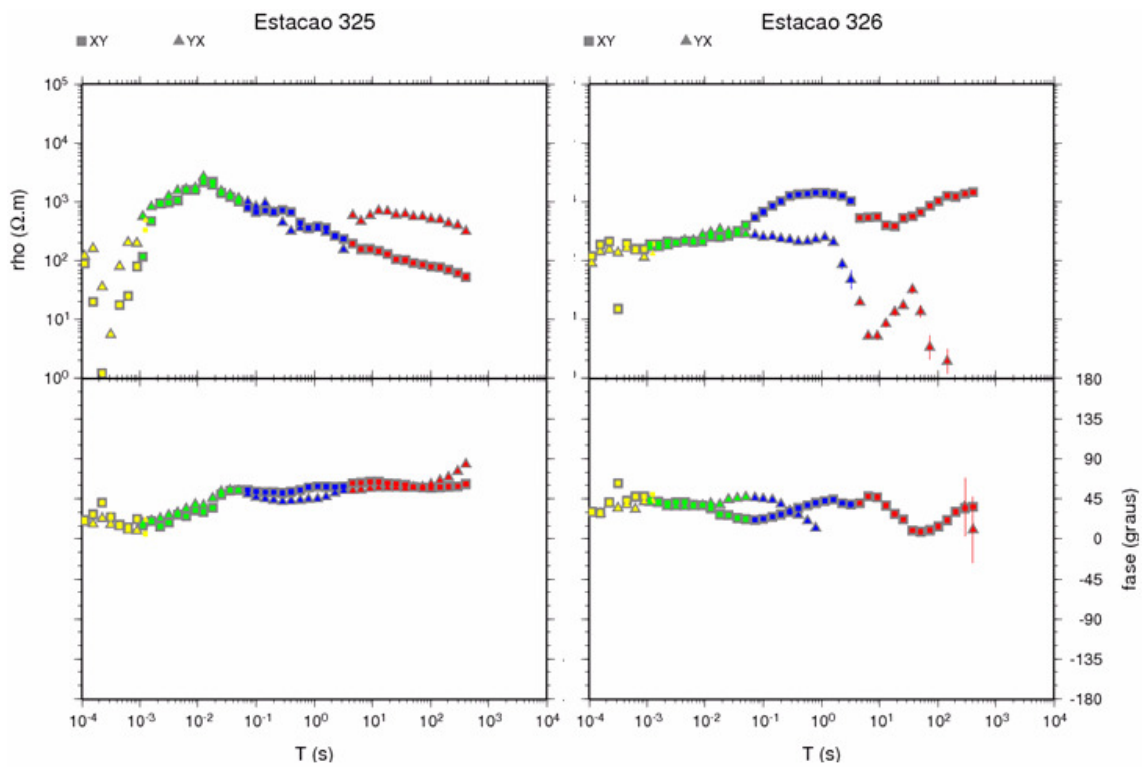
Os dados, processados segundo os critérios citados, das 8 estações (321 a 328) são apresentados à seguir nas figuras 3, 4, 5 e 6.



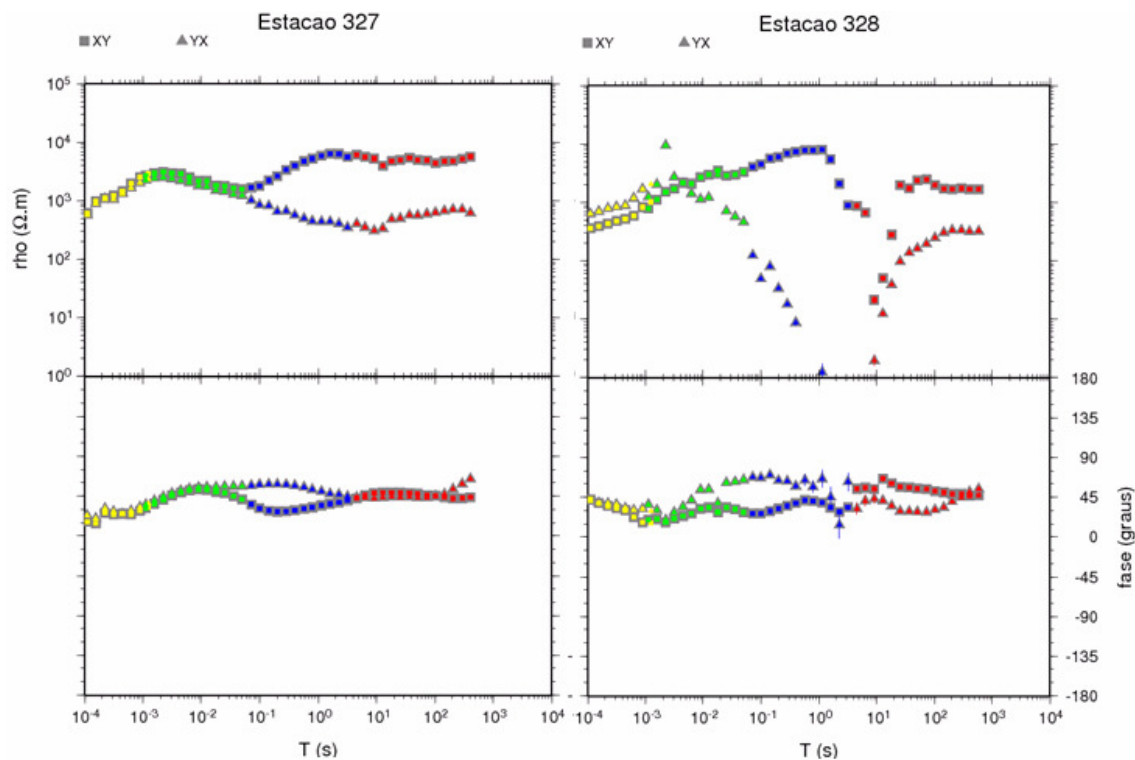
**Figura 3.** Dados de resistividade elétrica e fase em função do período do sinal das estações 321 e 322.



