

**PESQUISA GEOFÍSICA DE PALEOVALES NA PROVÍNCIA  
ESTANÍFERA DA RONDÔNIA: RIO DAS GARÇAS\***

por

*André Davino*

*Departamento de Geologia Econômica e Geofísica Aplicada*

**ABSTRACT**

Geophysical methods as resistivity, refraction seismic, magnetics, gravity and thermometry have been applied successfully to paleovalleys investigations.

This paper deals with the application of geophysical methods to the investigation of paleovalleys which contain cassiterite in the Garças river, in granitic area situated 70 km

West of Porto Velho, Rondonia Territory, Brazil.

Resistivity profiles are the most useful procedure to detect the limits of the paleovalleys. The results of seismic refraction and magnetic method data are discussed. Gravity and thermometry have not been applied in the area.

**RESUMO**

Métodos geofísicos têm sido de grande utilidade na pesquisa de paleovales. Eletrorresistividade, sísmica de refração, magnetometria, gravimetria e termometria são os métodos que oferecem as melhores possibilidades de êxito nesse tipo de prospecção.

No presente trabalho analisa-se a contribuição dos dados geofísicos na pesquisa de antigos vales preenchidos por sedimentos contendo cassiterita encaixados em rochas graníticas na área do rio das Garças, Território Federal de Rondônia. São os perfis de resistividade aparente que permitem melhor delimitar as antigas calhas dos rios, o que pode ser explicado em função da permeabi-

lidade dos materiais envolvidos.

A sísmica de refração permite delimitar com precisão a interface entre os aluviões e o granito são, mas, o pequeno ou inexistente contraste de velocidade de propagação entre aluviões e granitos decompostos não emprestam ao método absoluto grau de confiabilidade.

O método magnetométrico foi aplicado com objetivo de detectar os limites do paleovale ou, indiretamente, indicar concentrações de cassiterita associadas a minerais magnéticos. Até o presente momento, essas experiências não conduziram aos resultados esperados.

Gravimetria e termometria não foram ensaiados.

---

(\*) Trabalho efetuado com auxílio da F.A.P.E.S.P.



## MÉTODOS DE PROSPECÇÃO DE ALUVIÕES

Os aluviões podem ser prospectados por um dos seguintes métodos:

1. fotogeologia
2. geofísica
3. geologia de superfície
4. furos a trado e sondagens profundas

Todos esses procedimentos apresentam vantagens e desvantagens. Na escolha do método a ser usado é necessário não se perder de vista que a finalidade da prospecção é obter o máximo de informações, pelo mínimo preço no mais curto prazo. Na área do alto rio das Garças, nem fotogeologia, nem geologia de superfície permitem delimitar os paleovales por causa da cobertura vegetal, solo espesso e relevo pouco acentuado. Restam os métodos geofísicos e os métodos por sondagens mecânicas.

Entre os métodos geofísicos, os mais utilizados na prospecção de aluviões são:

- a) eletrorresistividade
- b) sísmica de refração
- c) magnetometria
- d) gravimetria
- e) termometria

Os métodos de eletrorresistividade e sísmica de refração contribuem para se obter a forma geométrica do vale aluvionar, ou seja, a configuração topográfica do vale antigo preenchido por sedimentos de origem fluvial.

A aplicação da magnetometria genericamente falando se restringe aos estudos de aluviões que contenham os minerais úteis (entre os quais a cassiterita, o ouro e o diamante) associados à magnetita. Tal fato, porém, não é o caso nas ocorrências conhecidas até o presente na Rondônia.

A gravimetria, raramente empregada co-

mo método de prospecção em aluviões por ser muito onerosa, pode fornecer a configuração topográfica e o eixo do vale fluvial antigo.

É possível determinar a posição de aluvião por medidas de temperatura a pequena profundidade, pois sendo o calor específico da água pelo menos o dobro do das rochas, o lençol aquífero aluvionar comporta-se como uma fonte de resfriamento no verão e de calor no inverno. Medidas precisas de temperatura permitem localizar o paleovale.

## ELETORRESISTIVIDADE

A resistividade de uma rocha depende principalmente da quantidade e da qualidade das águas contidas em seus poros e fissuras pois

$$\varrho_r = \varrho_a \frac{1}{p^2}$$

onde  $\varrho_r$  é a resistividade da rocha,  $\varrho_a$  é a resistividade da água contida na rocha e  $p$  é a porosidade da rocha.

A resistividade das águas contidas na rocha depende de sua salinidade. A salinidade em geral aumenta com a profundidade e depende em grande parte da natureza da rocha.

Em nosso ensaio nas áreas dos rios das Garças e Poraquê, realizamos duas medidas de resistividade das águas correntes:

Rio das Garças . . . . . 1.200 ohm.m  
Rio Poraquê . . . . . 360 ohm.m

Além disso, a partir dos resultados dos levantamentos por eletrorresistividade, pode-se fixar as seguintes ordens de grandeza para os diferentes materiais envolvidos nas áreas pesquisadas.

Material acima do nível hidrostático . . . . .	2.000 ohm.m
Granito alterado abaixo do nível d'água . . . . .	200 ohm.m
Granito são . . . . .	3.000 ohm.m
Aluvião dos paleovales . . . . .	1.200 ohm.m

Sondagem Elétrica. Uma SE consiste numa sucessão de medidas de resistividade aparente feitas com uma separação crescente de eletrodos, permanecendo fixos o centro da configuração e sua orientação. A variação na resistividade aparente será essencialmente causada pela penetração crescente da corrente elétrica na terra.

No levantamento feito na área do alto rio das Garças e do Poraquê foi utilizada a configuração de eletrodos Schlumberger. Trata-se

do quadripolo AMNB, no qual a distância entre os eletrodos de potencial M e N permanece, em princípio, infinitamente pequena em relação à distância entre os eletrodos de corrente A e B. O comprimento da linha AB foi de 400 metros no levantamento realizado.

Foram executadas 19 sondagens elétricas (vide localização das estações de SE na figura 2), uma das quais em direção cruzada ortogonalmente.

