

## Interpretação de dados de polarização elétrica induzida obtidos por um sistema eletromagnético a multi-freqüência na Fazenda Bela Vista, município de Jaguarari, Bahia, Brasil

Carlos A. Dias(\*), Marcos V. Barbosa M., Tatiane S. Vieira LENE/CCT/UENF, Brasil

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

This work presents the pseudo-sections of IP from a survey carried out for the first time using a non-grounded multi-frequency electromagnetic system, conceived by Dias (1968). The induced electrical polarization data were obtained from an anomaly in the Bela Vista Farm in Jaguarari District (Bahia state, Brazil). The produced sections permit to detect the mentioned polarizable bodies and do good correlation with data taken using traditional methods of geophysical prospecting.

### Introdução

Este trabalho consiste na plotagem e interpretação de dados de polarização elétrica induzida, pela primeira vez medida indutivamente, obtidos em 1979 com o primeiro protótipo de um sistema a multi-freqüência. A patente de invenção do método pertence a C. A. Dias e BNDE. Este invento encontra-se atualmente em sua 5<sup>a</sup> geração, mas os dados obtidos com o protótipo da 1<sup>a</sup> geração foram preservados, sem interpretação, na tese de mestrado de Sato (1979).

Esta primeira versão do sistema consiste de uma bobina transmissora e de um receptor, capaz de medir indutivamente a componente em fase e a em quadratura do campo magnético em qualquer direção do espaço, operando com 12 valores de freqüência (21, 42, 84, 168, 336, 672, 1344, 2688, 5376, 10752, 21504 e 43008 Hz). Os dados foram obtidos por Sato (1979) na Fazenda Bela Vista, no município de Jaguarari, Bahia/Brasil, onde, em 1972, foi realizado o trabalho de A. Dias (1972) tendo por objetivo o estudo de uma anomalia de condutividade e de polarização induzida, por ele descoberta, através de técnicas geofísicas convencionais como: AFMAG, eletroresistividade d.c., IP e telúrico.

Os resultados obtidos para os dados de IP são interpretados à luz das idéias introduzidas por Dias (1968; 1973) e Sato (1979), tendo como referência o parâmetro de polarização  $\sigma_i/|\sigma_A|$ , obtido a partir da função condutividade aparente complexa, para um semi-espaço homogêneo equivalente, exibindo polarização, representada por  $\sigma_A = \sigma_R + i\sigma_i$ .

### Geração das pseudo-seções

Neste artigo, estão apresentadas três pseudo-seções de polarização induzida, duas das quais produzidas na linha 0, com o transmissor, respectivamente, nas estações 27,7W e 33W (figuras 2 e 3) e outra na linha 2N, com o transmissor em 30W (figura 4), com a distância de 50 m separando duas estações consecutivas.

Para geração destes perfis, foi utilizada a metodologia proposta em Sato (1979) para relacionar a medida no receptor do sistema a uma posição do semi-espaço, definindo, deste modo, uma zona do semi-espaço condutor, que contribui com a máxima influência para produzir o sinal medido no receptor. Consoante esta metodologia, os pontos de maior contribuição estão relacionados através de uma função da profundidade de metade do *skin depth* ( $\delta_d/2$ ), para fonte de dipolo magnético, abaixo de cada ponto da superfície do semi-espaço. Define-se, assim, uma região cônica preferencial com vértice na posição do centro da bobina transmissora. Esta região fica inscrita em outro cone definido pelo *skin depth* e que limita certa porção do espaço responsável pela geração dos campos eletromagnéticos secundários induzidos de maior intensidade na sub-superfície; abaixo dela, o campo elétrico (e, conseqüentemente, a densidade de corrente) é menor do que 1/e do seu valor no ponto da superfície localizado verticalmente acima (Sato, 1979).

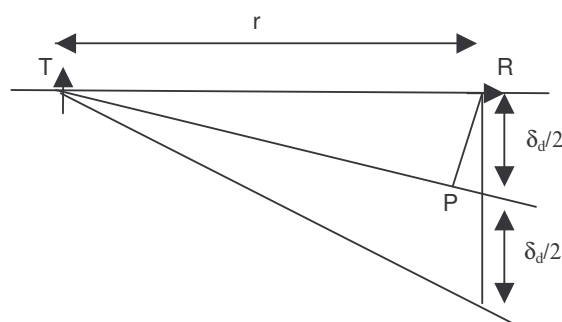


Figura 1 – Esquema para localização do ponto principal de influência para o sinal observado (Sato, 1979).

