

## DIABÁSIOS NA REGIÃO NORDESTE DA BACIA DO PARANÁ

André Davino

Osmar Sinelli

Adônis de Souza

USP/DG

Ciro Teixeira Correia

USP/DGFM

Trabalho desenvolvido com auxílio da FAPESP

**ABSTRACT** In the Northeast border of the Paraná Basin Predominate diabases intrusions, which took place during the Upper Jurassic and the Low Cretaceous Ages, along fissures and fractures open in the Basement on NE-SW and NW-SE directions. Their frequency is of 1 dike for each 1 to 5 Km long. The upper part of these dikes take the most different geometric shapes: sills, domes, lacoliths or any irregular one. It is just the complexities of volumes and shapes of the diabase bodies that led the geologists many times to not distinguish diabases (intrusives) from basalts (extrusives).

The relationship between diabase intrusions and the desert sands of the Botucatu Formation are discussed in a different approach.

The basic magma intruded the sands without rupturing, by an interfingering process or uplifting a volume of these deposits.

Chemical, petrographic and even field relations are not good arguments to distinguish between diabase and basalt.

**INTRODUÇÃO** Este trabalho é resultante de mais de 10 anos de estudos geológicos, hidrogeológicos e geofísicos realizados na região Nordeste do Estado de São Paulo, com maior ênfase nas circunvizinhanças da cidade de Ribeirão Preto, fig. 1). Durante esse período foram examinados dados de afloramentos, poços tubulares profundos e medidas de parâmetros geofísicos.

Nos mapeamentos geológicos efetuados, na escala 1:25.000 e localmente até na escala 1:5.000, houve extrema dificuldade de interpretação dos eventos ligados ao magmatismo básico e ao comportamento tectônico das rochas constituintes desta borda NE da Bacia do Paraná.

No decorrer desse trabalho e especialmente após 1978 quando o Núcleo de Geologia de Ribeirão Preto assumiu compromissos com a prospecção de água subterrânea vizando o abastecimento urbano desta cidade, verificamos que os modelos geológicos vigentes não condiziam com a realidade dos fatos. Novas hipóteses de trabalho com base em novas teorias e consequentemente novos modelos geológicos foram elaborados na tentativa de se buscar soluções mais condizentes com as informações obtidas em poços e sondagens elétricas. A situação chegou a tal ponto que, atualmente, os autores não se arriscam a fazer prognósticos sobre o possível perfil litológico em qualquer local que seja escolhido para perfuração de poços destinados à captação de água subterrânea na região de Ribeirão Preto. Há necessidade de uma prévia verificação das condições geológicas sub superficiais com a utilização de métodos geofísicos.

O apoio dado pela FAPESP para desenvolvimento do Projeto "Recursos Hídricos Subterrâneos", acelerou as pesquisas culminando com a apresentação deste trabalho.

Os sedimentos existentes nesta área da Bacia do Paraná, tanto sob o ponto de vista estratigráfico como tectônico, se apresentam com relativa simplicidade. Entretanto, as manifestações intrusivas e extrusivas dos eventos ígneos básicos, tornaram extremamente complexa a prospecção pelos métodos tradicionais de Geologia.

Temos observado que a interpretação geológica através de fotografias aéreas se revelou de pouca eficiência, em virtude do profundo manto de intemperismo que mascara os contatos e pela quase inexistência de ressaltos topográficos entre os mesmos.

A prospecção geofísica tem apresentado alguns resultados significativos, entretanto já verificamos a necessidade de melhor desenvolvimento das técnicas utilizadas assim como de uma readaptação nos conceitos de interpretação dos resultados.

**CONTROLE TECTÔNICO DA BORDA NORDESTE DA BACIA DO PARANÁ** A bacia desenvolveu-se no Paleozóico sobre um substrato cratonizado do Pré-Cambriano, razão pela qual foi classificada como bacia intracratônica.

A partir da definição do Craton do Paramirim (Almeida et al 1980 e Lesquer et al, 1981) e da delimitação precisa dos limites desse Craton (zona de sutura) assim como dos cinturões móveis que o rodeavam (Davino, 1979) a Bacia do Paraná pode ser considerada como inter-cratônica.

O substrato da bacia se comportou como uma zona da crosta de maior mobilidade em relação às zonas cratonizadas mais exteriores, permitindo a deposição dos sedimentos através de seu lento e gradual rebaixamento. Quase ao final dessa suaves subsidência, houve o rompimento da crosta com formação das geoclases. Essas linhas de fraquesa já estavam pré-determinadas pela longa evolução dos cráticos.

Na região nordeste da Bacia do Paraná, esses alinhamentos estruturais se apresentam com as direções NW e NE, sendo coincidentes com os que foram encontrados no cráton do Paramirim (Lesquer et al, op.cit.). Aparentemente a direção NW é a mais antiga (Arqueano) sendo que os alinhamentos NE se formaram a partir do Mesozóico.

