

CONTRIBUIÇÃO AO CONHECIMENTO DOS ANFIBOLITOS DA REGIÃO DO JARAGUÁ, SP.

Por

CELSO DE BARROS GOMES

Departamento de Mineralogia e Petrologia F.F.C.L., U.S.P.

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho é o de interpretar, do ponto de vista genético, as rochas anfibolíticas que ocorrem na região do Jaraguá, município de São Paulo.

Manchas anfibolíticas alongadas, de alguns metros de comprimento, são ali relativamente comuns; entretanto, também foi encontrado grande corpo em aparente discordância com a estrutura regional. Este corpo tem direção aproximada N 20 W e está em contacto com xistos e quartzitos locais, bem como, com massa granítica, tipo Pirituba, de idade posterior às demais rochas da área.

As observações de campo e o estudo petrográfico possibilitaram concluir para esses anfibolitos, origem magmática. Assim, constituiriam eles os resultados do metamorfismo dinamothermal de antigas rochas básicas intrusivas na região.

ABSTRACT

The purpose of the present paper is to determine the origin of the amphibolitic rocks which occur in the Jaraguá area, district of São Paulo, Brazil.

Elongated and narrow amphibolite bodies, several meters long, are relatively common in the area. However, a large mass has been found in apparent discordance with the regional structure. This mass strikes about N 20 W and it is in contact with schists and quartzites, as well as with a porphyritic granite batholith (Pirituba granite) younger than the surrounding rocks.

The field and petrographic evidences made it possible to reach to the conclusion of a magmatic origin for the amphibolites. Thus, they would be the result of a dynamothermal metamorphism of old diabasic sills and dikes intruded in sedimentary rocks.

INTRODUÇÃO

Os anfibolitos estudados localizam-se nas vizinhanças da estação de Jaraguá, ex-Taipas, Estrada de Ferro Santos-Jundiáí, a 22 km a NW de São Paulo (Fig. 1).



Fig. 1 — Situação da região estudada

A gênese desses corpos é discutível. O autor interessou-se por pesquisá-los com o propósito de obter evidências que pudessem contribuir para a resolução desse problema.

Este trabalho visa interpretá-los geneticamente, tomando por base unicamente estudos geológicos, petrológicos e mineralógicos. Entretanto, está em preparação, pelo próprio autor, um segundo trabalho que envolverá o quimismo dessas rochas e sua possível importância na determinação da origem.

O autor consigna seus melhores agradecimentos aos profs. Rui Ribeiro Franco e José Moacyr Vianna Coutinho, da Cadeira de Petrologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, pelos úteis conselhos, incentivo e inestimável colaboração prestada. Ao prof. Viktor Leinz, diretor do Departamento de Geologia e Paleontologia, da mesma Faculdade, é especialmente grato pela ajuda valiosa de sua crítica.

MÉTODOS DE ESTUDO

As análises modais foram determinadas com a Platina Integradora de Wentworth.

As composições dos plagioclásios foram estimadas com o auxílio de vários métodos: ângulos de extinção em secções normais ao eixo a ; índices

de refração sobre placas de clivagem e ângulo de extinção máxima de geminados "lei da albita" em zona perpendicular a (010), êsse último na Platina Universal.

O ângulo axial da hornblenda foi medido diretamente na Platina Universal e o índice de refração n_z' ($\pm 0,003$) foi determinado com ajuda de bateria de líquidos de índices conhecidos e representa o mais alto valor obtido sobre placas de clivagem.

Nos trabalhos de campo foram empregadas fotografias aéreas da região, na escala aproximada de 1-12000.

GEOLOGIA LOCAL

Os anfibolitos ocorrem na região associados às rochas parametamórficas regionais da série São Roque (Fig. 2), suposta de idade algonquiana. Tais rochas consistem, localmente, de meta-arcózio conglomeráticos, sericitaxistos e quartzitos. As condições de metamorfismo parecem corresponder às da fácies dos xistos verdes de Eskola, sub-fácies quartzo-albita-epídoto-biotita de Turner (1960).

Via de regra, os anfibolitos formam pequenas manchas alongadas, de alguns metros de comprimento, dentro das rochas parametamórficas. Entretanto, nas proximidades da estação de Jaraguá verifica-se a presença de possante corpo, com dimensões aproximadas de 1,5 por 2,5 km. Êsse corpo tem direção N 20 W e dispõe-se em aparente discordância em relação aos xistos e quartzitos. A SE está confinado a uma extensa massa granítica, tipo Pirituba, de idade posterior às demais rochas da região.

As características geológicas, abaixo mencionadas, foram extraídas de Cordani et al. (1961).

A área em aprêço foi submetida a grande perturbação tectônica, decorrente de falhamentos de diferentes naturezas. Essas linhas de falhas correspondem a planos de cisalhamentos, cujos sistemas principais possuem direções predominantes N 45 W e N 25 E. Parece existir na região estrutura sinclinal de eixo aproximadamente E - W, com inclinação moderada para W. Na crista dêsse sinclinal estariam localizados os anfibolitos.

Foram também assinalados na região, sedimentos cenozóicos, provavelmente os mesmos da Bacia de São Paulo e mais recentes (Quaternários), formando várzeas e depósitos de tálus.

