

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DOS PROTOMINÉRIOS DE MANGANÊS DO DISTRITO DE SERRA DO NAVIO

TERRITÓRIO FEDERAL DO AMAPÁ

Com a permissão dos Diretores da Indústria e Comércio
de Minérios S. A. — ICOMI
Rio de Janeiro — Estado da Guanabara

por
A. R. DA SILVA
Chefe da Secção de Geologia

W. SCARPELLI
Geólogo

C. A. MAROTTA
Geólogo

(Indústria e Comércio de Minérios S. A. — ICOMI)

RESUMO

Recentes estudos dos testemunhos, da sondagem a diamante, em vários furos que atravessaram os horizontes de carbonatos e silicatos de manganês, mostraram elevada porcentagem da olivina manganesífera, picrotefroita, $(\text{Mn}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$. Em certas áreas, a picrotefroita parece o mineral mais freqüente no protominério.

Os testemunhos provenientes da jazida C-2 e da mina T-9, distanciadas 7 quilômetros, mostram picrotefroita associada com rodocrosita, rodonita, essartita e piedmontita. Esta assembléia mineral confirma o alto grau de metamorfismo dos metassedimentos precambrianos da série Amapá.

Picrotefroita é particularmente freqüente na área C-2 (Chumbo), onde sua porcentagem média é de 25 a 80 por cento. Na mina T-6, cerca de 8 quilômetros a Sudeste, o referido ortossilicato é encontrado somente em pequenas porcentagens. Estas observações levaram-nos a concluir que a importância da picrotefroita como protominério é particularmente local no distrito de Serra do Navio.

O contacto direto do óxido de alto teor com o horizonte de protominério, rocha fresca com 80 por cento de picrotefroita, sugere que o intemperismo do protominério é facilitado pelo ácido carbônico proveniente dos carbonatos. O ácido carbônico é conhecido como agente eficiente na meteorização da maioria dos silicatos e sua ação seria facilitada pela presença de magnésio.

ABSTRACT

Recent studies of diamond drill cores in the Serra do Navio District show a high percentage of picotepfroite, $\text{Mn, Mg}_2 \text{SiO}_4$, in several holes which penetrated protore horizons of mixed manganese carbonates and silicates. In certain areas, picotepfroite appears as one of the most abundant minerals in the protore.

Drill cores from C-2 ore and T-9 mine, 7 quilometers apart, show picotepfroite associated with rhodochrosite, spessartite and piedmontite.

This assemblage confirms the high grade of metamorphism of the metasediments in the Amapá series of pre-Cambrian age.

Picotepfroite is particularly common in the C-2 area (Chumbo), where the protore horizon of rhodochrosite and manganese silicates averages from 25 to 80 percent picotepfroite. At the T-6 mine, 8 kilometers to the southeast, this particular ortosilicate is found only in very small quantities, leading to the conclusion that picotepfroite is an important constituent of the protore in the Serra do Navio manganese District but is localized in its occurrence.

The sharp contact between high grade oxide ore and fresh protore horizon with 80 percent of picotepfroite, suggests that the weathering of the protore is promoted by the carbonic acid derived from its carbonates. Carbonic acid is known as an efficient agent for the weathering of most silicates and its action should be enhanced by the presence of magnesium.

INTRODUÇÃO

As minas de manganês de Serra do Navio, vêm produzindo diariamente, desde 1957, cêrca de 2.000 toneladas de minério com teor acima de 49 por cento de manganês. As figuras 1 e 2 do trabalho de Nagell e Silva (1961), mostram sua localização.

A sondagem a diamante revelou-se meio eficaz para o aumento das reservas de minério no distrito. Com êste processo as reservas de minério-medido passaram a 3.300.000 toneladas em 1950 para 13.700.000 em 1952. O reinício das sondagens, em 1957, elevou as reservas de minério medido para 21.000.000 de toneladas até janeiro de 1961.

FISIOGRAFIA E CLIMA

Serra do Navio é uma das regiões mais acidentadas dentro da suavidade do relêvo que predomina em todo o Território. Entretanto, a crista das elevações não ultrapassa a 360 metros e o nível inferior de erosão situa-se ao redor da cota dos 100 metros.

