

A SUITE QUARTZO MONZONÍTICA A DIORÍTICA DE PIRACAIA (SP)

1983

Mário da C. Campos Neto\*

Antonio Carlos Artur\*\*

\* DGG-IGUSP

\*\*DMRM-IGCE-UNESP, "Campus" de Rio Claro, SP

ABSTRACT

Preliminary studies of a 40 Km<sup>2</sup> large intrusive monzonitic-dioritic massive, cutting the Piracaia Metamorphic Complex, State of São Paulo, are presented. The massive is composed by 7 major rock associations which include mainly: 1 - fine grained migmatized diorites; 2 - fine grained monzodiorites; 3 - uneven grained monzonites; 4 - micro porphyritic quartz monzonites; 5 - porphyritic quartz monzonites; 6 - coarse grained quartz monzodiorites and 7 - medium to coarse grained quartz monzonites.

The field relations between these associations and their country rocks suggest that the massive has been built up at least by 4 major intrusive events of pre-Brasiliano ages.

It was also possible to recognize two main periods of migmatization. The older one results in grey neosome parallel to the regional foliation which occurs in the country rocks as well as in the massive where it is visible mainly in the fine grained rocks. This migmatization affects locally small areas of the massive at its borders. The younger period results in either grey or pink neosome, locally garnet bearing, and is linked to the Brasiliano Cycle during which the older foliation has been refolded. This migmatization shows two phases. An older one contemporaneous with the folding and a younger one which cuts the Brasiliano structures. This younger period of migmatization affects with more or less intensity the whole monzonitic-dioritic massive.

INTRODUÇÃO

A Suite Quartzo Monzonítica a Diorítica de Piracaia - corresponde a um maciço com aproximadamente 40 Km<sup>2</sup>, alongado, piriforme e com direção geral NE-SW, cuja extremidade meridional encontra-se nas proximidades da vila de Batatuba e aloja, em sua porção centro-oriental, a cidade de Piracaia, esta a cerca de 100 Km de São Paulo.

O acesso principal a partir da cidade de São Paulo é pela rodovia Fernão Dias até a cidade de Atibaia, de onde, para leste, pela rodovia D. Pedro I, atinge-se o entroncamento de Piracaia.

Longitudinalmente o maciço é concordante com as estruturas regionais. Seu contato oriental é intrusivo, enquanto que a oeste ele se faz através de uma longa falha compressiva, discretamente abaulada. Embute restos de teto dos gnaisses encaixantes, o maior deles com cerca de 4,5 Km<sup>2</sup> situa-se na porção centro-sul e possui a maior extensão fortemente oblíqua ao eixo do maciço.

São recentes as referências anteriores ao maciço. Reconhecido por Cavalcante e Kaefer (1974a), foi considerado enquanto um corpo de natureza básica, composto principalmente por dioritos e monzonitos Pré-Cambrianos, migmatizados e metassomatizados no Ciclo Brasiliano (Cavalcante e Kaefer, 1974b).

Seus contatos foram definidos (exceto para a parte ter

minal nordeste) e seus principais tipos petrográficos descritos no âmbito do mapeamento 1:50.000 da Fôlha de Piracaia (convênio USP-PRÔMINE-RIO, 1983). As rochas gnáissicas encaixantes (bem como o maciço) foram considerados como de possível idade Transamazônica e agrupadas sob a denominação de Complexo Metamórfico de Piracaia. Este representado por 3 unidades gnáissicas maiores sotopostas por uma unidade de xistos, o conjunto migmatizado policiclicamente (Campos Neto et alii, 1983).

Neste trabalho os autores procuram melhorar o mapeamento do maciço e esboçar sua estruturação interna e discriminar suas principais associações litológicas (Fig. 1).

## CONSTITUIÇÃO DO MACIÇO

Sua constituição é bastante heterogênea, com expressivas variações petrográficas, especialmente no que diz respeito à granulação, coloração, quantidades relativas de plagioclásio e microclínio e na presença e tamanho de megacristais de feldspatos. Engloba uma associação de corpos rochosos que variam desde composição intermediária até ácida, representados principalmente por monzonitos, quartzo monzonitos até dioritos, além de tonalitos e, subordinadamente, granitos. Na tabela 1 constam análises volumétricas de alguns dos tipos litológicos mais frequentes, cuja representação gráfica encontra-se na Figura 2.

Embora os tipos petrográficos variem as vezes de afloramento para afloramento, ou em um mesmo afloramento, foi possível distinguir, preliminarmente, áreas maiores com predominância de certas associações litológicas (Fig. 1), a saber:

### *Associação Diorítica Fina Migmatizada*

Está representada por um corpo alongado segundo N-NE à norte de Piracaia e por outro à sudoeste do Maciço, como um possível megaxenólito dentro da Associação Monzodiorítica fina. São rochas de granulação fina, normalmente equigranulares, cor cinza escuro e com certa homogeneidade composicional. Apresentam-se finamente foliadas, a qual ressalta-se com o início da alteração intempérica.

Essa associação encontra-se fortemente migmatizada por dois eventos geradores de remobilizados, sendo que uma das gerações de migmatitos é exclusivo desta unidade, não ocorrendo nas demais Associações do Maciço.

*Microscopia* - Seu constituinte principal é o plagioclásio (andesina ácida), que na sua maioria encontra-se discretamente zonados, fracamente sericitizados e saussuritizados nas partes centrais. Apresenta-se ricos em inclusões de biotita, clinopiroxênio, opacos e agulhas de apatita. O feldspato potássico é raro, anédrico e pouco micropertitizado. O quartzo é intersticial ou concentrado em micro-lentes ou nódulos.

Entre os ferromagnesianos destacam-se a biotita em aglomerados ou microleitos descontínuos, seguida pela augita-diopsídica e hornblenda; além de opacos, apatita, titanita e epidoto. Os clinopiroxênios apresentam-se frequentemente microfraturados e uralitizados. Opacos são anormalmente frequentes.

A foliação da rocha é de origem tectônica e caracterizada pela orientação mais ou menos regular das palhetas de biotita, dos prismas de clinopiroxênio e dos cristais de hornblenda.

### *Associação Monzodiorítica Fina*

Sua exposição ocupa a porção centro-sul do Maciço, sendo cortada pela Associação Quartzo-monzonítica porfirítica. Apresenta na sua parte central possante "teto pendente" constituído por gnaisses migmatizados da unidade gnáissica do Complexo Metamórfico de Piracaia.

É constituída por tipos petrográficos muito semelhantes aos da Associação anterior, porém, mais enriquecidos em feldspato potássico e com uma geração de migmatitos a menos. Apresentam granulação fina a média de aspecto levemente inequigranular, com cores cinza médio a escuro, exibindo ampla variação no teor de máficos. Macroscopicamente -



são discretamente foliadas.

*Microscopia* - A composição destas rochas variam de monzodioríticas a quartzo monzodioríticas, próximas aos monzonitos. A relação plagioclásio/feldspato potássico é de aproximadamente 2:1 e com certa irregularidade no teor de quartzo. O plagioclásio (andesina ácida) é zonado e com grau variável de sericitização e epidotização seletivamente, ao longo de determinadas zonas. O feldspato potássico, representado pelo microclínio, exibe distinta geminação em grade e micropertitização. Inclui frequentemente grãos de plagioclásio corroído e intensamente alterados.

