

GEOLOGIA DO DEPÓSITO DE MANGANÊS DE BANDARRA MUNICÍPIO DE JACARACI, BAHIA

por

RÔMULO MACHADO

Departamento de Geologia Geral

ABSTRACT

This paper discusses the geology of the manganese deposits of Bandarra within the Lícínio de Almeida Complex, southern Bahia. Hogback and "cuesta" morphologies are typical of the region. The lithologic units consist, from base to top, of three sequences: a) micaschists; b) banded iron-formation; and c) micaschists, amphibolites and quartzites. The manganese ore bodies can be classified as primary (lenticular) and secondary (eluvial and colluvial). The primary ores are ferruginous (25-30% of Fe and 10% of Mn), manganiferous (45-55% of Mn), siliceous (30-40% of SiO₂ and 10-20% of Mn) and occurs associated to iron-formations. The secondary ores are constituted by rolled material of the granzon type. The protore, named "bandarrito", constitutes of oxide-carbonate facies manganiferous iron-formation. The micaschists contain andesine and the amphibolites hornblende-plagioclase-epidote, typifying the almandine-amphibolite metamorphic facies. The local structure trend mainly NE-SW with a northwest vergenz. Different styles of folding indicate at least two deformation episodes.

RESUMO

Este trabalho discute a geologia do depósito de manganês de Bandarra, inserido no Complexo de Licínio de Almeida, no sul da Bahia. "Hogback" e "cuesta" são as morfologias típicas da região. As unidades litológicas consistem, da base para o topo, em três seqüências: a) mica-xistos; b) formação ferrífera; c) mica-xistos, anfíbolitos e quartzitos. Os corpos de minério de manganês podem ser classificados como primário (lenticular) e secundário (eluvial e coluvial). O minério primário é do tipo ferruginoso (25-30% de Fe e 10% de Mn), manganífero (45-55% de Mn), silicoso (30-40% de SiO₂ e 10-20% de Mn) e ocorre associado à formação ferrífera. O protominério, denominado *bandarrito*, constitui a fácies óxido-carbonática da formação ferrífera manganesífera. Os mica-xistos contêm andesina, e os anfíbolitos, hornblenda-plagioclásio-epídoto, refletindo fácies metamórfica almandina-anfíbolito. As estruturas locais orientam-se na direção NE-SW com vergência para noroeste. Diferentes estilos de dobras indicam pelo menos dois episódios de deformação.

INTRODUÇÃO

O trabalho em apreço é resultado do estudo geológico de detalhe, realizado no distrito manganesífero de Urandi-Licínio de Almeida, porção sudoeste do Estado da Bahia, numa área que contém depósito de manganês com protominério de fácies óxido-carbonática associado à formação ferrífera.

São focalizados aspectos relativos à geologia do depósito, incluindo geomorfologia, litologia, caracterização do minério e da formação ferrífera, petrografia, metamorfismo e estruturas. Acompanham o trabalho mapas de localização e de esboço geológico da área.

A área a que se refere este trabalho está situada na porção ocidental do Estado da Bahia, na unidade geotectônica conhecida como Complexo de Licínio de Almeida, entre o Sistema de Dobramentos Espinhaço e o Complexo do Paramirim. MASCARENHAS, apud INDA (1979), refere-se à mesma como uma provável estrutura do tipo "greenstone belt" com a idade contida no intervalo de 2.700 a 3.000 m.a.

Os primeiros trabalhos de pesquisa publicados sobre o depósito de manganês de Bandarra se devem a RIBEIRO FILHO (1969, 1976), MACHADO (1977), MACHADO & RIBEIRO FILHO (1980) e, recentemente, a MACHADO (1983, no prelo) e MACHADO & RIBEIRO FILHO (1983, no prelo).

LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área do presente trabalho está localizada na porção ocidental sul do Estado da Bahia, no município de Jacaraci, próxima ao limite

com o Estado de Minas Gerais, tendo como coordenadas geográficas os paralelos $14^{\circ} 48' 37''$ e $14^{\circ} 50' 36''$ de latitude sul e os meridianos $42^{\circ} 31' 06''$ e $42^{\circ} 32' 27''$ de longitude oeste, conforme indicado no mapa de localização em anexo (Fig. 1).