Este esquema para localização do ponto central da zona de maior contribuição (P) pode ser analisado assintoticamente. Por exemplo, quando a distância transmissor-receptor cresce indefinidamente, a posição de P tende a um ponto abaixo do receptor a uma profundidade que corresponde à metade do *skin depth* da onda plana. Outra situação a ser analisada é quando a freqüência tende a zero; neste caso, P tende a uma

profundidade de 0,4 da distância transmissor-receptor ( $r$ ) e acha-se deslocado de  $(1/5)r$  em relação ao receptor.

Seguindo esta metodologia, têm-se as seguintes funções para as coordenadas do ponto do semi-espaço condutor associado à medida registrada no receptor:

$$x = \frac{r}{1 + \left(\frac{\delta_d/2}{r}\right)^2} \quad (\text{abscissa}) \quad (1)$$

$$z = \frac{\delta_d/2}{1 + \left(\frac{\delta_d/2}{r}\right)^2} \quad (\text{ordenada}) \quad (2)$$

onde:

$r$  é a separação transmissor-receptor;  
 $\delta_d$  é o *skin depth* do campo do dipolo.

A razão  $r/\delta_d$  vem dada pela função de Dias e Sato (Sato, 1979), que é definida como:

$$r/\delta = \theta - \frac{(\theta - \theta_1)(\theta - \theta_2)(\theta - \theta_3)}{\theta_1\theta_2\theta_3 - 1 + e^{\alpha\theta} - \beta\theta}, \quad \theta \geq 0 \quad (3)$$

onde  $\theta$  é o número de indução e os parâmetros  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  e  $\theta_3$  e os coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$  vêm dados por:

$$\theta_1 = 1,184; \theta_2 = 7,051; \theta_3 = 8,581 \quad (4)$$

$$\alpha = 0,540; \beta = 14,973$$

Da equação (3), percebe-se que o *skin depth* do campo do dipolo tenderá assintoticamente para o *skin depth* da onda plana à medida que  $\theta$  cresce.

### Análise dos dados de polarização induzida

Para interpretação do efeito de polarização induzida nas pseudo-seções (figuras 2, 3 e 4), de acordo com Dias (1968), serão considerados: a) o sinal positivo do parâmetro de polarização  $\sigma_I/|\sigma_A|$  e b) a magnitude de  $\sigma_I/|\sigma_A|$ .

Pelo fato de que o protótipo foi construído admitindo a variação temporal dos campos do tipo  $e^{i\omega t}$ , quanto maior for o valor positivo da razão  $\sigma_I/|\sigma_A|$ , maior será o efeito de polarização envolvido. Nas pseudo-seções apresentadas, o maior valor é 1, sendo, então, responsável pelo maior efeito de polarização.

Analisando a anomalia de polarização que aparece nas figuras 2 e 3, a partir da estação 38, percebe-se que há correlação da direção da inclinação do corpo produtor da anomalia com a direção do corpo que aparece na pseudo-seção da mesma linha presente em A. Dias (1972) (figura 6) na mesma estação. Do mesmo modo, há correlação entre a pseudo-seção da figura 6 com a apresentada na figura 3, no que tange à existência de uma anomalia de menor magnitude entre as estações 36 e 38. A figura 2 mostra que essa anomalia é devida a um extenso corpo polarizável que se inicia a partir da estação 31.

Na linha 2N, apresentada na figura 7, a presença de um corpo de forma quase vertical, causador da polarização,

próximo à estação 40, pode ser verificada tanto na pseudo-seção de A. Dias (1972), quanto na seção gerada pelo sistema eletromagnético a multi-freqüência (figura 4).

A média dos dados obtidos na linha 0 (figura 5), realizada com os valores fornecidos pelo interpolador cúbico, aponta na direção de que a anomalia que se inicia na estação 31 pode ser atribuída a um conjunto de corpos possuindo mineralização disseminadas, em vez de um corpo extenso, como mostra a figura 1. Esse procedimento de média mostra-se eficiente, pois reforçou os pontos de ocorrência do fenômeno da polarização e individualizou corpos causadores do efeito.