Rejuvenescimento Terciário ou Pleistocênico da região é evidenciado por terraços aluvionares elevados, rios com meandros indecisos, cotovelos de captura, capeamento de terraços horizontais por canga e os igarapés que drenam a área exibindo vales fechados, em V, onde freqüentemente afloram as rochas regionais.

No distrito de Serra do Navio distinguem-se três níveis de erosão: o mais elevado entre as cotas de 250 e 360 metros, o médio entre 150 e 180 metros e o inferior entre 95 e 110 metros.

O clima é tropical moderado, com temperaturas máximas e mínimas entre 35°C e 21°C, respectivamente.

A precipitação pluviométrica é, em média, de 200 centímetros anuais, com maior intensidade de janeiro a julho.

A área, apesar de ser coberta por floresta exuberante, com árvores de 35 a 40 metros de altura, praticamente não possui solo orgânico. A espessura deste solo varia entre 10 a 15 centímetros, sendo sucedida por solo vermelho, laterítico, rico em concreções limoníticas. O solo laterítico alcança 10 a 20 metros de espessura nos espigões de metassedimentos.

GEOLOGIA DO DISTRITO

As rochas mais representativas que afloram em Serra do Navio são componentes de uma seqüência de metassedimentos pré-cambrianos altamente metamorfoseados, com direção geral NNW, concordante com a direção geral dos granito-gnaisses do embasamento cristalino que os encaixam.

Os horizontes de protominérios de manganês, carbonatos e silicatos, acham-se encaixados no pacote superior da coluna metassedimentar (Grupo Serra do Navio da Série Amapá).

As rochas metassedimentares que afloram no distrito são representadas por anfibolito, biotita-granada xisto, queluzito (gondito), quartzo-anfibólio-diopsídio com pirrotita e calcita, e quartzito-granada com biotita e silimanita.

Em Serra do Navio, o contacto do anfibolito com o granito está a mais ou menos 1 quilômetro do espigão principal de minério.

Mapeamento recente no Espigão do Veado, aba leste da estrutura sinclinal imaginada por Nagell, vem revelando um corpo de gra-

DISTRITO DE SERRA DO NAVIO - SECÇÃO VERTICAL SW-NE

M.66 - M.48 = N53E M.48 - M.C.10 = N24E

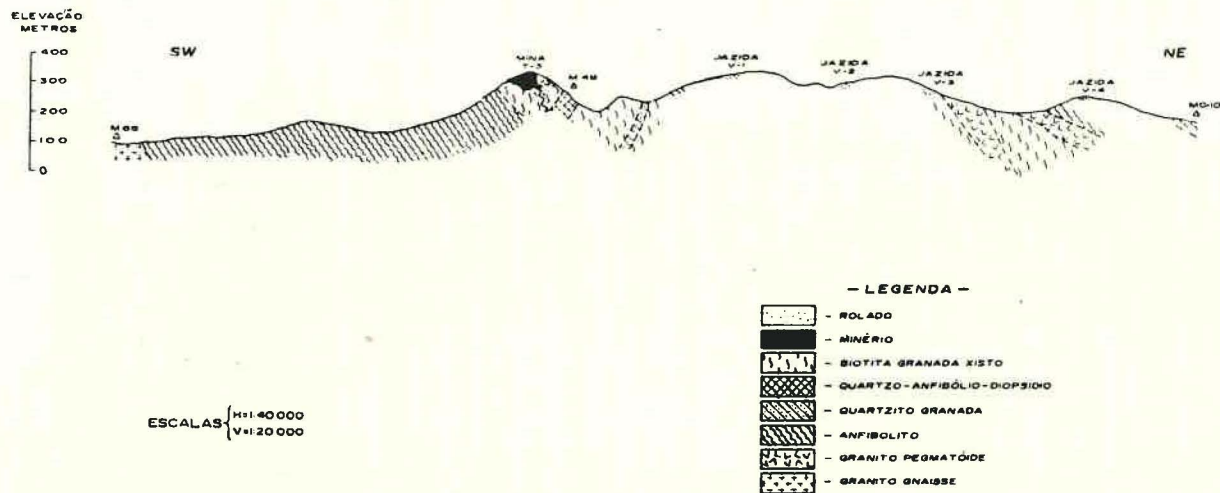


FIGURA 1

nito intrusivo (?) leucocrático, pegmatóide, com textura gráfica, ora encaixado no biotita-granada xisto, ora no anfibolito. Este granito mostra aparente lineação e xistosidade NNW, concordante com a foliação geral dos xistos. Evidências macroscópicas de metamorfismo de contacto ainda não foram verificadas, talvez devido à escassez de afloramentos. Relativamente próximo à intrusão granítica ocorrem rochas milonitizadas e quartzo de veio com pirita, provavelmente relacionados com a intrusão.

