



## INVESTIGAÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA DE CASSITERITA E COLUMBITA-TANTALITA DO SUDESTE DO BRASIL POR MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

R. Mello Pereira<sup>1</sup>, R. Neumann<sup>2</sup>, A.M. Netto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geologia Aplicada da FGEL-UERJ, Rua São Francisco Xavier 524/2017A, Maracanã, CEP 20559-013, Rio de Janeiro, RJ

<sup>2</sup>Coordenação de Análises Mineralis, Centro de Tecnologia Mineral CETEM-MCT, Av. Ipê, 900, CEP 21941-590, Rio de Janeiro, RJ

<sup>3</sup>TEKTOS – FGEL-UERJ

Recebido em 03/02, aprovado para publicação em 09/02

### ABSTRACT

*SEM-EDS studies in cassiterite and columbite-tantalite sampled in stream sediments of three tectonic domains of southeastern Brazil (Andrelândia Thrust System – ATS; Socorro-Guaxupé Thrust Nappe – SGTN; Embu Domain – ED) show significant chemical and mineralogical results. The cassiterite composition lies between 97.9 and 99.3 wt.% SnO<sub>2</sub> and 1.8 and 0.7 wt.% Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> is registered only in the samples from Monte Belo-Capivara (ATS) and Resende (ED). The mineral inclusions in the cassiterite from the ATS domain are ilmenorutile (Nb rutile), leucoxene, pyrite, zircon, Pb tantalite, pyrochlore, zoned columbite-tantalite, uraninite and quartz. The inclusions in the columbite-tantalite are Ta rutile, columbite-tantalite, pyrochlore, Pb tantalite, tantalite, cassiterite, muscovite, uraninite and zircon. Ti is an important chemical signature of columbite-tantalite from the ATS domain. In the SGTN domain, the inclusions in cassiterite are columbite-tantalite, wolframite, uraninite, galena, Pb columbite and pyrochlore. In the ED domain, the cassiterite inclusions are Pb tantalite, columbite-tantalite, uraninite and feldspar.*

### RESUMO

*Estudos em MEV-EDS em cassiterita e columbita-tantalita de concentrados de bateia coletados em áreas do sudeste brasileiro apresentaram resultados químicos e mineralógicos bastante específicos, que permitiram associar esses minerais aos diferentes domínios tectônicos que ali ocorrem: Sistema de Empurrão Andrelândia (SEA); Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé (NESG) e Domínio Embu (DE).*

*Composicionalmente, a cassiterita tem teores que variam de 97,9% a 99,3% em peso de SnO<sub>2</sub> e 1,8% a 0,7% em peso de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> só foi registrado em amostras de Monte Belo-Capivara e Resende. A cassiterita do domínio SEA contém numerosas inclusões mineralis, representadas por ilmenorutilo (Nb rutilo), leucoxênio, pirita, zircão, Pb tantalita, pirocloro, columbita-tantalita zonada, uraninita e quartzo. A columbita-tantalita desse mesmo domínio é mais niobífera em Itanhandu e mais tantalífera em Monte Belo-Capivara. Suas principais inclusões são: Ta rutilo, columbita-tantalita, pirocloro, Pb tantalita, tantalita, cassiterita e uraninita. O Ti é a principal assinatura geoquímica da columbita-tantalita neste domínio, fato reforçado pelas inclusões de ilmenorutilo na cassiterita e na columbita-tantalita. A cassiterita do domínio NESG contém uma grande quantidade de inclusões mineralis, sendo a columbita-tantalita a principal delas. Ocorrem ainda: wolframita, uraninita, galena, Pb columbita e pirocloro. A cassiterita da área do domínio DE contém raras inclusões mineralis, sendo estas de: Pb tantalita, columbita-tantalita e uraninita.*

## INTRODUÇÃO

A região considerada, situada ao sul dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro e leste do Estado de São Paulo, encontra-se inserida no segmento central da Faixa Ribeira (Heilbron *et al.*, 2000) e apresenta-se constituída por cinco grandes domínios tectônicos, representados pelo Sistema de Empurrão Andrelândia (SEA), pela *Nappe* de Empurrão Socorro-Guaxupé (NESG), pelo Domínio Embu (DE), pelo Sistema de Empurrão Juiz de Fora (SEJF) e pela *Klippe* do Paraíba do Sul (KPS), aos quais, respectivamente, estão associados o Grupo Andrelândia (GA) e os complexos Piracaia (CP), Embu (CE), Juiz de Fora (CJF) e Paraíba do Sul (CPS) (Pereira, 2001).

Essa região foi alvo de campanhas geoquímicas por concentrados de minerais pesados (Penha, 1992; Pereira *et al.*, 1992; 1994 a,b; 1997), sendo levantados cerca de 7.500 km<sup>2</sup> e coletadas 410 amostras, com uma densidade de amostragem de 1 ponto/18 km<sup>2</sup>. O volume amostrado correspondeu a cinco litros de material peneirado a 2,0 mm, sendo, o concentrado, obtido por meio de bateamento processado em laboratório. Após separações em líquido denso, uma alíquota de 20 g dos minerais pesados de cada amostra foi enviada para análises químicas multielementares por espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma acoplado indutivamente (ICP-AES) e absorção atômica (AA) em laboratórios especializados, sendo, o restante do material, fracionado em separador magnético (Frantz) e estudado em microscópio estereoscópico. Os grãos minerais selecionados para estudos por microscopia eletrônica de varredura foram montados em seções apropriadas, polidas com pasta de diamante.