PETROGRAFIA

A. Descrição macroscópica

Os anfibolitos do Jaraguá são dotados de grande homogeneidade, estando ausentes as estruturas em faixas causadas por diferenças de composição mineralógica. Sua cor é escura uniforme e a textura variável, pas-

TABELA I

Análise modal

	JA - 1	JA - 2	JA - 3	JA - 4	JA - 5	JA - 6	JA - 7	JA - 8	JA - 9	JA - 10
Hornblenda	49,5	72,9	58,2	63,7	76,9	66,1	72,8	82,4	76,2	68,5
Plagioclásio	22,5	25,6	29,3	28,0	18,5	5,4	22,4	15,5	17,3	24,5
Quartzo	—	—	1,9	3,4	—	1,8	tr.	—	1,0	tr.
Epídoto	26,9	tr.	1,2	1,4	0,5	24,8	1,8	tr.	2,6	3,1
Titanita	0,9	—	5,9	1,2	0,4	1,8	0,3	—	0,2	2,3
Opaco	0,1	2,5	3,4	1,9	3,6	0,1	2,5	2,1	2,5	1,4
Apatita	—	—	0,2	0,3	0,1	—	—	—	—	—
Sericita	—	—	—	tr.	tr.	—	—	—	—	—
Clorita	tr.	tr.	—	—	—	tr.	—	—	—	—
Zircão	—	—	tr.	—	—	—	—	—	—	—
Turmalina	—	tr.	—	—	—	—	—	—	—	—
2V α da hornblenda	82	80	68	70	75	80	78	80	66	80
n. ^o da hornblenda	1,600	1,666	1,678	1,680	1,678	1,676	1,680	1,670	1,684	1,662

TABELA II

Análise modal

	JA - 11	JA - 12	JA - 13	JA - 14	JA - 15	JA - 16	JA - 17	JA - 18	JA - 19	JA - 20
Hornblenda	62,9	62,9	60,4	83,6	70,5	60,1	74,4	62,1	61,8	80,0
Plagioclásio	27,8	29,5	25,3	8,4	16,8	23,2	19,2	28,9	30,0	17,3*
Quartzo	2,3	5,4	2,7	3,5	4,8	11,9	1,3	5,7	3,4	0,2
Epídoto	1,0	0,9	0,7	0,6	5,7	2,7	2,1	0,5	0,7	—
Titanita	4,1	0,2	8,2	0,6	0,7	0,6	1,2	—	3,9	—
Opaco	1,9	0,9	1,9	3,3	0,9	1,1	1,8	2,8	0,2	0,4
Apatita	—	tr.	0,6	—	0,1	0,3	tr.	tr.	tr.	—
Sericita	—	—	—	—	tr.	—	—	—	—	—
Clorita	—	—	—	—	0,3	0,1	—	—	—	—
Zircão	—	tr.	tr.	—	—	tr.	—	tr.	tr.	—
Turmalina	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2V α da hornblenda	76	73	72	75	64	60	66	65	75	78
n.' da hornblenda	1,677	1,675	1,678	1,672	1,681	1,700	1,681	1,684	1,678	1,675

* Plagioclásio está completamente caulinizado.

sando de granoblástica, granulação grossa (Fotomicrografia n.º 1), nas vizinhanças do "Granito Pirituba", à xistosa, granulação fina (Fotomicrografia n.º 2), nas demais partes do corpo. Nestas últimas, percebe-se macroscopicamente, ligeiro alinhamento de seus constituintes associado a uma estrutura foliar pouco desenvolvida.

No campo, os anfíbolitos são prontamente reconhecidos por seus típicos produtos de alteração: solo amarelo-avermelhado e canga de natureza limonítica. A maior parte do corpo, principalmente nas zonas de contacto com as rochas parametamórficas da Série São Roque, está alterada ou então coberta por sedimentos mais recentes, impedindo assim observação mais direta desses contactos.

B. Descrição microscópica

Anfibólio e plagioclásio são os minerais mais importantes formando mais de 90% da rocha na maioria das amostras analisadas.

Anfibólio: êste é tipicamente uma hornblenda verde comum; variedades mais pálidas, bem como outra verde-azulada foram também identificadas. As hornblendas possuem tamanhos que variam de 0,1 a 6 mm de comprimento. As que atingiram maiores dimensões apresentam formas granulares e são encontradas, em sua maioria, na região próxima à intrusão granítica. Constituem porfiroblastos (estrutura porfiroblástica) e estão sempre crivadas de pequenas inclusões, principalmente de quartzo e, em menor quantidade, de plagioclásio (estrutura poiquiloblástica). As variedades menores possuem formas fibrosas e predominam nas zonas mais xistosas do corpo anfíbolítico. O índice de refração n_z' sobre placas de clivagem varia no tipo comum de 1,660 a 1,684 e o 2V (—) de 64° a 82°. A figura 3 mostra a existência de boa correlação entre o n_z' e o 2V da hornblenda. A correlação de hornblendas mais ricas em magnésio, com valores altos para 2V e baixos para índices de refração e de hornblendas mais ricas em ferro, com valores baixos para 2V e altos para índices de refração, constitui uma bem conhecida propriedade dos anfibólitos cálcicos (Winchell e Winchell, 1951, p. 434; Tröger, 1952, p. 77). O ângulo $Z \wedge C$ varia de 15° a 18°, dispersão $r > v$, absorção: $X < Y < Z$ e pleocroísmo X (verde-amarelado), Y (verde) e Z (verde-azulado). Geminação raramente está presente. Manchas dentro das hornblendas aparecem com maior frequência, especialmente nas zonas do corpo anfíbolítico mais afetadas pelo processo metamórfico. As partes centrais exibem cores mais pálidas que as bordas (Fotomicrografia n.º 3) e representam provavelmente, variedade de hornblenda mais cálcio-aluminosa e menos rica em ferro. A formação dessas manchas é de difícil explicação. Presume-se que seja decorrente de processos secundários de substituição que teriam provocado alterações na composição química desses minerais. Estas alterações ocorreram, não somente, nas partes periféricas dos cristais de hornblenda, mas também, ao longo de fraturas e planos de clivagem. O anfibólio do núcleo tem índice de refração n_z' e 2V menores que os da borda. A variedade verde-azulada tem maior índice de refração e menor 2V que a hornblenda comum, respecti-

vamente 1,700 e 60° , $Z \wedge C = 12^\circ$ e corresponde a um tipo mais rico em ferro. Foi encontrada na região de contacto entre os anfibolitos e a massa granítica e parece ter-se formado em condições mais elevadas de temperatura.