Diabásio e pegmatitos intrusivos aos metassedimentos também ocorrem no distrito. Num perfil SW-NE, partindo do Pôrto de Terezinha, no rio Amapará, e dirigindo-se ao Espigão do Veado, distingue-se a seguinte seqüência estratigráfica: granito-gnaiss, anfibolito, biotita-granada xisto (encaixante dos protominérios), biotita-granada xisto com andalusita, quartzo-anfibólio-diopsídio com calcita e pirrotita, quartzito-granada com biotita e silimanita e granito pegmatóide, intrusivo em anfibolito e biotita-granada xisto (Fig. 1).

ESTRATIGRAFIA DOS METASSEDIMENTOS

A coluna estratigráfica dos metassedimentos pré-cambrianos do Amapá, proposta por Nagell ("Progress Report on the Geology of Central Amapá, Brazil", 1961), é a seguinte:

SÉRIE	GRUPOS	ROCHAS
AMAPÁ	Serra do Navio	Quartzito-granada Biotita-granada xisto Quartzo-biotita gnaiss Xisto grafitoso Gondito Carbonato manganésífero Diopsídio-granada-calcita
	Jornal	Anfibolito
	Santa Maria	Quartzito Quartzo-mica xisto Itabirito (formação ferrífera) Quartzo conglomerado

Para o estabelecimento da coluna acima, aquêlê autor baseou-se na distribuição dos pacotes metassedimentares com relação ao embasamento cristalino, e em estruturas inferidas.

Em Serra do Navio não ocorre o grupo Santa Maria da Série Amapá. O SW do espigão de minério o anfibolito (grupo Jornal) está em contacto com o embasamento cristalino. A NE os dados são esparsos, mas parece que tanto o anfibolito como o biotita-granada xisto se sobrepõem ao granito basal.

Anfibolito (grupo Jornal)

E' a camada mais constante do pacote metassedimentar do Amapá.

Rocha de granulação fina a média, com boa foliação e geralmente de côr verde. Sua composição mineralógica local aproximada é: 50 por cento de hornblenda, 23 por cento de quartzo, 15 por cento de andesina-bitownita, 5 por cento de sericita e 7 por cento de acessórios. Dentre êstes incluem-se biotita, epidoto, magnetita, zircão, calcita, granada, apatita e pirita.

Biotita-granada xisto (grupo Serra do Navio)

Esta camada também tem boa distribuição no pacote metassedimentar.

Petrograficamente é um paragnaisse constituído essencialmente de quartzo (45 por cento), biotita (20 por cento), oligoclásio-andesina (15 por cento), granada, principalmente almandina, (8 por cento), e acessórios (12 por cento). Estas porcentagens são muito variáveis na rocha.

Na lista dos acessórios cita-se: muscovita, sericita, grafita, turmalina, estaurolita, andalusita, silimanita, apatita, magnetita e sulfetos. Pirita, pirrotita, arsenopirita e, às vêzes, calcopirita ocorrem disseminados e, freqüentemente, concentrados nos planos de foliação ou fraturas.

Êste grupo encaixante da formação manganésifera apresenta composição mineralógica variável e complexa. Biotita-granada xisto predomina no grupo, mas encontra-se horizontes de mica-xisto grafitoso, queluzito (gondito), de rodocrosita-silicatos de manganês, de quartzo-anfibólio-diopsídio com calcita e pirrotita, quartzito-grana-

da com biotita e silimanita, assim como lentes de anfibolito, quartzo-muscovita xisto e quartzo-sericita xisto.

PROTOMINÉRIOS DE MANGANÊS

Os horizontes de protominérios, carbonatos e silicatos de manganês, de Serra do Navio parecem constituir uma formação bem definida dentro do grupo Jornal da Série Amapá.