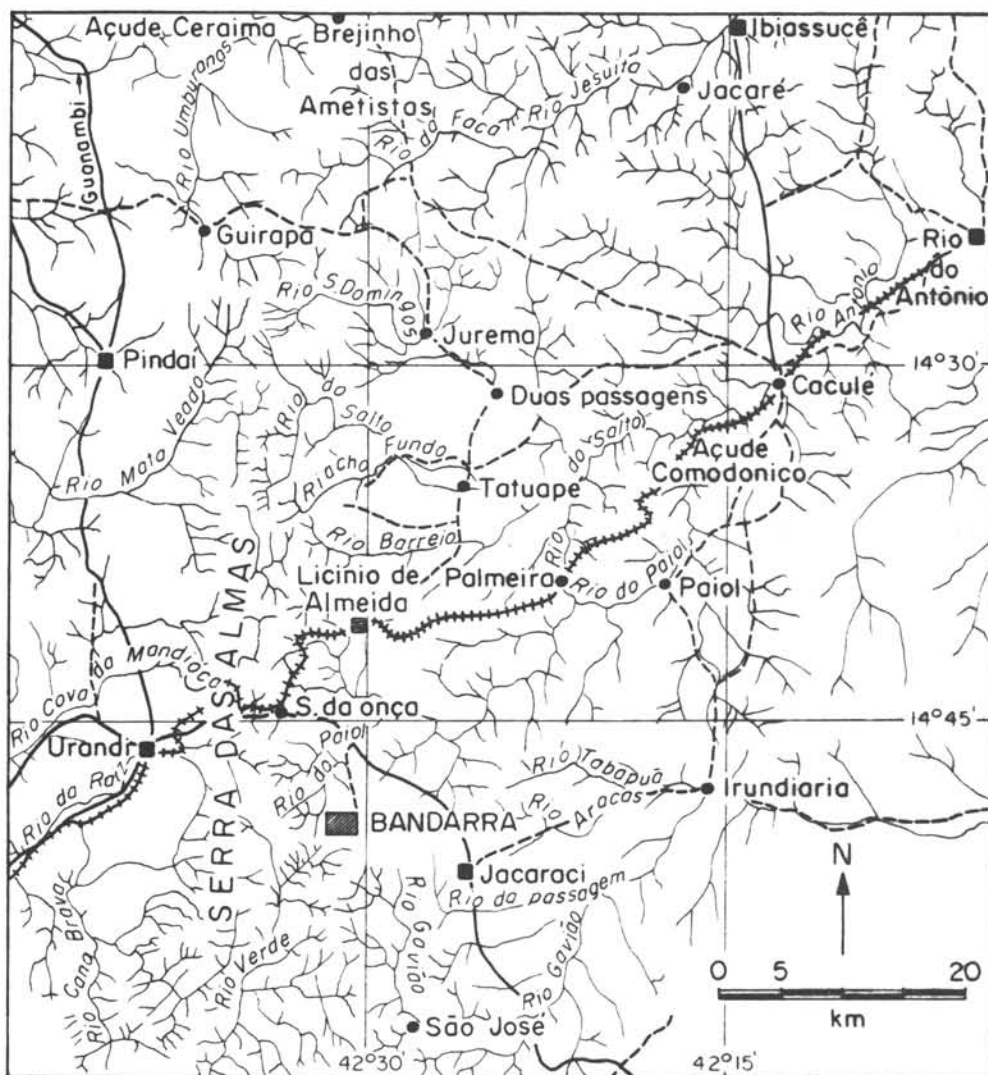


Fig. 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO DEPÓSITO DE MANGANÊS DE BANDARRA - BAHIA

O acesso à região se dá pela Estrada de Ferro Leste da Bahia, que liga Salvador a Belo Horizonte, passando por Brumado, Caculé e Licínio de Almeida, seguindo por Urandi, Espinosa e Montes Claros. Estradas de rodagem também ligam Jacaraci a Vitória da Conquista, na Bahia, e a Montes Claros em Minas Gerais.

ASPECTOS GEOGRÁFICOS E GEOMORFOLÓGICOS

A área focalizada neste trabalho ocupa o flanco leste da Cordilheira do Espinhaço e pertence à zona de influência da bacia hidrográfica do rio das Contas.

Geomorficamente Bandarra ocupa uma região esculpida por superfície de erosão com cotas em torno de 800 metros e que, segundo o mapa geomorfológico de KING (1956), corresponde à superfície de erosão Sul-Americana. Trata-se de um degrau geomorfológico entre as superfícies de erosão do ciclo Velhas e pós-Gonduânica que lhe ficam, respectivamente, a leste e a oeste. Todavia, BRAUN (1971) considera esta última superfície como desenvolvida pelo ciclo de erosão Sul-Americano.

Destacam-se amplamente na topografia da região mapeada formas de relevo do tipo "hog-backs" ou "cuestas", sustentadas por quartzitos e formação ferrífera que capeiam estratos litológicos menos resistentes à erosão.

O clima da região é tropical quente de seca média (GALVÃO, 1966), com temperatura média em torno de 23°C (SERRA, 1955). A precipitação anual é de 650-1.000 mm, com um período chuvoso e quente de novembro a março e outro período seco e frio de maio a outubro.

GEOLOGIA REGIONAL

RIBEIRO FILHO (1968) distingue duas seqüências de rochas pré-cambrianas, uma de baixo grau de metamorfismo e outra de alto grau, as quais são correlacionadas em GUIMARÃES (1961, 1965) e CAMPBELL & DA COSTA (1965) aos Grupos Minas e Pré-Minas.

A primeira seqüência, inferior, constituída por gnaisses, gnaisses-graníticos, anfibolitos, quartzitos hematíticos e rochas carbonáticas, corresponde ao Complexo de Santa Isabel de BARBOSA & DA COSTA (1973). A segunda seqüência, superior, contendo predominância de quartzitos com intercalações de filitos, xistos verdes, anfibolitos e metaconglomerados, corresponde, respectivamente, ao Superggrupo Espinhaço e ao Complexo de Licínio de Almeida.

Os resultados radiométricos obtidos através de seis datações pelo método potássio-argônio em biotita e hornblenda, a partir de gnaisses e anfibolitos, revelaram valores entre 519 ± 15 m.a. e 791 ± 25 m.a., sendo este último em rocha total.

Recentemente, os trabalhos de INDA & BARBOSA (1978) e MASCARENHAS (1979)

consideram as rochas da região como integrantes do complexo de Licínio de Almeida com litologia representada por uma seqüência vulcano-sedimentar do tipo "greenstone belt" de idade atribuída ao Proterozóico Inferior. O conjunto de suas rochas limita-se a oeste com o Sistema de Dobramentos Espinhaço e a leste com o Complexo do Paramirim.

GEOLOGIA DA ÁREA DO DEPÓSITO

O conjunto de rochas que ocorre na área de Bandarra foi dividido por MACHADO (1977) em três seqüências litológicas, que, da base para o topo, apresentam a seguinte ordem de empilhamento: a) seqüência basal — mica-xistos; b) seqüência intermediária — formação ferrífera; c) seqüência superior — mica-xistos, anfibolitos e quartzitos micáceos.

A seqüência basal ocupa a maior parte da área cartografada do depósito, sendo representada por mica-xistos como unidade litológica principal, possuindo, em direção ao topo, finas camadas de quartzitos de ordem decimétrica que se intercalam a níveis xistosos com impregnação de manganês (Fig. 2).