Torna-se evidente, uma vez que a forma e evolução da bacia estiveram intimamente relacionadas com o embasamento cristalino, que esses alinhamentos estruturais se refletissem no comportamento tectônico das rochas constituintes da Bacia do Paraná.

Durante o magmatismo mesozóico que produziu a maior concentração de magmatitos básicos do mundo na área ocupada pela Bacia do Paraná, verificamos que, pelo menos na área aqui mencionada, as geoclases ou aberturas menores correlacionadas (falhas, fraturas, diques) apresentam-se principalmente nas direções NE e NW.

**GEOMETRIA DOS CORPOS INTRUSIVOS** Desde 1978, a equipe de geólogos de Ribeirão Preto tem efetuado levantamentos de todos os dados disponíveis na região de Ribeirão Preto. Além dos dados tradicionais obtidos através de fotografias aéreas e geologia de campo, foram conseguidas descrições de mais de 200 poços tubulares profundos e efetuadas quase uma centena de sondagens elétricas. Também foi realizado um levantamento gravimétrico da região (malha de 2Km) e 15 perfilagens elétricas (resistividade, polarização exploração e radiação gama) em poços abertos nesse período.

A coleta desses dados visava definir a geometria do aquífero Botucatu/Pirambóia, pois o posicionamento da interface rochas básicas/arenitos estava se tornando um dos principais problemas para a prospecção de água no município.

Nesta época já se tinha observações (através de poços) já existência de diabásios introduzidos nos arenitos e que comorometiam a produtividade do aquífero.

Outros poços, abertos a distâncias inferiores a 100 metros de poços altamente produtivos, (com 80/90 metros de rochas básicas e mais de 100 metros de arenito) tinham se revelado praticamente secos poços atingiam espessuras de até 300 metros de rochas básicas sem alcançarem o arenito.

No início desses trabalhos de prospecção visando a captação de água subterrânea do aquífero Botucatu/Pirambóia, os autores tentaram acomodar os dados coletados dentro dos padrões geológicos convencionais admitidos para a Bacia do Paraná.

Dentro da concepção admitida de basaltos e soleiras de diabásio de grandes espessuras e extensões laterais, os modelos tridimensionais exigiam a colocação de grande número de falhas (com rejeitos de até 100 metros) para ajustar os dados obtidos. Chegou-se a um modelo de tecto-

nismo intenso, conduzindo a um verdadeiro mosaico de blocos deslocados entre si por faltamentos normais. Entretanto, o modelo assim obtido era incoerente pois não se coadunava com as observações de campo, com a foto-interpretação e muito menos com novos dados que eram obtidos, seja a través de novos poços tubulares e mesmo com os métodos de prospecção geofísica.

Aliando aos dados obtidos nesta área, com os que foram coletados em outras localidades próximas ao Estado de São Paulo, chegamos a conclusões que mostram discordância em relação aos modelos propostos da Bacia do Paraná para as formas dos corpos intrusivos e extrusivos.

As rochas básicas intrusivas da região se apresentam com formas e espessuras extremamente variáveis, mas de uma maneira geral, algumas características são notáveis, a saber:

- a geomorfologia regional está intimamente associada à forma original dos corpos intrusivos. A drenagem atual se encaixa nas partes mais baixas dos corpos básicos, tendo retirado o antigo capeamento de arenito Botucatu. (fig. 2)
- as atuais partes mais elevadas (espiões) dos morros constituídos de rochas básicas correspondem aos eixos ou planos de intrusão (fig. 2, 3 e 4).
- morros alongados ou uma série de marotes orientados revelam a existência de alinhamento através do qual se processou o mecanismo de intrusão. Esses alinhamentos coincidem com as direções gerais já mencionadas NE-SW e NW-SE. Ao nos encaminharmos para o interior da Bacia do Paraná, essas expressões morfológicas tornam-se menos evidentes.
- Os esquemas da figura 5 representam estruturas observadas no campo.

**DADOS DA PROSPECÇÃO GEOFÍSICA** Os exemplos que se seguem ilustram nossas afirmações. As localidades a serem mencionadas estão representadas na figura 1.

**LAGOA BRANCA** (figura 2) Situada na denominada "Depressão Periférica" da Bacia do Paraná, sobre sedimentos da Formação Aquidauana e diabásios, Lagoa Branca (Souza et al 1982), foi pesquisada por sondagens elétricas para a locação de poço tubular solicitado pela Prefeitura local e Instituto Geológico do Estado de São Paulo. Os estudos ali realizados conduziram a definir um lacólito subaflorante, distante apenas 30km a Sudeste do lacólito de Tambaú.

