

XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA

ANEXO
AOS
ANAIS



PROVÍNCIA
MINERAL
DE CARAJÁS

LITOESTRATIGRAFIA E PRINCIPAIS
DEPÓSITOS MINERAIS

BELEM
COMPANHIA VALE DO RIO DOCE
SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA
1988

XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA

ANEXO AOS ANAIS

**PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS
LITOESTRATIGRAFIA E
PRINCIPAIS DEPÓSITOS MINERAIS**

BELÉM

**COMPANHIA VALE DO RIO DOCE
SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA**

1988

APRESENTAÇÃO

A Companhia Vale do Rio Doce – CVRD e a Rio Doce Geologia e Mineração – DOCEGEO, por ocasião do XXXV Congresso Brasileiro de Geologia e VII Congresso Latino Americano de Geologia, oferecem à comunidade geológica, uma atualização dos trabalhos que vem sendo desenvolvidos na Província Mineral de Carajás.

Uma proposta litoestratigráfica, para essa Província, foi elaborada com base em dados coletados nos trabalhos de geologia regional e nas avaliações dos depósitos descobertos nos últimos anos. Pode-se considerá-la, ainda, como uma revisão e atualização da estratigrafia regional, apresentada por ocasião do I Simpósio de Geologia da Amazônia, em 1982.

As atividades de lavra e um panorama atualizado dos conhecimentos sobre a mina de manganês do Azul são apresentados. Os principais depósitos da região foram abordados em artigos específicos, sendo que alguns representam resumos de trabalhos já publicados, anteriormente, enquanto que as jazidas, de ferro de N4E, de cobre (Au, Mo) do Salobo 3A e ouro de Lagoa Seca, foram objetos de estudos de reavaliação recentes, constituindo-se artigos inéditos.

Deixamos registrados nossos agradecimentos aos participantes deste volume e, em especial, à Companhia Vale do Rio Doce pelo patrocínio da sua publicação.

COMITÊ DE ORGANIZAÇÃO

XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA

IN MEMORIAM

RAIMUNDO MONTENEGRO GARCIA DE MONTALVÃO

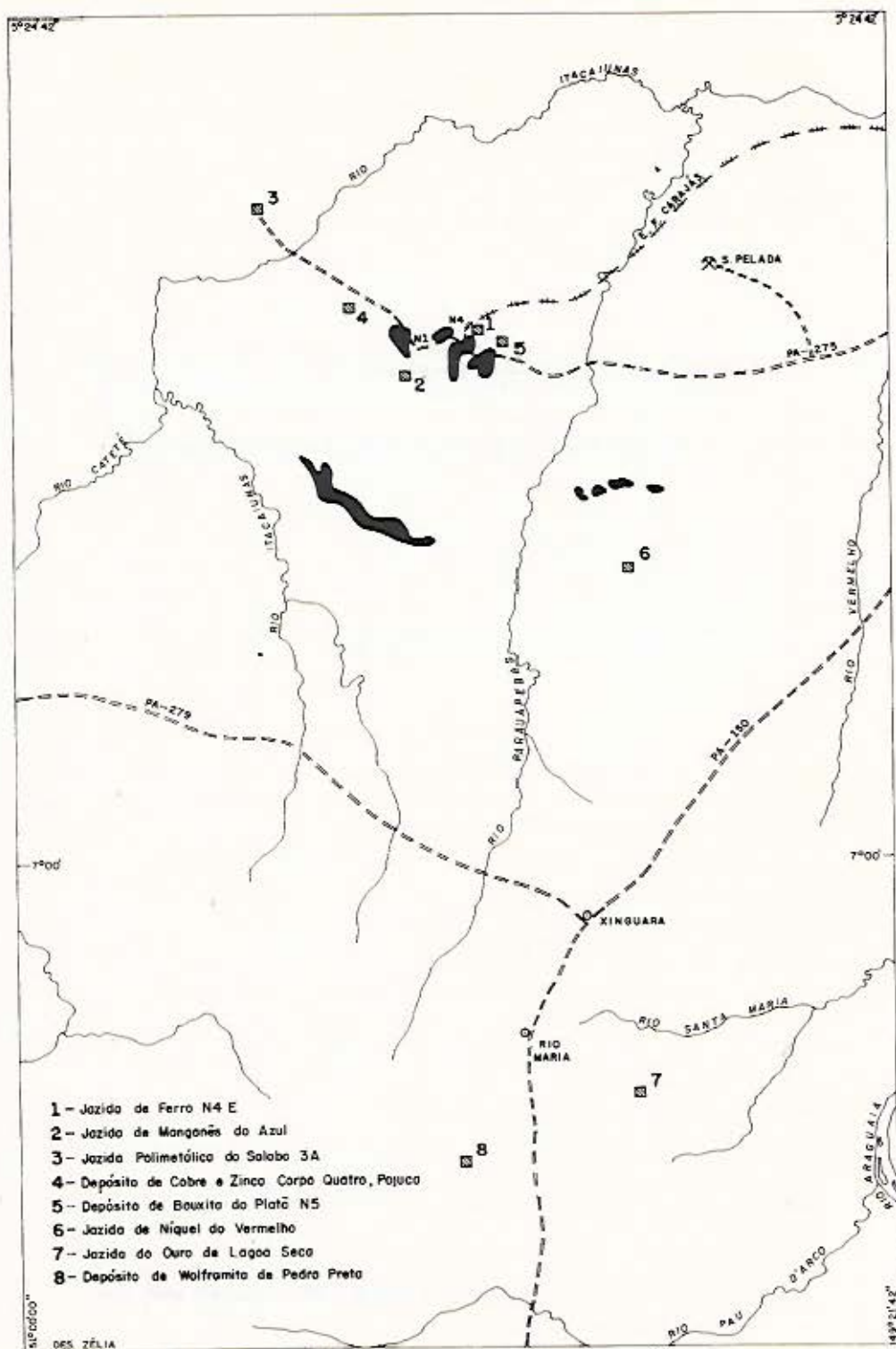
(* 11.03.42 – 23.12.87)

SUMÁRIO GERAL

APRESENTAÇÃO	3
LISTA DE FIGURAS	6
REVISÃO LITOESTRATIGRÁFICA DA PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS Equipe DOCEGEO – DISTRITO AMAZÔNIA	11
JAZIDA N4E: REAVALIAÇÃO DOS CORPOS DE HEMATITA DURA E JASPILITOS Eduardo Antonio Ladeira e José Roberto C. Cordeiro	57
MINA DE MANGANÊS DO AZUL Jairo Leal da Silva	73
CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA JAZIDA POLIMETÁLICA DO SALOBO 3A – REAVALIAÇÃO Eduardo Angelim de Pontes Vieira, Ricardo Saueressig, José Batista Siqueira, Evaldo R. Pinto da Silva, José Luzimar do Rêgo e Flávio D. Café de Castro ..	97
DEPÓSITO DE COBRE E ZINCO DO CORPO QUATRO, POJUCA Ricardo Saueressig	115
DEPÓSITO DE BAUXITA DO PLATÔ N5 Carlos Alberto da Silva Alves	123
JAZIDA DE NÍQUEL LATERÍTICO DO VERMELHO Arthur Luiz Bernardelli e Carlos Alberto da Silva Alves	133
CONHECIMENTO ATUAL DA JAZIDA DE OURO DE LAGOA SECA, SUL DO PARÁ Joaquim Salgado do Nascimento e Denice de Oliveira Biagini	143
DEPÓSITO DE WOLFRAMITA DE PEDRA PRETA, SUL DO PARÁ Armando A. C. Cordeiro, Carlos Alberto da Silva Alves, Denice de Oliveira Biagini, Lucival R. Fonseca, Joaquim Antonio S. Nascimento, Iloé Listo de Azevedo e Flávio F. dos Santos	161

LISTA DE FIGURAS

Província Mineral de Carajás – Localização dos Principais Depósitos Minerais . . .	7
1. Mapa de Localização das Áreas Trabalhadas	12
2. Mapa Geológico Regional – Província Mineral de Carajás	13
3. Coluna Litoestratigráfica – Província Mineral de Carajás	14
4. Mapa Geológico da Área Rio Inajá/Rio Preto	15
5. Mapa Geológico e Perfil – Região de Rio Maria/Xinguara	16
6. Mapa Geológico e Perfil do Greenstone Belt – Área Seringa	17
7. Mapa Geológico – Aba Sul do Sinclinal de Andorinhas	19
8. Mapa Geológico e Perfil da Área Lagoa Seca	21
9. Mapa Geológico e Perfil – Área Rio Preto	24
10. Mapa Geológico e Perfil – Área Luanga	26
11. Mapa Geológico e Perfil – Área Serra Azul	27
12. Corte Geológico Generalizado – Grupo Grão Pará, Serra Norte	32
13. Mapa Geológico e Perfil – Nível 250 da Área Salobo 3A	33
14. Mapa Geológico e Seção da Área Pojuca	35
15. Mapa Geológico e Seção – Grupo Igarapé Bahia	37
16. Mapa Geológico e Perfil – Parte Oeste da Serra de Buritirama	39
17. Mapa Geológico e Perfil de Serra Pelada	41
18. Mapa Geológico e Perfis – Área Cumaru	42
19. Seções Localizadas do Grupo Rio Fresco	43
20. "Rift" do Supergrupo Itacaiunas	47
21. Mapa de Localização do Distrito de Carajás	58
22. Mapa de Situação Aba Norte e Aba Sul – Jazida N4E	59
23. Mapa de Localização de Furos de Sondagem Realizados	60
24. Estilos de Dobramentos – Aba Norte N4E	64
25. Seções Geológicas Verticais – Aba Norte	66
26. Mapa Geológico – Estrutural da Jazida N4E – Aba Norte	67
27. Mapa Geológico da Jazida do Azul	76
28. Seção Geológica da Jazida do Azul	78
29. Evolução Mineralógica	81
30. Instalação de Beneficiamento de Minério de Manganês	89
31. Localização da Jazida de Manganês do Azul na Serra dos Carajás	91
32. Mapa de Localização – Salobo 3A	98
33. Seção Horizontal – Nível 250 – Salobo 3A	100
34. Seção Vertical LT-900SE – Salobo 3A	101
35. Distribuição Estatística de Ouro e Cobre nos Xistos Mineralizados – Corpo C	105
36. Diagramas de Frequência	106
37. Mapa de Afloramento e Bloco Diagrama Esquemático	106
38. Estilos Geométricos de Corpos Geológicos	107
39. Ilustrações Esquemáticas da Movimentação da Zona de Cisalhamento	108
40. Mapa Geológico Composto – Pojuca – Corpo Quatro	116
41. Seção Geológica Vertical 300E/Seção Geológica Horizontal Cota 300 – Pojuca – Corpo Quatro	118
42. Depósito de Bauxita de N5	125
43. Perfil Esquemático – Depósito de Bauxita de N5	126
44. Perfil do Poço N5 – 66	127
45. Mapa Geológico do Projeto Níquel – Carajás	135
46. Distribuição dos Minerais no Perfil Laterítico da Área Vermelho	137
47. Distribuição dos Elementos Ni, MgO, Fe ₂ O ₃ e SiO ₂ no Perfil Laterítico da Área Vermelho	138
48. Mapa de Localização – Jazida de Ouro de Lagoa Seca	144
49. Mapa Geológico da Região de Rio Maria	146
50. Mapa Geológico – Área Lagoa Seca	147
51. Mapa Geológico de Detalhe – Corpo LS-1	148
52. Seção LT-1550NE – Corpo LS-1	153
53. Mapa de Localização – Jazida de Wolframita da Pedra Preta	162
54. Mapa Geológico – Jazida de Wolframita da Pedra Preta	163
55. Seção Geológica – Jazida de Wolframita da Pedra Preta	164



PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS
LOCALIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS DEPÓSITOS MINERAIS

Revisão Litoestratigráfica da Provincia Mineral de Carajás

Equipe DOCEGEO – Distrito Amazônia*

REVISÃO LITOESTRATIGRÁFICA DA PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS

Equipe DOCEGEO - Distrito Amazônia

ABSTRACT

A lithostratigraphic review of the Carajás Mineral Province is proposed in this paper. The greenstone belt sequences that occur in the Rio Maria region are gathered in the Andorinhas Supergroup, which is divided into the Lagoa Seca Group at the top, and the Babaçu Group at the base. The basic-ultrabasic differentiated bodies which intrude the greenstone-belts at the Gradaus ridge and Rio Novo Sequence are designated Serra Azul and Luanga complexes, respectively. Intrusions of Archean granitoids are conspicuously associated with the Andorinhas Supergroup.

To the south, near the Inajá and Preto rivers, occurs the Serra do Inajá Supergroup, characterized as a granite-greenstone also and divided into the Santa Lúcia and Rio Preto groups.

The denomination of Itacaiunas Supergroup is proposed for the assemblages defined as Grão Pará, Igarapé Salobo, Igarapé Pojuca, Igarapé Bahia and Buritirama groups. The main feature of this Supergroup is that it had been formed as a product of a volcano-sedimentary evolution, of Archean age, though lithologically distinct from the granite-greenstone terrains which are assumed as basement to the Itacaiunas Supergroup evolution.

The Xingu Complex is represented by granodioritic, trondhjemitic and tonalitic gneisses and migmatites.

An early Proterozoic sedimentary cover of transgressive character and incipient metamorphic grade is widespread and is correlated to the Rio Fresco Group.

Post-tectonic granitic intrusions cut across all the above cited sequences.

INTRODUÇÃO

Significativos avanços no conhecimento da geologia da Província Mineral de Carajás evidenciaram a necessidade de revisão e atualização da coluna estratigráfica informal de Hirata et al. (1982). Objetivando facilitar o entendimento da evolução geológica da região e uniformizar a nomenclatura para as unidades definidas, é proposta uma coluna litoestratigráfica, pela equipe do Distrito Amazônia da DOCEGEO, elaborada a partir dos dados acumulados pela empresa desde 1974, somados aos resultados de trabalhos desenvolvidos por outras empresas e instituições de pesquisa.

Considera-se, como Província Mineral de Carajás, a área limitada a leste pelos rios Araguaia-Tocantins, a oeste pelo rio Xingu, a norte pela Serra do Bacajá e, a sul, pela Serra dos Gradaus. A área em foco está limitada, a oeste, pelo paralelo 51°00' W (fig. 1).

Os "greenstone-belts" que ocorrem na região foram agrupados no Supergrupo Andorinhas. Granitóides e complexos máfico-ultramáficos diferenciados são intrusivos nesses "greenstones". Mapeamentos geológicos evidenciaram uma configuração de formato grosseiramente triangular, cujos vértices são o Granito Seringa e as localidades de Cumarú e Rio Maria, que se constitui num bloco granito-"greenstone" que resistiu à gnaissificação e à migmatização registradas tanto a norte como a sul. Para leste, esse bloco faz contato com o Grupo Tocantins e, para oeste, seus limites encontram-se fora da área em estudo (fig. 2).

No extremo sudeste do Estado do Pará, nas bacias dos rios Inajá e Preto, ocorre o Supergrupo Serra do Inajá, que também é caracterizado como um terreno granito-"greenstone" (fig. 4).



Fig. 1 — MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS TRABALHADAS

É proposta a denominação de Supergrupo Itacalúnas para englobar o Grupo Grão Pará e demais unidades a ele associadas, as quais são definidas como grupos Igarapé Salobo, Igarapé Pojuca, Igarapé Bahia e Buritirama. A característica principal desse supergrupo é mostrar-se produto de uma evolução em ambiente vulcano-sedimentar, de idade Arqueana, mas litologicamente distinto dos "greenstone belts".

O Complexo Xingu (Silva et al., 1974) é representado, na área, por migmatitos e gnaisses tonalíticos, trondhjemiticos e/ou granodioríticos.

Uma cobertura sedimentar, de caráter transgressivo e de incipiente grau metamórfico, cortada por granitos anorogênicos, cobre todas as seqüências da região e é correlacionada ao Grupo Rio Fresco de Cunha et al. (1984).

Intrusões graníticas pós-tectônicas afetaram o Grupo Rio Fresco, o Complexo Xingu, os granitóides Arqueanos e os supergrupos Andorinhas, Serra do Inajé e Itacaiunas.

SUPERGRUPO ANDORINHAS

As rochas mais antigas do sudeste do Pará encontram-se na região de Rio Maria, na borda sudeste do Craton Amazônico de Almeida (1978). De ampla distribuição, elas formam faixas que contornam granitóides e guardam indícios de que foram, no pretérito, extensos corpos, separados, posteriormente, por sucessivas intrusões graníticas. Deve-se a Cordeiro & Saueressig (1980) os primeiros estudos sobre esses cinturões de "greenstone-belt", o levantamento de seus primeiros indícios de mineralizações auríferas e a proposta de separá-los em duas seqüências distintas: Seqüência Lagoa Seca, de topo, e Seqüência Babaçu, basal.

Com o prosseguimento dos trabalhos de prospecção regional, diversas faixas de "greenstones" foram sucessivamente definidas, apresentando características litoestratigráficas semelhantes às de Rio Maria. Assim, as faixas de "greenstone" encontradas nas regiões de Gradaús, Sapucala, Seringa e a sul de Serra Pelada, mostram-se correlacionáveis e ajustam-se às características das seqüências Lagoa Seca e Babaçu, para as quais propomos a hierarquia de grupos que, conjuntamente, formariam o Supergrupo Andorinhas. Esta denominação é devida ao fato dos primeiros trabalhos de caracterização dos "greenstones" terem sido realizados nos arredores de Rio Maria, cujo acidente geográfico marcante é a Serra das Andorinhas. Além disso, é nessa região que podem ser observadas as relações de contato desse supergrupo com os granitóides arqueanos que lhe são intrusivos, com a cobertura sedimentar do Grupo Rio Fresco, com os granitos anorogênicos e com os gnaisses circundantes (fig. 5).

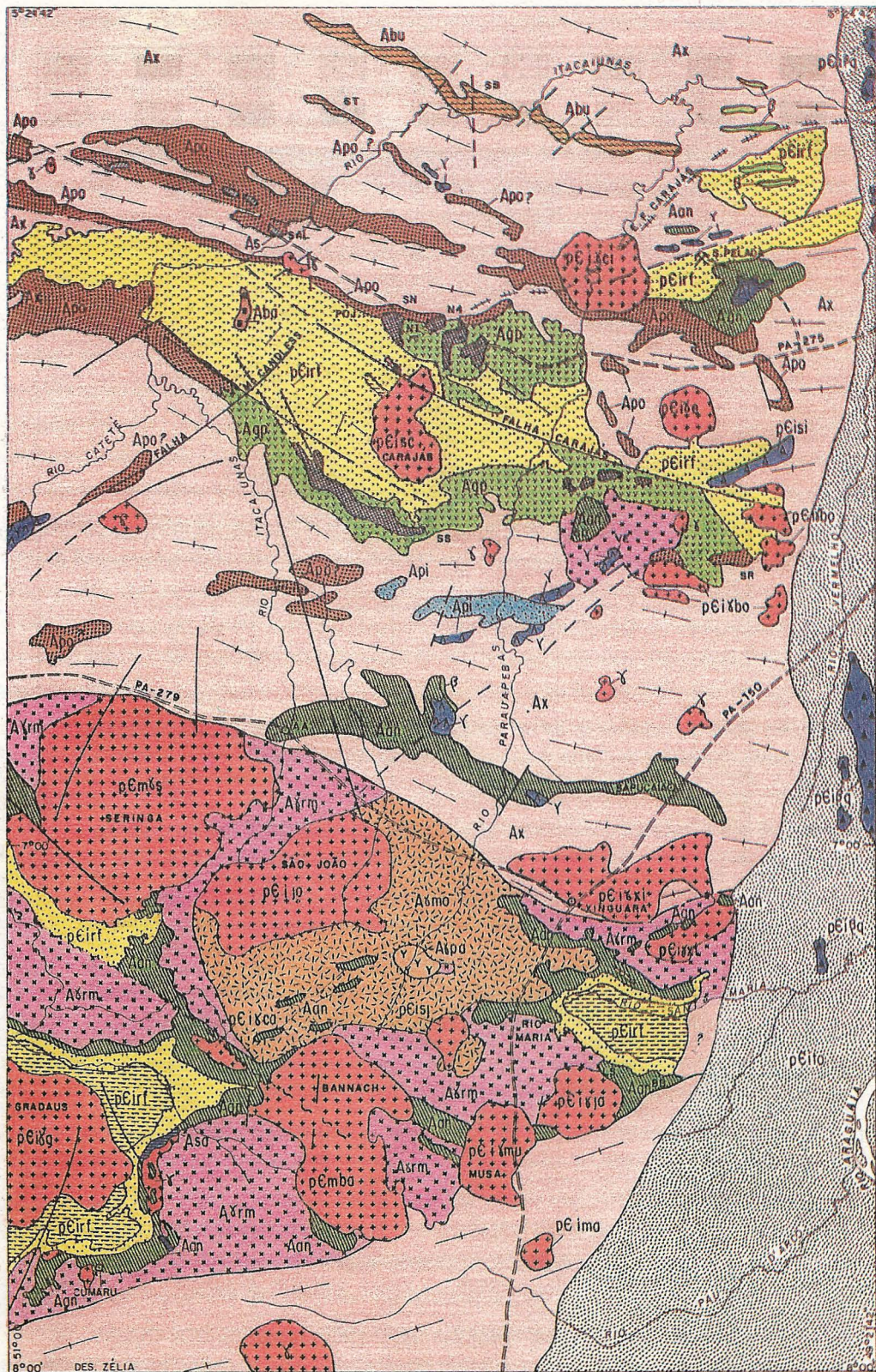
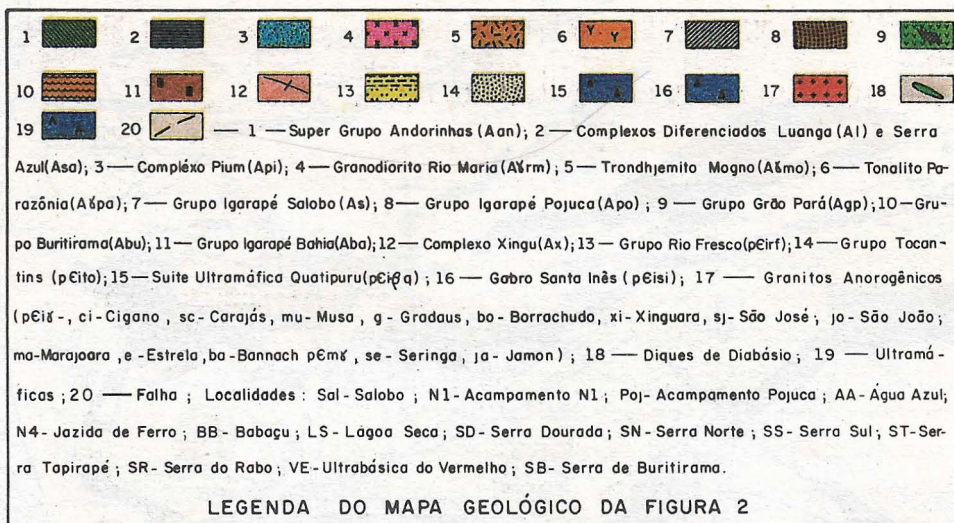


Fig. 2 — MAPA GEOLÓGICO REGIONAL — PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS



EOC	ERA	IDADE (b. g.)	SUPER GRUPO	GRUPO	FORMAÇÃO	COMPLEXO	SUITE	GRANITÓIDES / GRANITOS	VARIAÇÃO NA COLUNA	
PROTEROZOÍCO	MÉDIO SUPER.	0.57			DIQUES BÁSICOS / ACIDOS*					
		1.10						SERINGA, JAMON		
		1.80							CARAJÁS, CIGANO, MUSA, GRADAUS*, BORRACHUDO*, XINGUARA*, SÃO JOSÉ*, SÃO JOÃO*, CACHOEIRINHA*, BANNACH*, MARAJOARA, ETC...	
	INFERIOR					GABRO STA. INÊS*		QUATIPURU*		
		1.90			TOCANTINS/R. FRESCO	RIO NAJA IGARAPÉ AZUL				
		2.25							ESTRELA* (?)	
		2.40			BURITIRAMA	SUMIDOURO			TONALITO PARAZÔNIA	
		2.60	ITACAIUNAS		IG. BAHIA	GROTA DO VIZINHO			TRONDHJEMITO MOGNO	
		2.75			GRÃO PARÁ	PALEOVULCÂNICA SUPERIOR			GRANODIORITO R. MARIA	
						CORPO QUATRO				
ARQUEANO				IGARAPÉ POJUÇA	CINZENTO TRÊS ALFA					
				IGARAPÉ SALOBO	GNAISSE CASCATA					
	2.76					LUANGA / SERRA AZUL				
	2.85					XINGU				
	>2.85	ANDORINHAS / SERRA DO INHÊ		LAGOA SECA / RIO PRETO	RECANTO AZUL FAZENDA DO QUINCAS		PIUM*			
				BABAÇU / STA. LÚCIA	MAMÃO IGARAPÉ ENCANTADO					

* Sem dados geocronológicos.

Fig. 3 — COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA - PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS

DES. ZÉLIA — JUL/88

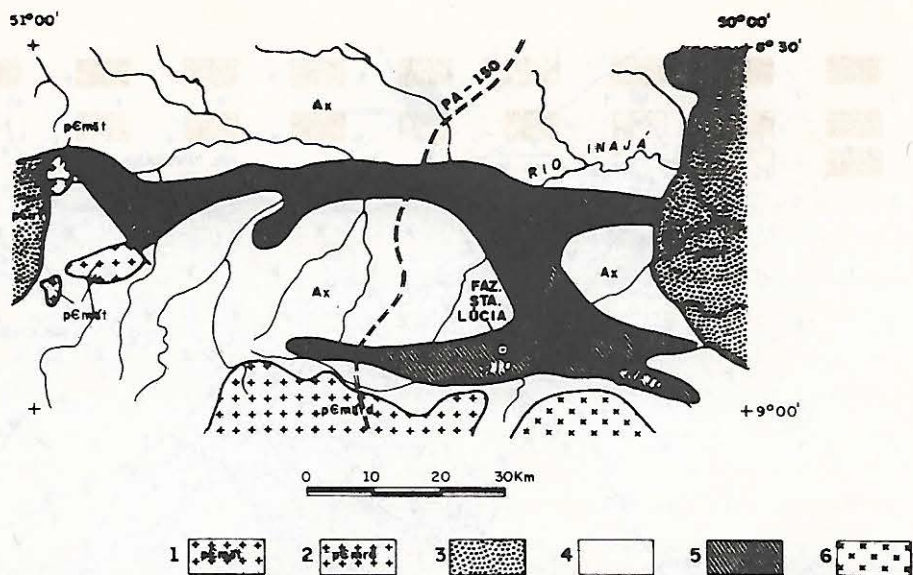


Fig. 4 — MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA RIO INAJÁ/RIO PRETO

- 1 — Suíte intrusiva Tarumã (pEmšt); 2 — Suíte Intrusiva Rio Dourado (pEmrd); 3 — Supergrupo Baixo Araguaia (pEito) / Grupo Rio Fresco (pEirf); 4 — Complexo Xingu (Ax) 5 — Supergrupo Serra Inajá (Ai); 6 — Granitóide.

GRUPO BABAÇU

Esta denominação provém da área conhecida como área Babaçu, onde foi definida, anteriormente, a Seqüência Babaçu. Esse grupo, que constitui a base do Supergrupo Andorinhas, foi subdividido em duas formações: Formação Igarapé Encantado e Formação Mamão.

Formação Igarapé Encantado Essa formação foi definida na área a sul do Granito Seringa, drenada pelo Igarapé Encantado, considerada localidade-tipo, situada a 80 km, em linha reta, a nordeste da cidade de Rio Maria. É constituída por uma sucessão de derrames ultramáficos komatíficos, com intercalações de formação ferrífera bandada magnética, ocorrendo numa faixa de 30 km de comprimento por 3 km de largura (fig. 6). Os derrames ultramáficos são constituídos por dunitos, peridotitos e piroxenitos. Os dunitos apresentam texturas de "cumulus", sendo formados por olivina (forsterita) e magnetita; o material intercumulado é composto por serpentina e opacos. Os metaperidotitos possuem granulação fina, apresentam, por vezes, textura "spinifex" e são compostos por olivina (forsterita), anfibólio (tremolita), magnetita e, subordinadamente, espinélio, cromita, ilmenita e calcopirita. Metapiroxenitos são compostos por anfibólio (tremolita) e minerais opacos (magnetita, ilmenita, cromita e sulfetos). Apresentam texturas "spinifex" formando "blades" de até 20 mm de comprimento (Huhn et al., 1986). Intercalações delgadas de formação ferrífera bandada são frequentes ao longo de toda pilha vulcânica. Lavas ultramáficas komatíficas, com textura "spinifex" (foto 1), revelaram as melhores exposições no extremo norte da área, no contato do "greenstone belt" com o Granito Seringa. Pequenas intrusões diferenciadas, compostas por metapiroxenitos e metaperidotitos, ocorrem subordinadamente.

A Formação Igarapé Encantado ocorre, também, no extremo oeste da faixa de "greenstone" de Sapucaia, próximo à vila de Água Azul, e imediatamente a norte do Granito Cachoeirinha.