O objetivo principal deste estudo foi o de reconhecer e identificar as características químicas e mineralógicas (em relação à presença de inclusões minerais) da cassiterita e da columbita-tantalita encontradas na região, para fins de interpretação geológica.

### ESTUDOS EM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO

De um modo geral, os concentrados analisados forneceram uma sùmula mineral basicamente constituída por: magnetita, ilmenita, limonita, almandina, turmalina (possivelmente

schorl e dravita), hornblenda, epidoto, monazita, xenotímio, estauroлита, sillimanita, zircão e rutilo. De maneira mais restrita, registrou-se, ainda, a presença de: ouro, cassiterita, columbita-tantalita, wolframita, scheelita, topázio, samarskita, fluorita, molibdenita, barita, espessartita, coríndon (comum e as variedades rubi e safira), allanita, titanita, cianita, apatita, martita, óxido de manganês, pirita, pirita epigênica, diopsídio, tremolita-actinolita, espinélio, anatásio, brookita, leucoxênio, muscovita e biotita. A distribuição dos principais minerais de interesse, de acordo com os diversos domínios tectônicos presentes na região, pode ser visualizada na Tabela 1.

A cassiterita e a columbita-tantalita foram determinadas nas drenagens situadas nas áreas de entorno dos granitos do Funil, Mendanha, Capivara e Itanhandu (Pereira *et al.*, 1997). Esses corpos encontram-se representados por granitos Tipo-S (granitos Mendanha, Capivara e Itanhandu) e Tipo-I (Granito do Funil), posicionados em domínios tectônicos distintos, bem como relacionados a diferentes unidades geológicas (Fig. 1).

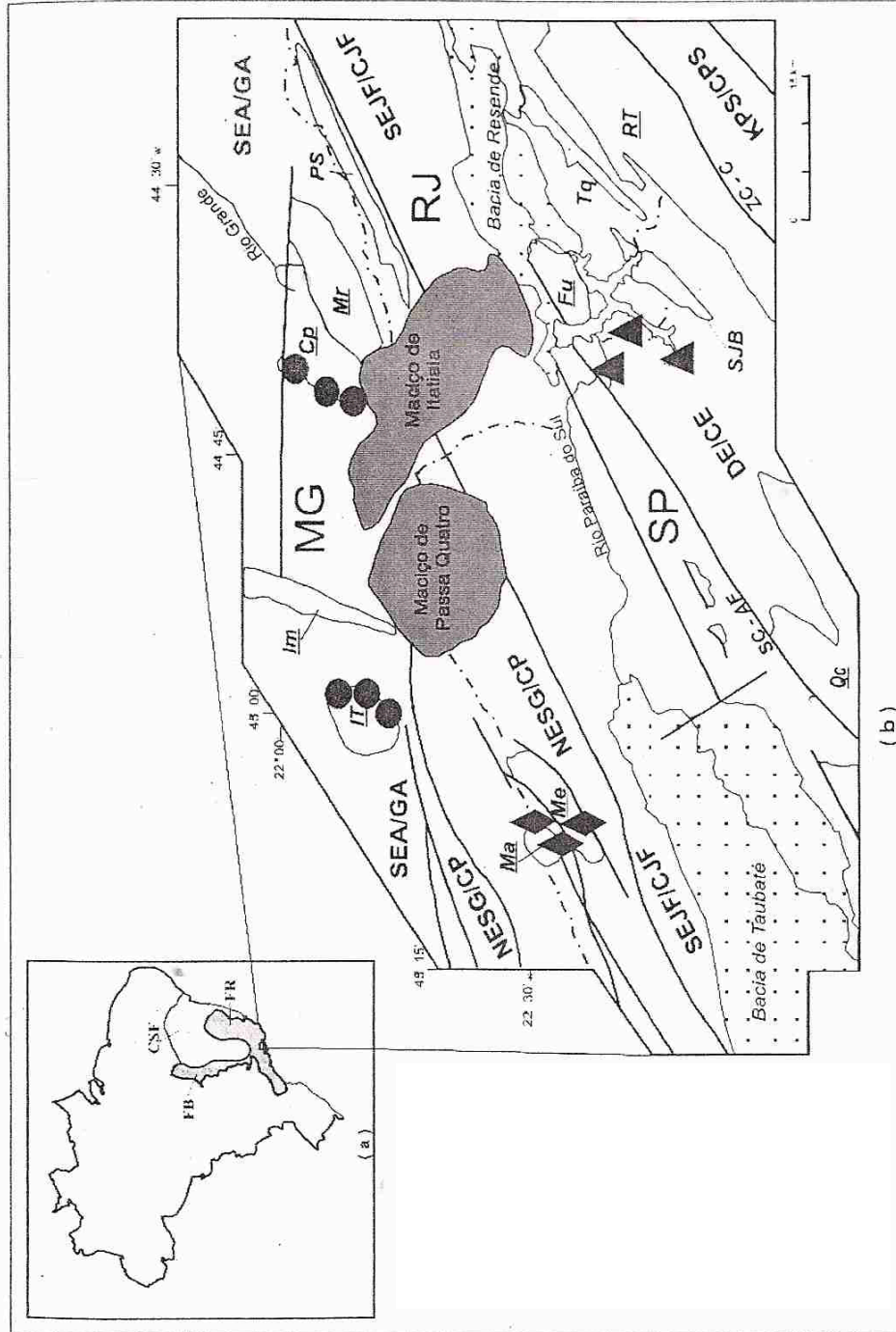
As associações em metais raros / mineralógicas determinadas no âmbito de cada um dos domínios tectônicos foram:

- SEA – granitos Itanhandu e Capivara: Sn – Nb-Ta (cassiterita – columbita-tantalita);
- NESG – Granito Mendanha: Sn ± W ± F ± Mo (cassiterita ± wolframita ± topázio ± molibdenita);
- DE – Granito do Funil: Sn ± Mo (cassiterita ± molibdenita).