**TAMBAÚ** (fig. 2) A interpretação de 23 sondagens elétricas conduziram a definir um grande corpo intrusivo de diabásio em forma de lacólito, cujas espessuras máximas ultrapassam a duas centenas de metros (Davino, 1980). A suposição inicial era de que se tratava de derrames de basaltos. A existência de lacólito numa região de "cuestas" que, por definição seriam escarpas erosivas, conduz a modificar ou estender o conceito. Davino (op.ct.) propõe chamar-se a essas formas topográficas de "pseudo-cuestas" ou "cuesta lacolítica".

**SERRA AZUL** Uma sondagem elétrica executada na parte central dessa serra indicou expressura "infinita" para o diabásio, evidenciando tratar-se da raiz de uma intrusão.

**RIBEIRÃO PRETO** Na estrada para Bonfim Paulista, a 3km de Ribeirão Preto, três sondagens elétricas e a presença de um poço tubular indicaram a forma lacolítica da intrusão (fig. 3).

**SERTÃOZINHO** Apesar da topografia extremamente plana, dados de sondagens elétricas e de poços profundos indicaram um flanco uma intrusão de forma de lacólito, conforme pode ser observado na figura 7.

**JARDINÓPOLIS** A figura 4 é uma secção geoelétrica no Município de Jardinópolis, indicando a complexidade da forma lacolítica da intrusão de diabásio.

Sem generalizar, pois, muitas devem ser as exceções, as partes morfológicas elevadas em forma de morros isolados ou uma série de morros, ou serras, ou morros com forma alongada, correspondem aos planos ou eixos

os das intrusivas. O exemplo de Sertãozinho é uma exceção, visto que não existe uma expressão morfológica correspondente. Em Ribeirão Preto, nem sempre exemplos de raízes de intrusivas ocorreram ao longo de vales dos rios. Na figura 6 representam-se os casos teoricamente possíveis:

A- possante lacólito, tipo Tambaú, com mais de duas centenas de metros de espessura, podendo configurar-se como uma pseudo cuesta quando situados próximos à Depressão Periférica.

B- lacólito mais comum na região de Ribeirão Preto, com espessura máxima da orfem de 80 a 100 metros.

C- lacólito assimétrico; pode dar a falsa impressão da raiz desse corpo pela expressão morfológica externa.

D- um conjunto de formas intrusivas, como ocorre em Ribeirão Preto.

a- expressão morfológica de um lacólito isolado simétrico: morro cujo eixo ou plano central contém a raiz.

b- região plana de um diabásio em forma de lacólito; caso de difícil previsão a partir da morfologia do terreno.

c- o vale corresponde ao centro da intrusão de diabásio; as diaclases em leque desenvolvidas por ocasião da formação do lacólito facilitam o desenvolvimento do vale.

(1) expressão tridimensional de um plano de penetração de lavas que se transformam em lacólitos em superfície.

(2) lacólito de forma alongada, expressão tridimensional.

#### O DIABÁSIO E A FORMAÇÃO BOTUCATU-PIRAMBÓIA

Considera-se geralmente que os derrames de basaltos cobriram as areias do deserto "Botucatu". Sendo ambos contemporâneos, seria lógico que todo arenito que apareça intercalado nos "basaltos" seja considerado intertrapiano, isto é, tenham se depositado após a cessação de derrames; após a deposição das areias do intertrape, novas sucessões de derrames de "basalto" viriam recobrir essas areias.

Considerando-se, porém, que a maior parte das rochas básicas consideradas extrusivas, são na realidade intrusivas (diabásios), como explicar os arenitos intertrapianos.

Não são vistos nas publicações provas concretas de que se tratam de verdadeiros intertrapianos. Antes de tudo seria necessário que o suposto basalto tivesse sofrido um processo de erosão, que carreasse blocos, seixos e areias de materiais diversos e inclusive do próprio basalto. Esse material constituiria assim um conglomerado de base do arenito intertrapiano. No topo desse intertrapiano haveria uma superfície arrasada pela passagem de novos derrames de lavas e essa seria também uma superfície de descontinuidade.

Diques de arenitos dentro dos basaltos constituem outro fenômeno de difícil explicação.

O que parece acontecer, na realidade, é que as intrusões se fizeram em areias do deserto Botucatu, portanto no seio de sedimentos completamente inconsolidados, sem nenhuma plasticidade ou resistência mecânica aos esforços causados pela injeção do magma. Prova dessa afirmação é a ausência de rupturas (falhas) típicas das encaixantes ante à entrada de qualquer material ígneo intrusivo. Na verdade, as areias do deserto Botucatu se deformaram e foram envolvidas pela chegada do magma, interdigitando-se ao soerguendo grandes pacotes em destruir-lhe as estruturas.

Em Cravinhos (SP), observam-se faixas estreitas de arenito Botucatu onduladas envolvidas em meio a diabásio. Encontram-se muitos afloramentos de arenitos de pequena expressão em muitos pontos da área. São comuns, nas perfurações de poços profundos, que se atravessem várias vezes os arenitos.

Se o material ígneo conseguiu atingir a superfície dessa cobertura de areia Botucatu então se transformou em basalto típico, com resfriamento rápido.