Formação Mamão Do ponto de vista litoestratigráfico, a seqüência vulcano-sedimentar da porção basal da aba sul de Andorinhas é a mais completa. Os litotipos mais representativos ocorrem nos arredores da vila do Mamão, situada 30 km, em linha reta, a sudeste da cidade de Rio Maria, sendo considerada localidade-tipo. Apresenta uma espessura média, aparente, de 2 km por cerca de 10 km de extensão (fig. 7). É composta

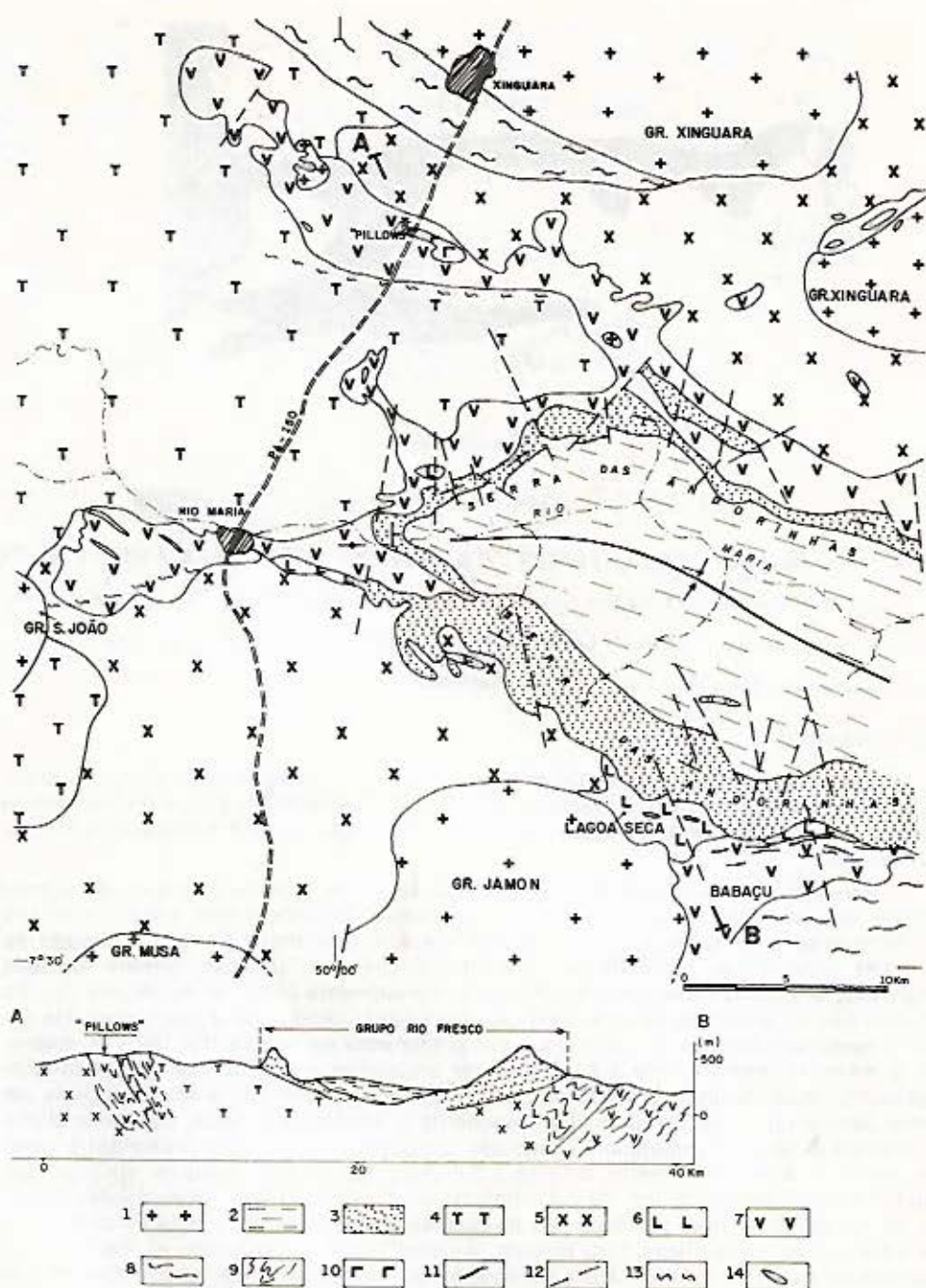


Fig. 5 — MAPA GEOLÓGICO E PERFIL — REGIÃO DE RIO MARIA / XINGUARA

1— Granitos ; 2— Formação Rio Naja; 3— Formação Igarapé Azul ; 4— Trondhjemito Mogno; 5— Granodiorito Rio Maria ; 6— Grupo Lagoa Seca ; 7— Grupo Babau ; 8— Folição Gnáissica ; 9— Folição Metamórfica ; 10— Dacito Intrusivo ; 11— Formação Ferrifera ; 12— Falha ; 13— Cisalhamento ; 14— Diabásio.

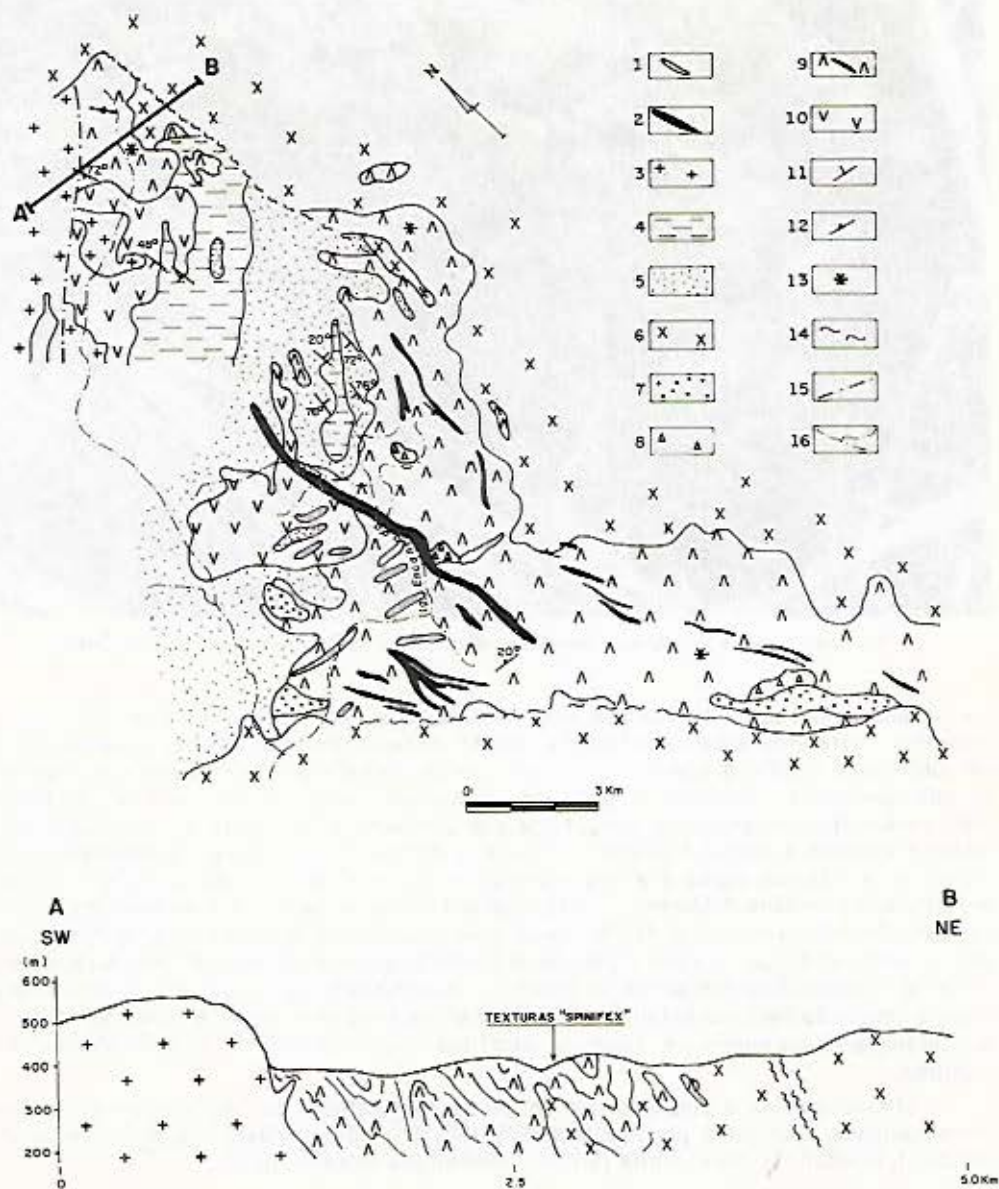


Fig. 6 — MAPA GEOLÓGICO E PERFIL DO GREENSTONE BELT — ÁREA SERINGA

1 — Velos de Quartzo ; 2 — Intrusivos Máficos ; 3 — Granito Seringa ; 4 — Formação Rio Naja ; 5 — Formação Igarapé Azul ; 6 — Granodiorito ; 7 — Grupo Lagoa Seca ; 8 — Metavulcânica Felsica Intermediária ; 9 — Metaultramáfica Komatiítica com Formações Ferríferas Intercoladas (Formação Igarapé Encantado) ; 10 — Metamáficas Talcíticas ; 11 — Acomentamento ; 12 — Folição ; 13 — Texturas "Spinifex" ; 14 — Cisalhamento ; 15 — Folha ; 16 — Drenagem.

DES. ZÉLIA — JUN / 88



1 - Textura "spinifex" em lavas ultramáficas komatiíticas da Formação Igarapé Encantado.

por extensos derrames de metabasaltos intercalados com sedimentos químicos predominantes, metatufos e talco-xistos. As rochas metavulcânicas máficas, representativas de vulcanismo basáltico toleítico, ocupam a porção basal e ocorrem quase que totalmente intemperizadas. Geralmente, possuem granulação média a fina, textura variolítica, com assembléia mineralógica constituída por tremolita \pm actinolita \pm oligoclásio e/ou albita \pm epidoto \pm clorita \pm quartzo. Estruturas do tipo "pillow"-lava, de dimensões centimétricas a métricas (fotos 2 e 3) e material "interpillow" fino, contendo 3 a 5% de vidro devitrificado (Cordeiro & Martins, 1984), ocorrem nessa unidade, na área Identidade, a 20 km, pela PA-150, a nordeste de Rio Maria. Intercalações de lavas ultramáficas (talco-xistos) ocorrem ao longo de todo o pacote. A parte superior da Formação Mamão é constituída de metassedimentos pelíticos (clorita e quartzo sericita xistos) e químicos (metachert e formação ferrífera bandada). A formação ferrífera ocorre sob a forma de horizontes lenticulares ou contínuos, podendo constituir finas camadas de comprimentos quilométricos.

Mineralizações a ouro ocorrem em veios de quartzo e em rocha intensamente hidrotermalizada, composta por clorita/biotita (30-35%), plagioclásio (25-30%), carbonato (20-25%), quartzo (10-15%), pirita (5-7%) e ilmenita/leucóxênio (3-5%).

GRUPO LAGOA SECA

Esse grupo foi assim denominado por estar melhor representado na área onde está localizada a jazida de ouro de Lagoa Seca, situada a 25 km a sudeste, em linha reta, da cidade de Rio Maria, na porção basal sul da estrutura de Andorinhas (fig. 5). Constitui a seqüência de topo do Supergrupo Andorinhas e engloba duas unidades, para as quais são propostas as denominações Formação Fazenda do Quincas e Formação Recanto Azul (fig. 8).

Formação Fazenda do Quincas Esta designação abrange um conjunto de metassedimentos clástico-químicos, intercalados com metavulcânicas básica-ultrabásicas e níveis esporádicos de metavulcânicas/subvulcânicas intermediárias a ácidas, que constitui uma faixa estreita e alongada (50x1000 m), subverticalizada, com "trend" geral N60°E. Ocorre nas localidades conhecidas como Fazenda do Quincas, Fazenda Recanto Azul e Fazenda do Carioca, sendo que as melhores exposições encontram-se na Fazenda do Quincas, que é considerada localidade-tipo. A fazenda do Quincas também é co-

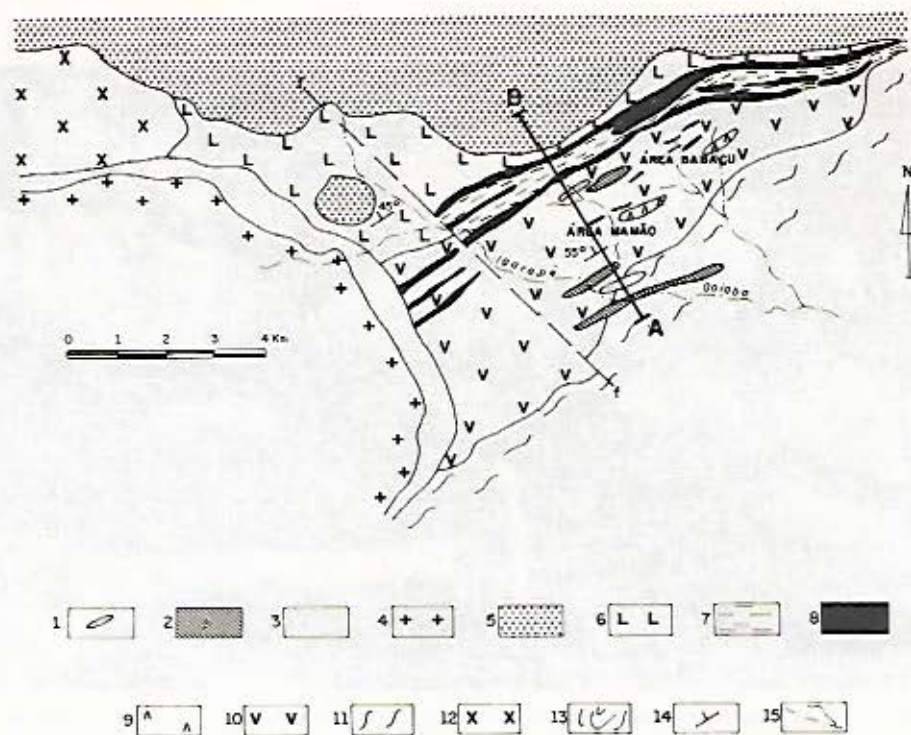


Fig 7 — MAPA GEOLÓGICO — ABA SUL DO SINCLINAL DE ANDORINHAS

1 — Riolito ; 2 — Diabásio ; 3 — Hornfels ; 4 — Granito Jacon ; 5 — Grupo Rio Fresco ; 6 — Grupo Lagoa Seca ; 7 — Clorita Xisto ; 8 — Formação Ferrífera ; 9 — Talco-Xisto ; 10 — Metabasalto ; 11 — Gnaiss Granodiorítico ; 12 — Granodiorita Rio Maria ; 13 — Foliação Metamórfica ; 14 — Atitude de Camada ; 15 — Drenagem . (Sep. Cardozo & Soueressig, 1980). 7 + 8 + 9 + 10 = Grupo Babaçu



Foto 2 – "Pillow" lava em basalto da Formação Mamão. Rodovia PA-150, 20 km a NE de Rio Maria.



Foto 3 – "Pillow" lava (em seção vertical) em basalto da formação Mamão. Rodovia PA-150, 20 km a NE de Rio Maria

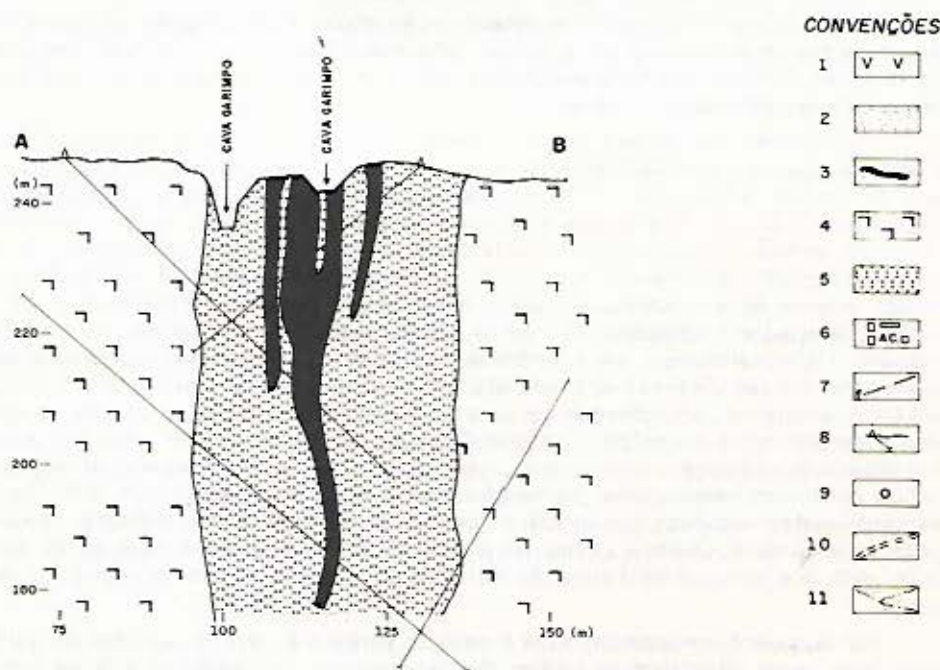
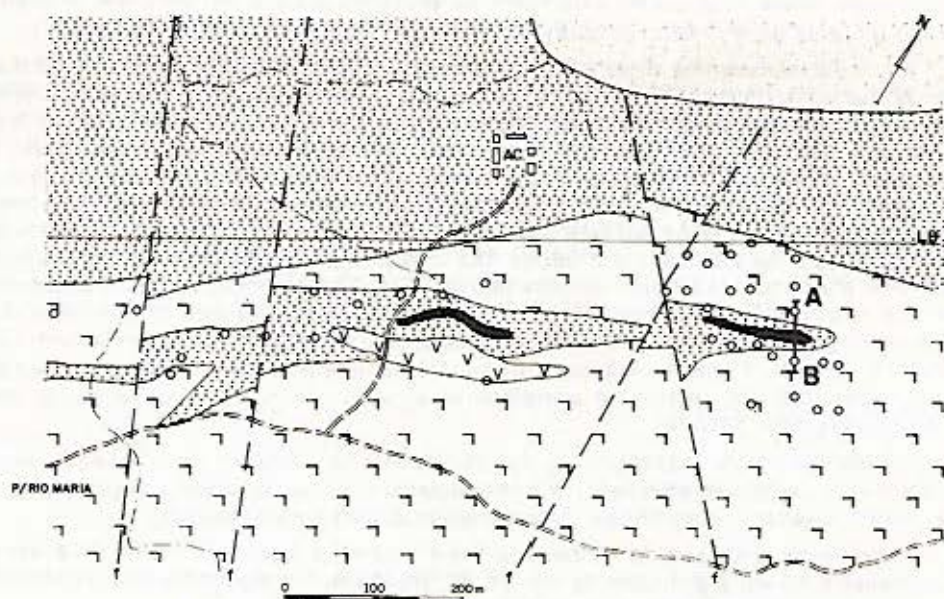


Fig. 8 — MAPA GEOLÓGICO E PERFIL DA ÁREA LAGOA SECA

1- Diabásio ; 2- Grupo Rio Fresco ; 3- Corpo de Minério (Hidrotermalito) ; 4- Formação Recanto Azul (Metandesito, Metadacitos/Metariodacitos, intercalados com Metagrouvaça e Metassilito) ; 5- Formação Fazenda da Quincas (Metagrouvaça, Metassilito intercalados com Vulcânicas Básicas/Ultrabásicas e Níveis de Formação Ferrífera Bandada (Bif) Associados) ; 6- Acompanhamento ; 7- Falha ; 8- Furo de Sonda em Perfil ; 9- Furo de Sonda ; 10- Estrada ; 11- Drenagem .

DES ZÉLIA — JUN/88

nhecida como Serra Azul, porém este nome foi preterido porque, na Serra dos Gradaus, já existe outra unidade litica com essa denominação (Complexo Intrusivo Serra Azul).

Os metassedimentos mostram predominância dos clásticos (grauvacas e siltitos) sobre os químbicos (formações ferríferas bandadas). A metagrauvaca é mal selecionada, sendo constituída por plagioclásio sericitizado e quartzo em matriz quartzo-feldspática com sericita, biotita, clorita, fragmentos de rocha, epidoto e carbonato subordinados. O metassiltito, geralmente cinza-esverdeado, é constituído, predominantemente, por quartzo, plagioclásio, biotita, K-feldspato e opacos subordinados; carbonatos e epidoto ocorrem em vênulas. A formação ferrífera bandada, facies óxido-silicato, ocorre associada às metaultrabásicas. As básicas-ultrabásicas são metavulcânicas, localmente hidrotermalizadas, com marcante predomínio de ultrabásicas. Estas rochas mostram textura nematoblástica e composição geral tremolita-actinolita \pm talco \pm plagioclásio \pm carbonato (Falcita) \pm flogopita \pm clorita \pm opacos \pm (magnetita, pirita, cromita, ilmenita, pirrotita, calcopirita, bornita). As metavulcânicas/subvulcânicas intermediárias a ácidas (andesitos, dacitos, riódacitos) são restritas e semelhantes àquelas que ocorrem na Formação Recanto Azul, descritas adiante.

Localizadamente, a exemplo do que se observa na jazida de ouro de Lagoa Seca, ocorrem níveis de rochas cisalhadas e intensamente hidrotermalizadas, constituídas por pirita, biotita, quartzo e plagioclásio (hidrotermalitos), com ouro associado.

A Formação Fazenda do Quincas também ocorre na fazenda Cachoeirinha, aproximadamente a 60 km a sudoeste da cidade de Rio Maria, em alguns trechos da estrada de acesso ao garimpo de ouro da Pedra Rica.

Formação Recanto Azul Esta denominação engloba um conjunto de metavulcânicas/subvulcânicas intermediárias a ácidas (andesitos, dacitos e riódacitos) intercaladas com metassedimentos (predominantemente clásticos) e níveis esporádicos de metavulcânicas básicas/ultrabásicas (fig. 8).

As melhores exposições dessa unidade ocorrem na Fazenda Recanto Azul, que foi considerada a localidade-tipo. Essa formação também ocorre nas fazendas do Quincas e do Carioca, e nas áreas Cachoeirinha e Serra Azul. Na área-tipo, estende-se, aproximadamente, por 1,5 km e apresenta largura média de 400 m. Os termos mais ácidos, que variam dentro dos limites dacito e riódacito, apresentam uma coloração cinza a rósea, textura pórfira a porfirítica, com predominância de fenocristais de plagioclásio sericitizado e raros de microclínio. A matriz, normalmente afanítica, é constituída por plagioclásio, quartzo e k-feldspato. Turmalina, clorita, epidoto e opacos são os acessórios principais. Os metandesitos, de ocorrência subordinada, apresentam granulação fina e são constituídos por plagioclásio (sericitizado ou saussuritizado) e anfibólio (cloritizado), além de quantidades subordinadas de quartzo e feldspato potássico; epidoto, apatita e opacos ocorrem como acessórios. Localizadamente apresentam níveis ricos em carbonatos e intensa epidotização. O quartzo e o plagioclásio, por vezes, concentram-se junto ao epidoto, possuindo, então, uma granulação mais desenvolvida de formas anédricas. Os metassedimentos clásticos (grauvaca e siltito) apresentam uma mineralogia básica a quartzo, plagioclásio, biotita e clorita. As metavulcânicas básicas/ultrabásicas são similares àquelas que ocorrem na Formação Fazenda do Quincas, porém de ocorrência muito restrita.

Na fazenda Cachoeirinha, essa formação apresenta boas exposições no garimpo Pedra Rica, onde intercalam-se rochas de composições intermediária a ácida (andesito/dacito) com metassedimentos clásticos (siltito e grauvaca). Sua extensão e espessura ainda não são conhecidas.

Na área Serra Azul, a Formação Recanto Azul está representada por metadacitos com níveis de formação ferrífera bandada intercalados, estendendo-se por uma faixa de 3,0 km, com largura média de, aproximadamente, 0,9 km.

SUPERGRUPO SERRA DO INAJÁ

Na Serra do Inajá, 170 km ao sul da cidade de Rio Maria, pela PA-150, ocorrem unidades litológicas que Silva et al. (1974) correlacionaram ao Grupo Grão Pará e Cordeiro & Saueressig (1980) ao "greenstone belt" de Andorinhas; ainda em 1980, Ianhez et al. propuseram a denominação de Grupo Serra do Inajá, também correlacionando-o a "greenstone belt". Neste mesmo ano, Villas Boas et al. descreveu textura microspínifex

em komatiitos e propôs o nome de "Suite Metamórfica Grão Pará" para as unidades litológicas da Serra do Inajá, preconizando a existência de um terreno granito-"greenstone" para a região. Trabalhos de pesquisa mineral, efetuados pela Docegeo entre 1984 e 1986, identificaram a sua continuidade para sul, até a bacia do Rio Preto (fig. 4), e possibilitaram um estudo mais completo das suas litologias, ratificando a sua caracterização como uma seqüência do tipo "greenstone belt". Além das texturas "spinifex" em metaultramáficas, observadas por Villas Boas, foram constatadas rochas metabasálticas com estruturas tipo "pillow". Intercalados nessas metavulcânicas, ocorrem espessos níveis de formações ferríferas, tanto de facies óxido como de facies silicato e sulfeto, com mineralizações auríferas associadas. As similaridades que o Grupo Serra do Inajá, proposto por Ianhez et al. (op. cit.), mostra com o Supergrupo Andorinhas, são justificativas utilizadas para a sua elevação à categoria de Supergrupo, permitindo seu desmembramento em duas grandes unidades, denominadas Grupo Santa Lúcia e Grupo Rio Preto.

GRUPO SANTA LÚCIA

Uma espessa seqüência basáltica é a principal característica deste grupo, que ocorre na fazenda Santa Lúcia, situada a 24 km a leste da rodovia PA-150 e a 4,5 km a norte do rio Preto. Intercalados a esses basaltos ocorrem, subordinadamente, metaultramáficas, metassedimentos vulcânicos e metadacitos. Os metabasaltos apresentam plagioclásio epidotizado (54%), actinolita (30%), quartzo (2%), opacos (2%) e titanita (2%). Estruturas tipo "pillow" foram encontradas na fazenda Santa Lúcia, próximo a estrada que lhe dá acesso à PA-150 (fig. 9). Metaperidotitos e talco-xistos mostram evidências de sua possível origem extrusiva; metapiroxenitos, com 95-97% de clinopiroxênio (- anfibólio) e carbonato + epidoto (2-3%), foram descritos na área. Os metassedimentos vulcânicos são formações ferríferas bandadas da facies óxido, compostas por chert e óxidos de ferro (magnetita/hematita), mostrando-se pouco desenvolvidos. Para norte, esse grupo está em contato com gnaisses, onde veios de quartzo são comuns. Ianhez et al. (1980) dataram gnaisses tonalítico da região, utilizando o método Rb/Sr, e obtiveram uma idade de 2.750 Ma.

Para sul, o Grupo Santa Lúcia, de forma gradativa, vai perdendo a predominância dos metabasaltos, que era sua principal característica.

GRUPO RIO PRETO

Esse grupo recebeu a denominação do rio local, afluente da margem esquerda do Rio Araguaia. No Grupo Rio Preto as vulcânicas ácidas (metadacitos), formações ferríferas e metabasaltos intercalam-se de maneira equitativa. Os metabasaltos são idênticos aos do Grupo Santa Lúcia e as formações ferríferas, por sua vez, surgem representadas pelas três facies que são comuns em terrenos arqueanos (óxido, silicato e sulfeto). Na facies silicatada ocorrem quartzo (30-35%), anfibólio (25-35%), biotita (25-35%), sulfetos (4-5%) e granada (2-3%). O anfibólio, comumente, é hastingsita ou grunerita. A facies sulfeto chega a apresentar níveis maciços com mais de 50% de pirrotita, tendo ainda calcopirita e esfalerita subordinadas. As vulcânicas dacíticas mostram um ligeiro predomínio sobre as outras litologias, o que pode ser constatado nas adjacências do rio Preto. Quartzo, plagioclásio e microclínio são minerais principais, ocorrendo, ainda, biotita, cordierita, epidoto, clorita e raros sulfetos.

O contato norte é feito com o Grupo Santa Lúcia, de maneira gradativa. A sul, o Grupo Rio Preto faz contato com os granitos da Suite Intrusiva Rio Dourado, de idade em torno de 1.600 Ma (Montalvão et al., 1984), e com granitóides de idade incerta. Esses granitóides apresentam microclínio (40%), plagioclásio (25%), biotita (7%), muscovita (3%) e epidoto (1%).

Todas as litologias do Grupo Babaçu se fazem presentes no Grupo Santa Lúcia. Da mesma forma, há semelhanças entre o Grupo Rio Preto e o Grupo Lagoa Seca, onde sedimentos e vulcânicas félsicas predominam sobre máficas e ultramáficas. Apesar dessas semelhanças constatadas entre os supergrupos Andorinhas e Serra do Inajá, não é aqui proposta uma correlação devido ao fato da denominação Serra do Inajá já ter uso consagrado.

