

# ESTUDO PETROLÓGICO DE ALGUNS FRAGMENTOS TECTÔNICOS DA MELANGE OFIOLÍTICA EM ABADIÂNIA (GO): II - CROMITA PRIMÁRIA E SUAS TRANSFORMAÇÕES METAMÓRFICAS

ADELIR J. STRIEDER\* & ARIPLÍNIO A. NELSON\*\*

**ABSTRACT** PETROLOGICAL STUDY OF SOME TECTONIC FRAGMENTS OF THE OPHIOLITIC MELANGE IN THE ABADIÂNIA REGION (GO): II - THE PRIMARY CHROMITE AND METAMORPHIC MODIFICATIONS. The chromite occurrences of the serpentinite bodies emplaced in the Araxá metasediments have long been described as podiform. This is chiefly based on their textural features, since the chemical analysis are scarce. This paper shows the results of a careful petrographic and petrochemical study of the chromitites present in the Abadiânia (GO) serpentinite bodies. The chromitites are variably deformed, but it is yet possible to recognize primary textures such as: glomeroporphyric disseminated to massive schlieren, nodular and globular. The individual grains are coarse and subhedral to anhedral; they have homogeneous dark-gray core and light-gray bordures extremely corroded in contact with chlorite. Based on petrography and petrochemistry, two phases of metamorphic transformation of the chromite are suggested: 1. Aluminian chromite+antigorite  $\rightarrow$  ferrian chromite+aluminian chlorite, characterized by the accentuated  $Al^{3+}$  change; 2. Ferrian chromite-f aluminian chlorite  $\rightarrow$  ferrian chromite + Aluminian chromian chlorite + hematite+rutile, involving the remotion of  $Cr^{3+}$  to form contact reddish chlorite and of  $Fe^{3+}+Ti^{4+}$  to form the hematite+rutile, exsolutions. The primary and metamorphic chromite are also chemically easy to be distinguished. The ferrian chromite has  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+}$  ratio greater than 0,45 and  $Mg^{2+}/Mg^{2+} + Fe^{2+}$  between 0,8 and 0,4, besides important  $Cr^{3+}$  decreases and Fe increases of the second metamorphic transformation. The dark-gray chromite cores have a very restrictive composition:  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+}$  ratio between 0,33 and 0,39 and  $Mg^{2+}/Mg^{2+} + Fe^{2+}$  ratio between 0,8 and 0,6; then, this composition represents the original podiform chromite.

*Keywords:* Chromite, mineral chemistry, Abadiânia ophiolitic melange.

**RESUMO** As ocorrências de cromita nos corpos de serpentinito alojados nos Metassedimentos Araxá têm sido descritas como podiformes. Isto é feito principalmente com base nas feições texturais observadas, já que as análises químicas são escassas e genéricas. Este artigo apresenta os resultados de uma aprofundada análise petrográfica e petroquímica dos cromititos presentes nos corpos deformados, mas se pôde reconhecer texturas primárias do tipo: schlieren disseminada a maciça com glomeropórfiros, nodular e globular. Os grãos individuais de cromita são grossos e subédricos-anédricos; possuem núcleo com cor cinza escura homogênea e bordos cinza-claro extremamente corroídos no contato com a clorita. Com base na petrografia e na petroquímica, sugere-se duas fases de transformação metamórfica para a cromita: 1. cromita com Al + antigorita  $\rightarrow$  cromita com Fe (III) + clorita com Al, caracterizada pela acentuada troca de  $Al^{3+}$ ; 2. cromita com Fe (III) + clorita com Al  $\rightarrow$  cromita com Fe (III) + clorita com Al e Cr + hematita + rutilo, que envolve a retirada de  $Cr^{3+}$  para formar a clorita avermelhada de bordo e de  $Fe^{3+}+Ti^{4+}$  para formar as exoluções de hematita + rutilo. A cromita primária e a metamórfica também são quimicamente fáceis de distinguir. A cromita Fe (III) possui razão  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+}$  superior a 0,45 e razão  $Mg^{2+}/Mg^{2+} + Fe^{2+}$  entre 0,8 e 0,4, além de decréscimos importantes de  $Cr^{3+}$ , com aumento de Fe na segunda fase de transformação metamórfica. Os núcleos de cromita cinza-escura têm composição muito restrita: razão  $Cr^{3+}/Cr^{3+}+Al^{3+}$  entre 0,33 e 0,39 e razão  $Mg^{2+}/Mg^{2+} + Fe^{2+}$  entre 0,8 e 0,6; representam, assim, a composição da cromita primária podiforme.

*Palavras-chaves:* Cromita, química mineral, melange ofiolítica de Abadiânia.

**INTRODUÇÃO** Este artigo dá continuidade ao estudo petrológico mais detalhado de alguns dos litotipos alojados nos metassedimentos Araxá, os quais, em conjunto, foram caracterizados como um depósito de calha de subducção denominado melange ofiolítica (Strieder & Nilson 1992). A partir da caracterização tectônica e da avaliação das suas implicações, foi elaborada uma estrutura de abordagem que permitisse preencher algumas importantes lacunas do atual conhecimento geológico daqueles litotipos; as linhas gerais desta estrutura foram apresentadas no primeiro artigo desta série (Strieder & Nilson 1992).

Dentro daquela estrutura, é muito importante, para a caracterização da melange ofiolítica, apresentar e analisar as feições petrográficas e a natureza química dos cromititos que ocorrem associados aos corpos de serpentinito. De um modo genérico, as características petrográficas dos cromititos (texturas do tipo podiforme) têm sido usadas somente para indicar que os corpos de serpentinito alojados nos metassedimentos Araxá são "do tipo alpino". As escassas análises químicas via-úmida publicadas (Thayer 1970, Herbert

1970, Rgueiredo 1977) têm confirmado a natureza podiforme dos cromititos, devido ao seu alto conteúdo de  $Al_2O_3$  e a sua alta razão  $Mg/Mg+Fe^{2+}$ ; porém, não podem ser usadas, de maneira conveniente, para definir a variação composicional original, nem para investigar detalhadamente a natureza petrogenética das rochas ultramáficas hospedeiras, porque, como são análises globais de minerais separados, não se sabe o grau em que o metamorfismo modificou a sua composição original global.

Assim, está sendo apresentado um estudo detalhado das feições petrográficas e das características químicas das amostras de cromitito coletadas em alguns dos corpos de serpentinito da região de Abadiânia. A partir destes dados, tenta-se analisar o significado petrotectônico dos cromititos e verificar as informações que elas podem fornecer com relação à natureza petrogenética da rocha ultramáfica hospedeira.

**MÉTODOS ANALÍTICOS** As análises de cromita foram realizadas em microsonda eletrônica JEOL, modelo Super Probe 733, na Divisão de Petrografia - Superintendência de

\* Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 9500, Caixa Postal 15001, CEP 91501-970, E-mail: Adelir@IFI.UFRGS. BR, Porto Alegre, RS, Brasil

\*\* Departamento de Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Brasília, Asa Norte, CEP 70910-900, Brasília, DF, Brasil

Tecnologia da Companhia Vale do Rio Doce S.A. Estabilizadores automáticos mantiveram a corrente de aceleração em 15 kV e a corrente de amostra em  $1,5 \times 10^{-8}$  A. Os padrões utilizados foram óxidos puros (exceto o Zn) fornecidos pela própria JEOL; o padrão-Zn é um composto vítreo, sintético, que contém 12,9 % de ZnO, 61,4 % de SiO<sub>2</sub>, 2,07 % de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 18,3 % de Na<sub>2</sub>O e 5,1 % de MgO e que também foi fornecido pela JEOL. As correções ZAF são realizadas por programas de cálculo que fazem parte do sistema computacional acoplado à microsonda e que utilizam as fórmulas de Philibert-Tixier, Philibert-Heinrich e Reed, respectivamente. A repetição de várias análises forneceu desvios menores do que 1,0% para quaisquer dos óxidos medidos.

Como o princípio analítico da Microsonda Eletrônica não é capaz de distinguir diferentes valências de um mesmo elemento, os resultados em porcentagem-peso de óxido são calculados diretamente para uma das valências. No caso das cromitas, o conteúdo de ferro é fornecido em porcentagem-peso de FeO\* e foi recalculado para FeA e FeO através de ajustes estequiométricos na sua fórmula composicional; estes ajustes seguem os critérios apresentados por Irvine (1965) e os resultados estão apresentados nas tabelas 1 e 2.