Na região de Ribeirão Preto, em vista do baixo nível topográfico (vide perfil fig. 8) relativamente às cotas atingidas pelas áreas vizinhas próximas, como Cravinhos e Brodosqui, não se deve encontrar basaltos, mas, tão somente diabásios. Os basaltos, se existiram, deveriam se localizar em níveis acima dos 900 metros.

## CONCLUSÕES:

- 1- Na borda NE da bacia do Paraná predominam os diabásios. Mesmo na região de Ribeirão Preto situada a mais de 100Km dos limites atuais da Bacia, encontram-se exclusivamente os corpos intrusivos sendo raros ou praticamente ausentes os basaltos.
- 2- As intrusões das rochas básicas se processaram ao longo de fissuras abertas na crosta entre o Jurássico Superior e o Cretáceo Inferior. Na região NE do Estado de São Paulo, as fissuras foram nitidamente influenciadas pelas estruturas antigas do embasamento, apresentando -se com as orientações NE-SW e secundariamente NW-SE. A direção NE-SW coincide com as direções maiores do cráton do Paramirim as quais se estendem pelo embasamento Brasiliano da Bacia do Paraná, conforme parecem demonstrar os dados gravimétricos da Missão Franco Brasileira de Gravimetria (Lesquer et al, 1981). A outra direção, NW-SE, reflete as direções estruturais (eixos dos dobramentos) do embasamento e são paralelas à zona de sutura do Cráton do Paramirim (de maior estabilidade desde o Arqueano).
- 3- As intrusões de diabásio são extremamente numerosas na região estudada. A frequência observada é da ordem de 1 corpo intrusivo a cada intervalo variável de 1 a 5Km.
- 4- Na região estudada os diabásios se alojaram no contato do embasamento cristalino com os sedimentos e em todos os níveis estratigráficos subsequentes (do Grupo Tubarão até as formações Botucatu/Pirambóia). Na época dessas intrusões, as Formações Botucatu e Pirambóia eram constituídas por sedimentos incoerentes e ao se introduzirem nessas areias (e não em arenitos) os diabásios simplesmente provocaram a acomodação dos grãos sobrejacentes não produzindo deslocamentos em termos de blocos falhados. Isto explicaria a ausência de falhamentos que se nota nos arenitos atuais situados próximos aos corpos intrusivos. A silicificação dos arenitos foi posterior à introdução dos magmatitos básicos.
- 5- As consequências das idéias aqui expostas são de grande importância sob o ponto de vista prático, principalmente em termos de água subterrânea. A prospecção, tanto geológica como geofísica, aumenta de risco em termos interpretativos tendo em vista a extrema complexidade das relações rochas intrusivas/sedimentos clásticos. É provável que, na região de Ribeirão Preto, as reservas de água existentes no Botucatu/Pirambóia sejam reduzidas de 30 a 50% tendo em vista do volume de material magmático existente dentro dos sedimentos. O risco existente na locação de uma obra para captação de água subterrânea apenas com estudos geológicos de superfície e com analogias de poços vizinhos aumenta consideravelmente.  
Tratar-se-ia pois, de verdadeiro enxame de diques que ao atingirem determinados níveis na subsuperfície ter-se-iam projetado na forma de sills, plugs, domos, lacólitos e inúmeras outras formas irregulares. É justamente essa expansão horizontal dos magmáticos básicos, em formas e dimensões extremamente irregulares, que tem levado à grandes confusões quanto à classificação dos mesmos. É extremamente difícil a distinção entre basaltos e diabásios, mesmo em estudos de laboratório. O tamanho dos corpos também é variável mas com certeza não atinge dimensões de 100Km ou mais de extensão. A descrição de sills de tal porte implica na união de inúmeros corpos de menor porte que foram descritos como provenientes de um único conduto.
- 6- Petrograficamente nota-se um baixo teor em vidros e uma alta relação plagioclásio/piroxênio, que associados aos valores de densidade indicam tratar-se de mágmas de grandes profundidades.  
Do ponto de vista químico notam-se elevados teores de titânio e alcalinos, sendo inferiores os teores de alcalino terrosos. Verificou -se homogeneidade nos teores químicos mesmo nas secções verticais dos corpos intrusivos.
- 7- Em função do exposto, propõe-se um novo esforço no sentido de se orientarem as pesquisas para que nos novos mapeamentos a serem efetuados na Bacia do Paraná se possa colocar em planta as direções principais de entrada das rochas básicas assim como uma redefinição de tamanho dos corpos intrusivos e/ou extrusivos.

## BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M., HASUI, Y., DAVINO, A., e HARALY, N.L.E. - 1980 - Informações geofísicas sobre o oeste Mineiro e seu significado geotectônico. Acad. Bras. Ciênc., An 52 (1).

