

ASPECTOS GENÉTICOS DO MINÉRIO DE MANGANESE DO AZUL

José V. Valarelli
Arthur Bernardeli
Wanderley R. Beisiegel

IPT e IG-USP
DOCEGEO

ABSTRACTS

The genetic aspects of the Azul manganese deposits that occurs in the Itacaiunas River Area, Pará, Brazil are discussed. The local sequence belonging to the Azul Member (upper part of Rio Fresco Formation correlated with Gorutire F.) is: Iron jaspilitic, carbonaceous manganese limestone, carbonaceous pelitic-siltic rocks and shales, carbonaceous manganese shale, clay-siltstone and sandstones.

The original manganese bearing sediments were deposited in a epicontinental shallow subsident and confined basin in reducing environment.

The crystallinity of chlorites and illites, the main phyllosilicates of the pelitic rocks (and of the pelitic parts of the others rocks) indicates anchi-metamorphic conditions under pressures equivalent to a burial ranging from 5.000 to 6.000 m of sediments.

The protores were deeply weathered giving sub-superficial manganese enriched materials where the following mineralogical transformations were observed: rhodochrosite → birnessite + nsutite + todorokite + wood ruffite → cryptomelane + pirolusite + lithiophorite. On the country rocks and on the detrital parts of the protores the following features may be observed: weathering of microline and chlorite (~80m); dissolution of quartz (~40m); total transformation of illite (~35m); and continuous increasing of kaolinite.

Lateritic manganese ores composed mainly by cryptomelane + lithiophorite + pirolusite were fomed at the surface besides the dessilacalization of kaolinite into gibbsite and the precipitation of iron oxides and hydroxides.

INTRODUÇÃO

Os depósitos de manganes do Azul situam-se na parte centro-leste do Estado do Pará, na região drenada pelo Rio Itacaiunas, afluente do Rio Tocantins e entre as Serras de Carajás.

Esses depósitos já foram objeto de estudos por Anderson, Dyer e Torres (1974) dos quais se podem resumir os seguintes aspectos:

Rochas granito-gnaisses e anfibolitos constituem os terrenos pré-cambrianos do Escudo Brasileiro Centro-Norte, conhecido como Craton do Guaporé. Sobre elas assentam-se discordantemente seqüências metassedimentar e metavulcânica do Grupo Grão Pará, cuja parte basal não é observada, aflorando localmente duas unidades metavulcânicas espiliticas, separadas pela formação ferrífera (itabiritos) de Carajás. A Serra dos Carajás é a feição geológica mais proeminente da região, formando 2 flancos de sinclinório complexamente dobrados e falhados denominados Serra Norte e Serra Sul de Carajás. Confinada a esta estrutura e superpondo-se discordantemente as rochas do Grupo Grão Pará, ocorre uma seqüência sedimentar de rochas finas a grosseiras iniciando-se por unidade arenítica conglomerática tipo mollassóide, seguida por alternância de siltitos, arenitos e folhelhos (vide mapa geológico Anderson et al., 1974 pg 158). Esta sequência tem espessura superior a 500 m, sendo correlacionada àquelas da Formação Rio Fresco. Segundo Galeão et al (1974) esta sequência seria parte das unidades pós-orogênicas Uatumã e Gorotini.

As rochas da região acham-se profundamente intemperizadas, sendo raros os seus afloramentos. No terreno pode-se notar somente formações superficiais resultantes dos processos exógenos de intemperismo, dessilicatização, laterização, encouraçamento laterítico e enriquecimento supérigeno.

Nas partes topograficamente mais elevadas ocorre uma faixa contínua de 4.300 m de comprimento, com 50 a 280 m de largura de blocos manganesífero (BL). Esta faixa, na parte ocidental, estende-se por 2.300 m tendo direção N75W passando na parte oriental, a partir do ponto LB300E- para praticamente EW onde prolonga-se por 2.000 metros.

Os afloramentos de blocos manganesíferos na região central da ocorrência, formam uma bifurcação em Y como num sinclinal de direção N75W e plunge para leste.