A seqüência intermediária está representada pela formação ferrífera que ocupa a porção sudoeste do mapa de esboço geológico (Fig. 2). Lateralmente, esta seqüência apresenta continuidade física no terreno, porém não cartografável na escala do mapeamento executado.

A seqüência superior ocupa a porção oriental da área do mapa (Fig. 2) e contém, da base para o topo, as unidades litológicas que se seguem: mica-xistos, anfibolitos, quartzitos micáceos e recorrência de mica-xistos.

Os contatos litológicos entre as seqüências são sempre definidos, concordantes, sem gradação aparente entre uma e outra. Ocorre continuidade lateral entre as unidades litológicas acima, porém, sem continuidade física no terreno para o nível dos anfibolitos e dos quartzitos.

Na porção centro-leste do mapa de esboço geológico ocorrem depósitos superficiais na forma de colúvios e de tálus, com blocos de dimensões centimétricas até decamétricas, constituídos de quartzitos. Os sedimentos aluvionares ocorrem a jusante da drenagem principal.

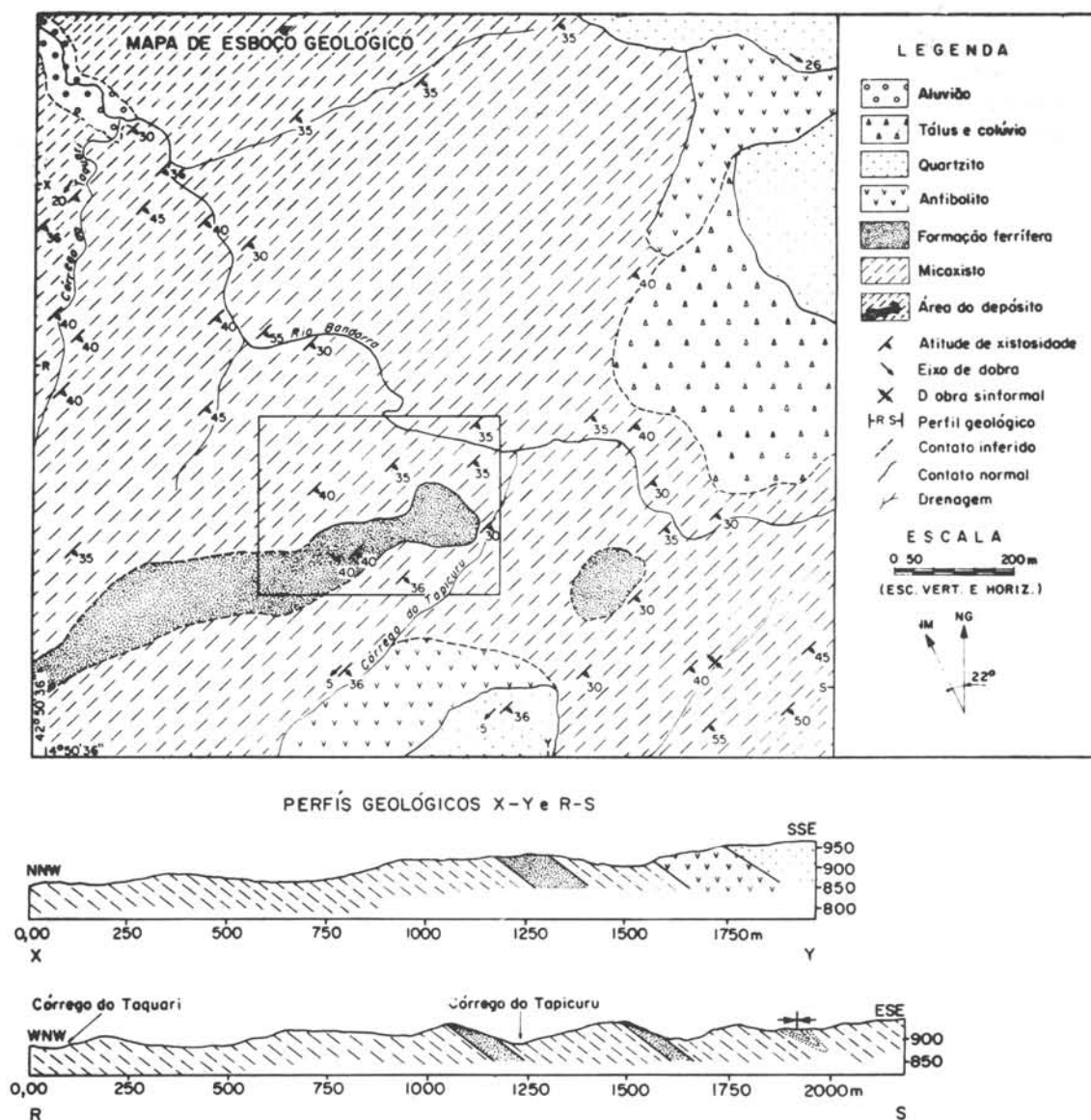


Fig. 2 - ÁREA DE BANDARRA (BA)
(Rômulo Machado, 1977.)

MORFOLOGIA DO DEPÓSITO

O depósito de manganês de Bandarra ocorre sob duas formas distintas: como lentes-camadas, que contêm o protominério, e como material rolado do tipo eluvial e coluvial, contendo minério secundário.

A primeira forma de jazimento ocorre na formação ferrífera com as lentes-camadas de manganês apresentando variação lateral e vertical nos teores de manganês e ferro, com aumen-

to deste e decréscimo daquele em direção à formação ferrífera. Elas ocorrem em dois níveis principais com espessura variando desde poucos centímetros até o máximo de 1,0 metro.

A segunda forma de jazimento ocorre como material rolado que se distribui na superfície do depósito como cobertura, ao longo da encosta, com valores de espessura crescentes em direção às cotas inferiores, alcançando em média 2,0 a 3,0 metros.