ALMEIDA, F.F.M. - 1981 - Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná. III Simpósio Regional de Geologia, Curitiba, 12-15 nov. 1981-Curitiba.

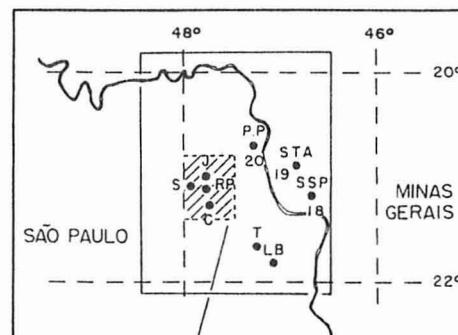
DAVINO, A. - 1979 - O baixo gravimétrico da região de Caldas NOvas. 2º Simpósio Regional de Geologia, Rio Claro, Atas do vol. 1 pp. 87-100 Rio Claro.

DAVINO, A. - 1980 - O lacólito de diabásio de Tambaú. Determinação por sondagem elétrica. Anais do XXXI Cong. Bras. Geol., V.5, p.2583-85. Camboriú-SC.

LESQUER, A., ALMEIDA, F.F.M., DAVINO, A., LACHAUD, J.C., MAILLARD, P.-1981 - Signification Structurale des Anomalies Gravimétriques de la partie Sud du craton de São Francisco (Brésil). Tectonophysics, 76 (1981). p. 273-293. Amsterdam.

SOUZA, A., DAVINO, A., TORRES, C.C., MASSOLI, M., SINELLI, O., VIEIRA, P.C. - 1982 - Geologia e Hidrogeologia da região do distrito de Lagoa Branca, Casa Branca, SP. Aplicação de sondagem elétrica. Revista do Instituto Geológico de São Paulo (no prelo).

## PLANTA DE SITUAÇÃO



## Localidades

- R.P = Ribeirão Preto  
 S. = Sertãozinho  
 J. = Jardinópolis  
 C. = Cravinhos  
 S.A = Serra Azul  
 T. = Tambaú  
 L.B = Lagoa Branca  
 S.T.A = São Tomaz Aquino  
 S.S.P = São Sebastião Paraíso  
 P.P = Patrocínio Paulista  
 20 = amostras coletadas