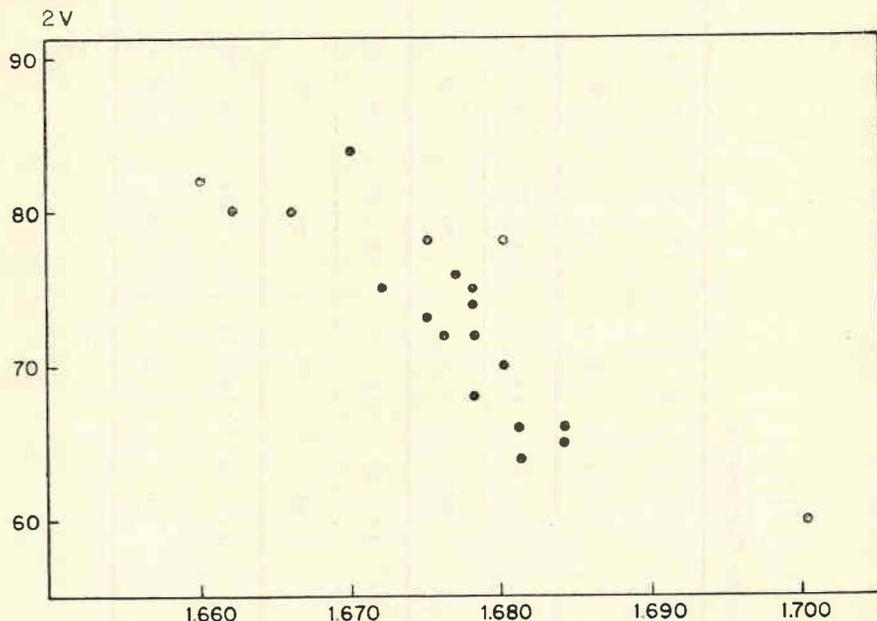


Fig. 3 — Gráfico mostrando a correlação existente entre o 2V e o índice de refração (n_v) das hornblendas.

Plagioclásio: êste se apresenta na rocha com duas formas distintas: granulada e ripiforme. A granulada quase sempre está destituída de clivagem e geminação, o que torna muito difícil a determinação de seu conteúdo de anortita. É encontrada nas amostras mais xistificadas, constituindo a forma comumente exibida pelos plagioclásios mais sódicos. Os plagioclásios ripiformes estão em sua totalidade geminados e clivados; contudo, em algumas ocasiões, essas linhas de geminação e clivagem apresentam-se sinuosas e mesmo indistintas. Geminação ocorre com grande frequência predominando a “lei de albita” sobre as demais (Carlsbad, Periclínio e Manebach ou Ala A). Geminados complexos (Albita-Carlsbad) são exclusivos da parte S-SE do corpo. Cristais zonados são raros. Nestes o núcleo possui maior índice de refração que as bordas, sendo portanto de natureza mais cálcica. Transformação do plagioclásio em epidoto é o processo de alteração mineralógica mais importante, muito embora sericitização também esteja presente.

Existe nos plagioclásios grande variação na composição, An_{13} a An_{82} . Plagioclásios bytowníticos em rochas anfibolíticas não são comuns, razão pela qual o autor preocupou-se em estudar com pormenores o comporta-

TABELA III

% Anortita do Plagioclásio

JA - 1	JA - 2	JA - 3	JA - 4	JA - 5	JA - 6	JA - 7	JA - 8	JA - 9	JA - 10
30	32	82	55	52	32	30	75	61	80
JA - 11	JA - 12	JA - 13	JA - 14	JA - 15	JA - 16	JA - 17	JA - 18	JA - 19	JA - 20
55	60	54	62	63	55	72	80	80	?*
JA - 21	JA - 22	JA - 23	JA - 24	JA - 25	JA - 26	JA - 27	JA - 28	JA - 29	JA - 30
38	34	>40<70	13	?*	39	24	34	35	35
JA - 31	JA - 32	JA - 33	JA - 34	JA - 35	JA - 36	JA - 37	JA - 38	JA - 39	JA - 40
33	27	38	25	35	20	25	28	33	27

* Plagioclásio está caulinizado.

mento desses minerais, visando encontrar explicação plausível para tal anormalidade. O plagioclásio foi estudado e sua composição estimada em cerca de 40 lâminas, estando os resultados obtidos colocados na Tabela III. Estes foram posteriormente colocados em mapa (Fig. 4) com a finalidade de se procurar possível distribuição zonal do teor em anortita do plagioclásio dentro do corpo anfibolítico. Verificou-se que os plagioclásios mais cálcicos estão localizados próximos ao contacto da massa anfibolítica com o granito. Esta relação, longe de casual, é de grande importância no estudo petrológico desses anfibolitos e será tratada com mais pormenores no capítulo referente a Metamorfismo. Diversas hipóteses para explicar essa variação da composição química dos plagioclásios são aqui expostas:

- 1.º já existente na rocha que deu origem aos anfibolitos;
- 2.º decorrente da ação de processos metassomáticos de natureza sódica sobre os anfibolitos, sendo o "Granito Pirituba" fonte de soluções;
- 3.º causada pela recristalização do anfibólio, nas proximidades do contacto com o granito. A hornblenda sofrendo recristalização daria origem a um anfibólio menos cálcico, sendo o cálcio libertado cedido ao plagioclásio tornando-o mais básico. O estudo do 2V e n.' das hornblendas ocorrentes na parte S e SE do corpo possibilitou a verificação de que estes minerais teriam, naquelas imediações, composição menos cálcica e mais ferrífera que as demais;
- 4.º resultante de comportamento heterogêneo das condições de metamorfismo dinamo-termal sobre os anfibolitos. As partes do corpo, onde o plagioclásio é mais básico, teriam sofrido, em menor escala, os efeitos desse metamorfismo. O plagioclásio aí possuiria composição mais próxima ao da rocha original. Zonas onde a xistificação é mais desenvolvida, teriam plagioclásio mais sódico, pois nessas condições a molécula cálcica tornar-se-ia instável.

Caracteres texturais e mineralógicos permitiram ao autor considerar a associação das hipóteses 3 e 4 como mais provável para explicar essa variação da composição química dos plagioclásios. Assim, parece que não somente o corpo anfibolítico reagiu de maneira diversa ao dinamismo do processo metamórfico, como também ocorreu recristalização do anfibólio nas proximidades do contacto com o granito.