O protominério de manganês de Bandarra

contém uma associação mineralógica diferente daquela encontrada nos protominérios do tipo clássico, *gondito* e *queluzito*. Trata-se de um protominério do tipo óxido-carbonático, caracterizado pela presença de óxidos e carbonatos de manganês primários, cuja deposição se deu num ambiente sedimentar regido por condições de pH e Eh diferentes daquelas atribuídas aos protominérios supramencionados. Em decorrência disto, MACHADO (1977) o definiu como *bandarrito*. Uma discussão mais pormenorizada sobre o mesmo está contida em MACHADO (1983, no prelo).

CLASSIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO MINÉRIO

O minério de manganês de Bandarra, bem como de grande parte dos depósitos existentes na região de Licínio de Almeida e Urandi, pode ser classificado em dois grupos principais: a) *minério lenticular* (primário ou secundário); b) *minério rolado* (secundário-eluvial ou coluvial).

O minério lenticular de Bandarra é sempre compacto, maciço, bastante homogêneo, com fratura concoidal. Em algumas amostras o bandamento é perceptível macroscopicamente, devido ao contraste de bandas mais escuras com bandas mais claras, tendo estas últimas aspecto reluzente na superfície. Este tipo de minério em amostras de campo apresenta-se normalmente magnético, em particular nos poços situados na porção central do depósito.

Observações conduzidas com detalhe em amostras macroscópicas permitem distinguir de uma maneira geral, mesmo sem auxílio de análises químicas, três tipos lenticulares: 1) *lenticular manganésífero*; 2) *lenticular ferruginoso*; 3) *lenticular silicoso*. Os dois primeiros apresentam características físicas semelhantes, com valores de densidade relativa pouco mais elevadas do que do último. O lenticular do tipo manganésífero difere do ferruginoso pela aparência geral, cor e traço mais claros e brilho metálico menos acentuado.

Os resultados de análises químicas dos tipos lenticulares forneceram os seguintes valores: 25-30% de Fe e cerca de 10% de Mn (lenticular ferruginoso); 45-55% de Mn (lenticular

manganésífero); 30-40% de SiO_2 e 10-20% de Mn (lenticular silicoso).

De maneira geral, os três grupos acima referidos distribuem-se lateralmente no depósito da seguinte maneira: a) *lenticular ferruginoso* — abrange a porção central do depósito, gradando lateralmente para oeste, até alcançar a formação ferrífera; b) *lenticular manganésífero* — ocorre em duas áreas distintas, situadas respectivamente na porção meridional e setentrional, possuindo como limites graduais entre si o minério lenticular ferruginoso; c) *lenticular silicoso* — aparece distribuído de forma irregular, sem qualquer controle aparente.

O minério rolado é do tipo secundário e está representado por concreções arredondadas que são designadas de "granzon". Este termo foi introduzido na literatura geológica brasileira por DORR et al. (1950), em virtude da ocorrência de material similar ao dos depósitos cubanos.

O minério do tipo "granzon" é constituído por massas nodulares concêntricas, de dimensões variáveis, em média de 2 a 3 cm, com núcleo geralmente duro, podendo ser de composição variável, ocorrendo com maior frequência grãos de quartzo e de minério compacto, não faltando, entretanto, núcleos de formação ferrífera e de xisto alterado.

As concreções de manganês são formadas na superfície pela adição contínua de óxido em torno de um núcleo que, por acréscimo sucessivo em forma concêntrica, aumenta de tamanho como resultado da solubilização e precipitação a partir de horizontes manganésíferos. Devido à extrema facilidade oferecida à coleta deste material, bem como sua porcentagem de recuperação entre 30-35%, advém sua maior importância econômica em relação ao minério lenticular encontrado em muitos depósitos da região de Licínio de Almeida.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

A análise e a descrição petrográfica levam em conta as unidades litológicas que foram referidas acima. Em decorrência da similaridade macroscópica e microscópica entre os mica-xistos que ocorrem nas seqüências basal e superior, optou-se pela descrição conjunta dos mesmos.

MICA-XISTOS

São rochas de granulação grosseira, com estrutura foliada. Microscopicamente contêm, como minerais essenciais, quartzo, micas (biotita, sericita e clorita) e, como acessórios comuns, turmalina, apatita, epídoto (zoisita e clinozoisita), opacos e, mais raramente, zircão, titanita, rutilo e calcita. O microclínio e o plagioclásio estão presentes em certas amostras, principalmente naquelas provenientes das porções inferiores da seqüência basal. Em algumas lâminas estes minerais tornam-se componentes essenciais da rocha.

A textura destas rochas é lepidoblástica, conferida pela disposição paralela das micas e do quartzo. Estes minerais formam leitos regularmente homogêneos, com alternância distinta, às vezes com domínios contorcidos, corrugados, desenvolvendo microdobras que afetam a xistosidade principal (S_2). Localmente há o desenvolvimento de superfície S_3 .

O quartzo contém inclusões de ordem milimétrica a submilimétrica de turmalina, mica e apatita como os mais comuns. Algumas vezes apresenta extinção ondulante e sinal óptico biaxial.

Os cristais de biotita, quando não transformados, são de cor marrom escura, fortemente pleocróicos, dispostos em duas direções e apresentando características ópticas e morfológicas distintas. A primeira segue a xistosidade principal, enquanto a segunda é oblíqua, com cristais idioblásticos, discordantes, de pleocroísmo mais fraco. São freqüentes transformações em clorita, tanto ao longo dos planos de clivagem, como em torno do cristal.

O microclínio ocorre em porfiroblastos que variam de 0,10 mm a 2,0 mm, com gemina-

ção em grade, de forma subidiomórfica-idiomórfica, corroído nos bordos, com disposição ao longo da xistosidade principal (S_2).

