EVARISTO RIBEIRO FILHO

**GEOLOGIA DA REGIÃO DE URANDI E DAS JAZIDAS
DE MANGANÊS PEDRA PRETA, BARREIRO DOS
CAMPOS E BARNABÉ, BAHIA**

Tese apresentada ao concurso de Livre
Docência da Cadeira de Geologia Eco-
nômica da Faculdade de Filosofia, Ciên-
cias e Letras da Universidade de S. Paulo.

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005460

ÍNDICE

RESUMO.....	1
INTRODUÇÃO.....	3
TRABALHOS ANTERIORES.....	3
AGRADECIMENTOS.....	5
METODOLOGIA.....	6
GEOLOGIA REGIONAL.....	8
SITUAÇÃO E FISIOGRAFIA.....	9
ROCHAS DO PRÉ-CAMBRIANO.....	11
Dados geocronológicos.....	11
Descrição da petrografia.....	12
Gnaiss fitado.....	12
Gnaiss granítico.....	12
Anfibolito.....	15
Quartzitos.....	16
Xistos.....	16
Metaconglomerados.....	16
Veios de quartzo.....	17
DEFINIÇÃO DE TERMOS.....	18
Aplicados ao minério.....	18
Aplicados à mineralogia.....	18
MINA PEDRA PRETA.....	23
Localização.....	23
Geologia.....	23
O Minério.....	24
Reserva do minério.....	32
Gênese dos depósitos de manganês.....	34
MINA BARREIRO DOS CAMPOS.....	38
Localização.....	38
Geologia.....	38
O Protominério.....	38
O Minério.....	44
Prospecção e Reserva de minério.....	48
Gênese do depósito de manganês.....	49

MINA BARNABÉ.....	52
Localização.....	52
Geologia.....	52
O Minério.....	53
Prospecção do minério.....	58
Reservas do minério.....	59
Gênese dos depósitos de manganês.....	59
JACOBSITA NO MINÉRIO DE MANGANÊS.....	66
CONCLUSÕES.....	76
BIBLIOGRAFIA.....	77

ILUSTRAÇÕES

5	MAPAS
6	GRÁFICOS
17	FOTOGRAFIAS
24	FOTOMICROGRAFIAS
27	TABELAS

RESUMO

No presente trabalho são apresentados os resultados do estudo geológico da região de Urandi, cidade localizada no sudoeste do Estado da Bahia.

De Urandi para o norte, até Brejinho das Ametistas, estende-se uma faixa de rochas metamórficas com aproximadamente 70 km de extensão, onde há numerosos afloramentos de rochas portadoras de manganês.

As pesquisas deste trabalho referem-se às jazidas Pedra Preta, Barreiro dos Campos e Barnabé.

As rochas pré-cambrianas desta área da Bahia formam uma sequência inferior com gnaisses, gnaisses graníticos, xistos e anfibolitos, sobre a qual repousa a sequência superior constituída de filitos, xistos verdes, xistos, metaconglomerados e quartzitos.

Os depósitos lenticulares de manganês, dispostos concordantemente com a xistosidade regional N-NE mergulhando para S-SE, bem como as concentrações de manganês originadas por enriquecimento supérgeno, estão associadas predominantemente aos xistos e filitos.

As análises geocronológicas de rochas do Pré-Cambriano, usando-se o método do K-Ar, revelaram idades entre 463 e 791 milhões de anos, valores que correspondem às rochas mais modernas situadas a leste do crato do São Francisco.

A mina Pedra Preta está localizada 13 km a sudoeste de Licínio de Almeida, em terrenos com altitudes entre 900 e 970 metros. Nesta mina predominam sericita-xistos e granada-xistos, entre os quais estão encaixadas concordantemente lentes com minério macio de manganês. O depósito lenticular é constituído de minério macio e de minério pulverulento. O depósito de enriquecimento supérgeno contém minério eluvial, rolado, compacto, botrioidal e laterítico. Os teores de manganês no minério variam de 45 a 53%.

Baseados nos exemplos de depósitos originados por precipitação primária de óxidos de manganês, aplicando-se dados inferidos de considerações teóricas e levando-se em conta a comparação com jazidas similares, chega-se à conclusão de que os depósitos lenticulares de manganês da mina Pedra Preta se originaram pelo metamorfismo que atuou sobre sedimentos síngenéticos.

A mina Barreiro dos Campos situa-se 7 km a sudoeste de Urandi e contém minério lenticular encaixado em xistos e anfibolito. *no mapa em gnaisses p. 1*

O depósito lenticular é formado de minério macio, minério pulverulento, minério com pseudomorfo de carbonato e minério compacto com rodonita associada a granada e quartzo. O minério de superfície é rolado e botrioidal. Os teores de manganês no minério variam de 48 a 52%.

O depósito de manganês da mina Barreiro dos Campos foi gerado a partir de protominério carbonático.

A mina Barnabé está localizada 14 km a nordeste de Licínio de Almeida e nas imediações de Tauape. Situa-se em terrenos de ondulações suaves, com superfície de erosão aplanada, onde as altitudes variam de 830 a 870 metros.

As lentes de minério magnético de manganês estão encaixadas em anfibolito fitado, parcialmente decomposto e às vezes silicificado.

O depósito lenticular contém minério compacto, minério bandado e minério pulverulento. Os depósitos de enriquecimento supérgeno são constituídos de minério rolado, minério escoriáceo, minério laterítico e granzon.

As porcentagens de manganês no minério variam de 39 a 45%. O conteúdo de ferro varia de 10,60 a 16,60%, sendo que este valor máximo foi obtido em amostra de minério fortemente magnético, rico em jacobssita.

Os depósitos lenticulares da mina Barnabé se originaram por metamorfismo sobre sedimentos singenéticos.

A existência de rochas e solo manganíferos, clima e topografia favoreceram a formação do granzon.

O estudo das jacobssitas da mina Barnabé e das jazidas Pau de Rêgo, Feixe de Vara, Covão e Piedade mostra que a dimensão da cela unitária do mineral aumenta com quantidades crescentes de manganês. Por outro lado, a ocorrência de jacobssita no minério, possibilita êxito quando se emprega o método de prospecção magnetométrica.

Utilizando-se análises ao raio-X, estudo de seções polidas e lâminas delgadas, bem como análise térmica diferencial, foi possível identificar criptomelana, hollandita, todorokita, pirolusita, jacobssita, espessartita, rodonita e mangano-dolomita como minerais componentes do minério do distrito manganífero de Urandi.

De acordo com a classificação empregada por Dorr II, Horen e Coelho⁹ para os depósitos de manganês de Minas Gerais, as jazidas estudadas em Urandi podem ser classificadas como médias, uma vez que não apresentam reservas muito superiores a 100.000 toneladas.

Apesar do avanço tecnológico moderno e dos novos dados da geológica e termodinâmica aplicados ao estudo dos depósitos minerais, o problema tanto da gênese quanto da associação mineralógica dos minérios, constitui, sem dúvida, um dos desafios mais difíceis e atrativos. Esta afirmação é evidente principalmente no caso da gênese de minerais que podem se originar em condições hipógenas, metamórficas, sedimentares ou por intemperismo, como acontece com os minerais de manganês.

O crescente interesse pela geologia, mineralogia, petrologia e origem dos depósitos de manganês, bem como das rochas a eles associadas, despertou em nós o desejo de estudar um dos distritos manganíferos entre os muitos que existem no Brasil. Foram escolhidas as jazidas de manganês de Urandi, situadas ao sul da Bahia, por se tratar de região geologicamente mal conhecida, onde afloram numerosas rochas mineralizadas. As informações quanto à estratigrafia, petrografia, estrutura e possibilidades econômicas destas ocorrências de manganês restringem-se a poucas citações, baseadas somente em trabalhos de reconhecimento, e portanto sem dados pormenorizados.

Dentre as várias ocorrências de manganês da região, foram selecionadas três que julgamos representarem os tipos principais de depósitos que ali existem. Juntamente com o mapa geológico regional, serão fornecidos dados sobre as minas Pedra Preta, Barnabé e Barreiro dos Campos, com o objetivo de descrever a mineralogia dos minerais de minério, apresentando seus aspectos texturais e discutindo a gênese e possibilidades econômicas das referidas jazidas.

O bom êxito tanto dos trabalhos de prospecção quanto da lavra de qualquer jazida depende essencialmente dos estudos geológicos executados. No caso das jazidas de manganês, nas quais a origem do minério tem implicações na forma, dimensão e localização dos corpos de minério, a interpretação correta das associações paragenéticas é de grande importância para que se possa estabelecer lavra racional.

TRABALHOS ANTERIORES

As ocorrências de manganês das proximidades de Urandi e Licínio de Almeida foram descobertas por volta de 1948, durante a construção da Estrada de Ferro Leste da Bahia. Nesta época pensou-se que os depósitos eluviais e aluvionares de manganês nada mais fôsem do que simples concentrações superficiais de minerais ferruginosos, destituídos de qualquer valor comercial. O interesse pelas jazidas já conhecidas da região, bem como por trabalhos de prospecção visando novos depósitos, começou somente a partir de 1955.

Kegel²⁶ (1956) citando os depósitos de manganês da região de Urandi, compara-os geologicamente aos que existem na Serra da Jacobina.

Fronzel, Marvin e Ito¹⁵ (1960) mencionam o mineral todorokita, proveniente dos depósitos de manganês de Urandi.

Abreu¹ (1962) baseado nas informações do geólogo Russel Flemming, menciona as ocorrências de manganês de Urandi, classificando-as como depósitos geralmente superficiais e relacionados a quartzitos, filitos e xistos que se sobrepõem concordantemente ao quartzito maciço que repousa sobre o complexo basal de gnaiss e granito.

Guimarães¹⁹⁻²⁰ (1961-65) é de opinião que os filitos, quartzitos e itabiritos que afloram entre Urandi e Brejinho das Ametistas podem ser cor relacionados à Série Minas, do Pré-Cambriano. Admite a existência de minério secundário de manganês, formado pela dissolução e precipitação do óxido de manganês contido em minerais de filito clorito-hematítico.

Campbell e Costa⁴ (1965) mencionam os filitos, xistos verdes, quartzitos e quartzitos micáceos da serra entre Licínio de Almeida e Urandi, indicando a semelhança destas rochas com aquelas já descritas na Série Minas. Reconheceram os gnaisses e granito-gnaisses que afloram ao pé da serra. Quanto aos depósitos de manganês, julgam-os formados a partir de sedimentos manganíferos, por processo de enriquecimento superficial que gerou minério de pouca profundidade.

Pflug⁴⁰ (1967) num mapa geológico esquemático, reconhece ao norte-noroeste de Urandi gnaisses da Série Pré-Minas e quartzitos da Série Minas.

AGRADECIMENTOS

Consignamos os nossos agradecimentos ao Professor Dr. Viktor Leinz; pelo interesse com que acompanhou os nossos trabalhos.

Agradecemos à Companhia de Mineração Urandi S.A., que além de ter permitido o estudo de jazidas de sua propriedade, supriu os meios materiais para a execução dos trabalhos de campo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), somos gratos pelo auxílio que nos prestou para a realização dos trabalhos de campo e aquisição de material de laboratório.

Ao geólogo J.V. Valarelli, agradecemos o obséquio de nos ter orientado na determinação dos parâmetros unitários das jacobsitas.

Ao químico Sr. Fernando Peixoto, somos gratos pelas análises que constam deste trabalho.

Ao geólogo Aledir Paganelli Barbour somos gratos pelas críticas e sugestões que formulou ao presente trabalho.

Ao Sr. José Curado consignamos os nossos melhores agradecimentos pelo trabalho de revisão do texto.

Ao Sr. José Ruffino agradecemos a execução dos desenhos e ao Sr. Denis William de Abreu Mendonça o preparo dos gráficos.

À Sra. Melany Thereza Isauk agradecemos a esmerada confecção de todas as lâminas petrográficas utilizadas nas nossas pesquisas.

Ao geólogo Moacyr Rabelo de Arruda agradecemos a aferição e manutenção do aparelho para análise termo-diferencial.

Aos geólogos Carlos Isotta e Umberto G. Cordani somos gratos pela ajuda na determinação das idades de rochas pré-cambrianas da região de Urandi.

À Sra. Nair de Campos Louzada somos gratos pelo trabalho de dactilografia.

METODOLOGIA

Durante a elaboração do mapa geológico da região, as observações de campo foram compiladas em mapa plano altimétrico do I.B.G.E., na escala de 1:50.000. Posteriormente para facilidade de publicação, os dados obtidos foram transportados para o mapa com escala reduzida a 1:100.000 (Fig. 1).

Os mapas topográficos das jazidas estudadas foram feitos usando-se prancheta e teodolito (Figs. 2, 3 e 4).

A amostragem de minério para análises químicas foi feita em canal, quando em poços e galerias. Nos lotes de minério foram feitas redes de amostragem.

A composição modal das rochas foi determinada aplicando-se o "Point Counter".

O estudo dos minérios sob luz refletida foi realizado em seções polidas, montadas a frio, empregando-se resina polylite.

O estudo ao raio-X foi executado usando-se o método do pó. Os diversos diagramas de pó foram obtidos em câmara Debye-Scherrer de 114,6 mm e usando-se as radiações Fe K α .

As leituras dos filmes foram feitas em leitor de modelo Norelco, no qual a precisão é de 0,05%. Em cada filme foi obtida a média de três leituras, posteriormente corrigidas levando-se em conta o encolhimento a que os filmes estão sujeitos.

As intensidades das reflexões foram estimadas visualmente, atribuindo-se à mais intensa o valor relativo 10 e valores proporcionalmente inferiores a todas as outras.

Os valores de a_0 das jacobinitas foram calculados de acordo com a fórmula:

$$a_0 = d_{hkl} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \quad \text{onde } h^2 + k^2 + l^2 = Nc$$

O erro médio de a_0 foi calculado segundo a fórmula:

$$E_{a*2} = \sqrt{\frac{\sum (D_{a*2})^2 \cdot Nc}{(Nc)(n-1)}} \quad \text{onde } n \text{ é o número de me}$$

das e $D_{a*2} = a*2 \text{ obs.} - a*2 \text{ calc. (Valarelli}^{61}\text{)}.$

As análises termodiferenciais (ATD) foram feitas em aparelho construído por Arruda⁶⁸.

As amostras foram moídas e reduzidas a grãos menores que 0,149 mm (100 meshes), após o que foram submetidas a aquecimento contínuo à razão de 10°C por minuto, até o limite máximo de 1.050°C.

Como substância inerte foi utilizada a alumina calcinada a 1.100°C.

GEOLOGIA REGIONAL

De acordo com o critério aceito por alguns geólogos, poder-se-ia correlacionar os xistos e filitos que ocorrem nesta porção da cordilheira do Espinhaço à Série Minas e os quartzitos sobrejacentes à Série Itacolomi. Os gnaisses e migmatitos corresponderiam à Série Pré-Minas.

As classificações estratigráficas das rochas do Pré-Cambriano brasileiro são ainda incertas, e baseadas em poucos dados de idade absoluta, nem sempre conclusivos. Aliando estas considerações ao fato de que as rochas pré-cambrianas são geralmente correlacionadas sobre grandes distâncias, levando-se em conta principalmente suas características litogênicas, preferimos distinguir na área dos nossos estudos, uma sequência inferior de gnaisses, gnaisses graníticos com xistos e anfibolitos intercalados, sobre a qual repousa a sequência superior constituída de filitos, xistos verdes, xistos, metaconglomerados e quartzitos. *Figura 2*

As melhores exposições das rochas da região estão nos cortes da Estrada de Ferro Leste da Bahia, nos trechos compreendidos entre Urandi e Licínio de Almeida.

Os gnaisses listrados, migmatitos e gnaisses parcialmente granitizados afloram nos cortes da estrada de ferro nas imediações da estação da E.F.L.B. de Urandi. Na estrada de Licínio de Almeida para a mina Pedra Preta e também na barragem do rio do Salto, próximo à Tauape, os gnaisses estão sobrepostos por xistos e quartzitos sem discordância aparente.

Os quartzitos brancos e diaclasados, com acamamento proeminente, formam as escarpas que se salientam nas partes mais elevadas, modelando a serra do Espinhaço.

Os afloramentos de sericita-xistos, grafita-xistos, granada-xistos, filitos e metaconglomerados, geralmente apresentam-se em avançado estágio de decomposição. Os corpos de anfibolito formam lentes concordantes com as rochas em que estão encaixados.

Os depósitos lenticulares de manganês, dispostos concordantemente com a xistosidade regional, bem como as concentrações de manganês originadas por enriquecimento supérgeno, estão associadas predominantemente aos xistos e filitos e subordinadamente aos quartzitos, anfibolitos ou gnaisses. *Figura 3*

Embora sejam conhecidas numerosas ocorrências de manganês, que se estendem por 70 quilômetros, aparentemente não há concentrações com dimensões comparáveis aos grandes depósitos em exploração no mundo. Mesmo nas jazidas lenticulares, a expressão superficial dos depósitos consiste em minério rolado que circunda a área de minério de sub-superfície.

Tódas as rochas pré-cambrianas da região sofreram esforços e

deformações durante o processo metamórfico a que estiveram sujeitas, e por isto mesmo exibem áreas intensamente dobradas. Em algumas destas áreas o acamamento original está ainda preservado, mas geralmente mostra-se obliterado pela xistosidade, da qual dificilmente pode ser distinguido.

As direções mais frequentes da xistosidade estão entre N10E e E-0, com mergulho de 25 a 80 graus para S-SE.

As rochas regionais quando dobradas, apresentam os eixos das dobras com direções entre N15E e N 30 E, com caimento para SE.

Os veios de quartzo que cortam concordante e discordantemente as rochas regionais são abundantes. Alguns destes veios contêm manchas verdes e esparsas de malaquita. No morro do Egeu, situado a sudoeste da mina Pedra Preta, aflora calcário dolomítico e na mina Barreiro do Campo o minério de manganês está associado a protominério carbonático.

SITUAÇÃO E FISIOGRAFIA

A área dos nossos trabalhos geológicos está situada a sudoeste do Estado da Bahia e acha-se encravada no complexo cristalino que faz parte da grande unidade geotectônica conhecida como Geossinclíneo do Espinhaço. Nossos estudos estão restritos à região sul da faixa de rochas metamórficas, limitada meridionalmente pela cidade de Urandi, nos limites da Bahia com Minas Gerais e ao norte por Brejinho das Ametistas. Esta sequência de rochas metamórficas que se estende aproximadamente por 70 km de extensão e 15 km de largura, contém numerosos afloramentos de minerais manganésíferos.

Os quartzitos, em virtude da maior resistência que opõem à erosão, formam as partes altas, que se destacam no planalto serrano da cordilheira. Este planalto apresenta altitudes entre 600 a 900 metros, correspondentes a degraus da Cordilheira do Espinhaço, localmente denominada Serra das Almas, na qual as altitudes máximas chegam a 1.100 metros.

O sistema de drenagem da região abrange rios que pertencem à bacia do rio São Francisco, limitada a leste pelo divisor formado pela cordilheira, e por rios menores que correm diretamente para o Atlântico. Entre os rios da vertente oeste podem ser mencionados o rio Dágua e córrego da Mandioca, ambos afluentes do rio Verde Pequeno, situado na divisa da Bahia com Minas Gerais. Os rios Tamboril, Paiol e rio do Salto são tributários do rio Gavião, um dos afluentes do Rio das Contas, o qual se dirigindo rumo a leste vai alcançar o Atlântico à altura de Itacaré, no litoral baiano.