A análise da clorita por difratometria de raios X utilizou radiação CuK $\alpha$ , velocidade de varredura de 8° 2 $\theta$ /min, constante de tempo de 4 seg e velocidade do papel de 4 mm/grau.

Tabela 1 - Composição química global de cromitas primárias na região de Abadiânia (GO), a partir de análises via microsonda eletrônica. Os números entre parênteses, junto à identificação da amostra, indicam a quantidade de grãos analisados por amostra  
Table 1 - Whole chemical composition of primary chromites in the Abadiânia (GO) region from microprobe analysis. The numbers besides sample identification are the amount of analysed mineral grains per sample

	% óxi. rec.	N° cát/fórm.	% óxi. rec.	N° cát/fórm.	% óxi. rec.	N° cát/fórm.	% óxi. rec.	N° cát/fórm.
	<b>AB.CS1.02c(6)</b> <i>schlieren maciça c/ glomeropórfiros</i>		<b>AB.CS1.03b (5)</b> <i>schlieren deformada</i>		<b>AB.CS1.02c (6)</b> <i>nodular c/ glomeropórfiros</i>		<b>AB.CS4.72h (6)</b> <i>schlieren c/ glomeropórfiros</i>	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,594	9,9474	35,989	9,6982	34,939	9,4460	39,847	10,5680
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,959	6,0117	33,499	6,0552	32,611	5,9210	30,234	5,3780
MgO	14,379	4,9446	16,169	5,5112	16,669	5,6870	16,196	5,4320
TiO <sub>2</sub>	0,117	0,0208	0,772	0,1333	0,163	0,0280	0,133	0,0270
MnO	0,185	0,0360	0,150	0,0288	0,134	0,0280	0,178	0,0410
ZnO	0,011	0,0011	0,023	0,0041	0,044	0,0140	0,044	0,0140
NiO	0,209	0,0388	0,249	0,0453	0,224	0,0410	0,270	0,0540
FeO	15,546	2,9989	13,149	2,5138	12,229	2,3410	12,985	2,4460
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,0000	0,000	0,0000	2,987	0,5230	0,113	0,0270
Total	100,000	23,9996	100,000	23,9899	100,000	24,0290	100,000	23,9770
	<b>ABCS1. 02i (6)</b> <i>schlieren maciça deformada</i>		<b>AB.CS4.72f (6)</b> <i>schlieren maciça c/ glomeropórfiros</i>		<b>AB.CS4.72g (10)</b> <i>schlieren c/ glomeropórfiros</i>			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,949	9,7597	38,975	10,3710	37,888	10,1012		
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33,393	6,0701	31,707	5,6589	31,887	5,7030		
MgO	16,441	5,6452	16,050	5,4012	16,893	5,6962		
TiO <sub>2</sub>	0,135	0,0236	0,040	0,0068	0,077	0,0136		
MnO	0,193	0,0374	0,240	0,0461	0,159	0,0299		
ZnO	0,010	0,0014	0,058	0,0095	0,041	0,0068		
NiO	0,253	0,0471	0,272	0,0488	0,213	0,0394		
FeO	12,231	2,3569	12,658	2,3900	11,847	2,2412		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,395	0,1204	0,000	0,0000	0,995	0,1685		
Total	100,000	24,0617	100,000	23,9323	100,000	23,9990		

**CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA DOS CROMITITOS** Os cromititos foram observados como depósitos eluvionares, que estão localizados sobre alguns dos corpos de serpentinito e, assim, o seu condicionamento estrutural não pôde ser diretamente avaliado. Apenas em uma pequena pedreira do corpo de serpentinito CSI, foi identificado um bolsão de cromita fina, disseminada, com aproximadamente 20-25 cm de espessura e com xistpsidade S<sub>1</sub> deformada em padrão de cisalha de escala métrica pela xistosidade S<sub>2</sub> (Fig. 1). Dados como espessura e continuidade deste bolsão de cromita, ou relações com o serpentinito hospedeiro não foram tomados devido a quase completa exploração promovida pela Magnesita S.A. e ao nível de exposição em que o cromitito se apresenta.

A deformação impressa nas amostras de cromitito não pode, então, ser diretamente correlacionada às superfícies de deformação presentes nos serpentinitos. Porém, pode-se observar

que ela está predominantemente representada por duas superfícies quase sempre perpendiculares entre si. Estas superfícies são caracterizadas como clivagem de fratura e têm espaçamento da ordem de 3-4 mm e de 10 mm, respectivamente. A intensidade desta deformação é variável, mas não impede o reconhecimento das feições texturais primárias, que são típicas de cromititos do tipo podiforme e que podem ser reunidas em quatro grupos texturais com base nos exemplos apresentados por Thayer (1969) e por Hock & Friedrich (1985):

a. cromitito maciço: possui mais de 90% de cromita. A intensa deformação transforma a cromita em fragmentos tabuliformes com espessura < 2,5 mm (Foto 1), que, macroscopicamente, ainda podem ser identificados como cristais anédricos com tamanho da ordem de 6-7 mm.

b. cromitito globular: glóbulos arredondados de tamanho entre 10 e 30 mm, formados por cromita anédrica a subédrica com tamanho de até 4 mm. Algumas amostras (Foto 2) possuem

Tabela 2 - Análises químicas representativas da cromita metamórfica em algumas amostras de Abadiânia (GO). O conjunto completo das análises utilizadas pode ser encontrado em Strieder (1989) e está disponível junto aos autores

Table 2 - Representative chemical analysis of metamorphic chromite from Abadiânia (GO). The complete analysis data may be found in Strieder (1989) and is available upon request

	% óxi. rec. N°cát/fórm		% óxi. rec. N°cát/fórm		% óxi. rec. N°cát/fórm		% óxi. rec. N°cát/fórm		% óxi. rec. N°cát/fórm	
	AB.CS4.72f		ABCS4.72g		ABCS7.89j		ABCS7.89j		ABCS7.89j	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24,156	7,0228	27,492	7,6700	4,826	1,5500	6,544	2,0187	6,027	1,9199
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	46,567	9,0823	40,718	7,6207	61,754	13,3041	56,405	11,6734	61,888	13,2243
MgO	11,142	4,0973	16,100	5,6816	9,282	3,7703	14,282	5,5730	9,592	3,8645
TiO <sub>2</sub>	0,032	0,0059	0,057	0,0101	0,045	0,0092	0,147	0,0290	0,067	0,0135
MnO	0,410	0,0850	0,178	0,0357	1,359	0,3138	1,214	0,2691	1,215	0,2782
ZnO	0,053	0,0096	0,000	0,0000	0,071	0,0143	0,000	0,0000	0,093	0,0187
NiO	0,140	0,0276	0,160	0,0306	0,118	0,0258	0,000	0,0000	0,035	0,0076
FeO	17,500	3,6112	11,427	2,2622	17,047	3,8849	9,988	2,1868	17,009	3,8447
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,0000	3,868	0,6891	5,498	1,1276	11,420	2,2499	4,074	0,8288
Total	100,000	23,9416	100,000	24,0000	100,000	24,0000	100,000	24,0000	100,000	24,0000
	AB.CS1.02o		AB.CS1.02o		AB.CS1.03b		AB.CS9.105f		AB.CS9.105f	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,046	8,8758	19,090	5,7775	29,360	8,2948	21,174	6,1691	16,293	4,8398
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	39,301	7,3679	50,967	10,3479	39,143	7,4189	47,163	9,2181	54,799	10,9204
MgO	13,174	4,6567	8,213	3,1442	12,785	4,5688	13,198	4,8637	13,173	4,9499
TiO <sub>2</sub>	0,070	0,0125	0,000	0,0000	0,048	0,0087	0,040	0,0074	0,000	0,0000
MnO	0,229	0,0459	0,374	0,0814	0,211	0,0428	0,258	0,0540	0,204	0,0435
ZnO	0,062	0,0109	0,000	0,0000	0,086	0,0152	0,037	0,0068	0,043	0,0080
NiO	0,051	0,0098	0,044	0,0090	0,241	0,0464	0,130	0,0258	0,000	0,0000
FeO	16,067	3,1862	21,312	4,5772	16,636	3,3355	14,786	3,0571	14,224	2,9986
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,0000	0,000	0,0000	1,490	0,2689	3,214	0,5979	1,264	0,2398
Total	100,000	23,9657	100,000	23,9373	100,000	24,0000	100,000	24,0000	100,000	24,0000
	AB.CS9.105f		AB.CS1.02c		AB.CS1.02c		AB.CS1.02j		ABCS1.02j	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,328	1,4092	27,981	7,8451	18,330	5,4502	25,150	7,2507	19,869	5,9315
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	65,925	14,3990	38,626	7,2653	47,783	9,5311	44,048	8,5190	49,310	9,8753
MgO	7,432	3,0608	15,071	5,3450	12,003	4,5142	12,223	4,4575	10,224	3,8605
TiO <sub>2</sub>	0,000	0,0000	0,000	0,0000	0,031	0,0059	0,036	0,0066	0,028	0,0053
MnO	0,325	0,0759	0,160	0,0322	0,313	0,0670	0,362	0,0750	0,508	0,1088
ZnO	0,148	0,0303	0,062	0,0108	0,048	0,0089	0,156	0,0282	0,045	0,0084
NiO	0,052	0,0116	0,108	0,0207	0,031	0,0064	0,101	0,0198	0,053	0,0107
FeO	20,868	4,8214	13,024	2,5912	16,158	3,4094	16,746	3,4261	18,982	4,0189
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,922	0,1917	4,968	0,8898	5,303	1,0068	1,178	0,2171	0,981	0,1825
Total	100,000	24,0000	100,000	24,0000	100,000	24,0000	100,000	24,0000	100,000	24,0000
	AB.CS4.72h		AB.CS4.72h		ABCS1.02i		ABCS1.02i			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,429	6,4600	29,106	8,2070	20,463	8,0639	22,418	6,6024		
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	47,268	9,5598	41,500	7,8499	45,871	9,1190	46,215	9,1311		
MgO	7,547	2,8778	12,897	4,5996	9,748	3,6539	10,951	4,0796		
TiO <sub>2</sub>	0,103	0,0197	0,104	0,0187	3,228	0,6103	0,086	0,0164		
MnO	0,401	0,0869	0,215	0,0436	0,208	0,0442	0,200	0,0428		
ZnO	0,313	0,0529	0,097	0,0172	0,000	0,0000	0,088	0,0165		
NiO	0,075	0,0154	0,145	0,0280	0,047	0,0095	0,118	0,0239		
FeO	22,864	4,8916	15,936	3,1887	20,435	4,2973	19,701	4,1587		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,000	0,0000	0,000	0,0000	0,000	0,0000	0,223	0,0424		
Total	100,000	23,9704	100,000	23,9528	100,000	23,7982	100,000	24,0000		