Os máficos, com teores variáveis, são representados pela biotita e hornblenda formando aglomerados ou cordões mais ou menos orientados. A hornblenda é por vezes zonada, observando-se localmente cristais com núcleos de relevo pouco maior e clivagem fantasmas a 90°, correspondendo provavelmente a restos de piroxênios. Como acessórios são comuns cristais de titanita, opacos, epidoto zonados, apatita e zircão.

A textura geral é hipidiomórfica com discreta foliação interna evidenciada principalmente pela orientação das palhetas de biotita.

#### *Associação Monzonítica Inequigranular*

Compreendendo a porção NW do Maciço; apresenta tipos petrográficos bastante heterogêneos. Embora predominem os tipos de granulação média, inequigranulares, variam tanto para termos mais finos como para grosseiros, muitas vezes tendendo para feições porfiríticas. Nestes casos os cristais maiores (verdadeiros megacristais) podem ser tanto feldspatos rosados quanto de biotita e hornblenda, sempre esparsamente dispersos na rocha e, na maioria das vezes, com formas alongadas, es tiradas, por efeito de deformação tectônica. A cor também varia de um cinza médio a escuro, localmente com tonalidades rosadas. Exibem estruturas foliadas, mais evidentes nos termos de granulação mais fina. Aparentemente intersecta a Associação Diorítica fina migmatizada situada na margem NE do Maciço.

*Microscopia* - Sua composição é essencialmente monzonítica podendo localmente chegar a sienítica. A cerca de 2,5 quilômetros a norte da cidade de Piracaia foi encontrado um afloramento de tonalitos.

A litologia predominante apresenta plagioclásio e microclínio com dimensões variáveis e em proporções aproximadamente iguais, extremamente pobre em quartzo. O plagioclásio (oligoclásio/andesina) constitui frequentemente microfenocristais subédricos, com zonas centrais fortemente sericitizadas e saussuritizadas, zonados. Comumente estes fenocristais encontram-se parcial ou totalmente envoltos por aureolas de microclínio. O microclínio com típica geminação em grade e micropertitizado, também pode atingir dimensões maiores que a média, constituindo verdadeiros megacristais.

A biotita e a hornblenda são os ferromagnesianos essenciais, podendo a última desenvolver cristais subédricos a euédricos. Estes minerais aparecem tanto isoladamente como formando aglomerados alongados. Os acessórios encontrados são a titanita, opacos, apatita, allanita, zircão, epidoto-clinozoisita, além de carbonatos e sericita.

De modo geral esta Associação mostra-se bastante afetada por esforços tectônicos, com estruturas protomiloníticas mais ou menos generalizada.

#### *Associação Quartzo Monzonítica Microporfirítica*

Constitui o corpo central do Maciço, em contatos bruscos com a Associação Monzodiorítica fina e Monzonítica inequigranular (respectivamente ao sul e ao norte do mesmo), constituindo uma seção

quência de várias intrusões.

Embora não sendo o único tipo petrográfico presente, caracteriza-se pela presença de fenocristais com dimensões entre 0,5 e 1,0 cm (denominados de microfenocristais durante os trabalhos de campo), em matriz fina a média de cor cinza e tonalidade rósea, discretamente foliada. Os microfenocristais são de feldspato potássico, retangulares a ovóides, sem orientação preferencial, heterogeneamente distribuídos na rocha e com densidade baixa a média. Na borda leste, a sul da cidade Piracaia, ocorrem rochas de composição monzogranítica, microporfíricas, que gradacionam para os quartzo-monzonitos microporfíricos em direção à oeste.

*Microscopia* - Os microfenocristais são essencialmente de microclínio com geminação em grade, micropertitizados e com inclusões de plagioclásios arredondados a subédricos, por vezes, mais sericitizados que o normal e com bordas corroídas. A matriz hipidiomórfica a xenomórfica, deformada, é constituída pelo plagioclásio (andesina básica) e microclínio em proporções semelhantes, pouco quartzo, biotita e hornblenda. Os acessórios são opacos, titanita, apatita, epidotito-clinozoisita, zircão, além de carbonatos. Próximo ao contato leste desta Associação ocorre um incremento gradativo de quartzo, igualando-se em quantidade aos feldspatos, bem como uma sensível redução no teor de máficos, resultando numa coloração mais clara para a rocha.

#### *Associação Quartzo Monzonítica Porfírica*

Corresponde a um corpo meridional com disposição semi-anelar e espessuras variando entre 150 a mais de 1.000 metros, cortando a Associação Monzodiorítica fina.

Nos afloramentos da rodovia Batatuba - Piracaia ocorrem quartzo monzonitos porfíricos cinza rosados. Essa coloração se deve aos megacristais de feldspato potássico róseos, com dimensões entre 1,0 e 5,0 centímetros ao longo do seu maior eixo. Possuem formas retangulares e localmente ovaladas, alongadas ou irregulares. Com densidade média, os megacristais concentram-se grosseiramente orientados dentro de matriz discretamente foliada de grã média a grossa, coloração cinzenta, onde os máficos (biotita e hornblenda) formam pequenos aglomerados arredondados a avóides, produzindo um aspecto manchado à rocha.

Na parte sudeste do corpo passam a quartzo monzonitos discretamente foliados, cinzentos e rosados, com granulação média a grossa e raros megacristais (que chegam a atingir 1,5 cm). São pouco mais enriquecidos em feldspato potássico e empobrecidos em máficos e, apenas localmente, o plagioclásio predomina entre os feldspatos.

*Microscopia* - É constituída predominantemente por quartzo monzonitos com textura porfírica e matriz granular xenomórfica, foliada, com variações para quartzo-monzodioritos grosseiros, inequigranulares, nas terminações setentrionais da estrutura anelar. Os megacristais são essencialmente de microclínio e subordinadamente de plagioclásio. O primeiro apresenta-se geminado em grade e quase sempre micropertíticos, ricos em inclusões de plagioclásios arredondados a subédricos frequentemente corroídos, nebulosos, e muitas vezes parcial a totalmente assimilados pelo anterior, restando apenas manchas de sericita e epidoto do plagioclásio. Nas interfácies dos feldspatos e nas inclusões de plagioclásio pelo microclínio são comuns estruturas mirmiquíticas.

Na matriz ocorrem ambos os feldspatos ao lado de quartzo anedral concentrados em microlentes deformadas e recristalizadas. Máficos são representados essencialmente pela biotita castanha esverdeada e hornblenda verde acompanhadas por titanita e opacos, além de apatita dispersa por toda a matriz. Ocorre ainda allanita, zircão; bem como epidoto-clinozoisita, carbonatos e sericita como produto da alteração do plagioclásio.

## Associação Quartzo Monzodiorito Grosseiro

Representa um pequeno corpo, possivelmente intrusivo - na Associação Monzodiorítica fina, em continuidade do corpo semi-anelar na sua porção noroeste. São rochas faneríticas grosseiras, inequigranulares, acinzentadas, aparentemente desprovidas de orientação e com pequenos aglomerados de máficos de distribuição homogênea.

*Microscopia* - Possui uma textura hipidiomórfica inequigranular à levemente porfirítica com cristais mais desenvolvidos de plagioclásio e de clinopiroxênio, ao lado de raro feldspato potássico. A relação plagioclásio/microclínio é de aproximadamente 4:1, sendo o primeiro subédrico a anédrico, as vezes ripiforme, representado pela andesina básica com zoneamento normal e límpidos e o segundo anédrico, micropertítico, e geminado em grade. O quartzo ocupa principalmente posição intersticial.

