



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

AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO  
 AUTHORIZATION FOR PUBLICATION

PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS  
**MICROPULSAÇÕES GEOMAGNÉTICAS**  
**INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA TERRESTRE**

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY  
  
 Marco Antonio Raupp  
 Diretor Geral

AUTOR RESPONSÁVEL  
 RESPONSIBLE AUTHOR  
  
 Malin B. Trivedi

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION  
 INTERNA / INTERNAL  
 EXTERNA / EXTERNAL  
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY  
  
 Daniel J.R. Nordemann

CDU/UDC  
 550.385.37

DATA / DATE  
 Julho, 1987

TÍTULO/TITLE	PUBLICAÇÃO Nº PUBLICATION NO <b>INPE-4237-PRE/1112</b>
	<b>MICROPULSAÇÕES GEOMAGNÉTICAS E GEOELÉTRICAS NA ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ*</b>
AUTORES/AUTHORSHIP	N.B. Trivedi A.L. Padilha J.M. da Costa

ORIGEM  
 ORIGIN  
 DGA

PROJETO  
 PROJECT  
 GEOMA

Nº DE PAG.  
 NO OF PAGES  
 13

ULTIMA PAG.  
 LAST PAGE  
 09

VERSÃO  
 VERSION

Nº DE MAPAS  
 NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

*Pulsações geomagnéticas e geoelétricas no intervalo entre 10 e 500 s foram registradas na estação brasileira Comandante Ferraz, na Península Antártica. As características das micropulsações PC3 e PC4 são estudadas e discutidas em termos de ondas hidromagnéticas geradas no lado diurno da magnetosfera da Terra. Além disto, as mesmas medidas são utilizadas para obter um perfil local de condutividade da crosta e do manto superior terrestre na região da estação usando dos princípios de indução eletromagnética.*



OBSERVAÇÕES / REMARKS  
 Este trabalho foi parcialmente subvencionado pelo "FNDCT" através do Contrato FINEP-537/CT, e será apresentado na 39ª Reunião Anual da SBPC, Brasília-DF, em Julho 1987.

MICROPULSAÇÕES GEOMAGNÉTICAS E GEOELÉTRICAS NA  
ESTAÇÃO ANTÁRTICA COMANDANTE FERRAZ\*

N.B. Trivedi, A.L. Padilha e J.M. da Costa

Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT  
C.P. 515, 12201 São José dos Campos - SP

\*Convênio CIRM/INPE no. 9507

## RESUMO

Pulsações geomagnéticas e geelétricas no intervalo entre 10 e 500 s foram registradas na estação brasileira Comandante Ferraz, na Península Antártica. As características das micropulsações PC3 e PC4 são estudadas e discutidas em termos de ondas hidromagnéticas geradas no lado diurno da magnetosfera da Terra. Além disto, as mesmas medidas são utilizadas para obter um perfil local de condutividade da crosta e do manto superior terrestre na região da estação usando os princípios de indução eletromagnética.

## ABSTRACT

Geomagnetic and geoelectric pulsations in the range from 10 to 500 seconds are recorded at the Brazilian station Comandante Ferraz in the Antarctic peninsula. The characteristics of the PC3 and PC4 micropulsations are studied and discussed in terms of hydromagnetic waves generated at the sunward side of the earth's magnetosphere. Besides, the same measurements are utilized to obtain a local conductivity profile of the earth's crust and upper mantle at the station region using principles of electromagnetic induction.

## INTRODUÇÃO

Durante o verão de 1987, em um período compreendido entre os dias 11 e 24 de fevereiro, foram efetuadas medidas dos campos geomagnético e geelétrico no intervalo entre 10 a 500 s em Comandante Ferraz (62°05'S, 58°23,5'W), uma estação brasileira situada na Península Antártica. Estas medidas tiveram por objetivo estudar as micropulsações PC3 e PC4 e obter a distribuição de condutividades na crosta inferior e no manto superior da região onde se situa a estação.