tremolita (3-5 mm) nos espaços entre os grãos individuais de cromita e clorita (1-2 mm) nos espaços interglôbulos.

c. cromitito nodular: possui nódulos de tamanho entre 10 e 25 mm (Foto 3), que gradam lateralmente para um

d. cromitito tipo schlieren com glomeropórfiros: variação na concentração dos glomeropórfiros resulta numa variação textural desde cromititos quase maciços até cromititos *schlieren* disseminados (Foto 4); os glomeropórfiros têm tamanho entre 5 e 25 mm e são formados por grãos individuais com tamanho entre 1,0 e 5,0 mm e com hábito anédrico a subédrico.

Microscopicamente, a cromita tem uma coloração cinza-escura em seu núcleo; este núcleo não apresenta fraturamento, nem possui "pontuações corrosivas" com a clorita como ocorre com os bordos. Ao longo das fraturas e dos bordos, a cromita tem uma coloração cinza-clara e está intensamente corroída pela clorita e pela tremolita; nestas porções, ocorre a formação de clorita rica em cromo, de hematita e de rutilo. A intensidade dessas reações leva a quase completa eliminação da cromita original, conforme pode ser visto nas fotomicrografias apresentadas (Fotos 5 e 6).

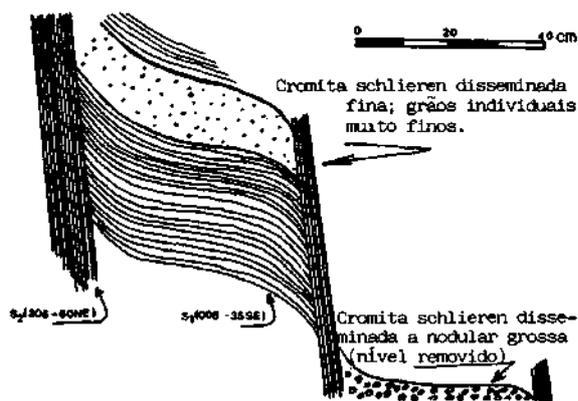


Figura 1 - Bolsão semi-explotado de cromita no corpo CS1. Observar a meso-crenulação em padrão cisalha (D2)  
Figure 1 - Partially exploted chromite pod in the CS1 serpentinite body. Shear-type mesocrenulation (D2) is observed

A clorita intersticial dos cromititos pode aparecer sob duas formas: **a.** clorita avermelhada, que contorna os cristais individuais e os agregados de cromita, ou que assume hábito idioblástico no interior de fraturas abertas dos cromititos maciços; e **b.** clorita verde-clara, que compõe o maior volume dos interstícios e que, não raro, está em contato direto com a cromita, já que a ocorrência da primeira é irregular.

A composição química aproximada das cloritas e a sua comparação com o clinocloro dos xistos magnesianos pode ser avaliada através dos difratogramas de raios X (Fig. 2). O espaçamento  $d(001)$  é utilizado para avaliar a extensão da substituição de  $Si^{4+}$  por  $Al^{3+}$  nas posições tetraédricas (Brindley & Gillery 1956), enquanto relações entre intensidades dos picos (002), (003), (004) e (005) são utilizadas para indicar o conteúdo de átomos pesados ( $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$ ...) presente na clorita (Petruck 1964). A figura 2 apresenta os resultados destas análises e permite classificá-las em quatro grupos:

- a clorita avermelhada é aluminosa (0,80 át.  $Al^{3+}$  por unidade de fórmula) e têm um conteúdo de 0,50 átomos-pesados por unidade de fórmula, que devem corresponder principalmente ao  $Cr^{3+}$  resultante da reação com a cromita;
- a clorita verde-clara intersticial têm 0,50-0,78 átomos de  $Al^{3+}$  e uma média de 0,30-0,35 átomos-pesados por unidade de fórmula;
- a clorita resultantes do metassomatismo de contato sobre as encaixantes possuem um conteúdo de 1,5-1,6 átomos de  $Al^{3+}$  e de 0,1-0,3 átomos-pesados por unidade de fórmula. O alto conteúdo de  $Al^{3+}$  desta clorita corresponde muito bem aos resultados obtidos de análises químicas de rocha total;
- nas porções do bolsão de cromitito do corpo CS1, onde há o desenvolvimento da foliação S2, ocorre uma clorita com baixo conteúdo de  $Al^{3+}$  (0,2-0,3 át. p.u.f.) e de átomos-pesados (0,00-0,05 át. p.u.f.). Ela é recristalizada a partir da antigorita que serve de matriz à cromita disseminada.

O rutilo, mais freqüente, e a hematita aparecem em cristais xenoblásticos com tamanho  $< 0,1 - 0,2$  mm nos bordos de cromita cinza-clara, ou isolados na clorita intersticial. A relação da cromita com estes minerais, observada a partir da imagem em microscópio eletrônico acoplado à microsonda, é semelhante àquela entre quartzo e feldspato nos mirmequitos, de modo a reforçar a indicação de sua formação como exsoluções a partir de uma reação metamórfica que envolve a cromita.

**PETROQUÍMICA DOS CROMITITOS** Ao lado das observações de natureza petrográfica, a composição e a varia-

ção química da cromita têm sido invariavelmente usadas como um indicador petrogenético desde os trabalhos de Irvine (1965, 1967). Esses dois trabalhos fornecem as bases do tratamento e da distinção geoquímica da cromita formadas em diferentes ambientes geológicos. No entanto, dadas às características petrográficas descritas, é necessário averiguar a ocorrência e a extensão das modificações químicas nos grãos individuais de cromita.

