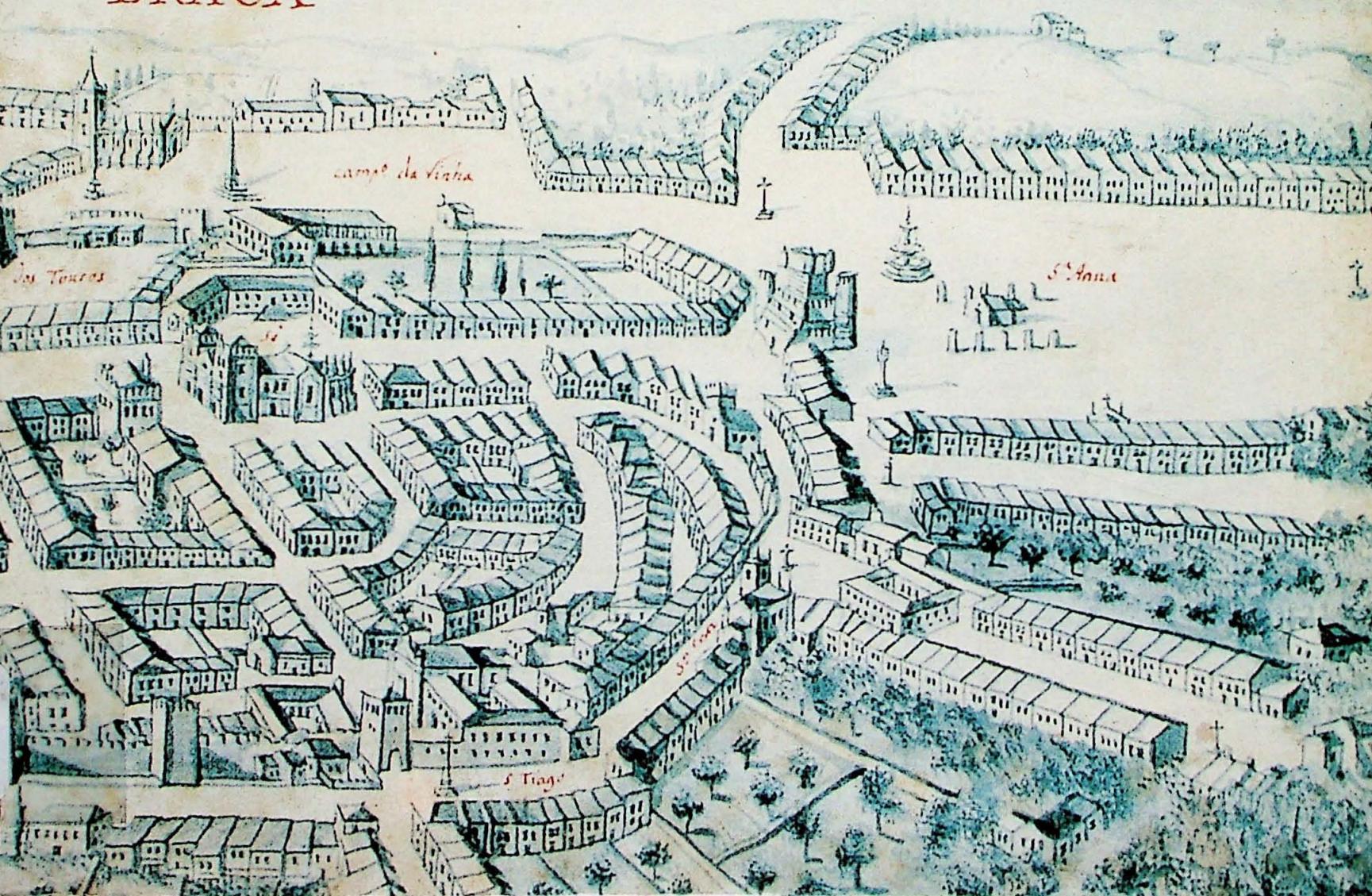


# X SEMANA DE GEOQUÍMICA 97 IV CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA

Universidade do Minho  
Braga – Portugal  
24-27 de Março de 1997

*Actas*

**BRAGA**



## CARACTERIZAÇÃO DAS SERPENTINAS DO MACIÇO MÁFICO-ULTRAMÁFICO DO VERMELHO, SERRA DOS CARAJÁS-PA, BRASIL

Benique, M. E. C<sup>1</sup>; Oliveira, S. M. B. de<sup>1,2</sup>; Carvalho e Silva, M. L. M. de<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 11348, CEP 05422-970, São Paulo, SP, Brasil

<sup>2</sup> NUPEGEL, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 9638, CEP 01065-970, São Paulo, SP, Brasil.