Dentre os máficos, uma augita-diopsídica subédrica e bem desenvolvida em aglomerados, é característica desta Associação; por vezes encontra-se uralitizada ou mesmo transformada diretamente para biotita castanha. No entanto, a biotita castanha avermelhada é o máfico predominante. Como principais acessórios ocorre hornblenda, titanita, opacos e apatita.

## Associação Quartzo Monzonítica

Localizada junto ao contato centro-noroeste do Maciço, constitui um corpo com forma ligeiramente lenticular, separado das encaixantes por falha e intrusivo nas Associações Monzonítica inequigranular e Quartzo monzonítica microporfirítica.

Predominam os termos de granulação média e coloração - cinza transicionando para feições frequentemente grosseiras inequigranulares e mais claras. Aparentemente ocorrem estruturas de fluxo originais preservadas. Megacristais seriais de feldspato potássico são comuns e esparsamente distribuídos, que atingem até 7,0 cm ao longo do maior eixo. Suas formas são as mais variadas, podendo ser retangulares, quadradas, alongadas e mesmo irregulares, dispostos aleatoriamente.

Esta Associação é muito rica em xenólitos de constituição e estruturas diversas e de prováveis autólitos, que serão descritos adiante.

*Microscopia* - Composição predominantemente quartzo monzonítica, tendo como principais fêlsicos o plagioclásio (oligoclásio básico) e microclínio, com quartzo em pequena quantidade e concentrados em microlentes. Megacristais estão representados basicamente por microclínio e subordinadamente por plagioclásio. Na matriz o microclínio apresenta geminação em grade, micropertitizado, e engloba grãos de plagioclásios em diferentes estágios de absorção, e as vezes totalmente alterados para epidoto e carbonatos. O oligoclásio subédrico a anédrico, geminado e zonado, encontra-se, em oposição às inclusões, pouco transformado.

A biotita e a hornblenda são menos frequentes que nas outras associações, sendo a última muito rara em algumas amostras examinadas. Como acessórios são frequentes a titanita, opacos, apatita e algum zircão. Epidoto-clinozoisita e carbonatos, ocorrem como produto de transformação principalmente do plagioclásio.

Próximo ao contato com as encaixantes a feição cataclástica é generalizada, evidenciada praticamente por todos os minerais, resultando em texturas protomiloníticas a blastomiloníticas.

## Xenólitos e Autólitos

Como já mencionado a Associação litológica supra descrita é muito rica em xenólitos e autólitos. Foram observados os seguintes tipos:

- Xenólitos de "augen" gnaisses cinza - Com dimensões de até



50 cm, cinza esbranquiçados, formas ligeiramente arredondadas a alongadas, contatos pouco difusos e orientados dentro da estrutura de fluxo da encaixante. Apresentam uma alternância de lâminas milimétricas descontinuas, constituídas de biotita e alguma hornblenda iso-orientadas e ricas em titanita, opacos, apatita e epidoto; com leitos subcentimétricos a centimétricos, mais descontínuos, de granulação média, compostos por cristais alongados de microclínio, oligoclásio e quartzo, contendo ainda concentrações milimétricas descontínuas de biotita verde e hornblenda verde com zonas azuladas. Sobre estas faixas encontram-se megacristais de microclínio e secundariamente de plagioclásio, esbranquiçados, com até 4,0 cm de dimensão, bem orientados e deformados. Exibem formas ovaladas, contorcidas, sigmoides e mesmo retangulares. Textura geral destes xenólitos é blastomilonítica. Ressalte-se que estas rochas não foram encontradas nas encaixantes circunvizinhas.

- *Xenólitos listrados* - Com dimensões variando de centimétrica a decimétrica, localmente com até 1,0 m, formas alongadas a irregulares. Podem ou não estar orientados e com contatos tanto nítidos quanto difusos. Exibem alternância de listras milimétricas cinza escuras com leitos pouco mais espessos esbranquiçados de granulação média e paralelos entre si. As primeiras são constituídas essencialmente por biotita, raras hornblendas, algum opaco, epidoto, agulhas de apatita e zircão. As segundas predominantemente por microclínio geminado, micropertítico, e quartzo e pouco plagioclásio. A textura é protomilonítica com as concentrações de quartzo exibindo verdadeira textura de fluxo por efeito da deformação. A composição destes xenólitos corresponde a de um biotita-gnaiss protomilonítico, semelhante à níveis encontrados nas encaixantes.

- *Xenólitos de dioritos* - Com formas irregulares, geralmente angulosos e alguns arredondados em contatos nítidos, dimensões centimétricas a decimétricas e cor cinza escuro. Textura hipidiomórfica muito fina, apresentando entre os fêlsicos essencialmente andesina, sendo raros os cristais de microclínio, com cerca de 40% de biotita e hornblenda, acompanhadas de boa riqueza em titanita e epidoto. Estão presentes ainda opacos, apatita e zircão. Os máficos exibem discreta orientação. Esta composição é semelhante à dos dioritos finos migmatizados, apenas mais ricos em máficos.

- *Autólitos homogêneos alongados* - Apresentam formas extremamente alongadas com espessuras que variam de 0,5 a 3,0 cm e extensões que vão desde 2,0 até cerca de 50,0 cm. São bem orientados e mostram contatos nítidos ou não, denotando um estiramento provavelmente ocorrido no estado plástico. São cinza escuros, de granulação fina e com minerais estirados e orientados. Sua composição é diorítica, composto por andesina e cerca de 40% de biotita e hornblenda, rico em titanita, além de opacos, apatita, zircão e minerais secundários representados basicamente pelo epidoto, sericita e carbonatos.

#### *Principais Transformações Mineralis*

De modo geral são frequentes as transformações mineralis nos diversos tipos petrográficos presentes no Maciço. Sempre que presente o piroxênio mostra um maior ou menor grau de uralitização. A hornblenda apresenta frequentemente passagens parciais para biotita, bem como decomposta, resultando na formação de parte da titanita e epidoto.

Principalmente nos termos porfiríticos foi possível observar evidências de microclinização de plagioclásio, sob forma de manchas irregulares ou retangulares quer no interior quer nas margens dos grãos de plagioclásio, o processo afeta tanto grãos isolados quanto os inclusos no microclínio. Ao aprofundar-se esta transformação, o plagioclásio torna-se cada vez mais turvo, sericitizado, epidotizado e carbonatizado, resultando, às vezes apenas essas minerais dentro do microclínio. São também frequentes as texturas mirmiquíticas nas interfícies en-

tre microclínio e plagioclásio, principalmente nas bordas dos megacrísta-  
tais de plagioclásio ou ainda nas inclusões dos grãos de plagioclásio -  
naquele mineral.

## FASES DE DEFORMAÇÃO E MIGMATITOS

As litologias das diferentes associações descritas exi-  
bem, em comum, uma generalizada textura hipidiomórfica a xenomórfica ca-  
taclástica. A predominância é de uma estrutura de fluxo, em diferentes  
graus de protomilonitização que se acentua nas proximidades do contato  
ocidental do Maciço. Ali um bandamento milonítico chega a se desenvol-  
ver. Tal textura está ligada às diversas deformações a que essas asso-  
ciações foram submetidas. São normalmente dúcteis e ligadas a cisalha-  
mentos simples acompanhadas de um achatamento regional. O incremento na  
moagem e reorientação dos minerais, à oeste, deve-se à importante falha  
compressiva, possivelmente inversa e oblíqua, que delimita esta parte  
do Maciço.