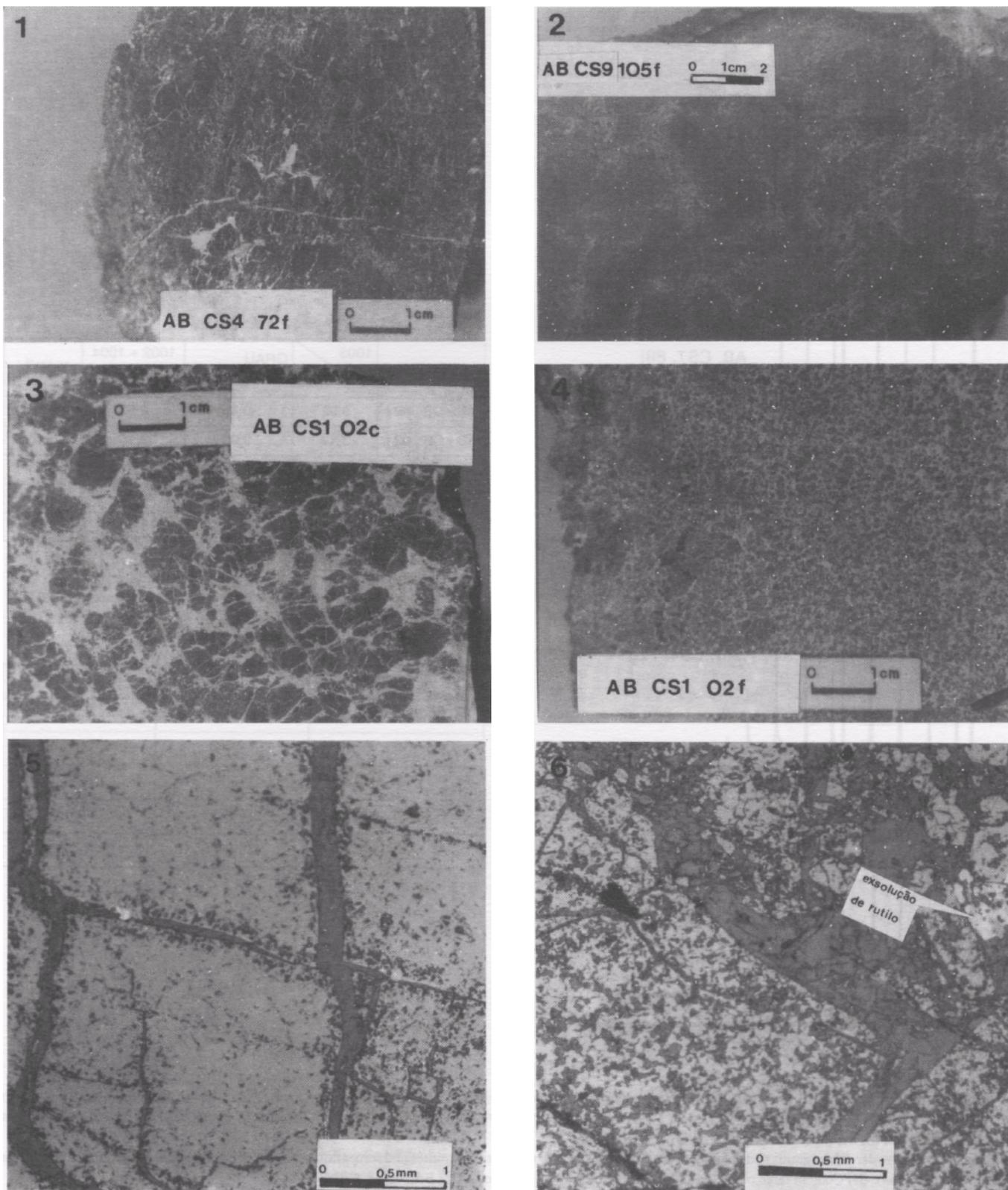
O estudo petroquímico dos cromititos é, portanto, dividido em duas etapas: **a.** modificações químicas devido ao metamorfismo e **b.** composição química da cromita primária. A base desta divisão é a observação dos núcleos homogêneos de cromita cinza-escuro e dos bordos cinza-claro com "pontuações corrosivas" nos contatos com a clorita.

**Modificações químicas devido ao metamorfismo** Os bordos cinza-claro dos grãos individuais de cromita têm uma composição química muito variável, ao contrário do que ocorre com os núcleos cinza-escuro (Fig. 3A). Eles mostram um gradativo enriquecimento em  $Cr^{3+}$  e em  $Fe^{2+}$  ou  $Fe^{3+}$  e, portanto, permitem identificar a formação de bordos de cromita com Fe (III) concomitantemente à formação da clorita intersticial. Este processo parece se realizar em dois estágios:

1. cromita com Al + antigorita  $\rightarrow$  cromita com Fe (III) + clorita com Al. Neste primeiro estágio, a cromita original reage com a antigorita e cede  $Al^{3+}$  para formação da clorita verde-clara intersticial. Como pode ser acompanhado nas figuras 3 A-B, essa reação tem o efeito de diminuir consideravelmente o conteúdo de  $Al^{3+}$  e de aumentar levemente o conteúdo de  $Fe^{3+}$  na cromita cinza-clara;
2. cromita com Fe (III) + clorita com Al  $\rightarrow$  cromita com Fe (III) + clorita com Al - Cr + hematita + rutilo. Numa etapa mais avançada do metamorfismo, ocorre a formação de um bordo com clorita avermelhada ao redor da cromita e das exsoluções de hematita e de rutilo. Este estágio é responsável pelo forte enriquecimento em  $Fe^{2+}$  nos bordos da cromita. Além do mais, embora a temperatura do metamorfismo regional fosse relativamente alta, ainda se deveria observar um enriquecimento mais acentuado em  $Fe^{3+}$  e em  $Ti^{4+}$  (Fig. 3B-C) para resultar na formação de zonação nos bordos da cromita (Evans & Frost 1975). No entanto, as exsoluções de hematita e de rutilo podem representar o enriquecimento esperado em  $Fe^{3+}$  e em  $Ti^{4+}$ ; neste caso, a hematita e o rutilo exsolvidos podem representar as fases minerais estáveis de um metamorfismo realizado sob condições de alta  $fO_2$ , onde não é possível manter estável a estrutura cristalina do espinélio e, então, formar as zonações. Condições de alta  $fO_2$  são também admitidas na estabilização da paragênese do epidoto-anfibólio xisto (Strieder & Nilson 1992) e do granada-mica-quartzo xisto (Strieder 1989).

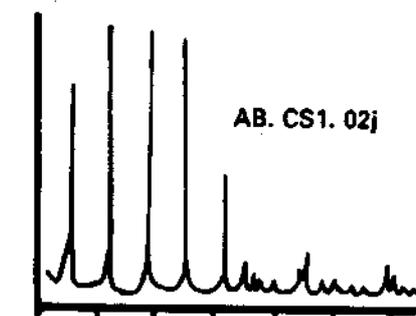
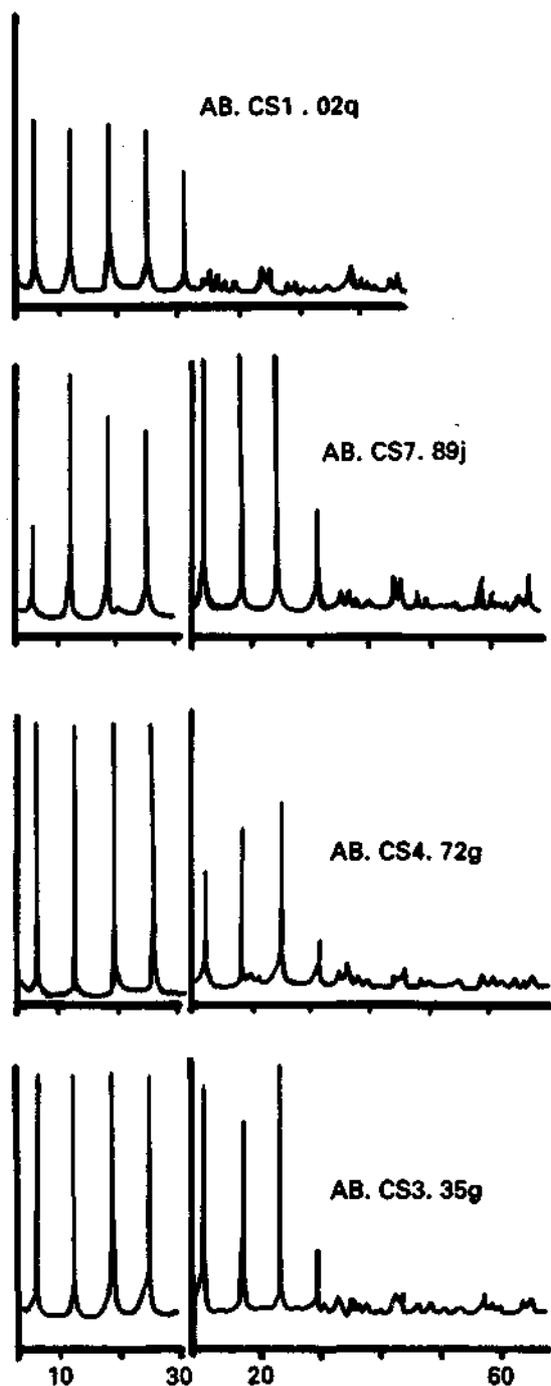
Böe (1978) descreve exsoluções granulares de ilmenita nos bordos de cromita e exsoluções lamelares ao longo da clivagem octaédrica nos núcleos da cromita. Böe (1978) sugere que as exsoluções sejam o resultado de um re-equilíbrio subsólido durante o metamorfismo regional do tipo Barroviano no fácies almandina-anfibolito; essas exsoluções envolveriam duas etapas simultâneas na sua formação: exsolução como ulvoespinélio e oxidação para ilmenita. O metamorfismo da cromita na região de Abadiânia mostra resultados um pouco diferentes (ausência de exsoluções lamelares e não enriquecimento acentuado em  $Fe^{3+}$  nos bordos) como consequência da temperatura mais baixa e, possivelmente, da maior  $fO_2$  do metamorfismo. Contudo, em termos de elementos maiores, os resultados do metamorfismo são praticamente os mesmos da cromita de Raisdvoddar-Hal'di (Böe 1978).

