

PARAGÊNESE DO PROTOMINÉRIO METAMÓRFICO DE MANGANÊS DE MARAÚ, BA.

José Vicente Valarelli
USP-IG e IPT
Johildo Figueiredo Barbosa
SME/CPM-BA.
Raphael Hypólito
USP/DMP-IG
Rosa Maria Silveira Bello
Bolsista do CNPq

ABSTRACT

The manganese ore from Marau, BA, presents little mobilization compared with normal supergene manganese ores.

The contact between the ore body and the weathered country rocks is sharp and its microscopic feature is the granoblastic texture, formed by cryptomelane (xenoblastic), spessartite (idioblastic) and by graphite-lithiophorite lamellar intergrowths.

Cavity filling manganite, pyrolusite and collophorm cryptomelane also occur. Clay minerals, gibbsite and iron hydroxides are the main gangue minerals.

The original reduced manganese carbonatic-pelitic sediments were metamorphized at granulitic facies. Exceeding rhodochrosite was decomposed into manganosite (MnO) under very low oxygen fugacity conditions, laying on the CO₂-graphite buffer.

Manganosite-spessartite-graphite-(tephroite) is considered to be the paragenesis on the top of the metamorphism.

The granoblastic cryptomelane of the ore is interpreted as the result of manganosite → hausmanite → (bixbyite) → cryptomelane transformations, the last one being supergenetic.

The limited mobilization of the manganese is due to the solubilization of restricted manganese minerals as spessartite (tephroite?) and very little amounts of oxides.

The authors believe that under structural favourable conditions it will be possible to find a "protore" (genetic sense) as a true ore (economic sense).

INTRODUÇÃO

O minério de manganês de Maraú foi objeto de trabalho pormenorizado de Toniatti e Barbosa (1973).

Segundo esses autores, a composição do protominério só pode ser inferida, uma vez que os únicos minerais metamórficos preservados no minério atual são espessartita e grafita, sendo que criptomelana, litioforita e outros óxidos se formaram nas condições ambientais.

O protominério metamórfico seria do tipo queluzito, formado essencialmente por carbonatos manganésíferos e espessartita. Os sedimentos originais de ambiente nerítico, seriam de natureza calcário-pelítica.

Peters et alii (1974) consideraram Maraú como exemplo de protominério metamórfico de manganês, cuja deposição original se deu como óxido. Descrevem praticamente os mesmos aspectos texturais e mineralógicos do minério, atribuindo à paragênese metamórfica a seguinte composição: manganosita ou hausmanita, grafita e espessartita.

Além dessas diferenças de interpretação, alguns dados citados por Barbosa (1981) demonstraram a necessidade de um reestudo da paragênese mineralógica. Uma citação refere-se a testemunhos de sondagem profunda em Maraú com protominério "composto de espessartitas, rodonitas, tefroitas, quartzo, feldspato, micas e possivelmente rodocrositas, não sendo

encontrados óxidos de baixa valência". Outra citação dá conta da existência no minério de Valença de holandita e grafita.

O presente artigo tem a finalidade de discutir os dados existentes e encontrar a melhor explicação para os mesmos, pelas importantes implicações científicas e tecnológicas que apresentam.

DADOS GEOLÓGICOS

Toniatti e Barbosa (1973) descrevem os seguintes aspectos, considerados relevantes para este trabalho.

O minério "in situ" ocorre sob forma de camadas lenticulares concordantes com as encaixantes, com comprimentos variáveis de 20 a centenas de metros, numa extensão N-S de cerca de 6.000 metros. A possança das camadas "in situ" oscila de 1 a 8 metros (espessura média de 4 metros).

As encaixantes são predominantemente granulitos básicos do tipo diopsídio-hiperstênio-andesina-granulito com intercalações mais ou menos ácidas.

O complexo encaixante-minério, apresenta foliação e bandeamento NNE com mergulhos para W de 50-70°.