Os cristais de plagioclásio são inequigranulares, subidiomórficos, variando de 0,20 mm até 1,8 mm, raramente geminados segundo a lei da albita, apresentando teor de An_{33-37} , correspondente a andesina. A sericitização é intensa, restando apenas alguns núcleos não transformados.

QUARTZITOS

Ao microscópio, o quartzo aparece como mineral dominante, perfazendo cerca de 95% em volume da rocha, aparecendo sericita como constituinte acessório. Ocorrem, subordinadamente, turmalina, apatita e opacos.

Os grãos de quartzo são de forma irregular, inequigranulares, xenomórficos e com extinção ondulante. O contato entre os grãos é ocupado algumas vezes por finas palhetas de sericita que circundam os mesmos.

ANFIBOLITOS

Os anfibolitos são rochas regularmente homogêneas, grosseiras, de cor verde escura quando não intemperizadas, que a nível macroscópico apresentam-se com estrutura maciça e não foliadas.

Ao microscópio, revelam textura granoblástica a grano-nematoblástica, com pequena orientação dos minerais. O anfibólio e o epídoto constituem mais de 80% em volume da rocha, enquanto o feldspato (plagioclásio) e a titanita perfazem em média 11%, aparecendo, subordinadamente, opacos, biotita e turmalina (Tabela 1).

TABELA 1

ANÁLISE MODAL DOS ANFIBOLITOS (em percentagem)									
MINERAIS/AMOSTRAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anfibólio	73	75	77	78	71	73	71	73	76
Plagioclásio	6	6	2	5	6	15	13	9	14
Epídoto	17	17	18	14	21	11	12	13	8
Titanita	4	3	2	3	2	1	4	5	2
Biotita	—	—	1	—	—	—	—	—	—
Opacos	tr	tr	tr	tr	—	—	tr	—	tr
Piroxênio	tr	—	—	tr	tr	tr	tr	—	—

A composição modal dos anfibolitos, num total de nove amostras com contagem de pontos nunca inferior a 500, encontra-se na Tabela 1.

O exame desta tabela revela correlação muito boa no conjunto dos minerais, tanto do ponto de vista qualitativo quando quantitativo, ocorrendo variações muito pequenas de uma amostra para outra. De resto, tanto a textura quanto a estrutura são muito similares no conjunto das amostras.

O anfibólio está representado por dois tipos de clinofibólio, um deles sendo o mais abundante, ocorrendo amiúde como único representante em determinadas seções delgadas. Os dados ópticos permitem caracterizá-lo como hornblenda, com ângulo de extinção em torno de 22° . São cristais da ordem de 2,0 mm, frequentemente geminados, idiomórficos-subidiomórficos, prismáticos, às vezes alongados (até 5,0 mm), com pleocroísmo fraco (Z = verde pálido, X = amarelo), em estágio de transformação bem avançado para epidoto.

O outro clinofibólio (da série cumingtonita-grunerita ou tremolita-actinolita) ocorre escassamente em algumas lâminas delgadas, em cristais lamelares, agrupados, idiomórficos, com pleocroísmo fraco, biaxial (+), com ângulo de extinção entre $13-15^\circ$.

O feldspato ocorre em cristais equigranulares, geralmente agrupados, límpidos, com extinção ondulante, biaxial (-), sendo raros os cristais com geminação polissintética segundo a lei da albita.

A biotita ocorre na forma de lamelas com tamanho que varia desde alguns poucos milímetros até 0,04 mm, em média 0,20 mm. Possui pleocroísmo forte, variando de marrom claro a escuro.

Os minerais do grupo do epidoto (zoisita e clinozoisita) ocorrem em cristais isolados ou em agregados, envolvendo comumente a hornblenda.

O piroxênio (clino) ocorre em cristais inclusos no anfibólio com sinal óptico biaxial (+) e pleocroísmo mais fraco. O contato entre eles sugere transformações retrometamórficas.

FORMAÇÃO FERRÍFERA: TERMINOLOGIA E DEFINIÇÃO

Embora haja consenso geral entre os investigadores quanto à natureza química dos sedi-

mentos que compõem a formação ferrífera, pairam divergências entre os mesmos no tocante à sua origem. Alguns autores têm sugerido origem vulcânica sub-aquosa em solução coloidal, enquanto outros admitem origem sedimentar pelo simples processo de intemperismo químico.

JAMES (1954, p. 239) define formação ferrífera como "um sedimento tipicamente químico, em camadas finas ou laminadas, contendo 15% ou mais em ferro e sendo de origem sedimentar". Segundo este mesmo autor, vários nomes locais têm sido usados para designar estas formações, tais como: jaspilito, taconito, itabirito, quartzo-hematita-bandada, etc. Em 1951, o autor op. cit., estudando formações ferríferas de Michigam, estabeleceu quatro tipos de fácies: sulfeto, carbonato, silicato e óxido.

Para LEPP (1963) o termo formação ferrífera designa um sedimento químico de idade pré-cambriana, composto de minerais de ferro, sílica, carbonatos de cálcio e de magnésio. O termo "Ironstone" é referido para sedimentos ricos em ferro, usualmente com porções químicas ou clásticas de idade pós-pré-cambriana.

DORR & BARBOSA (1963, p. 18), estudando os depósitos ferríferos do Distrito de Itabira, no Quadrilátero Ferrífero, redefinem o termo itabirito à luz dos novos conhecimentos do trabalho de JAMES (1954) como sendo uma rocha que denota uma laminação metamórfica, formação fácies óxido, com bandas originais de "chert" e jaspe recristalizados em quartzo granular e no qual o ferro está presente como hematita, magnetita ou martita.

De acordo com a definição extensamente usada (BRANDT et al., in GOODWIN, 1973), formação ferrífera é geralmente concebida como um precipitado predominantemente químico (ou bioquímico), constituído tipicamente por "chert" (ou jaspe), interacamado com um ou mais minerais ricos em ferro, óxido, carbonato, silicato ou sulfeto.