### ESTUDOS AO MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA

As análises qualitativas e semiquantitativas foram realizadas no microscópio eletrônico de varredura, equipado com sistema de microanálise de raios X por espectroscopia de energia dispersiva (MEV-EDS), marca LEO S440, do Setor de Caracterização Tecnológica e Ambiental do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/MCT). Elas foram efetuadas em seções polidas dos minerais recobertos com carbono em câmara de vácuo. As imagens foram geradas por detector de elétrons retroespalhados, que gera os níveis de cinza proporcionais ao peso atômico médio do material analisado. Assim, quanto maior o seu





**Figura 1**— a) Mapa de localização: CSF = Cráton do São Francisco; FR = Faixa Ribeira; FB = Faixa Brasília. b) Mapa tectônico regional com a distribuição das ocorrências em metais raros. ● = Sn/Nb-Ta; ◆ = Sn/Mo; ▲ = Sn/W/Mo. Domínios tectônicos: SEA/GA = Sistema de Empurrão Andrelândia/Grupo Andrelândia; SEJF/CJF = Sistema de Empurrão Juiz de Fora/Complexo Juiz de Fora; KPS/CPS = Klippe Parafba do Sul/Complexo Parafba do Sul; NESG/CP = Nappe de Empurrão Socorro Guaxupé/Complexo Piracaia; DE/CE = Domínio Embu/Complexo Embu. Granitos: Fu = Fumil; RT = Rio Turvo; Tq = Taquaral; SJB = São José do Barreiro; Me = Mendanha; Ma = Marins; It = Itanhandu; Im = Itamontê; Cp = Capivara; Mr = Maromba; PS = Pedra Selada; Qc = Quebra-Cangalha.

**Tabela 1** – Associações Mineralógicas x Domínios Tectônicos

Domínio Tectônico	NESG	DE	SEA	SEJF	KPS
Domínio Litológico	Complexo Piracaia	Complexo Embu	Grupo Andrelândia	Complexo Juiz de Fora	Complexo Paraíba do Sul
mineral					
Cassiterita	■	■	■	-	-
Columbita/tantalita	□	-	■	-	-
Wolframita	□	-	-	-	-
Topázio	□	-	-	-	-
Fluorita	□	□	-	-	-
Molibdenita	□	□	-	-	-
Scheelita	■	■	□	□	■
Sillimanita	■	■	□	■	■
Ouro	□	-	□	□	-
Cianita	□	-	■	-	-
Turmalina	□	■	■	□	□
Coríndon / rubi	-	-	□	-	-
Coríndon / safira	-	-	-	□	-

NESG = Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé; DE = Domínio Embu; SEJF = Sistema de Empurrão Juiz de Fora; KPS = Klippe Paraíba do Sul; (■): presença marcante; (□): presença incipiente; (-): ausente

peso atômico, mais a fase aparece clara na imagem. Foram obtidos espectros de composição química qualitativa por dispersão de energia em pontos de área de aproximadamente 1 mm de raio, selecionados nas imagens, e efetuadas análises semiquantitativas por EDS. Para isso, o equipamento foi calibrado com padrão de cobalto de pureza 99,995 %, a cada hora, de forma a eliminar ou minimizar os efeitos de flutuação na intensidade do feixe. A calibração de todos os elementos analisados foi feita com padrões certificados. O tempo de aquisição de espectro para o padrão e para cada análise foi de, aproximadamente, 100 segundos. A quantificação dos elementos foi realizada pelo programa SEMQUANT, da suíte Oxford ISIS L300. O EDS é um Link ISIS L300, com detector de SiLi Pentafet, janela ultrafina ATW II, de resolução de 133 eV para 5,9 keV. O limite de detecção varia, mas situa-se entre 0,1 e 0,5%.

Os grãos de cassiterita analisados são, na maioria, angulosos, sendo raros aqueles que ainda conservavam as suas formas cristalinas (estas, geralmente, em bipirâmides tetragonais) ou mesmo faces de cristais. A columbita-tantalita, por sua vez, apresenta-se como cristais tabulares ou prismáticos bastante caracte-

rísticos. Nesses grãos, foram determinadas várias inclusões minerais que, na medida do possível, foram identificadas e caracterizadas. Após a determinação da composição química da cassiterita e da identificação das inclusões nela contida, foi avaliada a correlação entre a química e mineralogia e os domínios tectônicos considerados.

#### Cassiterita e columbita-tantalita do domínio tectônico SEA

A cassiterita e a columbita-tantalita do domínio tectônico Sistema de Empurrão Andrelândia derivam de concentrados de minerais pesados coletados no ribeirão Itanhandu (Município de Itanhandu, MG) e no córrego Capivara (área de Monte Belo-Capivara, Município de Itamonte, MG), afluentes do rio Aiuruoca, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Grande.