Quartzo: o teor deste mineral na rocha não excede a 12%. Aparece na forma de grãos isolados, freqüentemente englobados por hornblenda, ou então, como agregados de formas algo alongadas.

Titanita: é o acessório mais importante constituindo sempre agregados informes, que se dispõem envolvendo os minerais opacos (Fotomicrografia n.º 4).

Opacos: magnetita e ilmenita são os principais opacos presentes. Apresentam-se como agregados globóides ou filamentosos e comumente estão envolvidos por titanita que se formou às suas expensas. Não raramente aparece pirita.

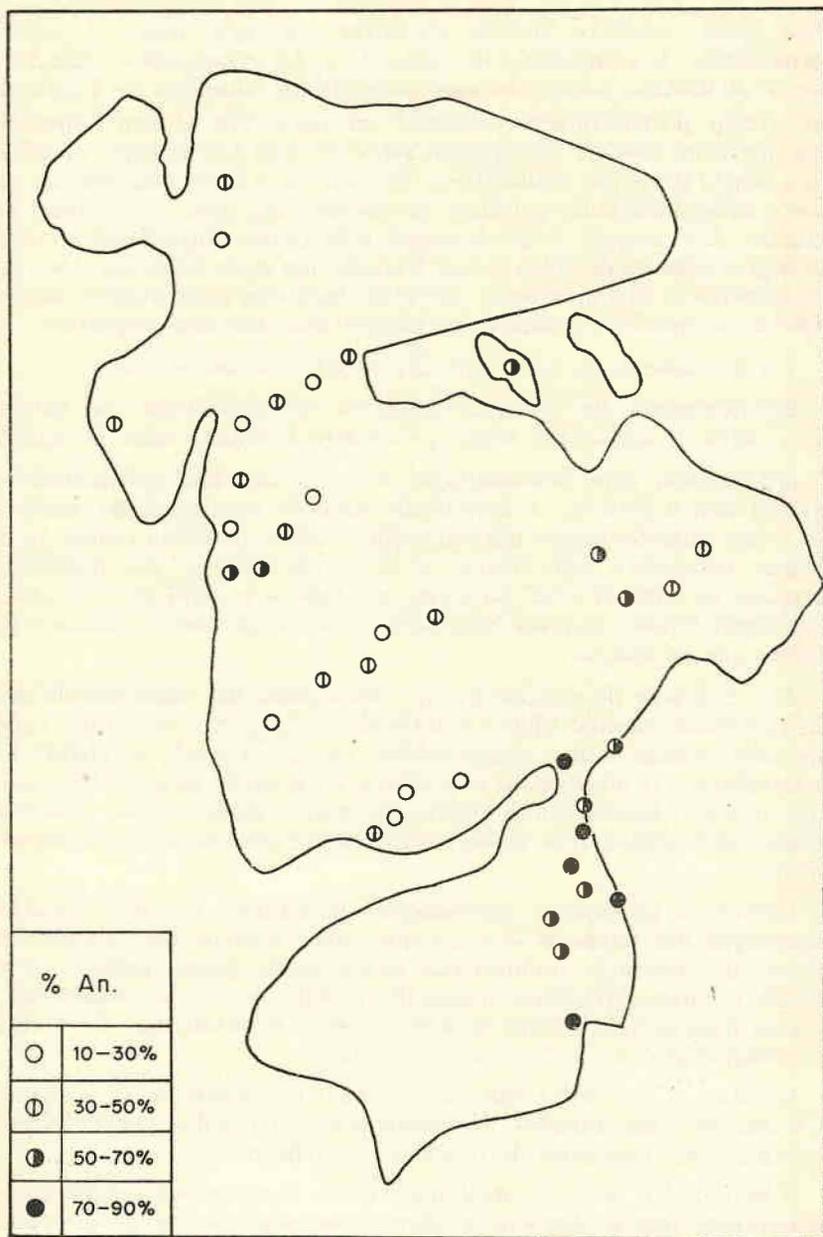


Fig. 4 — Mapa mostrando a variação do teor em anortita do plagioclásio dentro do corpo anfibolítico.

Epídoto: ocorre sob a forma de grânulos ou de cristais alongados e idiomorfos, espalhados ou concentrados em camadas. Sua presença não se restringe unicamente ao corpo da rocha, mas também é encontrado preenchendo zonas fraturadas, juntamente com clorita, quando então constitui mais de 20% da rocha (Amostras JA - 1 e JA - 6). No primeiro caso associa-se ao plagioclásio e demonstra claramente, em algumas lâminas, a sua formação a partir desse mineral (Fotomicrografia n.º 5). Com base nos característicos ópticos, pode-se afirmar que duas variedades (clinzoisita e pistachita) estão presentes nessas rochas.

Apatita: ocorre formando grãos isolados, xenomórficos e foi encontrada em grande parte das lâminas.

Clorita: com muita frequência associa-se ao epídoto preenchendo pequenas fraturas da rocha. A variedade presente corresponde a uma peninita, ópticamente positiva ou negativa.

Sericita: mineral raro, está sempre associado ao plagioclásio do qual se deriva.

Zircão: é acessório pouco encontrado em anfibolitos, porém, sua presença em rochas dessa natureza já foi verificada por outros Autores, por exemplo, Leinz (1932, p. 94).

Turmalina: não é mineral esperado em anfibolitos, salvo se êsses forem de origem sedimentar, quando então, seria de natureza detrítica. No caso em questão, acredita-se ter sido ela gerada por processos pneumatolíticos ligados ao "Granito Pirituba". Tal opinião se baseia no fato da turmalina estar associada à hornblenda e em perfeita continuidade óptica com ela. A formação da turmalina às expensas de anfibólio, sendo o "granito Pirituba" fonte de soluções metassomáticas ricas de boro, também já foi verificada por Franco (1958, p. 46), em seu trabalho sobre os hornfels cálcio-silicatados de Perus, SP.

C. Variações zonais

Feições texturais e mineralógicas permitem delimitar, dentro do corpo anfibolítico, duas zonas distintas: centro-setentrional e sul-sudeste.