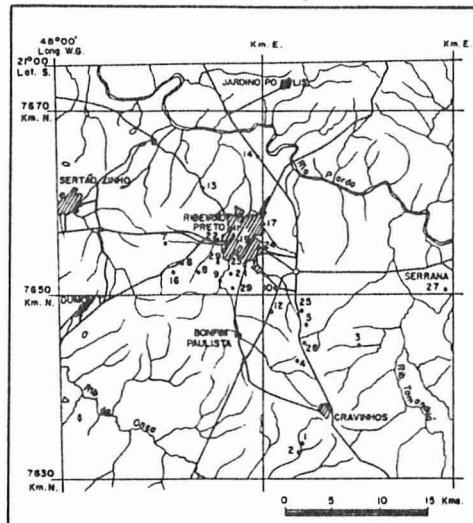
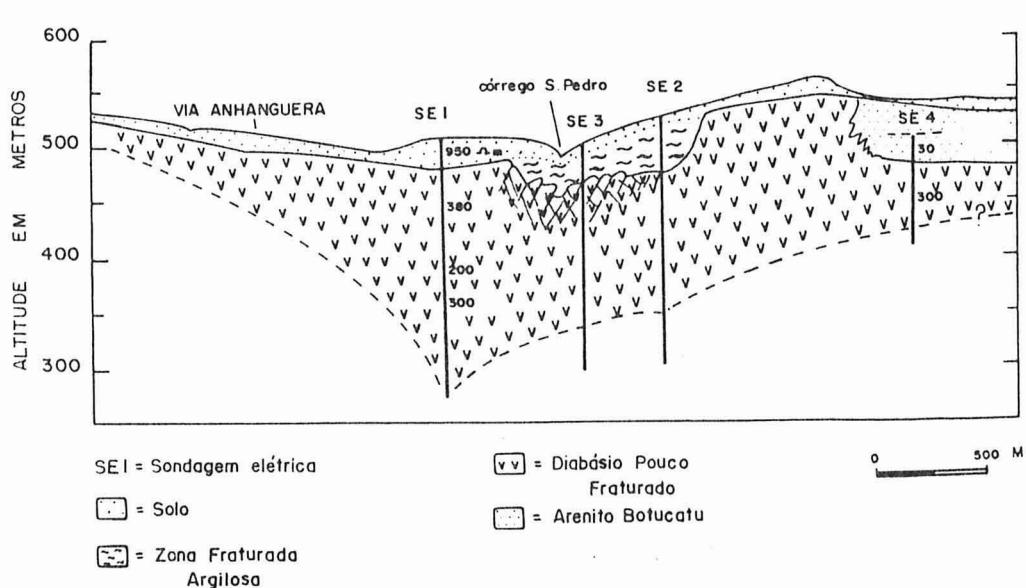
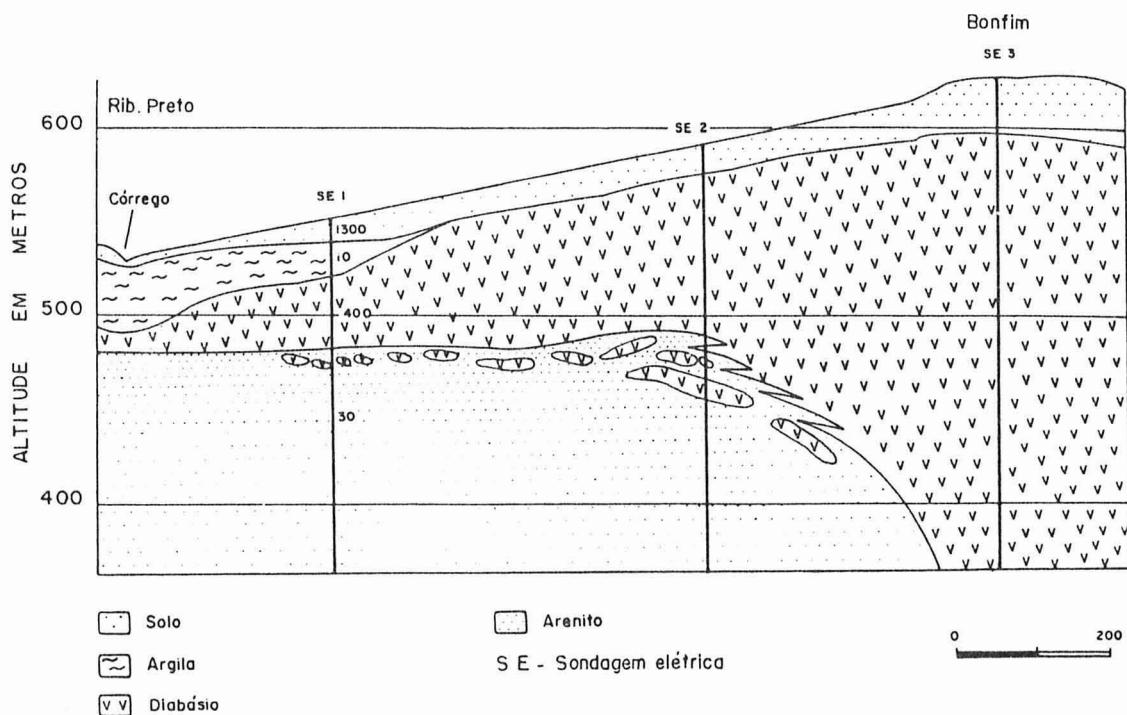
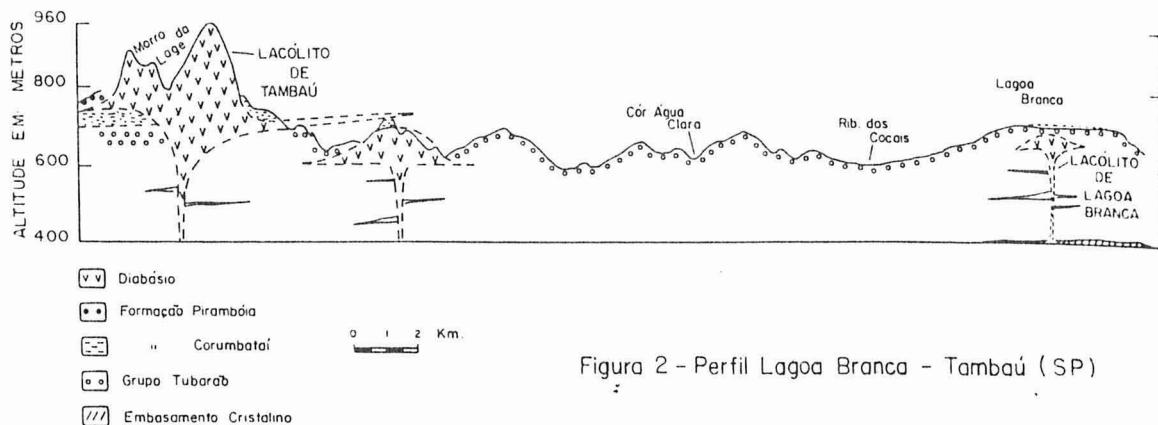