A principal inclusão mineral registrada nos grãos de cassiterita corresponde a um mineral de Nb, Ta, Fe, Mn e Ti, considerado como columbita-tantalita. Na área de Itanhandu, foram determinadas diversas inclusões de um mineral de Fe e Ti, com um pouco de Nb associado, contendo exsoluções de columbita-

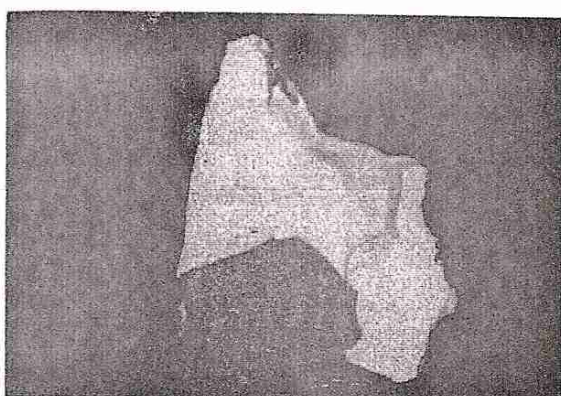


tantalita (Fig. 2), que foi considerado como ilmenorutilo (Nb rutilo). Já em Monte Belo-Capivara, o mineral de titânio presente é o leucoxênio.

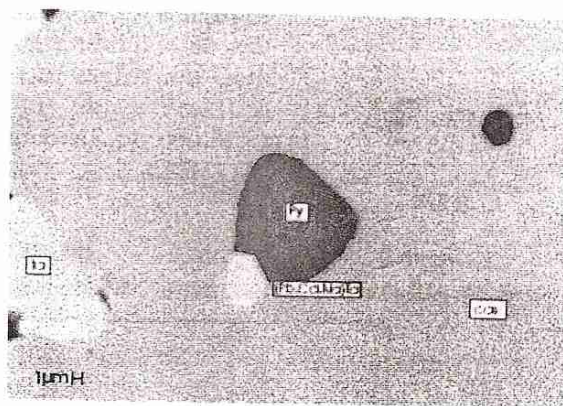
Além desses minerais também foram constatadas inclusões de quartzo, uraninita, pirita, zircão, um óxido de Pb e Ta, considerado genericamente como Pb tantalita, e de um mineral contendo picos de Nb, Na, Ca, Pb e Ta, provavelmente um representante do grupo do pirocloro (Figs. 3 e 4). É notável a presença de inclusões representadas por pequenos cristais zonados de columbita-tantalita (Fig. 5), onde os

núcleos mais niobíferos tornam-se mais tantalíferos, em direção às bordas dos grãos.

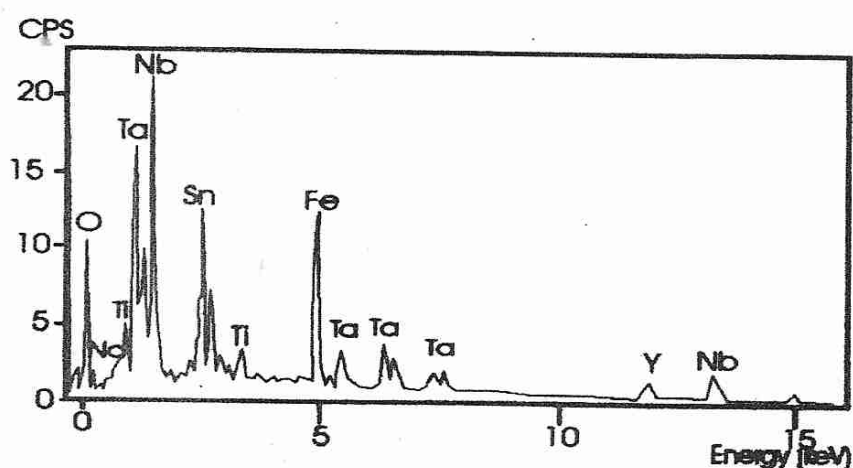
A columbita-tantalita da área de Itanhandu sempre possui picos de titânio, sendo mais niobífera do que a da área de Monte Belo-Capivara, que é mais tantalífera (Tabela 2). Em Itanhandu, as principais inclusões são de Ta rutilo, columbita-tantalita, pirocloro, uraninita, cassiterita e muscovita. A presença de titânio e de inclusões de ilmenorutilo reforçam a importância desse elemento (Fig. 6) como uma das principais assinaturas químicas da columbita-tantalita, na área do Sistema de Empurrão Andrelândia.



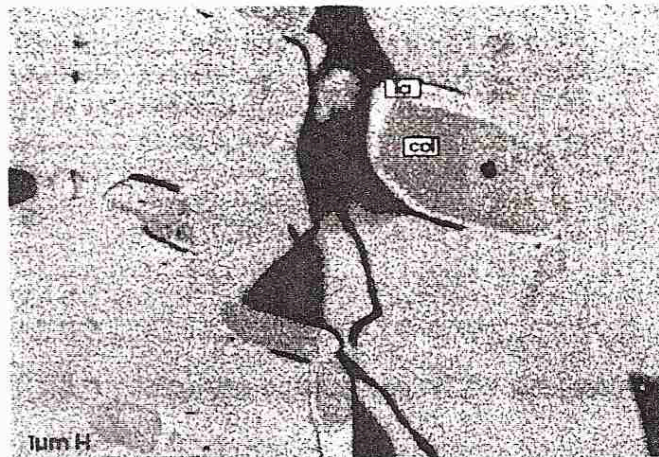
**Figura 2** – Ilmenorutilo (mais escuro), com exsoluções de columbita-tantalita, associado à cassiterita. Área de Itanhandu, MG. Domínio tectônico do Sistema de Empurrão Andrelândia (SEA).