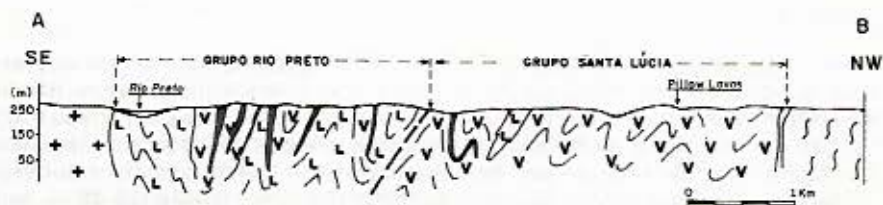
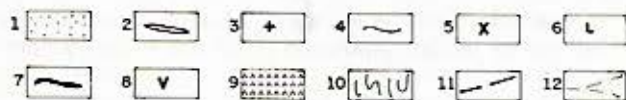
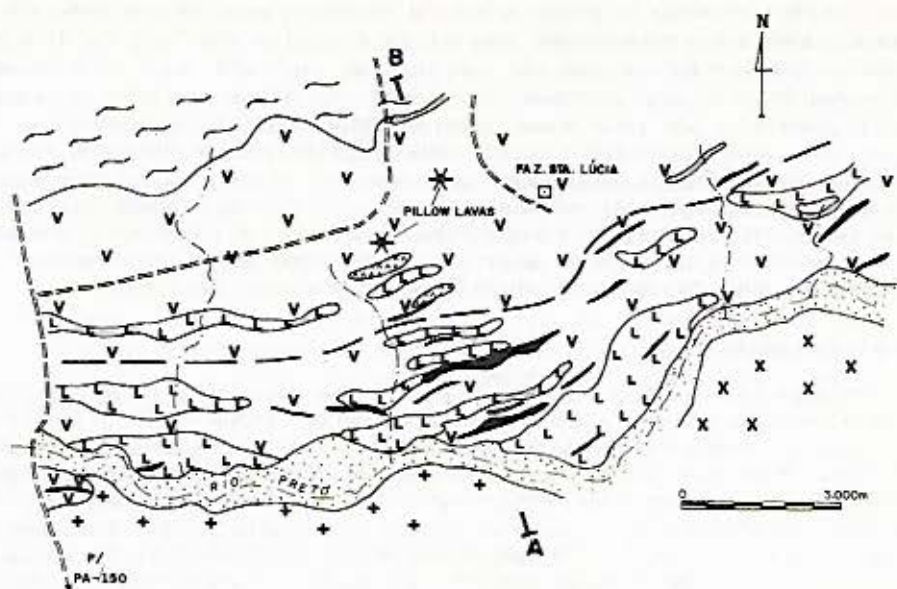


Fig. 9 — MAPA GEOLÓGICO E PERFIL — ÁREA RIO PRETO

1 — Aluvião ; 2 — Veio de Quartzo ; 3 — Granito (Suite intrusiva Rio Dourado) ; 4 — Gnaiss (Complexo Xingu) ; 5 — Granitóide ; 6 — Metacalcite e Andesito ; 7 — Formação Ferrífera ; 8 — Metobasalto ; 9 — Metatuffácica ; 10 — Foliação Metamórfica ; 11 — Contato Gradativo ; 12 — Drenagem.

INTRUSIVAS BÁSICAS-ULTRABÁSICAS DIFERENCIADAS

Na Província Mineral de Carajás, foram constatados "sills" máfico-ultramáficos diferenciados, geralmente intrudidos nas faixas de "greenstone belts", a exemplo dos complexos Luanga e Serra Azul.

Complexo Intrusivo Luanga Esse complexo aflora a 10 km a sudeste do garimpo de Serra Pelada, na estrada que liga essa localidade à rodovia PA-275 (fig. 10). É drenado pelo igarapé Luanga, que lhe empresta o nome. Está intrudido na Sequência Rio Novo de Hirata et al. (op. cit.), aqui considerado pertencente ao Supergrupo Andorinhas. É constituído por peridotitos e dunitos, na base, que gradam a gabros anortosíticos para o topo. Na sua parte basal, a CPRM identificou, em 1984, corpos de cromitito. Medeiros F² (1985) e Meireles (1985) reportam a presença de dunitos e peridotitos, com vários níveis centimétricos de cromitito, sugerindo recorrência na formação daquelas camadas. As melhores exposições ocorrem na estrada que liga a PA-275 ao garimpo de Serra Pelada. As rochas duniticas, subordinadas, apresentam textura granular média a grosseira. Os peridotitos são constituídos por divina e bronzita em iguais proporções. Noritos apresentam ortopiroxênio (60-80%) e plagioclásio (20-40%), enquanto que os leucogabros são constituídos por plagioclásio (57-75%) e tremolita-actinolita (15-19%), quartzo, apatita, titanita e opacos ocorrem como acessórios. Machado et al. (1988) dataram, pelo método U/Pb, zircões do leucogabro pertencente ao Complexo Luanga, obtendo uma idade de 2.763 ± 6 Ma.

Complexo Intrusivo Serra Azul Na porção basal do flanco leste da Serra dos Graudus, no local denominado Serra Azul, ocorre uma intrusão diferenciada semelhante ao Complexo Luanga, que ainda não foi datada, mas é perfeitamente definida como intrusiva nos "greenstones" da área (fig. 11). Dunitos cumulados, piroxenitos, peridotitos, gabros e anortositos fazem parte dessa intrusiva. Segundo Souza et al. (1987), os peridotitos apresentam-se serpentinizados e com texturas de "cumulus", compostos por 66% de pseudomorfos de "cumulus" a serpentina e tremolita, 22% de "intercumulus" a diopsídio (tremolita + talco + clorita e hornblenda marrom), 7% de clorita e 5% de opacos. Os piroxenitos possuem 95% de "cumulus" de diopsídio e 4-5% de carbonato e clorita. Os gabros apresentam 70% de diopsídio, 25% de plagioclásio + saussurita e 5% de tremolita + clorita + carbonatos.

Diversos outros corpos básicos-ultrabásicos, diferenciados, foram caracterizados na região, a exemplo das intrusivas Puma e Onça, na região do rio Cateté (Castro F² & Heim, 1986), Vermelho e Madeira (DOCEGEO, inédito). Este último ocorre no alinhamento da serra Tapirapé. Na região dos rios Inajá e Preto, pouco se conhece a respeito de intrusões diferenciadas.

GRANITÓIDES ARQUEANOS

Granitóides intrusivos, de composições granodiorítica e trondhjémica, constituindo batólitos de configuração dômica arrasada compõem grande parte dos terrenos granito-"greenstones" da região. Pequenos "stocks", de composição tonalítica, têm uma ocorrência mais restrita (fig. 2). Esses granitóides, anteriormente englobados no Complexo Xingu, à luz dos novos conhecimentos foram individualizados, constituindo unidades distintas. Neste trabalho, é mantida a denominação Granodiorito Rio Maria (Medeiros, 1987) para os granodioritos, e são propostas as denominações de Trondhjémito Mogno e Tonalito Parazônia para os trondhjemitos e tonalitos, respectivamente.

Esses granitóides, na região de Rio Maria, juntamente com o Supergrupo Andorinhas, formaram um bloco que resistiu aos eventos deformantes que afetaram a região. A definição dos limites desse bloco estável com os gnaisses circundantes, comumente ortognaisses de composições granodiorítica, tonalítica e/ou trondhjémica, implicou em uma mudança no conceito utilizado por Silva et al. (1974) na definição do Complexo Xingu. Esse complexo, tal qual definido e consagrado, não ocorre no bloco estável formado pelos granitóides e litotipos do Supergrupo Andorinhas (fig. 2).

Granodiorito Rio Maria Foi estudado, em detalhe, por Medeiros (1987) na região imediatamente a sul de Rio Maria (fig. 5). Verificou-se, porém, a sua abrangência de caráter regional, tendo sido observada a sua presença na região de Graudus e na porção basal sul da Serra Sul de Carajás (fig. 2). Segundo Medeiros (op. cit.), foram definidas quatro facies principais: biotita-hornblenda-granodiorito, hornblenda-biotita-granodiorito, biotita granodiorito e monzogranito, com predominância dos dois primeiros.

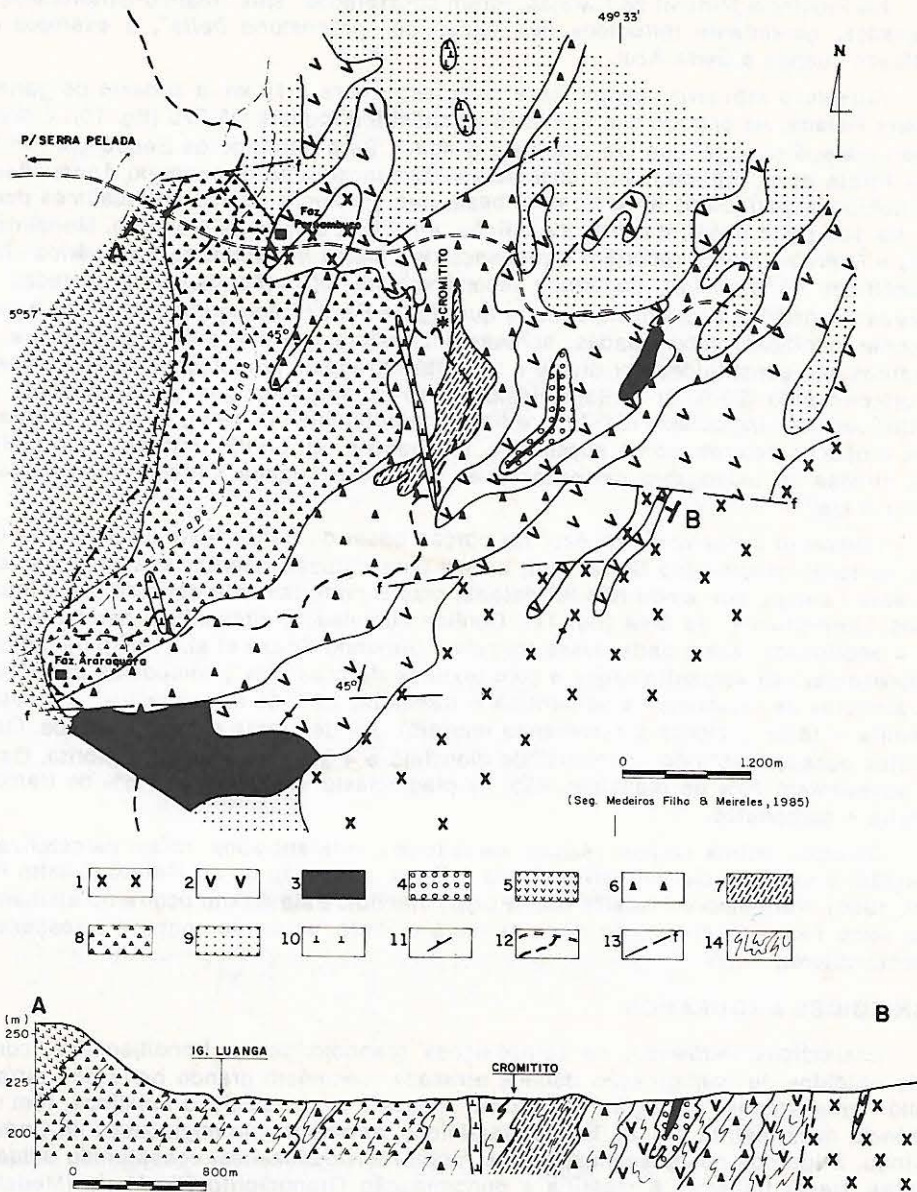
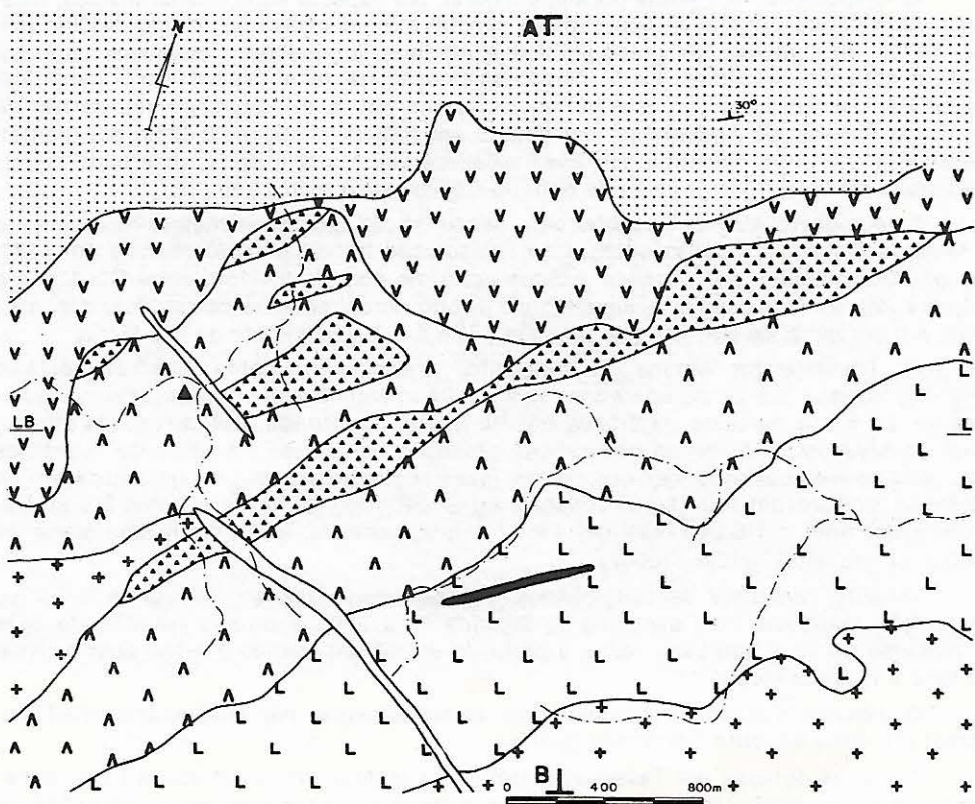


Fig.10 — MAPA GEOLÓGICO E PERFIL — ÁREA LUANGA

1 — Gnaiss Tonalítico e Anfibolito ; 2 — Metabasalto ; 3 — Formação Ferrífera ; 4 — Metagrauvaca ;
 5 — Quartzo-Clorita Xisto , Talco Xisto ; 6 — Dunito e Peridotito ; 7 — Narito ; 8 — Gabro e Gabro Anor-
 tosítico ; 9 — Grupo Rio Fresco ; 10 — Gabro Magnético ; 11 — Atitude de Folição ; 12 — Estrada ; 13—
 Falha ; 14 — Folição Metamórfica.

DES. ZÉLIA — JUL/88



- | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|---|---|-----|----|-----|----|---|----|---|
| 1 | L L | 2 | — | 3 | V V | 4 | A A | 5 | ▨ | 6 | ▨ |
| 7 | + + | 8 | □ | 9 | ~ | 10 | y | 11 | ~ | 12 | ▲ |

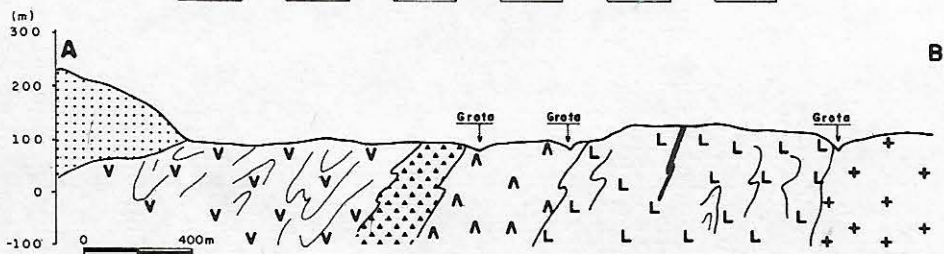


Fig. 11 — MAPA GEOLÓGICO E PERFIL — ÁREA SERRA AZUL

1 — Grupo Lagoa Seca ; 2 — Formação Ferrífera (Fácies Óxido) ; 3 — Dunitos Cumulados ; 4 — Piroxênitos e Peridotitos ; 5 — Gabros ; 6 — Grupo Rio Fresco ; 7 — Granito Anorogênico ; 8 — Granófiro ; 9 — Drenagem ; 10 — Atitude ; 11 — Foliação Metamórfica ; 12 — Acampamento.

DES. ZÉLIA — JUL/88

O Granodiorito Rio Maria possui, em geral, um aspecto equigranular maciço, mostrando uma ligeira orientação dos máficos constituintes e enclaves, do tipo autólito (Didier, 1973), de composições granodiorítica a diorítica, alongados e dispostos paralelamente a essa direção (fotos 4 e 5). Xenólitos (foto 6) de metabasaltos foram identificados na PA-150, 18 km a nordeste da cidade de Rio Maria, evidenciando seu caráter intrusivo no Supergrupo Andorinhas. Foi datado em 2.660 ± 40 Ma (RI 0,7009) por Montalvão et al. (1984), em amostras das imediações de Rio Maria e da fazenda Mata Geral, imediatamente a leste do garimpo de ouro do Cumaru pelo método Rb/Sr.

Trondhjemitó Mogno Recebeu esta denominação, por estar melhor representado na fazenda Mogno, o extenso batólito de composição trondhjemitica, descrito em 1980, mas não denominado, por Cordeiro e Saueressig, no eixo da PA-150, entre Rio Maria e Xinguara (fig. 5). O acesso a fazenda Mogno é feito percorrendo-se cerca de 30 Km, para oeste, em um ramal da PA-150 que se inicia 1 Km a norte da cidade de Rio Maria.

O Trondhjemitó Mogno é composto, predominantemente, por plagioclásio (70-75%), quartzo (25-20%), acessórios e biotita/hornblenda subordinadas. Em um afloramento, 20 Km a noroeste da cidade de Rio Maria, na estrada para a fazenda Mogno, foram observados xenólitos de composição granodiorítica nesse trondhjemitó. Xenólitos angulosos de metabasaltos, que ocorrem na fazenda Nova Zelândia, 10 km a nordeste de Rio Maria, comprovam seu caráter intrusivo no Supergrupo Andorinhas (fotos 7 e 8). Datações pelo método Rb/Sr (Tassinari 1988), em rocha total, forneceram uma idade de 2.680 ± 60 Ma (RI 0,7017 \pm 0,0002).

Tonalito Parazônia São englobados, sob esta denominação, "stocks" e "sills" de composição tonalítica, bem expostos na fazenda Parazônia, que pode ser atingida após um percurso de 21,5 km, para oeste, a partir do entroncamento da PA-150 com o ramal que leva à fazenda Mogno.

O Tonalito Parazônia é constituído, principalmente, por plagioclásio (70-75%), quartzo (15-20%) e biotita cloritizada (5-10%).

Amostras datadas por Tassinari (1988), pelo método Rb/Sr em rocha total, forneceram idade de 2.400 Ma (RI 0,7010). Esse dado é coerente com as observações de campo, que indicam ser o Tonalito Parazônia mais jovem que os demais granitóides Arqueanos (fig. 2).



Foto 4 – Granodiorito Rio Maria com autólitos, de composição diorítica a granodiorítica, orientados segundo a direção média N75°W. Rodovia PA-150, 25 km a NE de Rio Maria.



Foto 5 – Detalhe de um autólito, de composição granodiorítica, do granitóide Rio Maria. Rodovia PA-150, 25 km a NE de Rio Maria.



Foto 6 – Xenólito de metabasalto da Formação Mamão no Granodiorito Rio Maria, ambos intemperizados. Rodovia PA-150, 18 km a NE de Rio Maria.



Foto 7 – Xenólitos de metabasalto no Trondhjemito Mogno. Fazenda Zelândia, 10 km a NE Rio Maria.



Foto 8 – Afloramento de basalto da Formação Mamão, com estrutura "pillow", afetado pela intrusão do Trondhjemito Mogno. Fazenda Nova Zelândia, 10 km a NE de Rio Maria.

COMPLEXO XINGU

O Complexo Xingu foi definido por Silva et al. (1974), na calha do Rio Xingu, designando "um conjunto de rochas polimetamórficas com tendência granodiorítica, variavelmente migmatizado, apresentando enclaves de ectinitos normais em regiões menos arrasadas ou no interior de paleossinclinais. O grau de metamorfismo geral é de facies anfíbolito e granulito ou, na classificação de Jung e Roques (52) (197), no facies dos gnaisses e gnaisses ultra-inferiores". Admitia-se idades geocronológicas Rb/Sr, para esse complexo, variando entre 1.900 a 2.250 Ma, porém, recentemente, migmatitos da pedreira Cimcop, no quilômetro 16 da rodovia da PA-275, mostraram idades U/Pb de 2.851 ± 4 Ma (Machado et al., 1988). Devido ao limitado conhecimento geológico regional da época, todas as litologias de alto grau metamórfico na Província Mineral de Carajás, principalmente gnaisses, anfíbolitos e migmatitos, eram considerados embasamento e correlacionados, genericamente, a essa unidade. Nesse raciocínio, Hirata et al. (1982) admitiram as faixas de "greenstone belts" da região como "infolds" no Complexo Xingu, representado, no caso, por granitóides tonalíticos, trondhjêmíticos e granodioríticos, gnaissificados ou não. Trabalhos posteriores permitiram reconhecer que, na região de Rio Maria, esses granitóides São Arqueanos e intrudidos nos "greenstone belts", sugerindo, ali, a ausência de uma crosta sílica. Dentro do conceito atual, considera-se como Complexo Xingu, na região, as rochas gnáissicas, às vezes migmatizadas, de composições tonalíticas, trondhjêmíticas e/ou granodioríticas, tidas como resultado do retrabalhamento metamórfico sobre terrenos graníticos Arqueanos (fig. 2).

SUPERGRUPO ITACAIUNAS

É proposta a designação de Supergrupo Itacaiunas para englobar o Grupo Grão Pará (CVRD/AMZA, 1972) e demais unidades a ele associadas, que ocorrem na Serra de Carajás, as quais são definidas como grupos Igarapé Salobo, Igarapé Pojuca, Igarapé Bahia e Buritirama. A característica básica desse supergrupo é mostrar-se produto de evolução em contexto vulcano-sedimentar, de idade Arqueana, apresentando graus metamórficos variados e litologias distintas do Supergrupo Andorinhas. A denominação Itacaiunas provém do rio homônimo, principal drenagem da região (fig. 2).

GRUPO GRÃO PARÁ

De longa data é conhecido o Grupo Grão Pará (CVRD/AMZA, 1972) (fig. 12). Jazidas de ferro de alto teor, nele presentes, fizeram com que o Grupo Grão Pará se tornasse conhecido na literatura geológica. Tolbert et al. (1968, 71); Beisiegel et al. (1973); Santos (1981, 87), entre outros, apresentaram trabalhos sobre tal grupo. Originalmente, o Grupo Grão Pará foi definido como uma seqüência vulcano-sedimentar composta por três unidades: Paleovulcânica Inferior (basaltos), Formação Carajás (itabirito e minério de ferro) e Paleovulcânica Superior (basaltos de topo) (CVRD/AMZA, op. cit.). Meireles et al. (1984) identificaram vulcânicas félsicas intercaladas na Paleovulcânica Inferior, a qual denominaram Formação Parauapebas. Wirth & Gibbs (1987) adicionaram informações geocronológicas, datando zircões das vulcânicas félsicas pelo método U/Pb. A idade determinada foi de 2,750 Ma.

GRUPO IGARAPÉ SALOBO

Esta denominação provém do Igarapé do mesmo nome, afluente da margem esquerda do rio Itacaiunas, que drena a área em que foi definido o grupo. Anteriormente, essa unidade fazia parte da Seqüência Salobo-Pojuca de Hirata et al. (1982).

O Grupo Igarapé Salobo tem direção aproximada N70°W, mergulhos subverticais, ocorre a NW da mina de ferro de Carajás e contém depósitos e ocorrências de Cu (Au, Mo, Ag). Esses depósitos, que são considerados como formados em ambiente exalativo-sedimentar, mostram-se fortemente afetados por deformações polifásicas e apresentam grau metamórfico médio a alto. É cortado por corpos graníticos de 1.800 Ma (Rb/Sr) e rochas básicas de 560 Ma (K/Ar) (Cordani, 1980). Encontra-se em contato com o Complexo Xingu e com o Grupo Igarapé Pojuca, e foi dividido em três formações: Gnaiss Cascata, Formação Três Alfa e Formação Cinzento (fig. 13).

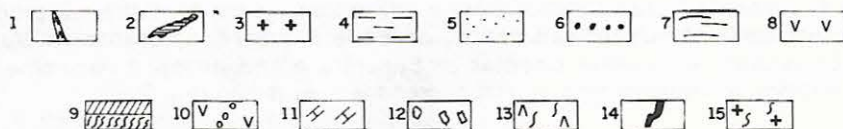
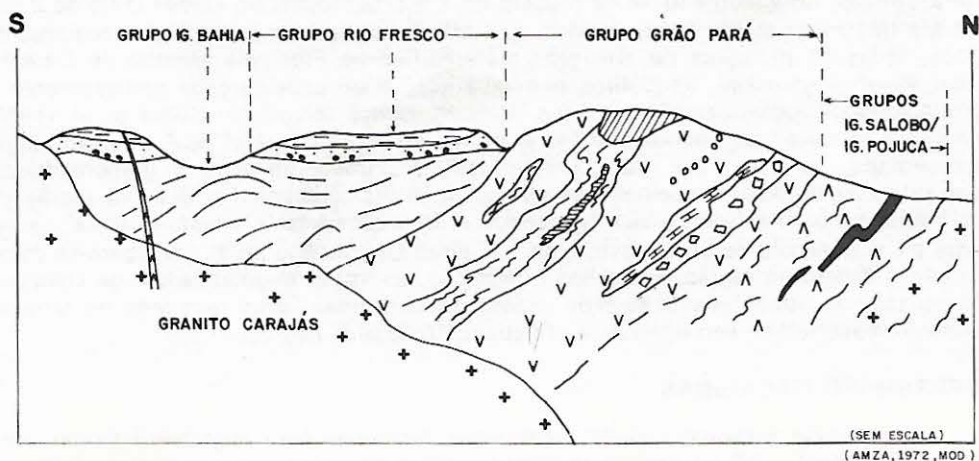


Fig. 12 — CORTE GEOLÓGICO GENERALIZADO - GRUPO GRÃO PARÁ, SERRA NORTE

1 — Diques de Diabásio ; 2 — Rocha Máfica Cloritizada - Diques e Soleiras ; 3 — Granito Carajás ; 4 — Siltitos e Argilitos ; 5 — Arenitos ; 6 — Conglomerados e Arenitos Conglomeráticos ; 7 — Arenitos, Pelitos, Folhelhos Carbonosos (?) e Manganésíferos, Formações Feríferas, Vulcânicas Básicas, Rochas Piroclásticas ; 8 — Basaltos (Paleovulcânica Superior) ; 9 — Minério de Ferro e Jaspelito ; 10 — Basaltos com Amígdalas (Paleovulcânica Inferior) ; 11 — Sedimentos Pelíticos ; 12 — Vulcânicas Félsicas (Riolitos) ; 13 — Anfíbolitos e Gnaisses Anfíbolíticos ; 14 — Formações Ferríferas Óxido-Silicatadas ; 15 — Granito Gnaisses (Complexo Xingu).

DES. ZÉLIA — JUN / 88

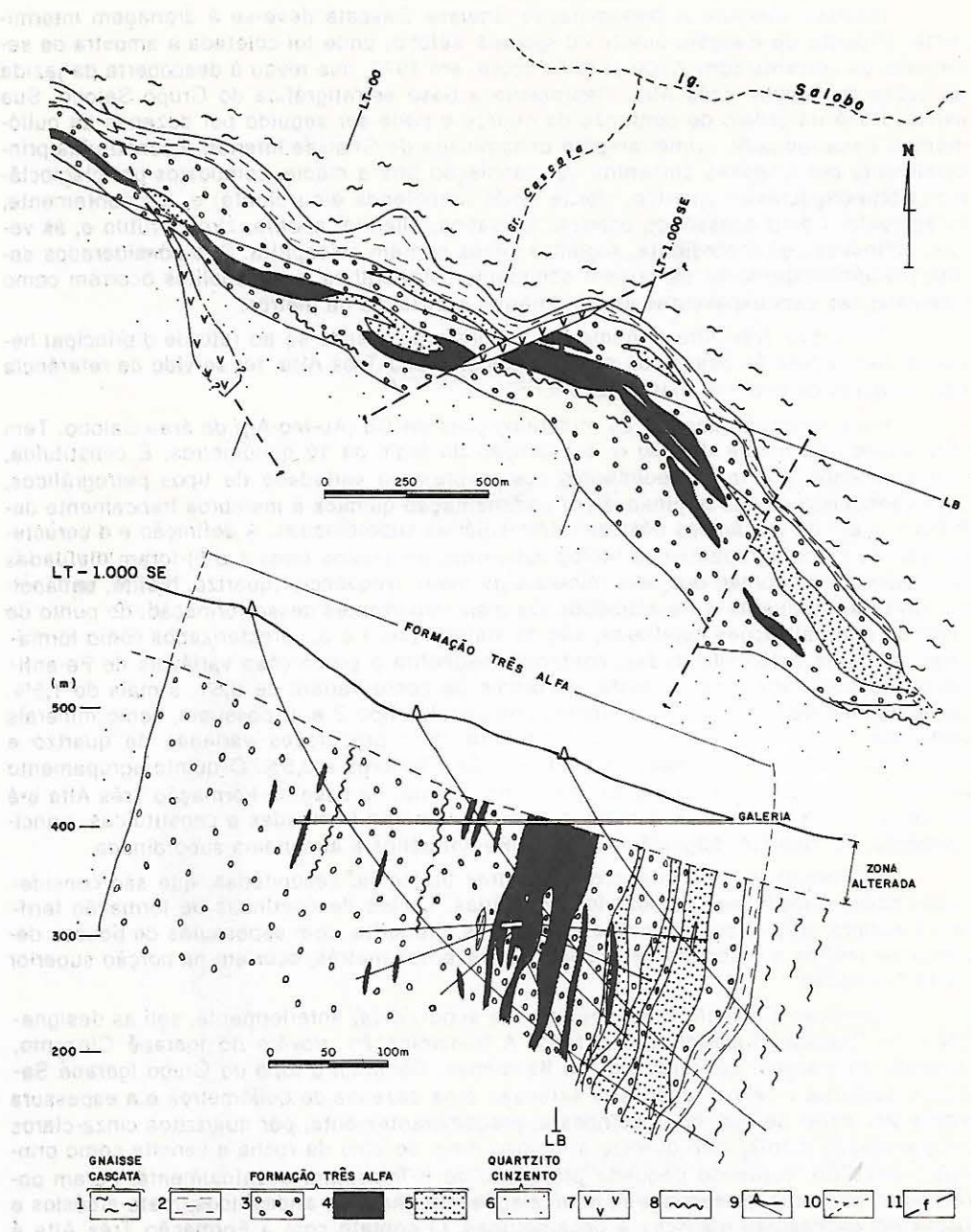


Fig.13 — MAPA GEOLÓGICO E PERFIL — NÍVEL 250 DA ÁREA SALOBO TRÊS ALFA

- 1 — Gnaise; 2 — Xisto a Quartzo, Plagioclásio, Biotita e Anfibólio ± Granada; 3 — Biotita Granada Xisto; 4 — Zona Mineralizada a Cu (Au, Mo, Ag) — Formações Ferríferas Óxido-Silicatadas; 5 — Granada Grunerita Xisto; 6 — Quartzito Cinzento; 7 — Diques de Diabásio; 8 — Zona de Cisalhamento; 9 — Furo de Sonda; 10 — Projeção Vertical de Drenagem; 11 — Falha;

DES. ZÉLIA — JUN./88

Gnaiss Cascata A denominação Gnaiss Cascata deve-se à drenagem intermitente, afluente da margem direita do Igarapé Salobo, onde foi coletada a amostra de sedimento de corrente com 2.700 ppm de cobre, em 1977, que levou à descoberta da jazida de cobre do Salobo Três Alfa. Representa a base estratigráfica do Grupo Salobo. Sua espessura é da ordem de centenas de metros e pode ser seguido por dezenas de quilômetros. Essa unidade, primeiramente denominada de Gnaiss Inferior, é constituída principalmente por gnaisses cinzentos de granulação fina a média, compostos por plagioclásio (albita-oligoclásio), quartzo, clorita (após hornblenda e/ou biotita) e, freqüentemente, K-feldspato. Como acessórios ocorrem turmalina, allanita, apatita, zircão, rutilo e, às vezes, sillimanita e/ou cordierita. Algumas vezes contém calcopirita. São considerados serem predominantemente de origem sedimentar. Anfibólitos e metapelitos ocorrem como intercalações com espessuras de centímetros a dezenas de metros.

