

PETROGRAFIA DOS MÁRMORES DE CAÇAPAVA DO SUL, RS

Olavo José Bortolotto

Departamento de Geociências. Centro de Ciências Naturais e Exatas.
UFSM. Santa Maria, RS.

RESUMO

A região de Caçapava do Sul, no Estado do Rio Grande do Sul, é caracterizada pela ocorrência de um batólito granítico (Granito Caçapava) com afloramento de 25 x 10 km, orientado no sentido N - S.

O Granito Caçapava é circundado por um cinturão de metamorfitos do Grupo Porongos, e atribuído ao Prê-Cambriano Superior por RIBEIRO *et alii* (1966). Incluído nestes metamorfitos situa-se um corpo de rochas carbonatadas de aspecto lenticular, com contatos nítidos, interpenetrado por apófises graníticas e com um afloramento de aproximadamente 17 km².

Foram estudadas amostras deste corpo de rochas por meio de microscopia, difratometria e espectrometria de raios X, microsonda eletrônica e análise química por via úmida, com o objetivo de identificar e caracterizar os minerais carbonáticos e silicáticos.

Por meio de técnicas de coloração, foi possível a distinção de dolomita (Do), calcita (Cc) e calcita ferrífera (Ccf).

As análises modal e química indicaram a predominância de carbonatos sobre silicatos, estando estes últimos relacionados mais às bandas da rocha.

Os minerais silicáticos detectados foram: talco, tremolita, diopsídio, forsterita, clorita e flogopita. Em menores quantidades aparecem titanita, apatita e quartzo, sendo comum, também, a serpentina oriunda de alteração da forsterita.

Os resultados advindos com o estudo dessas rochas permitiram classificá-las como *mármore dolomíticos ímpuros de contato*

SUMMARY

BORTOLOTTI, O.J., 1987. Petrography of marbles from Caçapava do Sul, RS, Southern Brazil. *Ciência e Natura*, 9:37-65, 1987.

The Caçapava do Sul region, State of Rio Grande do Sul, is characterized by the occurrence of a granitic batholith (Caçapava Granite), that has an outcrop of about 25 by 10 km, oriented North-South.

The Caçapava Granite is surrounded by a belt of metamorphites belonging to the Porongos Group, assigned to Upper Precambrian by RIBEIRO *et alii* (1966). Among the metamorphites occur a carbonatic

rock body, lens shaped, with clear contacts, interpenetrated by granitic apophyses and with an outcrop of about 17 km².

Samples of this rock body were studied by microscopic, diffractometry and spectrometry of X ray, electronic microprobe and chemical analyses aiming at identifying and characterizing the carbonatic and silicatic minerals.

Through staining techniques it was possible to distinguish dolomite (Do), calcite (Cc) and ferriferous calcite (Ccf).

The modal and chemical analysis showed that the carbonatic minerals were more abundant than the silicatic ones being these last ones restricted to of the rock bands.

The detected silicatic minerals were the following: talc, tremolite, diopside, forsterite, chlorite and phlogopite. In smaller amounts titanite, apatite and quartz also occur. Serpentine resulting from alterations in the olivine is also very common.

The final conclusion with these studies, about the carbonatic rocks, indicate that they are *contact impure dolomitic marbles*.

INTRODUÇÃO

A região de Caçapava do Sul, RS, (Figura 1) caracteriza-se, geologicamente, pela ocorrência de um batólito granítico, aflorante numa área de 25 x 10 km, que é circundado por um cinturão de metamorfitos pertencentes ao Grupo Porongos, atribuído ao Pré-Cambriano Superior por RIBEIRO *et alii* (1966). As litologias incluem um corpo de rochas carbonatadas de aspecto lenticular, com contatos nítidos, interpenetrado por apófises graníticas, e com uma área de exposição de aproximadamente 17 km². (Figura 2).

Face à importância econômica e geológica destas rochas carbonatadas, julgou-se conveniente a execução de trabalho que visasse o estudo pormenorizado de sua mineralogia, petrografia e as relações de contato com o corpo granítico, a fim de melhor posicioná-las no contexto petrográfico.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área em estudo localiza-se na região de Caçapava do Sul, e abrange cerca de 11.000 km². (Figura 1 e la).

As rochas carbonatadas fazem parte do cinturão de metamorfitos que circundam o corpo granítico e localizam-se entre os paralelos 30°30' e 30°36' S, ao longo do meridiano 53°25' WGr. Abrangem uma área de aproximadamente 17 km², situada a SE da cidade de Caçapava do Sul.

A principal rodovia que atravessa a região é a BR - 392. Pequenas estradas municipais recortam-na, conduzindo a diversos locais onde estas rochas têm sido exploradas economicamente por várias empresas.

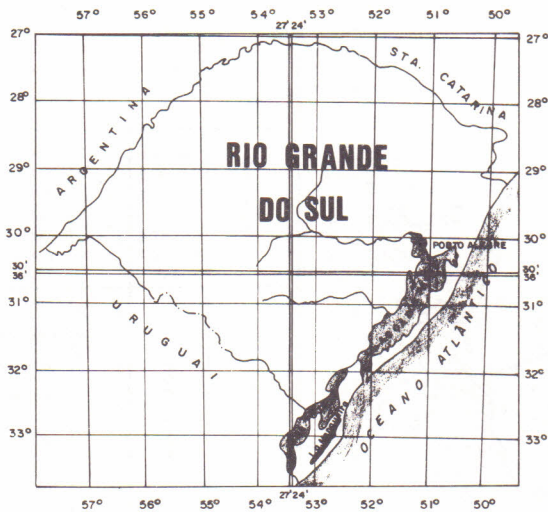


Figura 1 - Localização geográfica da área de ocorrência dos mármore dolomíticos impuros da região de Caçapava do Sul, RS.

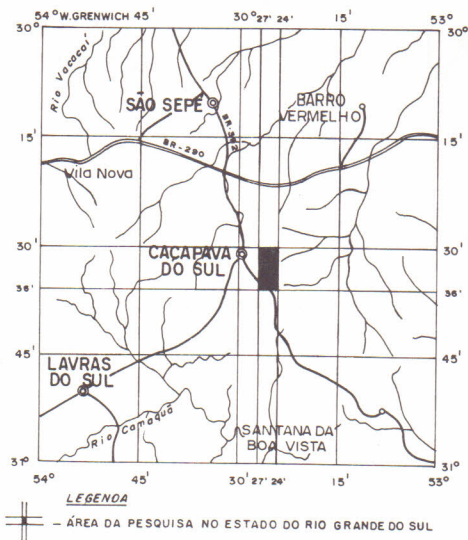


Figura 1a - Posição da área de ocorrência dos mármore dolomíticos impuros no grau de Caçapava do Sul, RS.

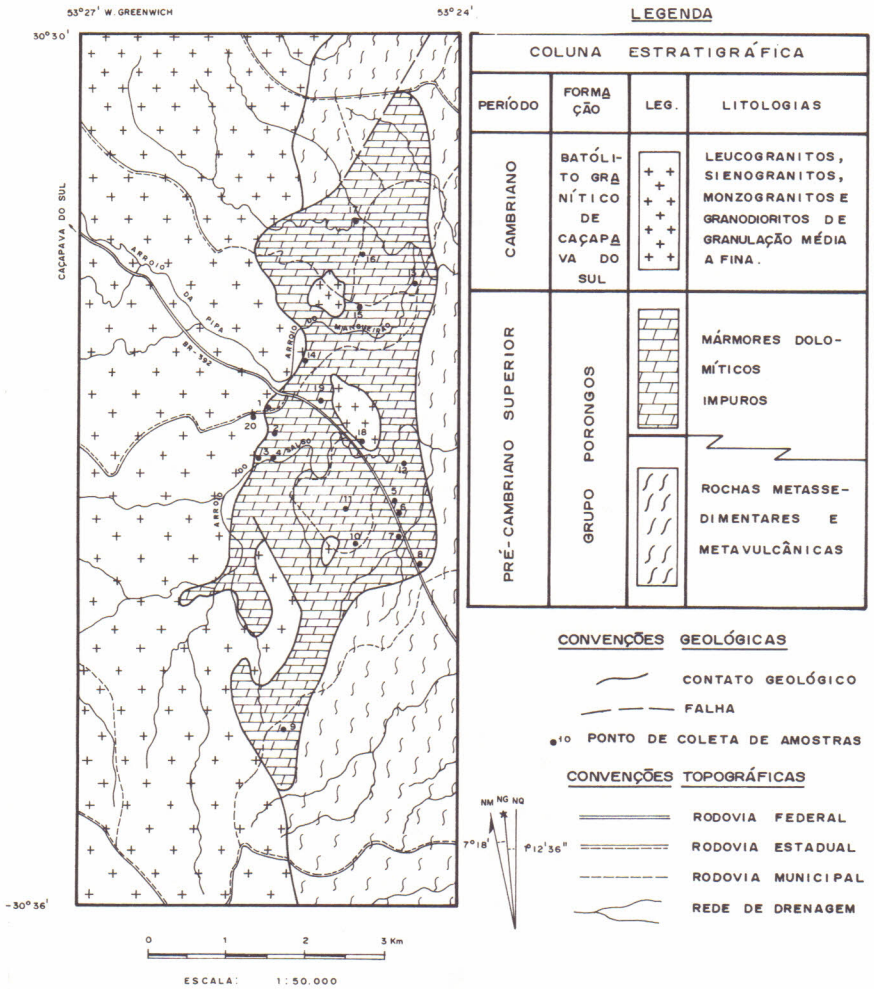


Figura 2 - Mapa geológico da área de ocorrência dos mármore dolomíticos impuros da região de Caçapava do Sul, RS. (Seg. Ribeiro, 1970, modifi.)