GROSS (apud GOODWIN, 1973) usa o termo formação ferrífera num sentido amplo para incluir todas as unidades estratigráficas de rochas laminadas ou acamadas que contêm 15% ou mais de ferro, nas quais os minerais de ferro estão comumente interacamados com quartzo, "chert" ou carbonato.

Segundo GOLDICH (1973), o maior desenvolvimento de formação ferrífera ocorreu no Pré-cambriano Médio ou Superior, no intervalo

de 2.600-1.800 m.a. Os depósitos mais antigos do que 2.600 m.a., estão estritamente associados com "greenstone belts".

No presente trabalho o termo formação ferrífera é usado no sentido dos autores acima com acréscimo de minerais de manganês na sua composição. Em decorrência disto, as formações ferríferas portando manganês devem ser entendidas como "formações ferríferas manganesíferas", que para definição da fácies sedimentar deve-se reportar aos trabalhos de JAMES (1951 e 1954).

O uso do termo itabirito, amplamente empregado na literatura geológica brasileira, é aqui substituído por formação ferrífera, não apenas pelo seu caráter mais amplo mas, principalmente, pelas diferenças de ambiente sedimentar ensejadas entre o que foi definido para Bandarra e o que é considerado para o termo itabirito.

FORMAÇÃO FERRÍFERA MANGANESÍFERA DE BANDARRA

A formação ferrífera manganesífera de Bandarra é limitada tanto na base quanto no topo por mica-xistos que evidenciam contatos nítidos e concordantes. Continuidade lateral é observada no terreno, todavia, com afloramentos isolados, em parte descontínuos, cuja representação se tornou inexequível na escala do mapa executado.

A distribuição do manganês dentro da formação ferrífera se faz na forma de lentes, em parte descontínuas, com extensão lateral e vertical limitadas, conforme será pormenorizado a seguir.

Com base no estudo dos poços de pesquisas efetuados (profundidade máxima de 5,0 m), foram distinguidos na formação ferrífera manganesífera de Bandarra dois horizontes principais contendo minério de manganês, cuja separação se dá por uma camada de mica-xisto que pode alcançar até 1 metro de espessura. A configuração desses horizontes é de aspecto lenticular, algumas vezes na forma de lentes-camadas concordantes, adelgaçando-se gradualmente em direção às extremidades, com extensão limitada, variando desde poucos centímetros até alguns metros (tanto no comprimento quanto na largura), não ultrapassando, contudo, 10 metros.

A espessura das lentes de minério é variável, estendendo-se desde alguns centímetros até o máximo de 0,85 metros, com valores médios situados ao redor de 0,20 metros.

Não foi constatada uniformidade na posição dos horizontes de minério, podendo ocorrer tanto na porção inferior quanto na superior ou intermediária, constituindo mais comumente passagem gradual do que brusca, não havendo, portanto, limite rígido entre a formação ferrífera e o minério, mas, sim, uma zona de transição.

O exame petrográfico de lâminas delgadas das proximidades do minério revela estrutura bandada com alternância regular de bandas de hematita e de quartzo granular. Estes são, com frequência, de contornos irregulares, subidomórficos, às vezes de limites poligonais, idiomórficos. Possuem dimensões variáveis, desde 0,05 até 0,60 mm, com diâmetros médios de 0,20 mm. Aparecem minúsculas inclusões, de ordem submilimétrica, em matiz avermelhado, de óxido de ferro (provavelmente hematita) englobadas pela sílica coloidal durante o processo de precipitação química.

As finas camadas de hematita e de quartzo granular são contínuas lateralmente, alternadas, com bandas mais largas representadas por quartzo, variando de 0,08 a 0,80 mm, com valores médios por volta de 0,15 mm. A presença de granada do tipo espessartita nas vizinhanças do minério se deve à disponibilidade de manganês e alumina que reagindo com sílica durante o metamorfismo conduziu à sua formação.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O METAMORFISMO

Embora as descrições petrográficas prescindam de melhor caracterização das associações mineralógicas, é oportuno discutir as condições metamórficas que foram superimpostas ao conjunto litológico.

A assembléia mineralógica encontrada nos anfíbolitos com hornblenda-plagioclásio-epídoto constitui, face à presença de plagioclásio do tipo oligoclásio-andesina, a paragênese estável dentro da fácies almandina-anfíbolito. Para WINKLER (1965), durante o metamorfismo de rochas básicas, a hornblenda pode aparecer na porção mais superior da fácies dos xistos verdes (subfácies quartzo-albita-epídoto-alman-

dina), todavia, em coexistência com plagioclásio do tipo albita ($< 7\%$ An).

A presença de remanescentes de piroxênios inclusos nos anfíbolitos revela que os anfíbolitos são provavelmente de origem ígnea e sofreram retrometamorfismo após a fase de desenvolvimento da xistosidade principal, pois os mesmos não se encontram foliados.

Nos mica-xistos houve a formação de plagioclásio intermediário do tipo andesina com teor em anortita de 33-37%. Para TURNER & VERHOOGEN (1960) e WINKLER (1965), rochas contendo assembleias de albita-silicatos de alumínio e cálcio tornam-se instáveis na fácies almandina-anfíbolito, passando a coexistir plagioclásio mais cálcico do tipo oligoclásio e andesina ($> 15\%$ An).

A apreciação conjunta das observações discutidas acima, incluindo o aparecimento de plagioclásio intermediário com associação hornblenda-plagioclásio-epídoto e o registro local de cianita, permite-nos concluir que o metamorfismo atingiu a fácies almandina-anfíbolito, que segundo TURNER & VERHOOGEN (1960) compreende temperatura entre 550 e 750°C e pressões entre 4.000 e 8.000 bars.

ANÁLISE DAS ESTRUTURAS

A análise das estruturas da área de Bandarra revela um padrão estrutural orientado na direção nordeste com indicação de vergência tectônica para noroeste. A xistosidade principal apresenta direção média em torno de 45° para nordeste e mergulho por volta de 35° para sudeste (Fig. 2).