Nas partes elevadas das serras quartzíticas, entre Urandi e Licínio de Almeida são comuns os cursos de água subseqüentes, isto é, que acompanham o acamamento com direção nordeste. Nas regiões menos acidentadas do terreno os rios não seguem este controle estrutural.

O clima da região, segundo Galvão¹⁶, pode ser classificado como tropical quente de sêca média. A vegetação predominante é do tipo "cerrado", com modificações locais nas zonas de maiores altitudes e nos vales em que há circulação perene de água. Nas grandes altitudes predominam arbustos e nos vales irrigados aparecem as matas de galeria em que são comuns árvores com porte superior a 5 metros.

O acesso à região pode ser feito por estrada de ferro a partir de Salvador via Brumado, Caculé, Licínio de Almeida, Urandi ou a partir de Belo Horizonte via Montes Claros, Monte Azul, Espinosa. Utilizando-se estrada de rodagem pode-se atingir Urandi através do itinerário Vitória da Conquista, Brumado, Caculé, Tauape, Licínio de Almeida ou também através de Belo Horizonte via Montes Claros, Monte Azul, Espinosa. A partir de Belo Horizonte por estrada de rodagem, o percurso através de Governador Valadares, via Vitória da Conquista, oferece melhores condições durante o ano todo.

A estação da estrada de ferro em Urandi está a 810 km de Salvador.

ROCHAS DO PRÉ-CAMBRIANO

Dados Geocronológicos

Távora, Cordani e Kawashita⁵⁸ (1967) datando várias rochas em Boqueira e imediações, na região central da Bahia, pelo método potássio-argônio, puderam distinguir três grupos de idade, cujos resultados são tidos somente como idades mínimas:

- 1 - Rochas muito antigas com pelo menos 1,2 bilhões de anos.
- 2 - Rochas com idades intermediárias, próximas de 1 bilhão de anos.
- 3 - Rochas afetadas por tectonismo há cerca de 500 milhões de anos.

Segundo os autores citados, os resultados indicam que nesta região da Bahia há evidências de uma transição gradual de duas unidades geotectônicas: o crato do São Francisco com rochas mais antigas, situado a oeste, e outra região mais moderna, com estrutura aproximada norte-sul e localizada a leste da primeira.

Entre Espinosa, que se encontra no limite norte de Minas Gerais, Urandi e Tauape, ambas localizadas na Bahia, foram coletadas amostras para determinações geocronológicas. Foi usado o método do potássio-argônio aplicado a cristais de biotita e hornblenda e também o de análise de rocha total. Os resultados constam da tabela 1. *Forma de lapar p. 13*

Pelos dados da tabela 1 observa-se que todas as rochas analisadas revelaram resultados de idade entre 463 e 791 milhões de anos, valores estes que, de acordo com Távora, Cordani e Kawashita⁵⁷, correspondem às rochas mais modernas situadas a leste do crato do São Francisco. Cordani, Melcher e Almeida⁶ (1968) referem-se à possível existência de uma faixa metamórfica que estaria nos limites leste e sudeste da área cratônica, onde as idades determinadas pelos processos K-Ar e Rb-Sr de minerais, oscilam entre 1.100 - 1.400 milhões de anos.

Confrontando-se os dados geocronológicos da área estudada com as considerações sobre as idades das rochas regionais num sentido mais amplo, há de se concordar com Cordani, Melcher e Almeida⁶ (1968) quando afirmam que os resultados são ainda insuficientes para se estabelecerem conceitos plenamente definidos.

As rochas com idades entre 463 e 791 m.a. tanto podem corresponder a um ciclo orogenético correlacionável ao metamorfismo que afetou os metassedimentos do Grupo Minas, como podem equivaler ao rejuvenescimento das rochas do crato do São Francisco. Pertenceriam ainda à possível faixa metamórfica constituída de rochas com idades entre 1.100 e 1.400 milhões de anos. É provável que futuras datações pelo método rubídio-estrôncio venham

esclarecer esta questão.

Descrição da petrografia

As rochas pré-cambrianas da área estudada se caracterizam pela grande variação de fácies com que se apresentam. Rochas granito-gnáissicas de alto grau de metamorfismo, contidas na seqüência inferior, estão intercaladas de filitos, quartzitos, anfibolitos, quartzitos hematíticos e rochas carbonáticas. Na seqüência superior, onde os potentes quartzitos constituem as rochas predominantes, são também comuns as intercalações de metaconglomerados, xistos verdes e anfibolitos, rochas que em conjunto correspondem ao fácies de xistos verdes.

Gnaisse fitado. Ocorre principalmente nos cortes da estrada de ferro compreendidos entre a cidade de Urandi e o marco quilométrico 816 da E.F.L.B. Os gnaisses fitados são rochas de granulação média a fina, textura granoblástica. A coloração é variável com o bandeamento e a xistosidade proeminente lhe é imposta principalmente pelos cristais orientados de biotita (Foto 2).

Os componentes mineralógicos principais são microclínio, albita, quartzo, biotita e epídoto. Tanto o microclínio como a albita formam cristais geralmente maiores que os de quartzo. A sericitização dos cristais de albita é muito pronunciada. Os cristais de biotita, mais comumente lamelares e alongados, são também microcristalinos quando estão preenchendo os interstícios dos outros minerais. Quando alongados, os cristais de biotita estão geralmente encurvados a fim de se adaptarem aos contornos dos cristais de feldspato. Os microcristais de biotita e de quartzo evidenciam textura cataclástica. Os cristais de epídoto geralmente formam agregados cristalinos, mas às vezes estão circundando cristais alterados de alanita. Como minerais traços a rocha contém apatita, magnetita, alanita e titanita. Alguns cristais de alanita estão em núcleos de halos pleocróicos formados em biotita de coloração marrom.

Em toda a extensão em que afloram, os gnaisses fitados se mostram com pequenas massas irregulares de rocha granitizada. Nesta rocha o bandeamento e xistosidade desaparecem e, quanto à composição mineralógica, nota-se decréscimo na porcentagem de quartzo e enriquecimento em oligoclásio, epídoto e biotita. Há afloramentos onde é possível observar-se a passagem gradual de gnaisse fitado a rochas graníticas (Foto 3).

Gnaisse granítico. Esta rocha pode ser observada num extenso afloramento do km 7,5 da estrada de rodagem entre Urandi e Licínio de Almeida, ou em cortes da E.F.L.B. entre as estações de Urandi e Engenheiro Omar. Trata-se de rocha clara, de granulação média e textura granoblástica com orientação incipiente imprimida pelos microcristais de quartzo. As dimensões dos cristais de feldspato são bem diferentes das do quartzo. Nos feldspatos as dimensões estão entre 1 a 2 mm, enquanto para o quartzo verificou-se tamanho médio de 0,20 mm.

Alguns cristais maiores de quartzo se apresentam circundados por microcristais também de quartzo, sendo que em conjunto exibem extinção ondu-

TABELA 1: Idade das rochas do Pré-Cambriano entre Espinosa, Urandi e Tauape **

Nº da amostra		Localidade	Rocha	Mineral analisado	% K	Ar ⁴⁰ radiogênico ccSTP/g x 10 ⁻⁶	% Ar ⁴⁰ ar	Idade K-Ar 10 ⁶ anos
Campo	Laboratório							
GC-2	SPK-309	Espinosa	Gnaisse	Biotita	7,48	178,20	13,44	519 ⁺¹⁶
ER-5a*	SPK-912	Urandi	Gnaisse	Biotita	8,03	280,00	8,99	718 ⁺²²
GC-1	SPK-827	7,5 km a NE de Urandi	Gnaisse-granítico	Biotita	7,05	276,40	7,72	791 ⁺²⁵
ER-3*	SPK-823	25 km a NE de Urandi	Anfibolito	Hornblenda	0,372	9,20	33,20	535 ⁺¹⁶
ER-9b*	SPK-809	23 km a NE de Urandi Estação Eng. Omar	Filito	Rocha total	2,21	46,30	29,75	463 ⁺¹⁴
ER-T	SPK-941	Tauape-ponte sobre o rio do Salto	Anfibolito	Hornblenda	0,543	17,58	7,8	675 ⁺²⁰

* Amostras coletadas em cortes da estrada de ferro E.F.L.B.

** Determinações por U.G.Cordani e Carlos Isotta no Centro de Pesquisas Geocronológicas da U.S.P.

TABELA 2
ROCHAS PRÉ-CAMBRIANAS DA REGIÃO DE URANDI

Intrusivas	Veios de quartzo Veios de quartzo com granada, rodonita e diopsídio			Rocha predominante	
Metamórficas	Pré-Cambriano	Seqüência Superior	Quartzitos Xistos { Sericita-xistos Granada-xistos Grafita-xistos Xistos verdes Filitos Anfibolitos Metaconglomerados	-Com minério de manganês lenticular	Xisto e Quartzito
		Seqüência Inferior	Xistos Quartzitos Lentes carbonáticas Anfibolitos Gnaisses fitados Gnaisses-graníticos Migmatitos		Gnaisses

lante. Os cristais de microclínio estão sempre mais límpidos que os de oligoclásio, que, além de possuírem aspecto embaciado, estão intensamente sericitizados. Além de feldspato e quartzo, esta rocha contém biotita, epídoto, alanita, muscovita, apatita, titanita, zircão, granada e magnetita. Afloramentos há em que o gnaiss granítico adquire gradualmente composição granodiorítica por enriquecimento em albita.

Anfibolito. Quanto ao tipo de rochas a que estão associados, os anfibolitos da seqüência pré-cambriana inferior da região estudada se assemelham muito, apesar da distância que os separa no espaço. Um dos anfibolitos aflora na mina Barreiro dos Campos, localizada no limite sul da área investigada. Aqui o anfibolito está encaixado entre xistos e rochas carbonáticas que estão em contato com gnaisses. As outras ocorrências de anfibolito estão nas imediações de Tauape, localizando-se uma na mina Barnabé e a outra às margens do rio do Salto, ao lado da estrada de Tauape para Caculé.

O anfibolito da mina Barreiro dos Campos é de textura granoblástica e de granulação fina. Os cristais de hornblenda, albita e quartzo são equigranulares e estão alongados segundo a xistosidade. Subordinadamente, a rocha contém epídoto, titanita, granada e apatita.

O anfibolito do rio do Salto possui textura granoblástica, granulação média e cristais com dimensões diferentes. Os cristais de hornblenda são de cor verde intensa e estão orientados de acordo com a xistosidade. Na composição mineralógica, além da elevada porcentagem de hornblenda, contém quartzo, titanita, oligoclásio, biotita, apatita e magnetita.

O anfibolito da mina Barnabé é a rocha encaixante do minério lenticular de manganês, que contém jacobssita. Este anfibolito embora esteja muito alterado e substituído por óxidos de soluções descendentes ricas em manganês, tem ainda as marcas de uma rocha nitidamente bandeada. Tanto os cristais de hornblenda como os minerais secundários de manganês estão orientados segundo a xistosidade. Hornblenda, quartzo, feldspato, minerais do grupo α MnO_2 e jacobssita foram identificados nesta rocha.

Ainda na mina Barnabé, no contato deste anfibolito descrito com o minério lenticular de manganês, aparecem manchas de dolomito equigranular rico em hornblenda e diopsídio.

Na seqüência pré-cambriana superior foi encontrado apenas um afloramento de anfibolito, que está situado à altura do quilômetro 779 da E.F.L.B., entre Urandi e estação Engenheiro Omar. Está encaixado concordantemente entre xisto e quartzito com xistosidade entre 10-20 NE e mergulho de 65° para sudeste.

Esta rocha, que é composta principalmente de hornblenda, biotita, clorita, albita, epídoto e titanita, mostra textura granoblástica e granulação média. Os cristais de hornblenda, clorita, biotita e albita estão intensamente alterados. Os cristais ripiformes e geminados de albita estão caoticamente distribuídos na rocha. Hornblenda e biotitas encurvadas e fraturadas evidenciam textura cataclástica incipiente.

A gênese destes anfíbolitos descritos não pode ser deduzida conclusivamente da composição mineralógica. Entretanto, a associação de tais anfíbolitos com metassedimentos nos quais estão encaixados concordantemente indica que podem ser para-anfíbolitos. Esta hipótese aplica-se melhor para o caso dos anfíbolitos de Barreiro dos Campos e da mina Barnabé, pois ambos, por estarem em contato com mármore, poderiam ter-se originado de dolomitos impuros. Em Barreiro dos Campos os anfíbolitos se repetem e se alternam entre lentes carbonáticas. *rochas = carbonáticas*

Lentes carbonáticas. A descrição e características destas rochas serão discutidas no capítulo referente ao protominério da mina Barreiro dos Campos.

Quartzitos. Estão intercalados nas rochas xistosas, formando pacotes de quartzito com porcentagens variáveis de minerais micáceos, quartzitos hematíticos, e quartzitos impregnados por óxidos de manganês.

O quartzito hematítico aflora na estrada para Guanambi, 3 km ao norte de Urandi. É uma rocha listrada constituída de camadas de quartzo que se alternam regularmente com bandas de hematita e magnetita. O bandejamento corresponde à xistosidade regional com direção nordeste e mergulho para sudeste. Quartzito feldspático aflora na estrada de ferro entre Urandi e Licínio de Almeida à altura do km 784. *ver foto*

Na seqüência pré-cambriana superior os quartzitos constituem pacotes de grande espessura, que, em virtude da resistência que oferecem à meteorização e erosão, formam o relevo acidentado das partes mais altas da serra das Almas. São rochas de granulação fina com distribuição granulométrica heterogênea. Nas chapadas da região de Jacaraci dão origem a solos arenosos de pequena espessura, e que por isto mesmo só permitem o desenvolvimento de pobre vegetação. Os quartzitos, por se apresentarem intensamente diaclasados, são bons aquíferos que alimentam os cursos de água com circulação perene. *dissecados pela água?*

Xistos. Na seqüência pré-cambriana inferior os xistos formam lentes pouco espessas, intronetadas entre os gnaisses. Na seqüência superior formam pacotes espessos que se estendem por extensa área, onde aparecem diversificados em xistos verdes, sericita xistos, grafita xistos e granada xistos. Todos estes tipos de xistos estão geralmente em avançado estágio de decomposição, o que, aliado ao fato de se repetirem no espaço passando gradualmente de um a outro, constitui sério obstáculo para se estabelecer uma coluna estratigráfica padrão. *ver foto*

Metaconglomerados. Afloram no trecho da estrada de ferro compreendido entre os quilômetros 778 e 779, nas imediações da estação Engenheiro Omar, situada a meio caminho entre Urandi e Licínio de Almeida. São metaconglomerados lenticulares que se alternam repetidas vezes entre filitos, xistos e quartzitos. Apresentam orientação segundo a xistosidade, evidente tanto na matriz xistosa como nos seixos alinhados conforme o maior eixo. Predominam os seixos de quartzito, além dos quais existem também os de *varias f. xistosa*

quartzo leitoso. Estes seixos são geralmente arredondados e mal selecionados, com dimensões variáveis de milímetros até 20 centímetros de diâmetro (Foto 4).

Veios de quartzo. Ocorrem repetidas vezes na região, cortando concordante ou discordantemente as rochas xistosas. Veios de quartzo com cristais centimétricos de granada foram encontrados somente na mina Barreiro dos Campos.

DEFINIÇÃO DE TERMOS

Aplicados ao minério

Minério compacto de fratura concoidal. Minério de manganês composto principalmente de óxidos de manganês do grupo alfa MnO_2 , com dureza entre 5 e 6, densidade ao redor de 4, de cor cinza escuro fôco, traço cinza chumbo, com fratura concoidal e teor de manganês acima de 45%.

Minério macio. Refere-se a minério macio, leve, poroso, friável, de cor preta e aspecto terroso. Seu traço varia de preto a cinza escuro; a dureza é inferior a 2 e a densidade ao redor de 1,2. Os teores de manganês variam entre 45 e 51%.

Não se dá a esta nomenclatura o significado correspondente ao empregado para definir um tipo de hematita que ocorre frequentemente no quadrilátero ferrífero, em Minas Gerais.

Minério pulverulento. Material encontrado nos depósitos lenticulares, onde ocorre sempre associado a minério macio, formando massas de minério completamente reduzidas a pó.

Laterização. Termo aplicado para qualificar o processo em que a deposição de manganês se dá por precipitação de Mn^{4+} , após solubilização e transporte sob a forma de Mn^{2+} . Este tipo de depósito é formado sempre nas imediações das rochas que cederam manganês por intemperismo, predominantemente químico. Refere-se ao processo geral de laterização, pelo qual durante a meteorização há ruptura da estrutura dos minerais de rochas e lixiviação total ou parcial, principalmente da sílica e óxido de magnésio. Ao mesmo tempo se dá a separação de ferro, alumínio e manganês. (Holtrop²⁴, Park³⁸⁻³⁹, Guerra¹⁸).

Depósito residual. Denominação que será empregada para definir minério originado de protominério primariamente rico em óxidos de manganês, parcial e secundariamente enriquecido por meteorização (Park³⁹, Holtrop²⁴).

Limonita. O termo "limonita" será usado para designar óxidos hidratados de ferro cuja identificação específica é desconhecida.

Aplicados à mineralogia

Na literatura mineralógica, a nomenclatura bem como os conceitos químicos, físicos e estruturais, têm sido aplicados de maneira um tanto ampla na definição dos óxidos de manganês do tipo alfa MnO_2 , dando margem a controvérsias.

Fron del e Heinrich¹⁴ consideram coronadita e hollandita como minerais isoestruturais e pseudotetragonais. Admitem que a fórmula química da coronadita é $Mn Pb Mn_6 O_{14}$. A composição da hollandita, dada como incer

TABELA 3

Análises modais de gnaisses e granito-gnaisses

MINERAIS	Amostras				
	1	2	3	4	5
Microclínio	47,63%	14,23%	46,97%	17,41%	30,69%
Oligoclásio	-	-	27,51	-	25,82
Albita	24,79	21,14	-	53,96	-
Quartzo	22,04	17,57	17,35	17,01	33,27
Biotita	3,24	44,10	3,65	9,06	7,65
Epídoto	2,30	2,96	4,52	1,24	1,25
Apatita	Traços	Traços	Traços	Traços	Traços
Alanita	"	"	"	"	"
Titanita	"	"	"	1,32	"
Magnetita	"	"	"	Traços	"
Granada	-	-	"	"	"
Muscovita	-	-	-	-	1,32
Clorita	-	-	-	-	Traços
Soma	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1 - Gnaisse fitado.

2 - Gnaisse fitado, banda escura.

3 - Gnaisse granitizado.

4 - Gnaisse granítico.

5 - Gnaisse granítico, 7,5 km a nordeste de Urandi.

TABELA 4

Análises modais de anfíbolitos

MINERAIS	AMOSTRAS	
	1	2
Hornblenda	72,82%	47,32%
Oligoclásio	4,10	-
Albita	-	36,23
Quartzo	16,71	13,74
Epídoto	-	1,71
Biotita	1,37	-
Granada	-	0,50
Titanita	5,00	0,50
Apatita	Traços	Traços
Opacos	"	"
Soma	100,00	100,00

Amostra 1 - Rio do Salto

Amostra 2 - Barreiro dos Campos

ta, é sugerida como $Mn Ba Mn_6 O_{14}$. Classificam psilomelana e hollandita como minerais distintos.

Gruner¹⁷ descreve os minerais criptomelana, hollandita e coronadita como isoestruturais e formados por misturas isomorfas, atribuindo-lhes fórmula química complexa na qual K, Ba e Pb ocupam posições idênticas.