METODOLOGIA

De início, a região foi percorrida ao longo da rodovia principal (BR-392) e secundárias, para visualizar-se a extensão do corpo, conferir os contatos e reavaliar o mapa geológico da área, elaborado por RIBEIRO (1970). Através destas mesmas rodovias e utilizando-se, também, de outras menores e mesmo caminhos, foram coletadas amostras de diferentes pontos, tendo-se o cuidado, dentro do

possível, de realizar a amostragem em locais próximos e distantes do contato com o corpo principal do granito e, também, das apófises. Ao todo foram visitados vinte pontos de onde se coletaram as amostras para exames mais detalhados (Figura 2).

O acesso às "caieiras" foi plenamente facilitado pelos seus proprietários que em momento algum se opuseram às intenções deste trabalho.

Com a amostragem coletada durante os trabalhos de campo, determinou-se a cor, em comparação com a *Rock Colour Chart*. A petrografia foi realizada em lâminas delgadas, com o auxílio do microscópio de polarização.

Para as análises modais, utilizou-se um contador de pontos, adaptável ao microscópio de polarização, usando-se a técnica descrita em CHAYES (1949). O número médio de pontos por secção foi de 1.500.

As análises químicas de nove amostras foram realizadas no Laboratório de Química do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

Os dados analíticos referentes à composição dos minerais silicáticos foram obtidos com o auxílio de uma microsonda eletrônica, modelo *EMX-SM*, nos laboratórios do Instituto de Geociências da USP. As condições de operação foram: potencial de aceleração, 15 kV; corrente de amostra, 0,03 μ A; tempo de integração dos contadores, 10''; diâmetro aproximado do feixe eletrônico, 1 μ , para elementos aparentemente estáveis, e ampliado para cerca de 20 μ para o Na e K que apresentam problemas de volatilização. Como padrões foram utilizados: clinopiroxênio (CPX-118), diopsídio com 2% TiO₂ (vidro) e diopsídio 85 - jadeíta 15 (vidro), para os *diopsídios*; olivina (1741) e forsterita (Quebec) para as *olivinas*; tremolita (campolungo), hornblenda (kakanui), biotita (Universidade da Basiléia), biotita (\neq 3), biotita (\neq 1), tremolita (Falls Village), hornblenda (Wilberforce, Canadá) e benitoíta (San Benito) para as *tremolitas*; biotita (Universidade da Basiléia), biotita (\neq 3), clorita (MG-7), tremolita (Campolungo) e benitoíta (San Benito) para as *flogopitas* e *cloritas*. As correções e o tratamento dos dados foram realizados por computação eletrônica no Núcleo de Processamento de Dados da USP.

Os teores de Sr e Ba foram determinados em rocha total pela técnica da fluorescência de raios X, nos laboratórios do Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP. As nove amostras selecionadas foram submetidas à fluorescência durante 20 segundos e os padrões utilizados foram: GSP-1 e PCC-1.

Foram executadas análises químicas quantitativas, por via úmida, dos elementos principais, em nove amostras consideradas representativas das rochas estudadas.

Para as determinações químicas, utilizaram-se os seguintes métodos analíticos: gravimétrico (SiO_2 , H_2O e perda ao fogo), volumétrico (FeO e Fe_2O_3), complexométrico (Al_2O_3 , CaO e MgO), colorimétrico (MnO , TiO_2 e P_2O_5) e fotométrico (Na_2O e K_2O).

Os trabalhos analíticos tiveram lugar no Laboratório de Química do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da USP.

Durante a confecção das lâminas delgadas, empregou-se a técnica de coloração dos minerais carbonáticos por meio de Alisarina Vermelha Sulfonada (AVS) - Solução "A" - e Ferricianeto de Potássio (FP) - Solução "B" - visando a distinção entre minerais calcíticos e dolomíticos (WOLF *et alii*, 1967 e HUTCHISON, 1974). Esta técnica foi levada a efeito passando pelas seguintes etapas:

- 1- Confecção da lâmina delgada sem cobrir com lamínula.
- 2- Imersão da lâmina na solução "C" (vide abaixo) durante um minuto.
- 3- Lavagem cuidadosa da lâmina, em água corrente, deixando secar ao natural. Se a cor resultar pálida, repetir a operação, deixando a lâmina em imersão por tempo um pouco maior.
- 4- Colocar a lamínula.

O preparo das soluções de coloração constou do seguinte:

Solução "A":

0,1 g de AVS em 50 cc de HCl a 1,5%

Solução "B":

1,0 g de FP em 50 cc de HCl a 1,5%

Solução "C" (final):

30 cc de "A" + 20 cc de "B".

De acordo com esta técnica, os resultados obtidos serão os seguintes:

Dolomita - incolor

Dolomita ferrífera - azul turquesa

Calcita - vermelha

Calcita ferrífera - roxa.

Com o objetivo de confirmar a presença de certos minerais silicáticos, já observados ao microscópio, junto aos carbonáticos, algumas amostras foram submetidas à análise por difração de raios X. A referida análise foi efetuada em rocha total, sendo as amostras trituradas a ponto de pó, com granulometria < 200 *mesh*. Para melhor e mais facilmente identificar os picos representativos dos minerais silicáticos, fez-se, em cada amostra, uma análise da rocha *in natura* e outra da rocha previamente atacada por ácido clorídrico.

Foram realizados 16 difratogramas das rochas pertencentes ao corpo carbonático, utilizando-se, para isso, os laboratórios de

raios X do Instituto de Geociências da USP, equipados com aparelho de marca *Rigaku Geigerflex*, sendo o tubo de raios X da marca *Toshi* *ba*. As condições de operação foram: radiação, $K\alpha$ Cu; TC, 1s; V. V., $2^{\circ}/\text{min}$; CPS, 1.000.

PETROGRAFIA

Nos metamorfitos da borda leste do batólito granítico, si tua-se um corpo de rochas carbonatadas de aspecto lenticular e in terpenetrado por apófises graníticas. Os contatos são nítidos.

Nos locais de afloramentos, as feições estruturais carac terizam-se por um alto grau de fraturamento (possivelmente por movi mentos tectônicos posteriores à intrusão granítica) impossibilitan do, assim, o uso das referidas rochas para materiais de construção que exijam blocos inteiros de grandes dimensões.

A estrutura das rochas é irregular. Assim, são comuns ban das milimétricas a centimétricas, irregulares e descontínuas, de co lorações variadas, como esverdeadas, acinzentadas, verde-acinzen ta das e avermelhadas.

A textura predominante é a granoblástica, onde os grãos, de modo geral equidimensionais, apresentam bordos que variam de re tilíneos até serrilhados ou crenulados. Às vezes, entretanto, po de-se observar, dentro da própria textura granoblástica, dois tama nhos de grãos, sendo os maiores totalmente envolvidos pelos menores.

A descrição detalhada dos componentes minerais, com base na caracterização microscópica, é feita a seguir:

Dolomita

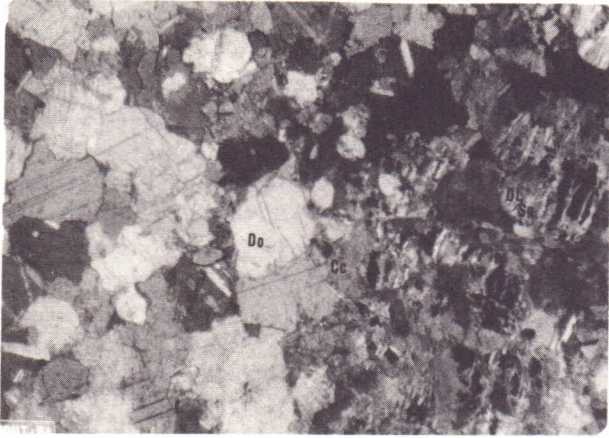
É o principal constituinte destas rochas, ocorrendo, de modo geral, como grãos equidimensionais, cuja disposição adquire o aspecto de mosaico. Seus contornos são irregulares, às vezes crenula dos, e são comuns as geminações polissintéticas, por vezes em mais de uma direção.

O tamanho médio dos grãos varia de 0,20 mm a 0,60 mm. Ou trossim, foram observados grãos com 1,35 mm (C-15a) e com 0,005 (C-5b). Em várias amostras (C-9f, C-9d, C-12a, C-12b, C-14a₂, C-17c, C-17e) nota-se a presença concomitante de dois tamanhos de grãos. Neste caso, os grãos de menor tamanho aparecem circundando os maio res e preenchendo os espaços entre eles. Fotomicrografia 1.