O efeito do metamorfismo sobre os elementos menores da cromita pode ser avaliado na figura 4, onde o número de cations de  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  e  $Ni^{2+}$  é plotado contra a razão atômica  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+} + Fe^{3+}$ . Vários pesquisadores (Zimin 1966, Beenspn & Jackson 1969, Ulmer 1974) têm se preocupado com os efeitos do metamorfismo sobre a cromita, mas poucos deles



Prancha 1- **Foto 1.** Cromitito quase maciço com vários glomeropórfiros (AB.CS4.72f). Deformação intensa; **Foto 2.** Cromitito globular com fraca deformação (AB.CS9.105f); **Foto 3.** Cromitito nodular deformado com glomeropórfiros (AB.CS1.02c); **Foto 4.** Cromitito schlieren disseminado com glomeropórfiros (AB.CS1.02f); **Foto 5.** Cromita primária (núcleo cinza-escuro) pouco modificada pelas transformações metamórficas com os silicatos intersticiais; **Foto 6.** Cromita metamórfica com exsoluções de hematita e de rutilo

Plate 1 - **Photo 1.** Almost massive chromitite with glomeroporphyries (AB.CS4.72f). Highly deformed; **Photo 2.** Poorly deformed globular chromitite (AB.CS9.105f); **Photo 3.** Nodular chromitite with glomeroporphyries (AB.CS 1.02c). Rather intense deformation; **Photo 4.** Dissiminated schlieren chromitite with glomeroporphyries (AB.CS1.02f); **Photo 5.** Primary chromite (dark-gray cores) showing weak modifications by metamorphic reactions with the interstitial silicates; **Photo 6 .** Metamorphic chromite with hematite and rutile exsolutions



A

AMOSTRA	1003	GRAU ASSIMETRIA	1002 + 1004	X AP <sup>VI</sup>
	1005		1003 cor.	
AB - CS <sub>7</sub> , 89j	3,92	-0,45	2,80	0,74
AB - CS <sub>1</sub> , 02j	3,42	0,00	2,15	0,10
AB - CS <sub>4</sub> , 72g	3,42	0,00	2,46	0,50
AB - CS <sub>3</sub> , 35g	3,53	0,10	2,63	0,25
AB - CS <sub>1</sub> , 02q	2,75	0,50	1,60	0,00

B

AMOSTRA	d (001)	x Al <sup>IV</sup>
AB - CS <sub>7</sub> - 89j	14,348	0,50
AB - CS <sub>1</sub> - 02j	14,255	0,78
AB - CS <sub>4</sub> - 72g	14,250	0,80
AB - CS <sub>3</sub> - 35g	14,029	1,60
AB - CS <sub>1</sub> - 02q	14,419	0,30

Figura 2 - Difratogramas de raios X que diferenciam os tipos de clorita relacionadas a cromita e aos serpentinitos. (A) Tabela do conteúdo de átomos pesados nas posições octaédricas da clorita ( $xAP^{VI}$ ; Petruk 1964), (B) Tabela do conteúdo de  $Al^{IV}$  nas posições tetraédricas da clorita ( $xAl^{IV}$ ; Brindley & Gillery 1956)

Figure 2 - X-ray powder diffractograms to differentiate the chlorite types related to the chromitites and serpentinites. (A) Content table of heavy atoms in the chlorite ( $xAP^{VI}$ ; Petruk 1964). (B) Content table of  $Al^{IV}$  in the tetrahedral sites of the chlorite ( $xAl^{IV}$ ; Brindley & Gillery 1956)

têm investigado o comportamento dos elementos menores (Onyeagocha 1974), e detectado zonações extremamente ricas em  $Mn^{2+}$  e em  $Fe^{3+} + Ni^{2+}$  (Paraskevopoulos & Economou 1981), ou exsoluções de cromita com ferro e/ou de ilmenita (Muir & Naldrett 1973, Böe 1978). A partir destes trabalhos, verifica-se que o enriquecimento em  $Mn^{2+}$  (Fig. 4A) e o empobrecimento em  $Ni^{2+}$  (Fig. 4B), experimentados pela cromita da região de Abadiânia, são efeitos esperados durante o seu metamorfismo. O  $Zn^{2+}$ , por sua vez, não mostra um padrão

claro de dispersão com o metamorfismo (Fig. 4C) e isso pode indicar que as variações locais de concentração dos elementos menores dependem das condições do metamorfismo, da composição da cromita e da rocha imediatamente adjacente a elas.

**Composição química da cromita primária** Como pôde ser observado na Figura 3A, a composição química dos núcleos cinza-escuro dos grãos individuais de cromita delimita

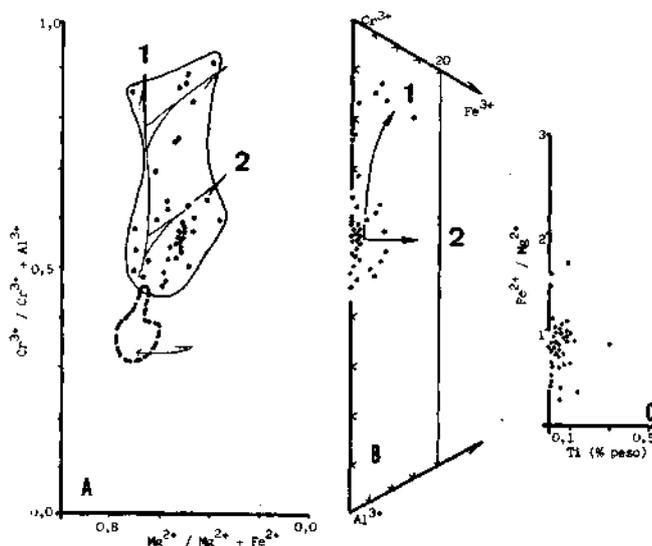


Figura 3 - Variação composicional dos elementos maiores da cromita com Fe (III) metamórfica nos diagramas (A)  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+} \times Mg^{2+}/Mg^{2+} + Fe^{2+}$ . (B)  $Fe^{3+} \times Cr^{3+} \times Al^{3+}$  e (C)  $Fe^{2+}/Mg^{2+} \times TiO_2$ . Os números nos diagramas representam as reações discutidas no texto

Figure 3 - Major elements compositional variation of the metamorphic ferrian chromite in the (A)  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+} \times Mg^{2+}/Mg^{2+} + Fe^{2+}$ . (B)  $Fe^{3+} \times Cr^{3+} \times Al^{3+}$  e (C)  $Fe^{2+}/Mg^{2+} \times TiO_2$  diagrams. The numbers in the diagrams represent the reactions discussed in the text

um campo muito restrito. Essa pequena dispersão na composição química da cromita poderia ser justificada pelo pequeno número de amostras onde foram observados e analisados aqueles núcleos (sete). Contudo, as amostras analisadas representam dois dos quatro corpos de serpentinito onde são encontrados depósitos de cromitito e abrangem quase toda a variação textural descrita. Portanto, a sua composição química limitada pode ser tomada como indicativo da homogeneidade composicional dos cromititos de Abadiânia.