Fleischer e Richmond¹² recomendam que material compacto, duro e pesado, constituído de minerais de manganês, devem ser definidos como pertencentes ao "tipo psilomelana". Material macio de baixa densidade deveria ser denominado "wad". Consideram a coronadita e hollandita como triclinicos ou pseudotetragonais, criptomelana na classe tetragonal e psilomelana como tendo simetria ortorrômbica. Para os três minerais admitem a fórmula geral $ARg O_{16}$, na qual $A=K$, Pb ou Ba e R = principalmente Mn^{4+} .

Byström e Byström³ classificam os minerais criptomelana, hollandita e coronadita no grupo alfa MnO_2 e os consideram membros de uma série isoestrutural nos sistemas tetragonal ou monoclinico (pseudotetragonal). São caracterizados pela fórmula química geral expressa da seguinte maneira:

Wadsley⁶⁵ admite que a psilomelana se cristaliza no sistema monoclinico, dando um composto expresso por $(Ba, H_2O)_2 Mn_5 O_{10}$, observando-se a proporção $Ba: H_2O = 1:2$.

Ramdohr⁴¹ classifica a psilomelana, hollandita e coronadita no mesmo grupo, reunindo tais minerais na categoria de "Grupo da Psilomelana".

Frondel, Marvin e Ito¹⁵ consideram a hollandita dentro de um grupo derivado de compostos com estrutura de alfa MnO_2 , atribuindo-lhe a fórmula aproximada de $(Ba, K_2, Mg, Ca, Na_2, Co, Ni) Mn^2 Mn^4_7 O_{16} nH_2O$.

Hariya²² classifica os bióxidos de manganês adotando o critério conforme tabela 5.

Nos depósitos de manganês de Minas Gerais, Dorr II, Horen e Coelho⁹ mencionam criptomelana, psilomelana, wad, pirolusita, manganita e pollanita.

Almeida² e Abreu¹ citam o mineral criptomelana como constituinte do minério de manganês de Urucum.

Valarelli⁶¹, estudando o minério de manganês da serra do Navio,

no Amapá, descreve vários tipos de criptomelana e demonstra a possibilidade de transformação de sua estrutura tetragonal para monoclínica. Esclarece, por outro lado, que esta possibilidade de transformação na simetria dos cristais, talvez venha a modificar os limites da fase criptomelana, dentro da possível série iso-estrutural criptomelana-coronadita-hollandita.

Na descrição dos minerais de minério do distrito de Urandi, assunto do presente trabalho, será adotado o termo criptomelana indistintamente para denominar os minerais do grupo alfa MnO_2 . Não será empregado o nome de psilomelana, e os demais óxidos de manganês serão identificados.

TABELA 5

Classificação de óxidos de manganês segundo Hariya²²

Nome do grupo	Mineral	Ordem	Desordem
αMnO_2	Criptomelana Hollandita Coronadita	Criptomelana Hollandita Coronadita	ϵMnO_2
βMnO_2	Pirolusita	Pirolusita	
	Ramsdellita	Ramsdellita	Nsuta ρMnO_2 MnO_2
γMnO_2			$\gamma - MnO_2$ $\gamma - MnO_2$ I Mineral $\gamma - MnO_2$ II Buchan
δMnO_2	Birnessita		Birnessita

MINA PEDRA PRETA

Localização

A mina Pedra Preta está situada 13 km a sudoeste de Licínio de Almeida e 18 km a leste de Urandi. Localiza-se no planalto a leste da serra quartzítica, encravada na cordilheira do Espinhaço, em terrenos com altitudes variáveis entre 900 e 970 metros. O relevo montanhoso com cristas que se salientam na topografia, foi preservado graças à resistência que o minério de manganês, formado por enriquecimento supérgeno, ofereceu à erosão. Este minério, quer sob a forma de material rolado quer constituindo crostas, forma camadas espessas que protegem as rochas da intensa ação erosiva.

As primeiras pesquisas das ocorrências de manganês da jazida Pedra Preta, foram realizadas por meio de poços, trincheiras e galerias abertas de acordo com um planejamento nem sempre adequado às condições geológicas locais. Na área de minério rolado, foi utilizada uma rede de poços pouco densa, e onde prevalece o minério lenticular foi locado um número muito maior de poços. Por outro lado, algumas trincheiras e galerias foram abertas fora da área de interesse.

Em janeiro de 1964 foram iniciados os nossos trabalhos nesta mina. Foi feito um mapa à prancheta, na escala de 1:500, que serviu de base para o levantamento geológico, e no qual foram localizados poços, trincheiras e galerias que já haviam sido abertos durante os trabalhos pioneiros.

De 1964 para cá a mina Pedra Preta vem sendo explorada e já produziu neste período cerca de 100.000 toneladas de minério. Após a abertura de várias frentes de trabalho para a exploração do minério, foi possível caracterizar melhor os depósitos manganésíferos como também atualizar os cálculos de reserva.

Neste trabalho serão fornecidos os vários cálculos de reserva executados, os quais, como era de prever-se, estão marcados pelo aumento gradual da tonelagem de minério com o desenvolvimento da mineração.

Geologia

As rochas predominantes na área da mina Pedra Preta são sericitixistos e granada-xistos, entre as quais estão intercaladas algumas lentes pouco espessas de quartzito e grafita-xistos. As lentes formadas de minério macio de manganês, estão encaixadas concordantemente nos sericitaxistos e granada-xistos, com xistosidade em direção nordeste e mergulho para sudeste.

Duas são as lentes de minério perfeitamente distintas na área. Uma se estende da frente 1 (F-1) até a frente 8 (F-8), e representa o corpo de minério que tem contribuído com a maior parcela da produção da mina. A outra localiza-se da frente 9 para oeste, tendo sido também encontrada no poço 23 (Fig. 2).

Além destas lentes principais de minério, várias outras de pequena espessura se intercalam nos xistos regionais. Ao sul da área do mapa aflora uma lente de quartzito que está também exposta às margens do Córrego Sêco. Este quartzito está tão intensamente impregnado de óxido de manganês, que chega a conter 25% de MnO . Na frente 4, pequenas concentrações de barita estão incluídas, no minério lenticular de manganês.

Os granada-xistos possuem cristais de granada com diâmetros entre 1 e 3 milímetros, geralmente em avançado estágio de decomposição, o que torna impraticável a identificação do tipo da granada. Localmente alguns cristais de granada se mostram com dimensões superiores à média, chegando a atingir 1,5 centímetros (Foto 6).

Os xistos de Pedra Preta estão pouco dobrados, e somente nas imediações da frente 4 há uma falha de pequeno rejeito, evidenciada pela estriação e espelhos de falha imprimidos no próprio minério.

O Minério

Os depósitos de minério da mina Pedra Preta poderiam ser classificados simplesmente como minério lenticular e minério de enriquecimento supérgeno.

Esta classificação seria suficiente do ponto de vista da gênese do minério, mas deixaria muito a desejar sob o aspecto prático para a mineração. Por esta razão, atendendo às características genéticas do minério, mas também no intuito de facilitar a mineração e seleção do produto comercial, pode-se adotar a seguinte classificação:

1 - Depósito lenticular
(Residual)

Minério macio

Minério pulverulento

Eluvial - Minério compacto com fratura concoidal

Rolado - Minério compacto com fratura concoidal

2 - Depósito de enriquecimento supérgeno

Minério compacto com geodo de pirolusita

Minério compacto e botrioidal

Laterítico - tipo canga

Minério lenticular. Corresponde a depósitos de minério macio e leve que ocorrem formando lentes encaixadas entre sericita-xistos, granada-xistos e quartzitos. São corpos lenticulares, de forma irregular e com espessuras variáveis desde poucos centímetros até 10 metros. Estas lentes persistentemente concordantes com a xistosidade, contêm minério cujos teores de manganês variam entre 45 e 51%. Os teores de sílica estão entre 0,68 e 3,00%. O conteúdo em óxido de bário aumenta em profundidade e apresenta valores entre 0,70 e 14,34%. As porcentagens de fósforo oscilam entre 0,05 a 0,21%.

Macroscopicamente este tipo de minério tem o aspecto de um agregado terroso e preto. O traço varia de preto a cinza escuro; a dureza é inferior a 2 e a densidade em torno de 1,2.

Localmente o minério lenticular macio constitui zonas de minério frível que, por ser facilmente desagregável e reduzível a pó, pode ser classificado como "minério pulverulento".

É importante salientar que as definições empregadas neste trabalho para conceituar minério macio e minério pulverulento não são correspondentes à mesma nomenclatura utilizada para caracterizar minério de ferro e hematitas do quadrilátero ferrífero em Minas Gerais. Hematita branda ou pulverulenta são termos usados para definir o mesmo material, que durante a mineração é quebrado de modo a produzir menos de 25% de fragmentos maiores que 1/2 polegada. No caso do manganês, minério macio e minério pulverulento são materiais distintos, embora ambos estejam contidos em depósitos lenticulares formando minério de alto teor.

Aparentemente estas zonas de minério pulverulento não obedecem a controle estrutural algum, originando-se provavelmente em virtude do comportamento diferencial do protominério durante o processo de meteorização.

No minério lenticular ocorrem também blocos inclusos de minério compacto, com dimensões variáveis e formados secundariamente por enriquecimento supérgeno.

Os pequenos "veios" de barita verificados no minério lenticular macio são provavelmente concentrações de barita singenética remobilizada. Estas massas de barita são de dimensões centimétricas, cortam o minério mas também são seccionadas por óxidos de manganês e não são contínuas nos xistos encaixantes como seria de se esperar caso se tratasse de veios hidrotermais posteriores à mineralização de manganês (Foto 7).

Em seção polida na qual não se consegue bom polimento, o minério macio revela somente massa microcristalina finamente homogeneizada.

Minério com pirolusita. Este tipo de minério, encontrado somente à superfície do terreno, não é comum na área da mina Pedra Preta. Consiste em massas de minério macio endurecido secundariamente por soluções ricas em manganês, que na fase final de precipitação dos óxidos, originaram geodos de pirolusita acicular.

Minério compacto e pesado com fratura concoidal. Os depósitos de minério compacto foram originados por enriquecimento supérgeno, provocado principalmente pela ação do intemperismo sobre minério lenticular. Não há evidências de que as rochas granatíferas teriam contribuído para a formação deste tipo de minério. Este tipo de depósito ocorre frequentemente constituindo minério rolado composto de nódulos, seixos ou grandes blocos dispersos em solo quartzoso, às vezes em estrutura botrioidal. Menos frequentes são os blocos eluviais de minério compacto, formados também por enriquecimento supérgeno, e que estão incluídos no minério lenticular macio. Há locais em que a expressão do minério lenticular em superfície acha-se camuflada por uma crosta de minério compacto, que o recobre com espessuras variáveis, mas de poucos metros.

Macroscopicamente o minério compacto é facilmente distinguido dos outros tipos tanto pelo maior peso quanto pelo fraturamento concoidal proeminente que lhe é peculiar. Seu traço é cinza escuro e a densidade igual a 4,28.

Microscopicamente, examinando-se em seção polida, nota-se que o minério, aparentemente constituído de massa microcristalina e homogênea, está na realidade recortado de veios microscópicos de quartzo.

O conteúdo de manganês do minério compacto varia de 45 a 53,4%; óxido de bário está em porcentagens de 3,0 a 5,88%; o teor de sílica varia de 0,70 a 6,22%, o de ferro de 0,51 a 1,02 e o de fósforo oscila entre 0,01 e 0,09%.

Tab. 9 p. 31

Depósito laterítico. Corresponde a rochas formadas pela concentração de manganês proveniente de soluções descendentes, comumente encontradas em regiões de clima tropical. Teoricamente são formados por um processo de laterização semelhante ao mesmo que origina lateritos ricos em ferro, sendo que no caso em apreço é precipitado manganês sob a forma de Mn^{4+} , após ter sido solubilizado como Mn^{2+} . Simultaneamente deve haver remoção de sílica, juntamente com outros elementos e separação do ferro, alumina e manganês. Levando-se em conta a tendência que o manganês possui de fixar-se nas imediações dos afloramentos em que ocorre, qualquer rocha manganesífera pode fornecer manganês para este tipo de depósito. No caso da mina Pedra Preta, porém, acredita-se que a maior contribuição em manganês, proveio do minério lenticular. A quantidade de manganês oriunda de granada-xistos decompostos deve ter sido incomparavelmente menor do que aquela proveniente das lentes de minério. Esta afirmação está baseada no fato de que, apesar da extensão em que os granada-xistos afloram, os depósitos lateríticos estão restritos às zonas vizinhas dos depósitos lenticulares (Fotomicro. 1).

Durante a precipitação do manganês para formar os lateritos, foram também englobados seixos de quartzo e de minério compacto rolado, formando-se assim um agregado semelhante à canga. Neste caso a cimentação é principalmente de óxidos de manganês ao invés de óxidos de ferro, como acontece nas cangas de ferro.

2. Depósito de minério compacto e pesado com fratura concoidal

m comutador

TABELA 6
Diagramas de pó de pirolusita. Radiações Fek α , filtro Mn.

Nauta ASTM		Serra do Navio Valarelli ⁶¹		Mina Pedra Preta	
d(A°)	I/I°	d(A°)	I/I°	d(A°)	I/I°
				(4,68)	1
				(4,23)	1
				(4,14)	1
3,48	10			(3,69)	1
-	-	3,43	6	3,42	5
-	-	3,33	0,5	3,33	3
-	-	3,21	0,5	-	-
3,14	10	3,11	10	3,10	10
-	-	2,66	1	2,64	2
-	-	-	-	-	-
2,41	50	2,41	3	2,40	9
-	-	2,33	1	-	-
2,21	10	2,20	2	2,19	2
-	-	-	-	-	-
2,13	25	2,11	3	2,10	6
1,98	15	1,968	3	1,967	4
1,81	5	1,784	1	1,783	1
-	-	1,714	2	-	-
1,68	1	1,662	1	-	-
1,63	50	1,623	6	1,622	8
-	-	1,599	2	-	-
-	-	1,575	2	-	-
1,56	25	1,556	6	1,556	4
-	-	1,532	1	1,539	1
-	-	1,461	0,5	-	-
1,43	15	1,445	0,5	1,435	4
1,40	15	1,393	3	1,392	3
-	-	1,367	2	-	-
1,31	20	1,307	2	1,304	6
-	-	1,278	2	-	-
1,25	5	-	-	-	-
1,20	5	-	-	1,201	2
1,16	5	-	-	1,160	1
1,125	5	1,123	1	1,122	1
1,10	5	-	-	1,099	1
1,057	15	1,055	2	1,056	4
1,04	10	1,038	2	1,035	3
1,0	10	-	-	0,999	3
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

(4,68) etc. - Reflexões não identificadas.
ASTM - Fichário de diagramas de pó.

Os depósitos de granzon, originados também sob condições de laterização, raramente ocorrem na mina Pedra Preta, pois ali a topografia, solo areno-quartzoso, vegetação pobre e circulação rápida de água criaram ambiente desfavorável a sua formação.

Os depósitos de laterito da mina Pedra Preta, tal como acontece com os similares em outras regiões do mundo, raramente são economicamente aproveitáveis. Podem ser misturados com minério de alto teor em mangas e baixo em sílica, quando possuem porcentagens de sílica ao redor do teor crítico.

Com autógrafo?

TABELA 7

Análises químicas de minérios da mina Pedra Preta
Porcentagens em peso

Local	Natureza do minério	Profundidade em metros	Mn%	MnO%	MnO ₂ %	SiO ₂ %	BaO%	Fe%	P%
Poço 12	Lenticular	2,00-3,20	49,12	64,41	71,76	1,15	6,09	1,02	0,120
Poço 13	Lenticular c/quartzo	3,00-5,30	47,09	60,79	69,09	4,47	4,81	1,54	0,091
Poço 15	Lenticular macio e compacto	0,50-2,15	48,18	62,20	69,75	2,95	4,48	1,54	0,039
Poço 15	"	2,15-3,80	47,55	61,38	69,54	1,30	9,20	1,37	0,052
Poço 16	Lenticular macio	0,80-2,60	45,83	59,16	65,76	5,86	6,95	0,85	0,092
Poço 16	"	2,60-4,40	50,68	65,42	71,98	2,65	3,39	1,02	0,113
Poço 18	Lenticular	1,20-4,00	48,02	61,99	71,09	1,88	4,64	1,71	0,072
Poço 19	Lenticular	1,80-4,90	48,96	63,20	68,43	2,66	6,74	2,39	0,064
Frentes de Trabalho	Lenticular Lote de 30t	.....	48,63		73,26	0,86	0,70	1,03	0,117
"	"	.....	49,93			1,00	6,17	1,17	0,115
"	"	.....	50,25			0,75	6,53	2,06	0,079
"	"	.....	50,41			1,25	5,91	1,90	0,095
"	"	.....	50,25			1,25	6,20	1,71	0,126
"	"	.....	49,28			1,70	6,30	1,71	0,114
"	"	.....	49,44			1,60	6,04	2,57	0,115
"	"	.....	49,77			1,15	6,27	2,06	0,113
"	"	.....	49,77			1,10	5,94	2,06	0,112
"	"	.....	50,90			1,25	5,58	1,37	0,062
"	"	.....	50,58		69,69	1,45	5,91	2,40	0,107
"	"	.....	50,25		70,77	0,85	6,52	2,06	0,117
"	"	.....	50,08		71,74	0,68	6,38	2,22	0,098
"	"	.....	50,33		73,04	0,85	6,66	1,37	0,102
"	"	.....	50,49		71,09	0,73	6,52	1,37	0,098
"	"	.....	51,23		72,39	1,40	5,95	1,54	0,091
"	"	.....	50,41		72,17	0,99	6,15	2,05	0,103
"	Lenticular Lote com 200 t	.....	51,39			2,01	-	1,03	0,050
"	"	.....	50,90			2,34	-	1,03	0,059
"	"	.....	49,23			1,19	-	1,37	-
"	"	.....	48,63			1,16	-	1,88	-

Comentário ?

TABELA 8

Análises químicas dos minérios da mina Pedra Preta
Porcentagens médias em peso
Minério lenticular

Amostras	Mn%	MnO%	MnO ₂ %	SiO ₂ %	BaO%	Fe%	P%
Média de 8 poços em minério macio	48,49	62,25	69,56	2,91	5,73	1,55	0,078
Média de 17 lotes com 30 t cada Minério macio	50,11	-	-	1,11	5,83	1,62	0,104
Média de 4 lotes com 200 t cada Minério macio	50,05	-	-	1,67	-	1,33	0,054

?

Comentário?

TABELA 9

Análises químicas de minério compacto da mina Pedra Preta
Porcentagens em peso

Amostras *	Mn%	MnO ₂ %	SiO ₂ %	BaO%	Fe%	P%
1	51,55	76,72	0,48	3,50	0,51	0,043
2	51,55	78,77	0,77	5,79	0,68	0,026
3	53,47	76,81	0,70	3,58	0,68	0,045
4	52,21	75,73	1,33	5,88	0,85	0,099
5	53,03	76,38	0,81	4,53	1,02	0,040
6	53,43	78,15	0,90	4,07	0,68	0,031
7	53,09	77,94	0,85	2,95	0,70	0,060
8	52,05	77,50	0,80	3,71	0,85	0,047
Teor médio	52,54	77,35	0,83	4,25	0,74	0,049

*Amostragem em lotes de minério com 200 toneladas cada um.
Analista: Fernando Peixoto, químico da Icominas S.A.

Reserva de minério

Com as pesquisas realizadas em janeiro e fevereiro de 1964 foi possível avaliar as reservas em 120.000 toneladas, distribuídas em várias categorias de minério, conforme expressas na tabela 10.