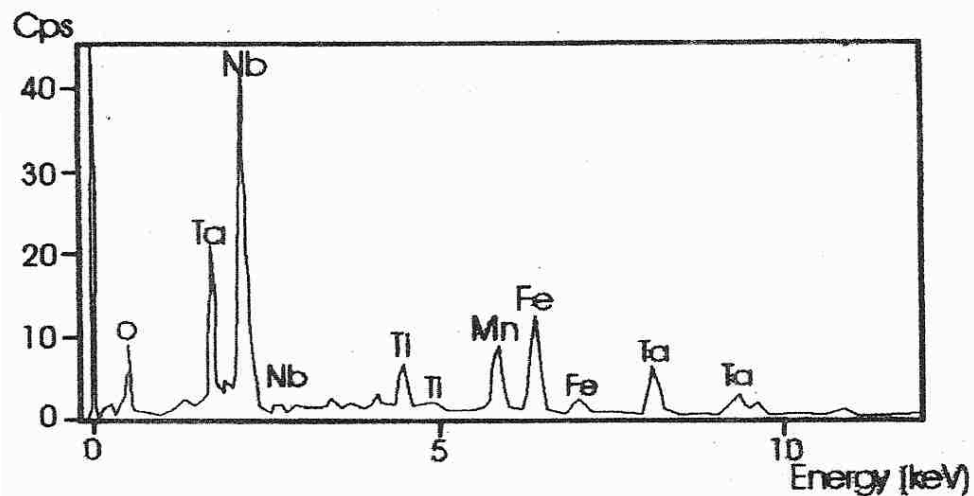
**Figura 3** – Cassiterita com inclusões de pirita (py), tantalita (ta) e pirocloro [(Na, Ca, Pb) Nb/Ta]. Área de Itanhandu, MG. Domínio tectônico do Sistema de Empurrão Andrelândia (SEA).



**Figura 4** – Espectro de EDS de mineral do grupo do pirocloro incluído em cassiterita da área de Itanhandu, MG. Domínio tectônico do Sistema de Empurrão Andrelândia (SEA).



**Figura 5** – Cassiterita com inclusões de cristais de columbita-tantalita zonada com borda mais tantalífera (ta) e núcleo mais niobífero (col). Área de Itanhandu, MG. Domínio tectônico do Sistema de Empurrão Andrelândia (SEA).



**Figura 6** – Espectro de EDS de columbita-tantalita com picos de Ti, incluída na cassiterita. Área de Itanhandu, MG. Domínio tectônico do Sistema de Empurrão Andrelândia (SEA).

Em Monte Belo-Capivara, os cristais de columbita-tantalita apresentam-se zonados, com bordas mais niobíferas (sem Ti) e núcleos mais tantalíferos e com titânio (Tabela 2 e Fig. 7). Esse zoneamento é o inverso do observado na columbita-tantalita incluída na cassiterita des-

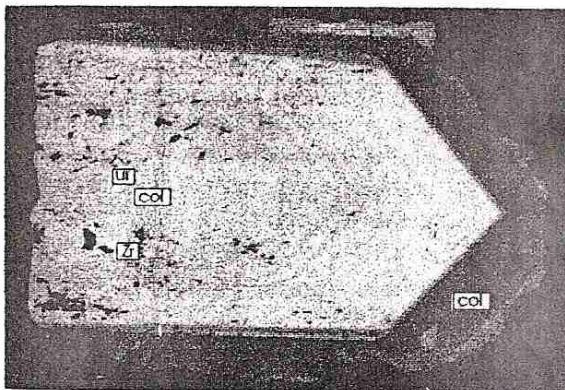
sa mesma área. As principais inclusões minerais observadas são de cassiterita, um óxido de U (uraninita), além de zircão, Pb tantalita e tantalita (Fig. 8). O Pb da uraninita é, provavelmente, resultante de decaimento radioativo.



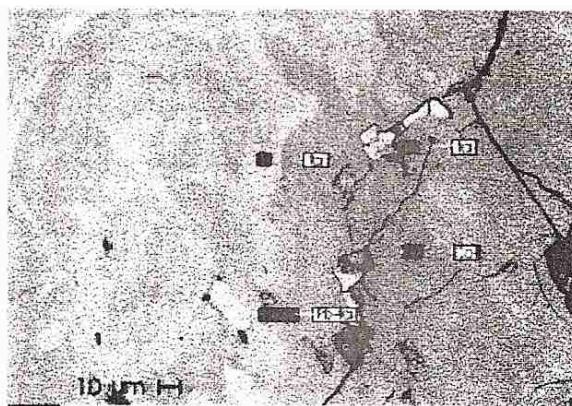
**Tabela 2** – Análises químicas semiquantitativas da columbita-tantalita da região de Itanhandu e Monte Belo-Capivara.

Domínio tectônico	Sistema de Empurrão Andrelândia (SEA)				
	área	Itanhandu	Monte Belo-Capivara (Itamonte)		grão zonado b *
			grão zonado a	grão zonado b *	
composição		<i>borda</i>	<i>núcleo</i>	<i>borda</i>	<i>núcleo</i>
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1,45	-	4,27	
TiO <sub>2</sub>		5,16	0,33	1,97	1,06
MnO		7,48	5,58	6,23	9,27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		9,74	13,53	9,82	6,15
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		57,52	60,55	37,82	28,82
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		17,64	19,14	39,01	53,05
SnO <sub>2</sub>		0,57	-	0,38	0,53
PbO		0,35	1,05	0,45	1,09
UO <sub>3</sub>		-	-	-	0,23
% total		99,96	100,18	99,95	99,97

(\*) : inclusão na cassiterita; (-): não detectado



**Figura 7** – Cristal de columbita-tantalita zonado com núcleo mais tantalífero (ta) e borda mais niobífera (col). Inclusões de uraninita (ur) e zircão (zr). Área de Monte Belo-Capivara, Itamonte, MG. Domínio tectônico do Sistema de Empurrão Andrelândia (SEA).