### ABSTRACT

Samples from the core of two mafic-ultramafic bodies of Vermelho Complex were studied by petrographic analyses, XRD, TDA-TGA and electron microprobe. Three generations of serpentines were recognized. Mesh, ribbon, mesh-ribbon and hourglass textures of the first generation were cutted by two generations of veins. The second generation is Fe depleted than the first one and veins of the last generation show slight weathering. Lizardite is the main serpentine group mineral present as admixture of 1T and 6T polotypes. In the veins only the polotype 1T was found.

### INTRODUÇÃO

A província mineral da Serra dos Carajás está localizada no Estado do Pará na Amazônia Brasileira, a uma distância de 150 km de Marabá e 500 km ao sul do Belém. Na sua porção centro-leste, existe uma faixa de cerca de 50 km ao longo da qual corpos básicos-ultrabásicos se alinham numa direção NE-SW, perpendicular à direção da falha de Carajás. O processo de laterização que afetou esses corpos levou à formação de depósitos minerais lateríticos de níquel como os do Vermelho, Onça, Puma, Jacaré e Quatipuru. Desses depósitos, o que possui a maior reserva é o do Vermelho, com cerca de  $45.10^6$  ton a 1,5 % Ni (Oliveira *et al.* 1992).

### ASPECTOS GEOLÓGICOS

O complexo mafico-ultramafico do Vermelho, inserido em rochas graníticas do Complexo Xingu, é formada por dois corpos mafico-ultramáficos, V1 e V2, de configurações litológicas semelhantes, com três unidades distribuídas de maneira concêntrica. Do centro para a borda ocorrem serpentinitos derivados da alteração de dunitos e peridotitos, seguidos por piroxenitos e gabros (Bernardelli *et al.* 1983). O depósito de níquel é constituído pelos perfis de alteração correspondentes aos serpentinitos da parte central nos dois corpos.

### MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras estudadas neste trabalho são serpentinitos frescos acinzentados a esverdeados cortados por veios esbranquiçados e esverdeados, milimétricos a submilimétricos, provenientes de 4 furos de sondagem efetuados pela DOCEGEO - Rio Doce Geologia e Mineração Ltda, sendo dois de V1 (V1F8 e V1F9) e dois de V2 (V2F3 e V2F4). Nestas amostras foi efetuado estudo petrográfico, análises por microssonda eletrônica, difração de raios X e análise térmica diferencial - térmica gravimétrica. Dados sobre a composição química de rocha total foram fornecidos pela DOCEGEO.

### PETROGRAFIA DOS SERPENTINITOS

Os serpentinitos estudados são constituídos essencialmente por serpentinas, contendo também piroaurita, flogopita, clorita, cromo-espinélios e magnetita fina. Restos de olivinas são relativamente freqüentes em amostras de V1 enquanto em V2 são muito raras.

Três gerações de serpentinas foram observadas nas amostras estudadas. A primeira geração apresenta diferentes texturas dentre as quais a dominante é a "mesh" descrita por Wicks & Whittaker

(1977), Wicks et al (1977) e Maltman (1978), na qual veios finos de birrefringência moderada cortam veios finos de birrefringência mais baixa. A textura "ribbon" reconhecida em um furo de V2, apresenta fitas delgadas e descontínuas com coloração por vezes amarelada. Textura intermediária entre a "mesh" e "ribbon" onde se observam núcleos alongados paralelos às fitas dominantes também estão presentes no mesmo furo. Identifica-se, mais raramente, textura pseudomórfica "hourglass" onde fibras radiais substituem todo o cristal de olivina, em outro furo de V2. Bastitas provenientes de ortopiroxênio e, mais raramente, de micas são encontradas em amostras de V1 e V2. As outras duas gerações de serpentinas são representadas por veios que cortam as texturas descritas, chegando a ter dimensões submilimétricas. Os veios da terceira geração apresentam coloração amarelada que pode ser devida a um início de alteração supérigena.

A magnetita fina está localizada nas bordas e fraturas dos restos de olivina, nas bordas dos veios e nas bastitas, nos antigos planos de clivagem dos ortopiroxênios e micas. Os cromo-espinélios, mais raros, apresentam-se bastante fraturados, com fraturas preenchidas por serpentinas. A flogopita está normalmente rodeando os cristais de cromo-espinélio e é mais freqüente em V1 e foi observada em V2 somente em um dos furos. Também associada aos cromo-espinélios pode-se encontrar clorita, a qual pode também se apresentar dispersa em algumas amostras. A piroaurita ocorre em todas as amostras em veios fibrosos milimétricos a submilimétricos e, mais raramente, nas bordas de olivina e núcleo da textura "hourglass" (Carvalho e Silva *et al.* 1996).