As estruturas que afetam as rochas gnáissicas adjacen-  
tes estão impressas, em parte, nesta suíte intrusiva. Assim foi possí-  
vel reconhecer, em certas associações, fantasmas de uma foliação preté-  
rita regional, ligada a uma fase de transposição. Uma segunda fase de  
transposição e/ou, seguida de dobramentos invertidos, também foi carac-  
terizada. Essas estruturas estão hierarquizadas e conhece-se aquelas de  
vidas ao Ciclo Brasileiro, bem como as mais antigas (Campos Neto et alii,  
1983; Campos Neto et alii, 1983). A migmatização relacionada a essas fa-  
ses de deformação é, portanto, policíclica e diz respeito a dois even-  
tos principais: o primeiro evento gerador de migmatitos ( $Gm_1$ ) é pré-Br-  
siliano, enquanto que o segundo ( $Gm_2$ ) corresponde a uma migmatização -  
Brasiliiana.

Os mobilizados leucossomáticos são de fundamental im-  
portância no reconhecimento das estruturas, na medida em que formam su-  
perfícies geometricamente definidas no conjunto ígneo de trama macroscó-  
pica mais homogênea.

### *As Estruturas e os Migmatitos Pré-Brasilianos*

Os vestígios destas deformações e deste evento migmatí-  
tico são encontrados na Associação Diorítica fina migmatizada.

Uma foliação definida pela orientação planar dos máfi-  
cos, sobretudo da biotita, e estiramento paralelo de feldspatos é encon-  
trada nesta associação. É acompanhada por estromatitos esbranquiçados  
que, não raramente, delineiam dobras intrafoliares, dobras sem raiz e  
contorcidas, bem como lentes tectônicas rotacionadas (Fig. 3). Trata-se  
de uma foliação de transposição  $S_2$  pré-Br (Br=Brasiliano), que afeta es-  
truturas migmatíticas e uma foliação anterior.

Os migmatitos  $Gm_1$  contêm a foliação  $S_2$  pré - Br ou en-  
contram-se afetadas por ela. O leucossoma é de composição granodioríti-  
ca a granítica, de cor cinza claro, granoblástico equi-a inequigranular  
médio a fino, protomilonítico. O melanossoma, cinza escuro, é anormal-  
mente enriquecido em biotita e dispõe-se em faixas milimétricas entre  
leucossomas ou entre este e o paleossoma diorítico. As principais estru-  
turas são estromatitos, "pintch and swell", colares de porfiroblastos e  
velos de injeção oblíquos à transposição. Essas estruturas são encontra-  
das em diferentes fases (Fm), associadas à deformação progressiva da fo-  
liação  $S_2$  pré-Br ou geradas anteriormente:

-  $Gm_1/Fm_1$ : corresponde à concentrações leucossomáticas em len-  
tes tectônicas rotacionadas, contorcidas e estiradas, que guardam, por  
vezes, testemunhos de foliação anterior. Estromatitos em dobras simila-  
res intrafoliais também correspondem a essa fase (Fig. 3A e 3B);

-  $Gm_1/Fm_2$ : é tipicamente estromática, espessuras variando de  
alguns milímetros a 15 cm (2 cm em média), em contatos nítidos com o me-  
lanossoma ou difusos com nebulitos de borda. É perfeitamente foliada e

protomilonítica (Fig. 3B). Leucossomas contorcidos em dobras sem raiz isoladas, por vezes sem zona de charneira definida, podem corresponder a mobilizados sin-cinemáticos (em relação a  $S_2$  pré-Br) ou mesmo à fase anterior (Fig. 3C e D);

-  $Gm_1/Fm_3$ : são os veios paralelos a pouco oblíquos à transposição, com marcantes estruturas de estricção, onde a direção-X é paralela à direção- $a_2$  cinemática. São as estruturas "pinch and swell", espessas de até 5 mm, que cortam os estromatitos  $Gm_1/Fm_2$  e que, por vezes, correspondem a longos apêndices de concentrações leucossomáticas irregulares. Agregados porfiroblásticos e oclares de feldspato branco e secundariamente com quartzo e hornblenda, com até 2 cm, alinhados e parcialmente ligados por zonas de sombra de pressão, estão associados a essa fase;

-  $Gm_1/Fm_4$ : são veios graníticos cinza claros, de injeção, oblíquos à foliação  $S_2$  pré-Br, que cortam as estruturas anteriores mas que encontram-se complexamente dobrados (dependendo de sua orientação inicial) por cisalhamento simples e admitindo a foliação enquanto plano axial.

A relação entre as 3 últimas fases de mobilizados pode ser sintetizada na figura 3E, recolhida de um afloramento da Associação Diorítica fina migmatizada, a sudeste do maciço.

#### *As Estruturas e os Migmatitos Brasileiros*

As estruturas tidas como Brasileiras são aquelas que possuem como superfícies deformadas a foliação  $S_2$  pré-Br e os migmatitos  $Gm_1$ .

Os migmatitos  $Gm_2$  deste evento são nitidamente posteriores à transposição anterior, guardando seus vestígios em aglomerados de máficos, "schollens" ou agmatitos. Sua composição é normalmente granítica, de cor cinza clara ou de tonalidade rósea. São granoblásticos médio até a muito grossa, equia inequigranulares, por vezes granatíferas. Formam corpos a contatos nítidos, concordantes ou irregulares, de dimensões métricas. Corpos nebulítico-graníticos róseos podem atingir 50m. As estruturas principais são veios estromáticos descontínuos, "schollens" e "schlieren", estruturas estictolíticas, agmatíticas e localmente flebitos.

Este evento está relacionado a Suite Migmatítica Cataporá (Campos Neto et alii, 1983) e é encontrada, esparsamente, em todas as 7 associações litológicas do maciço.

O dobramento  $BrD_1$  e os migmatitos: estromatitos  $Gm_1/Fm_2$  comumente encontram-se dobrados na sub-classe 1C, com dobras parasitas, colunas de dobramento e boudins associados. Admitem uma xistosidade de fluxo  $BrS_1$  a biotita, local e em leque convergente ao intrado. (Fig. 4A e B). São dobras decimétricas a centimétricas, cilíndricas, orientadas N. NE-S. SW (Fig. 5A e B) e com vergência para oeste. A foliação  $BrS_1$  no extremo nordeste do maciço é de transposição, exibindo dobras isoclinais intrafoliais, bem como resíduos e "microlithons" da foliação  $S_2$  pré-Br (Fig. 6). Esta deformação,  $BrD_1$ , aí mais intensa pode ser responsável pelo exagerado adelgaçamento terminal do maciço (ver mapa na fig.1).

As estruturas migmatíticas relacionadas a essa fase de dobramento são os estromatitos  $Gm_2/Fm_1$ , descontínuos centimetricamente, normalmente mais finos nas extremidades. Possuem uma coloração cinza clara, são quartzo-feldspáticos, granoblásticos médios e protomiloníticos (Fig. 4B). Parecem representar uma fase de preenchimento, sincrona à flambagem inicial dos dobramentos  $BrD_1$ .

O dobramento  $BrD_2$  e os migmatitos: dobras invertidas ou em chevron, anisópacas e cilíndricas, normalmente orientadas W. SW-E. NE (Fig. 7A) e com vergência para NW, são encontradas superimpostas a dobras  $BrD_1$  ou dobrando a foliação  $BrS_1$  de transposição (Fig. 7B e C).