Junto ao minério, a espessura do manto de alteração nunca é inferior a 40 metros. A passagem do solo para o embasamento fresco é bastante abrupta. Furo de sondagem no Riacho D. Bárbara comprovou a existência de minério a 10 metros abaixo do nível deste riacho, encaixado em granulito fresco. O contato do minério com os solos e rochas encaixantes é brusco.

DADOS PETROGRÁFICOS E MINERALÓGICOS

Resumo dos dados dos três trabalhos citados na Introdução sobre o minério é o seguinte:

- Macroscopicamente, o minério é constituído de óxidos de manganês, granadas (espessartita) em diferentes graus de alteração, limonita e minerais argilosos; grafita e litioforita ocorrem associadas em lamelas milimétricas dispersas no minério.

- Microscopicamente o minério apresenta textura granoblástica, grossa, inequigranular, consistindo essencialmente por criptomelana, xenoblástica e granada (espessartita mais ou menos alterada) idioblástica. Nota-se tendência de orientação segundo o bandeamento e foliação do minério, salientada pelas lamelas de grafita-litioforita.

Manganita e pirolusita são encontradas em zonas de maior remobilização, caracterizada pela presença de criptomelana coliforme e minerais limoníticos e argilosos.

DISCUSSÕES

1) Sedimento Original

Os dados de Toniatti e Barbosa (1973) são convincentes para considerar que a rocha manganésífera da qual evoluiu o minério deve ter tido origem sedimentar, assim como suas encaixantes.

A deposição dos sedimentos originais na forma de óxidos, como pode ser compreendido no trabalho de Peters et alii (1974), dificilmente poderia explicar a presença da grafita no minério. As formações manganésíferas de fácies óxido não contêm material orgânico como se pode observar no minério sedimentar de Urucum e nem grafita como é o caso dos protominérios de fácies óxido, metamorfizados. Como exemplo brasileiro deste último caso, podem-se citar os protominérios do topo da Formação Cauê, sotopostos à Formação Gandarela do Quadrilátero Ferrífero, que dão origem à jazidas de Conta História, de Bournier e dos depósitos da Serra da Moeda.

Os sedimentos originais de Maraú provavelmente seriam químicos (rodocrosita) com maior ou menor contribuição pelítica, depositados em ambiente redutor, com eventual contribuição de material carbonoso orgânico.

2) O Problema da Grafita

Peters et alii (1974) mostraram, as condições (P, T e log fO₂) pa

ra a coexistência entre carbonatos, óxidos e silicatos de mangânes do sistema Mn-Si-C-O-H. A possibilidade da transformação de rodocrosita em óxidos de mangânes e CO₂, bem como a transformação da fase gasosa em grafita e O₂ é demonstrada em diagramas de equilíbrio, concluindo-se que, se a grafita foi produzida pela redução do CO₂, o óxido de mangânes coexistente deve ser manganosita (MnO).

No mesmo trabalho está explícito que o CO₂ pode ser proveniente de reações entre rodocrosita e quartzo que dão origem aos piroxenóides ou alivinas, dependendo da temperatura, fração molar do CO₂ e da quantidade de sílica. Pode provir também da reação entre rodocrosita e aluminossilicatos que dá origem à espessartita (Valarelli et alii, 1980).

O CO₂ assim produzido pode permanecer na fase gasosa e como tal ser identificado nas inclusões fluídas (Peters et alii, 1975). Pode também ser decomposto, produzindo grafita e O₂. É possível pois existirem parageneses metamórficas silico-carbonáticas, com ou sem grafita proveniente de CO₂ dos carbonatos.

Por outro lado, um sedimento carbonático manganífero com impurezas silicosas ou silicoaluminosas pode conter material carbonoso como é o caso dos protominérios sedimentares anquimetamórficos do Azul, Pará e o de Moanda, Gabão (Weber, 1980 e Valarelli et alii, 1978).