TABELA 10
Reserva de minério da mina Pedra Preta

Local	Área	Espessura média	Volume	Produção t/m ³	Reserva em toneladas
Eluvial e rolado com forme mapa da Fig. 2	12.880m ²	1,20m	15.450m ³	1,5	23.000
Eluvial na área do minério lenticular	12.160m ²	0,50m	6.000m ³	1,5	9.000
Rolado nas encostas Córrego Sêco, etc.	10.000m ²	0,75m	7.500m ³	1,3	10.000
Total					42.000
Local	Extensão	Espessura média	Profundidade	Volume	Reserva em toneladas
Lenticular conforme mapa da fig. 2	255m	8m	15m	30.600m ³	48.000

Minério provado 90.000 toneladas
Minério possível 30.000 toneladas
Total,....., 120.000 toneladas

Após os estudos realizados durante junho e julho de 1966 e em janeiro e fevereiro de 1967, tomando-se em conta os dados das novas frentes de trabalho, as reservas foram atualizadas. O progresso da mineração nos corpos de minério já antes explorados, trouxe também novos elementos para o cálculo da tonelagem de minério, atualmente distribuída como consta da tabela 11.

TABELA 11
Reserva de minério da mina Pedra Preta

Local Fig. 2	Extensão	Profundi- dade	Espessura média	Volume	Reserva em toneladas
Minério len- ticular con- tido entre F-3 e F-7	280m	Variável de 5m em F-1 a 40m em F-7	5,0m	26.000m ³	39.000
Minério len- ticular con- tido entre F-9 e poço 23	60m	15m*	2,5m	2.250m ³	3.500
Minério len- ticular e sa- pérgeno con- tido entre F-1 e F-2	30m	15m	3,5m	1.575m ³	2.350
Minério pos- sível entre F-1 e F-4	140m	15m	5,0m	10.500m ³	15.750
TOTAL					60.600

*Refere-se à largura

Minério provado - 45.000 toneladas

Minério possível - 15.600 toneladas

Total 60.600 toneladas

Em todos os cálculos de reserva de minério lenticular considerou-se a densidade como igual a 1,5.

O minério possível foi calculado em função de uma profundidade 15 me-
tros abaixo do limite inferior do minério provado, considerando-se somente
o minério localizado acima do nível freático.

Gênese dos depósitos de manganês

As lentes-camadas de protominérios metamórficos da jazida Pedra Preta se originaram como parte da deposição de rochas sedimentares arenosas e argilosas. Na seqüência sedimentar que posteriormente foi metamorfizada, havia camadas ricas em manganês.

O grande problema que se tem a resolver no estudo de jazidas metamórficas de manganês quer sejam do tipo gondítico, carbonático, ou provenientes de óxidos primários, consiste no esclarecimento de suas origens como singenéticas ou epigenéticas. Antes que se discuta esta questão, que embora muito controvertida é de crucial importância tanto na gênese dos depósitos de manganês quanto nos seus aspectos econômicos, algumas observações e fundamentos devem ser assentados:

1 - As lentes com minério de manganês estão estratigraficamente bem definidas nos seus contatos com os metassedimentos nos quais se encontram encaixadas.

2 - Os corpos lenticulares com deposição de manganês, são concorrentes com os sericita-xistos e granada-xistos encaixantes, notando-se em todo o pacote de metassedimentos persistência nas direções e mergulhos. Nas zonas com dobramentos, as faixas mineralizadas acompanham as dobras dos xistos. Quando há falhas, o minério lenticular também se acomoda aos falhamentos das rochas encaixantes.

3 - Nas proximidades da mina Pedra Preta há outras jazidas em que se pode observar a associação do minério lenticular com horizontes de quartzito. Trata-se de quartzitos micáceos em contato nítido com o minério, intercalados concordantemente na seqüência metassedimentar.

4 - Localmente as lentes com minério de manganês passam gradualmente a xistos manganésíferos que exibem bandeamento nítido. Nestes xistos manganésíferos lá às vezes preservação de moldes, que correspondem a antigos cristais de granada, agora completamente decompostos.

5 - Na área da mina Pedra Preta não foram encontradas ocorrências de rochas carbonáticas. Ao sul da mina, no morro do Egeu, aflora dolomito, numa lente com pequena espessura e intercalada em sericita-xisto. Tal ocorrência não constitui protominério.

6 - Não foram localizados afloramentos de gondito em área alguma do distrito manganésífero de Urandi.

7 - Não há evidência alguma de reações de contato entre os corpos lenticulares com minério de manganês e os xistos adjacentes, o que afasta a possibilidade de ter havido influência ígnea, hidrotermal ou mesmo pneumatolítica. Os possíveis veios de barita que cortam as lentes de minério, devem representar uma fase posterior à da formação dos depósitos de manganês.

8 - O minério lenticular é predominantemente macio, friável, poroso e mole, comparável ao descrito como do tipo "wad", que, segundo Park,³⁸ "é comum em depósitos residuais bem como em material estratificado de idade recente, mas não parece ter sido encontrado como um produto de substituição hipógena".

9 - Jazidas semelhantes à de Pedra Preta têm sido descritas em outras regiões da terra, onde são tidas como metamórficas. A título de exemplos podem ser citados os depósitos de Andhra Pradesh, Rao⁴² e os de Madhya Pradesh, Roy e Purkait⁵⁰ na Índia. Park³⁸, num trabalho sobre a origem do manganês, usa a classificação "Depósitos Metamórficos", citando vários exemplos de jazidas formadas por metamorfismo. No Brasil, as jazidas de Minas Gerais e a do Amapá são originadas de protominérios formados por metamorfismo, (Nagell e Silva³⁶, Castro⁵, Dorr, Coelho e Horen⁹, Reeves⁴³).

Considerando-se os pontos abordados nos itens acima, chega-se à conclusão de que as associações litológicas observadas nos trabalhos de geologia de campo, as estruturas observadas no minério, bem como o próprio tipo de minério, indicam definitivamente que os depósitos de manganês da mina Pedra Preta resultaram da ação do metamorfismo sobre sedimentos primários.

Após os comentários sobre a origem metamórfica do minério de manganês da mina em estudo, poder-se-ia tomar o assunto como encerrado. Entretanto preferimos ir um pouco adiante, tecendo considerações sobre o problema da origem singenética-epigenética. Claro que a interpretação deste assunto envolve questões complexas, que por isto mesmo estão sujeitas a várias conclusões, das quais não nos podemos furtar.

Além dos argumentos a favor da origem metamórfica, já considerados, deve-se ainda esclarecer o seguinte:

1 - Park³⁸ menciona que muitos dos depósitos sedimentares se formaram provavelmente por precipitação direta dos óxidos de manganês. Cita os exemplos das minas de Cuba, México, Chile e Nevada, onde não há evidências da presença de carbonato, concluindo que foram formados diretamente como óxidos.

2 - Hewett²³ cita exemplos de depósitos estratificados de manganês com deposição original de óxidos de manganês. Dá o exemplo de Chiatura, jazida do Sul da Rússia, onde a pirolusita, que representa o mineral mais abundante, parece ter sido depositada primariamente.

3 - Varentsov⁶³ descreve vários depósitos sedimentares da Rússia nos quais houve deposição primária de óxidos de manganês.

4 - Hariya²² comprova a existência de óxidos de manganês nos depósitos sedimentares de Hokkaido.

5 - O diagrama Eh-pH, com os campos de estabilidade dos minerais comuns de manganês, mostra a possibilidade de precipitação de óxidos de man

TABELA 12

Paragênese dos minerais de manganês

Mina Pedra Preta

Minerais	Período de mineralização	
	Minerais metamórficos	Minerais supérgenos
Óxidos de Mn do grupo alfa MnO_2	—————	-----
Mangano-magnetita	-----	
Criptomelana	-----	—————
Pirolusita		—————

----- Possível

MINA BARREIRO DOS CAMPOS

Localização

A mina Barreiro dos Campos situa-se 7 km a sudoeste de Urandi e aproximadamente 500 metros a sudeste do marco quilométrico 816 da Estrada de Ferro Leste da Bahia, que é o ponto de amarração da área de pesquisa. Está em terras do município de Urandi, próximo às estradas de ferro e de rodagem que ligam Urandi a Espinosa.

O relevo da região onde se encontra a jazida é acidentado, apresentando altitudes variáveis entre 600 e 900 metros. As partes mais altas do terreno correspondem a rochas gnáissicas, que por terem resistido mais à erosão, salientam-se na topografia, embora não formem escarpas de forte declividade.

O minério de manganês tem forma lenticular e localiza-se em área onde as altitudes estão compreendidas entre 720 e 750 metros.

Geologia

A faixa de rochas metamórficas que se estende aproximadamente por 70 km de extensão, desde Urandi até Brejinho das Ametistas, e que contém afloramentos esparsos de rochas manganíferas, está limitada ao sul pela jazida de Barreiro dos Campos. De Urandi para o norte são mais frequentes os afloramentos de xistos e quartzitos, enquanto para o sul são muito mais comuns as exposições de rochas gnáissicas.

Na área de pesquisa da mina, afloram gnaisses fitados, gnaisses graníticos, xistos, quartzitos, anfíbolito, protominério carbonático e diversos tipos de minério de manganês.

As atitudes dos xistos em contato com os gnaisses evidenciam xistosidade nordeste mergulhando para noroeste. Esta inversão local do rumo do mergulho provavelmente corresponde a rochas dobradas.

As lentes de minério de manganês estão encaixadas nos xistos e anfíbolitos que afloram na faixa afetada por dobramento. Veios de quartzo com grandes cristais de granada, que atingem 7 centímetros de diâmetro, cortam o pacote de metassedimentos. Os xistos, quartzito, anfíbolito e protominério da seqüência de metassedimentos estão encaixados concordantemente em gnaisses com xistosidade norte-nordeste e mergulho entre vertical e 50 graus para sudeste (Foto 8 e 9).

O Protominério

Jazidas estratificadas de manganês associadas a sedimentos calcá-

rios têm sido descritas em várias regiões do mundo. Hewett em trabalho recente menciona exemplos conforme tabela 13.

TABELA 13

Principais depósitos estratificados de manganês do
Paleozóico segundo Hewett²³

Período	País	Distrito	Litologia principal	Mineralogia
Permiano Carbonífero	Rússia Marrocos	Ulu-Telyak Glig-en-Nam	Marga Tufos, folhelhos dolomito	Carbonato, óxidos Braunita, óxidos
Carbonífero	Rússia	Kara-Tyube	Folhelhos calcíferos, tufos	Hausmannita, silicatos, carbonatos
Carbonífero	Rússia	Beloginsk	Sedimentar, vulcânica	Carbonatos
Carbonífero	França	Hautse-Pyrenees	Carbonato, chert	Óxidos, carbonato
Carbonífero	Rússia	Karadzhai	Arenitos, carbonato, jaspe, tufos	Óxidos, Carbonato de ferro, sulfetos
Devoniano	Rússia	Dzhezdy-Marganets	Conglomerado, arcócio, arenito	Óxidos, Pb, Cu
Devoniano	Rússia	Akkermanovsk	Jaspe, sedimentos vulcânicos	Óxidos
Devoniano Siluriano	Rússia Estados Unidos	Uspensk Maine	Folhelhos, tufos Grauvaca, filito	Carbonatos Óxidos, carbonatos
Siluriano	Israel	Timna	cinza vulcânica Folhelho, arenito dolomito	Óxido, barita
Siluriano Cambriano	Brasil Rússia	Urucum Usinsk	Quartzito Carbonato, arenito, lavas basálticas	Óxidos Carbonatos
Cambriano	Rússia	Mazul	Silicosas, folhelhos, vulcânicas	Carbonatos

Depósitos metamórficos de manganês com protominério carbonático também já foram descritos em Ghana (Service⁵⁴) e na Rússia (Roy⁵⁰).

No Brasil há os exemplos da Serra do Navio, no Amapá e no morro da Mina em Lafayette, onde o protominério é do tipo carbonático (Nagell e Silva³⁶, Roy⁴⁹, Scarpelli⁵³).

Na mina Barreiro dos Campos o protominério poderia ser classificado como do tipo sílico-carbonático, ou gondítico, desde que se atentasse somente para a composição mineralógica do minério, uma vez que nas lentes carbonáticas ocorrem massas de rodonita e granada. Entretanto, levando-se em conta que o carbonato é formado em ambiente redutor e que não foram encontrados óxidos de número baixo de oxidação, deve-se concluir que o protominério não é do tipo gondítico.

Os gonditos compõem-se essencialmente de silicatos de manganês, quartzo, espessartita e óxidos de manganês de alto grau de metamorfismo e número baixo de oxidação, tais como manganita, jacobsita e hausmannita.

Nos gonditos da Índia, os minerais de manganês estão presentes como óxidos e silicatos que não coexistem com carbonatos primários de manganês (Roy⁵⁰).

Se os sedimentos primários da mina Barreiro dos Campos contivessem óxidos de manganês do tipo alfa MnO_2 , durante o metamorfismo que recrystalizou o carbonato manganífero, originando verdadeiras lentes de mármore, haveria também a formação de óxidos com número baixo de oxidação e de alta temperatura, correspondente a fácies anfibolítica (Turner e Verhoogen⁵⁹).

O protominério carbonático está encaixado concordantemente entre camadas lenticulares de anfibolito e xistos decompostos.

Dois são os afloramentos que estão expostos na área pesquisada, sendo que num deles a espessura é de 5 metros. Os dois afloramentos correspondem a duas lentes alternadas entre xistos e anfibolitos, onde se dispõem sub-paralelamente. Suas direções de xistosidade são nordeste, com mergulho para noroeste.

Macroscopicamente o protominério carbonático mostra estrutura granoblástica homogênea; sua cor é cinza escura e a densidade média igual a 3,0. Nas partes mais expostas ao intemperismo comumente se apresenta com crostas centimétricas de óxido de manganês amorfo, de coloração cinza chumbo.

Ao microscópio, quando examinado em lâmina delgada, o protominério revela textura granoblástica homogênea e granulação fina. Os cristais de carbonato são incolores, levemente embaciados e de dimensão média de 0,45 mm. Os cristais maiores atingem 1 mm de diâmetro. Evidenciam cli-

vagem romboédrica proeminente. São comuns os cristais com geminação lamelar, e alguns deles mostram geminação lamelar em ângulo reto.

Os espaços intersticiais dos cristais de carbonato estão preenchidos com óxido de manganês. Trata-se de óxido de manganês que por ser amorfo não foi identificado ao raio-X, (Fotomicr. 2 e 3).

Há afloramentos onde no contato com o protominério carbonático ocorrem agregados aciculares de anfibólio, com até 2 centímetros de comprimento.

O protominério carbonático parece estar constituído de mineral estruturalmente semelhante à dolomita, segundo os resultados do exame por difração de raios-X, utilizando-se o método do pó. Por outro lado, o índice de refração $n_D = 1,697$, bem como os dados de análise térmica diferencial, não correspondem à dolomita. As curvas obtidas pela análise térmica diferencial diferem completamente das de calcita, dolomita, rodocrosita e ankerita. Assemelham-se muito às curvas do mineral kutnahorita, pois ambas podem ser caracterizadas por dois picos endotérmicos e um exotérmico, registrados em temperaturas entre 700 e 900°C, (Fig. 6). Entretanto, os resultados das análises químicas do protominério de Barreiro dos Campos não são equivalentes aos obtidos com as kutnahoritas descritas por Frondel e Bauer¹³. Comparando-se os resultados das análises químicas percebe-se que há grande diferença entre as porcentagens de MgO, variáveis de 2,21 a 6,88 nas kutnahoritas e de 10,50 a 12,70 no protominério de Barreiro dos Campos. As porcentagens de ferro são também discrepantes. Assim sendo, julga-se conveniente classificar este carbonato como manganó-dolomita, em cuja composição o magnésio pode ser substituído por manganês e ferro.

Na zona superficial da jazida, onde predominam os óxidos de manganês de enriquecimento supérgeno, ocorrem manchas de protominério carbonático com núcleos de rodonita, sendo que ambos se acham parcialmente substituídos por minerais secundários de manganês.

Veios de quartzo com grandes cristais de granada cortam os xistos e as lentes de protominério carbonático. Nestes veios de quartzo leitoso, os cristais de espessartita, com até 7 centímetros de diâmetro, exibem auréolas de alteração em óxido de manganês, (Fotomicr. 4).

A rodonita forma cristais com dimensões variáveis de 0,5 a 5 cm. Brilho vítreo, cor rosa, apresentando dois planos de clivagem proeminentes a $92^\circ: (110)$ e $(\bar{1}\bar{1}0)$. Pêso específico é 3,73. Apresenta inclusões de barita. É biaxial + e possui $2V_z = 66^\circ \pm 2$, conforme medida na platina universal de Federow. Birrefringência média.

Nos planos de clivagem e nas bordas, os cristais de rodonita estão alterados em óxidos de manganês. Estes óxidos contêm material amorfo,

p 41

Fig. 6 - Curvas de análise térmica diferencial (ATD) de alguns carbonatos.

* Segundo Frondel e Bayer 13.

**Segundo Kulp et al. 28.

TABELA 14

Análises químicas do protominério da mina Barreiro dos Campos
Porcentagens em peso

	Amostral	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
Mn ₂ O ₃	31,85	26,10	18,37	18,35
Fe ₂ O ₃	1,61	0,93	1,15	0,68
SiO ₂	1,00	2,38	4,93	2,34
Al ₂ O ₃	0,66	0,69	0,60	0,48
TiO ₂	0,04	0,05	0,04	0,06
P ₂ O ₅	0,017	0,011	0,015	0,007
CaO	19,54	25,99	26,99	26,99
MgO	11,02	10,49	11,98	12,70
MoO	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
NiO	0,14	0,10	0,07	0,05
ZrO ₂	0,07	0,06	0,06	0,06
V ₂ O ₅	0,08	0,08	0,07	0,06
CoO	0,017	0,014	0,010	0,010
H ₂ O+CO ₂	33,93	33,02	35,46	38,18
Total	99,96	99,91	99,94	99,96

n.e. Não encontrado

Analista: Fernando Peixoto, químico da Icominas S.A.

parcialmente mal cristalizado como óxido do tipo alfa MnO_2 , provavelmente correspondente à hollandita (Fotomicr. 5).

A espessartita forma cristais euhédricos, com dimensões variáveis entre 0,5 a 7 cm, de hábito rombododecaédrico e icositetraédrico, nos quais podem ser observadas faces estriadas e geminações. A cor é castanha, escurecida na superfície das faces por alteração e impregnação de óxidos de manganês. Nas fraturas e quando lavados com HCl, os fragmentos tornam-se róseos. Densidade = $4,11 \pm 0,01$. Índice de refração: $n=1,782 \pm 0,003$. Parâmetro unitário: $a_0 = 11,686 \pm 0,003 \text{ \AA}$ obtido pela média ponderada dos valores fornecidos pelas raia do diagrama de pó.

Os gráficos de Sriramadas⁵⁶ e Winchell⁶⁶, de acordo com os dados obtidos pelo exame da espessartita, fornecem a seguinte proporção molecular:

68 - 73% de espessartita
26 - 30% de grossularita
0 - 1% de andradita

Da alteração, um tanto incipiente dos cristais de espessartita, redundaram óxidos amorfos de manganês e em parte material mal cristalizado, cuja identificação permite apenas a hipótese de se tratar de pirolusita ou ramsdelita. Os cristais de espessartita estão sempre intensamente entrecortados por veios de quartzo.