Os dados de análises químicas de rocha total constam da Tabela 1. A partir desses dados foi feito um cálculo do protólito através dos programas NEWPET e MINPET que indica serem os serpentinitos derivados de harzburgitos. O furo V2F3 apresenta uma composição diferente, mais próxima de piroxenito o que concorda com o fato de as bastitas provenientes de piroxênios serem mais comuns nas amostras desse furo.

Tabela 1: Análises químicas médias por furos dos serpentinitos estudados e cálculo do protólito.

	V1F8	V1F9	V2F3	V2F4
SiO <sub>2</sub> (% em peso)	37,04	38,34	40,36	38,26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (% em peso)	0,77	0,52	1,14	0,83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (% em peso)	1,07	1,18	1,48	1,29
FeO (% em peso)	8,62	9,51	11,99	10,47
MnO (% em peso)	0,07	0,06	0,10	0,13
MgO (% em peso)	33,42	34,07	32,71	33,08
CaO (% em peso)	0,01	0,02	0,05	0,01
Cr (ppm)	1700	913	6114	7314
Ni (ppm)	3033	2856	1193	3271
Co (ppm)	123	155	156	133
Cu (ppm)	13	18	46	24
Pb (ppm)	23	113	16	17
Zn (ppm)	120	137	75	109
CPX-Di	0,04	0,10	0,22	0,06
OPX-Hy	39,34	38,18	48,98	39,64
OI	60,62	61,72	50,80	60,30
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

## CARACTERIZAÇÃO DAS SERPENTINAS

Os difratogramas de raios X efetuados em amostras de rocha total e em veio constituído apenas por serpentina, mostram as reflexões características do grupo da serpentina, principalmente

de lizardita. Com base nos difratogramas foi efetuado o cálculo dos parâmetros cristalográficos (programa LCLSQ) que mostrou os melhores ajustes para os veios de serpentina pura, que seriam constituídos por lizardita 1T (Tabela 2). Nas demais amostras provavelmente tem-se uma mistura de politipos (lizardita 6T + lizardita 1T). O pico característico da antigorita a 1,56 Å não aparece distintamente nos difratogramas indicando que, se a antigorita estiver presente, será apenas em pequenas quantidades. Nenhum indício da presença de crisotila foi observado na análise petrográfica ou nos difratogramas.

Tabela 2: parâmetros cristalográficos da lizardita dos serpentinitos do Vermelho, comparados aos de lizarditas de Val Sissone e Coli (Itália, Mellini & Zanazzi 1987) (\*) Figura de mérito de Smith-Snyder (J. Appl. Cryst. 1979)

parâmetros	V1F9a	V1F9b	V2F3	Val Sissone	Coli
a (Å)	5,321(3)	5,322(2)	5,322(3)	5,322(5)	5,325(5)
c (Å)	7,302(4)	7,312(2)	7,305(5)	7,233(7)	7,359(7)
V (Å) <sup>3</sup>	179,1(2)	179,313(2)	179,173(2)	178,1(5)	178,3(5)
Fig. mérito*	F(18) = 8(0,061,38)	F(10) = 8(0,043,30)	F(15) = 8(0,061,32)		

As curvas de ATD-ATG de rocha total apresentam dois picos endotérmico na região 600 - 700 °C. Em V1F9, V1F8 e V2F4 esses picos situam-se por volta de 620 e 670 °C, sendo o primeiro mais intenso. Em um dos furos de V2 (V2F3) o segundo pico é mais intenso e situa-se a 720 °C. Nos veios de serpentina há apenas um pico a 620 °C. Uma vez que a lizardita foi o único mineral do grupo das serpentinas identificado nesse trabalho, as variações apresentadas pelas curvas de ATD podem representar a presença de mais de um politipo nas rochas, ou ainda variações na composição química. Os veios seriam constituídos por apenas um politipo concordando, assim, com os resultados da difração de raios X.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados de análises pontuais por microssonda eletrônica agrupados com relação às diferentes texturas apresentadas pelas serpentinas da primeira geração, veios da segunda geração (veio I) e veios da terceira geração (veio II). As serpentinas mais ricas em Ni são as da primeira geração que apresentam, por outro lado, teores de Al mais baixos. Os veios da segunda geração apresentam teores bem mais baixos de Fe enquanto os da terceira apresentam teores anormalmente elevados. Neste caso, deve ser decorrência de alteração supérgena como sugerido pela coloração amarelada dos mesmos. Nas serpentinas mais abundantes, ou seja de textura mesh e nos veios, o teor de Al é relativamente constante. Assim também as análises químicas não apresentam indícios da existência de antigorita, que são normalmente mais enriquecidas em Al.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os serpentinitos estudados apresentam como mineral do grupo da serpentina a lizardita. Mais de um politipo desse mineral (1T e 6T) devem estar presentes em misturas na rocha fresca, enquanto os veios seriam constituídos predominantemente por lizardita 1T. Não foi detectada a presença de antigorita, mineral de temperatura mais elevada.