Esse material carbonoso orgânico tende a se coqueificar nos estágios diagenéticos, perdendo metano, CO₂ e H₂O e a se grafitizar em condições metamórficas, com efeito redutor importante.

É difícil distinguir entre grafita proveniente de matéria orgânica ou da decomposição do CO₂ de decarbonatação.

Excepcionalmente, no protominério de Serra do Navio foi possível detectar lâminas orientadas de grafita inclusas em cordierita e espessartita poiquiloblásticas às vezes do tipo "snow ball", levando a crer numa origem orgânica para essas inclusões (Girardi et alii, 1965 e Bello, 1978). Isso não impede, no entanto, que parte da grafita daquele protominério provenha da redução do CO₂ liberado nas reações de formação de piroxenóides e olivinas.

Além das considerações geológicas, petrográficas-mineralógicas e físico-químicas, são necessários cálculos volumétricos para estabelecer se a grafita presente num protominério (ou quanto dela) provém de matéria orgânica ou do CO₂. Esse cálculo, evidentemente deve levar em consideração o teor de grafita das rochas encaixantes.

Os protominérios metamórficos de mangânes de Marau, de Serra do Navio e de Lafaiete possuem grafita, bem como ela é abundante nas rochas encaixantes formando camadas ou bolsões de grafititos ou simplesmente grafita xistos.

Enquanto cálculos volumétricos não são efetuados alguns critérios podem auxiliar os raciocínios paragenéticos.

a) A grafita constitui um índice da fugacidade de oxigênio reinante no metamorfismo a dada temperatura e pressão total.

Se ela provier da decomposição do CO₂ liberado de reação do tipo rodocrosita = óxido + CO₂, a manganosita (MnO) deve ser o mineral coexistente. Este óxido transformar-se-á em condições retrometamórficas ou retrodiagenéticas, em hausmanita (Mn₃O₄), que será afetada pelo intemperismo.

A principal paragénese metamórfica com grafita, divariante (função de temperatura e fugacidade de oxigênio à pressão total constante) de rochas ricas em rodocrosita é: manganosita-grafita ± espessartita. Em equilíbrio univariante é: manganosita-grafita-tefroita ± espessartita.

Se o CO₂ for formado através de reação entre rodocrosita e sílica ou aluminossilicatos, serão possíveis as seguintes parageneses: rodocrosita-grafita ± espessartita (divariante) e rodocrosita-grafita-tefroita ± espessartita (univariante).

Em condições invariantes (P=2Kb; T=750°C e log fO₂ ≈ -16), teoricamente é possível a paragénese: rodocrosita-grafita-manganosita-tefroita ± espessartita.

b) Na ausência de grafita, a fugacidade de oxigênio do sistema deve ser estabelecida pela natureza do óxido ou dos óxidos metamórficos presentes. Por exemplo: braunita no protominério de Buritirama; bixbyita-hausmanita nos protominérios do Quadrilátero Ferrífero e em casos

puntuais de Buritirama (Peters et alii, 1975); e, hausmanita-jacobsita em alguns protominérios de Urandi, BA (Ribeiro Filho, 1968).

c) Protominérios metamórficos carbonáticos ou silico-carbonáticos, na ausência de grafita, podem conter quaisquer dos óxidos do tipo: bixbyita (Mn_2O_3); braunita (Mn_7SiO_{12}); hausmanita (Mn_3O_4); e jacobsita, $(Mn,Fe)_3O_4$.

d) Protominério metamórfico carbonático ou silico-carbonático com grafita não deve conter óxido de manganês em equilíbrio, a não ser que seja manganosita.

Os sedimentos manganíferos de Maraú, definidos anteriormente, submetidos a metamorfismo de fácies granulito poderiam ter dado origem a um protominério sílico-carbonático com espessartita e grafita em condições especiais de P, T e fO_2 (Toniatti e Barbosa, 1973).