O Minério

O minério dos depósitos de manganês da mina Barreiro dos Campos pode ser classificado nas seguintes categorias:

1 - Depósito lenticular (Residual c/enriquecimento supérgeno)	Minério macio Macio com pseudomorfos de carbonato Minério compacto com rodonita Pulverulento
2 - Depósito de enriquecimento supérgeno	Minério botrioidal Rolado (geralmente escoriáceo)

Minério lenticular. Na lente principal este tipo de minério está encaixado concordantemente em anfíbolitos e xistos com xistosidade entre N 40-70 E e mergulho de 45 NO.

Em uma trincheira situada 90 metros a nordeste da lente principal, aflora outra lente com minério de manganês, em contato com xistos decompostos de xistosidade N 15 O, mergulhando 65 SO.

TABELA 15

Diagramas de pó. Radiações CuK α , segundo Ribeiro Filho e Valarelli⁴⁵

Rodonita		Hollandita		Espessartita		MnO ₂	
d(A)	I	d(A)	I	d(A)	I	d(A)	I
4,76	4	7,26	3	2,92	8	4,78	2d
3,12	9	5,36	0,5	2,61	10	4,23	2d
3,06	3	3,57	1	2,38	5	3,58	1
2,96	10	3,24	3	2,29	4	3,46	1
2,90	2	3,10	5	2,13	4	3,33	7
2,76	6	2,98	0,5	1,68	5	3,15	0,5
2,50	4	2,76	0,5	1,62	6	(2,91)	(3)
2,22	5	2,70	0,5	1,59	7	(2,78)	(1)
2,17	7	1,68	0,5	1,56	8	2,72	1
1,69	5	1,59	0,5	1,27	4	(2,61)	(10)
1,66	5	1,55	0,5	1,09	4	2,45	0,5
1,47	2	1,44	0,5	0,95	4	(2,37)	5
1,43	8	1,28	0,5	0,87	4	(2,28)	4

(2,91) etc. - Reflexões de espessartita misturada com a amostra de MnO₂.

Mesmo macroscopicamente podem-se reconhecer os quatro diferentes tipos de minério lenticular. O minério macio é friável, mole, poroso e leve. Seu traço é preto, dureza ao redor de 2 e peso específico ao redor de 1,2. O minério lenticular com pseudomorfos de carbonato é granular, poroso e de desagregação não tão fácil quanto a do minério macio, do qual também se distingue por ser mais pesado. Seu peso específico é 2,5.

O minério com rodonita é constituído de óxidos de manganês nos quais ainda podem ser vistos núcleos róseos contendo cristais de rodonita e manchas de protominério carbonático. Em alguns agregados formados de rodonita microcristalina, o material de coloração rósea grada heterogeneamente a minerais esverdeados, que pelos dados do exame ao raio-X, bem como pelas características óticas, podem ser identificados como pertencentes a série diopsídio-hedenbergita. (Foto 10).

Em seção polida, quando examinado ao microscópio, o minério macio exibe massa homogênea e microcristalina. O minério macio com pseudomorfos de mangano-dolomita é constituído de agregados cristalinos de óxidos de manganês do grupo alfa MnO_2 . Há cristais límpidos com refletividade forte, semelhante à da criptomelana maciça, mesclados e imbricados com cristais também de óxidos de manganês, de aspecto embaciado. Estes últimos, examinados ao raio-X, foram identificados como todorokita. Nota-se uma textura de repetidas solubilizações e substituições, resultante da decomposição e lixiviação do protominério carbonático, que foi substituído por óxidos de manganês. No processo de substituição foram preservados pseudomorfos do carbonato, nos quais ainda são observados os planos de clivagem romboédrica. (Fotomicro. 6).

A transformação e enriquecimento do protominério se deu inicialmente nos planos de clivagem, bem como nas bordas dos cristais, progredindo para o centro com o desenvolvimento do processo. Os óxidos de manganês formados secundariamente se distribuem ao longo das direções cristalográficas ou preenchem os espaços intersticiais da rocha carbonática, como produto da concentração de manganês que se efetivou por solubilizações, redeposições e substituições sucessivas.

Minério de enriquecimento supérgeno. O minério deste tipo se formou predominantemente à superfície do terreno. Com esta origem foram formados blocos de minério de manganês de estrutura botrioidal, que se distribuem nas imediações do minério lenticular. O minério rolado geralmente é compacto, possuindo às vezes bandas de minério compacto rodeadas por material com aspecto escoriáceo.

Nesta mina, tal como sucedeu em Pedra Preta, não houve condições favoráveis à formação de minério do tipo granzon, gerado somente por lateirização.

No minério da mina Barreiro dos Campos os teores de Mn variam de 48,00 a 52,20%, os de BaO entre 0,060 a 0,130%, os de SiO_2 entre 0,25 e 4,61%, os de Fe entre 1,02 e 5,65% e os de P entre 0,008 e 0,119%.

TABELA 16

Diagramas de pó de Todorokita, Radiações FeK α , filtro Mn.

hkl	ASTM 13-164		Mina Barreiro dos Campos			
	Fron del et al. ¹⁵		Amostra 1		Amostra 2	
	d(A°)	I/I°	d(A°)	I/I°	d(A°)	I/I°
001	9,68	100	9,63	10	9,59	10
N.I.	7,15	2	6,96	4	6,98	6
002	4,80	80	4,85	8	4,81	5
N.I.	4,45	5	4,46	1	-	-
003	3,22	15	3,19	1	-	-
210,012	2,46	20	-	-	2,45	2
004,211	2,39	40	2,39	6	2,39	6
401,104	2,34	15	-	-	2,34	1
212	2,22	20	2,21	3	2,22	3
402,204	2,15	5	2,15	3	2,15	3
312,213	1,98	20	1,97	1	2,00	1
005	1,92	5	1,89	1	-	-
412	1,75	10	1,75	1	-	-
602	1,54	5	-	-	1,54	2
020	1,42	30	1,42	1	1,42	1
-	1,39	10	1,38	1	1,40	1
-	1,33	50	-	-	-	-

N.I. Não indiciado.

ASTM - fichário de diagramas de pó.

TABELA 17

Análises químicas de minério da mina Barreiro dos Campos
Porcentagens em peso

Amostras *	Mn%	MNO ₂ %	SiO ₂ %	BaO%	Fe%	P%
1	48,78	68,49	0,71	n.e.	2,74	0,028
2	50,28	69,57	0,43	n.e.	2,05	0,033
3	49,76	68,92	0,25	n.e.	2,05	0,032
4	49,92	68,98	0,98	n.e.	3,25	0,042
5	47,64	69,26	2,63	n.e.	1,71	0,008
6	52,21	77,46	1,19	n.e.	1,02	0,042
7	50,57	70,56	1,50	0,06	5,65	0,028
8	49,27	68,18	2,35	0,15	2,57	0,031
9	48,94	68,61	2,25	0,16	2,91	0,045
10	48,75	70,75	2,35	0,098	1,37	0,023
Teor médio	49,61	70,17	1,46	0,046	2,53	0,031

*Amostragem em lotes de minério com 30 toneladas cada um.
Analista: Fernando Peixoto, químico da Icominas S.A.
n.e. - não encontrado.

Prospecção e reserva de minério

Os trabalhos de prospecção na mina Barreiro dos Campos foram iniciados em junho-julho de 1966. Foi feito o levantamento plano-altimétrico com teodolito e à prancheta, utilizando-se a escala de 1:1.000 e equidistância de 2 metros. Obteve-se assim o mapa que serviu de base para os trabalhos geológicos e locação do poço e trincheiras. ~~Fig. 3~~

O minério desta jazida, anteriormente aos nossos estudos, havia sido encontrado à superfície como material rolado, e também no poço e trincheira T-1 abertos durante os trabalhos de reconhecimento da área. O único poço aberto atingiu 15 metros de profundidade, dos quais 10 metros foram perfurados em minério lenticular de alto teor. Os restantes 5 metros continham carbonato e rodonita oxidados, constituindo protominério com teor de Mn=23,00%, SiO₂=20,49%, Fe= 7,37%, BaO = 0,62% e P = 0,050%.

A trincheira T-1 foi aberta com 60 metros de extensão, dos quais 30 metros atingiram minério de manganês associado a rochas encaixantes.

Para obter-se melhor conhecimento da jazida foram realizados trabalhos adicionais, que consistiram na abertura de mais 4 trincheiras. Duas delas atravessaram minério lenticular (T-2 e T-4), uma cortou o protominério carbonático (T-5) e a outra atingiu somente gnaisses e xisto decomposto (T-3).

Para o cálculo da reserva do minério foram considerados os seguintes pontos:

1 - O minério lenticular na frente de trabalho se apresenta com 5 metros de espessura, aflora em T-2, e no poço foi encontrado até 10 metros de profundidade.

2 - A frente de trabalho em minério lenticular está na cota 740 e o protominério em T-5 aflora a 720 metros de altitude.

3 - Densidade média do minério = 2,00.

Gênese do depósito de manganês

O depósito de manganês de Barreiro dos Campos é epigenético, gerado a partir de protominério carbonático formado por metamorfismo sobre sedimentos primários.

A concordância das lentes de minério com as rochas encaixantes, a associação de depósitos com quartzitos, a presença de anfibolito bandeado, os afloramentos de gnaisses proeminentemente fitado contido na mesma sequência do minério lenticular, bem como o conjunto dos minerais existentes confirmam a origem metamórfica.

Sedimentos ricos em carbonatos deram origem ao protominério que se encontra em contato com anfibolito, oriundo de calcário sedimentar impuro. Os quartzitos, xistos e gnaisses associados provieram de rochas sedimentares areno-argilosas.

Os minerais de manganês identificados nesta mina levam à conclusão de que não houve deposição primária de óxidos de manganês de alto número de oxidação.

O minério de manganês da mina Barreiro dos Campos se originou essencialmente da meteorização de protominério carbonático. Pela ação conjunta do intemperismo e enriquecimento supérgeno, o protominério carbonático que continha teores de manganês entre 13 e 23% passou a constituir minério com até 51% de Mn.

O processo de intemperismo que agiu ativamente sobre o protominério, foi intensificado pela própria natureza da rocha carbonática com manganês; pela decomposição das rochas adjacentes, pelo clima tropical e pelo relevo do terreno. As altitudes elevadas, com declives suaves, permitiram circulação regular de água vadosa.

TABELA 18
Reserva do minério lenticular da mina Barreiro dos Campos

Local	Categoria	Extensão	Profundi- dade mé- dia	Espessu- ra mé- dia	Volume	Reserva em tonelada
Minério lenticular (Frente de traba- lho)	Provado	60m	15m	5m	4,500m ³	9,000
Minério lenticular (Aflorante em T-4)	Possível	30m	-	-	-	3,000
TOTAL						12,000

As ocorrências de rodonita e espessartita, associadas sempre a veios de quartzo, não contribuíram eficientemente para a formação do minério. Estes veios de quartzo, que cortam o protominério carbonático e rochas associadas, contêm grandes cristais de espessartita e de rodonita parcialmente oxidados. São de uma fase de mineralização posterior à da formação do protominério carbonático e se originaram pela remobilização de manganês da mangano-dolomita, por soluções hidrotermais.

Odman³⁷ estudando os depósitos do morro da Mina em Lafayette, descreveu veios com rodonita e granada formados por emanções hidrotermais.

Scarpelli⁵³ nos depósitos de manganês da Serra do Navio, Amapá, identificou picrotefroíta e rodonita formando pequenos veios, atribuindo-lhes origem a partir de soluções ricas em sílica, que, atravessando o mármore manganésífero, com êste reagiu para produzir silicatos.

Deer, Howie e Zussmann⁷ mencionam rodonitas formadas por assimilação das rochas encaixantes ou resultantes da reação de rodocrosita com sílica.

As relações paragenéticas dos minerais de manganês da mina Barreiro dos Campos estão resumidas na tabela 19.

MINA BARNABÉ

Localização

A mina Barnabé está localizada 14 km a nordeste de Licínio de Almeida e nas imediações de Tauape. Situa-se em terrenos de ondulações suaves, com superfície de erosão aplanada, onde as altitudes variam de 830 a 870 metros e os declives estão ao redor de 5%. Um quilômetro ao sul da jazida, corre o Rio do Salto, que é um curso d'água perene, pertencente ao sistema de drenagem da vertente leste da cordilheira do Espinhaço. A leste se elevam as serras quartzíticas com altitudes acima de 1.000 metros.

Geologia

As ocorrências de manganês da área da mina Barnabé estão associadas a metassedimentos do Pré-Cambriano. As margens do rio do Salto afloram gnaisses decompostos e anfibolito. Na área da mina estão expostas as lentes de minério de manganês em contato nítido com anfibolito fitado e parcialmente decomposto, às vezes silicificado, (Fotomicro. 7 e 8).

Localmente, no contato com o minério lenticular, o anfibolito foi substituído por sílica e por óxidos de manganês, dando origem a faixas irregulares e descontínuas de rocha silicificada com estrutura coloforme (tipo jaspilito). Também no contato com o minério lenticular, em alguns afloramentos o anfibolito se apresenta com manchas de rocha carbonática, (Fotomicro. 9).

As lentes com minério de manganês são de xistosidade entre 35 e 55 noroeste, mergulhando de 25 a 75 tanto para sudoeste quanto para nordeste. Estão dobradas concordantemente com o anfibolito encaixante, (Foto 11 e 12).

Espesso manto de solo, com espessuras variáveis de 1 a 3 metros, recobre o minério e rochas associadas. O intenso intemperismo atuante nas rochas desta jazida, produziu o solo de coloração marrom escuro avermelhado, (10R3/4 conforme "Rock-Color Chart"), semelhante à terra roxa que existe no Sul do Brasil. Nesta região da Bahia, esta cor de solo funciona como guia para rochas manganíferas, pois frequentemente as mudanças bruscas do tipo de solo, perceptíveis pela variação da cor, traduzem as modificações litológicas.

O minério lenticular, o material rolado e o granzon que ocorrem na mina Barnabé, têm continuidade para norte, onde formam os depósitos da jazida Lagoa da Vereda.

O Minério

Adotando-se o mesmo critério já aplicado na classificação do minério da mina Pedra Preta, podem-se distinguir as categorias de depósitos relacionadas na tabela 20, referente à mina Barnabé.

TABELA 20

Classificação dos depósitos e minérios da mina Barnabé

1 - Depósito lenticular (Residual)	<ul style="list-style-type: none"> Minério compacto com fratura concoidal Minério compacto e bandado Minério pulverulento
2 - Depósitos de enriquecimento supergêneo	<ul style="list-style-type: none"> Minério eluvial - blocos angulosos com bandamento Rolado Rolado tipo "granzon" <ul style="list-style-type: none"> Com núcleo compacto Com núcleo xistoso Com núcleo arenoso Com núcleo de quartzo Granzon Escoriáceo Laterítico Silicificado (tipo jaspilito)

Minério lenticular. Este tipo de minério possui características diferentes nos diversos locais onde aflora. Na frente de trabalho do extremo norte da mina (F-1), é fortemente magnético e estratificado, apresentando-se em lente-camada nitidamente dobrada e com espessura de 2 metros. Em F-2 e F-3 a estratificação não é nítida e a espessura é aproximadamente de 0,50m. Em F-4 e F-5 o minério lenticular mergulha N 80 O, tem espessura de 2,50 metros, é geralmente compacto com fratura concoidal e de magnetismo muito variável. Em F-6 a lente manganesífera tem 1 metro de espessura, mergulha N 25-35 O, é estratificada e fortemente magnética.

Os teores de Mn, Fe e SiO_2 são muito variáveis e dependentes principalmente da relação jacobsita-óxidos secundários de manganês no minério. As porcentagens de Mn variam de 39 a 45%. O conteúdo de Fe varia de 10,60 a 16,66%, sendo que este valor máximo corresponde a minério fortemente magnético, constituído em grande parte de jacobsita. Os teores de sílica estão entre 0,40 a 13,50%. As porcentagens de fósforo oscilam entre 0,012 e 0,031%.

Macroscopicamente o minério lenticular se distingue em fitado, compacto de fratura concoidal e pulverulento.

Ao microscópio, quando o minério é estudado em seção polida, podem ser reconhecidos vários tipos de textura de substituição:

- a - Textura granoblástica com substituição (Fotomicr. 10, 11 e 12).
- b - Textura de jacobscita granoblástica cortada por veios de criptomelana. (Fotomicr. 13 e 14).
- c - Textura granoblástica com exsolução de hematita em cristais de jacobscita.
- d - Textura granoblástica com pseudomorfos prismáticos (Fotomicr. 11 e 12).
- e - Textura granoblástica com estrutura bandada (Fotomicr. 15).

A textura granoblástica com substituição é a mais comum nos minérios da mina Barnabé. Evidencia-se pela existência de criptomelana substituindo jacobscita ou vredenburgita e sendo substituída por pirrolusita. Há também cristais granulares, de textura imbricada, que contêm óxidos de manganês com cores em várias tonalidades de cinzento. A análise ao raio-X mostrou tratar-se de criptomelana e todorokita.

No minério de textura granoblástica, com cristais de jacobscita atravessados por veios de criptomelana, os cristais de jacobscita são de forma irregular, isótipos, de cor cinzenta rosada e diâmetros entre 1 a 3 milímetros. Geralmente formam agregados cristalinos que estão corroídos e substituídos por óxidos do tipo alfa MnO_2 , de coloração cinza em várias tonalidades. Veios límpidos de criptomelana de cor branca, refletividade moderada e levemente anisótropa, cortam os cristais de jacobscita sem qualquer direção preferencial.

A jacobscita se manifestou inerte a todos os reagentes usuais nas provas de toque (Etching test), incluindo-se ácido fluorídrico. Os veios de criptomelana deram reação positiva para HCl diluído, $SnCl_2$, água régia e HF a 40%.

A textura granoblástica com exsolução de hematita pode ser observada em minério compacto formado de cristais de jacobscita parcialmente substituídos por criptomelana. Os cristais de jacobscita são de diâmetro entre 0,05 a 0,5 mm e acham-se corroídos e arredondados. Exibem

lamelas de exsolução de hematita, que se tornam muito mais evidentes quando se usa a prova de toque, aplicando-se ácido fluorídrico, o qual escurece os cristais de jacobsita mas é inerte para hematita. As lamelas de hematita estão orientadas segundo as direções cristalógraficas.

A textura granoblástica com pseudomorfos prismáticos foi verificada em minério compacto de fratura concoidal e coloração cinza chumbo variegada. Ao microscópio observa-se que o minério é constituído de cristais granulares de jacobsita com forma e dimensões irregulares. Os diâmetros variam de 0,2 a 1,5 mm. A diversidade de forma deve-se principalmente à corrosão e ao processo de substituição a que estiveram submetidos os cristais de jacobsita, agora arredondados e parcialmente substituídos por criptomelana e todorokita. Os minerais prismáticos com várias tonalidades de cinzento e com baixa refletividade, mostram várias fases de substituição por pirolusita. Prismas há em que a substituição é incipiente e restrita às zonas de fratura. Noutros, porém, a substituição é quase completa. Os cristais de pirolusita, que se destacam dos outros pela maior refletividade, são de cor branca semelhante à da hematita, anisótipos e de extinção reta. Comumente mostram geminados de contato e geminação polissintética, (Fotomicro, 16).

A matriz do minério é formada de criptomelana e todorokita, que, juntamente com os minerais primários, forma uma textura intrincada, na qual a complexidade das associações mineralógicas torna muito difícil a interpretação das relações paragenéticas.