Três outros afloramentos isolados de blocos manganesíferos são ainda encontrados ao norte da faixa contínua, dois deles entre as linhas LT00 e LT400W e outro na linha LT1200W. Esses blocos são constituídos por fragmentos irregulares (localmente arredondados) densos, maciços e de dimensões decimétricas (média de 50 cm e excepcionalmente 2 m). Ladeando a faixa de blocos e portanto em posição topográfica inferior, existem faixas de pisolitos manganesíferos (PIS) com larguras variáveis de 200 a 500 m na parte nordeste, podendo estar ausentes ou formar faixas de até 30 m na parte sudeste.

Esses pisolitos podem ocorrer ainda em faixas distantes dos afloramentos contínuos principais, dentro de solos lateríticos. Essa ocorrência tem 1.500 m de comprimento na direção EW e 50 m de largura mais ou menos constante.

Os pisolitos têm forma de concreções esféricas de dimensões entre 1 e 11 mm de diâmetro (média de 4 mm) que ocorrem em matriz argilosa marrom-avermelhada.

Essas concreções são constituídas por um núcleo manganesífero preto e bordas lateríticas Fe-aluminosas de cor ligeiramente mais clara que a da matriz argilosa.

Associados aos pisolitos, frequentemente são encontrados materiais manganesíferos lamelares denominados plaquetas, (PLT). São fragmentos placóides, centimétricos, com espessura entre 0,5 e 2 cm, densos e pretos. Pisolitos com plaquetas (PLT/PIS) são encontrados na parte extremo-oriental da ocorrência, próxima à faixa de blocos, e em toda a parte ocidental da ocorrência ladeando a faixa central de blocos manganesíferos em zonas de 50-100 m de largura na parte norte e de 50-300 m na parte sul.

Localmente, como ao norte da região central de área mineralizada, entre e em torno das já mencionadas ocorrências isoladas de blocos manganesíferos ocorrem fragmentos de blocos e de plaquetas cimentadas por óxidos de manganês e de ferro. Os fragmentos têm dimensões centimétricas podendo excepcionalmente atingir 45 cm de diâmetro. Este material foi denominado de brecha manganesífera laterítica (BLM).

Nas partes mais periféricas são encontrados solos argilosos (SAG) com algumas faixas de solos argilo-arenosos (SAA) de cores avermelhadas.

Na parte nordeste e sudeste da área existem solos lateríticos concrecionais mais ou menos ferruginosos com a ocorrência local de verdadeiras cangas. A sudeste, blocos de hematita acham-se cimentados nessas cangas. Em alguns pontos foram localizados quartzitos ou arenitos silicificados.

MATERIAIS MANGANESÍFEROS

Nos depósitos do Azul, distinguem-se 3 tipos de materiais manganesíferos: as unidades primárias ou protominérios; os materiais intemperizados de subsuperfície; e, os materiais superficiais. (Anderson et al. 1974 e Valarelli, 1977).

PROTOMINÉRIOS

A Figura 1 mostra as características dos protominérios e das rochas encaixantes através dos resultados de estudos mineralógicos (difração de raios-X) de 30 amostras de testemunhos de sondagem, do intervalo 63-264 m do Furo A1F5.

Ressalvadas a equidistância e representatividade das amostras (Figura 1), pode-se identificar a seguinte seqüência sedimentar primária: jaspilito ferrífero; zona de transição; calcário manganesífero; pelitos siltítico-argilosos de ambiente redutor com leitos carbonáticos; carbonosos e piritosos; margas manganesíferas; e, siltitos argilosos.

O conjunto dos dados de observação macroscópica das amostras (textura, estrutura, efervescência com HCl) somados com os dados químicos, mineralógicos e petrográficos, permitem definir bem os seguintes materiais primários:

Unidade manganesífera superior

É um marga manganesífero rítimico apresentando alternância em escala milimétrica de estratos essencialmente químicos, carbonáticos com estratos essencialmente clásticos sílico-aluminosos. Seu teor médio é de 14% Mn.

Os estratos carbonáticos são constituídos principalmente por rodo crosita microcristalina, intimamente associada a material carbonoso acesório, contendo ainda argilominerais e pequena quantidade de quartzo fino detritico. Dentre os argilo-minerais notam-se: a caulinita sob forma de grumos e disseminações; illita e clorita (esta última só aparece na medida inferior da formação). A clorita e a illita são bem cristalizadas de notando crescimento autígeno e alguma deformação plástica.