**Figura 4.** Dados de resistividade elétrica e fase em função do período do sinal das estações 323 e 324.



**Figura 5.** Dados de resistividade elétrica e fase em função período do sinal das estações 325 e 326.



**Figura 6.** Dados de resistividade elétrica e fase em função do período do sinal das estações 327 e 328.

Pode-se notar uma suavidade e continuidade na maioria das curvas, com pouca dispersão dos dados e pequenas barras de erros, com exceção de algumas estações como 321, 323 e 328 que possuem um ruído maior.

Podemos enxergar, grosso modo, dois padrões de respostas MT: um nas estações 321 a 325 e outro nas estações 326 a 328. No primeiro, vemos uma lenta subida da curva no início do gráfico (a partir de períodos de  $10^{-4}$  s) chegando a um máximo num período de aproximadamente 0,1s, logo depois há uma diminuição da resistividade, que permanece até o final do gráfico.

No segundo, essa subida acontece há uma profundidade maior e não é tão suave quanto a outra. Em períodos pequenos, a curva permanece quase constante.

Na estação 323 é bem evidente o efeito de “static shift” uma vez que as curvas de fase coincidem enquanto que as de resistividade estão deslocadas verticalmente uma em relação à outra.

A banda morta, uma região espectral em torno de 1-10 s onde há uma baixa relação sinal/ruído, afeta todas as estações analisadas. Vistos nas curvas como uma dispersão dos dados, similares a ruídos. A fase não é afetada pela banda morta.

O separação das curvas de fase entre os modos XY e YX em períodos acima de 100 s poderia ser devido à influência de correntes elétricas induzidas



no oceano (uma distorção conhecida como efeito de costa) pois as estações estão relativamente próximas à costa e o mesmo padrão é repetido em quase todas as estações.

Há, também, uma separação entre as mesmas curvas no período de 0,1 a 1 s na estação 323. Rumo à direção sul do perfil esta separação aumenta, o que sugere a existência de uma estrutura naquela região.

### Divulgação dos resultados

Apresentação de um pôster no Simpósio de Iniciação Científica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), nos dias 21 e 22 de maio de 2009.

### Demais atividades

- Estudos sobre o método e a Província Borborema através de artigos: (Pádua et al., 2007; Neves & Mariano, 2001), trabalho de graduação (Nunes, 2007) e tese (Bologna, 2001).
- Adaptação ao sistema operacional Linux e ao programa GMT (The Generic Mapping Tools);
- Curso de linux no Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas no período 08 a 16 de dezembro de 2008.
- Curso de verão de GMT no Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas no período de 09 a 13 de fevereiro de 2009.

### **3. Atividades Futuras**

- Aprofundamento na geologia da Província Borborema;
- Elaborações de pseudo-seções de resistividade aparente e fase em função da frequência e análise preliminar das principais estruturas geológicas do perfil das estações 328 a 336;
- Análise de distorção causada por estruturas geológicas 3-D rasas e adoção de um critério para sua remoção;
- Inversão de dados e correlação com as feições geológicas da superfície.

#### 4. Bibliografia

**Bologna, M. S., 2001**, Investigação magnetotelúrica da litosfera na província ígnea do altoParanaíba, Tese de Doutorado em Ciência Espacial/Geofísica Espacial, INPE.

**Bologna, M.S., Padilha, A.L., Vitorello, I., 2005.** Geoelectric crustal structures off the SW border of the São Francisco craton, central Brazil, as inferred from a magnetotelluric survey. *Geophysical Journal International*, 162, 357-370.

**Bologna, M.S., Padilha, A.L., Vitorello, I., Fontes, S.L., 2006.** Tectonic insight into a pericratonic subcrustal lithosphere affected by anorogenic Cretaceous magmatism in central Brazil inferred from long-period Magnetotellurics. *Earth and Planetary Science Letters*, 241, 603-616.

**Nunes, H. O., 2007**, Imageamento das estruturas geoeletricas da litosfera na ProvínciaBorborema pelo método magnetotelúrico, Trabalho de graduação II, USP – SP.

**Pádua, M. B., Vitorello, I., Padilha, A. L., 2007**, 3-D modeling of coast effects in MT sounding at the Borborema Province (NE Brazil)

**Pádua, M. B., Vitorello, I., Padilha, A. L., Bologna, M. S., 2007**, Imageamento da litosfera sob a província Borborema por transectas geoeletricas – Primeira Etapa.

**Pádua, M. B., Vitorello, I., Padilha, A. L., Bologna, M. S., Nunes, H. O., 2007**, Imageamento das estruturas geoeletricas da litosfera na Província Borborema pelo método magnetotelúrico: análises preliminares.

**Endo, I., 1997.** Tese doutorado - Regimes tectônicos do Arqueano e Proterozóico no interior da Placa Sanfranciscana : Quadrilátero Ferrífero e áreas adjacentes.

**Gorki, M.** Geologia Introdutória. A teoria geossinclinal clássica – UFPE.

**Neves, S. P.: Mariano, G..** Província Borborema: Orógeno acrescionário ou intracontinental. Estudos Geológicos, Recife-PE, v11 n1p 26-37, 2001.

**Simpson, F., Bahr, K., 2005.** *Practical Magnetotellurics*. Cambridge University Press, 270 pp.

<http://www.drm.rj.gov.br/>