Os cristais prismáticos provavelmente correspondem à manganita primária substituída secundariamente por criptomelana, todorokita e pirolusita, por um processo de solubilizações e deposições sucessivas.

Minério com textura granoblástica e estrutura bandada contém cristais de jacobsita e de óxidos de manganês do tipo alfa MnO_2 formando faixas orientadas segundo a xistosidade regional, (Foto 13).

O acamamento concordante com a xistosidade, observado em xistos e quartzitos das imediações da jazida, leva a crer que o bandamento do minério de manganês corresponde à estratificação pretérita.

Depósitos de enriquecimento supérgeno. Os depósitos originados por este processo de formação correspondem a minério que atinge

TABELA 21

Diagramas de pó de α MnO_2 . Radiações $\text{FeK } \alpha$, filtro Mn

hkl	Mina Barnabé		Mina Barreiro dos Campos		Mina Pedra Preta	
	d(A°)	I/I°	d(A°)	I/I°	d(A°)	I/I°
110	6,93	8	6,98	7	6,91	8
200	4,90	6	4,90	5	4,90	8
220	-	-	-	-	3,46	2
130	3,10	9	3,11	8	3,10	9
400	2,46	1	2,46	1	-	-
121	2,40	6	2,40	6	2,39	7
330	2,28	5	2,29	3	2,31	1
240	-	-	-	-	2,19	2
301	2,15	4	2,15	3	2,15	5
321	1,977	3	-	-	2,00	2
150	-	-	-	-	1,915	1
141	1,821	8	1,828	3	1,825	5
440	1,737	0,5	1,770	0,5	-	-
350	1,662	0,5	1,686	0,5	-	-
600	1,632	0,5	-	-	1,632	2
501	-	-	-	-	-	-
260	1,542	6	-	-	-	-
251	1,538	5	-	-	1,535	3
002	1,429	0,5	1,418	1	1,424	3
611	-	-	1,403	1	-	-
550	1,377	7	1,378	2	-	-
451	1,351	0,5	-	-	1,349	2
370	1,288	0,5	-	-	1,296	2
402	1,255	0,5	-	-	1,248	1
332	1,200	0,5	-	-	-	-
660	-	-	-	-	1,153	1
190	-	-	-	-	1,050	0,5

Fig. 7 - Análise Térmica-Diferencial. Compa-
ração de Criptomelana da Serra do
Navio com alfa MnO_2 da região de
Urandi, Bahia.

* Valarelli⁶¹.

pouca profundidade. Nos depósitos eluviais ou de material rolado, raramente chegam a 5 metros de profundidade. Nas lentes mineralizadas com jacobssita, onde houve também enriquecimento supérgeo, o fenômeno ultrapassa 5 metros, não tendo sido possível determinar se a concentração dos óxidos secundários está limitada pelo nível freático.

Tanto macroscópica quanto microscopicamente é possível reconhecer vários tipos de minério de enriquecimento supérgeo:

Minério eluvial. Contém blocos angulosos de minério geralmente magnético e bandeado, distribuídos nas imediações do minério lenticular. Estudado ao microscópio revela textura e composição semelhantes às do minério lenticular bandeado.

Minério rolado. Este tipo de minério foi observado à superfície do terreno e em alguns poços abertos durante os trabalhos de prospecção. Os depósitos de rolado contêm minério lenticular de sagregado, arredondado e enriquecido, bem como concreções lateríticas mais ou menos esféricas, denominadas "granzon" (Park³⁸⁻³⁹, Simons e Straezek⁵⁵).

Na mina Barnabé o material rolado é predominantemente do tipo granzon. Estas concreções de manganês são constituídas de várias camadas concêntricas de óxidos de manganês, que se depositaram ao redor de um núcleo, no qual a composição litológica é variável. Há granzons em que o núcleo é de minério compacto e homogêneo, noutros, de minério compacto com jacobssita. Menos frequentes são os núcleos de quartzo, de xisto decomposto ou de quartzito. Estes quando ocorrem, evidenciam um núcleo com volume bem maior que o das camadas concêntricas com óxidos de manganês. Em alguns blocos dos depósitos de granzon, a superfície apresenta estrutura botrioidal, (Fotos 14 e 15).

Os diâmetros dos cascalhos manganíferos (granzon) variam de milímetros até 15 centímetros. Regionalmente estas concreções são conhecidas como "bombom", por conterem um núcleo que corresponderia ao recheio, capeado externamente por óxidos de manganês.

Minério escoriáceo. Ocorre somente à superfície do terreno. É formado de faixas de material compacto com textura coliforme, que por estarem recobertas de material poroso e enrugado aparentam aspecto de escória de alto forno. Este minério é composto principalmente de criptomelana.

Depósito laterítico. Os depósitos lateríticos estão à superfície do terreno formando o granzon já descrito anteriormente, ou blocos do tipo canga. Estes últimos correspondem a blocos de forma irregular, com dimensões variáveis e contêm seixos de minério, de quartzo, de xisto e de quartzito, cimentados predominantemente por óxidos de manganês. Em alguns dos blocos a estrutura é botrioidal. Regionalmente este material é conhecido como "pé-de-moleque", (Foto 16).

Depósito silicificado. Aflora no contato do minério lenticular com anfibolito decomposto, em zonas onde a rocha encaixante foi completamente substituída e silicificada. Faixas irregulares compostas de óxidos de manganês se alternam com material silicoso sub microscópico e de cor amarelada, onde poucos cristais de quartzo podem ser identificados. As faixas de óxidos de manganês exibem textura coloforme formada por bandas concêntricas que se alternam. São de coloração cinzenta com tonalidade de variável de clara a intensamente escura e contêm criptomelana e pirolusita (Fotomicr. 17, 18, 19 e 20).

Os depósitos lateríticos bem como os produzidos por silicificação não constituem minério.

Prospecção do minério

A pesquisa da mina Barnabé foi iniciada com o levantamento à prancheta na escala 1:1.000, usado para a localização dos poços, trincheiras e frentes de trabalho de exploração do minério. Estes dados foram acrescentados ao mapa base plano-altimétrico, de escala 1:2.000, já anteriormente feito pela Urandi S/A.

Foram feitos perfis de 19 poços já existentes e posteriormente de mais 6 poços abertos em minério lenticular e em granzon.

Numa tentativa de prospecção geoquímica, foram coletadas amostras de solo segundo um perfil perpendicular à direção do minério lenticular (Fig. 4 e 8).

A amostragem do solo foi feita com a coleta de amostras espaçadas de 10 metros e retiradas até 1 metro de profundidade, usando-se para tal um trado de 4 polegadas. A análise química revelou grande variação no conteúdo de manganês no solo, com valores entre 0,99 e 4,62%. O teor máximo de Mn coincide com a área onde o solo recobre minério lenticular (Fig. 9).

Após a verificação de que as ocorrências de jacobsita causavam anomalias magnéticas, foi executado o levantamento magnetométrico da jazida. Esta pesquisa foi executada com aparelho ABEM, empregando-se o método de perfis espaçados de 250 metros e transversais às estruturas geológicas. As leituras foram feitas em estações eqüidistantes 25 metros (Fig. 5).

Por motivo do alto valor da suscetibilidade magnética da jacobssita e da pequena profundidade em que se encontra no minério lenticular, as anomalias atingiram valores de até 10.000 gamas.

A forma lenticular dos corpos de minério dispostos concordantemente com a xistosidade regional ficou bem caracterizada pelos trabalhos de magnetometria (Ribeiro Filho e Ellert⁴⁶).

Reservas do minério

No cálculo da reserva serão considerados o minério lenticular e o minério rolado, incluindo-se o do tipo granzon. A densidade média do minério lenticular será admitida como 3,5.

O minério lenticular é contínuo em profundidades superiores a 10 metros, mas como a espessura é insuficiente para justificar lavra subterrânea e o minério contém alto teor de ferro, ainda não foram feitas perfurações para a pesquisa do minério lenticular. Os trabalhos de magnetometria indicam minério lenticular com profundidade mínima de 15 metros.

Gênese dos depósitos de manganês

As pesquisas sobre a formação e transformação das diversas fases de equilíbrio dos óxidos de manganês, estudados em sistemas de compostos de manganês, ferro e sílica, têm contribuído enormemente para a interpretação da paragênese dos depósitos metamórficos de manganês.

Muitos pesquisadores demonstraram que em altas temperaturas os óxidos de manganês de número alto de oxidação (Mn^{4+}) são transformados em óxidos de menor número de oxidação. Assim sendo, pirolusita, criptomelana, γ MnO_2 e δ MnO_2 passam a bixbyita em temperaturas entre 500-700°C, (Ukai et al.⁵⁹, Valarelli⁶⁰); criptomelana converte-se em Mn_2O_3 a 600°C, (Faulring, Zwicker e Forgeng¹¹); pirolusita e criptomelana, com elevação de temperatura podem transformar-se em braunita. De acordo com Mason²⁹⁻³⁰ a braunita se forma quando há sílica disponível, porém Roy⁴⁹ admite que, além da sílica, a pressão parcial de oxigênio controla a transformação MnO_2 - braunita.

Bixbyita transforma-se em hausmannita a $877 \pm 7^\circ C$, (Hahn e Muan²¹, Valarelli⁶¹). Mason demonstrou que vredenbugita natural se forma em temperaturas variáveis entre 500 e 700°C.

Muan e Somiya³⁴, estudando o sistema óxido de ferro-óxido de manganês chegou à conclusão de que há duas situações isobáricas invariá-

Fig. 8 - Porcentagens de manganês no solo, em área de minério lenticular. Mina Barnabé.

TABELA 22

Análises químicas de minério da mina Barnabé
Minério lenticular e eluvial
Porcentagens em peso

Amostras *	Mn%	SiO ₂ %	Fe%	P%
1	43,02	0,40	14,05	0,012
2	42,50	2,90	12,68	0,020
3	44,49	3,81	11,16	0,020
4	41,19	5,17	12,02	0,014
5	44,49	2,28	10,82	0,025
6	40,37	2,01	15,29	0,020
7	39,87	2,61	13,74	0,031
8	43,99	1,67	11,68	0,013
9	45,81	1,71	10,65	0,020
10	41,85	2,86	12,71	0,020
11	42,84	4,85	11,51	0,020
12**	34,44	16,52	16,66	0,014
13***	29,16	14,70	14,60	0,016

* Lotes de minério

** Minério lenticular compacto com fratura concoidal

*** Minério laterítico tipo canga

Analista: Fernando Peixoto, químico da Icominas S.A.

TABELA 23

Reserva de minério da mina Barnabé

Local	Área	Espessura média	Volume	Produção t/m ³	Reserva em toneladas
Eluvial e rolado conforme mapa da Fig. 4.	47.170m ²	1,40m	66.000 86.000m³	1,0	66.000 86.000
	Extensão	Espessura média	Profundidade	Volume	Reserva em toneladas
Lenticular conforme mapa (Fig. 4).	400m	1,50m	10m	6.000m ³	21.000
Total					87.000 107.000

veis no sistema. A $932 \pm 5^\circ \text{C}$ soluções sólidas de MnO_2 , Mn_3O_4 tetragonal e de espinélio estão em equilíbrio com gás ($p_{\text{O}_2} = 0,21 \text{ atm.}$). A $997 \pm 5^\circ \text{C}$ soluções sólidas de hematita, Mn_2O_3 e de espinélio coexistem em equilíbrio com gás. Os autores anteriormente citados, concluíram também que Mn_2O_3 com menos de 2% de Fe_2O_3 se transforma em hausmannita tetragonal. Com aumento nas porcentagens de Fe_2O_3 haverá formação de bixbyita e hausmannita, que, quando submetidas a temperaturas mais elevadas, passam a hausmannita e vredenburgita. Com aumento de Fe_2O_3 acima de 30% na mistura com Mn_2O_3 , bixbyita se transforma em jacobsita ou em vredenburgita metaestável.

O conjunto de minerais formados na mina Barnabé, sob condições de alto grau de metamorfismo, pode perfeitamente ser relacionado com os resultados obtidos nas pesquisas de equilíbrio de fases, nas quais foram usados compostos de manganês, ferro e sílica,

Os afloramentos de minério lenticular encaixados concordantemente em anfibolito bandeado, os dobramentos também concordantes, a existência de gnaisses e quartzitos nas proximidades dos depósitos manganésif-

feros, bem como a associação dos minerais de manganês, evidenciam a origem metamórfica da mina Barnabé. Ainda que não se possa precisar com exatidão a temperatura de metamorfismo, tanto a existência de anfibolito com diopsídio, no contato com o minério, quanto as ocorrências de jacobssita e de lamelas de intercrescimento de hematita em cristais de jacobssita, indicam temperaturas elevadas, da ordem de 550 a 750° C. A formação de vredenburgita metaestável corresponde ao pico da temperatura que foi atingida durante o processo metamórfico.

Sedimentos ricos em manganês e ferro deram origem ao proto-minério que se encontra formando lentes encaixadas em anfibolito, rocha proveniente de sedimentos argilosos calco-magnesianos.

Argumentando com os exemplos de deposição primária de óxidos de manganês, com a transformação destes em óxidos de baixo número de oxidação, aplicando-se os dados dos diagramas de fase e levando-se em conta que na mina Barnabé há minério bandeado com jacobssita, pode-se deduzir que o minério da referida mina é de origem singenética.

As camadas sedimentares ricas em óxidos de manganês continham também óxidos de ferro em concentração suficiente para que durante o metamorfismo se originasse minério com jacobssita. Além da formação deste espinélio, que faz parte da série isomorfa magnetita-hausmannita, houve cristalização de alfa MnO_2 e provavelmente de manganita.

É possível que tenha havido a formação de hixbyita, que, por elevação da temperatura, passou a vredenburgita metaestável. Esta, com o abaixamento de temperatura, foi transformada em jacobssita e também em jacobssita com lamelas de exsolução de hausmannita. Durante o abaixamento de temperatura ter-se-ia dado a formação de criptomelana e de manganita primárias.

Posteriormente, por ação do intemperismo e do enriquecimento supérgeno, a jacobssita foi parcialmente substituída por criptomelana, todorokita e pirolusita. A segunda geração de criptomelana verifica-se em algumas seções polidas, onde veios deste mineral cortam cristais de jacobssita. A textura coloforme, formada por bandas concêntricas de criptomelana com cristais esparsos de pirolusita, evidencia a origem secundária destes minerais. A cristalização de pirolusita secundária observa-se também em seções polidas, nas quais existem cristais prismáticos que mostram diferentes fases de substituição de todorokita e criptomelana por pirolusita (Fotomicro. 11 e 12).

Os depósitos de granzon estão associados a solo laterítico rico em manganês. Originaram-se pela desagregação e decomposição química do minério lenticular e rochas associadas, com conseqüente lixiviação de sílica e de elementos alcalinos e alcalino-terrosos, seguida por precipitação de óxidos de manganês.

Vários fatores contribuíram para a formação do granzon da mina Barnabé. Além da existência de rochas e solo manganésíferos, que cederam manganês para os lateritos, houve também influência do clima e da topografia. O clima tropical, de temperaturas elevadas e com estação chuvosa e seca nitidamente marcadas, criaram condições favoráveis à laterização. Na época de precipitação abundante, a água circulando em rochas de relevo suave e aplanado, age na decomposição dos minerais durante um tempo prolongado. A alternância de estação chuvosa com o período de estiagem, provoca a variação do nível hidrostático, permitindo que a precipitação dos óxidos de ferro e de manganês se dê tanto por soluções descendentes, quanto pelas soluções ascendentes que se formam nas épocas de intensa evaporação (Fig. 9).

Os índices pluviométricos da Fig. 9 mostram que o período de alta pluviosidade em Caetité e Brumado correspondem aos meses de novembro a março. A época seca estende-se de maio a setembro.

A pluviosidade média anual de Caetité é 827 mm e a de Brumado, 683 mm.

A paragênese dos minerais de manganês da mina Barnabé pode ser resumida conforme a tabela 24.

TABELA 24

Paragênese dos minerais de manganês
Mina Barnabé

Minerais	Período de mineralização	
	Minerais metamórficos	Minerais supérgenos
Bixbyita	-----	
Jacobsita	-----	
Hausmannita	-----	
Manganita	-----	
Alfa MnO ₂	-----	
Criptomelana		-----
Todorokita		-----
Pirolusita		-----

----- Possível

Fig. 9 - Normais mensais de precipitação
Índices pluviométricos do período
1914-1938 conforme Atlas Pluviométrico do Brasil, D.N.P.M. Bol. 5, 1948.

JACOBSITA NO MINÉRIO DE MANGANÊS

O nome jacobscita é usado para denominar os minerais que possuem estrutura de espinélio e composição química intermediária no sistema $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{Mn}_3\text{O}_4$, (Mason²⁹⁻³⁰, Van Hook e Keith⁶²). O termo provém de Jakobsberg, localidade da Suécia, onde o mineral foi encontrado originalmente.

Os sistemas $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{Mn}_3\text{O}_4$ e $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Mn}_2\text{O}_3$ estão relacionados a minerais muito importantes no estudo da gênese dos depósitos de manganês, tais como magnetita-jacobscita, vredenburgita, hausmannita, braunita e bixbyita. O estudo destes sistemas também é importante na siderurgia, bem como nas pesquisas de propriedades magnéticas dos materiais.

Os compostos ferro-manganesíferos com estrutura de espinélio, formados nestes sistemas, por serem magnéticos, podem ter aplicações na indústria eletrônica (Van Hook e Keith⁶²).

Montoro³³, Mason²⁹⁻³⁰, Yun⁶⁴, Van Hook e Keith⁶², Muan e Somiya³⁴ são alguns dos autores que se dedicaram ao estudo dos sistemas mencionados, procurando estabelecer as transformações e condições de estabilidade das várias fases que se formam em temperaturas crescentes.

Mason²⁹ estabeleceu os limites de composição de magnetita, jacobscita, vredenburgita e hausmannita como sendo:

Magnetita	0 - 16,7 % Mol. de Mn_3O_4
Jacobscita	16,7 - 54,0 % " " "
Vredenburgita	54,0 - 91,0 % " " "
Hausmannita	91,0 - 100,0 % " " "

Posteriormente Van Hook e Keith⁶² modificaram esta classificação de Mason²⁹, limitando o campo da magnetita entre 0 e 10% Mol. de Mn_3O_4 . Yun⁶⁴ considerou o limite de jacobscita entre 0 e 60% Mol. de Mn_3O_4 .

Mason²⁹ esclareceu que vredenburgita não pode ser considerada como espécie mineral única, uma vez que é formada pelo intercrescimento de duas espécies distintas, quais sejam, jacobscita e hausmannita. Saliência, também, que mesmo nos casos em que o mineral é homogêneo e aparentemente constituído de uma só espécie, deve ser classificado como vredenburgita, desde que o resultado da análise química assim o indique.

O mineral jacobscita tem sido encontrado em várias ocorrências manganesíferas do mundo.

Em Jakobsberg a jacobsita ocorre em calcário metamórfico e está associada a cobre nativo. (Deer e Zussman⁸).

Na Rússia, nos depósitos de Kazakhstan, foi encontrada em associação com braunita, hausmannita, pirolusita e psilomelana, em rochas originadas por metamorfismo regional atuante sobre sedimentos singenéticos (Roy⁵⁰). No Japão, na mina Kyuragi e na mina Kawashi, a jacobsita se formou por metamorfismo de contato. No distrito de Ogushi-Nanagama a jacobsita está associada à bixbyita (segundo Hirowatari e Miyahisa in Roy⁵⁰). Na Índia há várias ocorrências de gonditos com jacobsita. No distrito de Bhandara este mineral está associado à braunita-bixbyita-hollandita-vredenburgita-pirolusita-criptomelana. Em Madhya Pradesh a associação mineralógica é semelhante à anterior, com acréscimo de manganita. Nos depósitos de Kodur, no distrito de Andhra Pradesh, o conjunto mineralógico é braunita-hollandita-hausmannita-jacobsita-vredenburgita-pirolusita-criptomelana. No distrito de Srikakulan ocorrem jacobsita e braunita (Roy⁵⁰).