### Conclusão

Conclui-se que:

- 1) A medida eletromagnética do efeito de polarização induzida, no domínio da freqüência, é uma realidade desde 1979, graças ao trabalho pioneiro realizado por Dias (1968, 1973) na construção de um novo método e equipamento, e a Sato (1979) e Dias e Sato (1981), na realização do experimento e aprimoramento do processamento dos dados e interpretação;
- 2) O sistema eletromagnético a multi-freqüência foi eficaz na detecção e definição de aspectos geométricos do corpo causador da polarização presente na Fazenda Bela Vista (BA/Brasil);
- 3) O procedimento de geração das pseudo-seções, a partir de dados obtidos pelo citado equipamento, seguindo a metodologia proposta por Sato e Dias (Sato, 1979), mostrou-se também eficiente, pois há correlação entre pseudo-seções geradas com as produzidas por A. Dias (1972) (figuras 6 e 7), utilizando outros métodos elétricos tradicionais de prospecção geofísica;
- 4) O procedimento da média utilizando os dados obtidos para diferentes posições de transmissor sobre uma mesma linha sugere individualização dos corpos causadores da polarização.

### Referências

- Dias(\*), A. C., 1972, Uma nova ocorrência de cobre determinada por métodos geofísicos na Fazenda Bela Vista – Bahia. Dissertação de Mestrado em Geofísica, UFBA, Salvador, BA, Brasil
- Dias, C. A., 1968, A non grounded method for measuring induced electrical polarization and conductivity, Ph.D. Thesis, Univ of California, Berkeley
- Dias, C. A., 1973, A non-grounded method of geophysical exploration, Patente nº. 920660, registrada no Cartório de Ottawa, Canadá, liberada em 06/02/1973 em favor do BNDE e Carlos A. Dias
- Dias, C. A. and Sato, H. K., 1981, A multifrequency electromagnetic method for interpretation of IP and resistivity: Theory and experimental work using a system operation in the range 21 to 43,008 Hz. 51 th

*Ann. Internat. Meet., Soc. Expl. Geophys., Los Angeles/CA, Exp. Abs., 1, 27-28.*

**Sato, H. K.**, 1979, Método eletromagnético para interpretação de polarização induzida e resistividade, usando o protótipo de um sistema a multi-freqüência. Dissertação de Mestrado, UFBA, Salvador, BA, Brasil.

(\*) Adalberto da Costa Dias

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo (LENEP/CCT/UENF) pela infraestrutura disponibilizada, ao CNPq pela bolsa de produtividade de C. A. Dias e ao Programa PRH-20 da ANP/MCT pelas bolsas de iniciação científica de M. Barbosa e T. S. Vieira.