Os estratos clásticos apresentam graduação granulométrica e são constituídos de quartzo detritico angulosos, de dimensões silticas na base dos estratos, passando a mais fino no topo. O quartzo está intimamente associado com caulinita, illita e clorita, estes mais abundantes na parte superior dos estratos. Material carbonoso é escasso.

Unidade manganesífera inferior

É um calcário manganesífero que pode apresentar-se maciço em escala de lámina ou pode apresentar estratificação milimétrica de constituição carbonática. Seu teor médio é de 26% Mn.

A rodocrosita está onipresente, em geral microcristalina e associa da intimamente a material carbonoso, cuja quantidade varia em certos estratos, salientando a estratificação. Quartzo fino detritico angulosos acha-se disseminado. Piritas ocorre disseminada, em estratos e como cristais idiomórficos isolados ou agregados em nódulos (alguns deles podem atingir até 1 cm). Argilominerais podem estar ausentes nas amostras maciças ou podem formar estratos microscópicos, alternando-se com estratos milimétricos carbonáticos.

Nestas rochas puderam ser observados ainda: veios discordantes de rodocrosita finíssima, isenta de material orgânico associada a quartzo recristalizado; zonas de recristalização de rodocrosita; e "microboudinage" de estratos carbonáticos separados pelos argilominerais.

Siltitos e argilitos intermediários - (Encaixantes)

Esses siltitos apresentam estratificação milimétrica, com alternância de leitos predominantemente silticos e leitos predominantemente argilosos, com grande quantidade de pirita disseminada, mais abundante nos leitos argilosos e que pode se alterar em hidróxidos de ferro, colorindo os estratos de tons mais claros ou mais escuros de marrom. A presença a quantidade de material carbonoso torna a rocha mais ou menos escura.

Algumas amostras apresentam carbonato na matriz constituída também de argilominerais, material carbonoso e limonita. Uma dessas amostras (ALF5-160 m) apresenta 12% de rodocrosita.

DEPÓSITOS SUBSUPERFICIAIS

São constituídos essencialmente pelas unidades manganesíferas temperizadas e enriquecidas, guardando sua estruturação original.

Estes depósitos são representados pelos pelitos manganesíferos enriquecidos, os materiais manganesíferos enriquecidos granulados e em parte mineralizações das encaixantes siltico-argilosas e leitos de minério maciço.

Pelitos manganesíferos (PL)

Eles constituem um pacote de rochas alteradas mas que conservam sua estratificação rítmica milimétrica original, com alternância de leitos mais silticos cinza claro a escuro e leitos pretos manganesíferos, apresentando teores de 20-30% Mn, podendo conter nódulos, concreções ou fragmentos placóides manganesíferos.

Os pelitos manganesíferos são originados da alteração e enriquecimento da unidade manganesífera superior.

Os estratos milimétricos negros provêm dos antigos estratos carbonáticos e são constituídos essencialmente de: hidróxidos de manganês, todorokita. Manganopirosmalita foi outro mineral identificado. Criptomela na mal cristalizada está também sempre presente em pequenas quantidades, aumentando seu teor à medida que as lamelas negras dos pelitos tornam-se endurecidas, até ser predominante nos fragmentos placóides mais densos e

duros. Os minerais de canga são principalmente argilominerais do tipo caulinita, gibbsita e goethita (raramente illita e quartzo) os quais se concentram nos estratos marrom escuro ou avermelhados, provenientes dos estratos clásticos da unidade manganesífera superior primária.

Material manganesífero granulado - (MGR)

Os materiais manganesíferos granulados são constituídos de grãos angulosos pretos, manganesíferos, de dimensões milimétricas, contidos numa matriz pulverulenta fina, preta manganesífera. Na sondagem, é recuperado este material fino granulado, sem que sua estrutura possa ser observada, supondo tratar-se de material friável e poroso. Seu teor é superior à 40% Mn.

Os grânulos friáveis são constituídos essencialmente de agregados de minerais manganesíferos micáceos da família da litioforita, todorokita e woodruffita associados intimamente à caulinita. Em menor abundância foram também identificados criptomelana, mangano-pirosmalita e, mais raramente, pirolusita.

Os grânulos e fragmentos placóides duros são constituídos essencialmente por criptomelana, com traços de pirolusita e de todorokita.