Procurou-se obter o maior número de curvas de SE e observar o comportamento dos diagramas elétricos ao longo dos perfis perpendiculares ao eixo do paleovale. Como podemos observar, os diagramas elétricos (figuras 3 e 4) apresentam a forma genérica de *sino-fundo de navio*, sendo que a parte fundo de

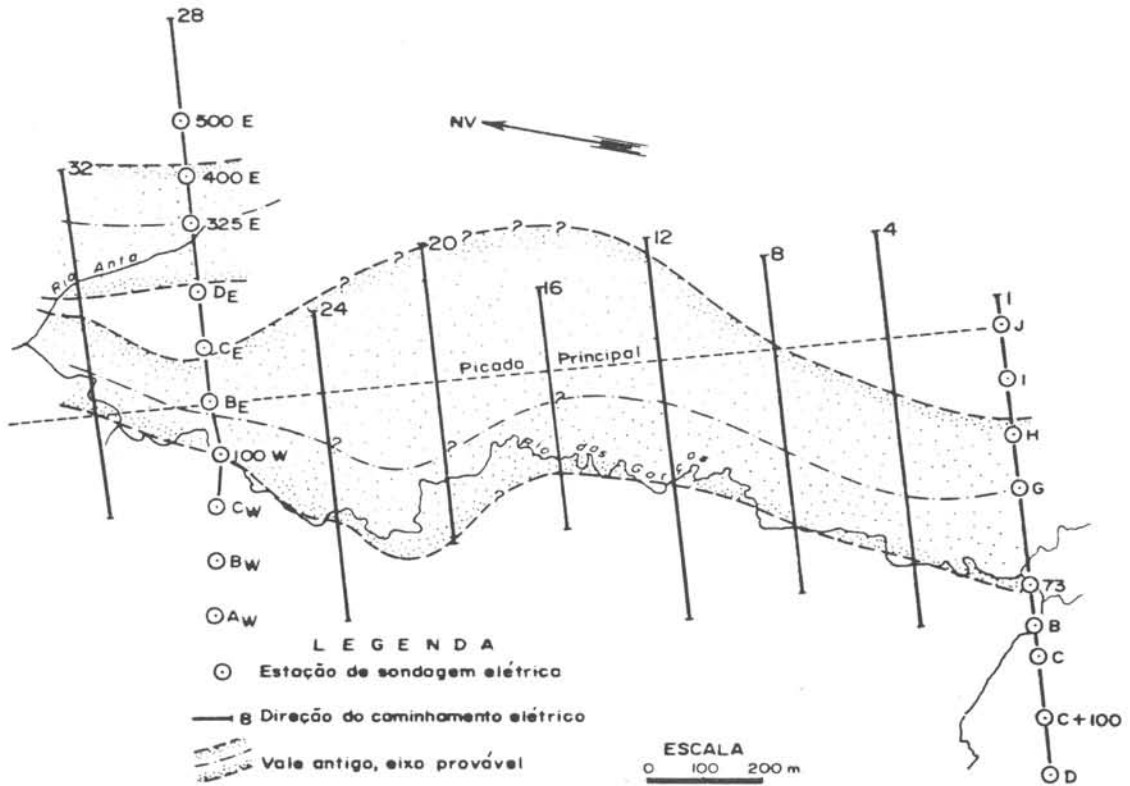


Fig. 2 - Alto rio das Garças. Limites do paleovale a partir dos resultados dos estudos por eletrorresistividade.

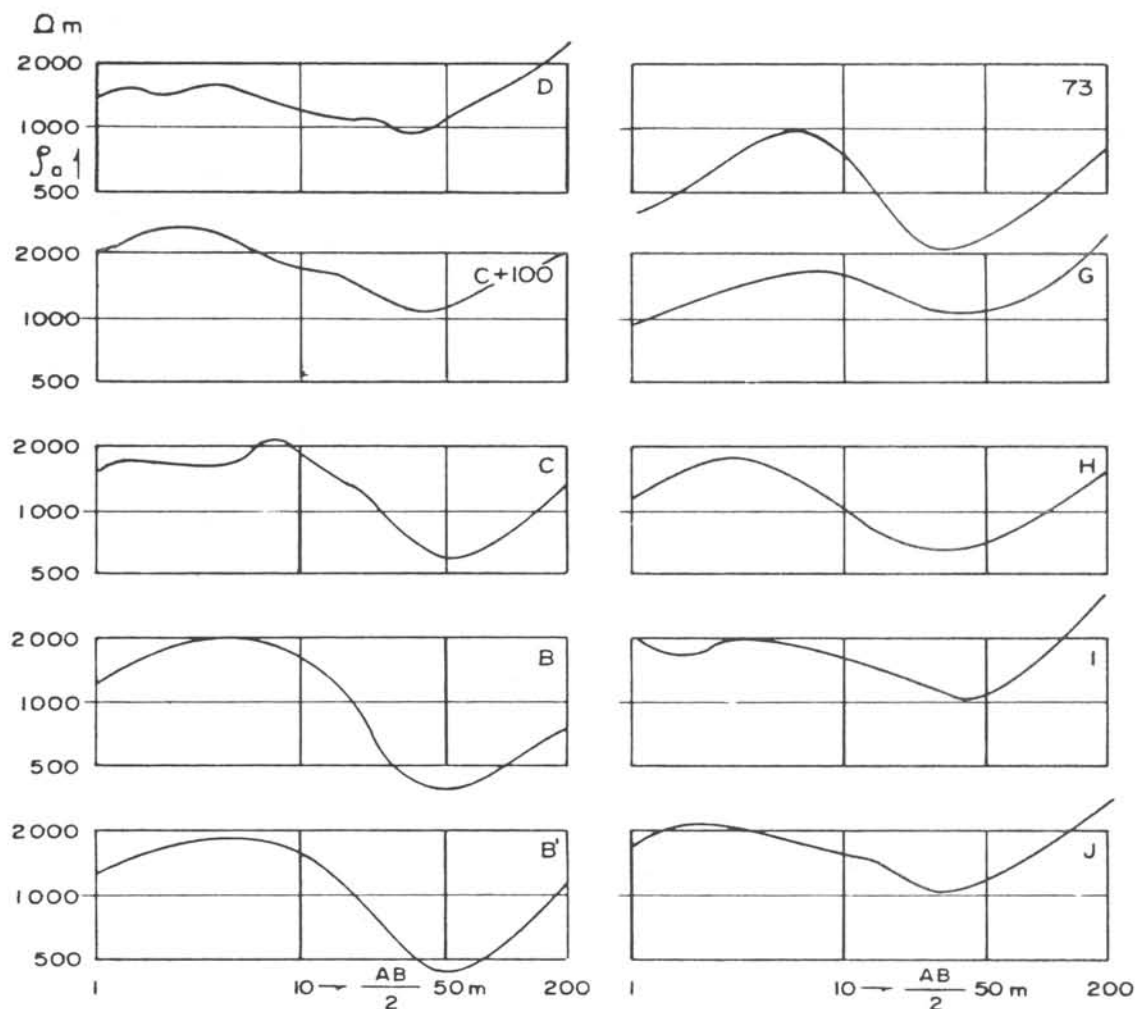


Fig. 3 – Diagramas correspondentes às sondagens elétricas realizadas ao longo da Linha 1 da área do alto rio das Garças.