O índice de refração (n_z') da hornblenda aumenta gradativamente na direção desta última, no que é acompanhado por um aumento de intensidade da côr desse mineral. Concordantemente, ocorre, não só o aumento do teor em cálcio do plagioclásio, como também da complexidade e abundância de sua geminação.

Modificações texturais também são exibidas pelas rochas anfibolíticas, em adição à distribuição dos índices e dos minerais. Assim, observa-se que a granulação aumenta no mesmo sentido dos índices da hornblenda; entretanto, o mesmo não ocorre com a xistosidade que melhor se desenvolve nas partes centrais e setentrionais do corpo.

Não obstante o tratamento especial que será dado a êsse mesmo assunto no capítulo relacionado ao metamorfismo local, o autor deseja salientar, neste instante, que essas variações decorrem de fenômenos ligados a aumento de temperatura.

METAMORFISMO

A. Regional

As rochas metassedimentares da região do Jaraguá exibem evidências mineralógicas e texturais que permitem afirmar terem sido elas submetidas a metamorfismo dinamotermal. Quartzo, sericita e biotita constituem seus minerais predominantes. Segundo Coutinho (1955), o aparecimento de biotita em lugar de clorita parece indicar que as condições metamórficas reinantes já atingiram grau mais elevado em relação aos estágios iniciais, estando então essas rochas dentro da zona da biotita. Cordani et al. (1961), entretanto, interpretam a presença da biotita como resultado de metamorfismo de contacto ou metamorfismo de baixa temperatura que afetou posteriormente essas rochas, formadas em ambiente de epizona. Êsse Autor admite ainda como possibilidade para a explicação do fato, a inexistência de condições para formação de clorita (por exemplo, falta de magnésio na composição original), aparecendo biotita mesmo em ambiente de epizona.

As rochas parametamórficas da região do Jaraguá estariam certamente enquadradas dentro da fácies dos xistos verdes de Eskola, característica de metamorfismo dinamotermal de temperatura moderada a baixa. Cordani et al. (1961) baseando-se em seu quadro mineralógico, as inclui na sub-fácies quartzo-albita-epídoto-biotita de Turner (1960).

Os anfíbolitos também se formaram por ação do metamorfismo dinamotermal que afetou a região. Ainda são visíveis, em sua textura, os efeitos cataclásticos causados pelo dinamismo do processo metamórfico, representados pelo encurvamento dos planos de clivagem dos anfíbólios (Fotomicrografia n.º 6) e granulação do plagioclásio (Fotomicrografia n.º 7). A sua associação mineralógica, própria de fácies mais alta do que a dos metassedimentos, denuncia a existência de certo desequilíbrio metamórfico dentro do quadro mineralógico das rochas da região. Êste desequilíbrio é interpretado como decorrente das condições de formação das rochas que os geraram. Essas corresponderiam a antigas intrusivas básicas, (vide capítulo Discussão Geral e Conclusões) que por efeito de metamorfismo dinamotermal se alteraram mineralógicamente, transformando-se em anfíbolitos. As modificações mais importantes teriam sido: a passagem do piroxênio a anfibólio e a formação de plagioclásio de composição mais sódica. Assim, os "anfíbolitos proviriam de rochas formadas em condições mais intensas de temperatura e estariam sofrendo retrometamorfismo para adaptar-se às condições atuais", (Cordani et al., 1961).

O corpo anfibolítico da área em questão, excetuando sua parte S-SE, pode, com base em sua composição mineralógica, ser enquadrada dentro da fácies almandina-anfibolito de Turner (1960), característica de metamorfismo regional de médio a alto grau.

B. Local

Evidências de metamorfismo de contacto entre o granito e as rochas metassedimentares da série São Roque já foram mostradas por Coutinho (1955) quando estudou a região. A auréola de contacto desse granito é bem limitada, restringindo-se apenas a alguns metros. Esse Autor atribuiu ao metamorfismo regional, tanto a formação de pseudocornubianitos, como o aparecimento de biotita nos xistos. Todavia, embora problemático, considera ainda esse último fenômeno como tendo sido, provavelmente, auxiliado pelo calor gerado pela intrusão granítica.

Ações pneumatolíticas foram observadas na área em questão, destacando-se a turmalinização como o mais efetivo desses processos. A formação da turmalina ocorreu não somente nas parametamórficas como nos anfibolitos (Lâmina JA-2).

Coutinho (1955), baseado em caracteres mineralógicos e texturais, concluiu pela existência de metamorfismo de contacto entre o "Granito Pirituba" e os anfibolitos do Jaraguá. Observou êle todos os atributos que Tilley (1934) identificou em rochas anfibolíticas submetidas a metamorfismo de contacto. Os "epidioritos" descritos por êste Autor, corresponderiam a antigos sills, agora compostos de hornblenda, plagioclásio albitico, zoisita, epidoto e clorita. Em certos lugares, entraram em contacto com intrusões dioríticas, sofrendo modificações mineralógicas em diversos estágios, os primeiros dos quais se traduzem pelo desenvolvimento de magnetita na hornblenda, desaparecimento de clorita, epidoto e zoisita, substituição do plagioclásio sódico por uma variedade mais cálcica e formação local de biotita.