A principal interpretação petrogenética retirada da figura 5 indica que estas análises representam cromita do tipo podiforme, o que é consistente com as observações petrográficas anteriormente descritas. A figura 5A mostra que o conteúdo de  $TiO_2$  é predominantemente inferior a 0,2% peso para uma razão atômica  $Fe^{2+}/Mg^{2+}$  entre 0,3 e 0,6. O alto conteúdo de  $TiO_2$  na amostra AB-CSI-03b é resultado da alta média composicional de um único grão mineral; porém, isto não encobre o significado do campo composicional delimitado pelo conjunto de análises dos grãos individuais: ele está posicionado na parte de baixo conteúdo global de  $TiO_2$  (< 0,5% peso), normalmente ocupada pela cromita podiforme (Dickey 1975). Na figura 5B, percebe-se que o conteúdo em  $Fe^{3+}$  é muito baixo (< 3 % át.); em termos de comparação, as cromitas podiformes possuem conteúdo de  $Fe^{3+}$  menor do que aquelas relacionadas a corpos estratiformes, a nódulos peridotíticos, ou a kimberlitos, quando considerados limites composicionais mais amplos. No entanto, a pequena variação composicional das amostras de cromita aqui estudadas não permite maiores especulações petrogenéticas. Por outro lado, a interpretação petroquímica da cromita de Abadiânia é plenamente confirmada na figura 5C baseada em Irvine (1967): a

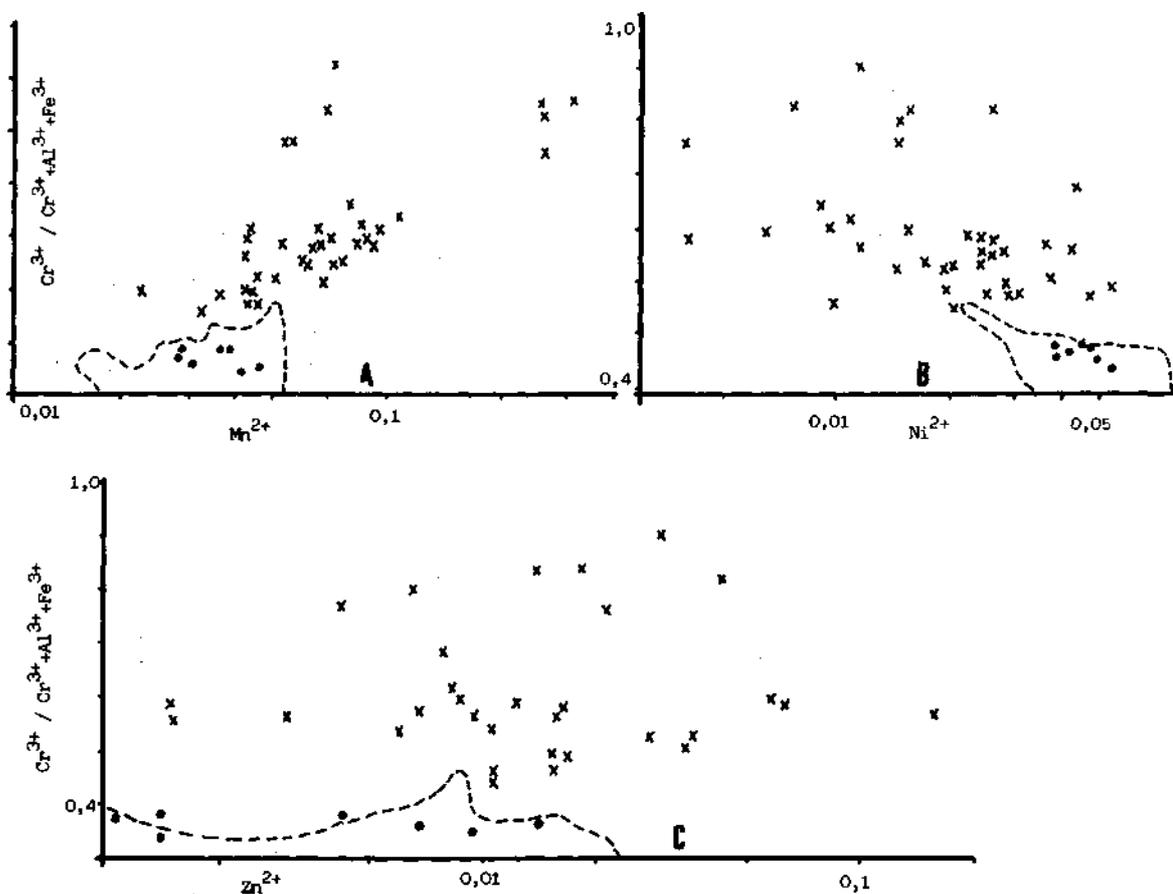


Figura 4 - Variação composicional dos elementos menores (A)  $Mn^{2+}$ , (B)  $Ni^{2+}$  e (C)  $Zn^{2+}$  contra a razão  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+} + Fe^{3+}$  da cromita com Fe (III) metamórficas

Figure 4 - Compositional variations of (A)  $Mn^{2+}$ , (B)  $Ni^{2+}$  and (C)  $Zn^{2+}$  minor elements against  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+} + Fe^{3+}$  ratio of the metamorphic ferrian chromites

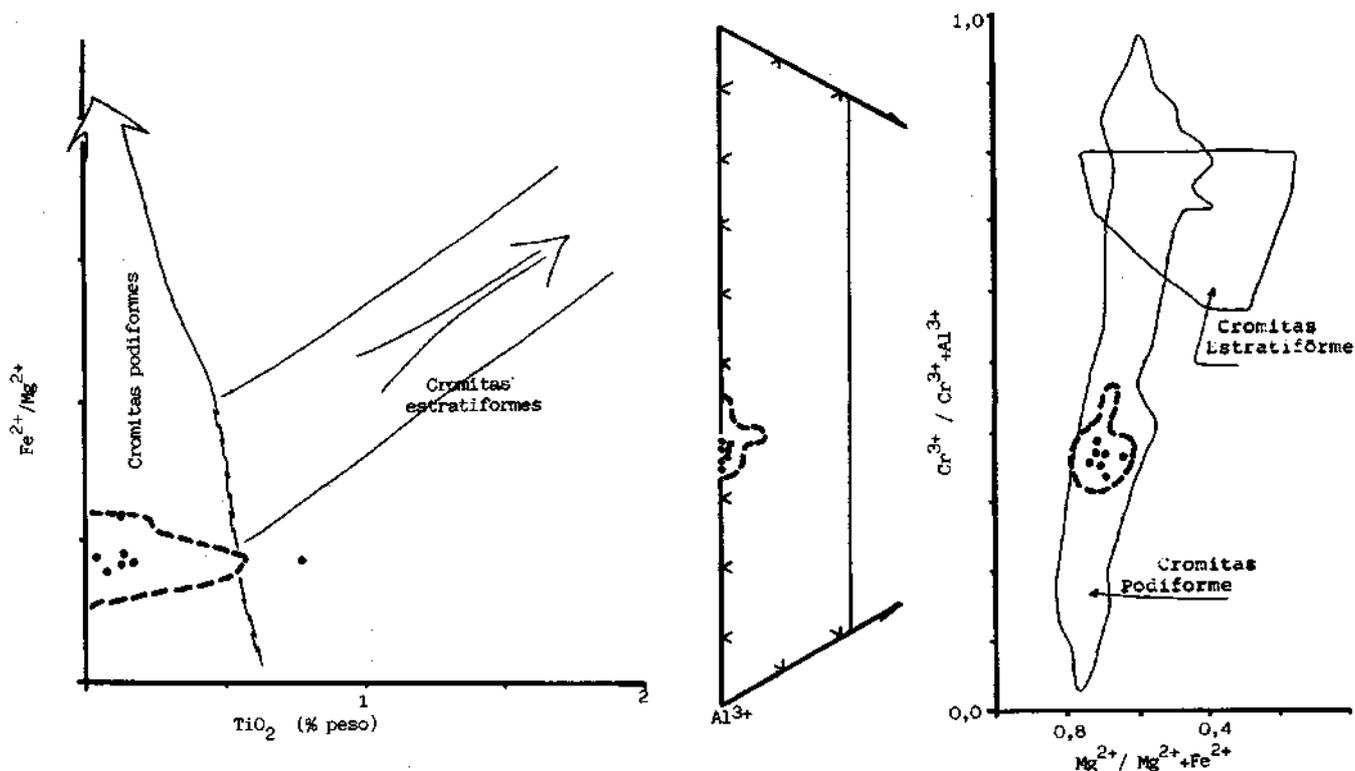


Figura 5—Variação composicional dos elementos maiores na cromita primária nos diagramas (A)  $Fe^{2+}/Mg^{2+} \times TiO_2$  (B)  $Fe^{3+} \times Cr^{3+} \times Al^{3+}$  e (C)  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+} \times Mg^{2+}/Mg^{2+} + Fe^{2+}$

Figure 5 - Major elements compositional variation of the primary chromite in the (A)  $Fe^{2+}/Mg^{2+} \times TiO_2$ . (B)  $Fe^{3+} \times Cr^{3+} \times Al^{3+}$  e (C)  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+} \times Mg^{2+}/Mg^{2+} + Fe^{2+}$  diagrams

composição da cromita está restrita a razões  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+}$  da ordem de 0,33 a 0,39 e razões  $Mg^{2+}/Mg^{2+} + Fe^{2+}$  entre 0,63 e 0,75, o que caracteriza cromita de natureza podiforme e as indica como cromita adequada ao uso industrial como refratário.