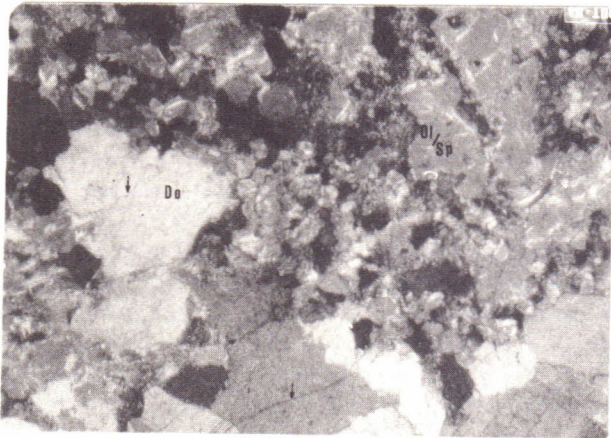
Em algumas amostras (C-9c, C-9d, C-9e, C-14a₁) observa-se a presença de microfaturas preenchidas por calcita. Fotomicrogra fias 2 e 3.

Em outros casos (CS-1, C-5b, C-5c, C-5d, C-5f, C-6, C-7, C-15a, C-17a) a dolomita aparece substituída pela calcita, mas, na maioria das vezes, a substituição é parcial. A forma original do grão é mantida e, como a substituição se processa das bordas para o

centro, é freqüente a presença de "ilhas" de dolomita no interior da calcita.



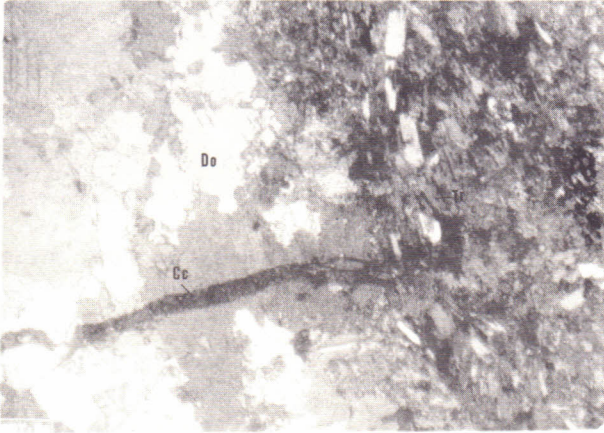
Fotomicrografia 1 - Aspecto granular da banda dolomítica (Do), à esquerda. À direita, associação de calcita (Cc) e olivina serpentinizada (Ol/Sp) com inclusões de opacos (Op). Níveis semicruzados. Aumento 45 X.



Fotomicrografia 2 - Grãos de dolomita (Do) mostrando microfissuras preenchidas por calcita (Cc). Banda com predominância de calcita (Cc) e olivina serpentinizada (Ol/Sp). Níveis semicruzados. Aumento 45 X.

Calcita

De modo geral, apresenta-se na forma de grãos com tamanho médio que varia de 0,12 mm a 0,30 mm, alcançando, em alguns casos, 0,80 mm e raramente 1,0 mm (C-19). O contorno dos mesmos, quando em contato entre si, é irregular, resultando em indivíduos subédricos. Entretanto, no limite com outros minerais, mostra interdigitações indicadoras de reação.



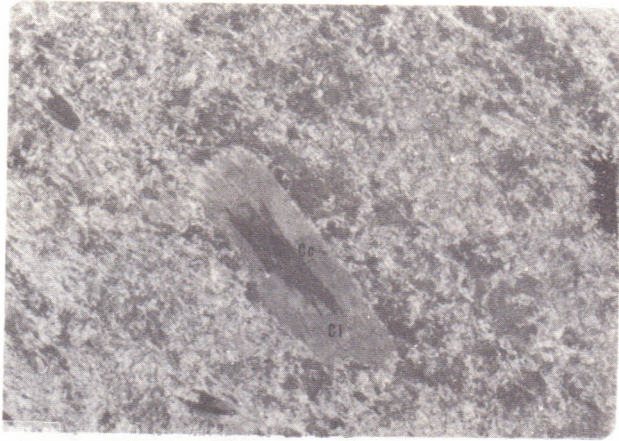
Fotomicrografia 3 - Microfratura em dolomita (Do) preenchida por calcita (Cc). À direita, banda com predominância de calcita (Cc) e tremolita (Tr). Nódulos semicirculares. Aumento 45 X.

Aparece preenchendo fraturas na rocha e/ou microfraturas em alguns minerais (Fotomicrografia 2 e 3), como dolomita, anfibólio (C-7, C-8, C-12a), mica (C-17f), piroxênio (C-19) e no interior de outros, como clorita. (Fotomicrografia 4).

Ocorre substituindo parcial ou totalmente a dolomita, substituição esta que foi favorecida pela penetração de soluções ao longo de microfissuras na dolomita. Por isso, são comuns "ilhas" desta última no seu interior.

Associa-se mais intimamente à dolomita, substituindo-a, num processo que inicia nas bordas e vai em direção ao centro dos grãos. Não obstante, ocorre, também, junto a anfibólio, piroxênio, clorita, olivina e serpentina, constituindo bandas irregulares e descontínuas, nas rochas, cuja espessura varia desde poucos milímetros a alguns centímetros.

Mostra-se, também, associada ao talco e mica (C-5b). Nestes locais, seus grãos apresentam bordos serrilhados indicativos de reação.



Fotomicrografia 4 - Clorita (Cl) com calcita (Cc) no seu interior, numa textura granoblástica fina. Nícois semicruzados. Aumento 100 X.

Calcita ferrífera

Com freqüência, possui hãbito granular cujos grãos, pequenos e aproximadamente equidimensionais, mostram um tamanho médio que varia de 0,1 mm a 0,2 mm. Em certos casos, alcançam 0,38mm (C-17c) e 0,03 mm (C-5c).

Às vezes, formam aglomerados granulares, de grãos bastante pequenos, e com aspecto alongado e irregular (C-9d). Fotomicrografia 5.



Fotomicrografia 5 - Banda mostrando associação de calcita (Cc) e calcita ferrífera (Ccf), além de microfraturas em dolomita (Do) preenchidas por calcita. Nícois paralelos. Aumento 45 X.

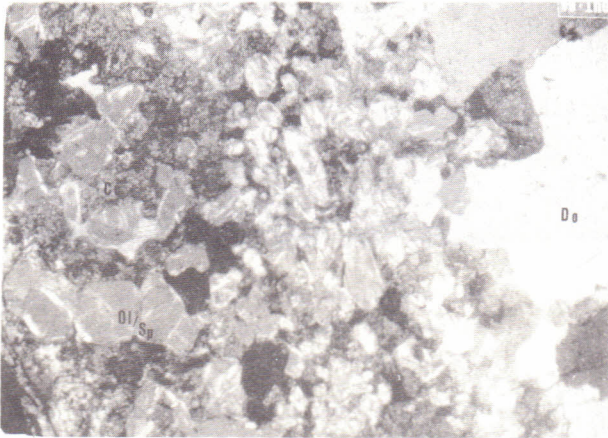
Associa-se, principalmente, à calcita, aparecendo, também, junto a anfibólio, clorita, quartzo e mica.

Em uma lâmina (C-17f), nota-se associação com clorita e talco formando microbandas e, também, sua inclusão em palhetas de mica.

Como regra, ocorre preenchendo fraturas na rocha, associada à calcita, embora seja bem menos abundante do que esta.

Olivina

Aparece na forma de grãos mais ou menos arredondados. Em geral, mostra-se alterada parcial ou totalmente em serpentina. Quando a alteração é completa, resta apenas o formato dos grãos originais (pseudomorfose) de olivina. (Fotomicrografia 2 e 6).



Fotomicrografia 6 - À esquerda, banda com predominância de calcita (Cc) e olivina serpentinizada (Ol/Sp). À direita, dolomita (Do). Nícois semicruzados. Aumento 45 X.

O tamanho médio dos grãos está em torno de 0,25 mm, atingindo, porém, valores da ordem de 1,70 mm (C-15a) e 0,04 mm (C-10) como máximo e mínimo, respectivamente.

Com frequência, está associada à calcita, ao longo de bandas irregulares e descontínuas na rocha.

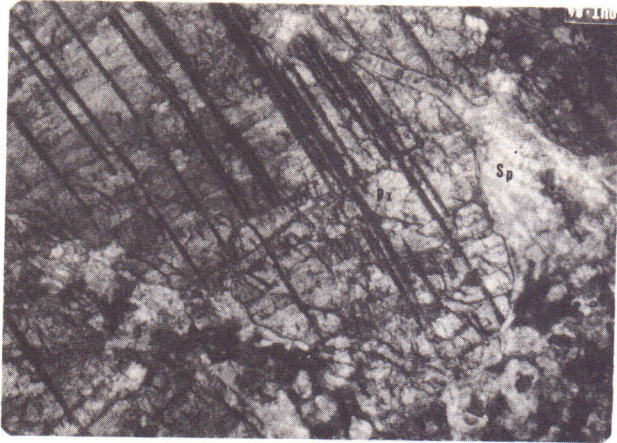
Em um caso (C-14a₁), nos grãos totalmente alterados em serpentina, observa-se a presença de massas microgranulares de óxido de ferro associadas. (Fotomicrografia 1).

Serpentina

Ocorre na forma de massas fibrosas, de contornos mais ou menos arredondados, dispersas na rocha formando pontos isolados ou

em pequenos agrupamentos.

Na maioria das vezes, seu formato lembra o dos minerais que lhes deram origem, uma vez que é produto de alteração da olivina. É comum, também, o seu aparecimento ao longo de clivagens e microfissuras em grãos de outros minerais, como piroxênio. Fotomicrografia 7.