*navio* apresenta valores de resistividade aparente menores nas estações de SE topograficamente mais próximas ao nível da drenagem atual, exceto no local correspondente ao paleovale, onde a parte do *fundo de navio* da curva de SE apresenta valores nitidamente mais elevados.

A partir do exame criterioso dos diagramas elétricos das SE, foram escolhidos os valores de resistividade aparente que melhor pudessem exprimir, ao longo de um perfil, as variações laterais nas condições litológicas e estruturais da secção geológica respectiva. Foi es-

colhido para a área do alto rio das Garças os valores de resistividade aparente para  $AB=100$  metros.

#### Perfis de resistividade aparente

Um caminhamento elétrico consiste numa sucessão de medidas de resistividade aparente em estações locadas ao longo de um perfil, com um arranjo fixo de eletrodos. Em nossos ensaios do alto rio das Garças, utilizamo-nos do arranjo Schlumberger AMNB com  $AB=100m$  e  $MN=5$ . Esse arranjo pressupõe uma profun-

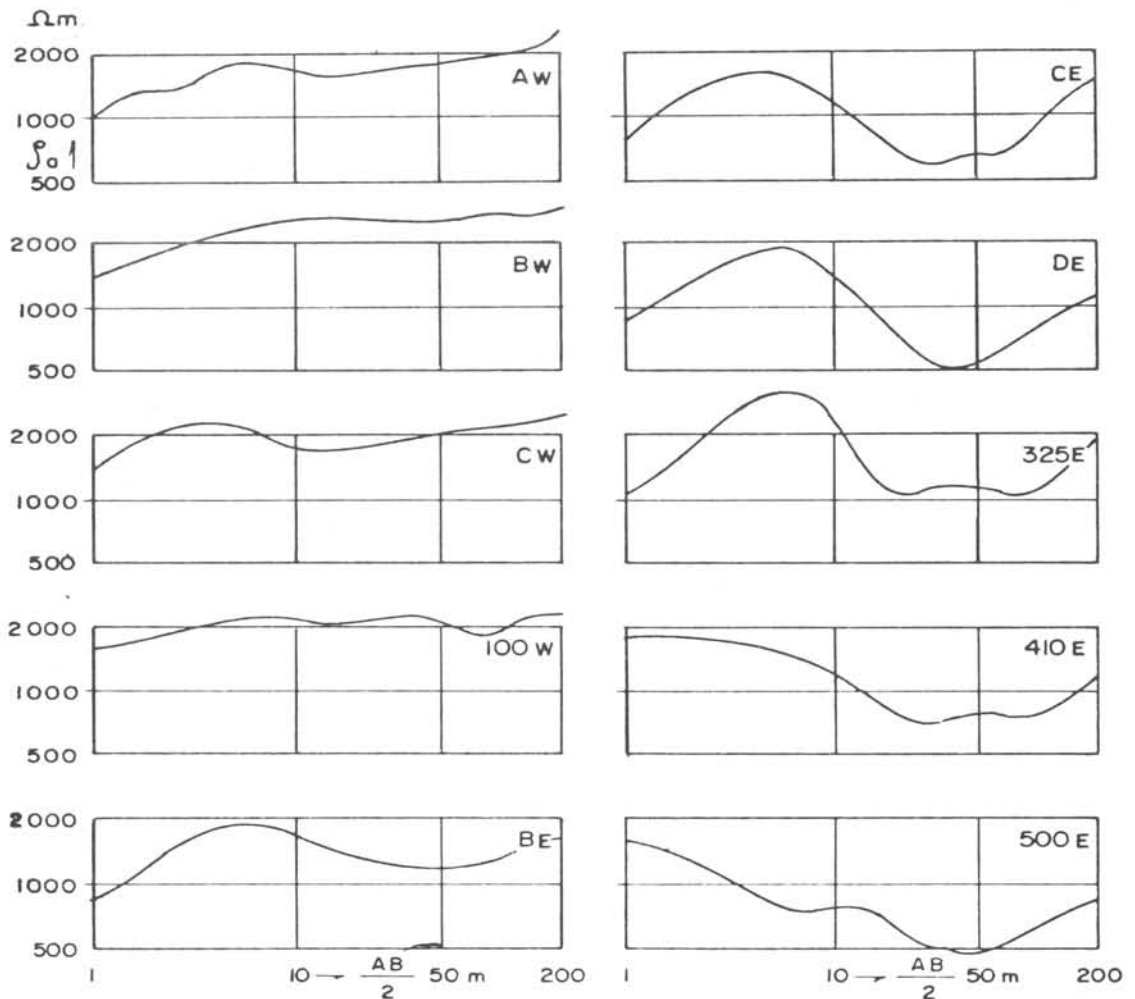


Fig. 4 - Diagramas correspondentes às sondagens elétricas realizadas ao longo da Linha 28 da área do alto rio das Garças.

didade de investigação da ordem de 25 a 30 metros abaixo da superfície de solo.

Na figura 5 estão representados os perfis de resistividade aparente correspondentes aos caminhamentos elétricos realizados na linha 1 do rio das Garças (vide fig. 2) e na linha 4 do rio Poraquê (afluente do Garças). Nessa figura estão igualmente representadas as secções geológicas respectivas obtidas a partir dos resultados das análises das sondagens mecânicas ali realizadas. Distinguem-se nos perfis de resistividade:

1o. Que os valores de resistividade aparente mais elevados correspondem também a partes topograficamente mais elevados do relevo.

2o. Uma tendência geral dos valores diminuírem em direção à calha do paleovale.

3o. Valores mais irregulares nas partes correspondentes ao paleovale aluvionar. Nas figuras 6 e 7 representa-se os demais perfis de resistividade.