Diferentes migmatitos associam-se a esta fase de dobramentos e não se encontram, nos afloramentos, a relação entre eles. Foram



portanto, considerados da fase Gm<sub>2</sub>/Fm<sub>2</sub>:

- núcleos graníticos róseos, com até 50 m, faneríticos grosseiros, orientados e parcialmente concordantes, compostos por microclínio róseo, quartzo branco e cerca de 5% de biotita. Possuem uma orientação interna paralela a xistosidade BrS<sub>2</sub> (Fig. 7A).

- nebulitos graníticos esbranquiçados e granatíferos, discretamente foliados a isótopos, injetados sob a forma de bandas irregulares e acunhaladas, no plano axial de dobras BrD<sub>2</sub> (Fig. 7C).

- veios a corpos graníticos métricos, rosa avermelhados, faneríticos - grosso a médio, isótopos a discretamente orientados, com contornos nítidos e irregulares. Possuem glómeros de biotita e núcleos com assimilação parcial onde restam concentrações de máficos e de melanossoma de finindo estruturas de "schlieren" com contornos nebulíticos. Possuem também "schollens" de até 30 cm de largura, com contornos retilíneos e com apêndices, sugerindo preenchimento de fraturas.

Os migmatitos róseos Gm<sub>2</sub>/Fm<sub>2</sub> são afetados por uma de formação rúptil compressional, representada por pequenas falhas direcionais oblíquas, orientadas W-NW a E-W e em cujos planos concentra-se piritita (Fig. 8). Falhas maiores com orientações próximas cortam o maciço, podem estar associadas a estas pequenas estruturas e serem, portanto, - Brasilianas sin-a pós BrD<sub>2</sub>.

*Migmatitos Tardi - a Pós BrD<sub>2</sub> (Gm<sub>2</sub>/Fm<sub>3</sub>):* são veios róseos discordantes, espessos de até 15 cm, que cortam as estruturas anteriores. São quartzo-feldspáticos de granulação variável. Estruturas agmatíticas, esbranquiçadas a róseas, granatíferas ou não, podem ser encontradas sobre migmatitos Gm<sub>2</sub>/Fm<sub>2</sub>. Estruturas estictolíticas esbranquiçadas e com concentrações de hornblenda são isótopas e foram relacionadas a essa fase.

Finalmente, a relação entre os migmatitos e as fases de deformação pode ser sintetizada na figura 9.

## CONCLUSÕES

O Maciço de Piracaia define uma suíte intrusiva quartzo-monzonítica a diorítica, chegando localmente a sienitos, tonalitos e granitos, de constituição heterogênea e com variações na granulação, na coloração, na presença e tamanho de megacristais e na quantidade relativa de plagioclásio (basicamente andesina) e feldspato potássico (microclínio).

O microclínio por vezes desenvolve-se a partir do plagioclásio e a hornblenda também pode, esporadicamente, ser produto de transformação de clinopiroxênio.

O maciço traz impresso traços de deformações dúcteis, em dobramentos superpostos, no geral responsáveis por uma textura hipidiomórfica a xenomórfica protomilonítica, acompanhadas de dois eventos principais geradores de migmatitos. Essas estruturas permitem posicionar o Maciço em tempos *Pré-Brasilianos*, remigmatizado, redobrado na escala de afloramento e adelgado durante o *Brasiliano*.

As variações petrográficas do maciço podem estar presentes em uma associação mas, no geral, definem 7 associações litológicas diferentes e mapeáveis. As relações de contato entre essas associações, bem como a presença de xenólitos e de migmatitos e dobras pré-Brasilianas, indicam uma evolução por *intrusões sucessivas e diferenciadas*, assim hierarquizadas:

- primeira intrusão, sintectônica, é representada pela Associação Diorítica fina migmatizada;

- segunda intrusão, monzodiorítica a monzonítica, define o corpo do maciço e distribui-se nas fácies da Associação Monzodiorítica fina e Associação Monzonítica inequigranular;

- terceira intrusão, central, corta a anterior e corresponde às injeções da Associação Quartzo Monzonítica microporfirítica;

- quarta intrusão, periférica e com forma semi-anelar na porção meridional do maciço. Compreende as fácies: Associação Quartzo Monzonítica porfirítica, Associação Monzodiorítica grosseira e Associação Quartzo Monzonítica.

## BIBLIOGRAFIA

CAMPOS NETO, M.C.; BASEI, M.A.S.; ARTUR, A.C.; SILVA, M.E.; MACHADO, R.; DIAS NETO, C.M.; FRAGOSO-CESAR, A.R. e SOUZA, A.P. - 1983 - Geologia das Folhas de Piracaia e Igaratã. In: Atas da 1ª. Jornada sobre a Carta Geológica do Estado de São Paulo em 1:50.000; PROMINÉRIO, 55-78.

CAMPOS NETO, M.C. e BASEI, M.A.S. - 1983 - Evolução estrutural Brasileira do Nordeste de São Paulo: dobramentos superpostos e esboço estratigráfico e tectônico. In: Simpósio (no prelo)

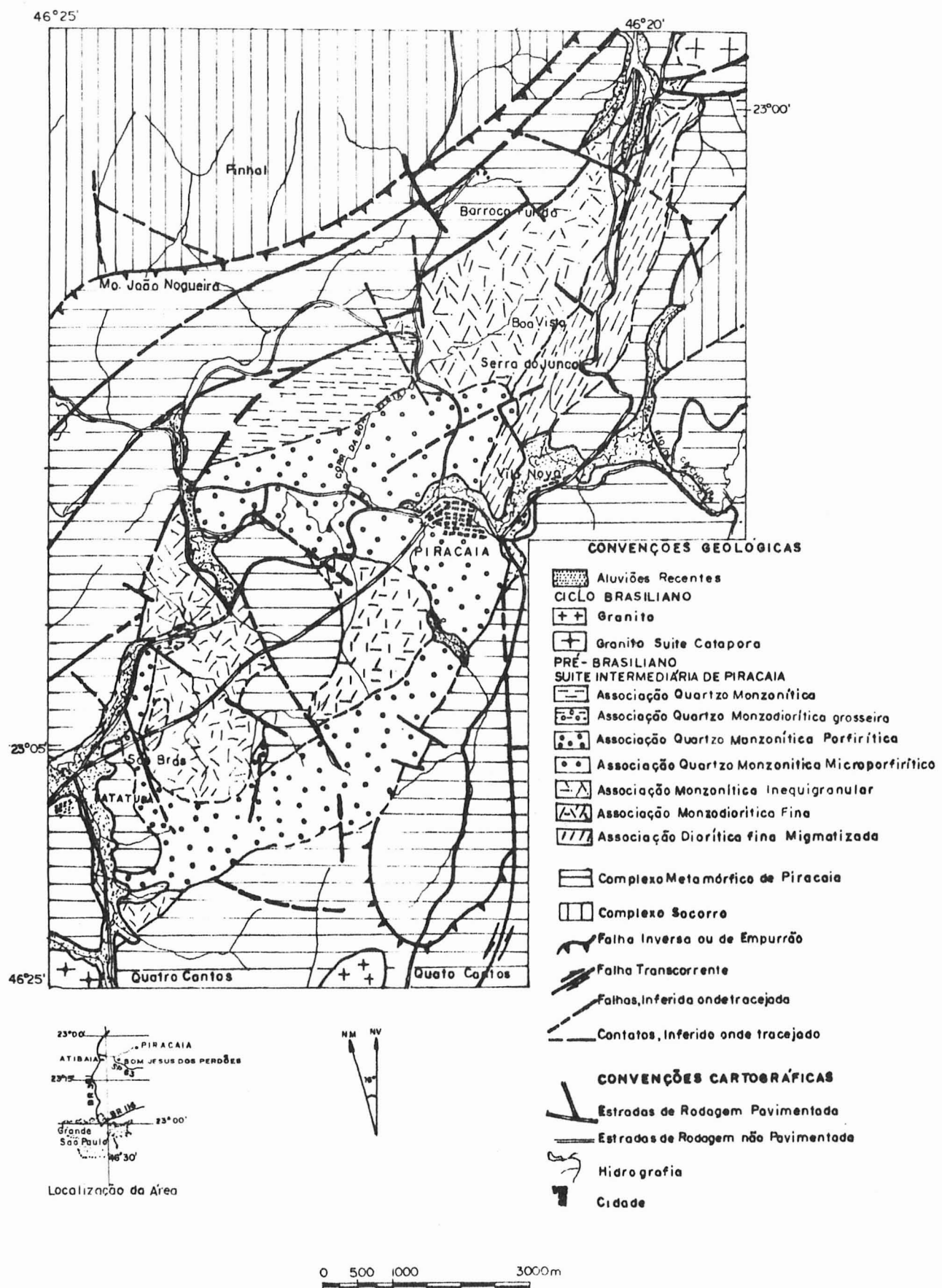
CAVALCANTI, J.C. e KAEFER, L.Q. - 1974a - Folha de Santos-Parcial, relatório geológico final. São Paulo, DNPM-CPRM. 234 p.