Os horizontes de queluzito e rodocrosita-silicatos de manganês ocorrem numa extensão aproximada de 10 quilômetros, com espessura total de cerca de 50 metros, incluindo lentes de mica-xisto grafitoso.

O queluzito é uma rocha de textura média a grosseira, constituída essencialmente de espessartita. Apresenta como acessórios grafita, rodocrosita, rodonita, quartzo, anfibólio, calcita e pirita. Castro (1960) identificou cristais aciculares de rutilo crescendo normais às faces da espessartita. Grafita não raro é tão abundante que se torna a matriz do queluzito. O teor de manganês da rocha varia de 8 a 20 por cento, dependendo das proporções de minerais manganíferos em relação ao quartzo.

Os horizontes de rodocrosita-silicatos de manganês têm de 6 a 20 metros de espessura, com textura variando de fina a média, de cor cinzenta. Apresenta, muitas vezes, manchas rosas com cristais centimétricos de rodocrosita e rodonita. Esta rocha mostra em geral uma aparente foliação concordante com a xistosidade da encaixante.

A porcentagem de rodocrosita no protominério carbonático varia de 10 a 99 por cento; tal variação depende das porcentagens relativas de picrotefroita, espessartita e rodonita. Como acessórios cita-se: grafita, calcita, microclínio, quartzo, titanita, diopsídio, piedmontita, apatita, clorita e alabandita. Cristais euhedrais (rombodo-decaédricos) de espessartita aparecem disseminados no carbonato, atingindo até 20 por cento do total.

Os horizontes de protominérios, tanto de queluzito como de rodocrosita-silicatos de manganês, são comumente envolvidos por mica-xisto grafitoso.