Fotomicrografia 7 - Microfissuras em piroxênio (Px) preenchidas por serpentina (Sp) associada à calcita (Cc). Nícois semicruzados. Aumento 100 X.

Em geral, está associada à calcita formando microbandas onde, por vezes (C-9f), se juntam os anfibólios.

Flogopita

Com a forma de pequenas palhetas (Fotomicrografia 8), aparece com tamanho médio de 0,25 mm, alcançando valores de 1,64 mm (C-17c) e 0,03 mm (C-13c) como máximo e mínimo, respectivamente.

Geralmente, está associada à calcita e, às vezes, aos minerais silicáticos como olivina (C-14a₁) e clorita (C-17f), além de calcita ferrífera (C-9d, C-12b, C-17b, C-13b).

Ocorre dispersa pela rocha na forma de palhetas isoladas, ou ao longo de microfissuras, onde mostram alteração quase total em clorita.

Alteração parcial em clorita é comum em quase todas as amostras, observando-se um tipo ou outro numa mesma palheta ou conjunto foliáceo.

Em algumas amostras (C-12a, C-14a₁, C-14a₂, C-17c, C-19), foram observadas microdobras e microfissuras neste mineral, preenchidas geralmente por calcita e, em casos mais raros, por opacos

(C-9d, C-12a).



Fotomicrografia 8 - Tremolita (Tr) entre dolomita (Do), calcita (Cc) e flogopita (Fl). Nícois semicruzados. Aumento 100 X.

Anfibólio

Apresenta-se na forma de cristais fibrosos, geralmente de contornos irregulares, mostrando-se, às vezes, subêdricos e euêdricos (C-9f, C-10, C-12a), ou mesmo euêdricos (C-14a₂).

O seu comprimento médio gira em torno de 0,25 mm alcançando do valores de 1,20 mm e 0,03 mm como máximo e mínimo, respectivamente. Em alguns casos, ocorrem dois tamanhos numa mesma lâmina (C-8), alcançando 0,65 mm, em média, os maiores, e 0,23 mm, os menores.

Na maioria das vezes, são nítidas as duas direções de clivagem com secções basais típicas. Fotomicrografia 8.

Com frequência, associa-se à calcita e, em menor proporção, à calcita ferrífera, talco, dolomita e demais silicatos.

Em certos casos, os grãos se mostram agrupados e orientados (C-7), formando pequenos acúmulos, com dimensões de alguns milímetros, também orientados (C-9f); ou constituindo bandas milimétricas e descontínuas, na maioria das vezes associados à calcita (C-9e, C-17c, C-5c).

Os cristais apresentam-se incolores, sem pleocroísmo e o ângulo de extinção, medido em secção de máxima birrefringência, mostra valores de $ng - c = 11^{\circ} - 17^{\circ}$, nas diversas lâminas examinadas.

Não raro, observa-se a penetração de calcita ao longo das fissuras e nas cornosões dos grãos, acompanhada, por vezes, pela dolomita (C-9f, C-12a, C-14a₂, C-17e) e, mais raramente, pelo talco (C-5f).

Em certos locais, nota-se um relacionamento mais direto com calcita (C-9f) e, em outros, a presença de clorita nos bordos (C-8).

Clorita

Aparece na forma de palhetas geralmente incolores, às vezes de cor levemente esverdeada (C-5b, C-13b, C-13c), com fraco pleocroísmo para verde-acastanhado. Seu tamanho médio é de 0,16 mm, alcançando valores de 0,80 mm e 0,06 mm como máximo e mínimo, respectivamente.

Em geral, as palhetas dispõem-se aleatoriamente, preenchendo espaços entre os carbonatos. Contudo, em alguns locais (C-13b, C-13c), mostram certa orientação, enquanto noutros (C-17c), agrupam-se em determinadas porções da lâmina formando bandas juntamente com minerais silicáticos e calcita ferrífera.

Sua cor de interferência normalmente é anômala, representada por uma coloração azul-berlim (C-13b, C-5b), o que é característico para cloritas ricas em Mg.

Por vezes, nota-se associação com calcita que penetra ao longo de seus planos de clivagem (C-5b, C-9d, C-17c, C-17f), ou está inclusa no seu interior (Fotomicrografia 4). Noutros casos, observa-se associação com serpentina (C-1), talco (C-5b, C-17f) e dolomita (C-5b).

Outrossim, a presença de uma relação mais íntima entre clorita e flogopita, aparecendo as duas numa mesma palheta, indica sua origem pela alteração desta última (C-14a₂).

Piroxênio

Ocorre na forma de prismas curtos, subédricos a anédricos, de cor levemente esverdeada ou incolor e sem pleocroísmo. Com frequência, mostra fraturas e corrosões preenchidas por calcita (C-9e, C-10, C-14a₂), serpentina (C-10) (Fotomicrografia 7) e flogopita (C-14a₂).

É comum sua associação com calcita e, às vezes, com olivina e serpentina.

Na amostra C-19, o piroxênio é o principal constituinte mineralógico das bandas silicáticas que se alternam com os carbonatos.

O ângulo de extinção, medido em secções de máxima birrefringência, acusou valores de $ng - c = 40^\circ$.

Apatita

É rara e se apresenta na forma de pequenos grãos anédricos e, às vezes, subédricos (C-12a), com o desenvolvimento parcial de três arestas de face hexagonal. São incolores, sem pleocroísmo, baixa birrefringência e seu tamanho médio é de 0,12 mm, alcançando

0,16 mm e 0,07 mm como valores máximo e mínimo, respectivamente.

O mineral é uniaxial negativo, associa-se frequentemente à calcita e, às vezes, ao piroxênio e flogopita.

Sua disposição, na rocha, é aleatória.

Às vezes, alguns grãos (C-14a₂) se apresentam circundados por uma película de calcita.

Titanita

De alto relevo e cor amarelada, ocorre na forma de grãos isolados e espalhados entre os minerais silicáticos (C-17c).

Seu tamanho médio é de 0,20 mm e alguns grãos mostram o hábito losangular característico. Associa-se, principalmente, à calcita.

Quartzo

Apresenta-se na forma de massas granulares, cujos grãos são pequenos, irregulares e com disposição em mosaico. Às vezes (C-13c, C-17a), aparece euédrico, geralmente isolado, com formato hexagonal bastante característico.

Ocorre comumente associado à calcita, acompanhando, inclusive, sua orientação, e exibe nítida extinção ondulante.

Por vezes, mostra "ilhas" de dolomita no seu interior (C-13b), outras vezes, apresenta preenchimentos de talco (C-17a).

Seu tamanho médio é de 0,08 mm, entretanto, certos cristais euédricos atingem 1,5 mm (C-17a).

Em certos casos, preenche microfaturas na rocha (C-13c), com espessura de 0,01 mm a 0,03 mm.

Talco

De birrefringência alta e formando agregados de minúsculos cristais, ocorre associado à calcita, principalmente, e, em segundo plano, à calcita ferrífera, anfibólio, clorita e dolomita.

Aparece preenchendo microfissuras em anfibólios (C-5f) demonstrando a fase final de sua substituição pela tremolita. Ocorre, também, preenchendo espaços entre dolomita e clorita (C-6, C-7, C-17c).

Não é um mineral muito abundante, mas aparece em vários locais da área estudada.

Opacos

Ocorrem como massas microgranulares dispersas pela rocha ou obedecendo certa orientação, principalmente os planos de clivagem da dolomita. Aparecem, também, em fissuras nos grãos de dolomita, anfibólio, flogopita e serpentina. Fotomicrografia 1.

QUIMISMO COM A MICROSSONDA ELETRÔNICA

Na caracterização química dos minerais, recorreu-se à técnica de análise com a microsonda eletrônica, nas condições de operação e padrões utilizados referidos na Metodologia.

TABELA I - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE TREMOLITAS DOS MÁRMORES DE CAÇAPAVA DO SUL, RS.

Amostra nº	CS-5b		C-9e	CS-5c		C-14 _{a2}	
	n	b	n	n	b	n	b
SiO ₂	54,70	55,30	53,26	57,35	56,02	55,88	56,77
TiO ₂	0,00	0,01	0,12	0,25	0,24	0,14	0,11
Al ₂ O ₃	0,27	0,31	1,61	1,06	1,20	0,31	0,30
FeO	0,33	0,50	0,21	25,78	26,29	25,72	25,56
MnO	0,00	0,04	0,00	12,90	13,21	13,71	13,83
MgO	26,62	26,32	25,79				
CaO	13,27	11,99	12,79				
Na ₂ O	0,07	0,06	0,84				
K ₂ O	0,25	0,04	0,15				
BaO	0,00	0,00	0,00				
F	0,00	0,00	0,00				
Total	95,51	94,57	94,77	97,34	96,96	95,76	96,57

Fórmula estrutural expressa na base de 23 átomos de oxigênio.

Si	7,658	7,766	5,526	7,839	7,724	7,776	7,823
Al ^{IV}	0,045	0,051	0,268	0,041	0,039	0,023	0,018
Al ^{VI}	-	-	-	-	-	-	-
Ti	0,000	0,001	0,013				
Fe	0,039	0,059	0,025	0,121	0,138	0,0306	0,035
Mn	0,000	0,005	0,000				
Mg	5,556	5,510	5,431	5,252	5,403	5,334	5,250
Ca	1,990	1,804	1,935	1,888	1,951	2,044	2,042
Na	0,018	0,016	0,230				
K	0,044	0,007	0,028				
Ba	0,000	0,000	0,000				
F	0,000	0,000	0,000				
Y	5,595	5,575	5,469				
X	2,052	1,827	2,193				

Obs.: n - núcleo; b - borda.