CAVALCANTE, J.C. e KAEFER, L.Q. - 1974b - Complexo Piracaia - estudos preliminares. Anais do XXVIII Congr. Bras. Geol., 5:101-106.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA VOLUMÉTRICA DOS PRINCIPAIS TIPOS PETROGRÁFICOS DO MACIÇO INTERMEDIÁRIO DE PIRACAIA - SP.

	Assoc. Diorítica Fina Migmatizada	Assoc. Monzodiorítica Fina	Associação Monzonítica Inequigranular							Assoc. Qtzo Monzonítica Microporfirítica	
	MA - 200b	Pi-II-100	MA-209	Pi-V -108	MA-223-3	MA-224	MA-225.1	MA-225.2	MA-229	Pi-I-23	Pi-VI-120
Quartzo	3,0	1,5	7,0	4,0	3,0	2,0	0,4	2,0	1,5	2,5	21,0
Feldspato Potássico	2,0	18,4	25,0	36,0	47,0	38,0	30,0	35,0	45,5	52,5	35,0
Plagioclásio	52,0	39,0	52,0	40,0	23,0	30,0	36,0	33,0	36,0	31,0	24,0
Biotita	23,5	24,0	10,5	11,0	11,0	15,0	20,0	20,0	9,0	8,5	10,0
Hornblenda	3,0	11,0	3,0	5,5	10,5	10,0	7,5	5,0	4,5	1,5	-
Piroxênio	6,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opacos	7,7	2,5	0,6	2,2	0,8	Tr	0,9	1,0	Tr	1,0	1,0
Titanita	0,5	3,0	0,5	0,8	Tr	2,0	3,0	2,0	2,0	0,5	Tr
Apatita	1,5	1,0	0,3	0,2	1,0	1,0	0,6	0,4	Tr	Tr	1,0
Outros	0,5	0,5	1,1	0,3	3,7	2,0	1,6	1,6	1,5	2,5	8,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

	Associação Quartzo Monzonítica Porfirítica						Assoc.Monzodiorítica Grosseira	Assoc.Quartzo Monzonítica		
	Pi-II-12	Pi-II-12a	Pi-VI-144	MA-203	MA-206	MA-211	MA-214	Pi-II-154	MA-221,5	MA-221,6
Quartzo	4,5	9,5	10,0	6,0	9,2	4,5	8,0	7,5	7,0	7,5
Feldsp.Potássico	41,0	25,0	36,0	43,0	30,2	15,0	49,0	12,0	33,0	41,0
Plagioclásio	34,5	31,0	26,0	38,0	41,0	57,0	34,0	48,5	45,0	28,0
Biotita	9,5	18,5	16,0	10,0	14,4	15,0	7,0	18,0	13,0	13,5
Hornblenda	6,5	10,0	1,0	0,5	-	6,0	-	3,5	-	6,0
Piroxênio	-	-	-	-	-	-	-	5,7	-	-
Opacos	1,0	1,5	1,0	0,7	0,4	0,5	0,6	1,2	0,5	1,0
Titanita	Tr	1,0	2,0	0,4	0,3	0,5	0,3	Tr	0,5	0,7
Apatita	1,0	0,5	0,5	0,5	1,7	Tr	Tr	1,5	0,3	Tr
Outros	2,0	3,0	7,5	0,9	2,8	1,5	1,1	2,1	0,7	2,3
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0