O material pulverulento do MGR é uma mistura de caulinita e minerais de manganês mal cristalizados como birnessita (δ -MnO₂) e nsutita-(γ -MnO₂) aos quais se associam, em proporções variáveis. Os demais minerais manganesíferos dos grânulos friáveis (todorokita, woodruffita, mangano-pirosmalita e criptomelana).

O principal mineral de canga é a caulinita, existindo localmente quantidades subordinadas de quartzo.

Os materiais manganesíferos granulados são o resultado de alteração e enriquecimento da unidade manganesífera inferior que é muito mais rica em rodocrosita do que a unidade superior, conforme pode ser visto na Fig. 1.

Material manganesífero maciço - (MMM)

São constituídos por material manganesífero denso, cinza metálico com sinais de estratificação, fraturados e apresentando às vezes, bolsões centimétricos de material caulínico não enriquecido. O teor pode atingir 45% Mn.

A criptomelana é seu constituinte principal. Ela apresenta uma estrutura de substituição de uma rocha estratificada e às vezes perturbada ou falhada. Todorokita e quartzo estão associados nesses materiais. A origem do MMM pode estar ligada à deposição de óxido de manganês, a partir de soluções de circulação profunda (epitermais). Nesse caso o mineral depositado seria a hollandita, do mesmo grupo da criptomelana e na qual pode se transformar.

Siltitos impregnados de manganês - (SIM)

Trata-se de siltitos impregnados de manganês sob forma de concreções manganesíferas ou de finas lâminas manganesíferas, interestratificadas. Teor de Mn entre 8 e 10%.

As concreções apresentam superfície nodular, formas discoides, esféricas ou irregulares e dimensões de até 3 cm.

As lâminas milimétricas (1-3 mm) manganesíferas devem estar ligadas à mineralização de leitos carbonáticos. Elas são friáveis, porosas e sua composição mineralógica é a mesma das plaquetas: todorokita-woodruffita + criptomelana associados à caulinita. As concreções são constituídas de uma mistura íntima, fina e rígida de criptomelana + todorokita + clorita + illita + quartzo.

Siltitos enriquecidos em manganês - (SRM)

Foram designadas de SRM, rochas bem estratificadas em que estratos milimétricos de cores diferentes constituídas de materiais caulínico-siltíticos. Intercalam-se com lâminas de mesma espessura de material manganesífero, preto e friável, algumas vezes endurecido. Os SRM nada diferem genética e mineralogicamente dos pelitos manganesíferos.

Os SRM, representam o produto de mineralização de níveis da seqüência sedimentar siltítica que apresentavam menos intercalações carbonáticas do que os margas (unidade manganesífera superior) que deram origem aos pelitos manganesíferos (PM). Teores entre 12 e 17% Mn.

DEPÓSITOS SUPERFICIAIS

Eles são constituídos pelos pisolitos, canga manganesífera, blocos e plaquetas manganesíferos, que são materiais estruturados na superfície (e em parte degradados) devido à ação dos agentes intempéricos, topografia atual e pretérita, lençol freático e suas variações, erosão e sua evolução e o tempo.

Esses materiais distribuem-se sobre as unidades manganesíferas subjacentes, indicando de maneira discreta sua proveniência, estando no entanto mais relacionados com a topografia.

Pisolitos manganesíferos (PIS)

Os pisolitos manganesíferos são encontrados na superfície, em深渊 locais e em acumulações nos flancos de paleo-elevações recobertas por material detritico residual argiloso. Algumas destas acumulações têm mais de 20 m de espessura.

Os pisolitos apresentam um núcleo manganesífero escuro constituído essencialmente de criptomelana, birnessita e litioforita e as partes externas de cor marrom claro-avermelhada, contêm gibbsita, caolinita e goethita (raramente quartzo).

Esses esferulitos representam mineralizações do material argiloso superficial por soluções manganesíferas ascendentes, acima do lençol freático.

Essas mineralizações sofrem quebras ou se individualizam por movimentos laterais nas pendentes das catenas. Esse fluxo lateral lhe dá as formas esféricas, modeladas pela precipitação de gibbsita e goethita em torno dos fragmentos manganesíferos.

Os pisolitos após lavagem apresentam teores variáveis entre 14-18% Mn.

Brecha manganesífera laterítica (BLM)

As brechas representam antigos depósitos elúvio-coluviais de material manganesífero superficial constituídos por fragmentos angulares de blocos que foram cimentados por soluções ferruginosas e manganesíferas, formando corpos rígidos, que podem resistir à erosão e ficar expostos à superfície de maneira de uma couraça.