As variações do campo magnético foram obtidas através de um magnetômetro "fluxgate" de três componentes, com sua voltagem de saída sendo levada a um filtro com passa-banda entre 10 e 500 s. As medidas do campo elétrico, por sua vez, foram feitas com dois pares de placas de chumbo (com área de 1000 centímetros quadrados) enterradas a um metro de profundidade dentro do solo e com uma separação de 100 m nas direções norte-sul e leste-oeste. A diferença de potencial entre os eletrodos é levada a um filtro ativo idêntico àquele usado na detecção dos sinais magnéticos. Os sinais analógicos de ambos os campos são a seguir amplificados, digitalizados com precisão de 12 bits e gravados em fita cassete para possibilitar sua análise.

## MEDIDAS DE MICROPULSAÇÕES GEOMAGNÉTICAS

As pulsções magnéticas PC3 e PC4 em latitudes baixas e médias foram estudadas por Lanzerotti et al. (1981), Wolfe et al. (1987), Vero (1986) e Yumoto (1986). Todos estes trabalhos indicaram a existência de uma correlação entre o espectro de energia (potências) do campo geomagnético e diversas quantidades que caracterizam o vento solar em interação com a magnetosfera. Estes trabalhos concluíram também que a instabilidade de Kelvin-Helmholtz no lado diurno da magnetopausa é, estatisticamente, a fonte de energia dominante que contribui para a atividade das ondas hidromagnéticas nas latitudes de cúspide. Porém, a maneira pela qual a energia é transferida para a

magnetosfera terrestre não está completamente compreendida até o presente, justificando novos estudos sobre o assunto.

Os dados geomagnéticos aqui apresentados foram analisados através dos métodos de análise espectral usualmente empregados em estudos magnetotelúricos. Na Figura 1 são mostradas as estimativas de médias a cada duas horas das densidades do espectro de potência da componente magnética horizontal, integradas nos períodos de 20 a 45 s e de 45 a 150 s, que discriminam respectivamente a atividade magnética nas bandas PC3 e PC4. O intervalo da pulsação PC3 foi escolhido nos limites supracitados devido a um forte ruído observado, com período de 6 s, que não foi possível ser eliminado pelo filtro passa-baixa de 10 s e afetava completamente o sinal PC3. Devido a isto, teve-se de mover o filtro passa-banda para o intervalo de 20 a 500 s.

Na Figura 1, pode-se verificar que os picos de energia das pulsações magnéticas no intervalo PC4 coincidem com os picos no intervalo PC3. Esta notável similaridade indica que deve existir uma alta correlação linear entre as duas bandas, o que contrasta com a relação habitualmente observada entre PC3 e PC4 em estações de baixa latitude. Por outro lado, Wolfe et al. (1987) mostraram que existe uma correlação linear similar entre PC3 e PC4 em uma estação situada no pólo sul.

O ponto importante aqui consiste, então, em explicar como uma estação de latitude relativamente baixa como Comandante Ferraz poderia mostrar uma grande similaridade com uma outra estação situada na região de cúspide magnetosférica. Tal fato deve ser motivado por estar a estação Comandante Ferraz situada na região da anomalia magnética do Atlântico Sul. Com isto, a baixa intensidade do campo total na região da anomalia deve criar situações similares àquelas do pólo sul, permitindo uma fácil precipitação de partículas carregadas na atmosfera da anomalia. Para aprofundar estas conclusões seria necessário investigar as atividades das pulsações PC3 e PC4 não apenas

na estação Comandante Ferraz, mas também em outras estações situadas dentro da anomalia magnética do Atlântico Sul.

#### MEDIDAS MAGNETOTELÚRICAS

A Magnetotelúrica (MT), cuja teoria básica foi desenvolvida por Cagniard (1953), utiliza medidas simultâneas das variações temporais dos campos geomagnético e geolétrico induzidos, realizadas na superfície, para estudar a distribuição de condutividades no interior da Terra. Este método começou a ser utilizado em Comandante Ferraz no verão de 1985. A partir do verão de 1986 as medidas têm sido tomadas continuamente com um grande acúmulo de dados no intervalo entre 120 e 10000 s.

Os resultados parciais anteriormente publicados (Trivedi et al., 1985, 1986) são condizentes com as condições locais extremamente desfavoráveis à aquisição de dados MT (região vulcânica com cobertura de gelo e neve, proximidade do mar e fluxos superficiais e subterrâneos de água). Houve inclusive necessidade de utilizar técnicas alternativas de tratamento de dados (Boehl et al., 1977) para possibilitar a interpretação dos períodos mais baixos (inferiores a 100 s).