**Fig. 1- SUITE INTERMEDIÁRIA DE PIRACAIÁ  
ESBOÇO GEOLÓGICO**



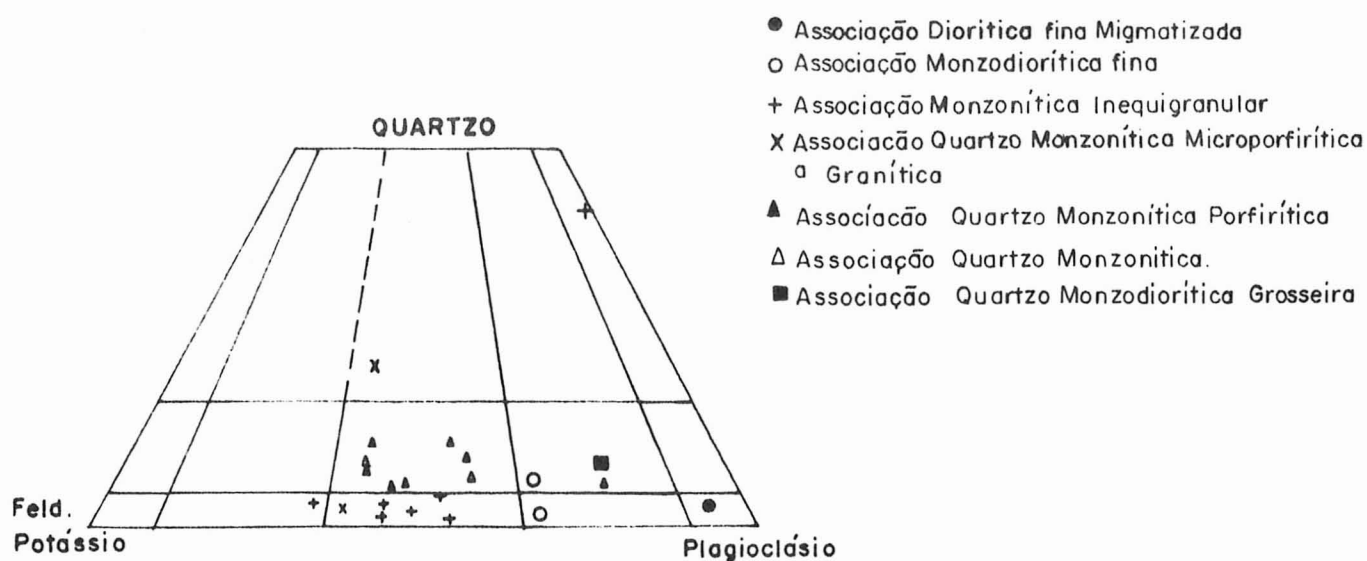


FIG. 2 - COMPOSIÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES LITOLOGICAS DO MACIÇO INTERMEDIÁRIO DE PIRACAIA

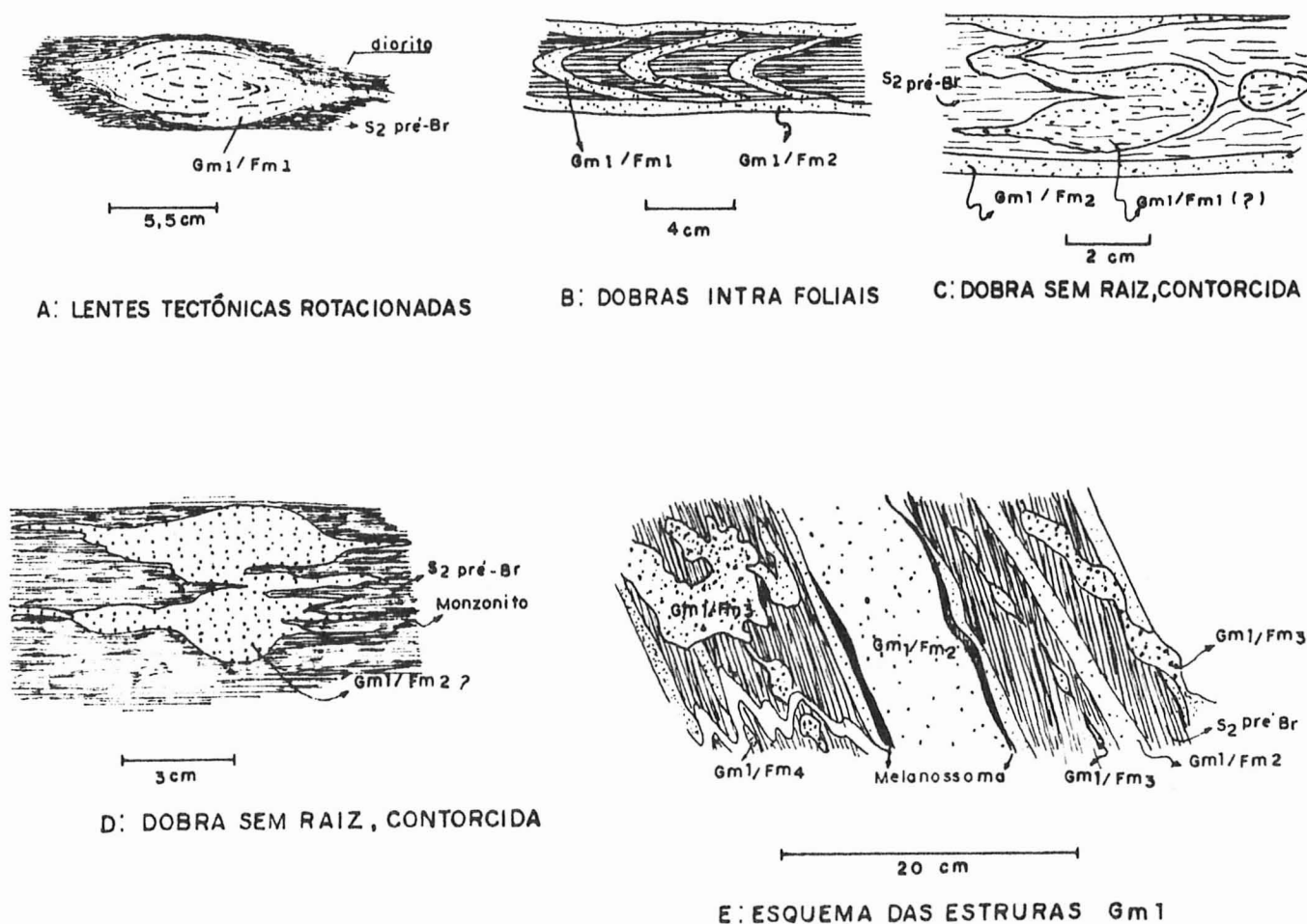


FIG. 3 - MIGMATITOS Gm1

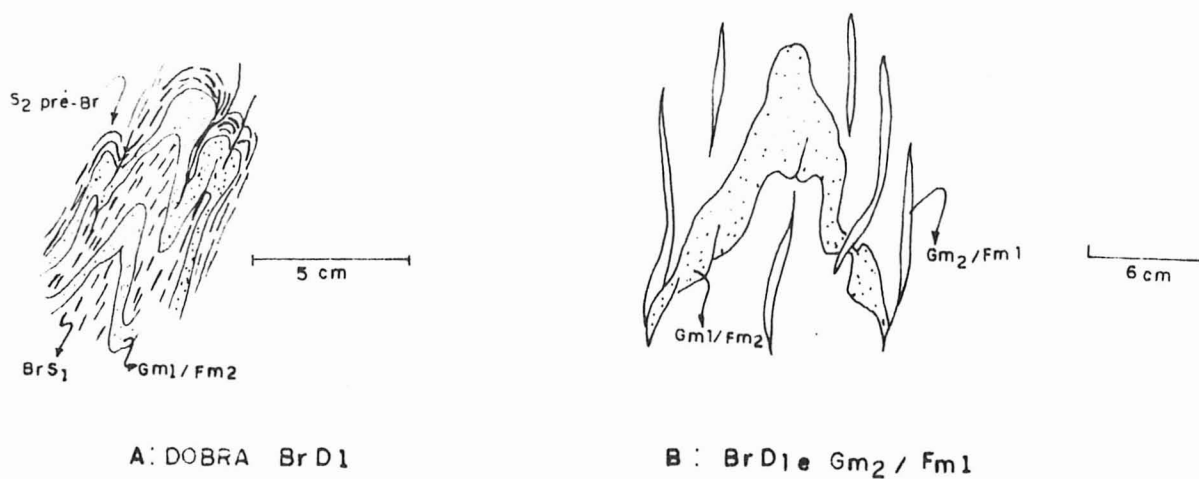


FIG. 4 DOBRAS Br D1 e MIGMATITO Gm<sub>2</sub>/Fm<sub>1</sub>

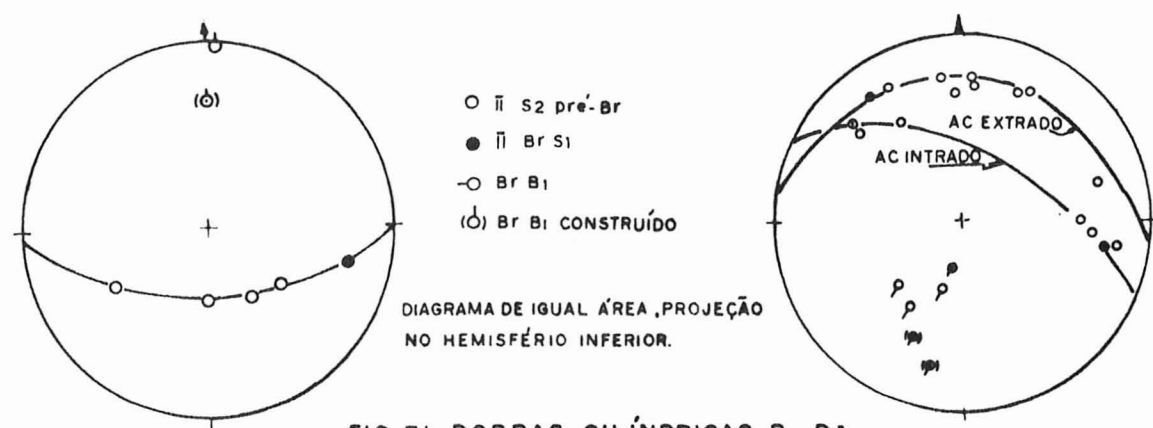


FIG. 5: DOBRAS CILÍNDRICAS Br D1

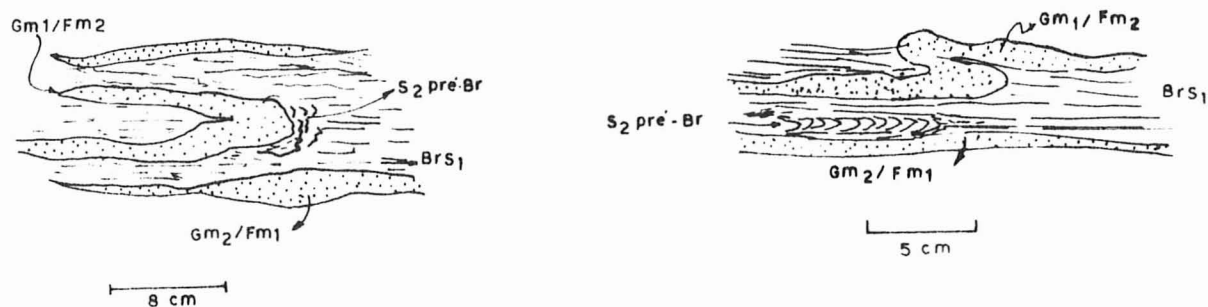


FIG. 6 TRANSPOSIÇÃO Br S<sub>1</sub>

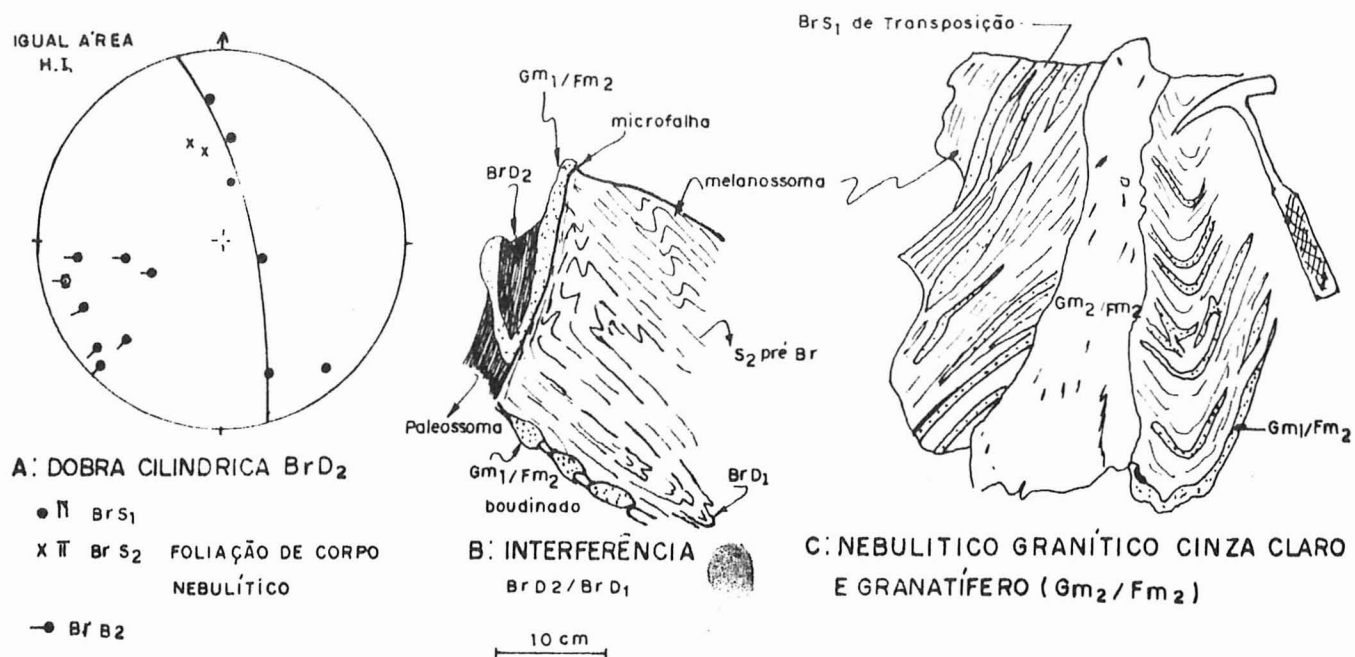