Esses fragmentos são angulares e de dimensões variadas desde centímetros até 30 cm, (excepcionalmente existem blocos de 50 cm).

Materiais manganesíferos detriticos inconsolidados, são sujeitos à cimentação em determinados níveis relacionados com o lençol freático. Se o material inicial for constituído por fragmentos de blocos e por plaquetas, a cimentação fornece-lhes um aspecto de brecha. Em vários casos ocorre também cimentação de níveis de pisolitos (associados ou não a plaquetas) e neste caso também foi dado o nome de brecha laterítica manganesífera pisolítica pelo fato dessa cimentação formar atualmente conglomerados de aspecto brechóide, seja pela cimentação em massas irregulares, seja pela fragmentação posterior devido a movimentos laterais.

Os principais minerais identificados nos fragmentos de brechas foram litioforita e criptomelana e subordinadamente pirolusita. O cimento de goethita, óxidos amorfos de manganês e gibbsita.

O teor de manganês das brechas é muito variável em função da quantidade do cimento onde existe muito ferro (goethita) e do tipo e da porcentagem do material cimentado. (24-46% Mn).

Blocos e plaquetas manganesíferas - (BL) - (PLT)

Os blocos e plaquetas constituem os materiais mais ricos em manganês da jazida e são descritos na mesma unidade, pois eles estão comumente associados, intercalados ou alternados.

Os blocos ocorrem na superfície numa grande faixa contínua isolados e distribuídos caoticamente. Constituem parte substancial das brechas manganesíferas lateríticas e ocorrem também em determinados níveis superficiais, sobre ou mesmo dentro de níveis de plaquetas.

São fragmentos irregulares, duros, densos, ricos em Mn e de dimensões decimétricas, em média 50 cm, variando de 10 cm até, excepcionalmente, 2 m. (48-54% Mn).

Esses fragmentos são em geral maciços, podendo porém apresentar relictos de estratificação, aspectos de cimentação, precipitação coloférica, como podem também mostrar feições de degradação e solubilização (cavida

des), dependendo da posição no perfil superficial. Os níveis de blocos subsuperficiais contêm matriz argilosa, que no entanto nunca ultrapassa 10% da massa.

As plaquetas são fragmentos placôides ou lamelares de 0,5-2 cm de espessura e 3-5 cm nas outras dimensões. São fragmentos, duros, densos e que conservam, em geral, relictos de estratificação. Elas ocorrem na superfície, associadas aos pisolitos da parte ocidental da jazida. Em subsuperfície, as plaquetas ocorrem associadas aos blocos manganesíferos ou em níveis distintos só de plaquetas, em geral, sob os horizontes de blocos. Os níveis de plaquetas contêm matriz argilosa que representa entre 10 e 35% em peso. (40-50% Mn).

Tanto os blocos como as plaquetas estão caoticamente distribuídos próximos à superfície e à medida que se aproximam do "bedrock" eles passam a orientar-se segundo a estratificação deste último.

Embora tanto os blocos com as plaquetas possam guardar a estratificação original, sua formação, isto é; seu enriquecimento se deu em níveis relacionados com a superfície, e portanto com lençol freático.

Os horizontes de blocos representam antigos níveis de precipitação de soluções manganesíferas provenientes da dissolução de rodocrosita dos protominérios subjacentes e as plaquetas representam a mineralização dos estratos porosos dos protominérios descarbonizados, num estágio posterior de abaixamento do lençol freático.

Este fenômeno deve ter se repetido na história da jazida. Todos os horizontes de plaquetas são encimados por blocos, embora em alguns casos estes últimos achem-se degradados, deslocados e mesmo erodidos.

Os blocos são constituídos essencialmente de criptomelana (a abundância deste mineral aumenta nos blocos mais maciços) e em proporções menores estão presentes: litioforita, intimamente associada à criptomelana e mais abundante nos blocos que apresentam relictos de estratificação; e, pirolusita, mais abundante em veios e em partes cavernosas dos blocos.

As plaquetas são constituídas principalmente de litioforita e criptomelana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sedimentos do Membro Azul foram depositados em bacia lagunar subsidente e rasa, em ambiente epicontinental, confinada à região axial do sinclínório dos Carajás. (Anderson et al, 1974).