Y - Posições estruturais dos cátions: Mg, Mn e Fe.

X - Posições estruturais dos cátions: Ca, Na e K.

As amostras foram selecionadas de acordo com a frequência de aparecimento dos minerais a serem analisados. Em alguns casos, entretanto, este trabalho foi dificultado tendo em vista a alteração apresentada por certos minerais, como olivinas, o pequeno tamanho de outros, como cloritas, e o número reduzido de alguns, como flogopitas.

A seguir, são descritos os minerais analisados.

TABELA II - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE DIOPSÍDIOS DOS MÁRMORES DE CAÇAPAVA DO SUL.

Amostra nº	Cs-5b I		CS-5b III		C-9e I		C-9e III		C-10 I		C-10 II		C-10 III		C-19 III	
	n	b	n	b	n	b	n	b	n	b	n	b	n	b	n	b
SiO ₂	61,83	57,20	57,25	56,27	56,74	52,31	54,73	54,61	54,81	53,39	53,80	50,31	50,15	52,71	53,37	
Al ₂ O ₃	0,06	0,05	0,10	0,06	0,01	0,18	0,11	0,02	0,02	0,09	0,02	0,02	0,04	0,06	0,06	
FeO	0,36	1,04	0,73	0,18	0,20	0,27	0,32	0,84	0,83	0,90	0,81	0,98	0,88	0,28	0,27	
MgO	25,10	23,14	25,24	19,54	21,34	23,72	25,01	20,07	19,65	20,61	19,83	19,38	20,94	23,04	23,55	
CaO	13,34	17,86	15,56	25,78	25,61	22,81	18,18	25,53	25,48	25,42	25,17	26,03	25,31	12,88	12,87	
Total	100,69	99,29	98,88	101,83	103,90	99,29	98,35	101,07	100,79	100,41	99,63	96,72	97,32	88,97	90,12	
Fórmula estrutural expressa na base de 6 átomos de oxigênio																
Si	2,111	2,031	2,025	1,991	1,969	1,903	1,970	1,959	1,970	1,934	1,958	1,908	1,887	2,055	2,053	
Al ^{IV}	-	-	-	0,003	0,001	0,008	0,005	0,001	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,002	-	-
Al ^{VI}	0,002	0,002	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003	0,003	
Fe	0,010	0,031	0,022	0,005	0,006	0,008	0,010	0,025	0,025	0,027	0,025	0,031	0,028	0,009	0,009	
Mg	1,277	1,224	1,331	1,031	1,104	1,286	1,342	1,073	1,053	1,113	1,076	1,095	1,174	1,339	1,350	
Ca	0,488	0,680	0,590	0,977	0,952	0,889	0,701	0,981	0,981	0,987	0,982	1,057	1,020	0,898	0,897	
%Fe	0,57	1,60	1,13	0,25	0,29	0,37	0,49	1,20	1,21	1,27	1,20	1,42	1,26	0,40	0,40	
%Mg	71,94	63,26	68,50	51,22	53,54	58,91	65,37	51,61	51,14	52,33	51,66	50,16	52,84	59,62	59,84	
%Ca	27,49	35,14	30,37	48,53	46,17	40,72	34,14	47,19	47,65	46,40	47,14	48,42	45,90	39,98	39,76	

Obs.: n - núcleo; b - borda.

TABELA III - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE OLIVINAS DOS MÁRMORES DE CAÇAPA VA DO SUL, RS.

Amostra nº	C-19		C-10 I		C-10 II		C-10 III	
	n	b	n	b	n	b	n	b
SiO ₂	40,03	39,02	40,61	40,37	40,01	39,45	39,54	39,69
FeO	0,18	0,20	6,19	6,13	6,20	6,05	5,39	5,97
MgO	39,67	38,92	50,73	50,87	50,93	50,74	50,22	48,74
Total	79,88	78,14	97,53	97,37	97,14	96,24	95,15	94,40
Fórmula estrutural expressa na base de 4 átomos de oxigênio								
Si	1,149	1,146	1,003	0,999	0,993	0,989	0,998	1,011
Fe	0,004	0,005	0,128	0,127	0,129	0,127	0,114	0,127
Mg	1,697	1,703	1,867	1,876	1,885	1,896	1,890	1,851
Fayalita	0,24	0,29	6,42	6,34	6,41	6,28	5,69	6,42
Forsterita	99,76	99,71	93,58	93,66	93,59	93,72	94,31	93,58

Obs.: n - núcleo; b - borda.

Anfibólios

O estudo dos anfibólios baseou-se, inicialmente, em observações ópticas. Contudo, para uma melhor caracterização e consequente classificação, efetuou-se, com a microsonda eletrônica, a análise dos elementos Si, Mg, Ca, Fe e Al, nos grãos opticamente mais característicos, e Ti, Mn, Na, K e F, além dos elementos anteriormente citados, para os indivíduos menos característicos, do ponto de vista óptico.

As leituras foram realizadas em cerca de 14 grãos deste tipo mineralógico, em 4 amostras, e as condições de operação e parâmetros empregados estão descritos na Metodologia.

A composição química, apresentada na Tabela I, mostra que não há zoneamento nos minerais analisados.

De acordo com os resultados obtidos e lançados no diagrama da Figura 3, foi possível identificá-los como *tremolitas*.

Piroxênios

A determinação, por microsonda, das concentrações de Si, Mg, Ca, Fe e Al foi feita tendo por objetivo principal a caracterização química dos piroxênios e sua classificação.

As leituras efetuaram-se em aproximadamente 25 grãos diferentes deste mineral, em 4 amostras.

TABELA IV - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FLOGOPITAS DOS MÁRMORES DE CAÇAPA VA DO SUL, RS.

Amostra nº	Cs-5B		C-14a ₁		C-9e		C-14a ₂	
	n	b	n	b	n	b	n	b
SiO ₂	38,69	38,59	39,54	39,50	41,85	41,23	41,51	41,32
TiO ₂	0,22	0,18	0,09	0,08	0,17	0,19	0,19	0,26
Al ₂ O ₃	12,20	12,27	19,09	18,69	12,93	12,82	13,70	13,96
FeO	2,92	2,48	0,42	0,44	0,33	0,29	0,53	0,54
MnO	0,02	0,07	0,00	0,00	0,08	0,02	0,01	0,02
MgO	31,89	31,44	35,41	35,20	32,42	29,86	35,54	32,47
CaO	0,60	0,70	0,14	0,18	0,11	0,11	0,20	0,15
Na ₂ O	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,36	0,32	0,16
K ₂ O	0,34	0,26	0,00	0,00	7,00	9,69	7,84	9,85
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,52	0,08	0,07
Total	86,89	86,02	94,71	94,11	95,28	95,09	99,92	98,80
Fórmula estrutural expressa na base de 22 átomos de oxigênio								
Si	5,669	5,700	5,232	5,260	5,746	5,776	5,484	5,570
Al ^{IV}	2,107	2,137	2,768	2,740	2,092	2,116	2,133	2,218
Al ^{VI}	-	-	0,209	0,193	-	-	-	-
Ti	0,025	0,020	0,009	0,008	0,018	0,021	0,019	0,026
Fe	0,357	0,306	0,046	0,049	0,037	0,035	0,058	0,061
Mn	0,003	0,000	0,000	0,000	0,010	0,003	0,001	0,002
Mg	6,964	6,922	6,983	6,987	6,635	6,235	6,999	6,524
Ca	0,094	0,111	0,020	0,026	0,016	0,017	0,029	0,022
Na	0,002	0,009	0,006	0,006	0,009	0,097	0,081	0,042
K	0,064	0,056	0,000	0,000	1,225	1,732	1,321	0,693
Ba	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,029	0,004	0,004
Y	7,349	7,248	7,247	7,237	6,700	6,294	7,077	6,613
X	0,160	0,176	0,026	0,032	1,250	1,846	1,431	1,757
% Fe	4,88	4,23	0,65	0,70	0,55	0,56	0,82	0,93
% Mg	95,12	95,77	99,35	99,30	99,45	99,44	99,18	99,07

Obs.: FeO - calculado como Fe_{total}

n - núcleo; b - borda.

Y - Posições estruturais dos cátions: Mg, Mn e Fe.

X - Posições estruturais dos cátions: Ca, Na e K.

A composição química parcial consta da Tabela II e os dados obtidos e lançados no diagrama da Figura 4 permitiram classificá-los como *diopsídios* e *endiopsídios*.

Olivinas

Fe, Si e Mg foram os elementos analisados com o intuito de caracterizar este mineral e identificar sua espécie.

TABELA 5 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CLORITAS DOS MÁRMORES DE CAÇAPAVA DO SUL, RS.