São distinguidas duas fases de formação de dobras com morfologia e estilo diferentes. A primeira é representada por dobras fechadas, que sofreram transposição, desenvolvendo xistosidade plano axial paralela ao acamamento (S_0). Os eixos desta fase apresentam caimento suave (cerca de 5°) para sudoeste e planos axiais com mergulho para sudeste.

No canto sudeste do mapa (Fig. 2) ocorre um sinclinal relacionado a esta fase com a aba oriental invertida. O traço axial desta dobra acompanha o padrão estrutural da região.

A segunda fase está expressa por dobras abertas que afetam a xistosidade de transposição (S_2) e se dispõem nos flancos das dobras da primeira fase. Tais dobras são facilmente se-

guidas nas fotos aéreas e possuem eixos com caimento em torno de 35° para sudeste.

Com base na classificação de TURNER & WEISS (1963), a primeira fase de formação de dobras corresponderia às dobras longitudinais enquanto que a segunda equivaleria às dobras oblíquas.

CONCLUSÃO

O conjunto das rochas que ocorrem na área da Bandarra faz parte do Complexo Licínio de Almeida, o qual é referido nos trabalhos de INDA & BARBOSA (1978) e MASCARENHAS (1979) como estrutura do tipo "greens-tone belt" com idade atribuída ao Proterozóico Inferior.

Datações radiométricas efetuadas em seis amostras de rochas (três de gnaisses, duas de anfíbolito e uma de filito pelo método potássio-argônio), mencionadas por RIBEIRO FILHO (1968), revelaram um conjunto de idades situadas entre 463 a 791 m.a. Tais valores devem ser tomados como idades mínimas, provavelmente relacionadas ao último evento termal que provocou o rejuvenescimento destas rochas na região.

São reconhecidas localmente (no Complexo Licínio de Almeida) três seqüências litológicas que apresentam a seguinte ordem de empilhamento: a) Seqüência basal-mica-xistos; b) Seqüência intermediária — formação ferrífera; c) Seqüência superior — mica-xistos, anfíbolitos, quartzitos micáceos e mica-xistos.

O minério pode ser classificado em dois tipos principais: a) *minério rolado* (secundário — eluvial ou coluvial); b) *minério lenticular* (primário ou secundário). Este último pode ser subdividido em três categorias principais: 1) *lenticular manganífero* (45-55% de Mn); 2) *lenticular ferruginoso* (25-30% de Fe e cerca de 10% de Mn); 3) *lenticular silicoso* (10-20% de Mn e 30-40% de SiO_2).

O minério de manganês primário está associado à formação ferrífera e distribui-se na forma de lentes-camadas em dois níveis principais. O minério secundário ocorre na forma de material rolado do tipo "granzon". Sua formação se deve às condições extremamente favoráveis ali encontradas, pois a interação resultante de fatores fisiográficos com vegetação exuberante e boas condições de cir-

culação de água respondem pelo ambiente requerido para formação deste tipo de depósito.

O uso do termo formação ferrífera "formação ferrífera manganésífera" no presente trabalho em substituição ao itabirito, amplamente empregado na literatura geológica brasileira, deve-se ao caráter mais amplo dado nos trabalhos de JAMES (1954), GROSS (in GOODWIN, 1973) e EICHLER (1976) e, mesmo porque, a coexistência de óxidos de manganês com carbonatos primários no protominério de Bandarra reflete condições de ambientes sedimentares diferentes daquelas em que é formado o itabirito.

A formação ferrífera que ocorre em Bandarra não se constitui numa ocorrência isolada na região. Outros depósitos de manganês visitados pelo autor (Pedra de Ferro, Ventador, Vai Quem Pode e Olívio) estão contidos aparentemente nesta mesma formação, devendo representar, possivelmente, a mesma sequência estratigráfica.

O protominério foi depositado em ambiente sedimentar de fácies óxido-carbonática, razão pela qual difere dos protominérios do tipo clássico, *queluzito* e *gondito*. Em consequência disto, o referido protominério é qualificado, nos trabalhos de MACHADO (1977 e 1983) e MACHADO & RIBEIRO FILHO (1980), como *bandarrito*.

Os anfibolitos ocorrem como corpos concordantes de textura granoblástica e grano-nematoblástica, contendo remanescentes de piroxênio incluso nos anfibólios, e representam provavelmente corpos de natureza ígena.

O metamorfismo regional alcançou fácies almandina-anfibolito e, localmente, sub-fácies cianita-anfibolito, haja visto a presença de plagioclásio intermediário em associação com hornblenda-plagioclásio-epídoto e o aparecimento local de cianita. Este episódio metamórfico ocorreu aparentemente num estágio posterior ao de desenvolvimento da xistosidade principal e das dobras de primeira fase,

pois os anfibolitos, embora afetados por ele, não se encontram foliados, revelando mais aspectos de corpos do tipo tardi a pós-tectônicos.

As estruturas apresentam um padrão estrutural nordeste com vergência tectônica voltada para noroeste. Ocorreram pelo menos dois episódios de deformação responsáveis por duas fases de formação de dobras com estilos diferentes. A primeira fase é caracterizada por dobras fechadas, transpostas, com eixos subhorizontais e planos axiais caindo para sudeste. A segunda fase está representada por dobras abertas, dispostas de forma oblíqua em relação aos eixos das dobras da primeira fase. Na classificação de TURNER & WEISS (1963), corresponderiam, respectivamente, às dobras longitudinais e oblíquas.

Conquanto os dados fornecidos neste trabalho indiquem alguns aspectos comuns aos dos "greenstone belts", a área limitada do mesmo, a ausência de dados geoquímicos, a não detecção da sequência vulcânica, entre outros, são fatores que impossibilitam uma afirmação conclusiva sobre o assunto.