Em Otjosondú, no Sudoeste da África, há braunita-bixbyita-hollandita-jacobsita-hausmannita-vredenburgita em gondito (Roy⁵⁰).

Em Mount Brandnuten, ao Sul da Noruega, ocorrem braunita-jacobsita-hausmannita em gondito (Roy⁵⁰).

Stillweel e Edwards⁵⁷ descreveram jacobsita encontrada em veios lenticulares no distrito de Tamworth, em Nova Gales do Sul.

Em Negev, Israel, foi identificada jacobsita conforme descrição de Katz²⁵.

No Brasil, a jacobsita descrita pela primeira vez foi encontrada na mina Barnabé, no município de Licínio de Almeida, Bahia (Ribeiro Filho⁴⁴). Com o prosseguimento dos trabalhos de pesquisa sobre os depósitos manganíferos desta região, foi possível identificar várias jacobsitas, cujas características mineralógicas, texturais, químicas e de comportamento à prova de toque, apresentam algumas variações. O modo de associação da jacobsita com outros minerais de manganês também não é sempre idêntico.

A jacobsita está sempre em minério de origem metamórfica, primariamente lenticular. Em seção polida mostra textura granoblástica, com cristais de formas variáveis, cujas dimensões oscilam de 0,05 a 3mm. Os diâmetros mais comuns estão entre 0,2 e 1 mm. É fortemente magnética e em luz refletida exibe cor cinzenta rosada ou cinzenta olivácea, cores estas que são muito úteis para se distinguir jacobsita de magnetita. É isotropa e inerte para com todos os reagentes comumente usados nas provas de toque ("etching test"). Algumas amostras, entretanto, deram reação positiva para o ácido fluorídrico em solução aquosa a 40%. Roy⁴⁸, já havia observado este fenômeno em jacobsita de Andhra

Pradesh, aventando a hipótese de que isto se dá somente quando a jacobsi-
ta tem composição química próxima da transição para magnetita, quando
então seu comportamento à prova de toque é semelhante ao da magnetita,
obtendo-se reação positiva para HF a 40% e HCl concentrado.

Nas jacobscitas de Licínio de Almeida foi verificado o mesmo
quanto ao ácido fluorídrico, mas empregando-se ácido clorídrico concen-
trado a reação foi negativa, apesar dos valores de a_0 neste caso estarem
mais próximos dos de magnetita do que os calculados por Roy⁴⁸.

As várias texturas verificadas no minério, são as mesmas já des-
critas no capítulo referente aos depósitos da mina Barnabé. Agora serão
citados somente os pormenores texturais observados na jacobscita.

Foram estudadas em seção polida, ao raio-X, bem como analisa-
das quimicamente amostras com jacobscita, coletadas em diversas jazidas.

Na mina Pedra Preta, o minério magnético é raro e foi localizado
somente em uma das frentes de trabalho de exploração. Contém cristais
com até 3 mm de diâmetro, os quais em seção polida revelam cor cinzen-
ta rosada e são isótopos. Na prova de toque dão reação positiva para
ácido fluorídrico e negativa para todos os outros reagentes comumente
usados e também para $H_2O_2 + H_2SO_4$ e H_2SO_4 concentrado. Quando os cris-
tais são atacados por HF em solução aquosa a 40%, ficam escurecidos ins-
tantaneamente, tornando evidente a textura de exsolução de hematita em
mangano-magnetita, (textura widmanstetten, Edwards¹⁰, Fotomicr. 21).

Tanto as porcentagens de Mn_3O_4 quanto os resultados do estudo ao
raio-X, mostram que este mineral deve estar no início da série isomor-
fa magnetita-hausmannita, por apresentar excesso de ferro em relação
ao manganês (Fig. 11).

Na mina Barnabé existem jacobscitas típicas, jacobscitas com exso-
lução de hematita e também jacobscita com hausmannita intercrescida, de-
vendo ser classificada como vredenburgita.

A jacobscita com intercrescimento de hematita ocorre em minério
de textura granoblástica, com cristais de diâmetros entre 0,05 e 0,5 mm.
Quando o material é submetido à prova de toque, a jacobscita dá reação ne-
gativa para com todos os reagentes comuns e reação positiva para ácido
fluorídrico em solução aquosa a 40%. O ácido fluorídrico salienta a tex-
tura de exsolução da hematita em jacobscita (Fotomicr. 22, 23) 44).

Tanto os resultados de análise ao raio-X, quanto a análise quími-
ca e o comportamento à prova de toque, atestam que se trata de jacobsi-
ta. O parâmetro unitário $a_0 = 8,397 \pm 0,003 \text{ \AA}$, mostra que este mineral
pertence ao início da série magnetita-hausmannita. A análise química,
revelando $Mn_3O_4 = 17,36\% \text{ Mol.}$ evidencia também que se trata de jacobsi-
ta.

Fig. 10 - Diagrama relacionando fases do sistema óxido de ferro-óxido de manganês no ar, segundo Muan e Somiya ³⁴.

De acôrdo com o diagrama de fase, segundo Muan e Somyia³⁴, o mineral exsolvido não possui excesso de manganês para ser considerado hausmannita. Poderia ser bixbyita ou hematita. A côr das lamelas de exsolução em luz refletida, bem como a reação negativa a todos os reagentes utilizados na prova de toque, indicam tratar-se de hematita. Numa outra amostra, com hematita exsolvida, a porcentagem de Mn_3O_4 subiu para 44,70 % Mol. e o parâmetro a_0 é igual a $8,498 \pm 0,002 \text{ \AA}$. Há uma amostra com $Mn_3O_4 = 34,64 \%$ Mol. na qual a hematita exsolvida constitui grãos raros que estão esparsamente distribuídos.

Nas outras amostras de minério magnético da mina Barnabé o teor de Mn_3O_4 em porcentagens moleculares, está acima de 54% e o parâmetro unitário é superior a $8,46 \text{ \AA}$, o que leva o mineral a ser definido como vredenburgita.

Nas jazidas Feixe de Vara, Covão, Piedade e Pau de Rêgo, localizadas próximas à mina Barnabé, ocorrem também minérios magnéticos que contêm jacobsita e vredenburgita. São minérios de textura granoblástica com cristais de jacobsita ou de vredenburgita parcialmente substituídos por criptomelana, todorokita e pirolusita.

Os minerais aqui definidos como vredenburgita, são qualificados como tal em face da composição química que apresentam, pois não contêm lamelas de hausmannita em jacobsita formando textura de exsolução. Os cristais de vredenburgita são granulares e geralmente homogêneos. Quando há exsolução, esta se manifesta sob a forma de pequenos grãos de hausmannita difusamente exsolvidos em jacobsita. O resfriamento a que estiveram sujeitos os cristais de jacobsita, não foi suficientemente lento para permitir a formação de lamelas de exsolução. Em algumas amostras os cristais de vredenburgita parecem estar predominantemente corroídos segundo direções preferenciais, que corresponderiam às lamelas de exsolução, agora totalmente alteradas.

Algumas conclusões podem ser inferidas, à luz dos resultados obtidos com a presente investigação sobre jacobsita e minerais de manganês com os quais está associada.

1 - Os valores do parâmetro unitário comparados com os dados de análise química de jacobsitas naturais, são concordantes com as conclusões de Mason²⁹, que estudando o sistema $Fe_3O_4 - Mn_3O_4$, chegou à conclusão de que a dimensão da cela unitária aumenta com quantidades crescentes de manganês.

2 - A hematita e hausmannita exsolvidas em jacobsita, considerando-se os teores de Mn_3O_4 e de Fe_3O_4 encontrados nos minérios do presente trabalho, estão de acôrdo com os limites previstos nos diagramas de fase por Mason²⁹, Van Hook e Keith⁶² e Muan e Somyia³⁴.

3 - O comportamento das jacobsitas quando submetidas às provas de toque, mostra que parece haver relação entre a reação positiva para HF e o conteúdo de manganês, como já havia sugerido Roy⁴⁸. Quanto à reação

com HCl concentrado os resultados são discrepantes, pois Roy⁴⁸ observou reação positiva, enquanto as jacobsitas aqui estudadas deram reação negativa.

4 - A variação do parâmetro unitário das jacobsitas em função da relação Mn/Fe estão mais ou menos de acordo com os resultados obtidos por Mason²⁹. As discrepâncias se devem provavelmente ao fato de que em jacobsitas naturais há outros elementos químicos que podem entrar na estrutura cristalina, substituindo ferro e/ou manganês (Fig. 11).

5 - A associação mineralógica encontrada nos minérios magnéticos do município de Licínio de Almeida é semelhante à de outras localidades onde ocorrem minérios metamórficos.

5 - As texturas observadas, aliadas à identificação de jacobsita, trouxeram informações úteis para a compreensão de paragênese dos minerais de manganês estudados.

7 - Por se tratar de mineral magnético, disseminado em minério lenticular, a jacobsita provoca anomalias suficientemente fortes para que se alcance êxito empregando-se o método de prospecção magnetométrica.

8 - A presença de jacobsita no minério é responsável pelo alto conteúdo de ferro, que muitas vezes ultrapassa o teor crítico.

○ Presente trabalho

● Mason

Fig. 11 - Variação das dimensões da célula unitária em função da relação Mn/Fe no sistema Fe₃O₄-Mn₃O₄.

TABELA 25

Diagrama de pó de jacobscita. Radiação Fe K α filtro de Mn.
Mina Barnabé

	1	2	3	4	5	6	7	
hkl	d(A°)	d(A°)	d(A°)	d(A°)	d(A°)	d(A°)	d(A°)	I/I ₀
111	4,85	4,84	4,88	4,88	4,88	4,91	4,89	40
220	2,96	2,96	2,98	3,00	2,99	3,00	3,00	40
311	2,53	2,52	2,55	2,55	2,55	2,56	2,56	100
222	2,42	2,41	2,43	2,43	2,44	2,45	2,45	3
400	2,09	2,10	2,10	2,11	2,11	2,12	2,12	60
422	1,71	1,71	1,72	1,72	1,72	1,73	1,73	10
333	1,61	1,61	1,62	1,62	1,63	1,63	1,63	60
440	1,48	1,48	1,49	1,49	1,49	1,50	1,50	60
531	1,41	-	1,42	1,42	1,43	1,43	1,43	5
620	1,32	-	1,33	-	1,33	-	1,34	3
533	1,27	1,28	1,28	1,28	1,29	1,29	1,29	20
622	1,26	-	1,27	-	1,27	1,27	1,28	5
444	1,21	1,21	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	10
551	-	-	1,18	-	1,18	-	1,19	3
642	1,12	1,12	1,13	-	1,13	1,13	1,13	5
553	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	40
800	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	20
660	0,98	0,98	-	0,98	0,99	1,00	1,00	10
555	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	40
$a_0=8,38$ $a_0=8,39$ $a_0=8,43$ $a_0=8,46$ $a_0=8,47$ $a_0=8,49$ $a_0=8,49$								

- d(A°) medido
- 1 - Jacobscita de anfíbolito.
 - 2 - Jacobscita com exsolução de hematita.
 - 3 - Jacobscita com veios de criptomelana.
 - 4 - Jacobscita granoblástica.
 - 5 - Jacobscita associada a pseudomorfos prismáticos.
 - 6 - Jacobscita granoblástica.
 - 7 - Jacobscita com hausmannita granular exsolvida.

TABELA 26

Diagrama de pó da série magnetita-hausmannita. Radiação
Fe K α , filtro de Mn.

Várias amostras do distrito de Urandi

	1	2	3	4	5	6	
hkl	d(A°)	d(A°)	d(A°)	d(A°)	d(A°)	d(A°)	I/I°
111	4,83	4,87	4,87	4,87	4,89	4,94	40
220	2,95	3,08	3,09	3,00	3,09	3,00	40
311	2,51	2,54	2,54	2,54	2,55	2,55	100
222	2,40	2,43	2,43	2,44	2,44	2,45	3
400	2,09	2,11	2,11	2,11	2,12	2,12	60
422	1,70	1,72	1,72	1,72	1,73	1,73	10
333	1,61	1,62	1,62	1,62	1,63	1,63	60
440	1,47	1,49	1,49	1,49	1,50	1,50	60
531	-	1,42	-	1,43	1,43	1,43	5
620	1,30	-	1,34	1,34	-	1,34	3
533	1,27	1,28	1,29	1,29	1,29	1,29	20
622	-	1,27	1,27	1,27	1,28	1,28	5
444	1,21	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	10
551	-	-	-	1,18	-	1,18	3
642	-	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13	5
553	1,09	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	40
800	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	20
660	-	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	10
555	-	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	40
	$a_0=8,37$	$a_0=8,44$	$a_0=8,46$	$a_0=8,46$	$a_0=8,48$	$a_0=8,49$	

d(A°)

medido

- 1 - Mangano-magnetita de Pedra Preta.
- 2 - Jacobsita da jazida Covão.
- 3 - Vredenburgita da jazida Feixe de Vara.
- 4 - Vredenburgita da jazida Piedade.
- 5 - Jacobsita da jazida Pau de Rêgo.
- 6 - Vredenburgita da jazida Piedade.

TABELA 27

Comparação de parâmetros unitários de jacobsita e vredenburgita

a_0 em Å	Localidade	Referência
8,44 - 8,51	Sintético	Mason ²⁹⁻³⁰ (1943-47)
8,5050 $\pm$ 0,0005	Weabonga, Austrália	McAndrew ³¹ (1952)
8,49	Jakobsberg, Suécia	Ramdohr ⁴¹ (1956)
8,42 - 8,52	Tirodi e Kodur, Índia	Mukherjee ³⁵ (1959)
8,410 - 8,506	Andhra Pradesh, Índia	Roy ⁴⁸ (1959)
8,51 $\pm$ 0,01	Negev, Israel	Katz ²⁵ (1960)
8,38 - 8,43	Buryat, Rússia	Rumyantsev ⁵² (1965)
8,373	Mina Pedra Preta*	Ribeiro Filho
8,385 $\pm$ 0,002	Anfibolito de Barnabé	Ribeiro Filho
8,397 $\pm$ 0,003	Mina Barnabé**	Ribeiro Filho
8,436 - 8,488	Várias jazidas, Urandi	Ribeiro Filho
8,465 - 8,493	Várias jazidas, Urandi***	Ribeiro Filho

* Refere-se à mangano-magnetita.

** Refere-se à jacobsita com exsolução de hematita.

*** Referem-se à vredenburgita.

CONCLUSÕES

- 1- Os depósitos de manganês estudados na região de Urandi estão associados a rochas do Pré-Cambriano. Os resultados da determinação de idade absoluta pelo método K-Ar são ainda insuficientes para se estabelecerem correlações definidas.
- 2- O depósito de minério macio de manganês da mina Pedra Preta resultou da ação do metamorfismo sobre sedimentos primários. O minério compacto se originou por enriquecimento supérgeno.
- 3- O depósito de manganês da mina Barreiro dos Campos foi gerado a partir de protominério carbonático, formado pelo metamorfismo de sedimentos primários. A rodonita e a espessartita são de uma fase de mineralização posterior à da formação do protominério carbonático, pois se originaram pela remobilização de manganês da mangano-dolomita.
- 4- O depósito de manganês da mina Barnabé é de origem singenética. Originou-se pelo metamorfismo de alto grau, sobre sedimentos primários, ricos em óxidos de manganês, mas que continham também óxidos de ferro em concentração suficiente para que se originasse minério com jacobita.
- 5- Nas três minas estudadas houve formação de minerais secundários, formados por enriquecimento supérgeno.
- 6- Apenas na mina Barnabé houve condições para a formação de depósitos de "granzon". Rochas e solo manganíferos, bem como a topografia e o clima favoreceram a origem de tais depósitos.
- 7- O estudo das jacobitas da região de Urandi demonstrou que os valores do parâmetro unitário variam com os teores de manganês.
- 8- O comportamento das jacobitas quando submetidas ao "etching test", mostra que os resultados devem depender do teor de manganês, conforme sugestão de Roy⁴⁸ e de Rumyantsev⁵².
- 9- O emprêgo de prospecção magnetométrica mostrou-se eficaz nas jazidas lenticulares de manganês que contêm jacobita.
- 10- As três jazidas estudadas no presente trabalho podem ser classificadas como médias, uma vez que não apresentam reservas muito superiores a 100.000 toneladas.
- 11- Os minérios pulverulentos da região de Urandi são de baixa recuperação de mineração. Recupera-se apenas 50 a 60% do minério, o que justifica o estudo sobre a possibilidade de produzir-se minério em pó, aplicável na produção de sulfato de manganês.

BIBLIOGRAFIA

- 1-ABREU, S. FRÓES
(1962) ~~Recursos Minerais do Brasil~~, v.2, p.335 Ministério da Indústria e do Comércio, Rio de Janeiro, 696 pp.
- 2-ALMEIDA, F.F.M. de
(1946) Origem dos Minérios de Ferro e Manganês de Uricum. D.N. P.M., Bol.119, 58 pp.
- 3-BYSTROM, A. e
BYSTROM, A.M.
(1950) The Crystal Structure of Hollandite, the Related Manganese Oxide Minerals and MnO_2 . Acta Cryst., 3, (part 2): 146-154.
- 4-CAMPBELL, D.F. e
COSTA, L.A.M. da
(1965) Reconhecimento Regional Através de Geossinclíneo Centro-Leste Brasileiro. D.N.P.M. Notas Preliminares e Estudos nº 124, 47 pp.
- 5-CASTRO, L. de OLIVEIRA
(1963) Study of the Manganese Ores of the Serra do Navio District, Amapá, Brazil. Soc. Bras. Geol., Bol. 12 (1 e 2): 5-35.
- 6-CORDANI, U.G.,
MELCHER, G.C. e
ALMEIDA, F.F.M. de
(1968) Outline of Precambrian Geochronology of South America. Canadian Jour. Sci. (no prelo).
- 7-DEER, W.A., HOWIE, M.A.
and ZUSSMAN, M.A.
(1962) Rock Forming Minerals, 2, p.188, John Wiley and Sons Inc., New York, 379 pp.
- 8- _____
(1962) Rock Forming Minerals, 5, p.77, John Wiley and Sons Inc., New York, 371 pp.
- 9-DORR II, J.V.N.,
HOREN, A. e
COELHO, I.S.
(1958) Jazidas de Manganês de Minas Gerais. D.F.P.M., Bol. 105, 95 pp.