As relações de contacto existentes entre os anfibolitos e o "Granito Pirituba" foram cuidadosamente estudadas pelo autor. A ausência de biotita, microclínio e plagioclásio sódico, dentro dos anfibolitos, na região de contacto, bem como, a ausência de hornblenda, plagioclásio cálcico e quantidades menores de biotita e microclínio, no granito, permitem afirmar não ter ocorrido aí qualquer alteração mineralógica decorrente de processos metassomáticos recíprocos. A composição mineralógica do "Granito Pirituba", determinada longe e junto ao contacto, é idêntica e perfeitamente similar à observada por Moraes Rego (1938), quando estudou em escala regional êsses mesmos granitos. Dessa forma, não teve lugar o metassomatismo sódico-potássico do granito e o metassomatismo cálcico dos anfibolitos descritos por Turner (1960, p. 360), como característicos da região de contacto entre rochas dessa natureza. Entretanto, parecem ter ocorrido nesta região, variações no quadro mineralógico e textural dos anfibolitos, em consequência da elevação de temperatura. A textura granoblástica,

granulação grossa, dos anfíbolitos nesta região, seria resultante, não somente de sua maior resistência aos efeitos dinâmicos do metamorfismo regional, mas também de fenômenos de recristalização causados pela intrusão granítica. As estruturas porfiroblástica (Fotomicrografia n.º 9) e poiquiloblástica (Fotomicrografia n.º 8) dos cristais de hornblenda falam em favor desses processos. Esta recristalização teria sido auxiliada pela presença de soluções aquosas, provavelmente de natureza hidrotermal. O estudo das propriedades ópticas das hornblendas permitiu verificar terem estes minerais composição mais ferrífera na zona de contacto. A presença de minerais cálcicos (epídoto, titanita e apatita) nesta zona, exclui a possibilidade do plagioclásio básico, aí existente, originar-se de reação química envolvendo plagioclásio mais sódico, predominante nas demais partes do corpo anfíbolítico, e epídoto. A variação da composição das hornblendas e a formação de plagioclásio com alto teor em anortita são interpretadas pelo autor, como fenômenos interdependentes. Assim, a hornblenda sofrendo recristalização, além de adquirir maior dimensão e crescer englobando os minerais vizinhos, mudaria também de composição, dando origem a uma variedade mais ferrífera e menos cálcio-aluminosa. O cálcio e a alumina libertados durante a recristalização entrariam na composição do plagioclásio, tornando-o mais básico. "O plagioclásio recristalizado, mesmo tendo sofrido mudança de composição, poderia conservar sua forma original", (Wilcox e Poldervaart, 1958, p. 1364).

Variações mineralógicas e texturais evidenciam a existência de metamorfismo de contacto no corpo anfíbolítico do Jaraguá decorrente da intrusão do "Granito Pirituba". Todavia, não foram encontrados nestes anfíbolitos, os atributos especiais dos "epidioritos" de Tilley, observados por Coutinho (1955) em seu estudo sobre a região. A ausência desses atributos prende-se ao fato de não ter ocorrido ação de processos metassomáticos associados ao metamorfismo de contacto puramente termal.

Os anfíbolitos estudados apresentam, nas proximidades da massa granítica, associação mineralógica característica de temperatura mais elevada. Assim, a composição mais ferrífera da hornblenda, cor mais intensa e seu maior índice de refração (Dodge, 1942), bem como, o alto teor em anortita do plagioclásio (Tilley, 1924; Dodge, 1942), maior frequência (Phillips, 1930) e complexidade de sua geminação (Turner, 1951) mostram que essas rochas atingiram grau mais elevado de metamorfismo, podendo ser enquadradas na fácies de contacto, hornblenda-hornfels de Turner (1960).

DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÕES

As rochas metamórficas, classificadas como anfíbolitos e hornblendas xístos são de difícil interpretação genética e vem, desde longa data, desafiando a argúcia de muitos pesquisadores. As dificuldades com que se depara o estudioso do assunto são de tal ordem que, na maior parte das vezes, mesmo após o trabalho geológico pormenorizado, chega-se à conclusão de que os resultados obtidos são insuficientes para a determinação exata da origem dessas rochas.

Os anfibolitos do Jaraguá foram classificados, do ponto de vista genético, como parametamórficos por Moraes Rego (1933). Este Autor atribuiu sua origem à transformação de calcários da série São Roque por efeito de metamorfismo de contacto causado pelo "Granito Pirituba".

Posteriormente, Coutinho (1955) levantando geològicamente a região teve oportunidade de investigá-los mais detidamente e baseando-se em relações de campo e caracteres texturais, afastou em definitivo, a hipótese de origem sedimentar para êles, considerando-os como provenientes de antigos sills, diques ou stocks de rochas básicas intrusivas na série metasedimentar.

As investigações de campo permitiram, no caso presente, reconhecer algumas feições de grande importância para o estudo genético. Assim, a grande homogeneidade dos anfibolitos, com ausência total de zonas especialmente ricas de quartzo e biotita-epídoto (Heinrich, 1950, p. 255) e seu jazimento aparentemente discordante em relação a xistos e quartzitos — não obstante discordâncias sejam comuns em sedimentos — constituem evidências favoráveis de origem ígnea para êles.

O estudo microscópico possibilitou a identificação de estruturas meta-ígneas (Fotomicrografias n.ºs 9, 10, 11 e 12), que resistiram aos processos metamórficos formadores dos anfibolitos. A conservação teria ocorrido em virtude de algumas partes do corpo possuírem, mesmo durante o metamorfismo, certo grau de rigidez (Harker, 1932, p. 286). Essas estruturas relíquias corresponderiam à antigas texturas ofíticas de rochas intrusivas básicas.

A presença de plagioclásio com geminações complexas (Albita-Carlsbad) vem reforçar a gênese magmática para êsses anfibolitos, pois segundo Gorai (1951), tais geminações são mais características de rochas ígneas. Turner (1951, p. 583) interpreta a presença em anfibolitos, de plagioclásio ripiforme com geminações complexas, como denunciadora de formação ortometamórfica. A ausência de biotita, e microclínio nos anfibolitos distantes da massa granítica e a abundância de minerais opacos, também contribuem para classificá-los como rochas ortometamórficas.

Assim, com base em evidências de campo e petrográficas, o autor conclui por origem ígnea para os anfibolitos do Jaraguá, acreditando que essas rochas tenham resultado do metamorfismo dinamo-termal de antigas intrusivas básicas na região.

BIBLIOGRAFIA

- CARLSON, C. G. (1920) — *A test of the feldspar method for the determination of the origin of metamorphic rocks*: Jour. Geol., 28, p. 632-642.
- COUTINHO, J. M. V. (1953) — *Meta-conglomerado e rochas associadas no Município de São Paulo*: Bol. Fac. Fil. Ci. Let., 186, Mineralogia 13, p. 5-57.
- CORDANI, U. G., CAMPOS, A. C. R., DAVINO, A. e BJÖRNBERG, A. J. S. (1961) *Geologia da região do Jaraguá*: Soc. Bras. Geol., 10, p. 73-94.