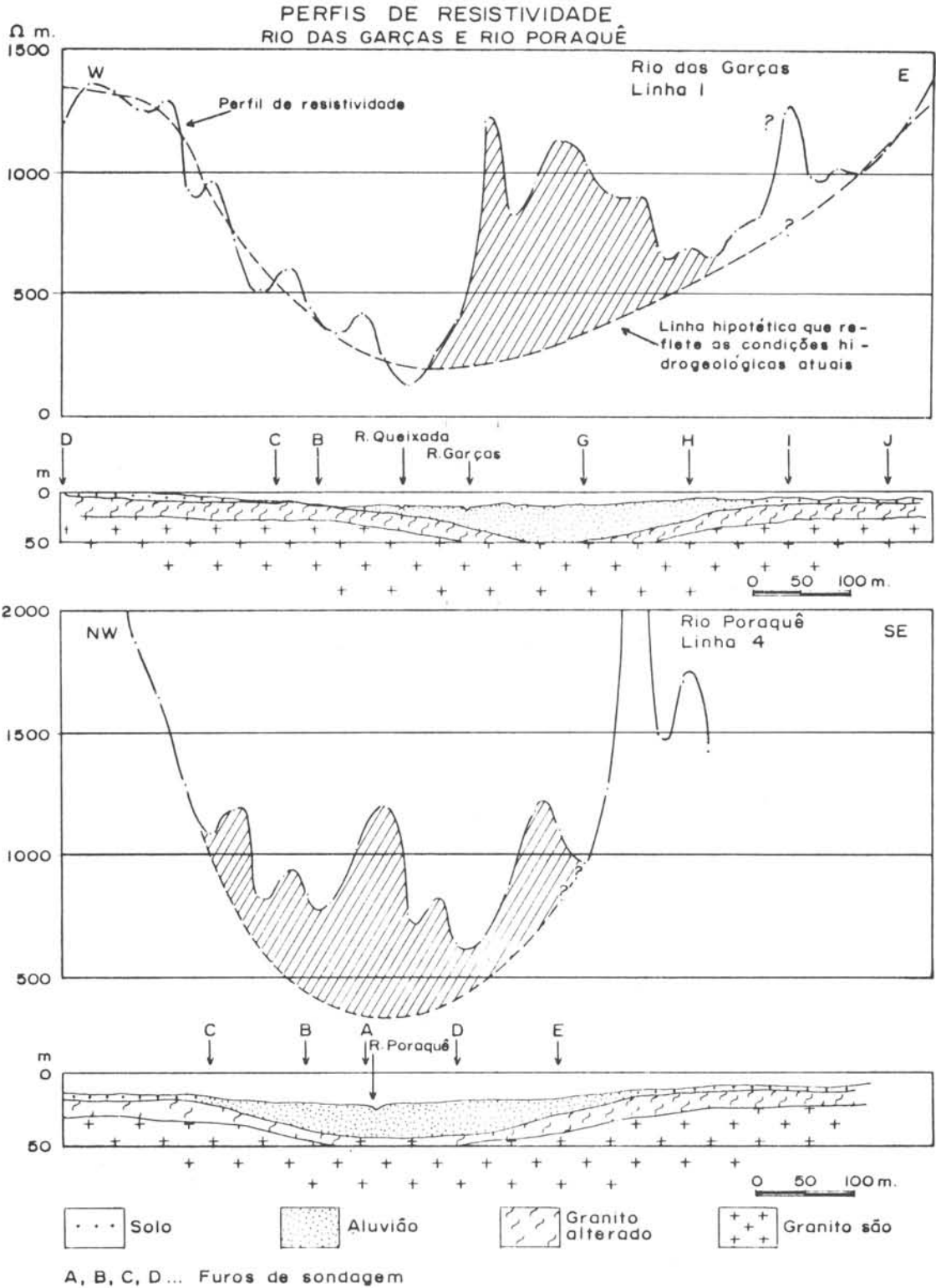


Fig. 5 - Perfis de resistividade aparente ao longo das linhas 1 do rio das Garças e 4 do rio Porquê.

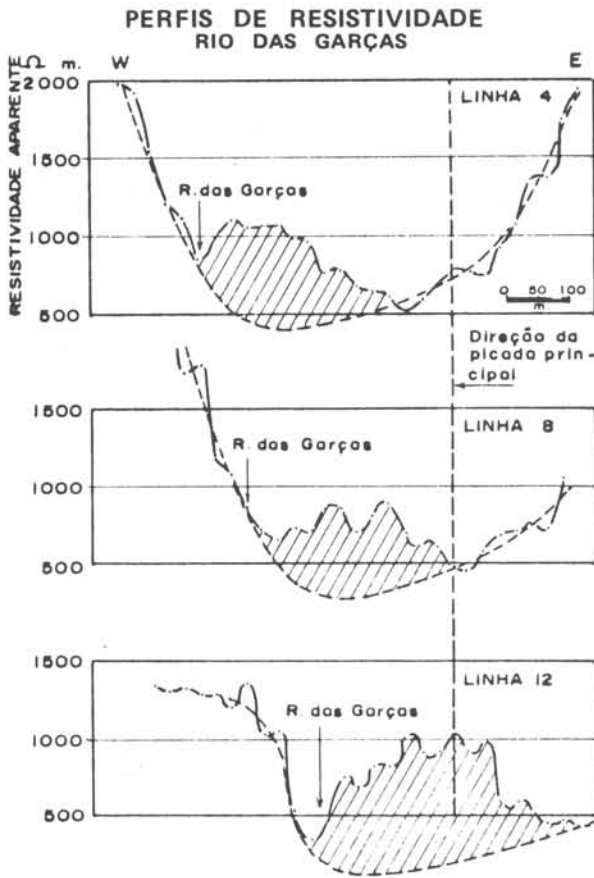


Fig. 6 – Perfis de resistividade aparente ao longo das linhas 4, 8 e 12 do rio das Garças.

Uma tentativa empírica de explicação para as formas e valores dos perfis de resistividade é dada na figura 8 por meio de um esquema onde se mostra a distribuição das resistividades dos materiais envolvidos no problema numa secção vertical do terreno.