A opinião dos autores do presente trabalho é de que a paragênese metamórfica do protominério de Maraú é predominantemente do tipo manganosita-espessartita-grafita, podendo haver variações locais devido às mudanças da composição do sedimento original. Para a defesa deste ponto de vista, no entanto, outros aspectos do minério devem ser discutidos.

TEXTURA DO MINÉRIO

As amostras de Maraú estudadas por estes autores, tem descrição coincidente com as dos trabalhos anteriores.

O aspecto mais importante do minério é a textura granoblástica da criptomelana, facilmente observável entre nicols cruzados. Observam-se grandes cristais com contornos nítidos e extinção instantânea, individualizando-se dos seus vizinhos devido às diferentes orientações ópticas (Foto 1).

O polimento salienta imperfeições como pequenos orifícios e fraturas, além de linhas ou planos que podem sugerir antigas geminações (Foto 2).

É possível observar também o contraste entre a criptomelana granoblástica e óxidos de manganês (criptomelana e pirolusita) que se cristalizaram nos interstícios intergranulares (Foto 2).

Outros aspectos como criptomelana coliforme associada a manganita-pirolusita, típica de precipitação em cavidades, bem como de alteração de granadas e associação de litioforita com grafita são também observados.

Toniatti e Barbosa (1973) aventaram a hipótese da textura granoblástica da criptomelana ser reliquiar da dos carbonatos, os quais no ambiente supérgeno ter-se-iam transformado nela. Segundo esses autores a textura do minério é muito semelhante àquela de um mármore de alto grau de metamorfismo.

Os seguintes argumentos contrariam essa hipótese:

- Em nenhum minério de manganês supérgeno, originado de protominério carbonático ou sílico-carbonático, seja ele sedimentar ou metamórfico, foram observadas criptomelanas guardando textura anterior.

- A criptomelana como os demais minerais do grupo MnO_2 (holandita e coronadita) só pode se formar a partir diretamente da solução ou indiretamente, através de outros minerais supérgenos como a nsutita (Hypolito, 1980).

- Em condições de laboratório (agregados microcristalinos sintéticos) conseguiu-se a transformação de hausmanita em criptomelana (Hypolito et alii, 1982a,b).

- A transformação de rodocrosita em óxidos de manganês em ambientes supérgenos dá-se necessariamente através da solubilização total desse carbonato com passagem do Mn^{2+} à solução. Dessa forma, dificilmente se consegue visualizar uma transformação topotática rodocrosita + óxido ou hidróxido de manganês sem a destruição da textura original.

- Por outro lado, em amostras profundas do minério da Mina de Bournier, MG, observam-se texturas semelhantes às descritas em Maraú. Lá o protominério metamórfico é do tipo óxido a bixbyita-hausmanita.

A textura granoblástica da criptomelana do minério de Maraú é in

interpretada pelos autores deste trabalho como de transformação de hausmanita, ex-manganosita, em criptomelana com a presença de K^+ nas soluções intempéricas. Gênese semelhante poderia talvez ser atribuída à associação holandita-grafita noticiada em amostras da jazida de Valença, das quais não se tem outros dados. Neste caso a presença de Ba^{2+} em solução seria necessária.

OUTROS DADOS

A associação "espessartita, rodonita, tefroita, quartzo, feldspato, micas e possivelmente rodocrosita" descrita para amostras profundas de Maraú (in Barbosa, 1981) definitivamente não constitui uma paragênese no sentido de minerais em equilíbrio. Tais amostras devem ser estudadas mais pormenorizadamente.

A paragênese rodocrosita-rodonita-tefroita-quartzo, com ou sem granada, teoricamente só existiria a baixa temperatura e baixa fugacidade de CO_2 (elevada fugacidade de vapor d'água), condições que devem ser descartadas no fácies granulito.