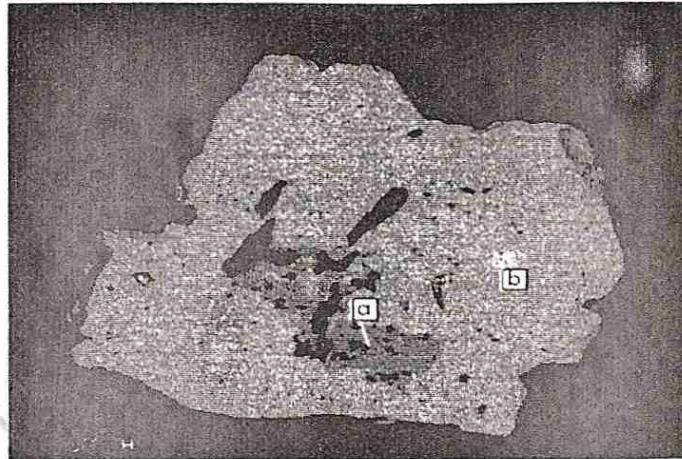


**Figura 8** – Inclusões de Pb tantalita (Pb ta) e tantalita (ta) na columbita-tantalita da área de Monte Belo-Capivara, Itamonte, MG. Domínio tectônico do Sistema de Empurrão Andrelândia (SEA).

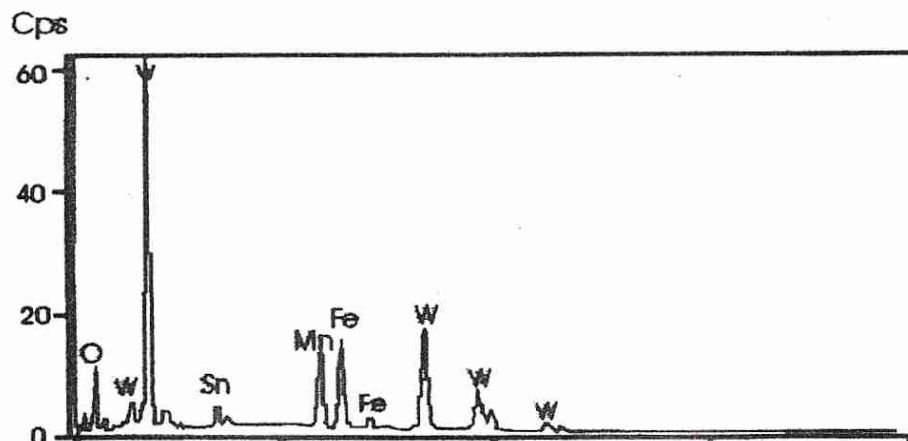
#### Cassiterita do domínio tectônico NESG

Os cristais de cassiterita do domínio da *Nappe* de Empurrão Socorro-Guaxupé foram retirados de um concentrado de minerais pesados, coletado no ribeirão Passa Quatro, afluente do rio Paraíba do Sul, que corta o Bairro dos

Marins em Piquete, SP. As principais inclusões encontradas são de columbita-tantalita não zonada, seguidas de wolframita (Figs. 9 e 10), galena, uraninita e minerais, com composições mais complexas contendo Nb, Ta, Fe, Y, Na e Nb, Ta, Y, Fe, Ti, Na e Mn, tratando-se, provavelmente, de minerais do grupo dos pirocloros.



**Figura 9** – Cassiterita da área de Piquete-Cruzeiro, com inclusões de columbita-tantalita (a) e wolframita (b). Domínio tectônico da *Nappe* de Empurrão Socorro-Guaxupé (NESG).



**Figura 10** – Espectro de EDS da wolframita inclusa na cassiterita. Domínio tectônico da *Nappe* de Empurrão Socorro-Guaxupé (NESG).

#### Cassiterita do domínio tectônico DE

Os grãos minerais analisados foram retirados de dois concentrados coletados nos córregos São Jerônimo, em Resende, Rio de Janeiro, e das Pitãs, em Cachoeira Paulista, São Paulo, da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. A cas-

siteira encontrada no Domínio Embu mostra-se quase que desprovida de inclusões, em contraste com a dos domínios anteriores. As poucas inclusões são de um óxido de Ta e Pb (com Nb de forma associada), considerado como Pb tantalita (Tabela 3). As outras raras inclusões são de columbita-tantalita não zonada, uraninita e feldspato.



**Tabela 3** – Análises químicas semi-quantitativas das inclusões de Pb tantalita contidas em grãos de cassiterita.

Domínio tectônico	Sistema de Empurrão Andrelândia	Domínio Embu
área	Monte Belo (1)	Resende (1)
composição		
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,31	-
TiO <sub>2</sub>	1,33	1,11
MnO	0,12	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,57	0,61
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,76	8,84
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	70,45	58,15
SnO <sub>2</sub>	2,69	2,24
PbO	9,26	29,31
UO <sub>3</sub>	2,27	-
% total	99,76	100,26

(1): número de análises; (-): não detectado.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados demonstram que, a partir de determinações químicas, qualitativa e semiquantitativa, das inclusões minerais, pode-se reconhecer a procedência, em termos de domínios tectônicos, dos grãos de cassiterita encontrados na região estudada.