As linhas hipotéticas que refletem as condições hidrogeológicas atuais (vide figura 5, linha 1) são traçadas com base a um exame cuidadoso do perfil de resistividade, levando-se em conta os perfis próximos, o relevo da área e a secção geológica conhecida a partir dos furos de sondagens.

Os caminhamentos elétricos realizados permitiram a delimitação do antigo vale flu-

vial (fig. 2) e uma idealização de sua forma geométrica.

Em muitos casos, os limites do paleovale indicados nos perfis de resistividade aparente não são nítidos e foi somente graças aos estudos comparativos dos diversos perfis que se pôde determiná-los.

Os perfis de resistividade que apresentam melhor grau de resolução são aqueles que não passam nas confluências de dois ou mais paleovales e se estendem de uma margem a outra em afloramentos de granito.

Da interpretação dos perfis de resistividade aparente, tem-se o mapa da figura 2, que fornece os limites e o eixo provável do aluvião antigo, no alto rio das Garças. Deve-se notar que a largura do vale antigo entre as linhas 12 e 24 é muito grande e poderia eventualmente ser atribuída à existência de dois vales antigos próximos, podendo haver um divisor de águas entre eles. Por outro lado, parece-nos que o rio Anta corre sobre um outro paleovale.

Os resultados da pesquisa de paleovales por resistividade são muito promissores, pelas condições ideais de aplicabilidade dos métodos, ou seja, topografia suave, contrastes nítidos de resistividade e pequena resistência elétrica de contato eletrodo-terra.

## SÍSMICA DE REFRAÇÃO

Princípios. A sísmica procura fornecer uma imagem de subsuperfície a partir do estudo das impedâncias acústicas (velocidade x densidade). As rochas apresentam diferentes velocidades de propagação das ondas sísmicas. Assim, rochas ígneas e metamórficas apresentam, em geral, velocidades de propagação maiores que as rochas sedimentares. É graças a esse contraste de velocidades que se torna possível o uso do método sísmico.



PERFIS DE RESISTIVIDADE  
RIO DAS GARÇAS

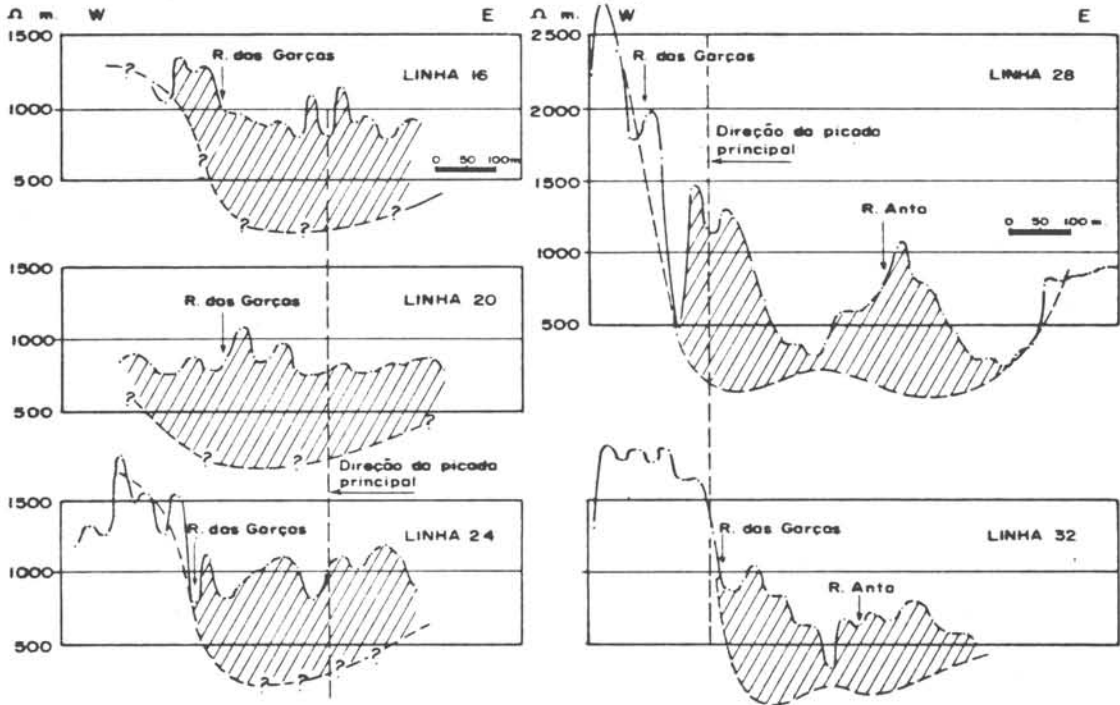


Fig. 7 - Perfis de resistividade aparente ao longo das linhas 16, 20, 24, 28 e 32 do rio das Garças.

Uma explosão feita em um ponto (fig. 9) provoca uma deformação no meio, que se propaga em todas as direções.

Os geofones G1, G2, G3, recebem esses impulsos provocados pelo ponto de tiro T1, em momentos diferentes. Uma interpretação cuidadosa do gráfico que representa esses tempos em ordenadas e a posição dos geofones em abscissa (gráfico tempo-distância) fornece as velocidades e as espessuras dos estratos atravessados, que o geólogo procura identificar, de acordo com o conhecimento geológico que possui da região.

Perfil sísmico ao longo da linha 1 do rio das Garças. Por ser a secção geológica mais bem conhecida, foi realizado um perfil sísmico ao longo dessa linha. Os resultados constam da fig. 10. Também foram feitos ensaios ao longo de 5 outras linhas, tendo os resultados

sido semelhantes.

Distinguem-se 3 velocidades:

- (a) 300 m/seg, correspondente aos solo fofo e arejado acima do nível freático
- (b) 1600 m/seg, correspondente ao aluvião saturado e/ou granito alterado do embasamento do paleovale
- (c) 4500 m/seg, correspondente ao granito são.

Comparando-se o corte sísmico com o corte geológico chega-se à conclusão que não se consegue delimitar com precisão a partir dos dados sísmicos, o paleovale pois que as velocidades de propagação do aluvião e do granito decomposto são próximas. Somente há contraste nítido de velocidades entre o granito são e o aluvião e/ou granito decomposto.