Formação Três Alfa O nome dessa formação prende-se ao fato de o principal heliporto para apoio às pesquisas na área, denominado Três Alfa, ter servido de referência para a jazida de cobre aí existente.

Essa formação contém as mineralizações de Cu (Au-Mo-Ag) da área Salobo. Tem uma espessura média de 300 m e extensão de mais de 10 quilômetros. É constituída, principalmente, por metassedimentos com expressiva variedade de tipos petrográficos, compreendendo rochas originadas por sedimentação química e membros francamente detriticos, além de vulcânicas básicas-intermediárias subordinadas. A definição e a caracterização de cinco agrupamentos litológicos principais (xistos tipos 1 a 5) foram efetuadas com base na proporção dos seis minerais de maior freqüência (quartzo, biotita, almandina, fayalita, magnetita e Fe-anfibólito). Os mais importantes dessa formação, do ponto de vista de mineralizações cupríferas, são os xistos tipos 1 e 3, caracterizados como formações ferríferas óxido-silicatadas, contendo magnetita e proporções variáveis de Fe-anfibólitos, fayalita, almandina, biotita; os teores de cobre variam de 0,5% a mais de 1,5%. Os agrupamentos litológicos, definidos como xistos tipo 2 e 4, possuem, como minerais principais, almandina, Fe-anfibólitos e biotita, com proporções variadas de quartzo e magnetita; os teores de cobre, geralmente, são inferiores a 0,5%. O quinto agrupamento litológico, chamado xisto tipo 5, ocorre, normalmente, na base da Formação Três Alfa e é composto por rochas quase sempre estéreis, finamente laminadas e constituídas, principalmente, por quartzo, oligoclásio, biotita, Fe-anfibólitos e almandina subordinada.

Na Formação Três Alfa ocorrem outras litologias, secundárias, que são consideradas como meta-ígneas básicas-intermediárias. Lentes descontínuas de formação ferrífera bandada, a quartzo, magnetita e, às vezes, grunerita, com espessuras de poucas dezenas de metros e extensão de duzentos a trezentos metros, ocorrem na porção superior desta Formação.

Formação Cinzento Essa unidade era subdividida, anteriormente, sob as designações de Gnaiss Superior e Quartzito. A denominação provém do Igarapé Cinzento, afluente da margem esquerda do Rio Itacaiunas. Constitui o topo do Grupo Igarapé Salobo e sustenta o relevo local. Sua extensão é de dezenas de quilômetros e a espessura média em torno de 200 m. É composta, predominantemente, por quartzitos cinza-claros de granulação média, com quartzo atingindo mais de 90% da rocha e sericita como principal acessório, contendo pequena proporção de K-feldspato, eventualmente. Foram observados, em furos de sondagem, intercalações de gnaisses andesíticos, meta-arcósios e xistos de espessuras métricas a decamétricas. O contato com a Formação Três Alfa é gradativo, e, nessa interface, ocorrem rochas milonitizadas e tipos com até 25% de feldspato potássico e cálcio-sódico.

GRUPO IGARAPÉ POJUCA

Esta denominação abrange um pacote vulcano-sedimentar, paralelo ao Grupo Igarapé Salobo, verticalizado, cujas ocorrências mais expressivas estão no flanco norte do sinclínio de Carajás. Sua área-tipo é drenada pelo Igarapé Pojuca, afluente da margem esquerda do Igarapé Azul (fig. 14). A maior parte das informações, referentes a esse Grupo, foi obtida nos trabalhos desenvolvidos no prospecto conhecido como Pojuca (antigamente MM1). São rochas vulcânicas básicas e intermediárias, com sedimentos clásticos e químicos intercalados e graus metamórficos variando de xisto verde a anfibólito, hospedando diversos depósitos de Cu e Cu (Zn), com Au e Mo associados. Corpos graníticos, correlacionados ao Granito Carajás, cortam a seqüência.

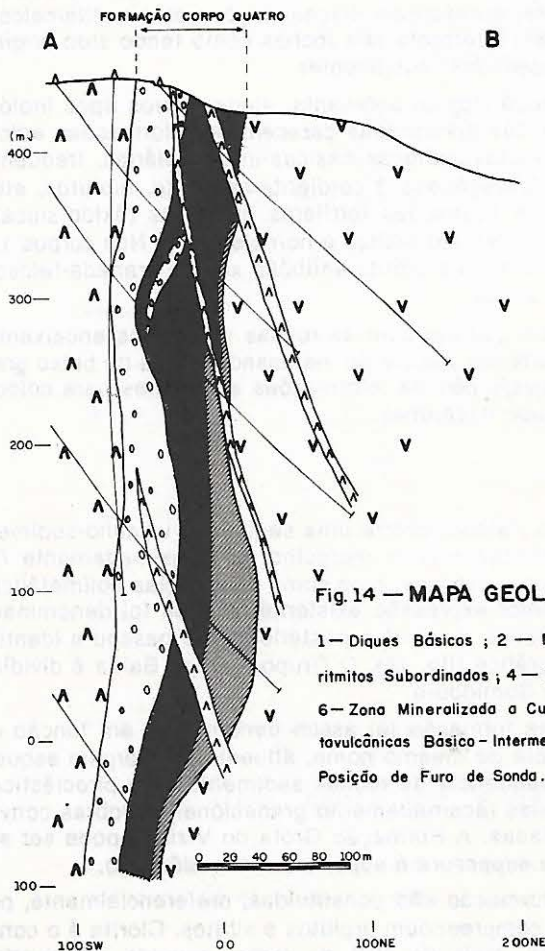
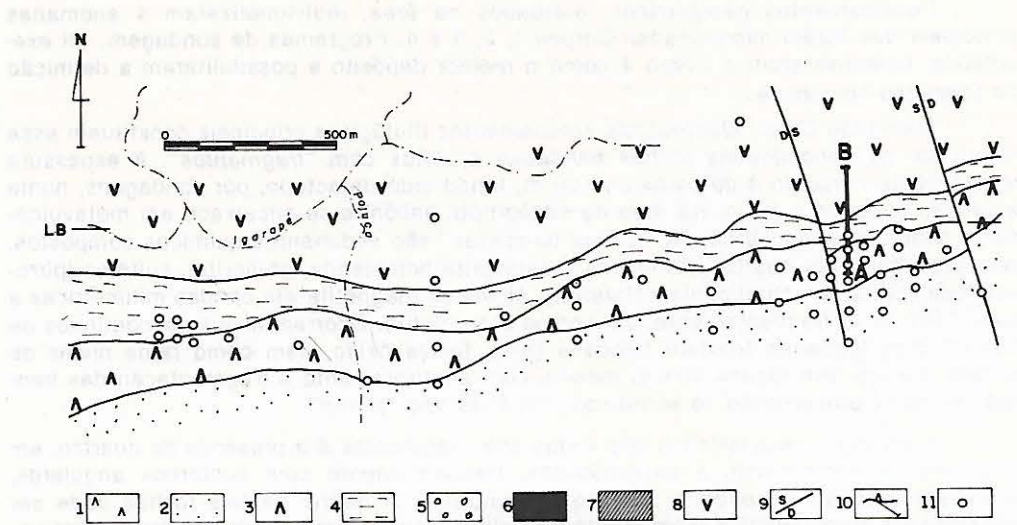


Fig.14 — MAPA GEOLÓGICO E SEÇÃO DA ÁREA POJUCA

1—Diques Básicos ; 2— Metarenitas e Siltitos ; 3— Metabasaltos e Metarritmitos Subordinados ; 4— Formação Corpo Quatro ; 5— Rocha com Fragmentos ; 6— Zona Mineralizada a Cu ou Cu/Zn ; 7— Rocha Bandeada ; 8— Rochas Metavulcânicas Básico-Intermediárias ; 9— Falha ; 10— Furo de Sonda ; 11— Posição de Furo de Sonda.

DES. ZÉLIA — JUN. /88

Levantamentos geoquímicos, efetuados na área, individualizaram 4 anomalias principais que foram denominadas Corpos 1, 2, 3 e 4. Programas de sondagem, all executados, caracterizaram o Corpo 4 como o melhor depósito e possibilitaram a definição da formação homônima.

Formação Corpo Quatro: Dois agrupamentos litológicos principais constituem essa formação: as denominadas rochas bandadas e xistos com "fragmentos". A espessura média desse conjunto é de cerca de 100 m, tendo sido detectado, por sondagens, numa extensão superior a 3 km. Na área da seção-tipo, encontra-se encaixado em metavulcânicas básico-intermediárias. As "rochas bandadas" são sedimentos químicamente compostos, principalmente, por quartzo, anfibólitos (hastingsita/hornblenda, grunerita), sulfetos (pirrotita, calcopirita, eventualmente esfalerita), às vezes magnetita em bandas milimétricas a centimétricas e, freqüentemente, almandina e/ou biotita. Ocorrem níveis descontínuos de "chert" e/ou formação ferrífera bandada (BIF), facies óxido, bem como raros níveis de sulfeto maciço. Em alguns locais, mesmo com amarratamento e fragmentação das bandas, ainda há preservação de estruturas primárias tipo "slump".

A principal característica dos xistos com fragmentos é a presença de quartzo, em aglomerados milimétricos a centimétricos, freqüentemente com contornos angulares, acompanhando ou cortando a foliação metamórfica. A matriz de tais rochas pode ser francamente hornblendítica (com biotita associada), ou ser constituída por proporções variáveis de anfibólitos (cummingtonita-grunerita, tremolita-actinolita, hastingsita), quartzo, plagioclásio e/ou cordierita. Comumente, apresentam disseminações de pirrotita/calcopirita, às vezes esfalerita. Medeiros (1984) interpreta tais rochas como tendo sido originadas por retrabalhamento das "rochas bandadas" subjacentes.

Outras Litologias: O Grupo Igarapé Pojuca apresenta, ainda, outros tipos litológicos, cujas classificações litoestratigráficas apropriadas carecem de informações adicionais. Entre esses, podem ser citadas metavulcânicas básicas-intermediárias, freqüentemente exibindo alteração hidrotermal (paragênese à cordierita-antofilita, albitos, etc.), anfibólitos, metassedimentos pelíticos e formações ferríferas bandadas (óxido-silicatadas), com intercalações de paragneisses, ortoanfíbólitos e hornblenditos. Nos corpos 1, 2 e 3 a mineralização cuprífera está relacionada a biotita-anfíbólito xisto e granada-feldspato-andaluzita-muscovita-biotita-quartzo xistos.

Na parte sul da área Pojuca, em contato com as rochas vulcânicas encaixantes da mineralização do Corpo Quatro, ocorre um pacote de metassedimentos de baixo grau, composto por arenitos e siltitos, dos quais não há informações suficientes para colocação nesse grupo ou mesmo no Supergrupo Itacaiunas.

GRUPO IGARAPÉ BAHIA

A cerca de 20 km a sul da área Salobo, ocorre uma seqüência vulcano-sedimentar, de baixo grau metamórfico, com direção NNW e mergulho de aproximadamente 70° para E, que contém depósito de cobre de baixo teor, bem como ocorrências polimetálicas a Cu, Au, Mo e Ag. A drenagem de maior expressão existente na área foi denominada pela DOCEGEO, em 1974, de Igarapé Bahia, nome que posteriormente passou a identificar o prospecto e a unidade litoestratigráfica (fig. 15). O Grupo Igarapé Bahia é dividido em duas formações: Grota do Vizinho e Sumidouro.

Formação Grota do Vizinho: Essa formação foi assim denominada em função de suas unidades serem drenadas pela grota de mesmo nome, afluente da margem esquerda do Igarapé Bahia. Consiste numa seqüência de rochas sedimentares e piroclásticas mostrando freqüentes estruturas primárias (acamadamento gradacional) e dobras convolutas. Rochas básicas ocorrem intercaladas. A Formação Grota do Vizinho pode ser seguida por dezenas de quilômetros e sua espessura é superior a um quilômetro.

As rochas sedimentares desta formação são constituídas, preferencialmente, por pelitos, "wackes" e ritmitos. Os pelitos compreendem argilitos e siltitos. Clorita é o constituinte principal, perfazendo, às vezes, mais de 50% da rocha, seguida por quartzo (20-30%) e plagioclásio sericitizado (até 15%); acessórios são muscovita, zirconita e opacos (calcopirita e bornita). Os "wackes" são compostos por até 50% de quartzo, com plagioclásio subordinado e matriz constituída por clorita, sericita e quartzo; como acessórios, ocorrem rutilo, titanita, apatita, turmalina e zirconita. Os ritmitos são constituídos pela alternância de bandas milimétricas a centimétricas de "wackes" e pelitos. Calcopiri-

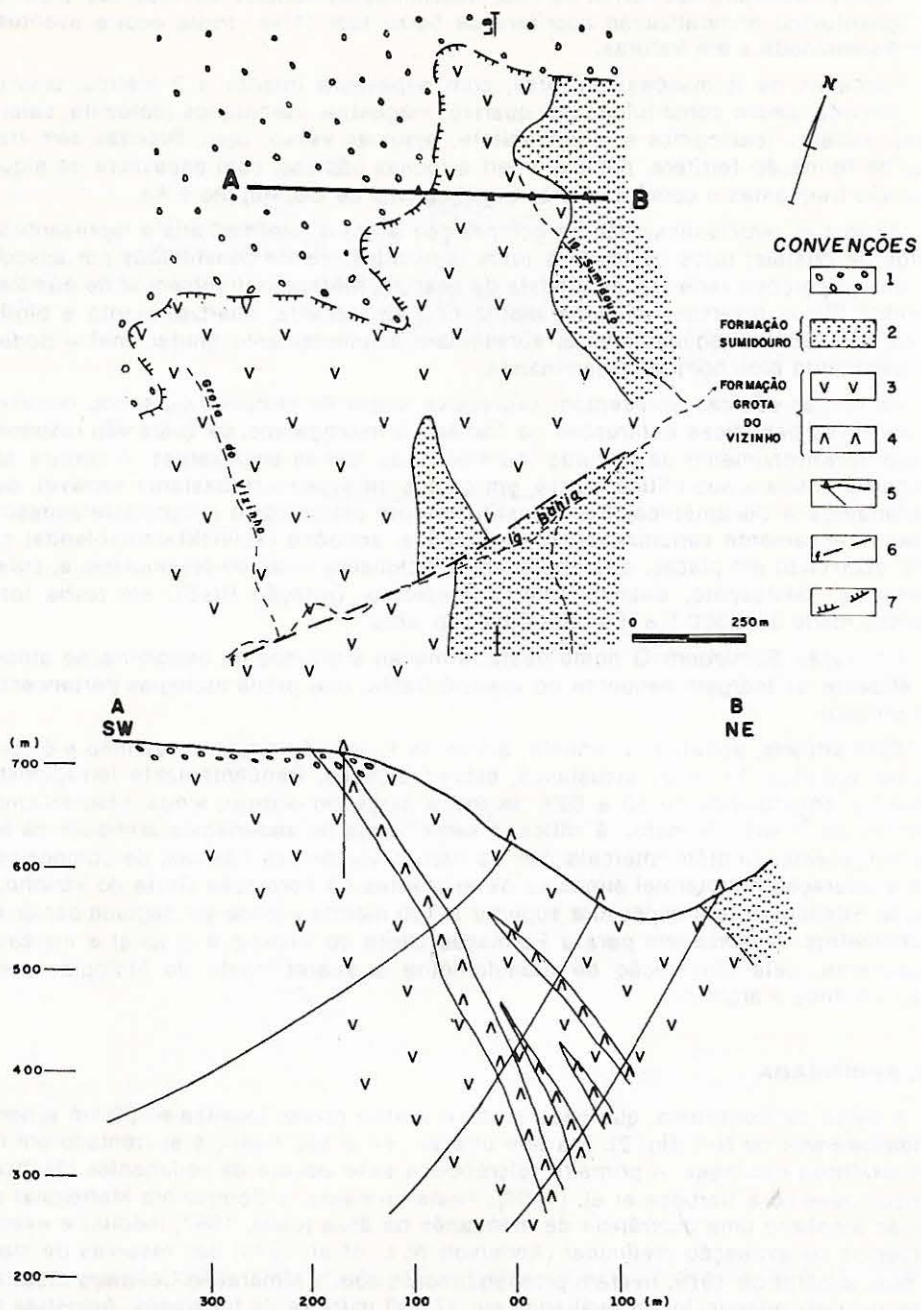


Fig.15 — MAPA GEOLÓGICO E SEÇÃO - GRUPO IGARAPÉ BAHIA

1- Platô ; 2- Arenitos ; 3- Rochas Piroclásticas, Ritmitos, Siltitos, "Wackes", Formações Ferríferas, Brechas ;
 4- Basaltos, Gabros e Diabásios ; 5 — Furo de Sondagem ; 6- Falha ; 7- Borda do Platô; LB- Linha Base.

DES. ZÉLIA - JUN / 88

ta e/ou bornita ocorrem, sob forma de fina disseminação, nódulos milimétricos e em fraturas, constituindo mineralização cuprífera de baixo teor (1%). Pirita ocorre eventualmente, disseminada e em fraturas.

Camadas de formações ferríferas, com espessura inferior a 3 metros, ocorrem nesse conjunto, sendo constituídas por quartzo, magnetita, carbonatos (dolomita, calcita, siderita), sulfetos (calcopirita e molibdenita) e, algumas vezes, ouro. Brechas com fragmentos de formação ferrífera, púmice, chert e rochas básicas, com espessura de alguns metros, são freqüentes e contêm valores significativos de Cu, Au, Mo e Ag.

As rochas piroclásticas são de composição ácida a intermediária e representadas por tufo de cristais, tufo de lapilli e tufo laminados, sendo constituídas por associações, com proporções variadas, de cristais de quartzo, feldspato, fragmentos de púmice e fragmentos líticos diversos, em uma matriz rica em sericita, quartzo, clorita e biotita (Ferreira F^o, 1985). Frequentemente, apresentam acamadamento gradacional e podem conter calcopirita e/ou bornita disseminadas.

As rochas básicas apresentam expressiva alteração hidrotermal, sendo representadas por lavas basálticas e intrusões de diabásio e microgabros, os quais são responsáveis pelo desenvolvimento de texturas "hornfels" nas rochas encaixantes. A textura destas rochas é ofítica a sub-ofítica relictiva, em corpos de espessura bastante variável, desde centimétrica a decamétrica. São constituídas por plagioclásio (oligoclásio/andesina) em ripas intensamente sericitizada/saussuritizadas, anfibólio (actinolita/hornblenda) cloritizado, ocorrendo em placas, que englobam ofiticamente ripas de plagioclásio e, subordinadamente, K-feldspato, quartzo amorfo e epidoto. Datação Rb/Sr, em rocha total, apresentou idade de 2.500 Ma (Ferreira Filho, op. cit.).

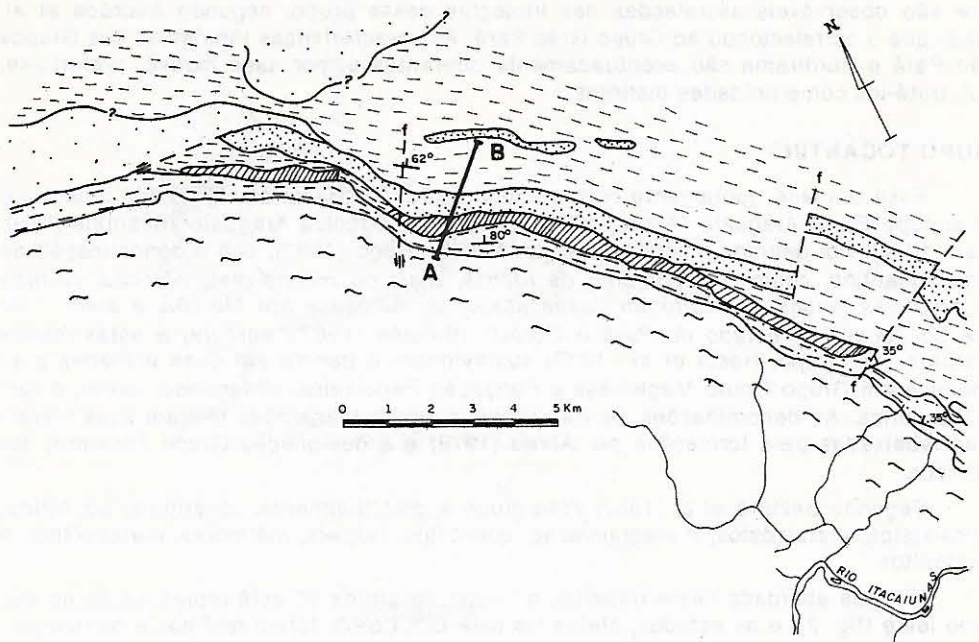
Formação Sumidouro: O nome desta formação é oriundo da denominação atribuída ao afluente da margem esquerda do Igarapé Bahia, que drena litologias pertencentes a essa unidade.

Está situada, estratigraficamente, acima da Formação Grota do Vizinho e é constituída por arenitos, às vezes arcóseos, esbranquiçados, freqüentemente ferruginosos, com quartzo constituindo de 50 a 80% da rocha, podendo ocorrer, ainda, plagioclásio e fragmentos de "chert". A matriz é siltítica, à semelhança de sedimentos arenosos da formação subjacente. Contém intercalações de rochas vulcânicas básicas, de composição, textura e alteração hidrotermal similares às existentes na Formação Grota do Vizinho. A Formação Sumidouro tem espessura superior a 100 metros e pode ser seguida por diversos quilômetros. A passagem para a Formação Grota do Vizinho é gradual e marcada, principalmente, pela diminuição de granulometria e aparecimento de litologias como "wackes", siltitos e argilitos.

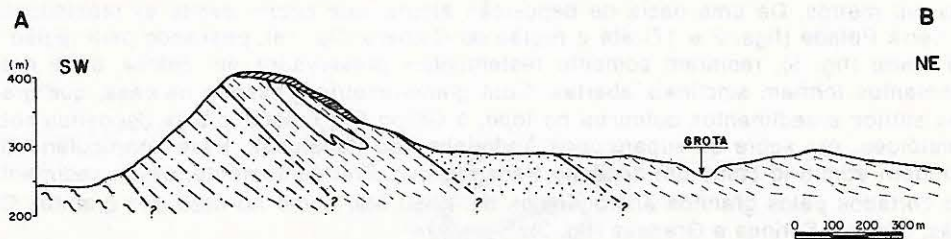
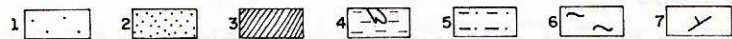
GRUPO BURITIRAMA

A Serra de Buritirama, que cede o nome a esse grupo, localiza-se 50 km a norte da jazida de Ferro de N-4 (fig. 2). Ela tem direção NW e seu relevo é sustentado por rochas quartzíticas micáceas. A primeira referência a esse pacote de sedimentos clásticos e químicos deve-se a Barbosa et al. (1966). Posteriormente, a Companhia Meridional de Mineração localizou uma ocorrência de manganês na área (CMM, 1967, inédito) e executou trabalhos de avaliação preliminar (Anderson W. L. et al. 1974) das reservas de manganês que, a partir de 1979, tiveram prosseguimento com a Mineração Colorado Ltda. As reservas daquele minério foram avaliadas em 17.730 milhões de toneladas. Amostras de blocos, analisadas, mostraram teores entre 40,81% a 54,28% MnO₂, segundo Andrade et al. (1986), que estudaram a área em mais detalhe (fig. 16).

A Serra de Buritirama tem alinhamento geral N55°W e apresenta, da base para o topo, quartzitos micáceos, mica-xistos, quartzito bandado e finalmente xistos variados. Os quartzitos micáceos são muscovíticos ou sericíticos e sustentam o relevo da serra. Os mica-xistos sobrepõem-se aos quartzitos micáceos e encontram-se profundamente alterados na superfície. Testemunhos de sondagem mostram mica-xistos carbonatados, rochas calcossilicatadas, leitos de mármore e horizontes que são o protominério do manganês. Intercalando-se aos mica-xistos, são encontrados quartzitos bandados, ferruginosos, de textura granoblástica, inequigranular, onde hematita é o opaco mais comum. Zircão e anfibólio são acessórios presentes. Mica-xistos e quartzo-xistos sobrepõem-se aos quartzitos bandados. Estas unidades correspondem, provavelmente, a mudanças facioló-



(Seg. Andrade et al, 1986)



(Seg. Andrade et al, 1986)

Fig.16 — MAPA GEOLÓGICO E PERFIL — PARTE OESTE DA SERRA DE BURITIRAMA

1 — Quartzito Xisto ; 2 — Quartzito Bandado ; 3 — Mica Xistos com Solo Marron Manganífero ; 4 — Mica Xistos com Camada de Manganês ; 5 — Quartzito Micáceo ; 6 — Gnaisses ; 7 — Atitude de Comada.

DES. ZÉLIA — JUN. /88

gicas. Foi adotada, como critério de separação de campo, a variação macroscópica das quantidades de mica e quartzo apresentadas por estas litologias (Andrade et al., op. cit.).

Na figura 16, é apresentado o mapa geológico da parte da Serra de Buritirama, onde são observáveis as relações das litologias desse grupo, segundo Andrade et al. (1986) que o correlacionou ao Grupo Grão Pará. As características litológicas dos Grupos Grão Pará e Buritirama são acentuadamente diferentes e, por esse motivo, preferiu-se, aqui, tratá-los como unidades distintas.

GRUPO TOCANTINS

Essa unidade, juntamente com o Grupo Estrondo (Hasui et al., 1975), constitui o Supergrupo Baixo-Araguaia (Abreu, 1978) da Faixa Orogênica Araguaia-Tocantins (Silva et al., 1974). Foi definida, inicialmente, por Moraes Rego (1933), sob a denominação de Série Tocantins, como *"um conjunto de rochas, mais ou menos metamórficas, cortada por eruptivas ácidas, que afloram desde abaixo de Alcobaça até Marabá, e além... no Vale do Tocantins, estado do Pará e Goiás"*. Almeida (1967), conferiu a estas rochas o "status" de Grupo. Hasui et al. (1977) subdividiram o pacote em duas unidades e as denominaram Grupo Couto Magalhães e Formação Pequizeiro, eliminando, assim, o termo Tocantins. As denominações de Pequizeiro e Couto Magalhães tiveram suas hierarquias rebaixadas para formações por Abreu (1978) e a designação Grupo Tocantins foi retomada.

Segundo Bezerra et al (1982) esse grupo é, principalmente, constituído por filitos, clorita-xistos, metarcósios, metagrauvas, quartzitos, jaspers, mármore, metassiltitos e metargilitos.

Na área abordada neste trabalho, o Grupo Tocantins só está representado no extremo leste (fig. 2), e os estudos, efetuados pela DOCEGEO, foram restritos e diretamente relacionados ao maciço ultrabásico Quatipuru, que o intrude.

GRUPO RIO FRESCO

O Grupo Rio Fresco é aqui considerado uma seqüência sedimentar, depositada entre ± 2.600 e 1.900 Ma, ou, mais provavelmente, entre ± 2.000 e 1.800 Ma. Constitui-se, basicamente, de uma seqüência clástica transgressiva, com espessura em torno de dois mil metros. De uma bacia de deposição ampla, que cobriu desde as proximidades da Serra Pelada (figs. 2 e 17) até a região do Cumaru (fig. 18), passando pela região de Rio Maria (fig. 5), restaram somente testemunhos preservados em calhas, onde esses sedimentos formam sinclinais abertas. Com granulometria grosseira na base, que grada para siltitos e sedimentos vulcânicos no topo, o Grupo Rio Fresco, ora se depositou sobre granitóides, ora sobre os supergrupos Andorinhas ou Itacaiunas. Essas particularidades permitem admiti-lo como um depósito transgressivo. Frequentemente, esses sedimentos são cortados pelos granitos anorogênicos de 1.850 Ma, como no caso dos granitos Carajás, Cigano, Seringa e Gradaus (fig. 2).

Deve-se a Barbosa et al. (1966) a designação de Formação Rio Fresco aos sedimentos estudados na calha do rio homônimo, afluente da margem direita do Xingu. Anteriormente, Oliveira (1928) estudara, nessa região, as ocorrências de carvão no Rio Fresco. Esse carvão continuou objeto de estudos posteriores (IDESP, 1970; CPRM, 1976).

A elevação da categoria de formação à de grupo deve-se a Cunha et al. (1984), que também elevou à categoria de Formação Igarapé Azul e Formação Rio Naja, o que Silva et al. (1974) designava como membros.