Acredita-se que a formação ferrífera dos Carajás assim como as rochas vulcânicas maficas associadas que formam os flancos desse sinclínio circunjacentes à área estudada, representavam zonas de relevo positivo durante a deposição da bacia do Azul e constituiram a fonte do manganes. A formação ferrífera contém em média 0,38% Mn, as rochas maficas - 0,56% Mn e os minerais detriticos provenientes de sua alteração e erosão são compatíveis com os encontrados no sedimento original (com exceção do microclínio detritico encontrado em rochas do Azul e inexistentes nas maficas dos Carajás).

A bacia do Azul apresenta variações nas condições de sedimentação, denotada pelo fácies jaspilito ferrífero da base passando a sedimentos químicos carbonáticos de ambiente redutor intercalados com sedimentos clásticos pelíticos (siltico-argilosos).

Os principais constituintes dos sedimentos originais do Azul eram: químicos (rodocrosita e pirita); clásticos silticos (quartzo e microclínio); clásticos finos (argilas); e, orgânicos (material carbonoso). Por diagênese houve recristalização das argilas em illita + clorita e remobilização parcial de pirita.

As illitas apresentam uma cristalinidade elevada, podendo-se atribuir-lhes um fácies da anquimetamorfismo que seria provocado por pressões equivalentes àquela exercida por 5 a 6.000 m de sedimentos, ou pressões dirigidas equivalentes. (Weber 1977).

A rodocrosita é em geral puro $MnCO_3$. Somente na base da unidade manganesífera inferior à diminuição de seu espaçamento $d_{1.04}$, detectada através dos raios X, permite inferir pequenas porcentagens de Ca e Mg (entre 5-10%).

A associação caulinita-illita-clorita não deve ser estável nas condições de diagênese profunda ou de anqui-metamorfismo.

Vários fatos levam a crer numa ação que alterou as illitas e cloritas em caulinitas. Essa alteração é muito profunda, indo além da maior profundidade atingida pelos furos de sonda. Essa ação deve ter sido de

movimentos de águas profundas que além da transformação mencionada seria responsável: pela alteração da pirita a profundidades de até 170 m; pela recristalização e remobilização de rodocrosita e de quartzo associados em veios discordantes; pela formação de pequenos veios caulínicos discordantes em toda a seqüência; pela mineralização do material manganesífero maciço encontrado até a 70 m de profundidade e pela transformação das unidades manganesíferas carbonáticas em pelito manganesífero oxidado e material manganesífero granular oxidado.

Uma análise pormenorizada do furo A1F33 mostra a existência de uma espessa couraça laterítica, de dezenas de metros onde ocorre o enriquecimento de Fe (hematita e goethita) e de alumina (gibbsita). Esta última, indicio de dessilicatização das argilas, começa a aparecer desde 23 m de profundidade. De 23 a 40 m os sedimentos estéreis são constituídos essencialmente de caulinita na qual a illita e clorita se transformam, estando o quartzo praticamente todo lixiviado. A partir de 40 m aparecem o quartzo e a illita, mas a caulinita continua abundante e a cor é vermelha. A clorita só aparece em certos leitos a partir de 85 m e o feldspato potássico só a partir de 90 m. (Figura 2).

Na Figura 3 são esquematizadas as principais transformações mineralógicas ocorridas nos diferentes eventos da história geológica do Azul: fase sedimentar, fase de soterramento ou de anquimetamorfismo, fase de circulação de águas profundas ou epitermais, fase intempérica e fase laterítica.

A coordenada horizontal pode representar esquematicamente o tempo e/ou o espaço (profundidade).

Os minerais manganesíferos secundários, provêm na sua totalidade - (ressalvando a possibilidade de hollandita epitermal) da precipitação do manganês proveniente da solubilização da rodocrosita. Essa precipitação é facilitada por três fatores: presença de material carbonoso, natureza ácida das soluções e presença de filossilicatos do tipo caulinita, clorita e illita.