Abstraindo-se feldspato e mica e supondo a ausência de carbonato e de óxidos, seria possível coexistirem em condições divariantes, as seguintes paragêneses alternativas: quartzo-rodonita-espessartita ou rodonita-tefroita-espessartita (esta última eventualmente com grafita). Essas paragêneses, na ausência absoluta de carbonato, não invalidam o que está sendo defendido, bastando para isso que houvesse variação faciologia sedimentar, com aumento de contribuição clástica (siltica ou pelítica) e diminuição dos carbonatos.

Variações faciológicas tem sido verificadas, tanto na horizontal como na vertical:

- Nos protominérios anquimetamórficos do Azul, Pará, existem variações desde calcários manganíferos até siltitos com cimento de rodocrosita, passando por margas, todos carbonosos (Valarelli et alii, 1978).

- Nos protominérios metamórficos de Baritirama, Pará, encontram-se paragêneses manganíferas do tipo (Mn-clinopiroxênio) - (Mn-calcita) - (Mn-flogopita); rodocrosita-piroxangita (piroxenóide)-espessartita; tefroita - (Ca-rodocrosita) - espessartita-alabandita; e, braunita - (Mn-calcita) - manganofilita - (Mn-clinopiroxênio) (Peters et alii, 1977).

- Nos protominérios de Serra do Navio (Scarpelli, 1973) e de Lafaiete (Horen, 1953) são conhecidos protominérios desde carbonáticos ou silicocarbonáticos (mármoreos manganíferos, queluzitos) até protominérios silicáticos ("gonditos").

Em Urandi (Ribeiro Filho, 1968) existem igualmente variações na composição original, levando à formação de protominérios metamórficos com rodocrosita-hausmanita ou com rodonita-espessartita.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O metamorfismo progressivo de sedimentos depositados em ambiente redutor, constituídos por carbonatos manganíferos e clastos finos, sobretudo pelíticos, (com ou sem matéria orgânica), tende a produzir rochas semelhantes aos protominérios metamórficos bem conhecidos no Brasil.

No metamorfismo de fácies anfíbolito, os sedimentos de Maraú poderiam gerar protominérios semelhantes aos de Lafaiete. Em condições metamórficas mais drásticas, de grau médio a alto, os metassedimentos de Maraú poderiam assemelhar-se aos protominérios de Serra do Navio.

Sob condições de metamorfismo de fácies granulito (2,7 b.a., Brito Neves et alii, 1981), as paragêneses carbonáticas (com rodocrosita) devem ter gerado óxido de Mn e CO_2 . A natureza deste óxido tem estreita relação com a fugacidade de oxigênio. A presença de grafita, mais ou menos abundante no protominério e nas rochas encaixantes, indica que fO_2 era baixo, levando à predição termodinâmica desse óxido ser manganosita, MnO . A paragênese essencialmente silicática de Mn bivalente permaneceriam praticamente as mesmas, com pequenas mudanças na composição química das fases mineralógicas, respeito aos cátions bivalentes Ca, Mg, Fe e Mn (Valarelli et alii, 1980 e Bello et alii, 1981).

A rocha com manganosita apresentaria uma textura não muito diferente da do mármore, embora se deva contar com fraturas de contração e poros originados pela perda de CO₂. Com ligeira mudança das condições reinantes no "pico do metamorfismo", a manganosita deve ter-se oxidado a hausmanita com modificações texturais que, praticamente com pensariam aquelas da transformação rodocrosita → manganosita.

A hausmanita pode permanecer estável no metamorfismo regressivo, oxidando-se somente em condições epigenéticas. Ela pode também ser a fetada por fenômenos retro-metamórficos transformando-se em bixbyita ou, por hidrotermalismo com Ba²⁺ nas soluções, em holandita.

O minério de Maraú teria então uma textura herdada do metamorfismo de fácies granulito, encontrando-se equilíbrio textural granulítico entre criptomelana, espessartita e grafita.