Parada et al. (1966) sobrepunha a Formação Rio Fresco à Formação Tocandera, detentora de depósitos de ferro e, atualmente, considerada parte de "greenstone belt".

Cordeiro & Saueressig (1980), no sinclinal da serra das Andorinhas, denominou-o de "Seqüência Gemaque", logo após a percepção de que aqueles sedimentos eram discordantes das rochas do Supergrupo Andorinhas.

Wirth et al. (1986) considerou-o "unnamed sediments", seguindo opinião de Ramos et al. (1984), quando o observou no topo do Grupo Grão Pará, nas proximidades da jazida de ferro de N-4. Segundo Ramos et al. (op. cit.), não seria viável a correlação desses sedimentos com aqueles que ocorrem em Rio Maria e no garimpo Cumaru. Uma síntese envolvendo as observações e opiniões de vários autores é apresentada na fig. 19,

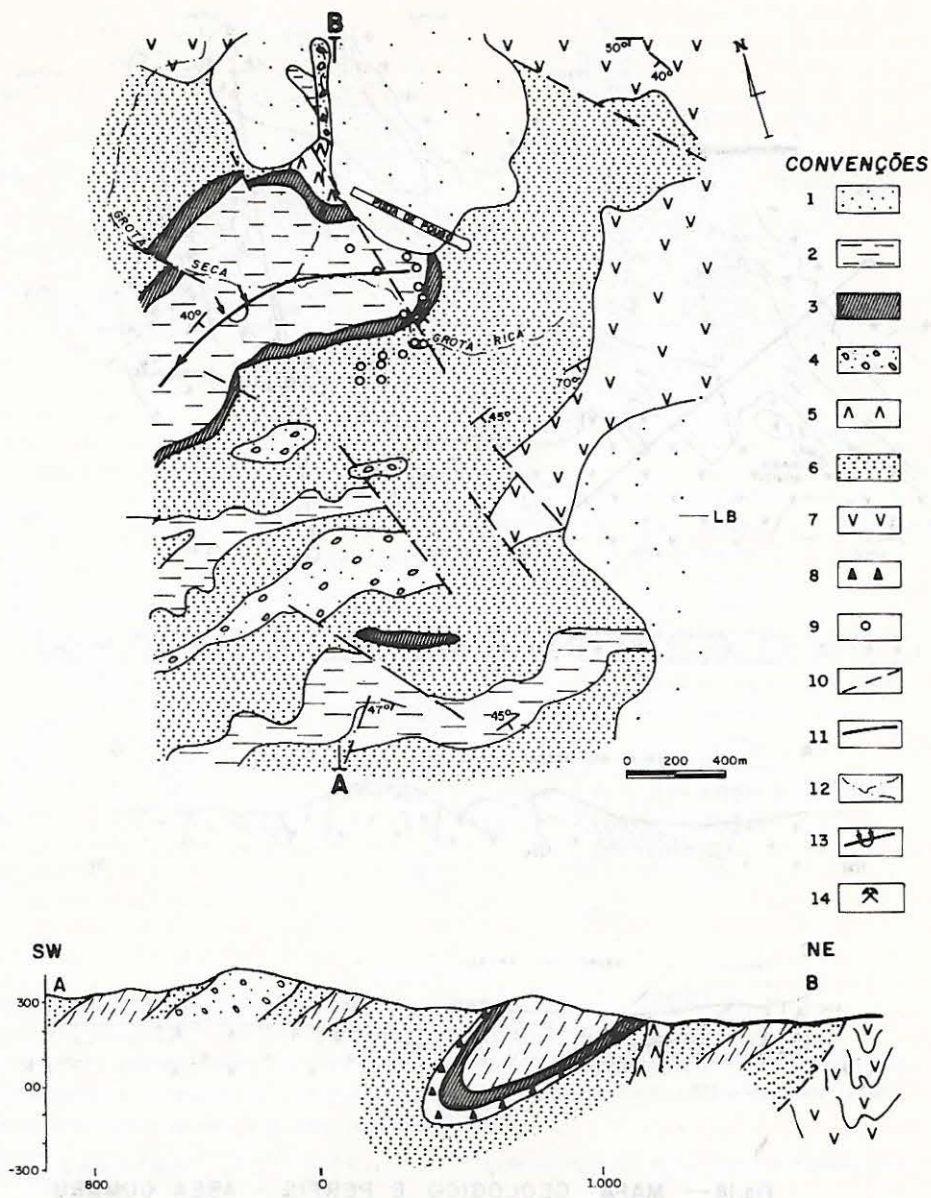


Fig.17 — MAPA GEOLÓGICO E PERFIL DE SERRA PELADA

1- Laterita Ferruginosa; 2- Siltito Vermelho; 3- Siltito Cinza Estratificado, Fácies Carbonáticas; 4- Arenitos Conglomeráticos e Conglomerados; 5- Gabro; 6- Arenito (Níveis Conglomeráticos); 7- Sequência Rio Novo; 8- Brecha Sedimentar; 9- Furo de Sonda; 10- Falha; 11- Sem Afloramento; 12- Drenagem; 13- Eixo de Dobra Recumbente; 14- Cava do Garimpo. (Seg. Malrales & Teixeira, 1982).

DES. ZÉLIA - JUN./86

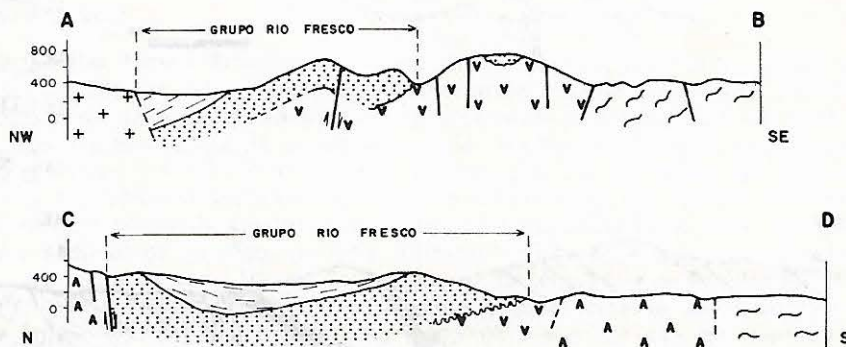
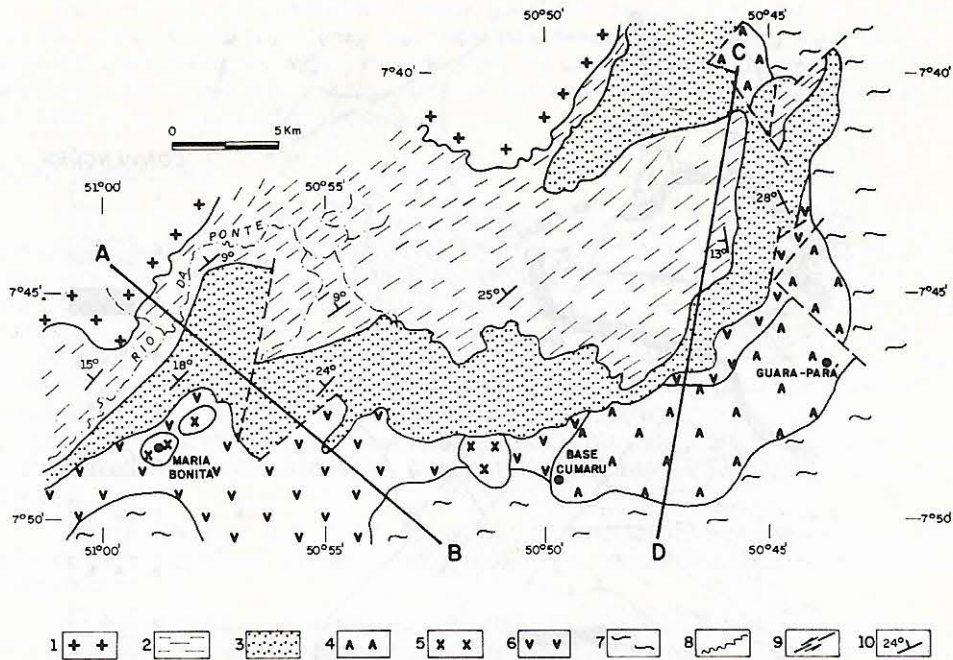


Fig. 18 — MAPA GEOLÓGICO E PERFIS — ÁREA CUMARU

1 — Granito Serra dos Gradaus ; 2 — Formação Rio Naja ; 3 — Formação Igarapé Azul ;
 4 — Suite Intrusiva Guara-Pará ; 5 — Granodiorito Cumaru ; 6 — Grupo Gradaus ; 7 — Com-
 plexo Xingu ; 8 — Discordância ; 9 — Falha ; 10 — Atitude de Camada.

(Seg. Mascobiro et al, 1966)
 Des. Zélia — Jun./88

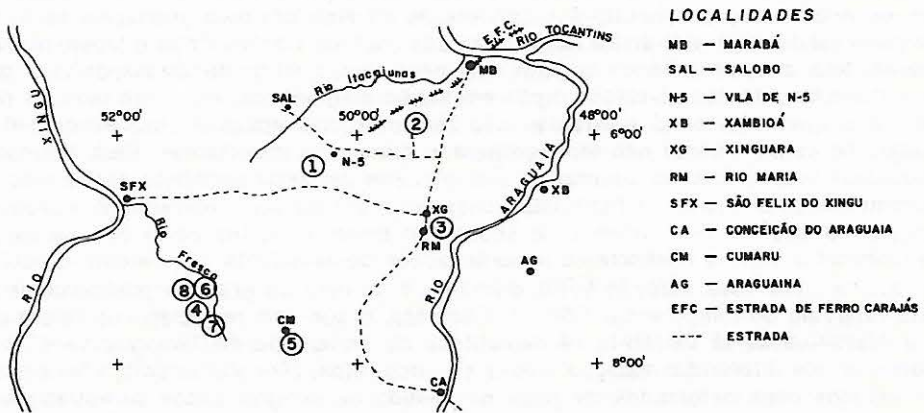
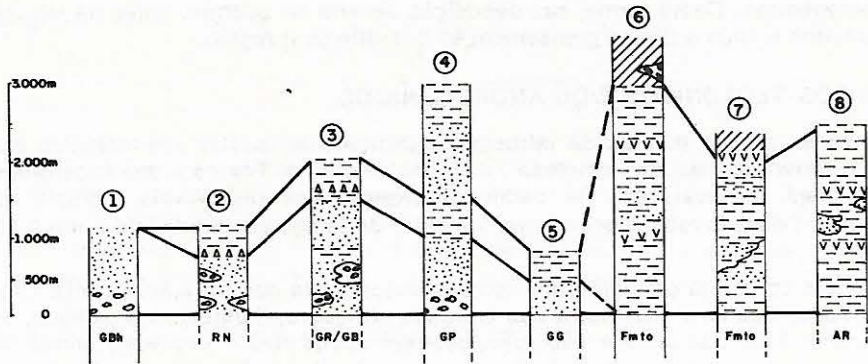



Fig.19 — SEÇÕES LOCALIZADAS DO GRUPO RIO FRESCO

1 — Área Bahia (Ferreira F^o, 1985); 2 — Serra Pelada (Meireles & Teixeira, 1982); 3 — Rio Maria (Docego, 1988); 4 — Rio Fresco e Carajás (Silva et al, 1974); 5 — Cumaru (U.F.Pa. 1986); 6, 7 e 8 — Região Rio Fresco (IDESP, 1970; CPRM, 1976 e Barbosa et al, 1966; respectivamente).

 Formação Gorotire
  Vulcônicas
  Sequências Pelíticas (Siltitos, Folhelhos, Ardósias, localmente químicas: Dolomitos e Chert)
  Brechas Sedimentares
  Sequências Arenosas (Arcosionas, às vezes gouvacóides)
  Sequências Conglomeráticas
  Sequências Pré-Grupo Rio Fresco: GBh - Grupo Bahia; RN - Sequência Rio Novo; GR/GB - Trondhemito Mogno / Grupo Bobaçu; GP - Grupo Grao Pará; GG - Grupo Gradous; Fmto - Formação Tocandera; AR - Arqueano.

numa tentativa de correlacionar as diversas seções apresentadas. Há evidências de que o Grupo Rio Fresco depositou-se após o evento Transamazônico e foi truncado pelos granitos anorogênicos. Desta forma, sua deposição deveria ter ocorrido antes da intrusão daqueles granitos e após a última gnaissificação que atingiu a região.

GRANITOS PÓS-TECTÔNICOS E/OU ANOROGÊNICOS

Na região, grande número de intrusões graníticas, de caráter pós-tectônico e/ou anorogênico, cortam rochas do Complexo Xingu, do Grupo Rio Fresco e dos supergrupos Andorinhas, Inajá e Itacaiunas. Os dados geocronológicos disponíveis indicam que o "emplacement" dessas rochas ocorreu no intervalo de tempo compreendido entre 1.900 e 1.350 Ma.

Além dos corpos já cartografados como granitos Serra dos Carajás, Estrela, Cigano, Jamon, Musa, Cachoeirinha, Serra dos Gradaus, Xinguara, Bannach, Borrachudo, Seringa, Marajoara, Sítio São José e São João, ocorrem outros corpos pequenos, ainda não denominados, provavelmente correlacionáveis ao granito Serra dos Carajás (fig. 2). É o caso do corpo aflorante na estrada que interliga as áreas Pojuca e Bahia.

As rochas graníticas da região não despertaram até agora grande interesse econômico, por isso é pequeno o número de trabalhos significativos nelas concentrados. Dentre as mineralizações importantes, conhecidas na área em foco, destacam-se as de wolframita/cassiterita e wolframita associadas aos granitos Cachoeirinha e Musa, respectivamente. Não existem critérios seguros que permitam, com os dados disponíveis, propor o enquadramento dos diversos corpos em suites magmáticas. Por outro lado, as propostas de enquadramento já existentes não têm mostrado aplicação inquestionável. A ampliação do conhecimento não tem confirmado premissas importantes. Para exemplificar, podemos citar o Granito Central de Carajás. Em um setor periférico desse maciço, foi encontrada, pela equipe da DOCEGEO, cassiterita em greisen, contrariando a proposição inicial de que um dos critérios de separação entre as suites Serra dos Carajás e Velho Guilherme seria a ausência de mineralizações de cassiterita na primeira. É notório ainda que, a cada nova datação U/Pb, aumenta o número de granitos posicionados no estreito intervalo de tempo entre 1.800 ± 1.900 Ma, o que vem requerer uma reformulação na classificação já existente fundamentada na cronologia de "emplacement" e/ou restriamento dos diferentes maciços. Esses e outros fatos, vêm alertar para a necessidade de estudos mais detalhados dirigidos no sentido de integrar dados de estratigrafia, cronologia e tipologia dos corpos graníticos, antes de um enquadramento em suites.

Dos granitos supracitados apenas quatro possuem datações U/Pb em zircões: Serra dos Carajás (1.820 ± 43 Ma), Granito Cigano (1.885 Ma), granito da estrada Pojuca/Bahia (1.874 Ma) e Granito Musa (1.853 ± 13 Ma). A datação do primeiro deve-se a Gibbs et al (1986) e dos demais a Machado et al. (1988).

Esses últimos autores também detectaram, no granito Musa, zircões herdados que revelaram 2.868 Ma, permitindo-lhes inferir que o granito foi "originário de crosta Arqueana".

Outras informações sobre os corpos graníticos, aqui referidos, incluindo dados geocronológicos por outros métodos, podem ser encontradas na compilação sobre o conhecimento das rochas granitoides da porção sul da Amazônia Oriental, apresentada por Dall'Agnol et al. em 1986.

SUITE MÁFICA-ULTRAMÁFICA QUATIPURU

Esta denominação foi proposta por Cunha (1985) para englobar um conjunto composto por rochas máficas e ultramáficas, metamorfasadas ou não, distribuídas em todo o domínio do Supergrupo Baixo Araguaia.

Cordeiro & Mc Candless (1974) descreveram, em detalhe, parte desta suite, sob a denominação de Maciço Ultramáfico de Quatipuru, na serra homônima. Esses autores descreveram um maciço ultramáfico constituído por serpentinitos e silixitos, originados de peridotitos e dunitos, cortados por diques e lentes de rochas básicas, encaixadas em filitos, chert negro e metagrauvacas pertencentes ao Grupo Tocantins, com ocorrências de cromita, amianto, níquel laterítico e sulfetos de Cu-Ni.

GABRO SANTA INÊS

A SE do Granito Estrela ocorre um corpo gabróide, tabular, de dimensões em torno de 20 x 3 km, intrudido nos sedimentos do Grupo Rio Fresco e Complexo Xingu (fig. 2). Esse corpo básico é formado por gabros leucocráticos e anortosfíticos. Texturas ofítica a sub-ofítica e porfírica lhe são comuns. Ocorre na fazenda Santa Inês e não apresenta evidências de metamorfismo elevado. O Gabro Santa Inês, como os diques de diabásio que são comuns na região, até o momento não merecem estudos mais aprofundados, não possui datação radiométrica e, portanto, não possui uma posição definida no contexto regional. Com exceção do dique de diabásio datado em 590 Ma (Cordani, 1980), que corta o Grupo Salobo, pouco se conhece a respeito desse magmatismo. No entanto, gabros e diabásios são freqüentes e já foram detectados cortando também os Grupos Igarapé Salobo, Igarapé Pojuca, Igarapé Bahia e, comumente, O Grupo Rio Fresco.

COMENTÁRIOS SOBRE A GEOLOGIA DA REGIÃO

Recentemente, Gibbs et al. (1986) e Wirth et al. (1986) dataram rochas félsicas e máficas da Formação Parauapebas (vulcânica inferior) do Grupo Grão Pará. Surpreendentemente, notaram que este Grupo possuía idade Arqueana, de 2.750 Ma, em flagrante contraste aos 2.000 Ma admitidos até então por vários autores. O método U/Pb, utilizado por Gibbs (op. cit.), fornecia a idade de formação dessas rochas. Outra grande surpresa foi constatar que as grandes massas de formações ferríferas oxidadas, tidas como proterozóicas, sobretudo em grandes quantidades e de caráter jaspelítico, formaram-se também no Arqueano. Wirth (op. cit.) estudou quimicamente os basaltos do Grupo Grão Pará e chegou a outra conclusão interessante: os basaltos mostraram características tais que levariam aquele autor a admiti-los como tendo atravessado uma crosta sílica pré-existente. As alternativas para esse provável embasamento apontaram para o Complexo Xingu de Silva et al. (1974) ou terrenos granito-"greenstone".

Em 1987, a DOCEGEO aglutinou os grupos Igarapé Salobo, Igarapé Pojuca, Grão Pará, Igarapé Bahia e Buritirama para estruturar o Supergrupo Itacaiunas (SIT). Da mesma forma, subtraiu do Complexo Xingu os "greenstone-belts", aí incluídos por Hirata et al. (1982), agrupando-os no Supergrupo Andorinhas (SAN). O reconhecimento de que o SAN era intrudido pelo Granodiorito Rio Maria, estudado por Medeiros (1985) e Dall'Agnol et al. (1986), veio estabelecer uma idade mínima para os "greenstones" do sul do Pará. Outros granitóides foram também definidos, pela DOCEGEO, formando um conjunto de granitóides Arqueanos que configuram, pelo menos, três fases distintas de intrusões: O Granodiorito Rio Maria, com 2.660 ± 60 Ma (Montalvão et al. 1984; Dall'Agnol et al. 1986), o Trondhjemitó Mogno de 2.680 ± 60 Ma, e o Tonalito Parazônia com 2.400 Ma. Os dois últimos datados (Rb/Sr) por Tassinari (1988). O Trondhjemitó Mogno é intrusivo no Granodiorito Rio Maria, conforme constatação de campo. Machado et al. (1988), ao datar o Granito Musa pelo método U/Pb, obteve, em zircões neo-formados, a idade de 1.853 ± 13 Ma, e, em zircões "herdados" de sua rocha geradora, provavelmente o Granodiorito Rio Maria, 2.868 Ma. Recentemente, Tassinari (1988) observou que o Granodiorito Rio Maria apresentava, em três de suas amostras, indicações de uma possível idade de 3.100 Ma (Rb/Sr).

O SAN se estendeu ainda mais para nordeste de Sapucaia. Nas proximidades de Serra Pelada, ele é representado pela Seqüência Rio Novo de Hirata et al. (op. cit.). Ali, foi intrudido pelo Complexo Luanga, de idade de 2.763 ± 5 Ma (Machado et al. 1988). Medeiros Filho (1985) relata a presença de gnaisses tonalíticos possivelmente intrusivos na Seqüência Rio Novo. Esses dados, aliados às informações obtidas na pesquisa dos granitóides, apontaram no sentido de se poder admitir que o SAN possa ter idade mais antiga que 3.000 Ma.

O SAN, com os granitóides que lhe são intrusivos, formaram um bloco estável na região de Rio Maria, fornecendo informações valiosas a respeito do Complexo Xingu. Tanto a norte, como a sul desse bloco, afloram gnaisses granodioríticos, trondhjemiticos ou tonalíticos, tidos como pertencentes a essa unidade litoestratigráfica. Os contatos desse bloco estável com os gnaisses são gradacionais, o que permite admitir que o Complexo Xingu, nesta área, nada mais é do que o produto do retrabalhamento de granitóides arqueanos. Portanto, o conjunto SAN e granitóides arqueanos configura-se como pacote de rochas mais antigo, até então estudado, da região. Pela sua distribuição am-

pla e pela sua idade, presumivelmente acima de 3.000 Ma, seria pertinente admiti-lo como o substrato, ou "crosta sílica", sobre o qual evoluiu o SIT, conforme surpeitado por Wirth et al. (1986), Gibbs et al. (1986) e Dardene et al. (1987).

Os grupos formadores do SIT evoluíram dentro de um contexto vulcano-sedimentar. Seu mais conhecido representante parece ser Grupo Grão Pará. Suas características, mormente as litológicas, estruturais, metamórficas e cronológicas, distinguem o SIT do SAN. Enquanto evoluiu a bacia do SIT, o SAN já se encontrava intrudido, ou sofrendo intrusões dos granitóides arqueanos. É possível que o SIT tenha sua evolução associada a zonas de rifteamento, conforme aventou Hutchinson (1979) e concordou Hirata et al. (1982). A disponibilidade de dados, na época, era menor, mas mesmo com o acúmulo de informações atuais, a evolução do SIT perdura como um problema em aberto. Se admitirmos a hipótese dessa evolução, o rifteamento teria ocorrido sobre terrenos granito-"greenstone"; a sua direção seria NW, que é a direção dos principais falhamentos na região; os grupos Igarapé Salobo, Igarapé Pojuca, Grão Pará, Igarapé Bahia e Buritirama seriam crono-correlatos e mudanças faciológicas responsabilizar-se-iam pelas suas diferenças, que às vezes são marcantes; sua restrita e peculiar forma de ocorrência seria justificada, dado que moldado pelos limites do "rift". Entretanto, seria necessário esclarecer melhor os diferentes graus de metamorfismo que esses grupos apresentam, e, da mesma forma, algumas idades antigas que foram observadas por Gomes et al. (1975), em anfíbolito coletado na região do rio Tapirapé (3.283 ± 113 Ma), e Cordani et al. (1980), em anfíbolito coletado no vale do Igarapé Salobo (2.940 ± 110 Ma). O núcleo antigo e estável, após 2.300 Ma de Tassinari et al. (1987), poderia ter sofrido um evento metamórfico em torno de 2.600–2.900 Ma. Os dados geocronológicos (Rb/Sr) dos próprios granitóides arqueanos poderiam ser, atualmente, evidências desse evento. Várias outras idades, nesse intervalo, encontram-se à espera de um engajamento no contexto geológico da região.

Faz-se, agora, referência à figura 20, para por em debate algumas idéias relativas ao tempo Arqueano, quando da evolução dos supergrupos em análise. A base de dados para o exercício dessas idéias será o mapa geológico da região (fig. 2), devidamente modificado. Na figura 20a, foi reconstituído o SAN, que deve ter tido aquela configuração num instante qualquer, antes das intrusões dos granitos anorogênicos de 1.800 Ma a 1.900 Ma. A abertura do "rift", do SIT foi, seguramente, antes de 2.750 Ma, que é a idade do Grupo Grão Pará. Por outro lado, o migmatito datado por Machado et al. (1988), em 2.851 Ma (U/Pb), nas proximidades do Complexo Luanga, indica que, nesse local, já havia migmatização nesse tempo. Desta forma, admitindo-se o formato do SAN, tal qual mostrado na figura 20b, para o período de implantação do "rift" SIT, faz-se implícito que as relações de contato SIT/SAN seriam raras, dado que o trend WNW já teria sido imposto ao SAN, previamente. Assim, o subparalelismo de ambos faria com que suas relações de contato se tornassem inevidentes, embora discordantes por origem.

A inversão da bacia do SIT deu-se após 2.750 Ma. Lindenmayer et al. (1988) encontrou idade de 2.545 Ma (U/Pb) em cisalhamento do Grupo Igarapé Salobo. O Grupo Igarapé Bahia, considerado uma das fases finais de preenchimento do "rift", mostra idades Rb/Sr entre 2.500 e 2.600 Ma (Ferreira F^o, 1985). Esses fatos levam à hipótese da inversão ter se ocorrido em torno dos 2.600 Ma. Deve-se ressaltar que se deu, aproximadamente nesse mesmo período de tempo, a implantação e/ou reaquecimento dos granitóides arqueanos na região, principalmente na de Rio Maria.

De forma não menos complexa que a evolução SAN/SIT, depositou-se sobre as seqüências Arqueanas e rochas retrabalhadas do cinturão Maroni-Itacaiunas (Cordani & Neves, 1982), ou Complexo Xingu (Silva et al. 1974), um espesso pacote de sedimentos que, em direção ao topo, tornam-se gradativamente mais finos e, em alguns locais, depositaram-se quimicamente. Esse pacote de sedimentos transgressivos, de metamorfismo incipiente, cortado por granitos anorogênicos de idades entre 1.800 Ma e 1.900 Ma, foi correlacionado ao Grupo Rio Fresco. É polêmica atual se o Grupo Rio Fresco se depositou em uma ampla e única bacia, depois retalhada pela erosão, permanecendo os testemunhos em calhas sinformais, ou se a deposição deu-se isoladamente, em diminutas bacias, forma na qual hoje se manifestam. Além dessas alternativas, Cunha et al. (1985) correlacionaram o Grupo Rio Fresco ao Grupo Tocantins, de direção N-S, direção essa imposta pelos dobramentos sofridos pelo Supergrupo Baixo Araguaia de Abreu (1978). Todas essas hipóteses estão pendentes de comprovação, entretanto, fatos indicam que a Bacia do Grupo Rio Fresco deve ter-se depositado após ± 2.000 Ma, após o

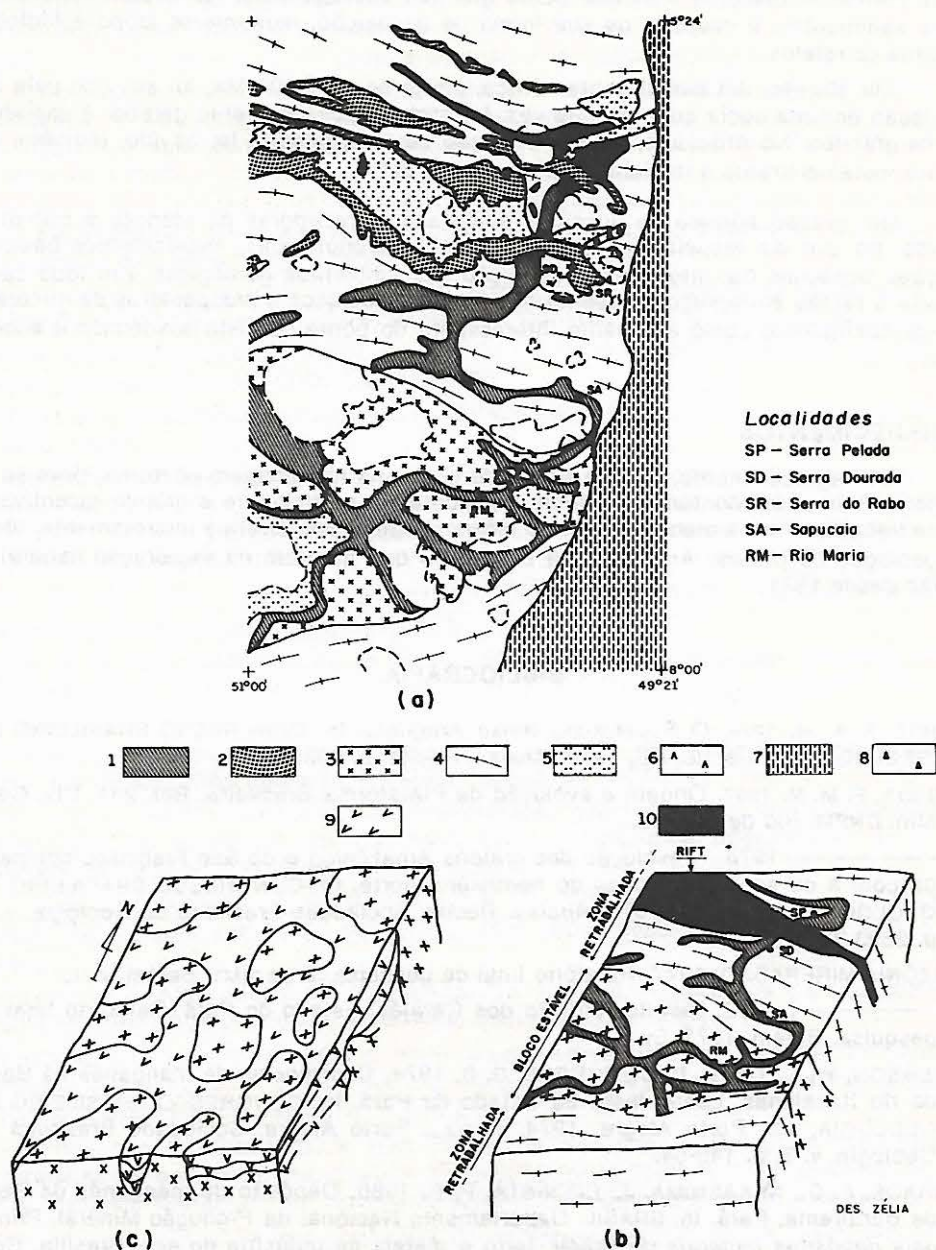


Fig. 20 — "RIFT" DO SUPERGRUPO ITACAIUNAS

- (a) Reconstituição do Supergrupo Andorinhas ;
 (b) Provável Implantação do Rift do Supergrupo Itacaiunas ;
 (c) Primórdios da Evolução dos Terrenos Granito - "Greenstones" ;

1 - Supergrupo Andorinhas ; 2 - Supergrupo Itacaiunas ; 3 - Granitoides ; 4 - Foliação Gnássica ; 5 - Grupo Rio Fresco ; 6 - Corpos Ultramáficos ; 7 - Supergrupo Baixo Araguaia ; 8 - Gabro ; 9 - Vulcânicas Básicas - Ultrabásicas, Sedimentos, Vulcânicas Félsicas ; 10 - "Rift" do Supergrupo Itacaiunas.