Os estudos petrográficos e as análises químicas de rocha total sugerem que os serpentinitos do Vermelho estudados neste trabalho, que correspondem à parte central dos corpos máfico-ultramáficos, se formaram a partir de harzburgitos. A serpentinização dessas rochas se deu a baixas temperaturas, em três fases. A composição do fluido hidrotermal que a causou foi variável, sofrendo um aporte de CO<sub>2</sub> nas fases tardias, sugerido pela formação dos veios de piroaurita. Movimentos microtectônicos concomitantes ao processo de serpentinização devem ter sido responsáveis pela formação da textura ribbon, enquanto a textura hourglass exige condições mais estáveis.

Tabela 3: Análises de serpentinas por microssonda eletrônica (% em peso): (A) valores médios por tipo de textura, (B) fórmulas estruturais calculadas na base de 7 O. (n = número de pontos analisados)

(A)	Mesh (n=30)	Ribbon (n=11)	Hourglass (n=11)	Bastita (n=16)	Veio I (n=5)	Veio II (n=9)	(B)	Mesh (n=30)	Ribbon (n=11)	Hourglass (n=11)	Bastita (n=16)	Veio I (n=5)	Veio II (n=9)
SiO <sub>2</sub>	40.53	40.58	38.72	41.24	41.67	39.74	Si	1.93	1.92	1.86	1.98	1.94	1.94
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.05	Ti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.14	0.09	0.07	0.31	0.16	0.11	Al	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.06	0.02	0.02	0.06	0.03	0.03	Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	4.40	4.56	5.52	5.24	2.04	8.65	Fe2	0.18	0.18	0.22	0.21	0.08	0.35
MnO	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05	Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	41.37	41.92	42.15	38.87	43.29	37.84	Mg	2.94	2.96	3.02	2.78	3.01	2.75
NiO	0.09	0.16	0.38	0.15	0.08	0.15	Ni	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
CaO	0.03	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na <sub>2</sub> O	0.03	0.04	0.04	0.04	0.02	0.04	Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K <sub>2</sub> O	0.02	0.01	0.02	0.02	0	0.01	K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BaO	0.05	0.08	0.08	0.05	0	0.08	Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	86.78	87.54	87.06	86.08	87.37	86.78	Mg/ (Mg+Fe)	0.94	0.94	0.93	0.93	0.97	0.89

### Referências Bibliográficas:

- Bernardelli, A.L. Melfi, A.J.; Oliveira, S.M.B. de, & Trescases, J.J. (1983) The Carajás nikel deposit. In: II Int. Sem. Lat. Proc., São Paulo, Proceeding... pp. 107-118.
- Carvalho e Silva, M.L.M. de, Oliveira, S.M.B. de, & Benique M.E.C. (1996) Ocorrência de mineral do Grupo da Piroaurita no complexo máfico-ultramáfico do Vermelho (Serra dos Carajás - PA), V Simp. Geol. da Amazônia SBG, pp.147-151.
- Maltman, A.J., (1978), Serpentinite textures in Anglesey North Wales, United Kingdom. Geol. Soc. Am. Bull. V.89:972-980.
- Mellini, M & Zanazzi, P.F. (1987) Crystal strutures of lizardite-1T and 2H1 from Coli, Italy, Am. Min. Vol. 72: 943-948.
- Oliveira, S. M. B. de; Trescases, J-J.; Melfi, A. J. (1992) Lateritic nikel deposits of Brazil. Min. Dep.,27: 137-146.
- Wicks, F.J. & Whittaker, E.J.W. (1977) Serpentine textures and serpentinization. Can Min. Vol. 15:459-488.
- Wicks, F.J., Whittaker, E.J.W. & Zussman, J. (1977) An idealized model for serpentine textures after olivino. Can Mineral Vol. 15:446-458.