A importância dos dois primeiros fatores é suficientemente conhecida da literatura (diagrama Eh-pH) restando salientar o efeito de suporte epítáxico (semente, germe) que tem os filossilicatos na precipitação do manganês sob forma de minerais micáceos como todorokita, woodruffita e manganopirosmalita (comuns nos PM e MGR) que por sua vez atuam como catalizadores de novas precipitações. Com a lixiviação da silica e de cátions bivalentes, a tendência desses minerais é de transformarem-se em litioforita, mineral frequente nas plaquetas manganesíferas, nas partes estratificadas dos blocos manganesíferos e nos pisolitos, associada à criptomelana.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à colaboração da Cia Meridional de Mineração e à Amazonia Mineração S/A, e em particular aos Geólogos Robert C. Dyer e Jerzy Palka pela colaboração e apoio.

Agradecimentos são feitos ao Prof. Dr. Francis G. Weber do Lab. de Sedimentologia de Strasbourg e aos Srs. Oscar A. Cremonini e Ricardo S. Fernandes, alunos do Curso de Geologia de S. Paulo, pelo apoio prestado nos estudos mineralógicos.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, W.L.; DYER, R.C.; e TORRES, D.D. - 1974 - Ocorrências de manganês na Bacia do Rio Itacaiumas, Centro-Leste do Estado do Pará. Anais XXVII Congr. Bras. Geologia V. 6, pp - 149-164.
- VALARELLI, G.V. - 1977 - Materiais manganesíferos do depósito do Azul - Relatório AMZA - 68 pg - Inédito.
- WEBER, F.G. - 1977 - Comparação entre os depósitos de manganês do Azul e os de Moanda. Comunicação pessoal.