Nesta nova etapa de investigação procurou-se repetir as medidas anteriormente efetuadas no intervalo entre 10 e 100 s, tentando eliminar algumas das fontes de ruído anteriormente descritas. Os resultados obtidos, porém, mostraram-se novamente contaminados com ruídos que, desta feita, podem ser atribuídos ao fato de se dispor de sinal bastante baixo nas componentes de alta frequência do campo magnético, confundindo-se assim com o ruído inerente ao magnetômetro "fluxgate" utilizado. A Figura 2 mostra o resultado obtido com estas novas medidas sendo acopladas àquelas anteriormente efetuadas em períodos mais longos (até 10000 s) para permitir sua inversão.

O resultado gerado pela inversão, na qual foi utilizado o algoritmo de Jupp e Vozoff (1975), é, porém, de difícil interpretação. Isto se deve ao fato de ser virtualmente impossível imaginar alguma estrutura que alcance profundidades até 650 km com mais de 700 ohm.m de resistividade. Uma inversão adicional foi tentada usando um outro algoritmo (Bostick, 1977). O resultado das duas inversões é mostrado na Figura 3. Observa-se uma boa compatibilidade entre os dois resultados, com esta nova inversão fornecendo a informação adicional de que os dados disponíveis permitem estudar apenas profundidades compreendidas entre 11 e 600 km. Com isto nada pode ser inferido a respeito da variação da condutividade para os primeiros 10 km de profundidade.

A hipótese que pode ser mais facilmente aventada para tentar justificar os resultados encontrados leva à existência de distorções superficiais que afetam as medidas. Estas distorções poderiam ser originadas pela presença de alguma camada altamente condutora próxima à superfície, por efeitos gerados pela proximidade do mar em relação ao local de medidas, ou por algum tipo de corpo situado próximo à superfície, gerando efeitos tridimensionais. Uma definição sobre qualquer uma destas hipóteses somente seria possível com novas medidas, efetuadas em períodos ainda mais baixos (provavelmente na faixa de frequência áudio), e com a possibilidade de efetuar medidas em outros locais mais para o interior da Ilha Rei Jorge.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOEHL, J.E.; BOSTICK JR., F.X.; SMITH, H.W. An Application of the Hilbert Transform to the Magnetotelluric Method. Final Technical Report, Electrical Engineering Research Laboratory, University of Texas, Austin, 1977.
- BOSTICK JR., F.X. A Simple and Almost Exact Method of MT Analysis. Workshop on Electrical Methods in Geothermal Exploration, Snowbird, Utah, 1977.
- CAGNIARD, L. Basic Theory of the Magnetotelluric Method of Geophysical Prospecting. *Geophysics*, 18, 605-635, 1953.
- JUPP, D.L.B.; VOZOFF, K. Stable Iterative Methods for the Inversion of Geophysical Data. *Geophys. J.R. Astron. Soc.*, 42, 957-976, 1975.
- LANZEROTTI, L.J.; MEDFORD, L.V.; MACLENNAN, C.G.; HASEGAWA, T.; ACUNA, M.H.; DOLCE, S.R. Polarization characteristics of hydromagnetic waves at low geomagnetic latitudes. *J. Geophys. Res.*, 86, 5500-5506, 1981.
- TRIVEDI, N.B.; PADILHA, A.L.; ANDRADE, J.C. DE; SOUZA, E.G. DE Medidas Geomagnéticas e Geelétricas na Antártica. I Encontro Regional de Geofísica da SBGf, Divisão Regional Sul, São José dos Campos, SP (INPE-3736-PRE/866), 1985.
- TRIVEDI, N.B.; PADILHA, A.L.; BARBOSA, M.J.F. Medidas Magnetotelúricas na Antártica. XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Goiânia, GO (INPE-4058-PRE/1017), 1986.
- VERO, J. Experimental Aspects of Low Latitude Pulsations - A Review. *J. Geophys.*, 60, 106-119, 1986.