Em comparação com as sequências típicas de "greenstone belts" de outras regiões, existe em Bandarra equivalência apenas das sequências sedimentares química e detrítica, estando ausente a sequência vulcânica. Todavia, na região, no Complexo de Licínio de Almeida, ocorrem xistos-verdes e talco-xistos que poderiam representar os correspondentes metamórficos de rochas máficas-ultramáficas.

AGRADECIMENTOS

À Companhia de Mineração Urandi S/A pelo apoio de material técnico e financeiro e ao Professor Doutor Evaristo Ribeiro Filho pela orientação durante o trabalho de Mestrado. Ao colega Roger Marcondes ABS pelo acompanhamento nos trabalhos de campo.

BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, O. & DA COSTA, L.A.M. – 1973 – *Projeto Leste do Tocantins/Oeste do Rio São Francisco*. Relatório não publicado (4ª fase) – DNPM/CPRM/PROSPEC S/A.
- BRAUN, O. – 1971 – *Contribuição à Geomorfologia do Brasil Central*. Rev. Bras. Geogr., 3: 3-40.
- CAMPBELL, D.F. & COSTA, L.A.M. – 1965 – *Reconhecimento Regional através do Geossinclíneo Centro-Leste Brasileiro*. DNPM/DGM, Notas Preliminares e Estudos nº 124, 47 p.
- DORR II, J.V.N. & BARBOSA, A.L.M. – 1963 – *Geology and Ore Deposits of the Itabira District, Minas Gerais, Brazil* U.S. Geology Survey Prof. Paper 341-C, 100 p.
- EICHLER, J. – 1976 – *Origin of the Precambrian Banded-Formation*. Apud K. WOLF – *HandBook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits*; Vol. 7 – Elsevier Scientific Publishing Company – Amsterdam, p. 157-201.
- GALVÃO, M.V. – 1966 – *Atlas Nacional do Brasil*. IBGE, Conselho Nacional de Geografia.
- GOLDICH, S.S. – 1973 – *Origin of Precambrian Iron Formation*. Econ. Geol., 68(7): 1126-1134.
- GOODWIN, A.M. – 1973 – *Archean Iron-Formation and Tectonic Basins of the Canadian Shield*. Econ. Geol., 68(7): 915-933.
- GUIMARÃES, D. – 1961 – *Fundamentos de Metalogênese e os Depósitos Minerais do Brasil*. Bol. DNPM-DFPM, nº 109, 441 p.
- GUIMARÃES, D. – 1965 – *Princípios de Metalogênese e Geologia Econômica do Brasil*. Bol. 121, DNPM-DFPM, 625 p.
- INDA, H.A.V. & BARBOSA, J.F. – 1978 – *Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado da Bahia*, escala 1 : 1.000.000 SME/CPM, Salvador, 137 p.
- JAMES, H.L. – 1951 – *Iron Formation and Associated Rocks in the Iron River District, Michigan* – Geol. Soc. America Bull., 62(3): 251-266.
- JAMES, H.L. – 1954 – *Sedimentary Facies of Iron-Formation* – Econ. Geol., 49(3): 235-293.
- KING, L.C. – 1956 – *A Geomorfologia do Brasil Oriental*. Rev. Bras. Geogr. (IBGE), nº 2, 256 p.
- LEPP, H. – 1963 – *The Relation of Iron and Manganese in Sedimentary Iron Formations* – Econ. Geol., 54(4): 515-526.
- MACHADO, R. – 1977 – *Geologia e Gênese do Depósito de Manganês de Bandarra, Município de Jacaraci, Bahia*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 109 p.
- MACHADO, R. – 1983 – *Discussão da gênese do protominério de manganês de fácies óxido-carbonático denominado "Bandarrito"* – Município de Jacaraci, Bahia. Rev. Bras. Geoc.
- MACHADO, R. & RIBEIRO FILHO, E. – 1980 – *Geology and Genesis of Deposit of Bandarra, Urandi District, Brazil*. XXVI Intern. Geol. Congr., Paris, Vol. 3, Sec. 13, p. 962.
- MACHADO, R. & RIBEIRO FILHO, E. – 1983 – *Estudo Mineralógico e Textural dos Minerais de Manganês do Depósito de Bandarra* – Município de Jacaraci, Bahia. Bol. Inst. Geoc., USP.
- MASCARENHAS, J.F. – 1979 – *Estruturas do Tipo "Greenstone Belt" no Leste da Bahia*, apud H. INDA – *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia*, Vol. II, SME/CPM, Salvador, 165 p.
- RIBEIRO FILHO, E. – 1968 – *Geologia da Região de Urandi e das Jazidas de Manganês Pedra Preta, Barreiro dos Campos e Barnabé, Bahia*. Tese de Livre Docência apresentada à Fac. Fil. Ciên. Letras da Universidade de São Paulo, 82 p.

- RIBEIRO FILHO, E. – 1969 – *Cobre nativo associado a óxidos de manganês em Urandi, Bahia*. XXIII Congr. Bras. Geol., Salvador, p. 191-194.
- RIBEIRO FILHO, E. – 1976 – *Textures indicating the Genesis of Manganese Ores in the Area of Urandi, Bahia*. XXV Inter. Geol. Congr., Sidney, Australia (Abstracts nº 3).
- SERRA, A. – 1955 – *Atlas Climatológico do Brasil*. V. I, 1º Caderno; CNG-IBGE, Rio de Janeiro.
- TURNER, F.J. & VERHOOGEN, J. – 1960 – *Igneous and Metamorphic Petrology*, 2ª Ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- TURNER, F.J. & WEISS, L.E. – 1963 – *Structural analysis of metamorphic tectonites*. McGraw-Hill Book Company Inc., 545 p.
- WINKLER, H.G.F. – 1965 – *Petrogenesis of metamorphic Rocks* – Springer Verlag, New York, 220 p.