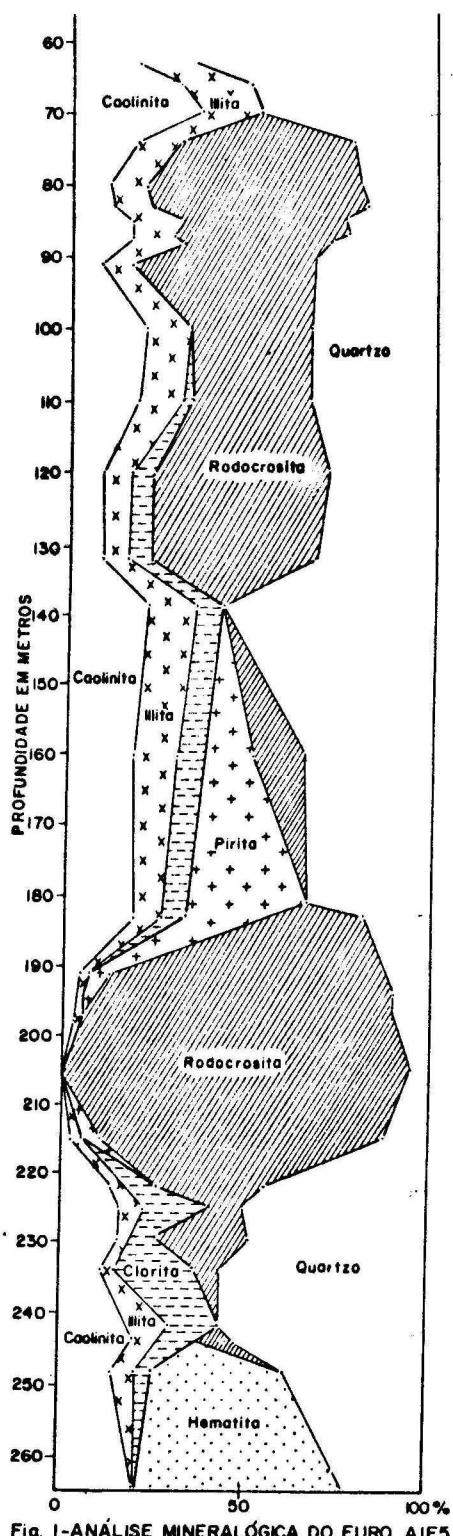


Fig. I-ANÁLISE MINERALÓGICA DO FURO AIF5

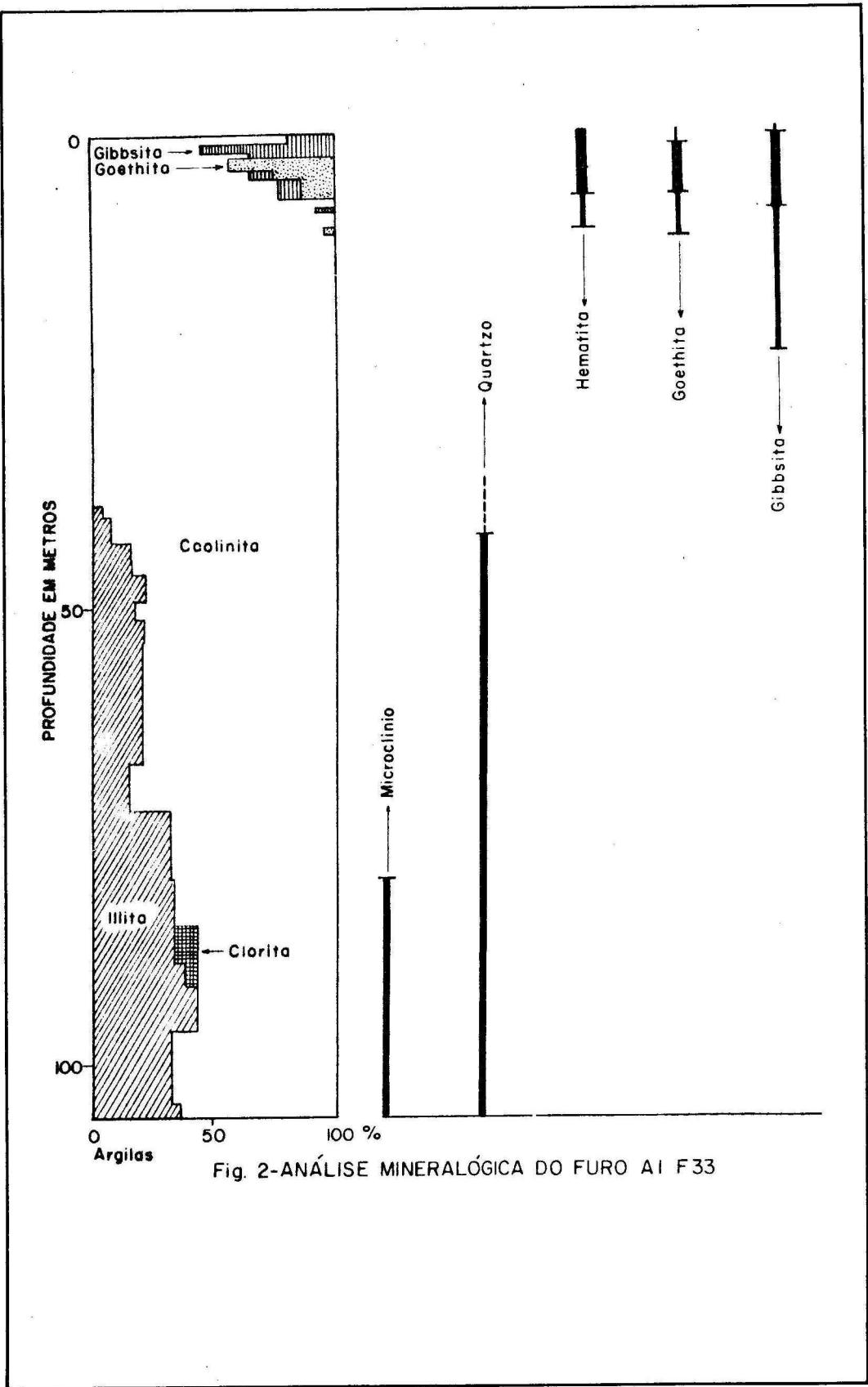


Fig. 2-ANÁLISE MINERALÓGICA DO FURO AI F33

EVOLUÇÃO MINERALÓGICA

	Sedimento original	Anquimeta morfismo	Águas profundas (Epitermais)	Alteração supêrgena	Couraça Laterítica
Rodocrosita					—
Criptomelana				—	—
Hollandita?			—	?	—
Todorokita				—	—
Woodruffita				—	—
Mangano pirosmalita				—	—
Mn (OH) ₂ ?	---	? ---			
Birnessita				—	—
Nsutita				—	—
Litioforita				—	—
Pirolusita				—	—
Quartzo	—				—
Quartzo de veios		—	—	—	—
Microclínio	—				—
Argila	—	—			
Clorita		—			—
Illita		—			—
Caulinita				—	—
Pirita	—				—
Pirita recristalizada					
Materia orgânica	—				—
Goethita				—	—
Hematita				—	—
Gibbsita				—	—

FIGURA 3