Figura 1 -



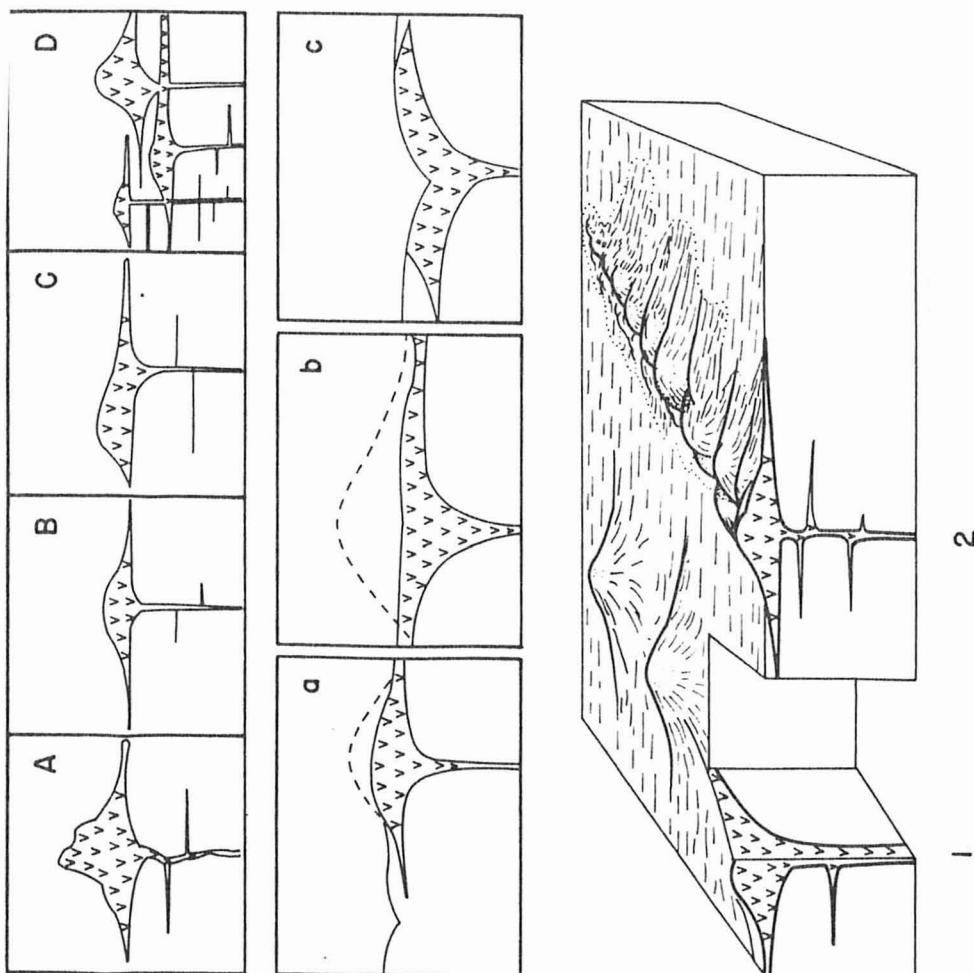
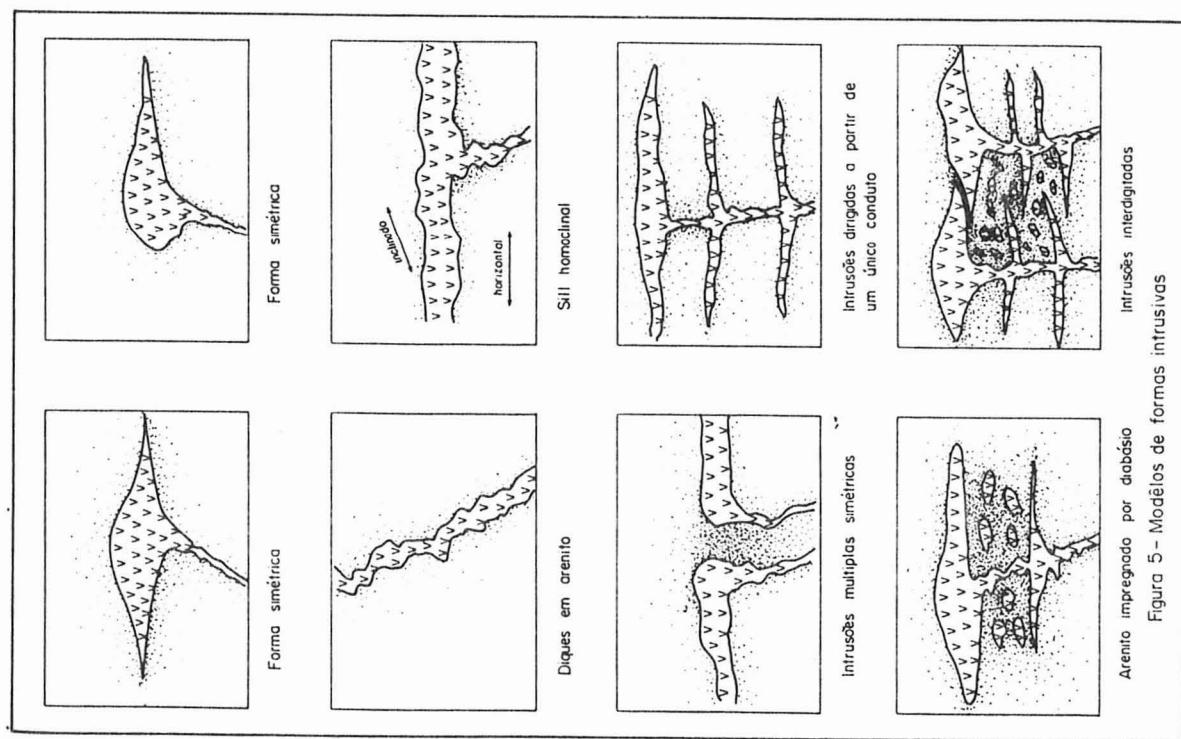