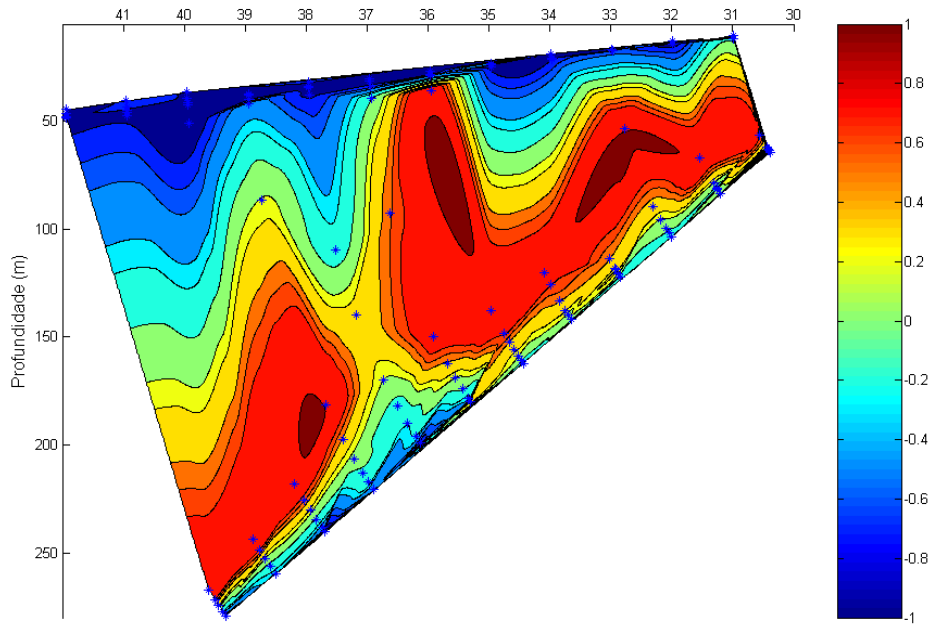


Figura 2 – Pseudo-seção de polarização induzida na linha 0, com o transmissor na estação 27,7 W.

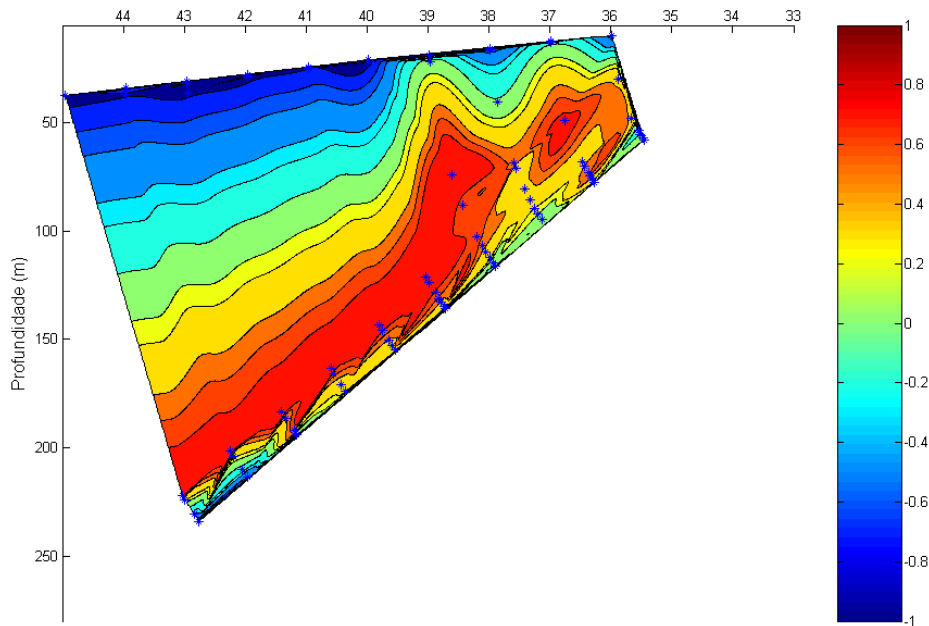


Figura 3 - Pseudo-seção de polarização induzida na linha 0, com o transmissor na estação 33 W.