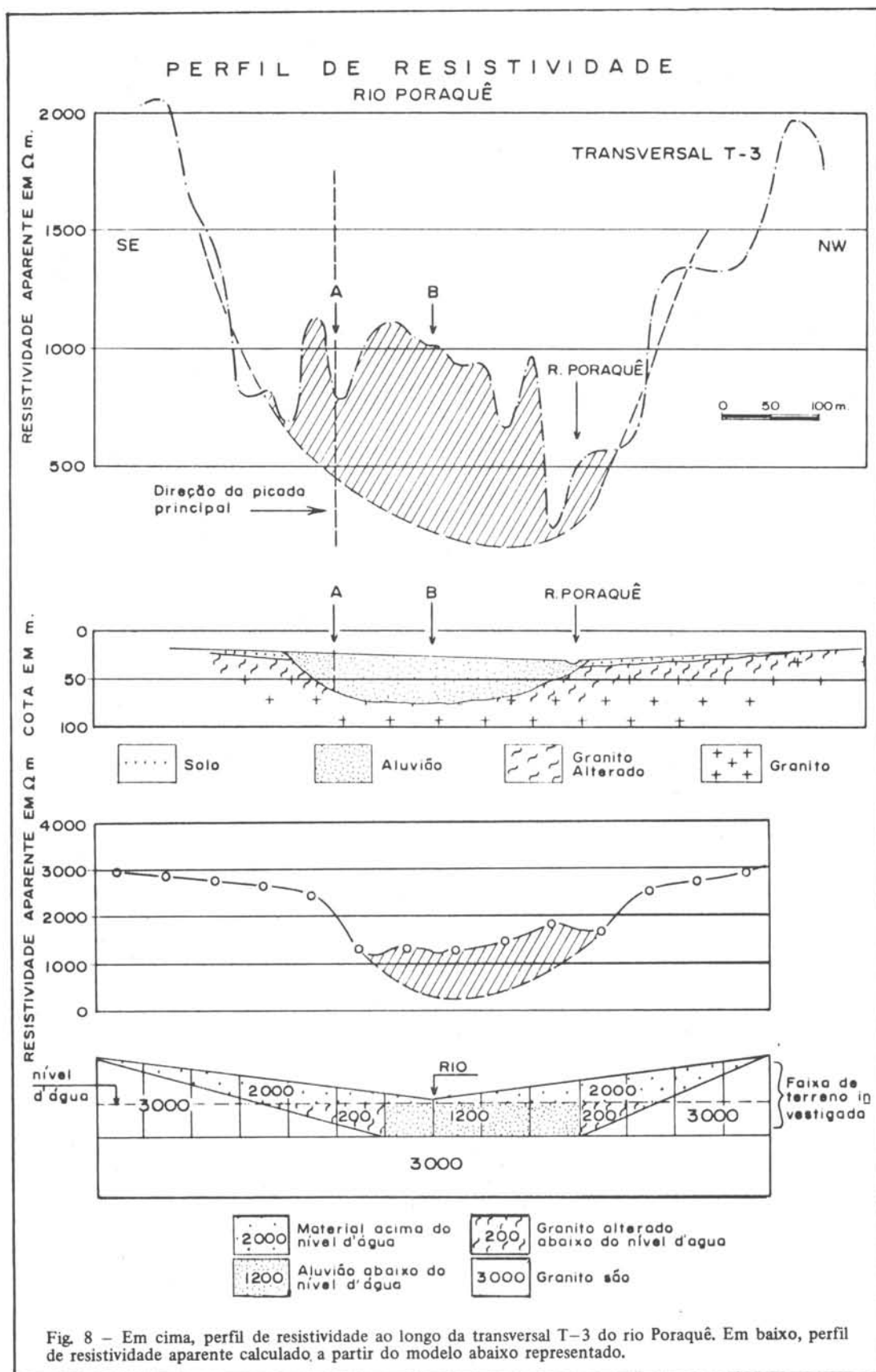


Fig. 8 - Em cima, perfil de resistividade ao longo da transversal T-3 do rio Porquê. Em baixo, perfil de resistividade aparente calculado a partir do modelo abaixo representado.

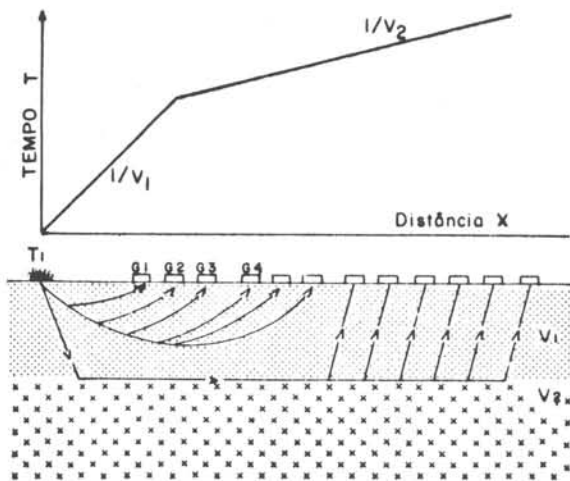


Fig. 9 – Princípio da sísmica de refração. Em cima, o gráfico tempo-distância e em baixo, esquema da disposição do ponto-de-tiro e geofones.

Por outro lado as espessuras das camadas mencionadas são precisas e constituem um elemento para a prospecção dos aluviões e para aferição das sondagens elétricas.

As condições locais da aplicabilidade da sísmica de refração são excelentes. O ruído natural provocado pela presença da vegetação atinge valores mínimos e as condições topográficas são muito boas para a aplicação da sísmica.

Partindo da premissa de que a parte mais funda do paleovale se localiza sobre o granito são, temos assim um elemento seguro sobre a espessura total do aluvião.

## MAGNETOMETRIA

Um dos objetivos do emprego desse método era detectar pequenas anomalias magnéticas possivelmente relacionadas à configuração topográfica do topo do embasamento rochoso não alterado. Assim sendo, em perfis magnetométricos sobre o paleovale aluvionar, tais anomalias deveriam ser mais negativas que nas partes correspondentes a seus flancos. Se o leito do paleovale fosse topograficamente irregular, os

resultados do levantamento magnetométrico deveriam refletir tal situação.

Uma combinação dos resultados da magnetometria com os da eletrorresistividade permitiria melhor interpretar as condições geológicas de subsuperfície. Assim, um valor de resistividade aparente alto pode ser o resultado ou da presença de granito são ou da presença de partes cascalho-arenosa do aluvião do paleovale. Essa ambigüidade dos resultados da eletrorresistividade poderia ser desfeita por comparação com os dados magnetométricos.