Um tratamento petrogenético mais aprofundado, baseado na composição química da cromita podiforme, deve levar em conta um aspecto que tem sido recentemente revelado em vários trabalhos de detalhe (Leblanc *et al.* 1980, Cassard *et al.* 1981, Leblanc & Violette 1983, Ahmed 1984). Esse aspecto diz respeito ao diferente comportamento geoquímico das cromita acessória e da cromita que faz parte do minério e está situado preferencialmente na razão  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+}$ . A cromita acessória experimenta um aumento da razão  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+}$  com o aumento do caráter residual da rocha; os corpos de minério, ao contrário, apresentam uma diminuição da razão  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+}$  com o aumento do caráter residual da rocha. A última relação, mais especificamente investigada por Leblanc & Violette (1983), aponta os harzburgitos-dunitos como as rochas hospedeiras mais prováveis para os cromititos de Abadiânia (baixa razão  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+}$ : 0,33-0,39).

Por outro lado, devido à pequena amplitude das variações composicionais em termos da razão  $Cr^{3+}/Cr^{3+} + Al^{3+}$  da cromita estudada e devido ao fato das análises corresponderem a cromititos, não são oportunas discussões acerca do caráter petro-tectônico do peridotito associado a estes cromititos, como apresentado no trabalho de Dick & Bullen (1984), até que se disponha de um maior número de trabalhos onde estejam discriminadas petrográfica e composicionalmente cromita acessória e cromita de segregação de diferentes posicionamentos tectônicos.

A caracterização geoquímica da cromita permite, no entanto, algumas especulações adicionais com relação às características estruturais dos corpos de cromitito. A intensidade da deformação regional, também imprimida nos serpentinitos e nos cromititos, naturalmente obliterou muito das suas relações originais, mas a principal dificuldade encontrada está na falta de exposições *in loco* dos cromititos. A figura 1 representa a reconstrução aproximada de um destes corpos que foi sujeito à exploração parcial. A correlação deste corpo com outros existentes em serpentinitos de mesmo condicionamento estrutural no Estado de Goiás (Thayer 1970, Herbert 1970, Nilson 1984) mostra que todos os corpos de cromitito têm um tamanho pequeno. Esta indicação é coerente com as investigações realizadas por Cassard *et al.* (1981) na Nova Caledônia e por Ahmed (1984) no Complexo Sakhakot-Qila (Paquistão); nestes locais, os corpos de cromitito de composição mais retratária apresentam os menores tamanhos, embora sejam, ainda, bem superiores aos descritos nos Corpos de Serpentinito de Goiás. Tal diferença pode, no entanto, ser conseqüência da intensidade da deformação regional, principalmente com relação à primeira e à segunda fases deformacionais, que podem ter seccionado corpos anteriormente mais expressivos. Uma melhor caracterização desses efeitos depende do exame de exposições adequadas em maior número, assim como a prospecção de mais corpos depende de um estudo mais apurado da estrutura impressa nos corpos de serpentinito.

**DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÃO** As conclusões gerais que se puderam tirar dos dados apresentados dão conta de que as características petrográficas e petroquímicas primárias dos cromititos da região de Abadiânia mostraram-se semelhantes àquelas de cromititos do tipo podiforme.

Além do mais, a composição altamente aluminosa das cromitas primárias indica que a rocha hospedeira é um harzburgito-dunito; isto está de acordo com a composição química global do serpentinito, conforme é mais detalhadamente analisado por Strieder & Nilson (1992) no primeiro trabalho desta série.

Até o momento, não se conhecia o efeito do metamorfismo sobre a composição química da cromita original. Esta modificação química de ordem metamórfica foi realizada nas mesmas condições gerais em que ocorreu a serpentinização e o metassomatismo de bordo dos corpos de serpentinito; ou seja, em condições muito restritas de "circulação" de água. Isto significa que o mecanismo predominante de transferência de massa ("troca iônica", se for considerada a transferência entre minerais) é a difusão intergranular (ver Strieder 1992). De acordo com este princípio, parece claro que o primeiro gradiente químico a ser estabelecido entre a cromita e a antigorita (cromitito vs. serpentinito) envolverá o  $Al^{3+}$ , pois ele possui baixíssima concentração no serpentinito. A entrada de  $Al^{3+}$  nas posições octaédricas da antigorita causa, também, uma modificação na sua estrutura cristalina, de modo a cristalizar a clorita verde-clara intersticial. Esta modificação mineral e composicional é representada pela reação do primeiro estágio de formação da cromita com ferro (Fig. 3A).

O aumento na concentração relativa de  $Cr^{3+}$ , de  $Al^{3+}$  e de  $Ti^{4+}$  durante o curso do metamorfismo deve, conseqüentemente, estabelecer novos gradientes químicos de difusão intergranular entre a cromita com Fe (III) e a clorita intersticial. Esta transferência iônica é representada (Fig. 3 A) pelo segundo estágio de formação da cromita com Fe (III), onde também cristalizam a clorita avermelhada e as exsoluções de hematita e de rutilo.

Um aspecto importante deve ser considerado a partir destes resultados: as influências das modificações metamórficas na composição química global da cromita, quando as análises são realizadas por via-úmida em grãos separados. Com a análise petrográfica das seções polidas, foi possível observar que a intensidade da transformação aumenta com a diminuição da concentração de cromita e com o aumento da intensidade da deformação; nas amostras mais disseminadas e/ou mais deformadas, normalmente não é possível reconhecer os núcleos de cromita cinza-escura primária e isto é refletido, nas análises via microsonda eletrônica, pelos conteúdos significativamente mais elevados de  $Cr_2O_3$ .

De um modo geral, os dados químicos apresentados em alguns artigos (Berbert 1970, Figueiredo 1977, Nilson 1984) fornecem apenas faixas composicionais de análises via-úmida realizadas pelas empresas que exploram os cromititos. Esta faixa composicional está aproximadamente delimitada na figura 6, onde é relacionada aos campos composicionais da cromita primária e da cromita com Fe (III) de Abadiânia e aos campos composicionais da cromita estratiforme e podiforme. Na figura 6, pode-se observar que, apesar da modificação química global, as amostras de cromita mantêm-se aproximadamente no campo composicional dos cromititos podiformes. No entanto, deve ficar claro que isto é uma conseqüência específica das condições em que se deu esta transferência iônica entre cromita primária e antigorita; ou seja, o gradiente químico, a partir da cromita, envolveu principalmente a remoção de  $Al^{3+}$  e, muito secundariamente, de  $Mg^{2+}$ .

Assim, as modificações químicas metamórficas introduzidas nos cromititos de Abadiânia são responsáveis pelo não-aproveitamento global do minério como refratário. O minério mais disseminado e o mais deformado fazem, normalmente, parte do rejeito de lavra; no entanto, estudos mais detalhados podem viabilizar o seu aproveitamento mais completo na indústria química.