A cassiterita desta parte da região sudeste apresenta pequenas diferenças em rela-

ção aos teores de SnO<sub>2</sub>, que varia de 97,9% a 99,3% em peso. Com relação aos demais óxidos, pode-se apontar o fato de que o tântalo toma parte na composição da cassiterita de todas as áreas, sendo o maior valor de Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> registrado na amostra de Monte Belo-Capivara. Por sua vez, o Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> só se encontra associado à cassiterita das áreas de Monte Belo-Capivara e Resende (Tabela 4).

**Tabela 4** – Análises químicas semi-quantitativas da cassiterita da região estudada

Domínio tectônico	Nappe de Empurrão Socorro Guaxupé	Sistema de Empurrão Andrelândia		Domínio Embu
área	Piquete-Cruzeiro (5)	Itanhandu (2)	Monte Belo (2)	Resende (3)
composição				
SnO <sub>2</sub>	98,69	99,25	97,88	98,03
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,29	0,74	1,76	1,59
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	0,35	0,35
% total	99,98	99,99	99,99	99,97

(2): número de análises; (-): não detectado

A maior quantidade e variedade de inclusões minerais hospedadas em grãos de cassiterita da região ocorrem nas áreas de Itanhandu e Monte Belo-Capivara (MG), ambas relacionadas ao Sistema de Empurrão Andrelândia. O menor número e a menor diversidade mineralógica estão na área de Resende (RJ) – Cachoeira Paulista (SP), referente ao Domínio Embu (Tabela 5).

A quantidade e variedade de inclusões minerais contidas permitem apontar diferenças entre os cristais de cassiterita encontrados em cada um dos domínios tectônicos considerados. Além disso, verifica-se que, dependendo do domínio tectônico ao qual pertença o grão de cassiterita, o mesmo tipo de inclusão mineral ainda pode apresentar pequenas variações com-

posicionais. Este é o caso da columbita-tantalita hospedada na cassiterita do domínio Sistema de Empurrão Andrelândia (Tabela 6), que apresenta

picos de Ti associados (até 4,22 % peso). O Ti é, assim, a principal assinatura química desse mineral, nesse domínio.

**Tabela 5** – Principais inclusões minerais na cassiterita x Domínios Tectônicos

Domínio tectônico	Sistema de Empurrão Andrelândia	Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé	Domínio Embu
Mineral	cassiterita	cassiterita	cassiterita
Ti columbita/tantalita	■	-	-
columbita-tantalita	-	■	■
col-tan. zonada Nb→Ta	-	-	-
col-tan. zonada Ta → Nb	■	-	-
tantalita	-	-	-
pirocloro	■	■	-
Pb tantalita	■	-	■
Pb columbita	-	■	-
wolframita	-	■	-
cassiterita	-	-	-
ilmeno-rutilo	■	-	-
Ta rutilo	-	-	-
leucoxênio	■	-	-
zircão	■	-	-
uraninita	■	■	■
muscovita	-	-	-
pirita	■	-	-
quartzo	■	-	-
galena	-	■	-
feldspato	-	-	■

(-): não determinado

**Tabela 6** – Análises químicas semi-quantitativas de columbita-tantalita inclusa em grãos de cassiterita

Domínio tectônico	Nappe de Empurrão Socorro-Guaxupé	Sistema de Empurrão Andrelândia		Domínio Embu	
área	Piquete-Cruzeiro (3)	Itanhandu (4)	Monte Belo (2)	Resende (4)	
composição			borda	núcleo	
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,09	1,61	4,71	-	0,42
TiO <sub>2</sub>	0,60	4,22	1,40	1,28	1,34
MnO	7,32	5,95	3,08	6,04	4,06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,88	10,90	9,57	9,56	13,91
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	50,87	54,61	10,79	25,19	53,72
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	25,94	21,30	58,63	57,36	24,92
SnO <sub>2</sub>	0,32	1,24	11,79	0,35	0,88
PbO	-	-	-	0,31	0,72
% total	100,02	99,83	99,97	100,09	99,97

(4): número de análises; (-) : não detectado.



Minerais de titânio como a ilmenita, o rutilo e a "carranquita" (uma mistura de óxidos de Fe e Ti) são freqüentemente citados nas rochas do Grupo Andrelândia, constituindo o rutilo, até mesmo pequenos depósitos exploráveis. Dessa forma, pode-se considerar a presença do Ti associado às inclusões de columbita-tantalita, contidas na cassiterita da área do domínio Sistema de Empurrão Andrelândia, como um reflexo da disponibilidade natural desse elemento no ambiente geológico. A presença do Ti é ainda mais patente quando se verifica que uma das principais inclusões minerais observadas (tanto na cassiterita quanto na columbita-tantalita dessa área) corresponde ao ilmenorutilo.

Os vários minerais contendo, principalmente, Nb, Ta, Sn, Fe, Mn, Ti, Pb, inclusos na cassiterita e na columbita-tantalita, foram considerados como pertencentes ao grupo do pirocloro, em virtude da presença do Na, associado ao Nb e Ta, e da desigualdade  $Nb > Ta$ , discutida por Hoggarth (1977). De todo modo, a definição de tais fases minerais, utilizando-se somente de dados químicos, é arriscada, sendo necessários dados complementares. Dessa forma, a efetiva identificação do mineral só será possível quando outras técnicas, notadamente Difração de raios X, forem aplicadas na mesma seção ou em similares.