Ciclo Transamazônico, e truncado pelos granitos anorogênicos. No Craton Amazônico esses sedimentos, a despeito de sua forma de deposição, mostram-se crono e litologicamente correlatos.

Em síntese, um evento metamórfico, em torno de 2.000 Ma, foi seguido pela implantação de uma bacia que, por sua vez, foi afetada por um evento gerador e implantador de granitos. No Arqueano, após a evolução do SAN, poderia ter havido, também, um evento metamorfizante e implantou-se a bacia do SIT.

Um grande número de questões ainda são merecedoras de atenção e trabalhos futuros, no que diz respeito às determinações geocronológicas, mapeamentos básicos, relações espaciais das litologias e definição dos ambientes geológicos. Em todo caso, embora a região a apreço apresente desafios a estudiosos e prospectores de minerais, tem-se configurado como altamente interessante do ponto de vista acadêmico e econômico.

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento, que se confunde com uma homenagem póstuma, deve-se ao geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalão, participante e grande incentivador deste trabalho. Para a elaboração deste artigo contribuíram, direta e indiretamente, todos os geólogos do Distrito Amazônia da DOCEGEO que atuaram na exploração mineral da região desde 1971.

BIBLIOGRAFIA

- ABREU, F. A. M. 1978. O Supergrupo Baixo Araguaia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, PE, 1978. *Anais...* Recife. p. 2539-48.
- ALMEIDA, F. M. M. 1967. Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Bol. 241. Div. Geol. Min. DNPM. Rio de Janeiro.
- _____. 1978. A evolução dos cratons Amazônico e do São Francisco comparada com a de seus homólogos do hemisfério norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais...* Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 6, p. 2393-407.
- AMAZÔNIA MINERAÇÃO. 1977. Relatório final de pesquisa; área MM1. Belém. v. 1.
- _____. 1972. Distrito ferrífero dos Carajás. Estado do Pará. Relatório final de pesquisa. Belém, 1972. 5v.
- ANDERSON, W. L.; DYER, R. C.; TORRES, D. D. 1974. Ocorrências de manganês na Bacia do rio Itacaiunas, centro-leste do Estado do Pará, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre, 1974. *Anais...* Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia. v. 6, p. 149-64.
- ANDRADE, F. G.; NAKASHIMA, J.; PODESTÁ, P. R. 1986. Depósito de manganês da Serra de Buritirama, Pará. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Principais depósitos minerais do Brasil: ferro e metais da indústria do aço*. Brasília, Convênio DNPM/CVRD. v. 2, p. 153-66.
- ASSAD, R. & BEISIEGEL, V. de R. 1978. Depósitos de bauxita na Serra dos Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais...* Recife, Sociedade Brasileira de Geologia. v. 4, p. 1385-91.
- BARBOSA, O.; RAMOS, A.; GOMES, F.; HUMBOLD, R. 1966. Geologia estratigráfica, estrutural econômica da área do Projeto Araguaia. Rio de Janeiro, IBGE, 94p. (Brasil DNPM. Monografia, 19).
- BEISIEGEL, V. de R.; BERNARDELLI, A. L.; DRUMMOND, N. F.; RUFF, A. W.; TREMAINE, J. W. 1973. Geologia e recursos minerais da Serra dos Carajás. Rev. Bras. Geoc., 3(4):215-42, dez.
- _____. & FARIAS, N. F. 1978. Ocorrências de cobre na Serra dos Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais...* Recife, SBG, 1978. v. 4, p. 1419-26.

- BERNADELLI, A. L. & BEISIEGEL, V. de R. 1978. Geologia econômica da jazida de manganes do Azul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais... Recife, Sociedade Brasileira de Geologia*, v. 4, p. 1431-44.
- BEZERRA, P. E. L.; CUNHA, B. C. C.; MONTALVÃO, R. M. G.; IANHEZ, A. C.; POTIGUAR, L. A. T.; PITTAHAN, J. H. L. 1982. Geologia da extremidade sudeste da Plataforma Amazônica e da faixa de dobramentos Araguaia-Tocantins. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA. Belém, 1982. *Anais... Belém. Soc. Bras. Geol. Núcleo Norte*, v. 1, p. 9-25.
- BONHOMME, M. G.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K.; MACEDO, M. H. F.; THOMAZ FILHO, A. 1982. Radiochronological age and correlation of proterozoic sediments in Brazil. *Precambrian Research*, 18 (1/2): 103-18, May.
- CASTRO FILHO, L. N. de & HEIM, S. L. 1986. Jazida de níquel laterítico de Puma-Ônça, município de S. Félix do Xingu-PA. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Principais depósitos minerais do Brasil: ferro e metais da indústria do aço*. Brasília, Convênio DNPM/CVRD, v. 2, p. 347-68.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. 1976. *Relatório anual, 1976*. Rio de Janeiro, 1976.
- COMPANHIA VALE DO RIO DOCE/COMPANHIA MERIDIONAL DE MINERAÇÃO. 1972. Distrito ferrífero da Serra dos Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., Belém, 1972. *Resumo das comunicações*. Simpósios. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 78-80. (Boletim nº 2).
- CONDIE, K. C. 1981. *Archean greenstone belts*. Amsterdam, Elsevier, 343p. (Developments in precambrian geology, 3).
- CORDANI, U. G. 1980. Interpretação de dados geocronológicos. Sociedade Brasileira de Geologia. Bol. n. 6. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, 1980. *Anais... Camboriú, SC*, p. 1-22.
- _____. 1980. *Comentários a respeito das datações efetuadas para a região da Serra dos Carajás*. São Paulo 3p. Relatório interno da DOCEGEO.
- _____. 1980. Fundamentos de interpretação geocronológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, 1980. *Boletim nº 6: interpretação de dados geocronológicos*. Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 1-22.
- _____. & NEVES, B. B. B. 1982. The geologic evolution of South America during the archean and early proterozoic. *Rev. Bras. Geoc.* v. 12, nº 1, 2 e 3. p. 78-88.
- _____.; TASSINARI, C. C. G.; KAWASHITA, K. 1984. A serra dos Carajás como região limítrofe entre províncias tectônicas. *Ciências da terra*; (9):6-11.
- CORDEIRO, A. A. C. & Mc CANDLESS, G. 1976. Maciço ultramáfico de Quatipuru. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., Ouro Preto, 1976. *Anais... Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia*, v. 3, p. 9-15.
- _____. & SAUERESSIG, R. 1980. Serra das Andorinhas: geologia e principais ocorrências de ouro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, SC, 1980. *Resumo*. Camboriú, SC, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 344 (Boletim, 2).
- _____. 1982. Geologia preliminar da região de Andorinhas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1., Belém, 1982. *Anais... Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte*, v. 1, p. 45-9.
- _____.; ALVES, C. A.; FONSECA, L. R.; NASCIMENTO, J. A. S.; AZEVEDO, I. L.; SANTOS, F. F. 1984. Pesquisa geológica da jazida de wolframita da Pedra Preta, Rio Maria-PA. In: SYMPOSIUM AMAZÔNICO, 2., Manaus, 1984. *Anais... Manaus, DNPM*, p. 375-9.
- _____.; ALVES, C. A.; FONSECA, L. R. da. 1982. Geologia da região da Serra dos Gradaus. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, Belém, *Anais... Belém-PA, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte*, v. 1, p. 50-3.
- _____.; MARTINS, L. P. B. 1984. Ocorrências de pillow-lavas no "greenstone-belt" de Andorinhas-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. *Resumos. Breves Comunicações. Cursos, Excursões e Mesas Redondas*. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 148-9.

- COSTA, J. B. S.; VIEIRA, E. A. P.; SIQUEIRA, J. B.; RÊGO, J. L. do; SILVA, E. R. P. da; CASTRO, F. D. C. de. 1988. *A zona de cisalhamento Salobo*. Belém, UFPa. (inédito).
- CUNHA, B. C. C. da; SANTOS, D. B. dos; PRADO, P. 1984. Contribuição ao estudo da estratigrafia da região dos Gradaus, com ênfase no Grupo Rio Fresco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 2, p. 873-85.
- _____. 1985. O Grupo Rio Fresco como seqüência plataformar da faixa de dobramentos Araguaia-Tocantins. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2., Belém, 1985. *Anais...* Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte, v. 1, p. 362-75.
- CVRD, DIPEG. 1983. *Projeto Aquiri; relatório de pesquisa n.X-C (progresso)*. Belo Horizonte. 124p.
- _____/DOCEGEO. 1988. *Projeto Cobre Carajás. Jazida de Salobo. Geologia e avaliação de reservas. / Rio de Janeiro/ v. 1.*
- DALL'AGNOL, R.; VIEIRA, E. A. P.; SÁ, C. A. S.; MEDEIROS, H.; GASTAL, M. C. P.; TEIXEIRA, N. P. 1986. Estudo atual do conhecimento sobre rochas granitoides da porção sul da Amazônia Oriental. *Rev. Bras. Geoc.*, 16(1):11-23.
- DANNI, J. C. M.; JOST, H.; WINGE, M.; ANDRADE, G. F. 1986. Aspectos da evolução de terrenos granito-greenstone: exemplo da região de Hidrolina, Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., Goiânia, 1986. *Anais...* Goiânia, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 2, p. 570-84.
- DARDENNE, M. A.; FERREIRA F^o, C. F.; MEIRELLES, M. A. 1987. The role of shoshonitic and calc-alkaline suite in tectonic evolution of the Carajás District, Brazil. In: IUGS, PRECAMBRIAN EVOLUTION OF THE AMAZONIAN REGION, Carajás, 1987. *Final meeting of the working group*. Extended Abstracts. Carajás, p. 40-50.
- DIDIER, J. 1973. *Granites and their Enclaves*. Amsterdam, Elsevier.
- DYER, R. C. 1975. *Relatório preliminar de pesquisa, área MM1*. Rio de Janeiro, Companhia Meridional de Mineração, 21p.
- FARIAS, N. F.; SANTOS, A. B.; BIAGINI, D. O.; VIEIRA, E. A. P.; MARTINS, L. P.; SAUERESSIG, R. 1984. Jazida de Cu e Zn da área Pojuca, Serra dos Carajás-Pa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, v. 8, p. 3658-68.
- FERREIRA, E. O. 1969. Considerações sobre o mapa tectônico do Brasil e sobre a tectônica da plataforma brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., Salvador, 1969. *Resumo das conferências e comunicações*. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia, p.73-5.
- FERREIRA FILHO, C. F. 1985. *Geologia e mineralizações sulfetadas do prospecto Bahia, Província Mineral de Carajás*. Brasília, Fundação Universidade de Brasília. 112p. Dissertação de Mestrado.
- _____; CORDANI, U. G.; TEIXEIRA, W.; DANNI, J. C. M. 1987. Geochronology of the Bahia Prospect copper deposit. Carajás Province - Brazil. In: IUGS, PRECAMBRIAN EVOLUTION OF THE AMAZONIAN REGION, Carajás, 1987. *Final meeting of the working group*. Extended Abstracts. Carajás, p. 32-9.
- FONSECA, L. R.; RIGON, J. C.; GONÇALEZ, R. 1984. Descoberta de cobre na Formação Rio Fresco, Igarapé Bahia, Serra do Carajás-PA. In: SYMPOSIUM AMAZÔNICO, 2., Manaus, 1984. *Anais...* Manaus, DNPM, p.355-7.
- FRANK, N. D. 1979. *Mapeamento geológico de semi-detalle, área MM1*. DOCEGEO, 51p. Relatório Interno.
- GAMA Jr., T.; MACAMBIRA, J. B.; KOTSCHOUBEY, B. 1982. Contribuição à litoestratigrafia da região da Serra das Andorinhas - sudoeste do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, Belém, 1982. *Anais...* Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte, v. 1, p.111-27.
- GASTAL, M. do. C. P. 1987. *Maciço Granítico Musa: mapeamento, petrologia e petroquímica*, Rio Maria, SE do Pará. Belém, UFPa. Centro de Geociências, 327p.

- GIBBS, A. K.; WIRTH, K. R.; HIRATA, W. K.; OLSZEWSKI Jr., W. J. 1986. Age and composition of the Grão Pará Group Volcanics, Serra dos Carajás. *Rev. Bras. Geoci.* 16(2):201-11.
- GOMES, C. B.; CORDANI, U. G.; BASEI, M. A. S. 1975. Radiometric ages from the Serra dos Carajás Area, Northern Brazil. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 86:939-42.
- GONÇALEZ, R. 1985. *Probable contribution pyroclastique dans le Gisement de Cuivre-Area Bahia-Region de Carajás-Brésil.* 22p. Rapport de fin de Cycle. C.E.S.E.V. - France.
- GUIMARÃES, I. G. & VIEIRA, M. A. M. 1981. *Relatório de estudos, área Salobo 3A e MM1. Projeto Cobre Carajás.* Belo Horizonte, CVRD/DOCEGEO, 457p.
- _____. 1987. *Petrologia da formação ferrífera na área Salobo 3A, Província Mineral de Carajás - Pa.* São Paulo, Universidade de São Paulo. 99p. Dissertação de Mestrado.
- GROVES, D. I. 1982. The Archean and earliest Proterozoic evolution and Metallogeny of Australia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARCHEAN AND EARLY PROTEROZOIC GEOLOGIC EVOLUTION AND METALLOGENESIS. *Anais...ISAP.* Salvador. *Rev. Bras. Geoc.*, v.12 nº (1, 2 e 3): mar-jun-set/1982.
- HASUI, Y.; ABREU, F. A. M.; SILVA, M. J. R. 1977. Estratigrafia da Faixa de dobramentos Paragual-Araguaia no centro-oeste do Brasil. *Boi. IG-USP.* 8:107-18.
- _____.; TASSINARI, C. C. G.; SIGA Jr., O.; TEIXEIRA, M.; ALMEIDA, F. F. M. de.; KAWASHITA, K. 1980. Idades Rb-Sr e K-Ar do centro-norte do Brasil e seu significado geológico-geotectônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, 1980. *Anais...* Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2, p. 2659-76.
- IANHEZ, A. C.; SOUSA, A. M. S. de; MONTALVÃO, R. M. G. de. 1980. Geologia da seqüência vulcano-sedimentar da Serra de Inajá - Santana do Araguaia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, SC, 1980. *Anais...* Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia. v. 5, p. 2918-28.
- INSTITUTO DO DESENVOLVIMENTO SÓCIO-ECONÔMICO DO PARÁ. 1970. *Programa de pesquisa do carvão mineral na bacia do Rio Fresco, afluente do Xingu, Estado do Pará.* Belém, CPCAN/IDESP - 19p. (Relatório técnico de Pesquisa, 2).
- _____. Projeto Rio Fresco. Contribuição à geologia do pré-cambriano da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., Belém, 1972. *Resumo das comunicações. Simpósios.* Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 1972. p.73-5 (Boletim nº 2).
- HIRATA, W. K.; RIGON, J. C.; KADEKARU, K.; CORDEIRO, A. A. C.; MEIRELES, E. de. M. 1982. Geologia regional da Província Mineral de Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, Belém, 1982. *Anais...* Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte. v.1, p. 100-10.
- HUHN, S. R. B.; MARTINS, L. P. B.; MONTALVÃO, R. M. G. de. 1986. Caracterizações petrográficas, texturais e estruturais dos fluxos máfico-ultramáficos do greenstone belt Seringa, sul do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., Goiânia, 1986. *Anais...* Goiânia, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2, p.648-62.
- HUTCHINSON, R. W. 1979. *Report on Docegeo copper projects MM1, Salobo and regional geological relationships, Pará, Brazil.* Relatório Interno Docegeo, 17p.
- JAMES, H. L. 1954. Sedimentary facies on Iron formation. *Econ. Geol.* 49:235-93.
- JARDIM DE SÁ, E. F. 1984. Aspectos estruturais e tectônicos de granitóides. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2, p. 2659-76.
- LIMA, M. J. C.; SANTOS, J. O. S.; SIGA Jr., O. 1986. Os terrenos de alto grau do Craton Amazônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., Goiânia, 1986. *Anais...* Goiânia, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2, p. 751-65.
- LINDENMAYER, Z. G.; FYFE, S. W.; MACHADO, N. 1988. Depósito do Salobo: *Efeitos do metamorfismo e metassomatismo sobre a mineralização.* Resumo apresentado para o 35º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA.

- MACAMBIRA, J. B.; KOTSCHUBEY, B.; SANTOS, M. D.; MOURA, C. A. V.; RAMOS, J. F. F. 1986. Estratigrafia e mineralizações primárias de ouro da asa sul do sinclínio de Gradaus - sul do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., Goiânia, 1986. *Anais...* Goiânia, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 5, p.1956-68.
- MACHADO, N.; LINDENMAYER, D. H.; LINDENMAYER, Z. G. 1988. *Geocronologia U-Pb da Província Mineral de Carajás*. Resultados preliminares. Rio de Janeiro, ROYAL ONTARIO MUSEUM/DOCEGEO. Resumo preparado para o CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Belém, PA.
- MANDETTA, P. 1987. *Depósito mineral do cobre Salobo; litoestratigrafia e controles geológicos; abordagem preliminar*. Belém. Docegeo. Relatório interno.
- MARRE, J. 1982. Méthodes d'analyse structurale des granitoïdes. *Bur. Rech. Geol. Min., Mass.* 8 Méthodes, 3: 128p.
- MARTINS, L. P. B. 1983-88. *Descrições petrográficas*. Relatório interno DOCEGEO, Belém-PA.
- MEDEIROS, H. 1987. *Petrologia da porção leste do batólito granodiorítico Rio Maria, sudeste do Pará*. Belém, UFPA, Centro de Geociências, 184p. Dissertação de mestrado.
- _____; GASTAL, M. C. P.; DALL'AGNOL, R.; SOUZA, Z. S. 1987. Geology of the Rio Maria area (eastern Amazonian region - Brazil): an example of Archean granite-greenstone terrane intruded by anorogenic granites of middle Proterozoic ages. In: IUGS, PRECAMBRIAN EVOLUTION OF THE AMAZONIAN REGION, Carajás, 1987. *Final meeting of the working group*. Extended abstracts. Carajás, p. 97-105.
- MEDEIROS NETO, F. A. 1984. *Algumas observações sobre a geologia da seqüência Pojuca, Serra dos Carajás*. Belém, NCGG/UFPA 8p.
- _____. 1985. Geological, geochemical and fluid inclusion studies of the Cu-Zn sulphide deposit from 4E/Pojuca orebody, Carajás District, Brazil. In: Roedder (ed), *Fluid Inclusion Research*, v. 8, p. 274-75.
- _____. 1985. *Estudos geológicos, geoquímicos, geofísicos e microtermométricos da jazida de sulfetos de Cu+Zn do Corpo 4E/Pojuca, Serra dos Carajás*. Tese de mestrado. CG-UFPA, 152p.
- _____. 1986. Zoneamento químico e mineralógico na jazida de Pojuca, Serra dos Carajás. Ferramentas potenciais na exploração mineral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34., Goiânia. *Anais...* Sociedade Brasileira de Geologia, v. 4, p. 15.
- MEDEIROS FILHO, C. A. & MEIRELES, E. de M. 1985. Dados preliminares sobre a ocorrência de cromita na área Luanga. In: CONGRESSO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, Belém, 1985. *Anais...* Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte, v. 3, p. 90-6.
- MEIRELES, E. de M.; HIRATA, W. K.; AMARAL, A. F.; MEDEIROS F., C. A.; GATO, V. C. 1984. Geologia das folhas Carajás e Rio Verde, Província Mineral dos Carajás, Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 5, p. 2164-74.
- _____; TEIXEIRA, J. T.; MEDEIROS FILHO, C. A. 1982. Geologia preliminar do depósito de Ouro de Serra Pelada. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, Belém, 1982. *Anais...* Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte, v. 2, p. 74-83.
- MELNIK, Y. P. & SHIROSHATAN, R. I. 1973. Physico-chemical conditions of the metamorphism of cherty iron rocks. *Proc. Kiev. Symp. Earth Sciences*, 9, UNESCO, p. 209-16.
- MEYER, D. J. K. 1980. *Exploração geológica-geoquímica-geofísica da área Xingu-Araguaia; Projeto Aquiri - AOC-9*. Belém-PA, 2v, relatório interno da Docegeo.
- _____, & GONÇALEZ, R. 1982. A descoberta de jazida de ouro sobre Salobo/3A através da geoquímica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32., Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 5, p. 1795-800.
- MONTALVÃO, R. M. G.; TASSINARI, C. C. F.; BEZERRA, P. E. L.; PRADO, P. 1984. Geocronologia dos granitoïdes e gnaisses das regiões de Rio Maria, Fazenda Mata Geral e Rio Itacaunas, sul do Pará (Distrito Carajás-Cumarú). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE

- GEOLOGIA, 34., Rio de Janeiro, 1984. *Anais...* Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia. v. 6, p. 2757-66.
- MORAES REGO, L. F. 1933. Notas geográficas e geológicas sobre o Rio Tocantins. Museu Paraense Emílio Goeldi de Hist. Nat. e Etnog. Bol. IX:271-88. Belém-PA.
- OLIVEIRA, A. L. 1928. *Reconhecimento geológico no Rio Xingu, Estado do Pará*. Serv. Geol. Miner. Bras. Rio de Janeiro. Bol. 29. p. 1-22.
- PARADA, J. M.; FORMAN, J. M. A.; FERREIRA, J. P. R.; LEAL, J. F. 1966. *Pesquisas minerais no Estado do Pará*. Div. Geol. Min. DNPM. Rio de Janeiro. Bol. 235. 43p. Rio de Janeiro.
- RAMOS, J. F. F.; MOURA, C. A. U.; MELO, C. F.; PEREIRA, J. L.; SÉRIQUE, J. S. C. B.; RODRIGUES, R. M. 1984. Uma discussão sobre as seqüências sedimentares tidas como Formação Rio Fresco, sudeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. *Resumos, Breves Comunicações, Cursos, Excursões e Mesas Redondas*. Rio de Janeiro. Soc. Bras. Geol. p. 50-1.
- RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO. 1981. *Relatório de pesquisa do projeto cobre-carajás, jazidas Salobo 3A e 4A*. Belém, 4v.
- _____. 1981. Relatório preliminar de pesquisa projeto cobre Carajás. Minério de cobre. Belém. v.1.
- _____. 1982. *Relatório final de pesquisa. Áreas Babaçu-Mamão-Lagoa Seca. Ouro-Rio Maria PA*. Belém. v. 1.
- _____. 1984. Projeto cobre Carajás-Pojuca. Relatório de pesquisa. Belém. 4v.
- RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO. 1987. Lithostratigraphic review of the Carajás District and southern Pará-Brazil. In: IUGS. PRECAMBRIAN EVOLUTION OF THE AMAZONIAN REGION, Carajás, 1987. *Final meeting of the working group*. Extended abstract. Carajás. p. 11-9.
- SALES, H. T. & GUIMARÃES, J. G. 1983. Relatórios de estudos, Projeto Cobre Carajás Pojuca, PE-26. Belo Horizonte, CVRD/DOCEGEO. 11p.
- _____; AMARAL, M. A. M.; COELHO, R. J. 1983. Relatório de estudos, projeto Cobre Carajás, PE-26. Belo Horizonte, CVRD/DOCEGEO. 40p.
- SANTOS, B. A. dos. 1987. Carajás: Patrimônio nacional. In: FERNANDES, F. R. C., coord. *A questão mineral na Amazônia: seis ensaios críticos*. Brasília, CNPq. (CNPq, Recursos minerais, estudos e documentos, 5) p. 95-131.
- _____. 1981. Amazônia: potencial mineral e perspectivas de desenvolvimento. São Paulo, T. A. Queiroz, Ed. da USP. 256p. (Biblioteca de ciências naturais, 7).
- SILVA, G. G. da; LIMA, M. J. C. de; ANDRADE, A. R. F. de; ISSLER, R. S.; GUIMARÃES. 1974. Geologia. In: BRASIL, Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radam. Folha SB-22 Tocantins: *geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro. (Levantamento de recursos naturais, 4).
- SOUZA, Z. S.; SANTOS, A. B. S. LEDSHAM, E. J.; HUHN, S. R. B.; GATO, V. C. 1988. Feições geológicas e estruturais do "greenstone belt de identidade, região de Xinguara-Rio Mará, sul do Pará. Belém, DOCEGEO. Trabalho elaborado para o XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Belém, PA.
- SOUZA, A. M. S. de; L.R.A.; AMARAL, M. A. M. 1986. *Evolução e possibilidades metalogênicas da associação máfica-ultramáfica de Gradaus*. CVRD. SUTEC/DETEG. Sup. de Tecn. dez. 86. Belo Horizonte - MG.
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. Departamento de Recursos Naturais. Divisão de recursos minerais. 1972. Pesquisa mineral do Tapajós/Jamanxim: relatório preliminar. Belém 172p.
- SUSZCZYNSKI, E. F. 1969. Certas considerações sobre a tectônica da Plataforma Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., Salvador, 1969. *Resumo das conferências e comunicações*. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 75-6.
- TASSINARI, C. C. G.; HIRATA, W. K.; KAWASHITA, K. 1982. Geologic evolution of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARCHEAN AND EARLY PROTEROZOIC GEOLOGIC EVOLUTION AND METALLOGENESIS-ISAP, Salvador, 1982. *Anal. Rev. Bras. Geoci.* 12(1-3):263-7, mar/set.

- _____. 1985. Idade das rochas e dos eventos tectônicos no craton Amazônico e áreas adjacentes no Brasil (Amazônia Legal Brasileira). Projeto RADAMBRASIL-IBGE. (não publicado).
- _____; TEIXEIRA, W.; SIGA Jr. O.; KAWASHITA, K.; CORDANI, U. G. 1987. Geological evolution and evaluation of recent geochronological data in Amazonian Craton. In: IUGS. PRECAMBRIAN EVOLUTION OF THE AMAZONIAN REGION, Carajás, 1987. Final meeting of the working group. Extended abstracts. Carajás. p.20-31.
- TEIXEIRA, J. B. G. & DEL'REY SILVA, L. J. H. 1987. Jazida Salobo 3A, caracterização geológica do minério (Cu-Au-Ag-Mo-Fe) e sua aplicação no aproveitamento econômico do depósito. Relatório interno DOCEGEO/GICOR.
- TOLBERT, G. E.; MELCHER, G. C.; GOMES, C. B. 1971. The recently discovered Serra dos Carajás iron deposits, northern Brazil. *Econ. Geol.* 66:985-94.
- TOLBERT G. E.; SANTOS, B. A. dos; ALMEIDA, E. B.; RITTER, J. E. 1968. Recente descoberta ocorrências de minério de ferro no Estado do Pará, Brasil *Rev. Min. e Met.* 45(288):253-6, dez.
- TOLEDO-GROKE, M. C. 1986. Intemperismo das rochas mineralizadas em cobre do Salobo, 3A, Serra dos Carajás. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências-SP.
- TOWNEND, R. 1979. *Petrografia das amostras de testemunhos de campo do corpo 2, alvo 1, MM1.* Rio de Janeiro, DOCEGEO, 53p. Relatório interno.
- _____. 1979. *Relatório de interpretação geológica corpo 2 - MM1.* Rio de Janeiro, DOCEGEO, 5p. Relatório interno.
- TURNER, F. V. 1968. *Metamorphic petrology, mineralogical and field aspects.* New York, McGraw-Hill, 430p.
- VIANA, A.; FARIAS, N.; SAUERESSIG, R. 1982. Jazida de cobre Salobo 3A. *Ciências da Terra* (5):13-8, jul/ago.
- VILLAS BOAS, J. M.; QUARESMA, J. B.; JORGE JOÃO, X. S. 1980. *Projeto Prospecção de Carvão Energético nas Áreas de Ocorrência da Formação Rio Fresco. Relatório Final.* Belém, 36p. Convênio DNPM-CPRM, CPRM-Sup. Regional Belém-PA.
- WIRTH, K. R.; GIBBS, A. K.; OLSZEWSKI Jr., 1986. U-Pb ages of zircons from the Grão Pará Group and Serra dos Carajás Granite, Pará, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 16(2):195-200, jun.

Jazida N4E: Reavaliação dos Corpos de Hematita Dura e Jaspilitos

Eduardo Antônio Ladeira*
José Roberto Centeno Cordeiro**

* Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
** Companhia Vale do Rio Doce - CVRD

JAZIDA N4E: REAVALIAÇÃO DOS CORPOS DE HEMATITA DURA E JASPILITOS.

Eduardo Antônio Ladeira
José Roberto Centeno Cordeliro

ABSTRACT

Development works including detailed structural-geological mapping (scale 1:500) and subsequent drilling program were carried out aiming at the hard hematite of Pará. Mineral rights are owned by Companhia Vale do Rio Doce (CVRD).