O trabalho de magnetometria foi realizado com um variômetro vertical marca ABEM cuja precisão de leitura é de 1 gama; em trabalho de campo, porém, essa precisão é de cerca de  $\pm 3$  gamas.

O levantamento magnetométrico consistiu na medida da componente vertical do campo magnético terrestre em estações espaçadas de 20 metros ao longo das linhas transversais abertas na área do alto rio das Garças. Foram levantadas as linhas 1 e 28 (vide localização na figura 2) e ainda mais 6 outras linhas localizadas mais ao norte do alto rio das Garças.

Os dados magnéticos de que se dispõe sobre a área pesquisada são  $Z = 4400$  gamas,  $H = 28.000$  gamas,  $I = 90^\circ$  e  $d = 5^\circ W$ .

A curva da variação diurna foi obtida por interpolação, repetindo-se de cerca de meia em meia hora a medida magnetométrica na estação-base. A variação diurna atinge uma centena de gamas, e introduz uma imprecisão nos perfis magnetométricos de cerca  $\pm 5$  gamas. O zigzagado dos perfis magnetométricos é, em parte, devido a essa imprecisão.

Na figura 11 estão representados os perfis magnetométricos da componente vertical das linhas 1 e 28 transversais ao paleovale do rio das

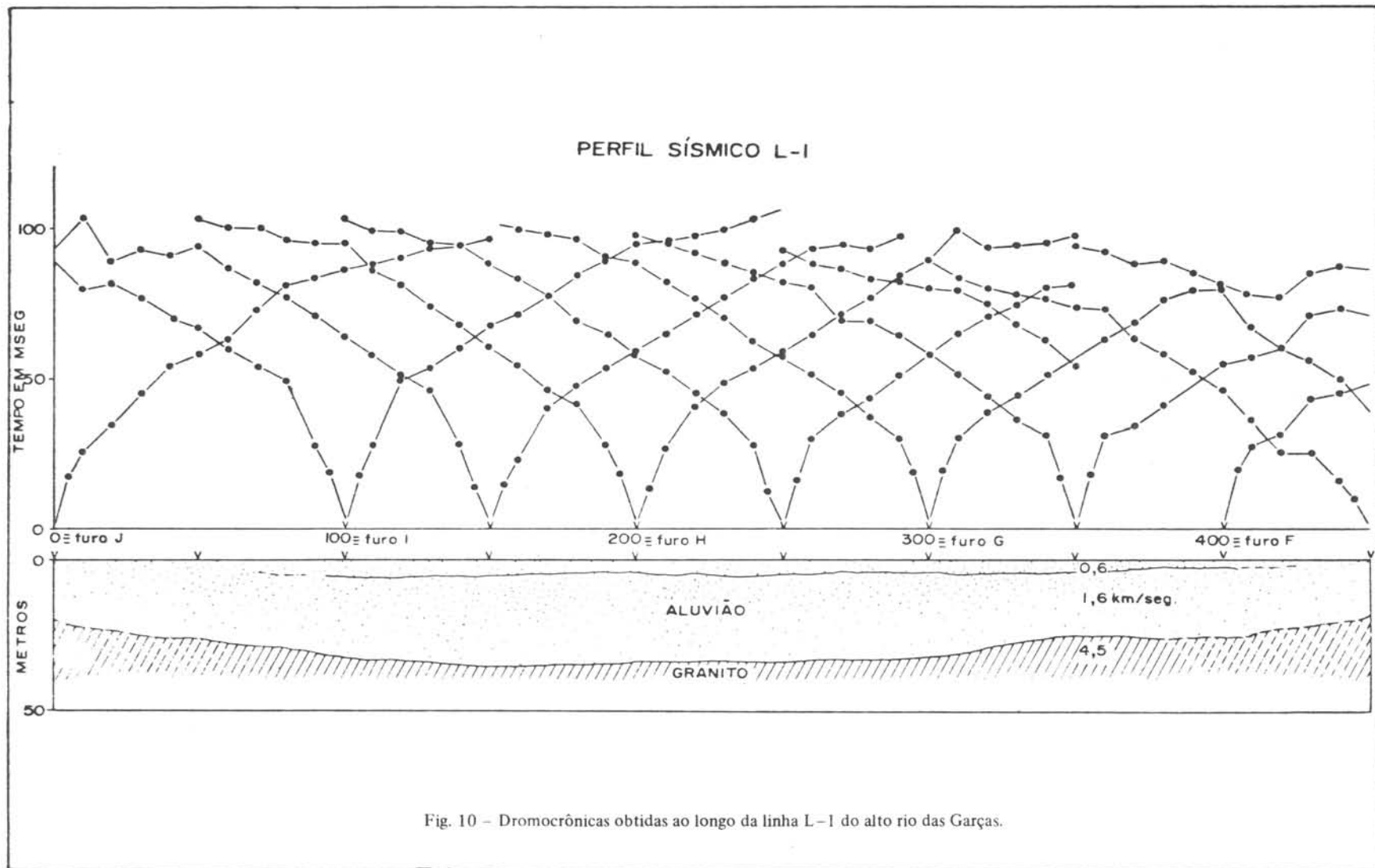


Fig. 10 - Dromocronas obtidas ao longo da linha L-1 do alto rio das Garças.