- DODGE, T. A. (1942) — *Amphibolites of the Lead Area, Northern Black Hills, South Dakota*: Geol. Soc. Am. Bull. 53, p. 561-584.
- EVANS, B. W. e LEAKE, B. E. (1960) — *The composition and origin of the Striped Amphibolites of Connemara, Ireland*: Jour. Petrol., 1, p. 337-363.
- FRANCO, R. R. (1958) — *Contribuição ao conhecimento das rochas termometamórficas da série São Roque*: Bol. Fac. Fil. Ci. Let., 189, Mineralogia 14, p. 5-81.
- GORAI, M. (1951) — *Petrological studies on plagioclase twins*: Am. Min., 36, p. 884-901.
- HARKER, A. (1932) — *Metamorphism: a study of the transformation of rocks-masses*: Methuen and Co. Ltd., London.
- HEINRICH, E. Wm. (1956) — *Microscopic Petrography*: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- LEINZ, V. (1932) — *Die amphibolite des sudlichen odenwaldes und ihre beziehungen zu dioriten und graniten*: Min. Pet. Mitt., 42, p. 81-137.
- PHILLIPS, F. C. (1930) — *Some mineralogical and chemical changes induced by progressive regional metamorphism in the green bed group of the Scottish Dalradian*: Min. Mag., 22, p. 239-256.
- POLDERVAART, A. (1953) — *Metamorphism of basaltic rocks*: Geol. Soc. Am. Bull. 64, p. 259-274.
- REGO, L. F. de M. (1933) — *Contribuição ao estudo das formações pré-devonianas de São Paulo*: Ins. Astron. Geogr. S. Paulo, p. 5-43.
- REGO, L. F. de M. e SANTOS, T. D. de S. (1938) — *Contribuição para o estudo de granitos da Serra da Cantareira*: IPT, 18.
- TILLEY, C. E. (1924) — *Contact metamorphism in the Comrie Area*: Quat. Jour. Geol. Soc., 80, p. 22-71.
- TRÖGGER, E. (1952) — *Tabellen zur optischen Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale*: Stuttgart — E. Schweizerbart, Verlagsbuchhandlung.
- TURNER, F. J. (1951) — *Observations on twinning of plagioclase in metamorphic rocks*: Am. Min., 36, p. 581-589.
- TURNER, F. J. e VERHOOGEN, J. (1960) — *Igneous and metamorphic petrology*: MacGraw-Hill Book Company Inc.
- WILCOX, R. E. e POLDERVAART, A. (1958) — *Meta-dolerite dike swarm in Baker-ville-Roan Mountain Area, North Carolina*: Geol. Soc. Am. Bull. 69, p. 1323-1368.
- WINCHELL, A. N. e WINCHELL, H. (1951) — *Elements of optical mineralogy*: John Wiley and Sons, Inc. New York.



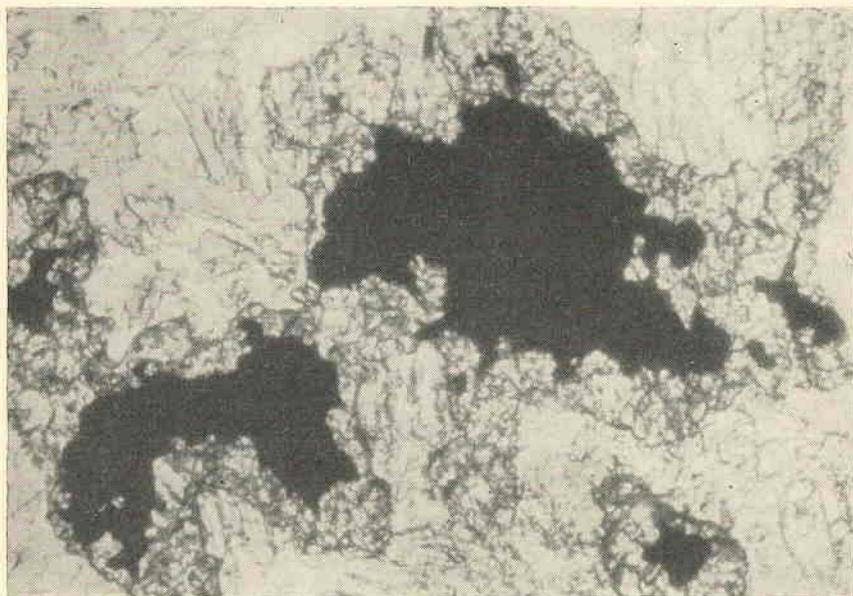
Fotomicrografia n.º 1 — Anfibolito exibindo textura granoblástica, granulação grossa. Na parte central notam-se manchas de mineral opaco. Nicóis X, X 40.



Fotomicrografia n.º 2 — Anfibolito de textura nematoblástica e granulação fina. Nicóis //, X 70.



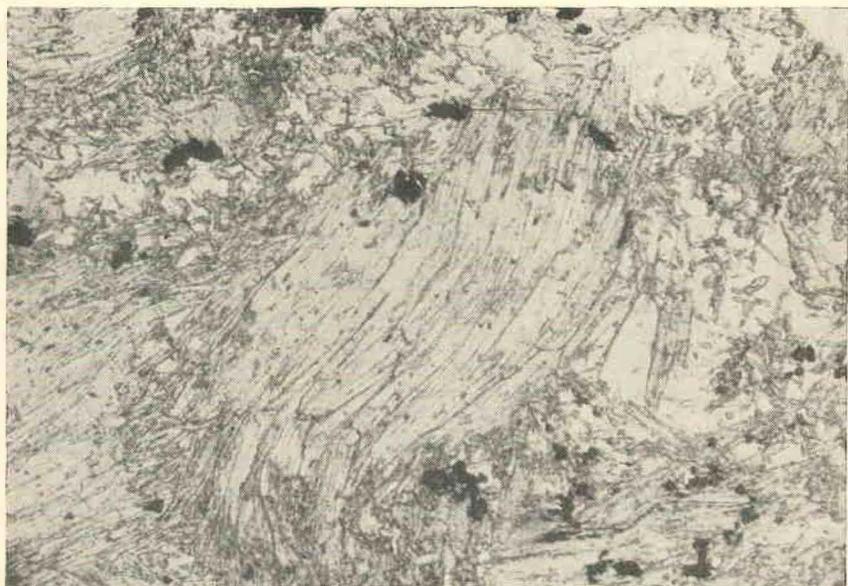
Fotomicrografia n.º 3 — Cristais de hornblenda exibindo manchas mais claras em seu interior. Nicóis //, X 40.