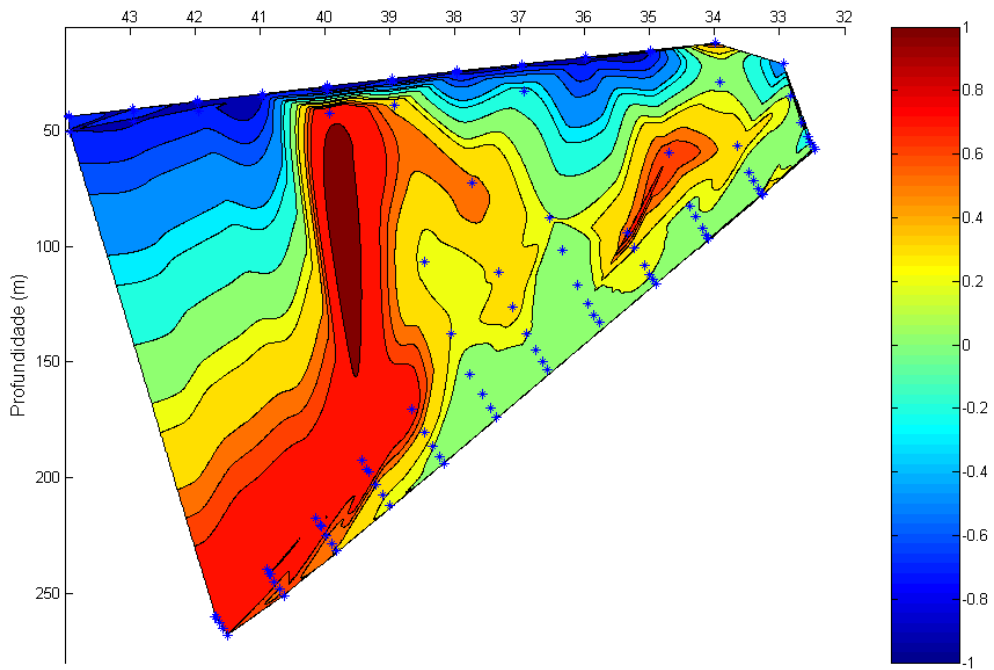


Figura 4 - Pseudo-seção de polarização induzida na linha 2N, com o transmissor na estação 30 W.

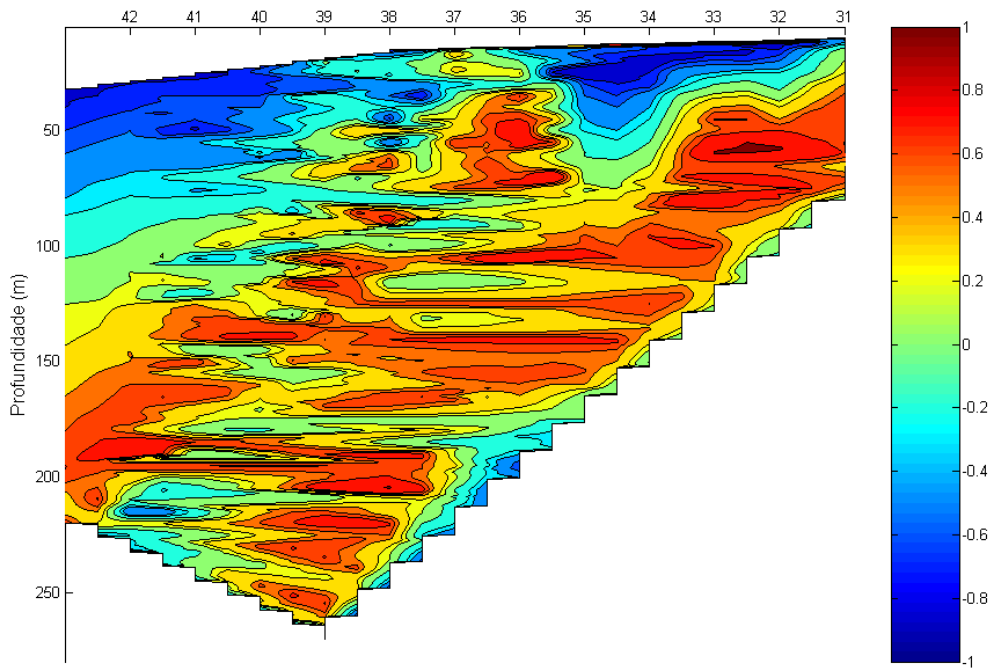


Figura 5 – Média das pseudo-seções da linha 0.