- 10- EDWARDS, A.B. (1960) Textures of the Ore Minerals and their Significance. The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne, 242 pp.
- 11- FAULRING, G.M., ZWICKER, W.K. and FORGENG, W.D. (1960) Thermal Transformations and Properties of Cryptomelane. Amer. Miner., 45 (9 e 10):946-959.
- 12- FLEISCHER, M. and RICHMOND, W.E. (1943) The Manganese Oxide Minerals. Ec. Geol., 38 (4): 269-286.
- 13- FRONDEL, C. and BAUER, L.H. (1955) Kutnahorite: A Manganese Dolomite $\text{Ca Mn}(\text{CO}_3)_2$. Amer. Miner., 40 (7 e 8): 748-760.
- 14- FRONDEL, C. and HEINRICH, E.W. (1942) New Data on Hetaerolite, Hydrohetaerolite, Coronadite and Hollandite. Amer. Miner., 27 (1): 48-56.
- 15- FRONDEL, C., MARVIN, U.B. and ITO, J. (1960) New Ocorrences of Todorokite. Amer. Miner., 45 (11 e 12):1167-1173
- 16- GALVÃO, MARÍLIA V. (1966) Atlas Nacional do Brasil. I. B.G.E., Conselho Nacional de Geografia
- 17- GRUNER, J.W. (1947) Groutite, H MnO_2 , A New Mineral of the Diaspore-Goethite Group. Amer. Miner., 32 (11 e 12):654-659.
- 18- GUERRA, A. TEIXEIRA (1966) Dicionário Geológico-Geomorfológico. I. B.G.E. -Conselho Nacional de Geografia, 411 pp.
- 19- GUIMARÃES, D. (1961) Fundamentos da Metalogênese e os Depósitos Minerais do Brasil. D.N. P.M., Bol. 109, 266 pp.
- 20- _____ (1965) Princípios de Metalogênese e Geologia Econômica do Brasil. D.N. P.M., Bol. 121, 422 pp.

- 21- HAHN, W.C. and MUAN, A. (1960) Studies in the System Mn-O: The Mn_2O_3 - Mn_3O_4 and Mn_3O_4 -MnO Equilibria. Amer. Jour. Sci., 258 (1): 66-78.
- 22- HARIYA, YU (1961) Mineralogical Studies on Manganese Dioxide and Hidroxide Minerals in Hokkaido, Japan. Jour. Fac. Sci., Hokkaido, 10 (4): 641-702.
- 23- HEWETT, D.F. (1966) Stratified Deposits of the Oxides and Carbonates of Manganese. Ec. Geol., 61 (3): 431-461.
- 24- HOLTROP, J.F. (1965) The Manganese Deposits of the Guiana Shield. Ec. Geol., 60 (6): 1185-1212.
- 25- KATZ, GERALD (1960) Jacobsite from the Weger, Israel. Amer. Miner., 45 (6): 734-739.
- 26- KEGEL, W. (1956) Manganese Deposits of the State of Bahia. XX Congresso Geológico Internacional, tomo 3 (Symposium del Manganeso): 257-260, México.
- 27- KRAUSKOPF, K. (1967) Introduction to Geochemistry. McGraw Hill Book Company, New York, 721pp.
- 28- KULP, J.L., KENT, P. and KERR, P.F. (1951) Thermal Study of the Ca-Mg-Fe Carbonate Minerals. Amer. Miner., 36 (9 e 10): 643-670.
- 29- MASON, B. (1943) Mineralogical Aspects of the System FeO- Fe_2O_3 -MnO- Mn_2O_3 . Geol. Förr. Förrh. Stockholm, 65 (2): 97-180.
- 30- _____ (1947) Mineralogical Aspects of the System Fe_3O_4 - Mn_3O_4 -Zn Mn_2O_4 . Amer. Miner., 32 (7 e 8): 426-441.
- 31- MC ANDREW, J. (1952) The Cell Edge of Jacobsite. Amer. Miner., 37 (5 e 6): 453-460.
- 32- MERO, J.L. (1962) Ocean Floor Manganese Nodules. Ec. Geol., 57 (5): 747-767.

- 33- MONTORO, V. (1938) Miscibilità Frai Sesquiossidi di Ferro e di Manganese. Gazz. Chim. Italiana, 68: 728-733.
- 34- MUAN, A. and SOMIYA, S. (1962) The System Iron Oxide-Manganese Oxide in Air. Amer. Jour. Sci., 260 (3): 230-240.
- 35- MUKHERJEE, B. (1959) An X-ray Study of Manganese Minerals. Miner. Mag., 32 (247): 332-339.
- 36- NAGELL, R.H. e SILVA, A.R. (1961) O Carbonato de Manganês como Protominério do Distrito de Serra do Navio, Território Federal do Amapá. Soc. Bras. Geol., 10 (2): 53-62.
- 37- ÖDMAN, O.H. (1955) Morro da Mina Manganese Deposit and its Protore. Eng. Min. e Met., 21 (122): 57.
- 38- PARK, C.F. JR. (1956) On the Origin of Manganese. XX Congresso Geológico Internacional, tomo 1 (Symposium del Manganese): 75-98. México.
- 39- PARK, C.F. JR. and MACDIARMID, R.A. (1964) Ore Deposits. W.H. Freeman and Company, San Francisco. 475 pp.
- 40- PFLUG, R. (1967) Die Präkambrische Miogeosynklinale der Espinhaço-Kordillere, Minas Gerais, Brasilien. Geol. Rund., 56 (3): 825-844.
- 41- RAMDOHR, P. (1956) Die Manganerze. XX Congresso Geológico Internacional, tomo 1 (Symposium del manganese): 19-73, México.
- 42- RAO, J.S.R.K. (1963) Microscopic Examination of Manganese Ores of Srikakulam and Visakhapatnam Districts, Andhra Pradesh, India. Ec. Geol., 58 (3): 434-440.

- 43- REEVES, R.G. (1966) Geology and Mineral Resources of the Monlevade and Rio Piracicaba Quadrangles, Minas Gerais, Brazil. U.S.G.S. Professional Paper 341-E, 58 pp. Washington.
- 44- RIBEIRO FILHO, E. (1966) Jacobsita de Licínio de Almeida, Bahia. Soc. Bras. Geol., 15 (2): 43-48.
- 45- RIBEIRO FILHO, E.
e VALARELLI, J.V. (1966) Rodonita e Espessartita de Urandi, Bahia, Ciência e Cultura, 18 (2): 215-216.
- 46- RIBEIRO FILHO, E.,
ELLERT, N. (1967) Magnetometria de Minério de Manganês no Centro Sul da Bahia. XXI Congresso Brasileiro de Geologia, Bol. Paranaense de Geoc., n.26: 36-37.
- 47- ROY, SUPRIYA (1957) Mineralogy and Texture of the Manganese Ores of Kodur, Srikakulan District, Andhra Pradesh India. Canadian Miner., 6 (4): 491-503.
- 48- _____ (1959) Variation in the Etch Behavior of Jacobsite with Different Cell Dimensions. Nature, 183:1256-1257.
- 49- _____ (1964) Recent Studies on the Phase Equilibrium Relations of Manganese Minerals and Their Implications on the Mineralogenetic Trend of Natural Ore Deposits. Adv. Fr. Geol. Geoph.: Krishnan Vol.:249-258.
- 50- _____ (1965) Comparative Study of the Metamorphosed Manganese Protore of the World - The Problem of the Nomenclature of the Gondites and Kodurites. Ec. Geol., 60 (6): 1238-1260.

- 51- ROY, SUPRIYA and
PURKAIT, P.K. (1965) Stability Relations of Manganese Oxide Minerals in Metamorphic Orebodies Corresponding to Sillimanite Grade in Gowari Wadhona Mine Area,....Ec.Geol. 60 (3): 601-613.
- 52- RUMYANTESEV, G.S. (1965) Composition and Properties of the Magnetite-Jacobsite Series Redetected in the Magnetitovoye Deposit (Buryat ASSR). Doklady, 164 (1-6): 135-138.
- 53- SCARPELLI, W. (1966) Aspectos Genéticos e Metamórficos das Rochas do Distrito de Serra do Navio, Amapá, Brasil. VI Conf. Geol.Guianas, D.N.P.M., Bol. avulso n. 41: 37-56.
- 54- SERVICE, H. (1943) The Geology of the Nsuta Manganese Ore Deposits. Gold Coast Geol.Surv. Mem. 5: 1-32.
- 55- SIMONS, F.S. and STRACZEK, J.A. (1958) Geology of the Manganese Deposits of Cuba. U.S.G.S. Bull. 1057, 290 pp.
- 56- SRIRAMADAS, A. (1957) Diagrams for the Correlation of the Unit Cell Edges and Refractive Indices with the Chemical Composition of Garnets. Amer.Miner., 42 (3 e 4): 294-298.
- 57- STILLWELL, F.L. and EDWARDS, A.B. (1951) Jacobsite from the Tamworth District of N.S.W.Minor.Mag., 29 (212): 538-541.
- 58- TÁVORA, F.J., CORDANI, U.G. e KAWASHITA, K. (1967) Determinações Geocronológicas na Região Central da Bahia pelo Método Potássio-Argônio. XXI Congresso Brasileiro de Geologia. Bol. Paranaense de Geoc. nº 26: 59.

- 59- TURNER, F.J. and VERHOOGEN, J. (1960) Igneous and Metamorphic Petrology, 2a. ed. McGraw-Hill Book Company, New York. 694 pp.
- 60- UKAI, Y. et al. (1956) Mineralogical Study of Manganese Dioxide Minerals. Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto, Series B, 23: 203-222.
- 61- VALARELLI, J.V. (1967) O Minério de Manganês da Serra do Navio, Amapá. Tese de Doutorado apresentada à Fac. Fil. Ciên. Letras da Univ. de São Paulo.
- 62- VAN HOOK, H.J. and KEITH, M.L. (1958) The System $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Mn}_3\text{O}_4$. Amer. Miner., 43 (1 e 2): 69-83.
- 63- VARENTSOV, I.M. (1964) Sedimentary Manganese Ores. Elsevier Publ. Company, New York. 119 pp.
- 64- YUN (1958) Experimental Studies on Magnetic and Crystallographic Characters of Fe-bearing Manganese Oxides. Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto, Series B, 25: 125-137.
- 65- WADSLEY, A.D. (1950) Synthesis of Some Hydrated Manganese Minerals. Amer. Miner., 35 (7): 485-499.
- 66- WINCHELL, H. (1958) The Composition and Physical Properties of Garnet. Amer. Miner., 43 (5 e 6): 595-600.
- 67- THE ROCK-COLOR CHART (1951) Geological Society of America, New York.
- 68- ARRUDA, M.R. (1968) Um Aparelho para Análise Termogravimétrica. Ciência e Cultura (no prelo).

FOTOGRAFIAS

Foto 1 - Filito dobrado. Estrada de ferro entre Urandi e Licínio de Almeida.

Foto 2 - Gnaisse fitado de Urandi.

Foto 3 - Gnaíse fitado com zona granitizada. Urandi

Foto 4 - Metaconglomerado da estrada de ferro entre Urandi e Licínio de Almeida.

Foto 5 - Metaconglomerado da estrada de ferro entre Urandi e Licínio de Almeida.

Foto 6 - Granada-xisto da Mina Pedra Preta.

Foto 7 - Minério de manganês associado com barita.
Mina Pedra Preta.

Foto 8 - Minério lenticular da Mina Barreiro dos
Campos.

p. 38

p8-38

Foto 9 - Cristal de espessartita da Mina Barreiro dos Campos.

p-46

Foto 10 - Rodonita parcialmente transformada em óxi
do de manganês.

p. 52

Foto 11 - Minério lenticular dobrado. Mina Barnabé.

p. 52

Foto 12 - Minério lenticular dobrado. Mina Barnabé.

Foto 13 - Minério lenticular com estrutura bandeada.
Mina Barnabé.

p. 55

p. 57

Foto 14 - Vários tipos de "granzon". Com núcleo de
manganês e de xisto decomposto, Mina Barnabé.

Foto 15 - "Granzon" com núcleo de minério de manganês compacto e magnético, Mina Barnabé.

Foto 16 - Manganês laterítico do tipo "Pé de Moleque".

Foto 17 - Quartzito do alto da serra entre Urandi e
Licínio de Almeida.

Fotomicro. 1 - Seção polida de minério de enriquecimento supérgeno com moldes de cristais de granada. Mina Pedra Preta. Nicóis descruzados. Aumento de 25 vezes.

Fotomicro. 2 - Lâmina delgada de protominério carbonáctico parcialmente substituído por óxido de manganês. Mina Barreiro dos Campos. Nicóis cruzados. Aumento de 30 vezes.

p. 41

Fotomicro. 3 - Lâmina delgada de protominério carboná-
tico parcialmente substituído por óxido de manganês.
Mina Barreiro dos Campos. Nicóis cruzados. Aumento
de 25 vezes. Notar a clivagem e a substituição por
 MnO_2 menos intensa que na Fotomicro. 2.

Fotomicro. 4 - Lâmina delgada de cristal de espessarti-
ta cortado por veios de quartzo e alterado em MnO_2 nas
fraturas. Mina Barreiro dos Campos. Nicóis descruza-
dos. Aumento de 20 vezes.

pr. 44
atlas de

Fotomicro. 5 - Lâmina delgada de rodonita substituída por óxido de manganês. Mina Barreiro dos Campos. Nicóis descruzados. Aumento de 25 vezes.

p. 46

Fotomicro. 6 - Seção polida de minério de manganês com clivagem romboédrica. Mina Barreiro dos Campos. Nicóis descruzados. Aumento de 75 vezes.

p 52

Fotomicro. 7 - Lâmina delgada de anfibolito com cristais orientados de jacobina. Mina Barnabé. Nicóis descruzados. Aumento de 27 vezes.

p 53

Fotomicro. 8 - Lâmina delgada de anfibolito bandeado. Rio do Salto. Nicóis semi-cruzados. Aumento de 27 vezes.

Fotomicro. 9 - Lâmina delgada de rocha carbonática com cristais de diopsídio. Mina Barnabé. Nicóis cruzados. Aumento de 25 vezes.

Fotomicro. 10 - Seção polida de cristal de jacobinita com superfície de corrosão. Mina Barnabé. Nicóis descruzados. Aumento de 63 vezes.

p-54
62

Fotomicro. 11 - Seção polida de minério da Mina Barnabé. Em cinza claro prismas de pirolusita e cristais corroídos de jacobita. Em cinza escuro óxidos de manganês do grupo alfa MnO_2 . Nícos descruzados. Aumento de 30 vezes.

p-54
62

Fotomicro. 12 - Seção polida de minério da Mina Barnabé. Textura de substituição. Em cinza escuro todorokita e alfa MnO_2 . Em cinza claro pirolusita e jacobita. Nícos descruzados. Aumento de 50 vezes.

pt. 57

Fotomicro. 13 - Seção polida de minério da Mina Barnabé. Cristais de jacobita cortados por "veio" de criptomelana. Nicóis descruzados. Aumento de 50 vezes.

17

Fotomicro. 14 - Seção polida de minério da Mina Barnabé. Cristais de jacobita cortados por "velo" de criptomelana. A criptomelana está escurecida em consequência de ataque com SnCl_2 . Nicóis descruzados. Aumento de 50 vezes.

p-57

Fotomicro. 15 - Seção polida de minério da Mina Barnabé. Textura orientada. Luz oblíqua. Aumento de 20 vezes.

p-57

Fotomicro. 16 - Seção polida de minério da Mina Barnabé. Cristal geminado de pirolusita. Nicols semi-cruzados. Aumento de 360 vezes.

Fotomicro. 17 - Seção polida de rocha do tipo jaspilito. Mina Barnabé. Em branco e cinza claro observa-se sílica e sílica com óxidos de ferro. Em cinza escuro camadas concêntricas de óxidos de manganês. Luz oblíqua. Aumento de 20 vezes.

Fotomicro. 18 - Seção polida de rocha do tipo jaspilito. Mina Barnabé. Textura coloforme formada de camadas concêntricas de sílica e óxidos de manganês. Nícois descruzados. Aumento de 20 vezes.

58

Fotomicro. 19 - Seção polida de rocha do tipo jaspilito. Mina Barnabé. Textura coloforme. Em cinza escuro camadas concêntricas de sílica com óxidos de Mn. Em cinza claro óxidos de manganês alfa MnO_2 com pequenos cristais de pirolusita. Nicols descruzados. Aumento de 20 vezes.

58

Fotomicro. 20 - Seção Polida. Mina Barnabé. Textura coloforme. Observar os cristais prismáticos de pirolusita. Nicols descruzados. Aumento de 75 vezes.

MAPA GEOLOGICO DA REGIÃO DE URANDI, SERRA DO ESPINHAÇO, BAHIA.

por
Evaristo Ribeiro Filho

— 1968 —

MAPA DA SITUAÇÃO

LEGENDA

- QUARTZITOS
- XISTOS E FILITOS
- QUARTZITO COM HEMATITA
- GNAISSES
- 50 ATITUDE DA XISTOSIDADE
- XISTOSIDADE VERTICAL
- RUMO DO CAIMENTO DO EIXO DE DOBRAS
- CONTACTOS OBSERVADOS OU INFERIDOS
- CONTACTOS INCERTOS
- ESTRADA DE FERRO
- ESTRADAS DE RODAGEM
- JAZIDAS DE MANGANÊS

— des. RUFINO —

NV

ESCALA
0 1000 2000 3000 4000
METROS

Fig. 1

MAPA DA MINA PEDRA PRETA

por
Evaristo Ribeiro Filho
—1968—

LEGENDA

	Solo		Atitude da xistosidade
	Elúvio de manganês e quartzo (rolado)		Plano de falha
	Minério rolado		Limite da área com minério rolado
	Minério lenticular		Limite da área com minério lenticular
	Xisto decomposto		Poço
	Quartzito		Frentes de trabalho (F-1, F-2 etc.)
	Solo com quartzo e manganês eluviais		Trincheiras
	Veio de quartzo		Galerias

PERFIS DOS POÇOS

PERFIS DAS GALERIAS

Fig. 2

LEGENDA

- 75 Atitude da xistosidade
- Poço
- Trincheras T-1, T-2 etc.
- Contactos observados
- Contactos incertos
- Gnaíse
- Anfibolito
- Quartzito
- Protomínério carbonático
- Xistos
- Minério lenticular

MAPA GEOLÓGICO MINA BARREIRO DOS CAMPOS

por
Evaristo Ribeiro Filho

—1968—

Escala 1:10.000

N.V.

—des. Rufino—

Fig. 3

MAPA GEOLÓGICO DA MINA BARNABÉ

por
Evaristo Ribeiro Filho
—1968—

ESCALA
m 40 0 40 80 120 160 m

Seção F5-F6

0 1 2 3 4 5 m

Seção A-Bem F-1

0 2 4 6 m

JAZIDA LAGOA
DA
VEREDA

LEGENDA

- $\angle_{70}$ ATITUDE DA XISTOSIDADE
- $\text{---} \text{---}$ MARCOS DE CONCRETO
- $\square$ POÇO
- --- TRINCHEIRAS
- --- FRENTES DE TRABALHO (F1, F2 etc.)
- --- ÁREA DE MINÉRIO ROLADO E GRANZON
- --- D PERFIL DE AMOSTRAGEM DE SOLO
- --- BLOCOS DE MINÉRIO ELUVIAL (ROLADO)
- --- BLOCOS DE MINÉRIO EM SOLO
- --- CASCALHO DE MANGANÊS (GRANZON)
- --- MANGANÊS LENTICULAR
- --- ANFIBOLITO
- --- ROCHA DECOMPOSTA, MINÉRIO ROLADO, SOLO

1
2
3
4
PROFUNDIDADE
EM
METROS

PERFIS DOS POÇOS

MAPA DE ISOANOMALIAS MAGNÉTICAS

Componente vertical em gamas
Mina Barnabé, Bahia

Nelson Ellert
e
Evaristo Ribeiro Filho
—1967—

ESCALA
m 40 0 40 80 120 160m

LEGENDA

- ESTRADA
- 46 45 MARCO DE CONCRETO
- F. 1, F. 2 etc.
FRENTES DE TRABALHO
- P. I, P. II etc.
PERFIS MAGNETOMÉTRICOS

Des. Rufino

Fig. 5

T 795