A criptomelana é o resultado de uma série de transformações: manganosita → hausmanita → (bixbyita) → criptomelana, a última sendo su pérgena.

Nas amostras do minério de Valença, resguardada a necessidade de maiores informações, a hausmanita poderia ter-se transformado em holandita, sob condições hidrotermais ou intempéricas.

A litioforita, (Al,Li)MnO₂(OH)₂ formou-se em ambiente supérgeno, às expensas da alteração de espessartita, aproveitando o suporte epitéxico da grafita.

O conjunto grafita-litioforita é posteriormente invadido por criptomelana coloriforme que, de início produz um encurvamento nas bordas e extremidades das lamelas (Foto 3), terminando por substituir completamente a litioforita (Valarelli et alii, 1982). O produto final é um minério com textura que lembra "sanfonas" ou "leques" de criptomelana + grafita (Foto 4).

O manganês solubilizado, que se precipitou sob forma de manganita, pirolusita ou criptomelana coloriforme, deve provir da alteração das espessartitas bem como de eventuais olivinas, estas facilmente alteráveis e portanto irreconhecíveis no minério. Se houve solubilização da hausmanita (bixbyita), ela foi desprezível, talvez limitada a fina película nos limites dos grãos.

Como foi dito anteriormente, variações faciológicas da fase sedimentar poderiam ter gerado protominérios com paragêneses de mesmo grau metamórfico, mas, com composição mineralógica diferente devido à composição química original.

O Quadro acima exposto, além de explicar a composição mineralógica e as texturas do minério, esclarece algumas observações aparentemente paradoxais: minério de manganês oxidado, supérgeno, com limitada remobilização observada em amostras de mão e em secções polidas; contacto brusco entre o corpo de minério "in situ" e as rochas encaixantes alteradas e solos; e, ocorrência de minério 10 metros abaixo do nível do Riacho D. Barbára, encaixado em granulito fresco.

O quadro genético apresentado reveste-se de grande importância por estabelecer a possibilidade de se encontrar "protominério" (rocha mãe) com valor de minério. Para isso são necessários estudos pormenorizados das variações faciológicas sedimentares primitivas e das feições de geologia estrutural.

BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, J.F. - 1981 - Tipologia dos depósitos de manganês e os Distritos Manganosíferos da Bahia. Seminários Gerais Pós-Graduação. I.G. UFBH - 109 pg.
- BELLO, R.M.S. - 1978 - Condições de metamorfismo de Buritirama, Pará e Serra do Navio, Amapá - Tese de Mestrado - IG - USP - 154 pg.
- BELLO, R.M.S., COUTINHO, J.M.V. e VALARELLI, J.V. - 1978 - Condições de metamorfismo de Serra do Navio - Anais XXX Congresso Soc. Bras. Geol. vol. 3, pp. 1195-1201.
- BELLO, R.M.S., COUTINHO, J.M.V., VALARELLI, J.V., SCHULTZ, R.A. e YAMAMOTO, J.K. - 1981 - Anais da Academia Bras. Ciências. vol. 3, pp. 1357-63.
- BRITO NEVES, B.B., CORDANI, U.G. e TORQUATO, J.R.F. - 1980 - "Evolução geocronológica do Pré-Cambriano do Estado da Bahia". Sec. Minas e Energia - Coordenação da Produção Mineral, Bh. Textos básicos, vol. 3, 123 p.