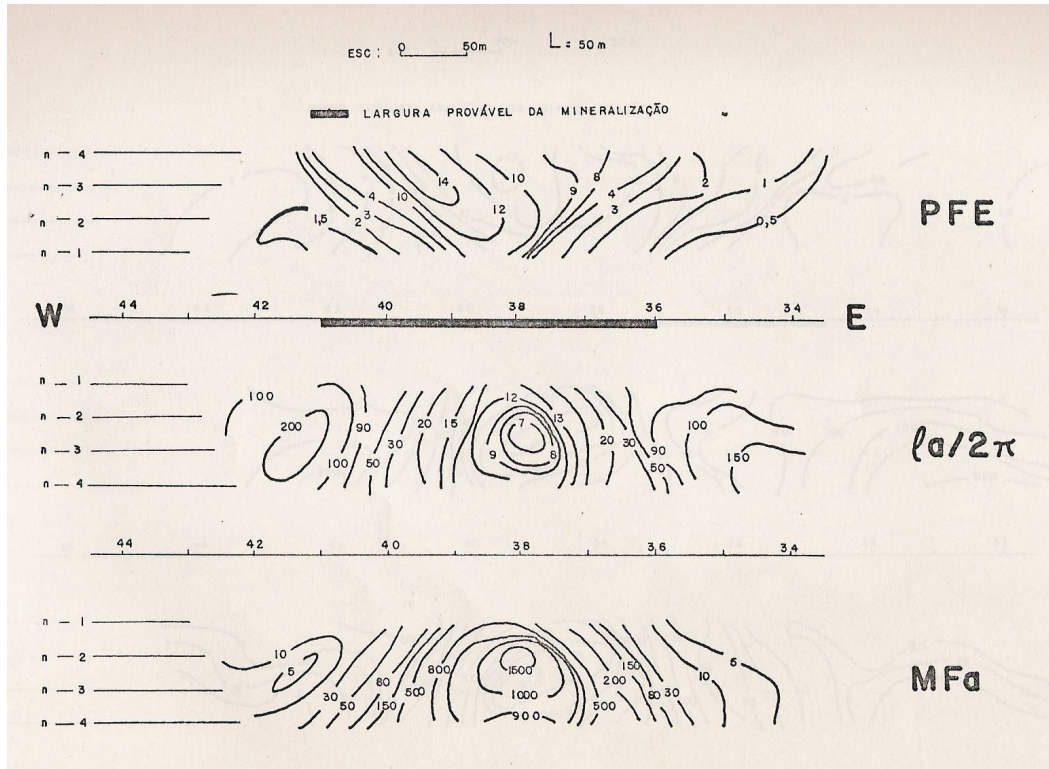


Figura 6 – Pseudo-seção da linha 0 produzida com os métodos tradicionais utilizados por Adalberto (Dias (1972)).

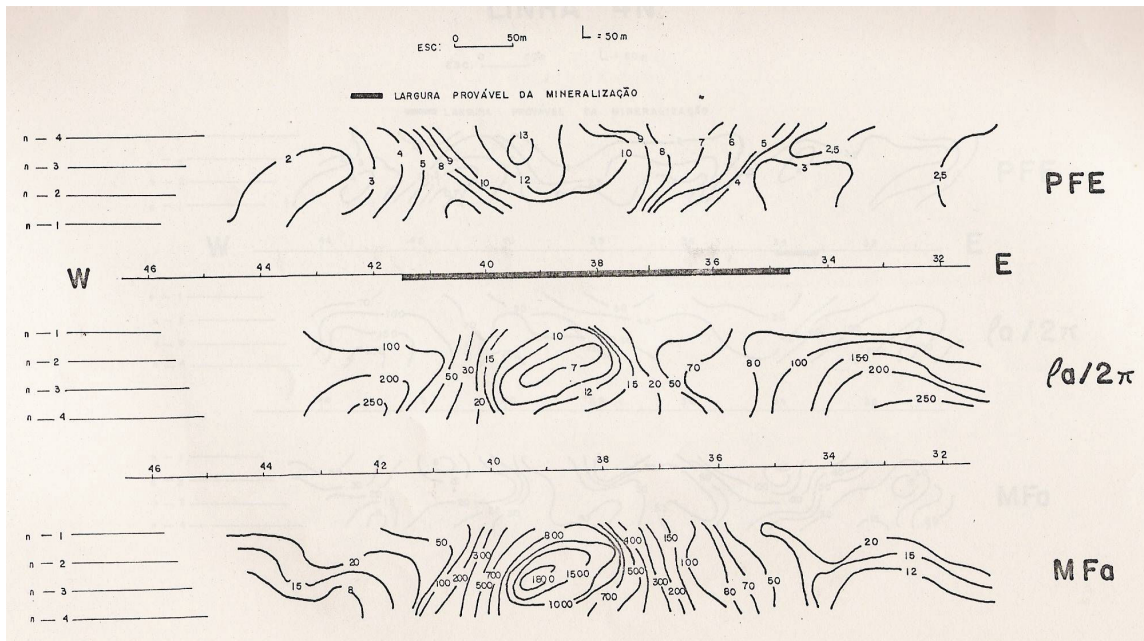


Figura 7 – Pseudo-seção da linha 2N produzida com os métodos tradicionais utilizados por Adalberto (Dias (1972)).