Amostra nº	C-9e		C-14a ₂	
	n	b	n	b
SiO ₂	44,52	45,10	44,88	45,06
TiO ₂	0,06	0,05	0,11	0,17
Al ₂ O ₃	3,34	2,22	2,73	3,54
FeO	0,16	0,14	0,55	0,51
MnO	0,02	0,02	0,00	0,00
MgO	40,51	40,89	41,80	40,06
CaO	0,14	0,36	0,19	0,18
Na ₂ O	0,09	0,06	0,10	0,10
K ₂ O	5,29	3,06	2,70	3,86
BaO	0,20	0,17	0,00	0,26
F	0,00	0,00	0,60	0,60
Total	94,33	92,07	93,66	94,34

Fórmula estrutural expressa na base de 28 átomos de oxigênio

Si	7,827	8,000	7,784	7,811
Al ^{IV}	0,173	0,000	0,216	0,189
Al ^{VI}	0,519	0,466	0,343	0,534
Ti	0,008	0,007	0,015	0,023
Fe	0,024	0,021	0,080	0,074
Mn	0,003	0,003	0,000	0,000
Mg	10,616	10,816	10,806	10,350
Ca	0,027	0,069	0,036	0,034
Na	0,030	0,022	0,032	0,035
K	1,186	0,693	0,597	0,852
Ba	0,014	0,012	0,000	0,017
F	0,000	0,000	0,328	0,330
Y	11,170	11,313	11,244	10,981
X	1,243	0,784	0,665	0,921

Obs.: n - núcleo; b - borda.

Y - Posições estruturais dos cátions: Mg, Mn e Fe.

X - Posições estruturais dos cátions: Ca, Na e K.

FeO - calculado como Fe_{total}

Pelo fato de se apresentarem parcial ou totalmente alterados, o trabalho de seleção de grãos e amostras tornou-se um pouco difícil. Entretanto, a relativa abundância deste mineral (aparece em 9 das 25 amostras estudadas) permitiu um bom número de análises e, conseqüentemente, sua caracterização.

TABELA VI - COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA MODAL DE AMOSTRAS DOS MÁRMORES DE CAÇAPAVA DO SUL, RS.

Amostra nº	Dol.	Cc.	Cc.Fer.	Diop.	Trem.	Flog.	Oliv/ Serp	Talco	Clor.	Quar.	Titan.	Apat.
CS-1	79,9	9,7	--	0,2	1,6	1,9	6,7	--	Tr.	--	--	--
C-5b	80,0	20,0	--	--	Tr.	Tr.	--	Tr.	Tr.	--	--	--
C-5c	25,2	28,3	Tr.	--	46,5	--	--	--	--	--	--	--
C-5d	94,5	4,7	--	--	0,8	Tr.	--	--	--	--	--	--
C-5f	3,1	44,2	--	--	52,5	0,2	--	Tr.	--	--	--	--
C-6	1,5	18,5	--	--	80,0	--	--	Tr.	--	--	--	--
C-7	--	16,6	--	--	83,4	--	--	Tr.	--	--	--	--
C-8	41,6	40,0	2,7	--	15,7	--	--	Tr.	--	--	--	--
C-9c	91,6	5,4	--	--	--	--	3,0	--	--	--	--	--
C-9d	73,0	14,9	3,5	--	--	3,2	--	--	5,4	--	--	--
C-9e	78,3	8,4	--	Tr.	3,1	5,4	4,8	--	--	--	--	--
C-9f	39,8	18,6	--	--	14,4	--	10,4	11,7	5,1	--	--	--
C-10	13,5	23,5	--	42,3	Tr.	--	20,7	--	--	--	--	--
C-12a	88,2	4,8	--	--	5,5	1,5	--	--	--	--	--	Tr.
C-12b	84,4	8,2	4,4	--	--	1,4	--	--	Tr.	1,6	--	--
C-13b	84,8	5,9	3,0	--	--	0,2	--	--	5,3	0,8	--	--
C-13c	86,8	1,6	1,2	--	--	0,7	--	--	4,2	5,5	--	--
C-14a ₁	66,5	17,4	--	--	--	7,3	8,8	--	--	Tr.	--	--
C-14a ₂	37,9	32,4	--	0,7	7,2	21,8	--	--	--	--	--	Tr.
C-15a	34,0	35,6	--	--	--	0,2	30,2	--	--	--	--	Tr.
C-17c	35,2	15,0	4,8	--	3,6	4,5	--	22,1	13,0	--	1,8	Tr.
C-17e	90,2	2,4	--	--	1,8	5,0	--	0,6	Tr.	Tr.	--	--
C-17f	85,0	3,6	3,4	--	--	Tr.	--	5,2	2,8	--	--	--
C-19	2,3	4,4	--	78,2	--	9,7	0,6	2,2	--	2,6	--	--

TABELA VII - ANÁLISE QUÍMICA DOS ELEMENTOS PRINCIPAIS DOS MÁRMORES DE CAÇAPAVA DO SUL, RS.

	CS-1	C-5c	C-8	C-9e	C-10	C-13b	C-14a ₂	C-15a	C-19
SiO ₂	3,50	19,90	4,28	4,00	15,09	4,87	7,20	12,50	42,32
Al ₂ O ₃	4,30	n.d.	1,02	1,37	1,76	3,54	2,79	n.d.	2,21
CaO	29,78	30,06	31,52	30,02	29,49	34,27	28,17	31,40	18,89
MgO	21,12	18,13	21,57	22,44	18,81	16,21	22,29	21,01	25,86
Fe ₂ O ₃	0,02	0,37	0,13	n.d.	n.d.	0,38	n.d.	n.d.	n.d.
FeO	0,35	0,72	0,30	0,50	1,08	0,72	0,53	1,54	0,54
MnO	n.d.	0,11	n.d.	n.d.	0,14	0,36	n.d.	n.d.	n.d.
TiO ₂	0,18	0,18	0,30	0,12	0,20	0,20	0,26	0,20	0,12
P ₂ O ₅	0,06	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,06	0,03	0,05
Na ₂ O	1,93	0,87	0,80	1,10	0,74	0,88	1,40	1,21	0,82
K ₂ O	0,22	0,05	0,03	0,08	0,03	0,03	0,54	0,10	0,27
H ₂ O	0,51	0,47	0,54	0,28	0,55	0,20	0,40	0,72	0,65
Perda ao fogo	38,01	29,09	39,45	40,04	32,07	38,29	36,33	31,26	8,25
Total	99,98	99,98	99,98	99,98	99,99	99,99	99,97	99,97	99,98
Elementos traços (ppm)									
Ba	80	70	115	95	40	85	30	80	130
Sr	56	60	37	144	144	85	70	43	15
Razão									
CaO/MgO	1,4	1,7	1,5	1,3	1,6	2,1	1,3	1,5	0,7

Os resultados obtidos constam da Tabela III e o cálculo das percentagens de Fe e Mg permitiu classificá-las como *forsteritas* (Figura 5).

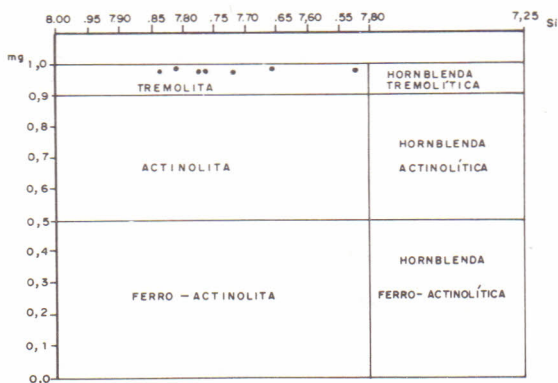


FIGURA 3 - Anfibólios dos mármore de Caçapava do Sul, projetados no diagrama de Leake (1968).

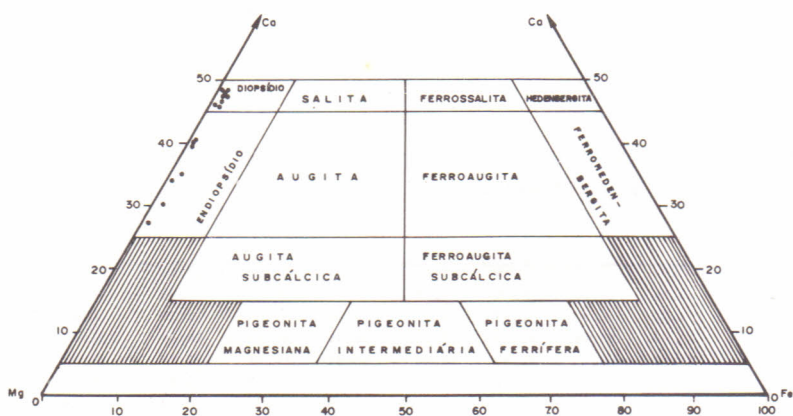


FIGURA 4 - Piroxênios dos mármore de Caçapava do Sul, projetados de acordo com a nomenclatura dos clinopiroxênios de Poldervaart & Hess, 1951 (In: DEER, HOWIE & ZUSSMAN 1971).

Micas

Para esse mineral foram analisados os elementos: Fe, Ti, Mg, Mn, Na, Ca, F, Ba, K, Si e Al. A composição química e a fórmula estrutural constam da Tabela IV.

De acordo com os resultados obtidos no cálculo das percentagens de Fe e Mg, foi possível classificá-las como *flogopitas*.

Cloritas

As cloritas foram submetidas à análise dos mesmos elementos das micas, por se mostrarem opticamente confundíveis com estas.

Suas maiores quantidades em Si e Mg, entretanto, permitiram a sua distinção.

A composição química e a fórmula estrutural constam da Tabela V.