Within the Mineral Carajás Province, the N4E Mine, is up to now, the only iron deposit in operation by CVRD in the region since January 1986. Ore reserves of this deposit were estimated in 1980, at 1.2 billions tons of iron ore with 66% of contained total iron.

The main elements for the establishment of a practical structural geological model for the iron ore deposits of the N4E Mine is being defined with basis on the obtained data. The integration of all data of the drilling program and geological survey in order to design of the ore body geometry will allow a long and medium planning of the mining operations of the hard hematite tonnage contained in the mine. The following new information are offered:

- Structural controls to ore bodies and jaspilites
 - Preliminary definitions of the hard hematite bodies and jaspilites
 - Preliminary estimates of tonnage data of the hard hematite ore bodies.
- The new-evaluation provided an increase of 4%. Of the previous reserves between the 600N and 1970N coordinates.

INTRODUÇÃO

A Jazida de N4E, faz parte do complexo de corpos mineralizados em ferro do Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás, mais especificamente no grupamento denominado Serra Norte (Fig. 21).

Localização e Vias de Acesso: A jazida de N4E está situada na Serra dos Carajás, no município de Marabá no Estado do Pará (Figs. 21 e 22).

O acesso a Serra dos Carajás pode ser feito via aérea, por linhas regulares de aviação, ou via rodoviária através das rodovias PA-275, PA-150 e PA-70. A clareira de N4E da Serra dos Carajás dista, em linha reta, 130 km da cidade de Marabá e 550 km da cidade de Belém.

Metodologia de Trabalho: A metodologia utilizada para a geração de dados brutos e a integração consequente dos mesmos, foi a de levantamento de geologia estrutural aplicada a geologia de mineração, a saber:

- Levantamento geológico estrutural de frente de lavra na escala de 1:500 com amarração de topografia de precisão, realizados diariamente nos avanços dos bancos, com registro das várias superfícies-S e estruturas lineares identificadas.
- Construção de seções verticais e horizontais, na mesma escala.
- Planejamento de campanha de sondagem rotativa a diamante com base nos dados dos itens 1 e 2. Programou-se campanha de 2.000 metros de furos, em duas etapas de 1.000 metros cada (Fig. 23).

Tipos de Minério: Como nos diversos tipos de minério serão mencionados com freqüência no presente texto, adiantamos sua definição. Adota-se atualmente a classificação para efeito de lavra, dos minérios hematíticos, existentes na jazida em dois tipos principais, hematita friável e hematita compacta, que são por sua vez subdivididos em subtipos caracterizados como segue:

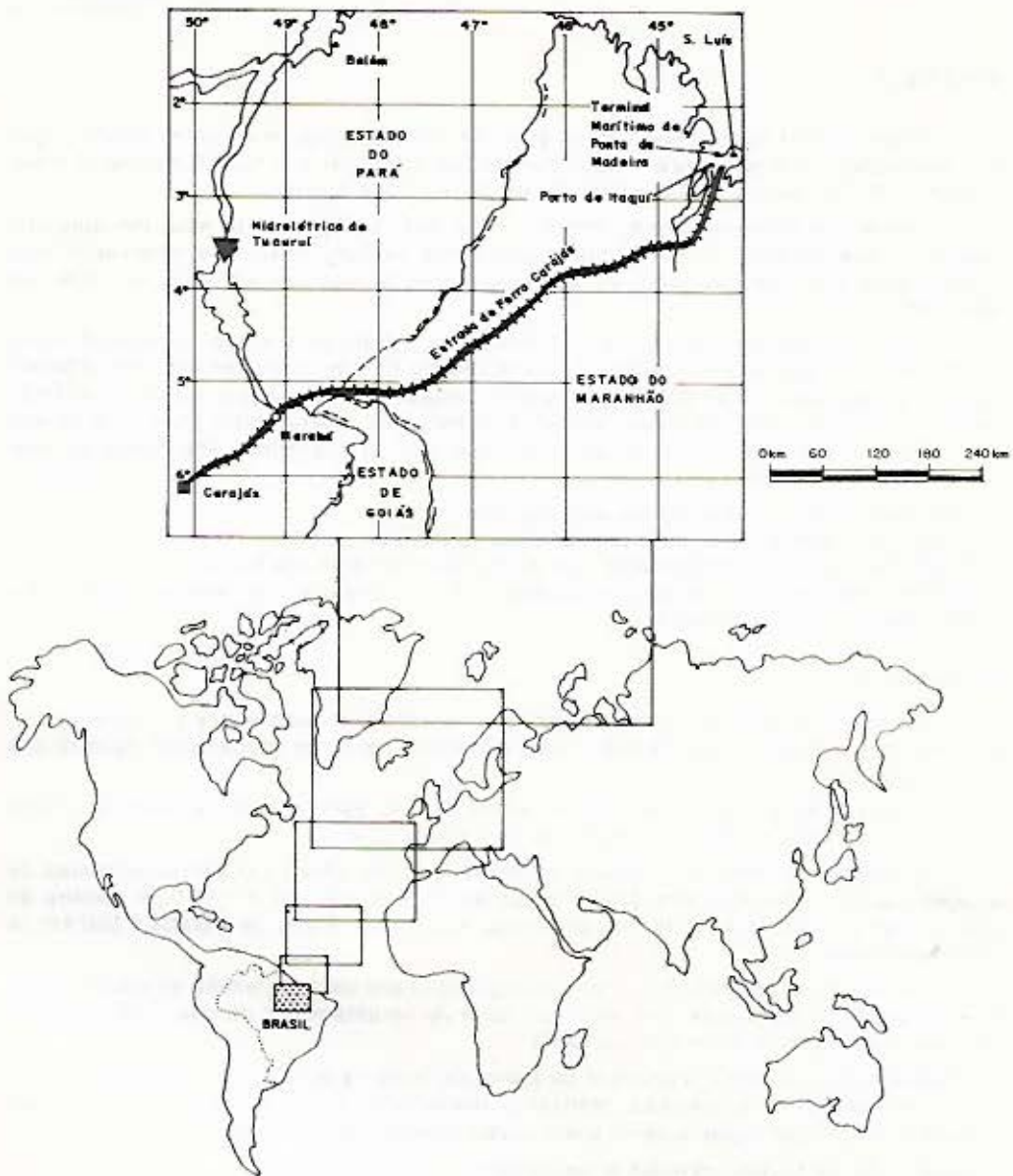


Fig.21— MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO DISTRITO CARAJÁS

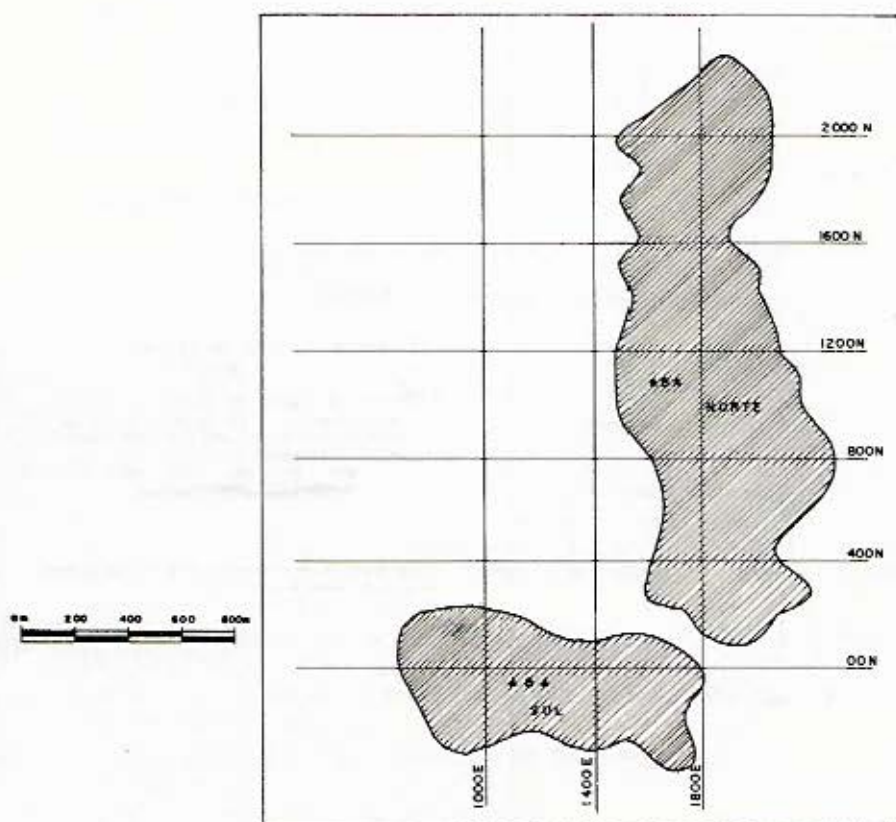
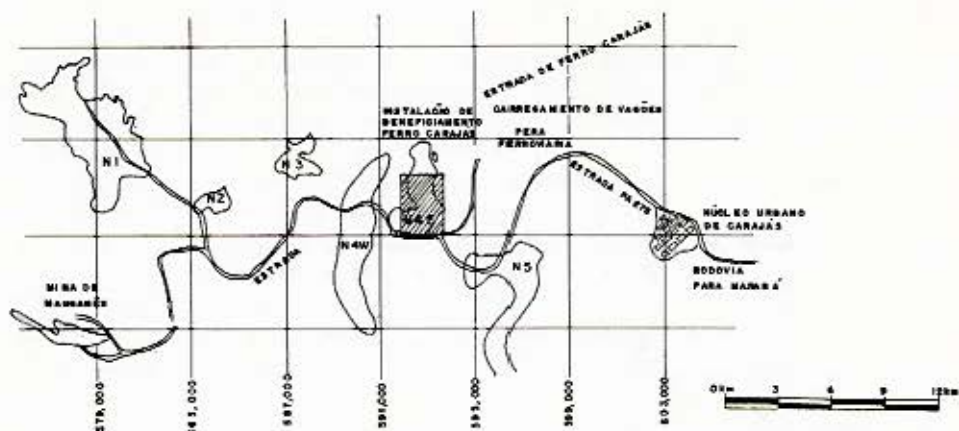


Fig. 22—MAPA DE SITUAÇÃO ABA NORTE E ABA SUL
JAZIDA N4 E

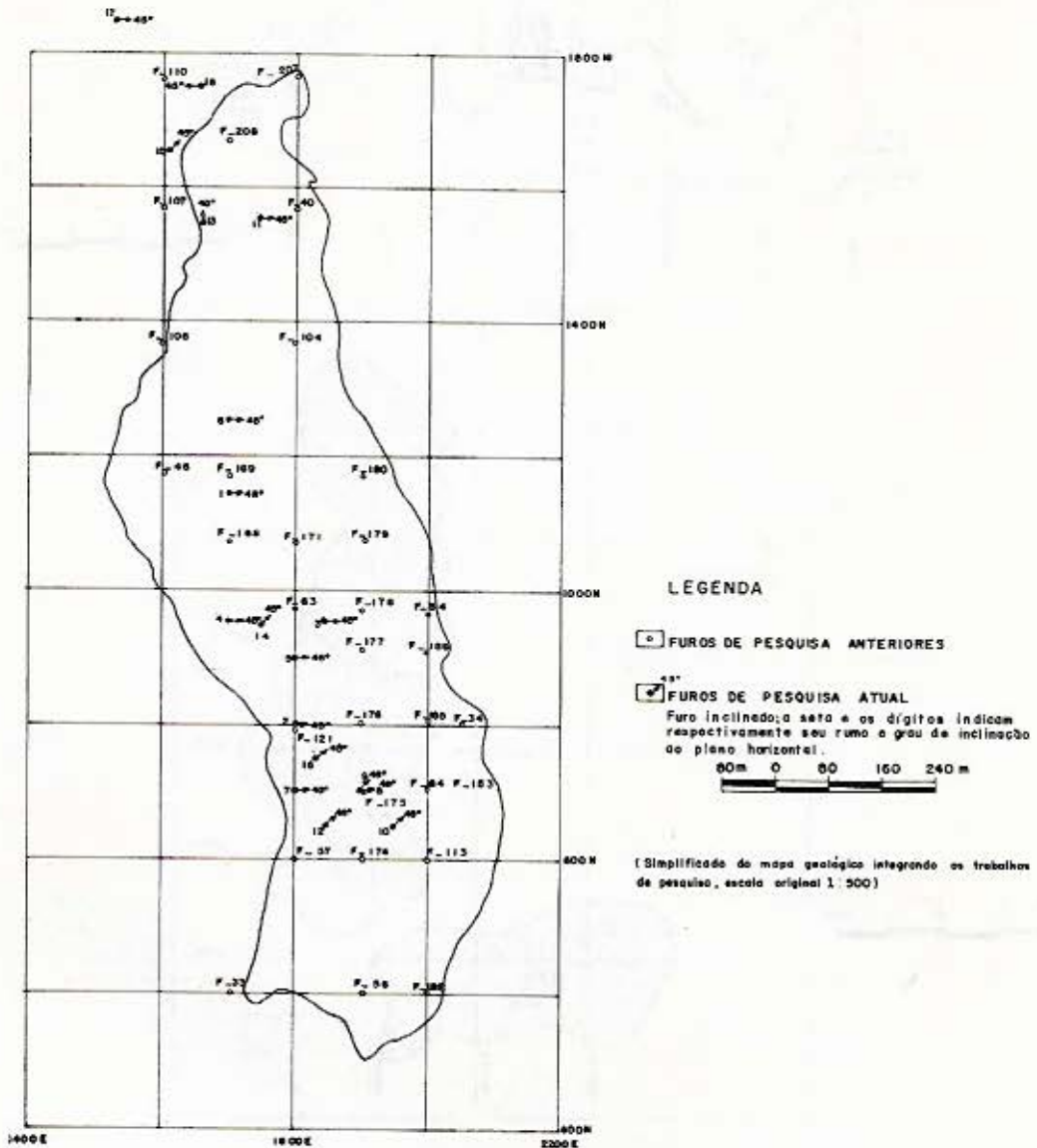


Fig. 23— MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE FUROS DE SONDAAGEM REALIZADOS

l) hematita friável – conforme o nome indica trata-se de massas de hematita que se desagregam facilmente ao tato, sob a forma de grânulos ou espéculas. Este tipo predomina dentro do contexto da formação ferrífera jaspilitica, distribuindo-se ao longo de toda a jazida. Quatro subtipos foram assim caracterizados:

I.a) hematita mole limonitizada: ocorre na zona de transição entre a canga e a hematita fresca, em zona de intemperismo e por esta razão exibe um comportamento geométrico de extrema irregularidade. Predominam nesse tipo minerais como limonita, goethita, e outros minerais de ferro hidratados.

I.b) hematita mole limonitizada aluminosa: semelhante a anterior, porém, apresenta contaminações de minerais de argila e filossilicatos.

I.c) hematita mole aluminosa: são as porções do corpo de hematita friável que normalmente possuem contaminações de minerais de argila e de filossilicatos, distribuindo-se de maneira irregular formando bolsões ou buchos.

I.d) hematita mole: é o corpo de hematita friável, propriamente dito.

II) hematita compacta – são corpos maciços discordantes da massa geral de hematita friável. Subdividem-se em:

II.a) hematita dura compacta: como o nome indica além de ser dura ao golpe de martelo e ao trabalho com o maquinário de perfuração, aparentemente, não possui estrutura planar.

II.b) hematita dura laminada – nesses corpos, hematita compacta em camadas de 10 cm de espessura média, intercalam-se com lâminas, centimétricas de hematita friável, que em geral têm 3 cm de espessura média.

TRABALHOS REALIZADOS

Além dos trabalhos de pesquisa inicial (1ª fase) realizados no período de 1970 a 1972, (REZENDE & MIRANDA BARBOSA, 1972) o corpo de N4E teve de 1972 a 1979 uma fase 2 de pesquisa complementar que abrange os seguintes dados (TORRES et al., 1980):

- 179 furos de sondagem num total de 21.072,72 metros perfurados;
- 6 galerias totalizando 1.542,30 metros escavados;
- uma chaminé ("raise") com 108 metros, ligando a galeria N4G1 à superfície; e
- montagem de uma planta piloto para execução de testes diversos.

Para a presente fase (3ª) de pesquisa foram programados um total de dois mil metros de sondagem complementar, que seriam subdivididos em duas etapas de mil metros cada. O método principal consistiu na execução de furos de sonda, utilizando-se sondas rotativas equipadas com coroas diamantadas e barriletes duplos para recuperação contínua de testemunhos.

A primeira etapa foi realizada no período de 15/10/87 a 27/01/88, com 8 furos, totalizando 765,25 metros perfurados, distribuídos estrategicamente com base nos levantamentos de dados de campo, i. é, mapeamento geológico estrutural de bancos de mina, a escala de 1:500 (Fig. 23).

A segunda etapa foi realizada de 29/01/88 a 16/05/88 com 10 furos que totalizaram 813,70 metros perfurados também locados em função do condicionamento geológico definido no mapa geológico escala 1:500.

HISTÓRICO

Em 1933 o eng. Luiz Flores de Moraes Rego descreveu no alto do Itacaianas "morros de topo plano onde se encontram campos gerais". O geógrafo Luiz Castro Soares em 1951/1952 fez um reconhecimento aéreo fitofisionômico onde foi observada a existência de formações não florestais correspondentes às clareiras que hoje são reconhecidas como indicativas de ocorrências ferríferas.

O primeiro reconhecimento geológico na região da Serra dos Carajás foi feito por Avelino Ignácio de Oliveira, no início da década de vinte, revelando ocorrências de galeina em São Félix do Xingu e material carbonoso no Rio Fresco.

Em 1966, Octávio Barbosa e colaboradores, através do Projeto Araguaia, coordenado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), foi a primeira grande iniciativa de avaliação do potencial de recursos minerais da região.

Através de um amplo programa de prospecção mineral para a região, em 1967, foi identificada a ocorrência de minério de ferro por geólogos da Companhia Meridional de Mineração.

Em 1969 no acordo entre a Companhia Vale do Rio Doce e a Companhia Meridional de Mineração foram requeridas 18 áreas de pesquisa na região totalizando 160.000 hectares.

Em 1970/1972 através de um intenso programa de pesquisa foi determinado a existência de grandes reservas de hematita de alto teor, acarretando em estudos destinados a viabilidade econômica dessas reservas, quando foi feita a opção pelo corpo de N4E. Em 1977 a Companhia Vale do Rio Doce adquiriu as ações pertencentes a United States Steel ficando como única responsável pela condução do projeto.

Em junho de 1978 iniciaram-se as obras do projeto Carajás com a construção de um trecho de 82 km da estrada de ferro partindo de São Luís. Concluiu-se em fevereiro de 1985, a estrada de ferro que liga a Serra dos Carajás com o porto da Madeira em São Luís. Em 1986 a jazida de N4E entra em ritmo de operação de lavra para produção de 15 milhões de toneladas de minério de ferro/ano. A produção vem, progressivamente, crescendo, tendo atingido em 1987, 23 milhões de toneladas, prevendo-se, para 1988 um total de 30 milhões de toneladas.

GEOLOGIA REGIONAL E ESTRATIGRAFIA

Sínteses regionais sobre a geologia da Província Mineral de Carajás encontra-se em TOLBERT et al. (1971), MIRANDA BARBOSA (1972), BEISIEGEL et al. (1973), SILVA et al. (1974), SANTOS (1981), BEISIEGEL (1982), HIRATA et al. (1982), FARIAS & SAUERESSIG (1982), BERNARDELLI (1982), TASSINARI et al. (1982), CORDANI et al. (1984), SANTOS & LOGUERCIO (1984), MEDEIROS NETO & VILLAS (1985). O estado da arte sobre os desenvolvimentos do conhecimento geológico mais recente da região pode ser apreciado em DOCEGEO (1988) neste volume.

Do ponto de vista dos depósitos de minério de ferro a unidade litoestratigráfica mais importante é o Grupo Grão Pará, que ocorre margeando a faixa de Carajás e consiste, segundo aqueles trabalhos mais recentes (HIRATA et al. 1982; DOCEGEO 1988, neste volume), em:

I) *Seqüência Metavulcânica Inferior*, incluindo metabasaltos em diversos derrames submarinos e metapiroclásticas (metariolitos).

II) *Unidade Intermediária Metassedimentar*, incluindo-se aqui as formações ferríferas bandadas (FFB), hospedeiras dos jazimentos de minério de ferro, cujo conjunto recebeu a denominação de Formação Carajás (CVRD/MERIDIONAL 1972).

III) *Seqüência Metavulcânica Superior*, litologicamente semelhante à Inferior, constituída analogamente de metabasaltos submarinos e rochas metapiroclásticas.

Zircões coletados dos metariolitos da Seqüência Metavulcânica Inferior forneceram idades radiogênicas U-Pb no intercepto superior de 2,758Ma (WIRTH et al. 1986).

GEOLOGIA DA JAZIDA

Estratigrafia: O corpo de minério N4E, posicionado na porção norte da Província Mineral de Carajás, (Fig. 22) fazendo parte do Complexo de Jazidas de Serra Norte, é o único corpo de minério de ferro do distrito até hoje lavrado economicamente, pela Companhia Vale do Rio Doce.

Os litotipos ocorrentes na Jazida N4E constituem a Formação Carajás pertencente ao Grupo Grão Pará. A Formação Carajás, localmente compreende uma formação ferrífera bandada à qual se associam os corpos de minério de ferro, posicionada regionalmente entre duas seqüências de paleovulcânicas, denominadas, superior e inferior; porém, no âmbito da jazida, até hoje não foi possível detectar a presença da seqüência paleovulcânica superior.

Para fins práticos, N4E foi dividida em duas porções (Fig. 22), denominadas de Aba Norte e Aba Sul. Os trabalhos descritos neste texto foram desenvolvidos na Aba Norte, visto que as complicações estruturais que vêm dificultando o planejamento da lavra, situam-se nesta parte do corpo.

O corpo tem a "forma de um J" com a concavidade para noroeste, com sua parte mais retilínea orientada aproximadamente segundo N15W, e sua parte mais curta com rumo S45W.

Tipicamente a formação ferrífera é um jaspilito, e não um itabirito (COELHO et al., 1980), que quando fresco constitui-se de bandas róseo-vermelhas, hematítico-quartzosas, que se alternam com bandas claras, metacherticas, mas que também tem hematita, subordinadamente. Segundo teoria corrente aceita, unanimemente por geólogos que conhecem ou trabalham em Carajás, os corpos de minério de diversos tipos de hematita teriam se derivado por processos de intemperismo tropical a partir das camadas de jaspilito, a partir da lixiviação da sílica das bandas claras e enriquecimento residual das bandas hematíticas (DOOR & MIRANDA BARBOSA, 1969; TOLBERT et al., 1970; BEISIEGEL, 1973, 1982; TORRES et al., 1980).

Geologia Estrutural da Jazida: A geologia estrutural da Jazida N4E quando comparada com a de outros depósitos de minério de ferro, por exemplo, os do Quadrilátero Ferrífero, como em Itabira, Serra do Curral, Casa de Pedra, Pico de Itabirito, etc, é aparentemente complexa. Não obstante, com os dados levantados até o momento, existem, pelo menos, três estilos de dobras, além de efeitos de deformação rúptil posterior. Para o desenvolvimento dessas dobras formulamos uma hipótese de trabalho envolvendo 3 (três) fases de deformação, evoluídas porém de modo temporalmente progressivo. Saliente-se que usamos o termo hipótese, devido às seguintes razões:

I) Os estudos se limitaram ao domínio geológico da Jazida N4E, e até o momento só a Aba Norte, visto que estudos regionais não foram objetivo do presente trabalho.

II) Sabe-se que muitas vezes, estilos de deformacionais diferentes, como os estilos de dobramentos a serem descritos, podem em casos particulares ser gerados em uma única fase de deformação, como acontece por exemplo, com o desenvolvimento de zonas de cisalhamento dúctil, onde estas foram estudadas em regiões não polideformadas (veja ZALAN, 1986).

III) Faltam dados de investigação de petrologia estrutural, que não foi, como é óbvio, objetivo do presente trabalho.

Isto posto, os três estilos de dobramento determinados, ligados cada um respectivamente, às três fases de dobramento hipotetizadas, são caracterizados através dos seus elementos geométricos, planares e lineares, como descritos a seguir:

Dobramento B1: Tipifica-se por dobras similares, anisopacas, apertadas, com tendência a isoclinais e a recumbência, a cujos flancos se paraleliza uma foliação S1, metamórfico-deformativa, conferida pela orientação planar de minerais placóides, no caso em pauta, notadamente de hematita e de especularita.

Com tendência a paralelizar S1, ocorrem em todo o corpo da Aba Norte, importantes zonas de cisalhamento que rompem e até atenuam os flancos, inversos das citadas dobras; essas zonas, em geral, são marcadas em muitos locais, por hematita friável. Como consequência formaram-se estruturas colunares "mullions" que ocorrem nas charneiras dessas dobras B1, sendo paralelas às mesmas. Chamamo-las coloquialmente, de "charutos". O caimento ("plunge") das dobras B1 e dos charutos tem um rumo médio de 310 graus, com valor do caimento variando de 10 a 20 graus (Fig. 24).

Dobramento B2: Engloba dobras algo mais abertas, porém, ainda fortemente assimétricas, anisópacas, ocorrendo mais comumente, nos flancos das dobras anteriores B1; as dobras B2 tem grosseiramente, o mesmo rumo, entre 310 a 320 graus; contudo, o valor de seu caimento é maior, em torno de 40 graus. Associa-se a elas foliação de crenulação S2, que corta com certo ângulo a foliação S1 (Fig. 24)

Dobramento B3: Caracteriza-se por dobras amplas e/ou ondulações, cujas charneiras B3 exibem rumo de 270 graus, e caimentos 40 a 50 graus. Superfícies de clivagem de fratura ou espaçada (ing. "spaced cleavage"), sem recristalização de minerais placóides, são paralelas, grosseiramente, às suas superfícies axiais (Fig. 24).

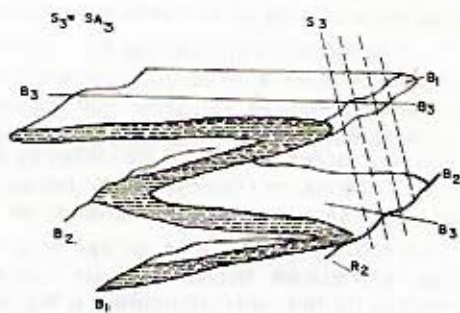
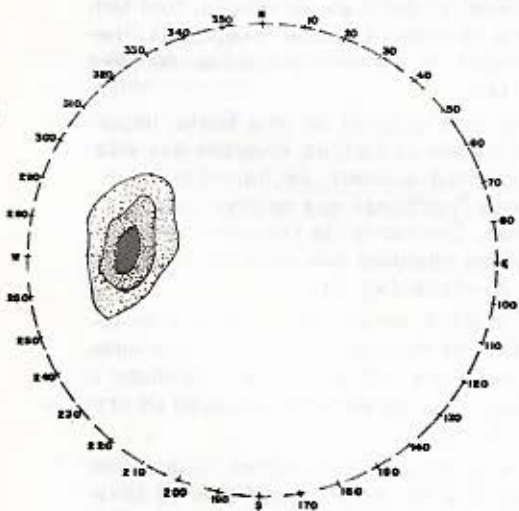
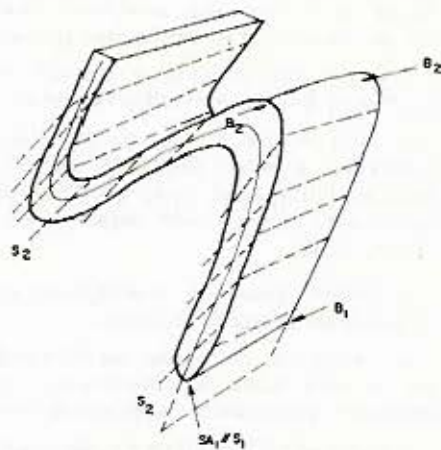
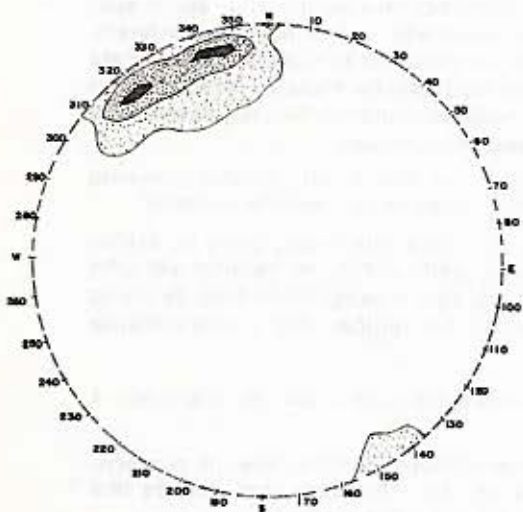
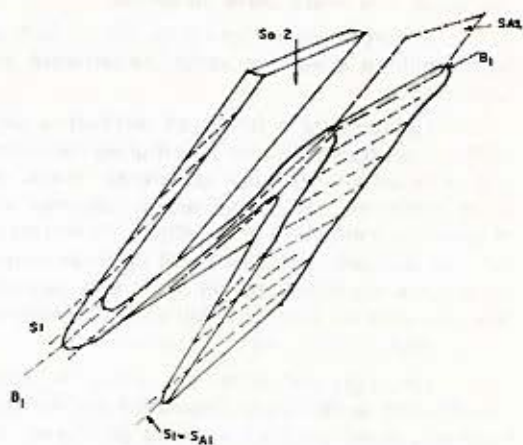
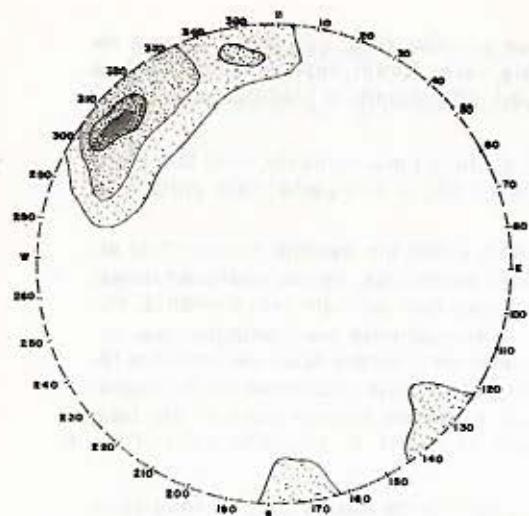


Fig 24 — ESTILOS DE DOBRAMENTOS OBSERVADOS NA ABA NORTE-N4 E

Deformação Rúptil: Inúmeras juntas e clivagens de fraturas "secas" (sem minerais placóides como filossilicatos, hematita, etc.) se apresentam formando entre si um ângulo aproximado de 60 graus e parecem ter se desenvolvido simultaneamente. Relacionadas a tais clivagens foram mapeadas várias falhas normais, algumas marcadas por brechamento.