FIG. 7: DOBRAS BrD<sub>2</sub> E MIGMATITO ASSOCIADO

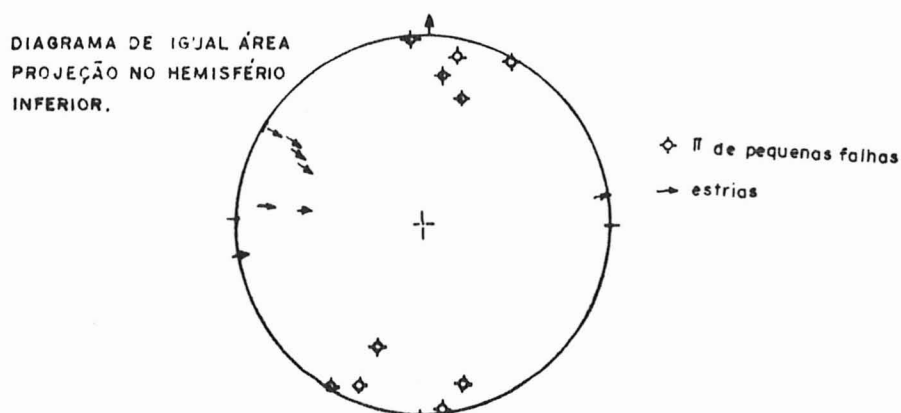


FIG. 8: PEQUENAS FALHAS SIN A PÓS BrD<sub>2</sub>

EVENTO	FASE	Pré S <sub>2</sub> pré Br	SIN S <sub>2</sub> pré Br	TARDI-S <sub>2</sub> pré Br	Br D <sub>1</sub>	Br D <sub>2</sub>	PÓS Br D <sub>2</sub>
Gm <sub>2</sub>	Fm <sub>3</sub>						
	Fm <sub>2</sub>						
	Fm <sub>1</sub>						
Gm <sub>1</sub>	Fm <sub>4</sub>						
	Fm <sub>3</sub>						
	Fm <sub>2</sub>						
	Fm <sub>1</sub>						

FIG. 9: GRÁFICO DE ABUNDANCIA E DISTRIBUIÇÃO DE MIGMATITOS EM RELAÇÃO AOS DOBRAMENTOS.