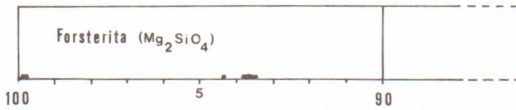


FIGURA 5 - Olivinas dos mármore de Caçapava do Sul, projetadas no diagrama de DEER, HOWIE & ZUSSMAN, 1977 (modif.).

De acordo com os resultados obtidos e lançados no diagrama da Figura 6, pôde-se concluir tratarem-se de *talco-cloritas*.

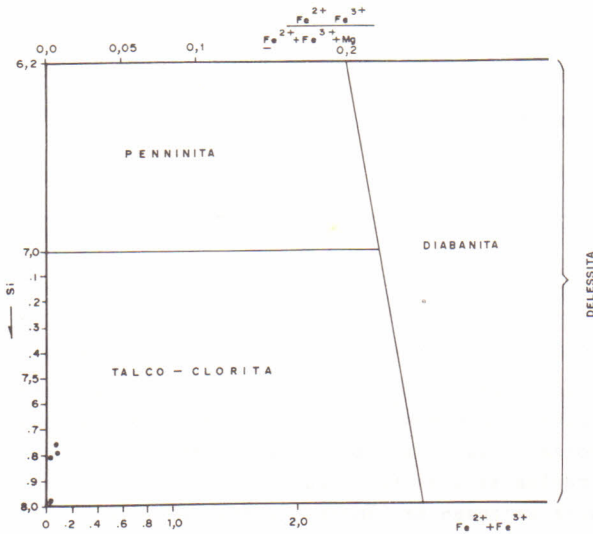


FIGURA 6 - Cloritas dos mármore de Caçapava do Sul, projetadas no diagrama de HEY, 1954 (In: DEER, HOWIE & ZUSSMAN, Rock Forming Minerals, 1971).

COMPOSIÇÃO MODAL

Foram efetuadas análises modais em 24 lâminas delgadas. Estas análises foram levadas a efeito por meio de um contador de pontos, adaptável ao microscópio de polarização, e usando-se a técnica descrita em CHAYES (1949).

Os resultados obtidos constam da Tabela VI.

A dolomita é o mineral predominante na maioria das amostras, atingindo, em alguns casos (C-5d, C-9c, C-17e), percentagens superiores a 90%, o que permite classificá-las como mármore dolomíticos.

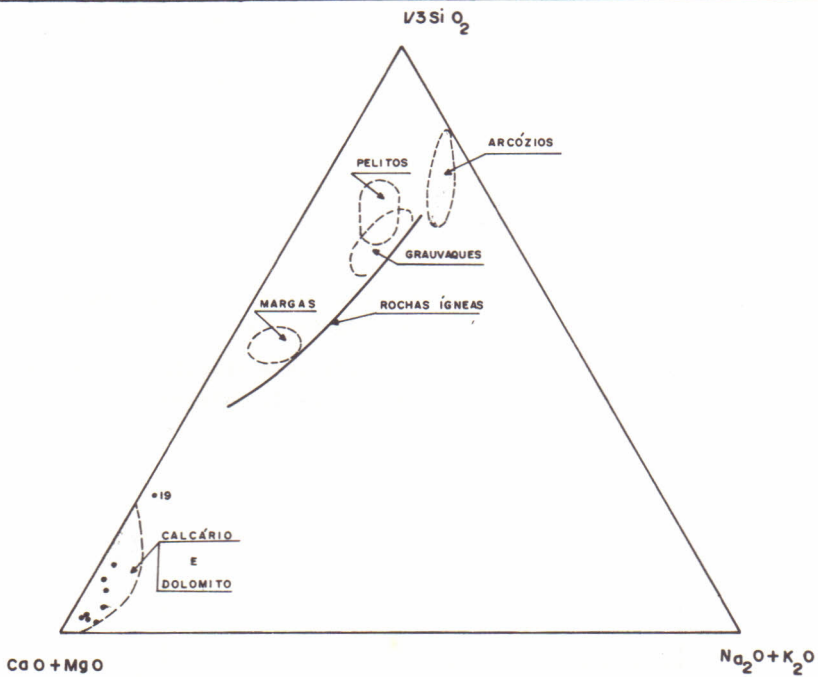


FIGURA 7 - Diagrama de composição $1/3 \text{SiO}_2 - (\text{CaO} + \text{MgO}) - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$. As áreas das rochas sedimentares e a tendência das rochas ígneas são desenhadas segundo WAHLSTROM & KIM (1959).

Algumas amostras (C-5f, C-6, C-7, C-19) apresentam valores baixos para este mineral. Isto deve-se ao fato de possuírem estrutura bandada, o que, na análise modal, dificulta a obtenção de percentual realmente significativo deste mineral na rocha. Outrosim, a própria extensão da lâmina não foi suficiente, em alguns casos, para abranger maior quantidade de constituintes mineralógicos, daí a razão de terem sido feitas mais de uma lâmina do mesmo local.

Outro motivo que causou o registro de baixas percentagens de dolomita, em algumas lâminas, foi o de termos orientado a confecção das mesmas abrangendo mais as bandas silicáticas, a fim de melhor caracterizar as espécies dos seus minerais constituintes e sua abundância na rocha.

Por outro lado, observou-se que todas as amostras, cujas lâminas foram feitas em locais com estrutura maciça, apresentavam percentagens altas de minerais carbonáticos, notadamente de dolomita. Isto sugere que os minerais silicáticos se encontram, principalmente, nas bandas, ocorrendo em pequenas quantidades dispersos de modo aleatório pela rocha.

A calcita está presente em todas as lâminas estudadas,

ocorrendo, de modo geral, em quantidades menores que a dolomita, a qual aparece frequentemente associada. A variação de uma lâmina para outra reflete sua disposição em bandas, nem sempre apanhadas na sua totalidade pela secção.

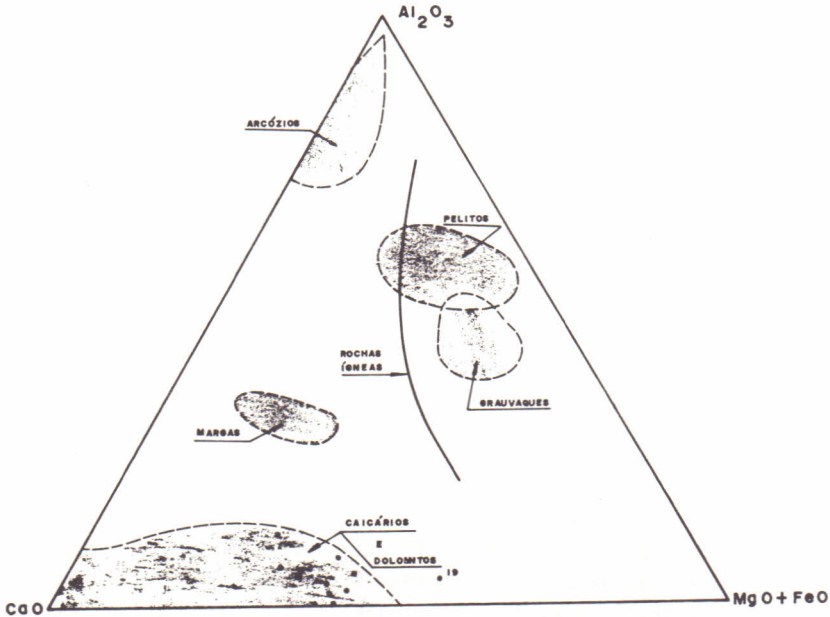


FIGURA 8 - Diagrama de composição Al_2O_3 -CaO-(MgO+FeO). Baseado em WAHLSTROM & KIM (1959).

Dos carbonatos, a calcita ferrífera é o que ocorre em menor quantidade, aparecendo em apenas oito das lâminas descritas. Está comumente associada à calcita, parecendo ser produto de substituição desta (poderá, também, ser resultante da entrada de íons de Fe durante a percolação de fluidos no mineral).

Dentre os minerais silicáticos presentes, o anfibólio é um dos mais abundantes, perfazendo, em algumas amostras, altas percentagens das bandas (C-6, C-5c, C-7). Ocorre em maior quantidade nas porções leste e sul da área estudada. Comumente está associado à calcita (c-9f).

A flogopita, também um dos minerais mais abundantes dentre os silicáticos, tem suas maiores presenças distribuídas nas porções central e norte da área. Geralmente alterada em clorita, tem suas ocorrências concomitantes a esta e distribuição semelhante.

Olivina, total ou parcialmente alterada em serpentinas, aparece, de maneira bem evidente, espalhada pela área, preferencialmente nas bandas silicáticas.