WOLFE, A.; KAMEN, E.; LANZEROTTI, L.J.; MACLENNAN, C.G.; BAMBER, J.F.; VENKATESAN, D. ULF Geomagnetic Power at Cusp Latitudes in Response to Upstream Solar Wind Conditions. J. Geophys. Res., 92, 168-174, 1987.

YUMOTO, K. Generation and Propagation Mechanisms of Low-Latitude Magnetic Pulsations - A Review. J. Geophys., 60, 79-105, 1986.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 - Espectro de potência das micropulsações PC3 e PC4 durante o período estudado.

Fig. 2 - Inversão dos dados magnetotelúricos de Comandante Ferraz.

Fig. 3 - Comparação entre os modelos gerados com as inversões de Bostick e Jupp-Vozoff sobre os dados magnetotelúricos de Comandante Ferraz.

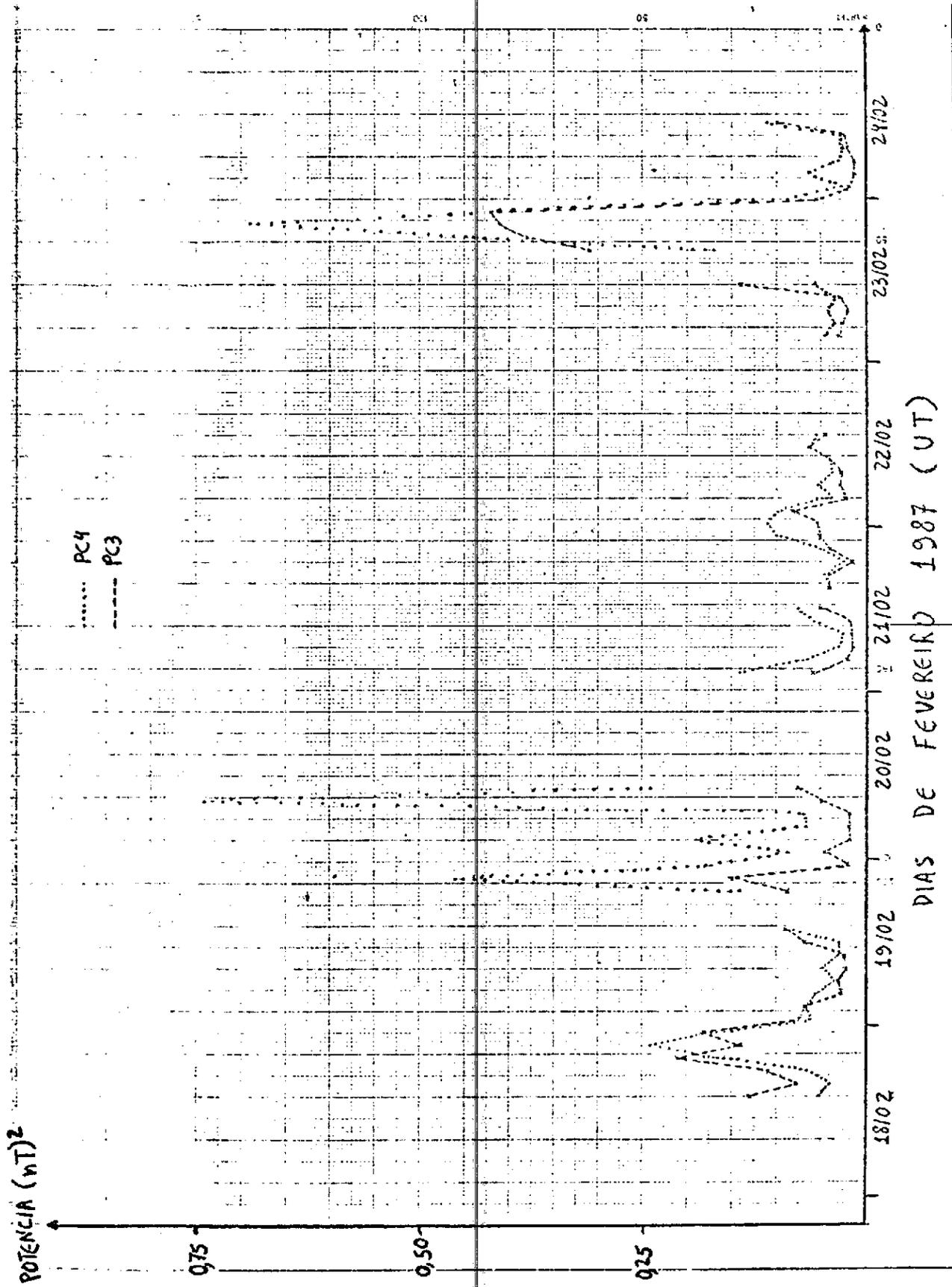


FIG. 1

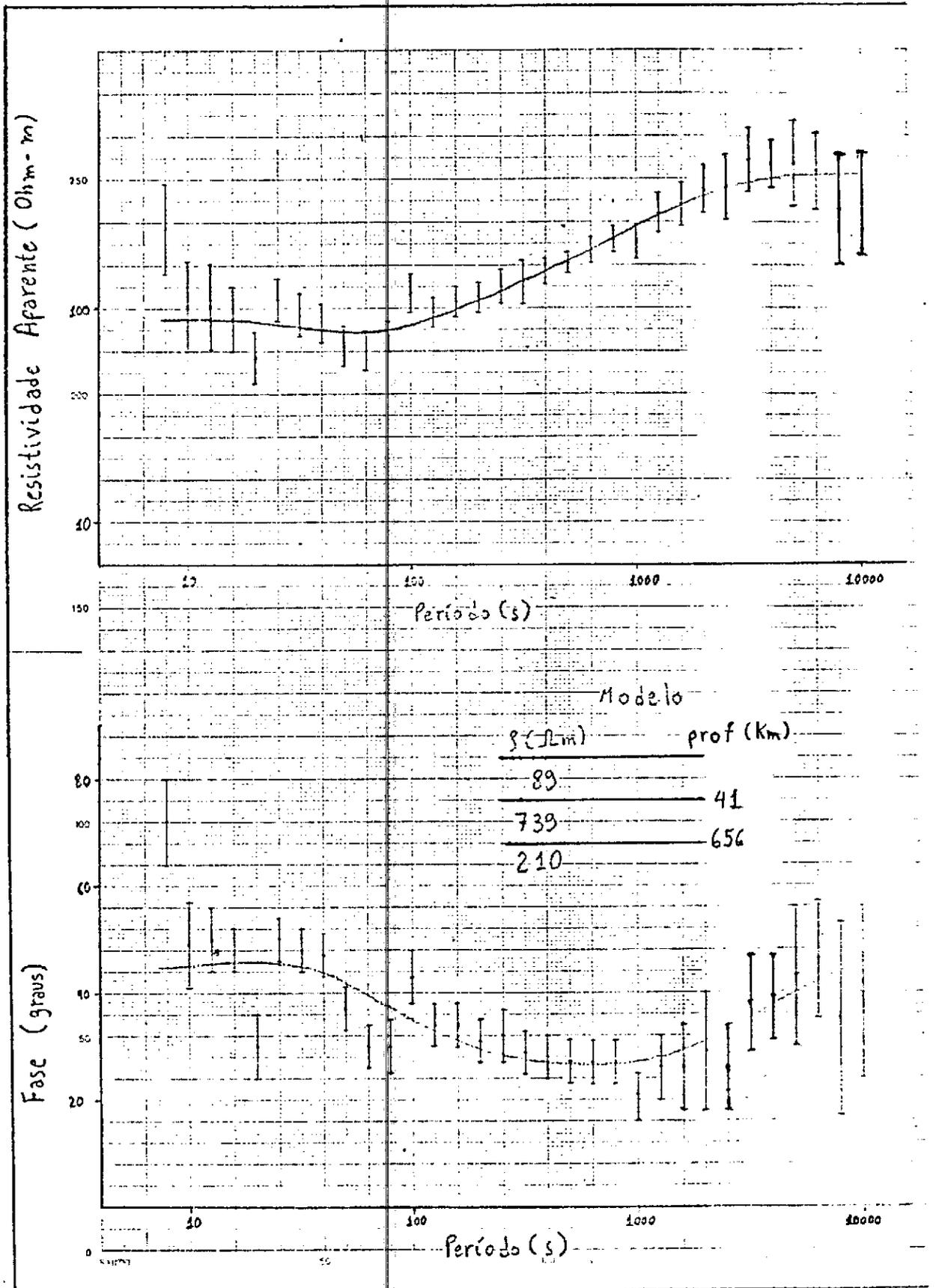


Fig. 2

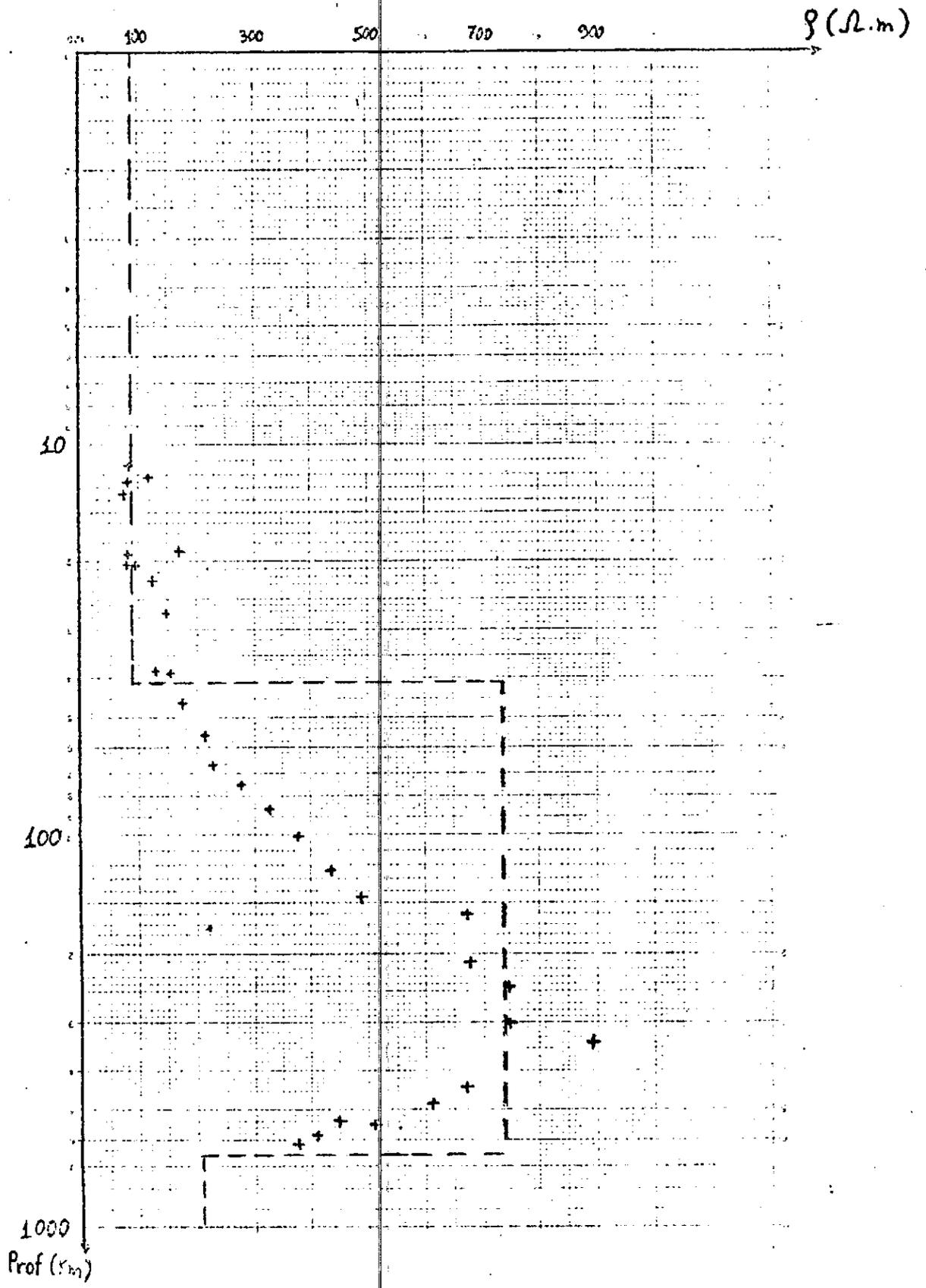


Fig. 3