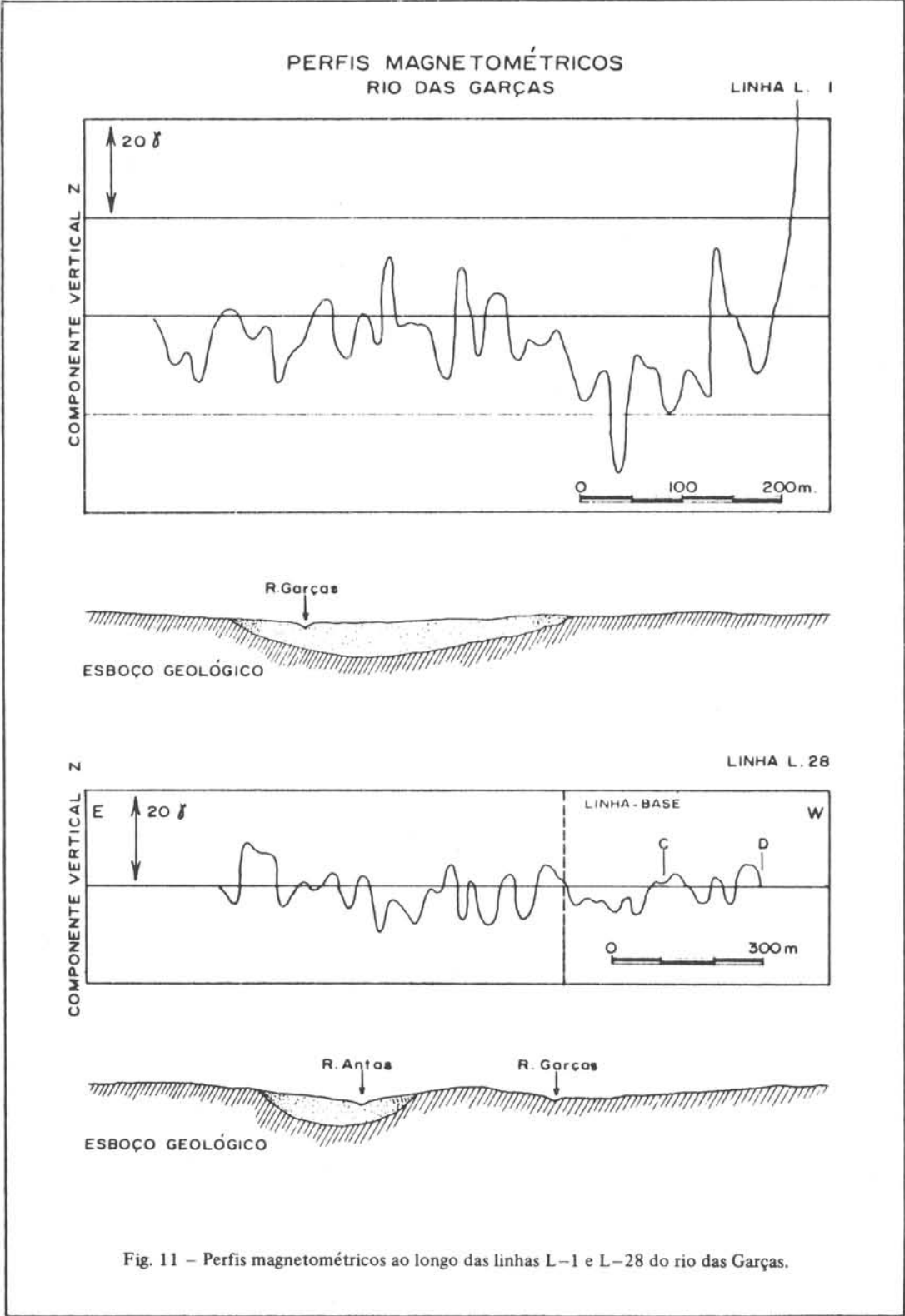


Fig. 11 – Perfis magnetométricos ao longo das linhas L-1 e L-28 do rio das Garças.

Garças. Os demais perfis, por serem semelhantes, não estão representados.

As anomalias, levando-se em conta as imprecisões, são muito pequenas, da ordem de 2 dezenas de gamas.

Não parece haver uma relação bem definida entre a possível posição do paleovale e as anomalias magnetométricas. Nos perfis L-1 e L-28, as anomalias são praticamente nulas.

Não nos parece que o método magnetométrico possa trazer uma contribuição razoável para a prospecção do vale do rio das Garças, a não ser a de resolver alguns problemas estruturais do embasamento cristalino.

Uma outra finalidade do emprego da magnetometria não foi igualmente alcançada, ou seja, a detecção de concentrações de cassiterita, supostas associadas a minerais magnéticos, principalmente, magnetita. Essas associações não são conhecidas. O mineral magnético predominante é a ilmenita.

### CONCLUSÕES

Os perfis de resistividade aparente, para uma ou mais profundidade de penetração, fornecem elementos para delimitar em superfície os paleovales do alto rio das Garças. O contraste de resistividade se deve a maior permeabilidade dos aluviões em relação às encaixantes.

A sísmica de refração fornece com precisão a interface aluvião-embasamento granítico, mas, deixa dúvidas quanto a interface aluvião-granito decomposto.

A magnetometria não permite delimitar o paleovale, pois não há contraste magnético nítido entre o aluvião e as rochas alteradas que o contornam. Só aparecem anomalias típicas, muito irregulares, sobre afloramentos de granito. As anomalias magnéticas refletem com mais fidelidade as condições litológicas e estruturais do embasamento rochoso do paleovale. Também não se conseguiu detectar concentrações de cassiterita supostamente associadas a minerais magnéticos.

### AGRADECIMENTOS

Somos gratos a todos que nos auxiliaram neste trabalho, emprestando-nos seu entusiasmo e apoio. O Geólogo Carlos Augusto Luciano Isotta, responsável pelas pesquisas na área do vale do rio das Garças, incentivou o trabalho realizado. Recebemos integral apoio por parte dos Srs. Dr. Donald F. Campbell, Bel. Antônio Luiz Sampaio Carvalho, Engo. Neclair Martins Pereira, Engo. Nulton Horta Zander, Bel. Sérgio Jacques de Moraes, Sr. Oriovaldo Silva Valladares, dirigentes da empresa Mineração Araçazeiro Ltda. Ao Geólogo Andrea Bartorelli, e o técnico Francisco de Assis Gomes, que cooperaram arduamente nos trabalhos de campo, nossa gratidão.

### BIBLIOGRAFIA

KLOOSTERMAN, J.B. (1966) — *Granites and Rhyolites of São Lourenço: a volcanoplutonic complex in Southern Amazonia*. Eng., Min. e Met. vol. 44, pp. 169—

171.

KLOOSTERMAN, J.B. (1967) — *Ring-structures in Oriente and Massangana granite*

*complexes, Rondonia, Brazil. Eng., Min. e Met.*, vol. 45, pp. 73–77.

LASA (1964) – *Pesquisa de Cassiterita no Território de Rondônia*. Divisão Fomento Produção Mineral, Avulso 88, Rio de Janeiro.

VERSCHURE, R.H., BON, E.H. (1972) – *Geology and Geochronology of tin-bearing complexes in Rondonia (western Brazil). Reflections on the genesis of this type of magmatism*. Progress Report, pp. 177–198. Amsterdam.