- GIRARDI, V.A.V., COUTINHO, J.M.V. e VALARELLI, J.V. - 1965 - Estudo Óptico e roentgenográfico das cordieritas de Paulinea, SP e Serra do Navio, Amapá - Congr. SBPC - Ciência e Cultura. vol. 17, nº 2, pp. 133-134.
- HOREN, A.V. - 1953 - The manganese mineralization at the Merid Mine, Minas Gerais, Brazil. Ph.D. Thesis. Harvard University.
- HYPOLITO, R. - 1980 - Criptomelana - Síntese e Estabilidade. Tese de Livre Docência. IG-USP. 160 pg.
- HYPOLITO, R., GIOVANOLI, R. e VALARELLI, J.V. - 1982 - Obtenção de criptomelana a partir de Mn^{2+} e de outros minerais sintéticos de manganês. Anais Acad. Bras. Ciências. vol. 54, nº 4. (prelo).
- HYPOLITO, R., GIOVANOLI, R., VALARELLI, J.V. e SONOKI, N.T. - 1982 - Síntese de criptomelana. Boletim IG-USP, vol. 13 (no prelo).
- PETERS, T.J., VALARELLI, J.V. e CANDIA, M.A.F. - 1974 - Petrogenetic grids from experimental data in the system Mn-Si-C-O-H. Rev. Bras. Geociências, vol. 4, nº 1, pp. 15-26.
- PETERS, T.J., VALARELLI, J.V., COUTINHO, J.M.V., SOMMERANER, J. e VON RAUMER, J. - 1977 - The manganese Deposits of Buritirama (Pará; Brazil). Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., vol. 57, pp. 313-327.
- RIBEIRO FILHO, E. - 1968 - Geologia da Região de Urandi e das jazidas de manganês de Pedra Preta, Barreiro dos Campos e Barnabê, BA. Tese Livre Docência - F.F.C.C. - USP.
- SARPELLI, W. - 1973 - The Serra do Navio manganese district (Brazil). Proc. Kiev. Symposium 1970. Earth Sciences, nº 9, pp. 217-212. Paris UNESCO.
- TONIATTI, G. e BARBOSA, J.F. - 1973 - "O manganês de Maraú-Bahia, Avaliação de Reservas. Anais XXVII Congresso Soc. Bras. Geol., vol. 2, pp. 421-430.
- VALARELLI, J.V., BERNARDELLI, A. e BEISIEGEL, W.R. - 1978 - Aspectos genéticos do minério de manganês do Azul. Anais XXX Congresso Soc. Bras. Geol., vol. 4, pp. 1670-1679.
- VALARELLI, J.V., SCHULTZ, R. e CREMONINI, O.A. - 1980 - Síntese e estabilidade da Espessartita à pressão total de 2 Kb. Anais XXXI Congresso Soc. Bras. Geol., vol. 4, pp. 2368-2375.
- VALARELLI, J.V., BELLO, R.M.S., SCHULTZ, R. e COUTINHO, J.M.V. - 1980 - Partition des métaux bivalents entre minéraux manganésifères des deux protos métamorphiques brésiliens. Internat. Geol. Congress. Paris. Abstracts III, p. 1024-1025.
- VALARELLI, J.V., TADDEO, J.S. e JOAQUIM, A.C. - 1982 - Transformações mineralógicas supérgenas singulares do minério de Maraú, BA. Anais do XXXII Congr. Bras. Geol. (no prelo).
- WEBER, F. - 1973 - Genesis and supergene evolution of the Precambrian sedimentary manganese deposit at Moanda (Gabon). Proc. Kiev. Symp. (1970) - UNESCO-1973-Earth Sciences, nº 9, pp. 307-322.



FOTO 1 - Criptomelana granoblástica. Polarizadores semi-cruzados. (X45); FOTO 2 - Criptomelana granoblástica, com planos reliquiais de geminação. Óxidos secundários de manganês precipitam-se nos interstícios granulares. Polarizadores descruzados. (X35); FOTO 3 - In-tercrescimento epitaxial entre grafita (preto) e litioforita (cinza), perturbado por penetrações de criptomelanas (branco) nas bor-das e extremidades do conjunto. Polarizadores descruzados. (X35); FOTO 4 - Criptomelana colofome ou maciça que perturbou as antigas lamelas grafita-litioforita e substituiu totalmente esta última. Polarizadores descruzados. (X35).