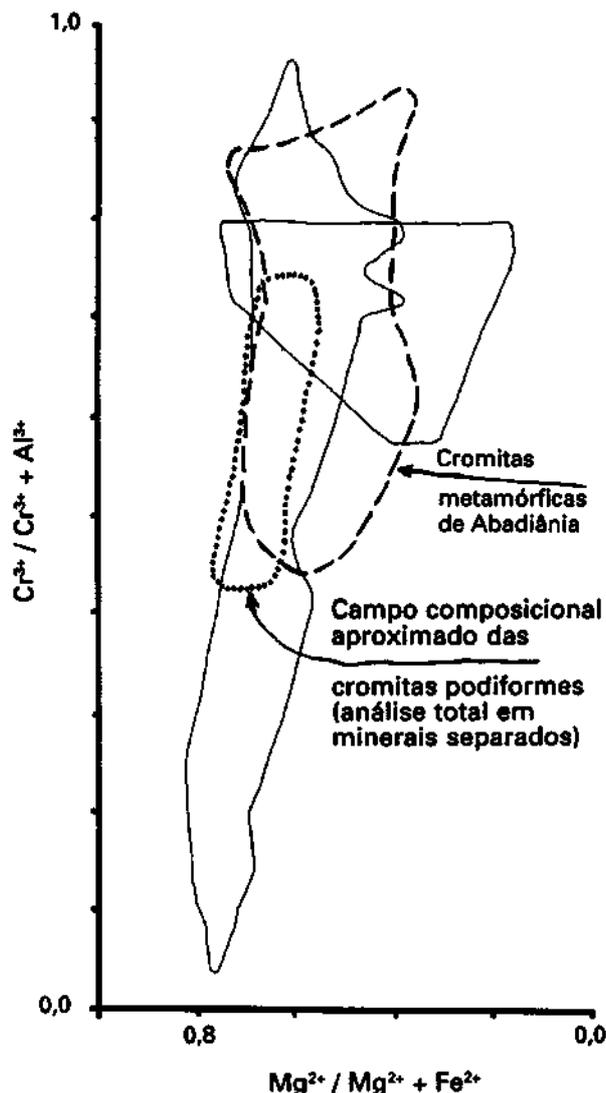


Figura 6 - Comparação dos campos composicionais da cromita primária e metamórficas de Abadiânia (GO) com o campo composicional aproximado das diversas análises via-úmida para os cromititos podiformes de Goiás  
 Figure 6 - Comparison of the compositional fields of the primary and metamorphic chromite of Abadiânia (GO) with the approximated compositional field for various total analysis of the podiform chromitites from Goiás

**Agradecimentos** Os autores gostariam de agradecer à Metais de Goiás S.A. pelo suporte financeiro aos trabalhos de campo em Abadiânia nos anos de 1987-1988. Ao Geól. Luís R.A. Garcia e à Quím. Carmem C. Pimenta pela presteza, pelo acompanhamento e pela viabilização das análises químicas de cromita via Microsonda Eletrônica na Div. de Petrografia - Superint. de Tecnologia da Com. Vale do Rio Doce S.A. Agradecem à Prof. Maria do RS. Adusumilli (IG-UnB), pelo auxílio na obtenção e na interpretação das análises difratométricas de clorita. Os autores também agradecem ao Prof. Marcos T.F. Suíta (E.M.-UFOP) pelas sugestões que melhoraram este artigo.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AHMED, Z. 1984. Stratigraphic and textural variations in the chromite composition of the ophiolitic Sakhakot-Qila Complex, Pakistan. *Econ. Geol.* 79(6):1334-1359.

BEESON, M.H. & JACKSON, E.D. 1969. Chemical composition of altered chromites from the Stillwater Complex, Montana. *Am. Mineral.* 54(5):1084-1100.

- BERBERT, C.O. 1970. Geologia dos complexos básicos-ultrabásicos de Goiás. In: CONOR. BRAS. GEOL., 24. Brasília, 1970. *Atas...* Brasília, SBG. p. 41-50.
- BÖE, P. 1978. Ilmenite exsolution intergrowths in chromite from Raisduoddar-Hal'di. Troms. Norway. *Can. Mineral.*, **16**:597-600.
- BRINDLEY, G.W. & GILLERY, F.H. 1956. X-ray identification of chlorite species. *Am. Mineral.*, **41**(1):169-186.
- CASSARD, D.; NICOLAS, A.; RABINOVITCH, M.; MOUTTE, J.; LEBLANC, M.; PRINZHOFFER, A. 1981. Structural classification of chromite pods in Southern New Caledonia. *Econ. Geol.*, **76**(5):805-831.
- DICK, H.J.B. & BULLEN, T. 1984. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas. *Contr. Min. Petrol.*, **86**(1):54-76.
- DICKEY, J.S., Jr. 1975. A hypothesis of origin for podiform chromite deposits. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **39**(4): 1061-1074.
- EVANS, B.W. & FROST, B.R. 1975. Chrome-spinel in progressive metamorphism - a preliminary analysis. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **39**(5):959-972.
- FIGUEIREDO, A.N. 1977. Depósitos de cromita de Goiás e Campo Formoso (BA) - diagnose e análise comparativa. *Rev. Bras. Geoc.*, **7**:73-83.
- HOCK, M. & FRIEDRICH, G. 1985. Structural features of ophiolitic chromites in the Zambales Range. Luzon. Philippines. *Mineral. Dep.*, **20**(2): 290-301.
- IRVINE, T.N. 1965. Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part 1: theory. *Can. J. Earth Sci.*, **2**(4):648-672.
- IRVINE, T.N. 1967. Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part 2: petrology application. *Can. J. Earth Sci.*, **4**(1):71-103.
- LEBLANC, M.; DUPUY, C.; CASSARD, D.; MOUTTE, J.; NICOLAS, A.; PRINZHOFFER, A.; RABINOVITCH, M.; ROUTHIER, P. 1980. Essai sur la genèse des corps podiformes de chromite dans les peridotites ophiolitiques: etude des chromites de Nouvelle-Calédonie et comparaison avec celles de Méditerranée Orientale. In: PANAYIOTON, A. ed. *Proceeding of the International Ophiolite Symposium*. Cyprus, 1979. p. 691-701.
- LEBLANC, M. & VIOLETTE, J.F. 1983. Distribution of aluminum-rich and chromium-rich chromite pods in ophiolite peridotites. *Econ. Geol.*, **78**(2):293-301.
- MUIR, J.E. & NALDRETT, A.J. 1973. A natural occurrence of two-phase chromium-bearing spinels. *Can. Mineral.*, **11**(3):930-939.
- NILSON, A. A. 1984.0 atual estágio de conhecimento dos complexos máfico-ultramáficos Pré-cambrianos do Brasil - uma avaliação preliminar. In: CONGR. BRÁS. GEOL., 33. Rio de Janeiro, 1982. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG. v. 4, p. 4166-4203.
- ONYEAGOCHA, A.C. 1974. Alteration of chromite from the Twin Sisters Dunite, Washington. *Am. Mineral.*, **59**(2):608-612.
- PARASKEYOPOULOS, G.M. & ECONOMOU, M. 1981. Zoned Mn-rich chromite from podiform type chromite ore in serpentinites of northern Greece. *Am. Mineral.*, **66**(5):1013-1019.
- PETRUK, W. 1964. Determination of the heavy atom content in chlorite by means of X-ray diffractometers. *Am. Mineral.*, **49**(1):61-71.
- STRIEDER, A.J. 1989. Geologia, Petrologia e Tectônica dos Corpos de Serpentinó e Rochas Encaixantes. Abadiânia (GO). Brasília. 208 p. (Dissertação de Mestrado, IG/UnB).
- STRIEDER, A.J. 1992. Serpentinização e metassomatismo em rochas ultramáficas: discussão das características e recomendações para o tratamento geoquímico. *Rev. Bras. Geoc.*, **22**(3):329-337.
- STRIEDER, A.J. & NILSON, A.A. 1992. Melange ofiolítica nos metassedimentos Araxá de Abadiânia (GO) e implicações tectônicas regionais. *Rev. Bras. Geoc.*, **22**(2):204-215.
- STRIEDER, A.J. & NILSON, A.A. 1992. Estudo petrológico de alguns fragmentos tectônicos da melange ofiolítica em Abadiânia (GO): I - O protólito dos corpos de serpentinó. *Rev. Bras. Geoc.*, **22**(3):338-352.
- THAYER, T.P. 1969. Gravity differentiation and magmatic re-emplacment of podiform chromite deposits. In: WILSON, H.D.B. ed. *Magmatic Ore Deposits: a Symposium*. USA, Econ. Geol. p. 132-146. (Monograph 4).
- THAYER, T.P. 1970. *Notes on the Geology and Resources of Some Peridotites and Related Rocks in Brazil*. Washington, U.S. Geol. Survey. 22 p. (Report 800).
- ULMER, G.C. 1974. Alteration of chromite during serpentinization in the Pennsylvania-Maryland District. *Am. Mineral.*, **59**(5):1236-1241.
- ZIMIN, S.S. 1966. Some special features of composition and genesis of chromite. *Intern. Geol. Rev.*, **8**(6):643-651.

**MANUSCRITO A726**  
**Recebido em 19 de março de 1992**  
**Revisão do autor em 2 de julho de 1992**  
**Revisão aceita em 14 de julho de 1992**