JAZIDA C-2 - SECÇÃO VERTICAL SW-NE

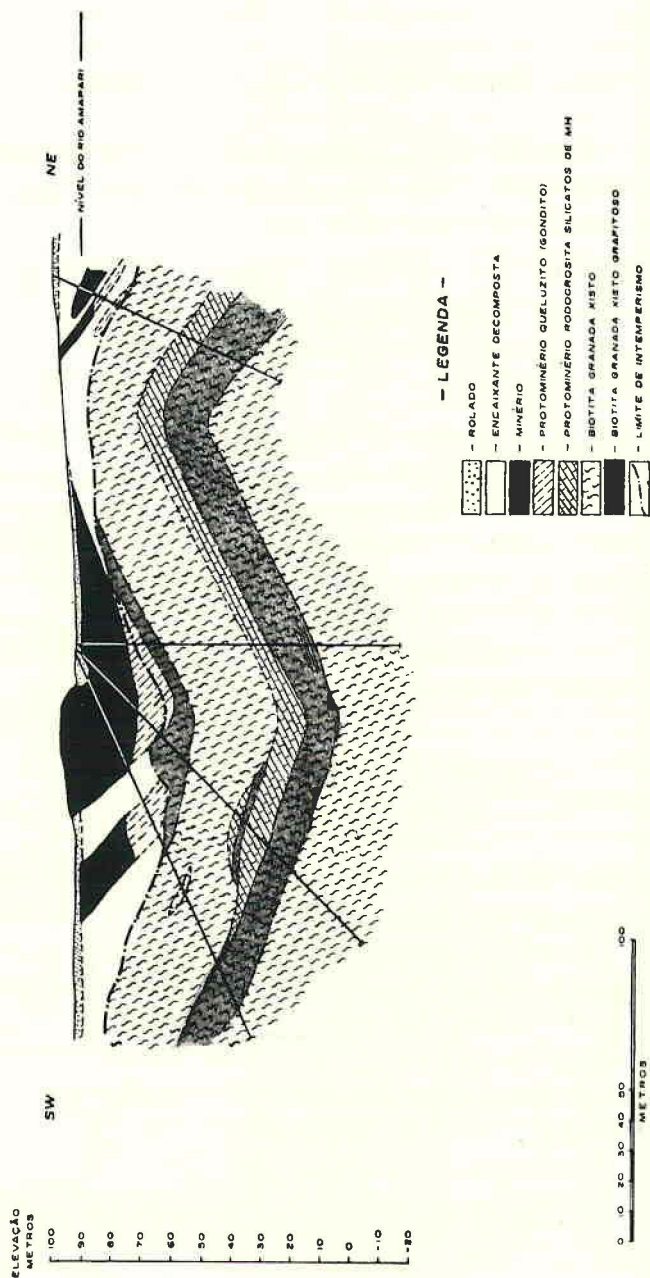


FIGURA 2

Os protominérios e a gênese do minério

Leinz (1948) foi o primeiro autor a aventar uma hipótese sobre a origem dos depósitos de manganês de Serra do Navio. Apesar de achar que o gondito, por meteorização, fôsse a principal fonte dos óxidos de manganês, êle assim escreveu: "Nas poucas amostras relativamente frescas que conseguimos colhêr não ocorre nenhum outro silicato ou carbonato de manganês, tais os anfíbios etc., tão freqüentes nas outras ocorrências de gonditos. Mas é provável que esta homogeneidade e monotonia nas composições sejam apenas aparentes e devidas à escassez de amostras frescas. Parece-nos provável a existência de carbonatos ou de outros silicatos".

Dorr, Park e Paiva (1950) eram de opinião de que outros minerais, além da espessartita, tais como rodocrosita e alabandita, deveriam ser protominérios em Serra do Navio. Êstes autores achavam grande semelhança entre a ocorrência de Serra do Navio e aquela de Morro da Mina, em Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais.

Park (1956) concluiu que dificilmente a espessartita poderia ser considerada como a única fonte dos óxidos de manganês de Serra do Navio, e acreditava firmemente que outros minerais teriam contribuído bastante na formação do minério oxidado do distrito.

Em 1959, com uma perfuração a diamante, atingiu-se uma camada de carbonato manganífero na mina T-6, abaixo do limite de intemperismo. O horizonte de carbonato ali identificado apresentava por volta de 30 por cento em manganês. Esta descoberta veio não só confirmar hipóteses acima citadas como também abrir caminho a novos planos de pesquisa no distrito. Com furos mais profundos iniciou-se a procura dos horizontes de protominérios, a fim de correlacioná-los ao minério de alto teor. Até agora já se encontraram êsses horizontes nas minas T-6, T-4, T-9 e na jazida C-2.

Castro (1960) notou elevada presença da olivina manganífera, picrotefroita, em amostra de testemunho de sondagem da área "Chumbo". Êste autor, baseado em suas pesquisas, achou que a picrotefroita poderia ser importante fonte dos óxidos, particularmente na jazida C-2.

Nagell e Da Silva (1961), emitiram a hipótese geral da origem do minério em relação ao protominério. Êste trabalho foi funda-

mentado em dados concretos de observações no campo, em vasta área da zona central do território, bem como em pesquisas com os testemunhos de sondagem em Serra do Navio. Ressaltaram a importância da rodocrosita como a principal fonte dos depósitos de manganês de alto teor do Amapá.

Em recente reexame dos horizontes de rodocrosita-silicatos de manganês, prospectados nas minas ativas T-6, T-9 e na jazida C-2, verificou-se destacada ocorrência de picrotefroita na maioria das amostras das duas últimas.

Testes de gelatinização e posterior identificação microscópica permitiram fazer as seguintes observações:

1 — Nas jazidas da área Chumbo a porcentagem de picrotefroita nos horizontes de rodocrosita-silicatos de manganês varia de 25 a 80 por cento, a rodocrosita varia de 10 a 55 por cento, a rodonita de 0 a 45, a espessartita de 10 a 20 por cento, grafita mais alabandita de 5 a 10 por cento. Piedmontita é acessório comum. Da observação acima, concluiu-se que na jazida C-2 a olivina manganesífera se não fôr o principal é um dos principais minerais do protominério, confirmando as predições de L. O. Castro (1960).

2 — Amostras provenientes do furo DDH-7 da mina T-9 revelaram porcentagem média de picrotefroita relacionada à rodocrosita, ocorrendo também rodonita e espessartita. Amostras provenientes de vários furos da mina T-6 mostraram porcentagem reduzida em picrotefroita. Estes resultados comparados com os dados da área Chumbo permitem afirmar que a importância destacada de picrotefroita como protominério é essencialmente local no distrito de Serra do Navio.