Figura 6 – Casos teóricos possíveis



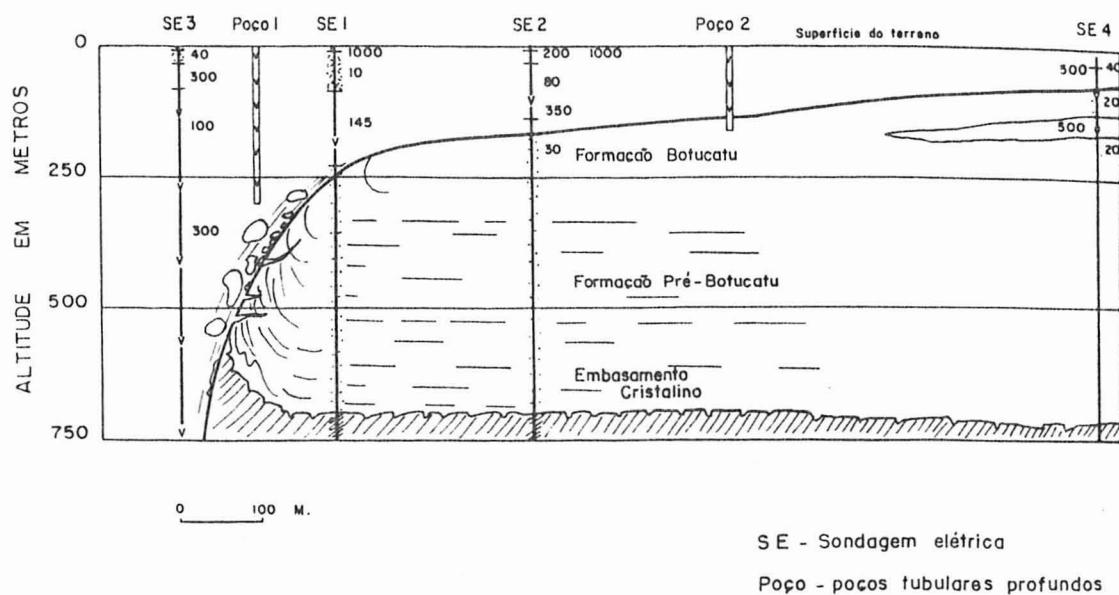


Figura - 7 Corte geoelettrico em Sertãozinho - (SP)

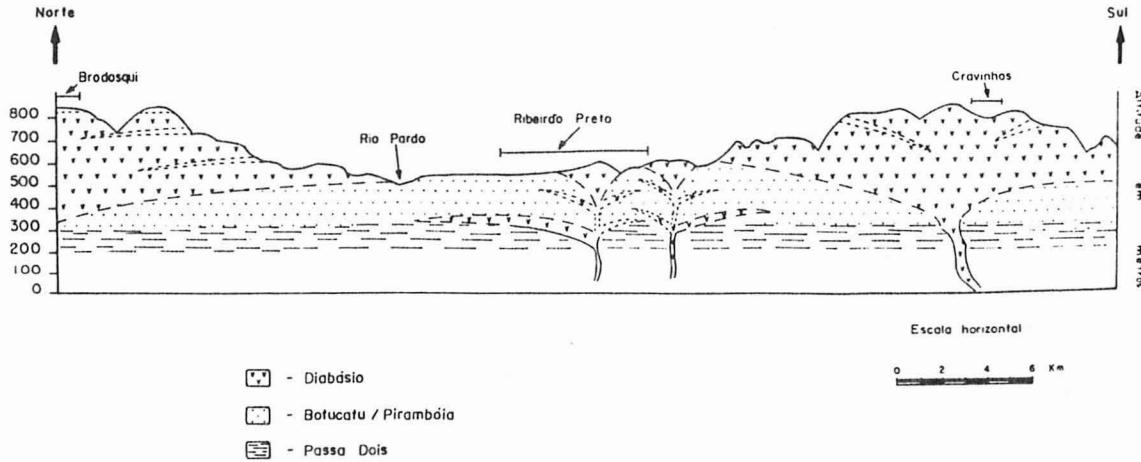


Figura 8 - Perfil geológico Brodosqui - Ribeirão Preto - Cravinhos