Fotomicrografia n.º 4 — Agregados de titanita envolvendo mineral opaco. Nicóis //, X 180.



Fotomicrografia n.º 5 — Observa-se grande cristal de epídoto no interior de massa feldspática, sugerindo a sua derivação a partir desse mineral. Notar também, a forma granulada do plagioclásio. Nicóis X, X 55.



Fotomicrografia n.º 6 — Hornblenda mostrando encurvamento das linhas de clivagem. Nicóis //, X 35.



Fotomicrografia n.º 7 — Plagioclásio mostrando forma granulada. Nicóis X, X 160.



Fotomicrografia n.º 8 — Cristal de hornblenda exibindo estrutura poiquiloblástica. As inclusões são de quartzo e feldspato. Nicóis X, X 45.



Fotomicrografia n.º 9 — Porfiroblasto de hornblenda ocupando o canto direito, superior, da foto. Observa-se também, o plagioclásio ripiforme, evidenciando estrutura blastofítica. Nicóis //, X 40.



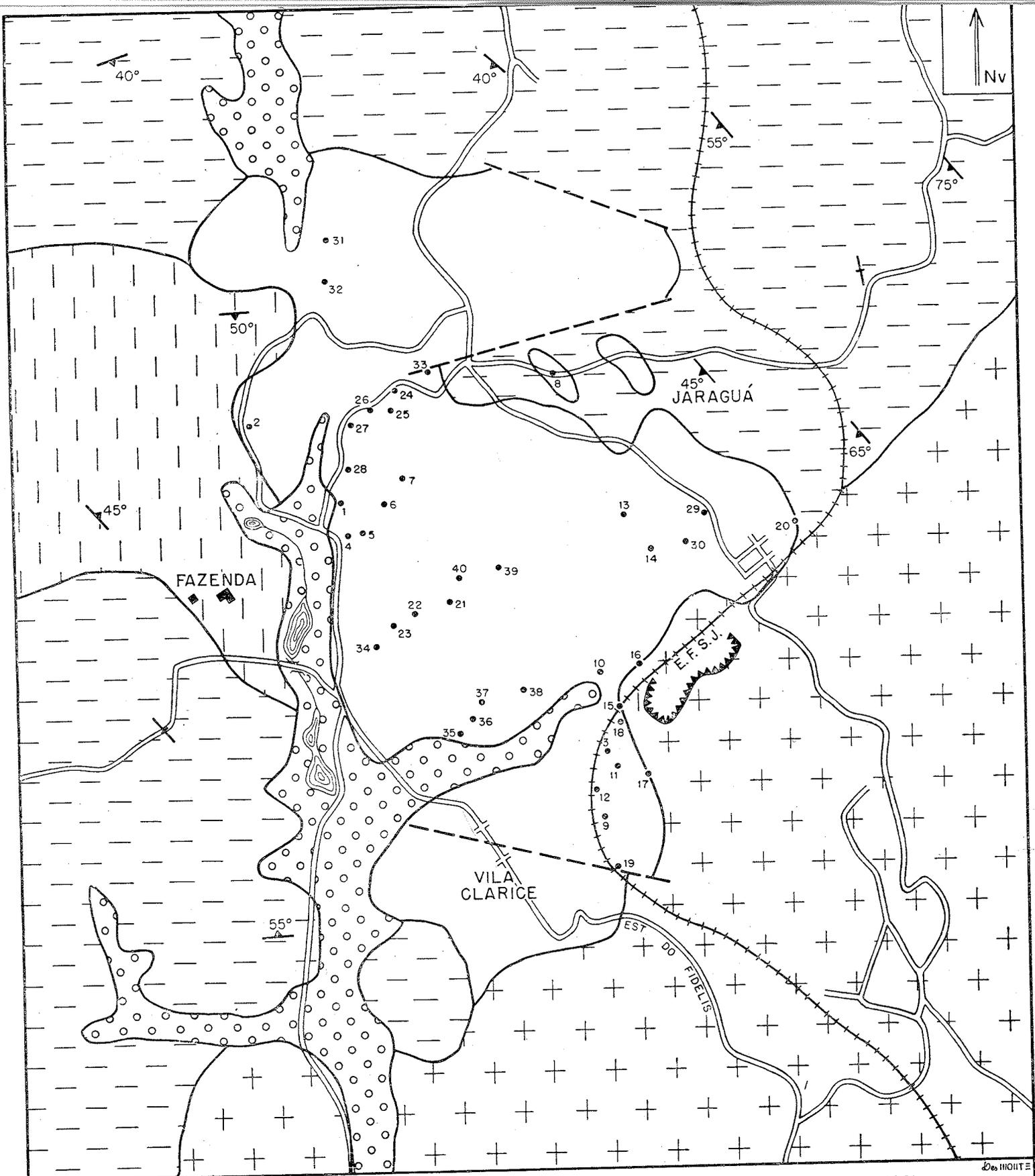
Fotomicrografia n.º 10 — Anfibolito de estrutura blastofítica. Nicóis X, X 60.



Fotomicrografia n.º 11 — Anfibolito de estrutura blastofítica. Nicóis X, X 30.



Fotomicrografia n.º 12 — Anfibolito de estrutura blastofítica. A secção é praticamente a mesma da foto anterior. Nicóis X, X 30.



Baseado em U. Cordani, A. C. R. Campos, A. Davino e A. Björnberg — 1961.

Fig. 2