3 — No furo DDH-26 da jazida C-2 o corpo de óxido cavernoso (criptomelana), com 52 por cento de manganês, assenta diretamente sobre um horizonte de rodocrosita-silicatos de manganês com 38 por cento de manganês, em que a picrotefroita perfaz 80 por cento da rocha. Esta ocorrência evidencia decomposição total de picrotefroita por ação do ácido carbônico proveniente do carbonato. A presença do magnésio facilita a meteorização do protominério.

4 — Rodocrosita, apesar de ser localmente suplantada por picrotefroita, é o mineral que predomina nos horizontes de rodocrosita-silicatos de manganês, confirmando, portanto, sua preponderância como protominério no distrito. O segundo mineral em importância é a picrotefroita, sucedida pela espessartita e rodonita. Alabandita e piedmontita, identificadas em baixa percentagem, têm contribuição modesta como protominérios.

CONCLUSÕES

As jazidas de manganês de Serra do Navio, que afloram descontinuaamente numa extensão de 10 quilômetros, originaram-se predominantemente por meteorização de horizontes de rodocrosita-silicatos de magnanês. Parece pequena a contribuição de queluzito nos depósitos de alto teor. Óxidos primários, previstos por alguns autores, não foram identificados nos horizontes de protominérios.

Ao contrário do que se pensava no início, os corpos de minério são mais profundos nos espigões do que nas áreas de relevo suave, chegando a atingir mais de 100 metros da crista do afloramento à base do corpo, não se verificando diminuição considerável de teor com o aumento de profundidade.

Os corpos de óxido supergênico acompanham os horizontes de protominérios formando uma depressão no limite de intemperismo. Este fato sugere oxidação dos protominérios abaixo do lençol freático (Fig. 2). Horen (1953) escreveu: "Hewett (1935), em Virgínia, encontrou óxido supergênico 60 metros abaixo do lençol freático local e 15 a 30 metros abaixo do nível das maiores fontes da vizinhança, indicando que água subterrânea, transportando manganês, circula livremente abaixo do lençol freático".

As perspectivas para o aproveitamento do protominério carbonático na siderurgia, diretamente ou concentrado por calcinação e flotação, abrem campo significativo para o rodocrosita-silicatos de manganês de Serra do Navio. A extensão e espessura dos horizontes, a elevada porcentagem de rodocrosita e o teor de 30 por cento em Mn, aproximadamente, fazem destas camadas de rocha importantes reservas de minério de manganês.

BIBLIOGRAFIA

- CASTRO, L. O. — (1960) — "*Study of the manganese ore deposit of the Serra do Navio district — Amapá, Brazil*" — term paper, Stanford University (publicado neste número da revista da S. B. G.).
- DORR, J. V. N. II, PARK, C. F. JR., e PAIVA, G. — (1950) — "*Depósitos de manganês do distrito da Serra do Navio. Território Federal do Amapá*" Bol. n.º 85, D.N.P.M. — D.F.P.M.
- DORR, J. V. N. II, SOARES COELHO, I., e HOREN, A. — (1958) — "*Jazidas de manganês de Minas Gerais, Brasil*" — Bol. n.º 105, D.N.P.M. — D.F.P.M.
- HEWETT, D. F., CHESTERMAN, C. W., e TROXELL, B. M. — (1961) — "*Tephroite in California manganese deposit*" — Econ. Geol. v. 56, n.º 1.
- HOREN, A. — (1953) — "*The manganese mineralization at the Merid Mine, Minas Gerais, Brasil*" — Tese, Harvard University.
- LEINZ, V. — (1948) — "*Estudo genético do minério de manganês da Serra do Navio, Território do Amapá*" — Anais Ac. Bras. Ciências, t. XX, n.º 2.
- NAGELL, R. H., e DA SILVA, A. R. — (1961) — "*O carbonato de manganês como protominério no distrito de Serra do Navio, T. F. do Amapá*" — Bol. Soc. Bras. Geol., v. 10, n.º 2, p. 53-62, 3 fig.
- NAGELL, R. H. — (1961) — "*Progres report on the Geology of Central Amapá, Brasil*" — relatório interno — ICOMI S. A.