A origem da cassiterita ainda não está definida, porém, na área do domínio da *Nappe* de Empurrão Socorro-Guaxupé, a presença de wolframita como uma das inclusões da cassiterita aponta para uma origem relacionada a greisens.

Os cristais de cassiterita da área de Monte Belo-Capivara são aqueles aos quais se pode mais facilmente imputar uma origem pegmatítica. Para Foord (1982), o teor de  $Ta_2O_5 > Nb_2O_5$  na composição da cassiterita, representaria um indicador de mineralização de tântalo nos pegmatitos. O fato da cassiterita da área de Monte Belo-Capivara possuir o maior teor de tântalo registrado e de se encontrar associada à tantalita

reforçaria a origem pegmatítica desse mineral. Para Foord & Cook (1989), a cassiterita de pegmatito é mais pura e contém menos inclusões do que as associadas a outros tipos de rochas. Nas amostras estudadas, no entanto, são os cristais da área de Monte Belo-Capivara que, justamente, contém o maior número de inclusões, o que faz com que a hipótese dessa origem pegmatítica fique comprometida.

As inclusões de columbita-tantalita em columbita-tantalita e em cassiterita e de cassiterita em columbita-tantalita sugerem uma recorrência dos fenômenos mineralizadores em Sn e Nb-Ta, nas áreas de Itanhandu e Monte Belo-Capivara.

## CONCLUSÕES

Os teores de  $SnO_2$  da cassiterita encontrada na região variam de 97,9% a 99,3% em peso e os de  $Ta_2O_5$  de 1,8% a 0,7% em peso. O  $Nb_2O_5$  só foi determinado em amostras das áreas de Monte Belo-Capivara e Resende.

A cassiterita do Sistema de Empurrão Andrelândia contém o maior número e a maior diversidade de inclusões minerais, sendo a principal delas o ilmenorutilo (Nb rutilo). A columbita-tantalita desse domínio é mais niobífera em Itanhandu e mais tantalífera em Itamonte, sendo, o Ta rutilo, uma de suas principais inclusões. O Ti é a principal assinatura geoquímica da columbita-tantalita desse domínio tectônico, fato reforçado pela presença de titânio na composição desse mineral e pelas abundantes inclusões de ilmenorutilo na cassiterita.

A cassiterita do domínio tectônico da *Nappe* de Empurrão Socorro-Guaxupé apresenta abundantes inclusões minerais de columbita-tantalita e wolframita.

A cassiterita do Domínio Embu destaca-se pelo pequeno número de inclusões representadas, basicamente, por Pb tantalita, columbita-tantalita e uraninita.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FOORD, E.E. (1982) Minerals of tin, titanium, niobium and tantalum in granitic pegmatites. *In*: P. CERN\_ (Ed.) Granite pegmatites, science and industry Mineralogical Association of Canada, Short Course Handbook, 8:187-238.
- FOORD, E.E. & COOK, R.B. (1989) Mineralogy and paragenesis of the McAllister Sn-Ta-bearing pegmatite, Coosa County, Alabama. *Can. Mineral.*, 27:93-105.

- HEILBRON, M.; MOHRIAK, W.; VALERIANO, C.M.; MILANI, E.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M. (2000) From collision to extension: The roots of the southeastern continental margin of Brazil. *Geology and Geophysics of Continental Margins. In: W.U. MOHRIAK & M. TALVANI (Eds) Atlantic rifts and continental margins. American Geophysical Union, Geoph. Monogr. Ser. 115:1-31.*
- HOGGARTH, D.D. (1977) Classification and nomenclature of the pyrochlore group. *Am. Mineral., 62:403-411.*
- PENHA, U.C. (1992) Prospecção geoquímica em terreno transcorrente. O exemplo do sul de Minas Gerais. *In: Congr. Bras. Geol., 37, São Paulo. SBG, Boletim de Resumos Expandidos, p.239-240.*
- PEREIRA, R.M. (2001) Caracterização geocronológica, geoquímica, geofísica e metalogênica de alguns plutônios graníticos da região do médio rio Paraíba do Sul e alto Rio Grande, segmento central da Faixa Ribeira. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 213p.
- PEREIRA, R.M.; MOREIRA, M.M.; SANTOS, R.A.; NEVES, J.L.P. (1992) Geologia e mineralizações do Granito Capivara, Município de Itamonte, Minas Gerais. *In: Congr. Bras. Geol., 37, São Paulo. SBG, Boletim de Resumos Expandidos, p.219.*
- PEREIRA, R.M.; NEVES, J.L.P.; ÁVILA, C.A. (1994a) Alguns corpos graníticos da região limítrofe aos estados de São Paulo – Minas Gerais – Rio de Janeiro e suas mineralizações associadas. *In: Congr. Bras. Geol., 38, Balneário de Camboriú. SBG, Boletim de Resumos Expandidos, p.42-43.*
- PEREIRA, R.M.; SANTOS, R.A. dos; NEVES, J.L.P. (1994b) Prospecção à bateia na borda oriental da região sudeste do Brasil: Primeiros resultados. *In: Congr. Bras. Geol., 38, Balneário de Camboriú. SBG, Boletim de Resumos Expandidos, p.197-198.*
- PEREIRA, R.M.; FILGUEIRAS, A.; OLIVEIRA, A. (1997) Cassiterita associada às rochas graníticas do médio rio Paraíba do Sul, Estado de São Paulo. *In: Simp. Geol. Sudeste, 5, Penedo, Itatiaia. SBG, Atas, p.420-421.*