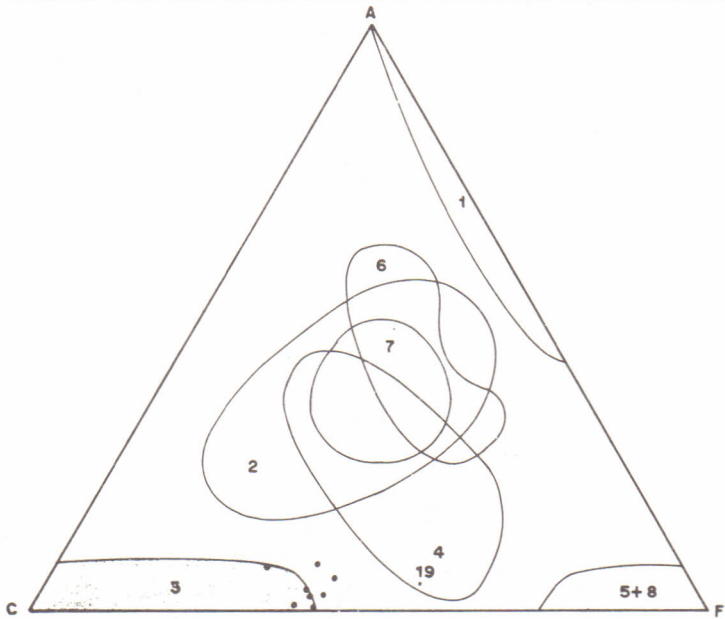


FIGURA 9 - Diagrama ACF mostrando os campos de composição química das principais rochas ígneas e sedimentares. 1 - pelitos; 2 - margas; 3 - calcários; 4 - rochas básicas; 5 - rochas ultrabásicas; 6 - grauvaques; 7 - rochas quartzo-feldspáticas; 8 - rochas ferríferas (OLIVEIRA, 1980; baseado em WINKLER, 1977).

São poucas as ocorrências de piroxênio que se restringem a cinco lâminas dentre as estudadas. Sua presença parece estar condicionada a locais próximos ao corpo granítico.

O talco, relativamente comum mas aparecendo em pequenas quantidades, tem, geralmente, suas maiores ocorrências registradas na região norte da área (C-17c).

O quartzo aparece em pequenas quantidades e está mais restrito às regiões norte e nordeste da área.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS MÁRMORES

A seleção das amostras para análises químicas em rocha total foi realizada por meio de uma triagem, inicialmente com base na observação das características macroscópicas, culminando, posteriormente, na escolha definitiva, com o auxílio da análise microscópica. Desta forma, foram selecionadas nove amostras que melhor representassem as variedades petrográficas, procurando-se, ao mesmo tempo, manter uma distribuição espacial mais homogênea possível no corpo

estudado.

Os dados obtidos nestas análises químicas constam da Tabela VII.

De acordo com os resultados, pode-se observar que as percentagens de CaO e MgO, além da Perda ao Fogo que inclui quantidades de CO₂, caracterizam-nas como *carbonatadas*.

Os valores de CaO apresentam uma variação de 28,0% a 31,0%, excetuando-se a amostra C-19 que, por ser mais representativa de uma banda da rocha, exibe percentagem mais baixa deste óxido, estando enriquecida em sílica.

MgO demonstra maiores variações (16,0% a 25,0%), embora com percentagens mais baixas se comparado com CaO.

Outro componente importante é a sílica. Sua variação é grande e reflete a presença, em maior e menor quantidade, de minerais silicáticos nas rochas. As amostras C-5c e C-10, por exemplo, possuem os maiores teores em SiO₂. Comparando-se com a análise modal (Tabela VI) percebe-se que estas amostras possuem elevadas percentagens de minerais silicáticos, como tremolita e diopsídio. Já os altos teores de SiO₂ da amostra C-15a refletem-se na presença de grande percentagem de olivina/serpentina e, em menor quantidade, flogopita.

Para efeito de comparação e interpretação petrográfica, foram elaborados diagramas, construídos a partir do trabalho de WAHLSTROM e KIM (1959), onde os autores representam os campos de variação para os diversos tipos de rochas sedimentares, além da tendência das rochas ígneas. Esses diagramas: 1/3 SiO₂ - (CaO + MgO) - (Na₂O + K₂O) e Al₂O₃ - CaO - (MgO - FeO) estão representados nas Figuras 7 e 8 respectivamente.

Projetando-se as amostras nos referidos diagramas, observa-se que os pontos caem em campos sedimentares, mais especificamente para rochas de composição semelhante aos calcários e dolomitos, o que nos permite determinar sua natureza pré-metamórfica.

Ainda procurando confirmar as tendências apresentadas pelas rochas nos diagramas anteriores, utilizou-se o diagrama triangular ACF, cujos campos de variação dos diversos grupos de rochas sedimentares e magmáticas são baseados principalmente no trabalho de WINKLER (1977) e GIRARDI (1979), in OLIVEIRA (1980), Figura 9.

Pode-se notar que a maioria das amostras projetadas, com exceção da C-19 que corresponde a uma banda silicática, cai no campo das rochas calcárias e suas imediações, corroborando, assim, os resultados anteriores.

As análises químicas fornecidas por duas indústrias de "calcário" da região, mostram valores de 28,61 ± 1,5% para CaO e de 16,98 ± 1,3% para MgO. Num confronto destas análises com as realizadas neste trabalho, observa-se que as maiores concentrações de

Mg estão diretamente relacionadas com as bandas silicáticas, uma vez que as maiores percentagens deste elemento foram detectadas em amostras extraídas destas bandas.

Por outro lado, nota-se que as análises efetuadas pelas indústrias são coincidentes com as porções mais carbonáticas das rochas, justificando, assim, sua exploração econômica.

DETERMINAÇÕES MINERALÓGICAS POR DIFRATOMETRIA DE RAIOS X

Com o intuito de investigar, por meio de outros métodos, a variação mineralógica das amostras dos mármores de Caçapava do Sul, observadas em seções delgadas, foram feitas análises por difração de raios X em oito amostras (BORTOLOTTO, 1986).

A metodologia e condições de operação estão descritas anteriormente.

Na amostra C-9f foram detectados picos representativos de dolomita e calcita, confirmando sua presença, e de tremolita, serpentina, talco e clorita.

As amostras C-13b e C-13c revelaram, novamente, a predominância dos carbonatos e acusaram o aparecimento de clorita, quartzo e mica, comuns a ambas, e talco, restrito à C-13b.

Nas amostras C-17c, C-17e e C-17f apareceram em maior quantidade os carbonatos, seguidos de clorita e talco, em todas, titanita, na 17c, e flogopita, quartzo e tremolita, na C-17e.

As amostras C-17a e C-19 por serem representativas das bandas silicáticas, mostraram predominância destes minerais, notadamente de serpentina, clorita e talco.

CONCLUSÕES

No presente trabalho foram apresentadas, descritas, quantificadas e discutidas as rochas carbonatadas pertencentes à faixa litológica dos metamorfitos envolventes do Granito Caçapava.

Inicialmente, as análises modal e química indicaram a predominância de carbonatos sobre silicatos, estando estes últimos relacionados mais às bandas das rochas.

Os minerais detectados e posteriormente identificados por microscopia, microsonda eletrônica e difratometria de raios X, foram: dolomita e calcita, dos carbonatos; diopsídio, forsterita, tremolita, serpentina, flogopita, clorita e talco, dos silicatos mais abundantes; aparecendo titanita, apatita e quartzo em menores quantidades.

A conclusão final advinda com os estudos ora realizados, sobre essas rochas carbonáticas, aponta no sentido de se tratarem de *mármores dolomíticos impuros*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORTOLOTTO, O.J. *Petrologia dos Mármores de Caçapava do Sul*, RS.

- Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 1986. (Inédito).
- CHAYES, F. A simple point-counter for thin section analyses. *Am. Miner.*, 134: 1-11, 1949.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A. & ZUSSMAN, J. *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. Longman. London. 1971.
- GIRARDI, V.A.V. *Metamorfismo e seus produtos*. Curso de Pós-Graduação. Instituto de Geociências, USP. 1979. (Inédito).
- HEY, M.H. A new review of the chlorites. *Min. Mag.* 30: p.277. 1954. (Cit. em DEER *et alii*, 1977).
- HUTCHISON, C.S. *Laboratory Handbook of Petrographic Techniques*. J. Wiley & Sons. N. York. 1974.
- LEAKE, B.E. A catalog of analysed calciferous and subcalciferous amphiboles together with their nomenclature and associated minerals. *Geol. Soc. Am. Spec. Paper*, 98. 210p. 1968. (cit. em HUTCHISON, 1974).
- OLIVEIRA, M.A.F. de - *Petrologia das rochas granulíticas da Faixa Paraíba do Sul, Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais*. Tese de Livre Docência, UNESP, Rio Claro, SP, 1980. (Inédito).
- POLDERVAART, A. & HESS, H.H. Pyroxenes in the crystallization of basaltic magma. *Journ. Geol.* 59: p.472. 1951. (cit. em DEER *et alii*, 1977).
- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P.R.; FIGUEIREDO Fº, P.M. & TESSARI, R.L. Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. Div. Fom. Prod. Min., *Bol.* 127; 232p. 1966.
- RIBEIRO, M. Geologia da Folha de Bom Jardim, Rio Grande do Sul, Brasil. Dep. Nac. Prod. Min., Div. Geol. e Min., *Bol.* 247, 142 p. 1970.
- WAHLSTROM, E.E. & KIM, O.J. Precambrian rocks of the Hall Valley Area, Front Range, Colorado. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 70: 1217-1244. 1959.
- WINKLER, H.G.F. *Petrogênese das Rochas Metamórficas*. Ed. Edgar Blücher Ltda. S. Paulo. 1977.
- WOLF, K.H.; EASTON, A.J. & WARNE, S. *Techniques of Examining and Analysing Carbonate Skeletons, Minerals and Rocks*. Elsevier Publ. Co. Amsterdam, p. 253-341. 1967

Recebido em dezembro, 1987; aceito em dezembro, 1987.