Controle Estrutural dos Corpos de Minério e de Jaspilito: Através do Mapa Geológico (escala 1:5.000, reduzido de mapas de trabalho à escala de 1:500), e dos estereogramas supracitados observam-se que os corpos de hematita dura e de jaspilito e a própria estrutura da Aba Norte se distribuem como que faixas descontínuas, estas se orientam com "trend" N30W que é o rumo dos dobramentos B1, B2 quase coaxiais com feições anisópacas e apertadas, mostrando estrutura em estiloides ou charutos em planta (Figs. 25 e 26).

Notam-se também, que tais faixas de distribuição se mostram onduladas com as cavidades e convexidades das ondulações tendo como raios de curvatura aproximados os traços axiais médios dos dobramentos B3.

Paralelizando tais traços axiais aos quais são paralelos falhas e clivagem de fraturas S3, notam-se diques de metamáficas que se alojaram naquelas falhas. Por se ter conseguido definir tais relações geométricas pode-se doravante planejar melhor as operações de lavra dos corpos em N4E, o que redundará, certamente em economia operacional.

Cálculo Preliminar das Novas Reservas de Tipos de Minério: Para o cálculo das reservas foi usado o novo esquema estrutural apresentado, que por sua vez permitiu desenhar e interpretar nas seções verticais construídas com os dados dos bancos de mina e dos furos de sonda a diamante, a forma geométrica dos corpos de minério em profundidade que mais se aproximam dos corpos expostos em superfície e que puderam ser mapeados.

Os resultados da cubagem realizada por categoria de reserva e de tipo de minério mostram um acréscimo de 4% de hematita dura entre as coordenadas 600N e 1970N, área de abrangência dos trabalhos.

CONCLUSÕES

De Caráter Prático e Econômico

1. Os trabalhos realizados permitiram estimar um acréscimo de volume de hematita dura da jazida N4E.
2. O conhecimento obtido do controle estrutural dos corpos de minério permitirá o melhor planejamento da lavra dos diversos tipos de minério como também permitirá obviamente maior economia nas operações de lavra.

De Caráter Técnico-Científico

1. Os estilos de dobramento, com suas respectivas estruturas penetrativas, definidos para a JAZIDA N4E, Aba Norte, mostram que as interpretações anteriores sobre dobras causadas por deformação de sedimentos não consolidados sinsedimentares (GIBBS et al., 1986) devem ser tomadas com certa reserva.
2. As dobras assimétricas com tendência a recumbência, anisópacas mapeadas em N4E, devem ser levadas em conta na conhecida interpretação de que as seqüências paleovulcânicas inferior e superior são diferentes, pois tal pode não ser o caso, e as mesmas estarem repetidas por dobramentos e cavalgamentos.
3. As zonas de cisalhamentos definidas a escala da Jazida N4E deve refletir estruturas maiores regionais, ainda não descritas em trabalhos publicados.

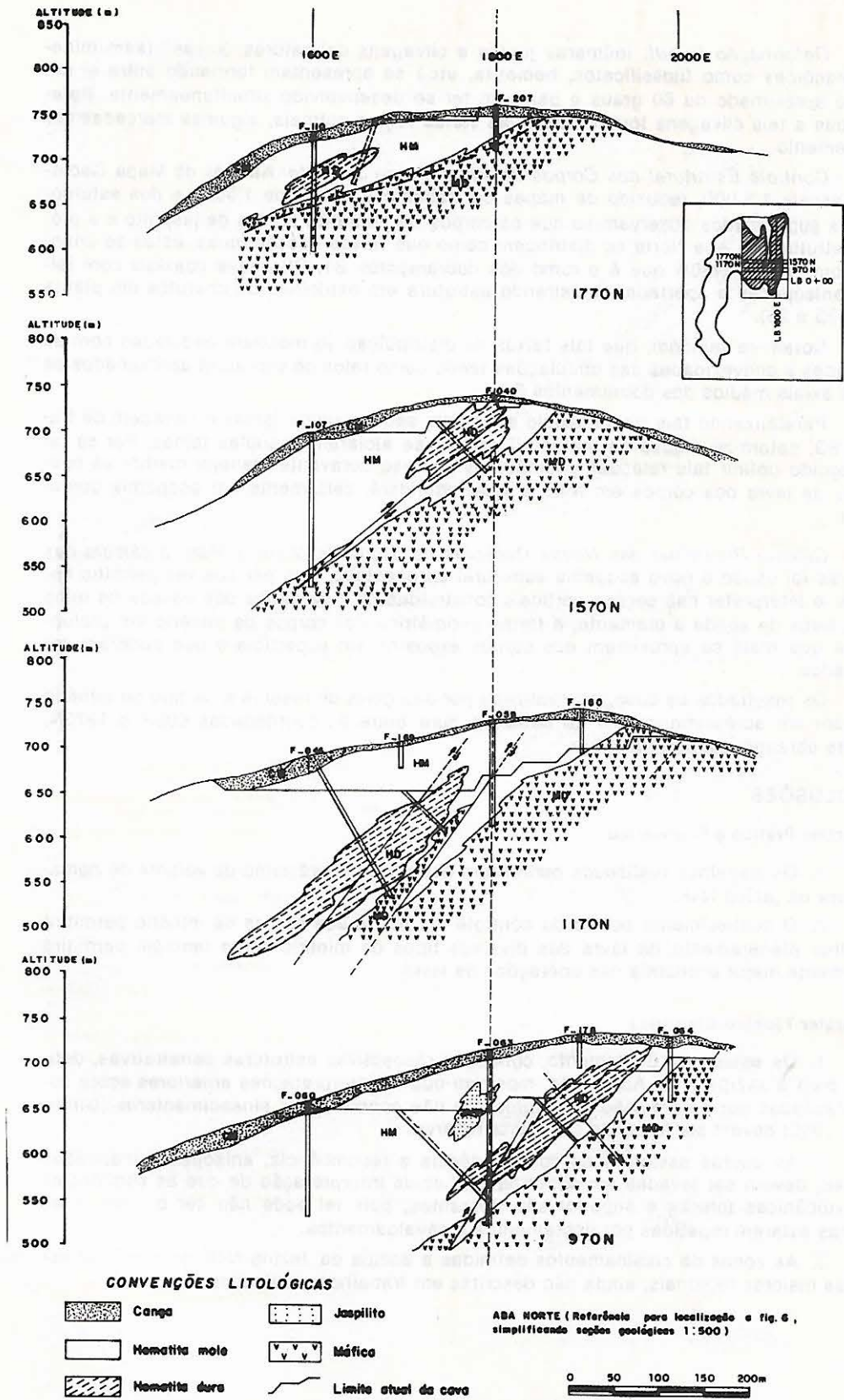
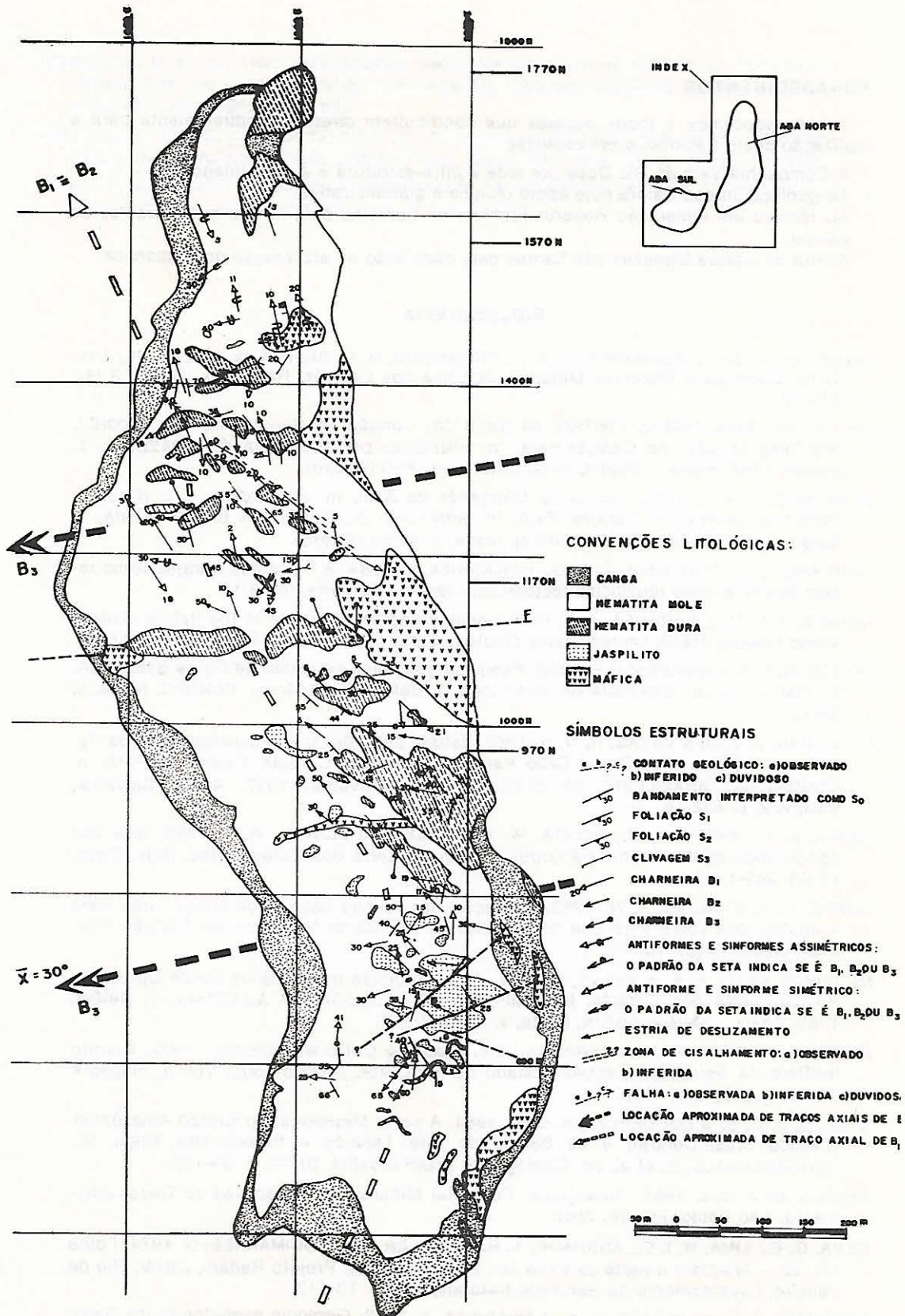


Fig.25— SEÇÕES GEOLÓGICAS VERTICAIS-ABA NORTE N4-E



AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, e em especial:

- A Companhia Vale do Rio Doce por toda a infra-estrutura e auxílio financeiro.
- Ao geólogo Jarbas Calafa pelo apoio técnico e administrativo.
- Ao técnico em mineração Roberto Franklin de Carvalho pelo auxílio nos trabalhos de campo.
- A Rita de Cássia Menezes dos Santos pela dedicação na elaboração dos desenhos.

BIBLIOGRAFIA

- BEISIEGEL, V. de R.; BERNARDELLI, A. L.; DRUMMOND, N. F.; RUFF, A. W.; TREMAINE, J. W. 1973. Geologia e Recursos Minerais da Serra dos Carajás, Rev. Bras. Geoc., 3 (4): 215-42.
- _____. 1982. Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. In: Bernardelli, A. L. (Coord.), Província Mineral de Carajás-Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1, Belém, 1982. Anais ... Belém, SBG/N. Norte, p. 21-6 (Anexo).
- BERNARDELLI, A. L. 1982. Jazida de Manganês do Azul. In: Bernardelli, A. L. (Coord.), Província Mineral de Carajás-Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1, Belém, 1982. Anais ... Belém, SBG/N. Norte, p. 47-59 (Anexo).
- CORDANI, U. G.; TASSINARI, C. C. G.; KAWASHITA, K. 1984. A Serra dos Carajás como região limítrofe entre províncias tectônicas. Ciências da Terra, (9): 6-11.
- DORR II, J. V. N. & BARBOSA, A. L. M. - Geology and ore deposits of the Itabira district, Minas Gerais, Brazil. United States Geology Survey Professional Paper, 341-C, 110p.
- FARIAS, N. F. & SAUERESSIG, R. 1982. Pesquisa geológica da jazida de Cobre Salobo 3A. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1, Belém, 1982. Anais. Belém/N. Norte, p. 39-45.
- FIGUEIRAS, A. J. M. & VILLAS, R. N. N. 1982. Estudo petrológico e sedimentológico da Sequência Clástica (Pós-Grupo Grão Pará) da Serra dos Carajás, Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32. Salvador, 1982. Anais. Salvador, SBG, v. 2, p. 832-46.
- GIBBS, A. K.; WIRTH, K. R.; HIRATA, W. K.; OLSZEWSKI JUNIOR, W. J. 1986. Age and composition of the Grão-Pará Group Volcanics, Serra dos Carajás. Rev. Bras. Geoc. 16 (2): 201-1.
- LEMOES, V. P. & VILLAS, R. N. 1983. Alteração das rochas básicas de Grupo Grão Pará - implicações sobre a gênese de depósito de bauxita de N5, Serra dos Carajás. Rev. Bras. Geoc. 13 (3): 165-77.
- MEDEIROS NETO, F. A. & VILLAS, R. N. N. 1985. Geologia da jazida de Cu-Zn Corpo 4E-Pojuca, Serra dos Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, Belém, 1985. Anais ... Belém, SBG/N. Norte, v. 3, p. 97-112.
- REZENDE, N. P. & MIRANDA BARBOSA, A. L. e equipe CVRD/MERIDIONAL. 1972. Distrito ferrífero da Serra dos Carajás. Estado do Pará, Vol. I. texto 250p. Vol. II, mapas e seções geológicas, 119p.
- SANTOS, J. O. S. & LOGUERCIO, S. O. C. 1984. A parte Meridional do Craton Amazônico (Escudo Brasil-Central) e as Bacias do Alto Tapajós e Parecis-Alto Xingu, In: SCHOBENHAUS, C. et al. ed. Geologia do Brasil Brasília, DNPM, p. 93-127.
- SANTOS, B. A. dos. 1981. Amazônica: Potencial Mineral e Perspectivas de Desenvolvimento. São Paulo, EDUSP. 256p.
- SILVA, G. G.; LIMA, M. L. C.; ANDRADE, A. R. F.; ISSLER, R. S.; GUIMARÃES, G. 1974. Folha SB. 22 - Araguaia e parte da folha SC. 22 - Tocantins. Projeto Radam, DNPM, Rio de Janeiro, Levantamento de Recursos Naturais, v. 4, p. 13-143.
- TASSINARI, C. C. G.; HIRATA, W. K.; KAWASHITA, K. 1982. Geologic evolution of the Serra dos Carajás, Brazil. Rev. Bras. Geoc. 12: 263-7.
- TOLBERT, G. E.; TREMAINE, J. W.; MELCHER, G. C.; GOMES, C. B. 1971. The recently discovered Serra dos Carajás iron deposits, northern Brazil. Econ. Geol. 66: 985-94.

- TORRES, D. D. et. al. 1980. Reavaliação Geológica da jazida de Minério de Ferro denominada N4E, do Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. Amazônia Mineração S.A. 4 volumes: I vol. 110p. vol. II, 64p.
- WIRTH, K. R.; GIBBS, A. K.; OLSZEWSKI JR, W. J. 1986. U-Pb zircon ages of the Grão Pará Group and Serra dos Carajás Granite, Pará, Brazil. Rev. Bras. Geoc. 16 (2): 195-200.
- ZALAN, P. V. V. 1986. A Tectônica transcorrente na exploração petróleo: 1ª revisão. Revista Brasileira de Geociências v. 16 nº 3 p. 245-57.

Mina de Manganês do Azul

Jairo Leal da Silva*

* Companhia Vale do Rio Doce - CVRD

MINA DE MANGANÉS DO AZUL

Jairo Leal da Silva

ABSTRACT

The Azul Manganese Mine was discovered in 1971. Today it's the fourth year of successful production.

After an initial survey from 1973 to 1977 a capacity of 65 million tons of high grade manganese ore was defined.

The deposit was originated through a laterization process from carbonatic primary rocks and its main mineral is rodocrosite.

In May, 1985, the Azul Manganese Mine started its operational phase simultaneously with the beginning of the beneficiation plant operation.

Mining is in open-pit, with 4 meter benches. The blasting is done by bulldozers with scarifiers and the ore is loaded by front-loaders. The mining is developed under a 0.8 waste/ore relation, using the company's own equipment plus some rented machinery.

The Beneficiation Flowsheet production capacity could go up to 1.000.000 TPY but today it is 860.000 TPY. The beneficiation facilities comprise of crushing, scrubbing, wet screening, gravimetric classification and dewatering.

Eight types of ore are produced today, 5 for metallurgical use, 2 for manufacturing of dry cells and 1 for chemical use. The ore produced at Azul is transported to the marine terminal at São Luiz by the 890 km Carajás Railroad (EFC). From São Luiz, the manganese ore is distributed to Brazil and abroad. Today, the total of the domestic demand of battery grade natural manganese dioxide is supplied by CVRD. In the International market the product is sold to Singapore, Argentina, England, India and USA, among other countries.

The ferromanganese alloys industry is the biggest consumer of metallurgical ore and represents 70% of the demand.

In 1987, CVRD commercialized 300.000 t of manganese ore from Azul Mine of which half was for the internal market.

INTRODUÇÃO

A Mina de Manganês do Azul localiza-se na Serra dos Carajás, margem direita do Rio Itacaiúnas no município de Marabá, Pará.

O acesso pode ser feito atualmente por via aérea com vôos diários de qualquer parte do país até Carajás, por via rodoviária através de estradas pavimentadas, ou ainda através da Estrada de Ferro Carajás. A mina é alcançada partindo-se de Carajás por estrada de terra de boa qualidade em percurso de 28 km.

A Serra dos Carajás é constituída por um conjunto de chapadas e cristas com direção geral E-W que se elevam de 300 a 400 metros acima das áreas adjacentes formando o relevo mais montanhoso da região. Na área do Azul a morfologia é mais suave com relevo plano, ondulado, formando uma bacia deprimida com altitude média de 550 m. O sistema hidrográfico pertence a bacia do Rio Itacaiúnas através de seus afluentes, Igarapés Azul e Águas Claras.

A 15 de setembro de 1971, durante campanha de reconhecimento geológico em implementação do programa de pesquisa para minério de ferro, foi descoberto o depósito de manganês às proximidades das cabeceiras do Igarapé Azul. Imediatamente após a descoberta, foi requerido junto ao DNPM pela Amazônia Mineração S/A - AMZA, autorização de pesquisa, sendo outorgado Alvará de Autorização de Pesquisa em 31 de julho de

1973. As pesquisas desenvolveram-se até setembro de 1977 quando foi apresentado ao DNPM o relatório final.

Em abril de 1980 foi protocolado no DNPM o Requerimento de Concessão de Lavra para a jazida de manganês do Azul, que foi outorgada à Cia. Vale do Rio Doce em julho de 1982.

A Mina do Azul entrou em atividades de produção em 1985 paralelamente com a implantação de uma unidade de tratamento de minério na própria área do Azul.

TRABALHOS DE PESQUISA

FASE PRINCIPAL

No período de 1973 a 1977 foram desenvolvidos os trabalhos mais importantes para o conhecimento do minério do Azul, resumidos a seguir:

Prospecção Geoquímica:

Nesta fase executou-se um programa de prospecção geoquímica de sedimentos de correntes nos igarapés Azul, Águas Claras e afluentes, objetivando delimitar áreas anômalas propícias a maior detalhamento. Efetuaram-se análises para Mn, Cu, Zn, e Ni.

Reconhecimento Geológico:

Com base nos dados de geoquímica associados a fotointerpretação, selecionaram-se algumas áreas para reconhecimento geológico de campo, para tal foram abertos 46.000 metros de picadas para levantamento geológico.

Mapeamento Geológico:

Foi efetuado mapeamento geológico da área mineralizada em escala 1: 5000 através de rede de picadas totalizando 97.000 metros lineares.

Abertura de Trincheiras:

Foram abertas 5 trincheiras num total de 580 metros lineares, com profundidades variando de 2 a 8 metros, nas quais foram feitas as primeiras análises químicas e granulométricas por tipo de material manganífero.

Poços de Pesquisa:

Foram abertos 158 poços de pesquisa em um total de 2.530m com profundidade média de 16 metros. Todos os poços de pesquisa foram mapeados e descritos em detalhe na escala 1:50.

Os poços foram amostrados por canais verticais e analisados para Mn nas frações 1", 1/2", 1/4", 1/8" e abaixo de 1/8".

Programa de Sondagem:

Com base em sete furos a trado perfazendo 74 metros, para definição de melhor localização, foram executados 40 furos de sonda a diamante num total de 3.605 metros, com recuperação média de 94,22%. Os testemunhos de sondagem foram amostrados, em geral, em intervalos de um metro e analisados quimicamente para Mn.

REAMOSTRAGEM

Em 1983, face a necessidade de conhecer-se mais detalhadamente o minério detrítico do Azul, foi efetuada campanha de reamostragem de poços daqueles efetuados na primeira campanha de pesquisa. Essas amostras foram analisadas quimicamente para Mn, MnO₂, P, Al₂O₃, Fe, SiO₂, PPC, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, S e TiO₂ nas frações granulométricas correspondentes aos prováveis produtos a serem gerados futuramente, já visando a obtenção de dados para a definição das especificações comerciais.

DETALHAMENTO MINÉRIO ELETROLÍTICO

Ainda em 1983 realizou-se campanha de poços em malha de 25 x 25 (m x m) que resultou na execução de 30 poços com profundidade média de 25 metros para detalhamento das informações sobre o minério granulado de alto teor, que futuramente seria comercializado para aplicação na fabricação de pilhas.

CAMPANHA DE POÇOS - 1985

Na primeira campanha de pesquisa foi utilizada uma malha de poços com linhas espaçadas de 400 metros e posteriormente fechada para 200 metros em determinadas áreas do corpo. Para fechar-se a malha para espaçamento de 100 metros foram abertos 41 poços que perfizeram 516 metros lineares. Essa campanha teve por objetivo detalhar informações sobre o minério detrítico que começava a ser lavrado.

CAMPANHA DE POÇOS - 1987

Ainda seguindo o objetivo de detalhamento de informações sobre o minério detrítico foram abertos 40 poços de pesquisa perfazendo 495 metros de profundidade média de 12 metros. Os alvos desta campanha foram áreas onde a malha apresentava informações espaçadas de 400 metros.

RESERVAS

Os cálculos de reservas foram efetuados com base nos dados obtidos na fase principal de pesquisa e no plano de lavra apresentado ao DNPM. O quadro 01 representa as reservas geológicas e lavráveis iniciais, por tipo de minério.

Foi considerada como reserva geológica a soma das reservas medidas, indicadas e inferidas, e como reserva lavrável aquela compreendida na cava do pit final do plano de lavra apresentado ao DNPM.

QUADRO 01 - RESERVAS X 1000 t

TIPO DE MINÉRIO	RES. GEOLÓGICA	RES. LAVRÁVEL	TEOR MÉDIO Mn
DETRÍTICO	26.078	22.090	36,91%
ELETROLÍTICO	11.488	10.875	46,36%
PELÍTICO	27.682	27.204	28,51%
TOTAL	65.248	60.169	35,00%

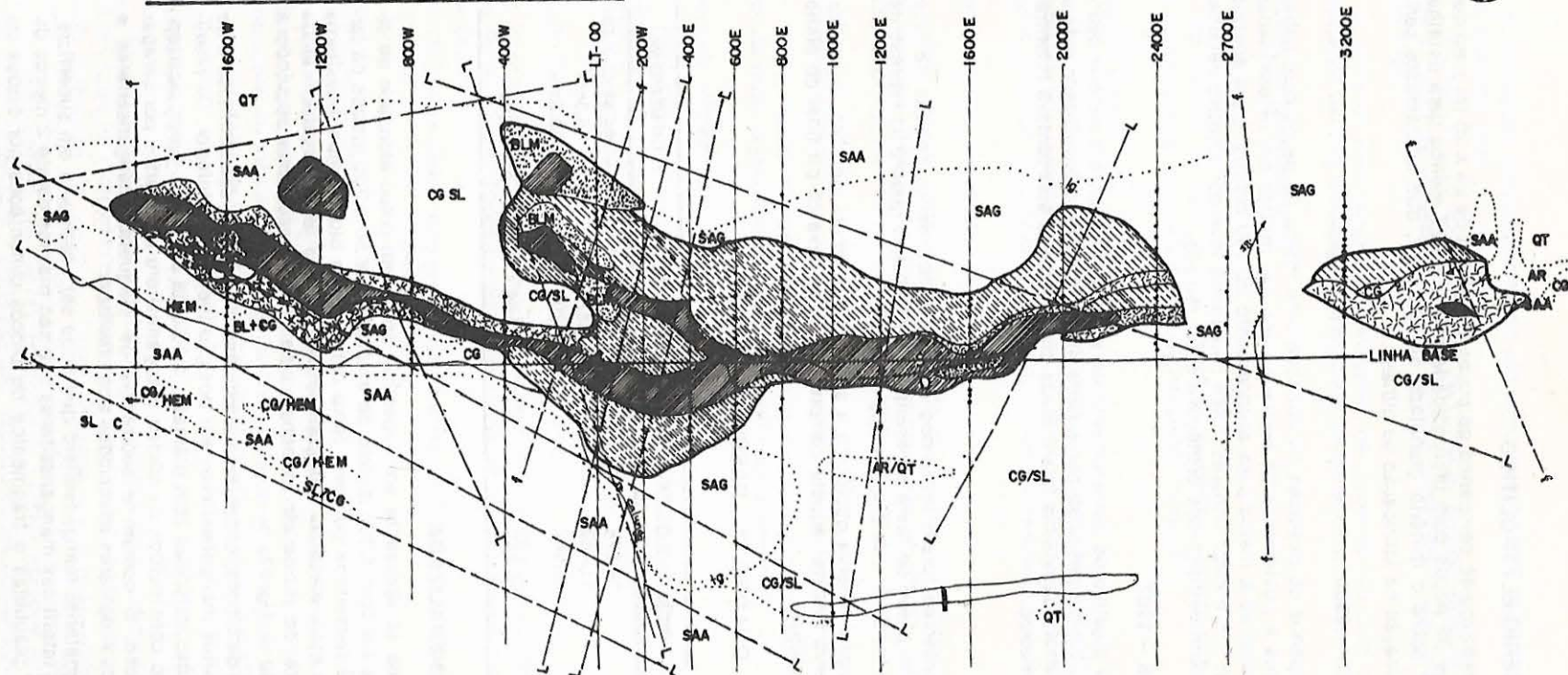
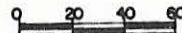
GEOLOGIA DA ÁREA MINERALIZADA

A área mineralizada se apresenta em superfície como um corpo alongado de direção variando de N75W a EW com 4.300 metros de extensão por 50 a 300 metros de largura. Esta configuração é ressaltada por uma faixa contínua de blocos manganésferos que situa-se nas porções mais elevadas topograficamente, esses blocos ocorrem ainda isoladamente na parte NW da jazida ou formando uma faixa descontínua seguindo a orientação geral, na porção W. Fig. 27.

Margeando a faixa de blocos, observa-se a existência de faixas descontínuas e de larguras variáveis de pisolitos manganésferos em posição topográfica inferior. Os pisolitos têm forma de concreções esféricas com diâmetro médio da ordem de 4 mm, ocorrendo em matriz argilosa, são constituídos de núcleo manganésfero recobertos por carapaça laterítica ferro-aluminosa. É comum a ocorrência de plaquetas manganésferas e fragmentos manganésferos irregulares associados aos pisolitos.

Um outro tipo de material manganésfero que pode ser observado em superfície, são as chamadas brechas lateríticas manganésferas que são massas de até 2 metros de diâmetro constituídas por plaquetas e fragmentos de blocos cimentados por óxidos de ferro e manganês.

MAPA GEOLÓGICO DA JAZIDA DO AZUL



76

- CG/SL - CANGA LATERÍTICA FERRUGINOSA EM SOLOS LATERÍTICOS
- HEM - BLOCOS DE HEMATITA
- SA - SOLO ARGILOSO
- SAG - SOLO ARGILO-ARENOSO
- AR - ARENITO
- QT - QUARTIZITOS
- ARQT - ARENITO QUARTIZÍTICO
- CG - CANGA

- BLM - BRECHA LATERÍTICA MANGANESÍFERA
- PIS - PISOLITOS MANGANESÍFEROS EM SOLOS ARGILOSOS
- PLT/PIS - PLAQUETAS MANGANESÍFERAS COM PISOLITOS
- BL - BLOCOS MANGANESÍFEROS

- CONTATO GEOLÓGICO
- LINEAMENTO GEOLÓGICO
- FALHA
- EIXO DE SINCLINAL
- EIXO DE ANTICLINAL
- TRINCHEIRA
- FURO DE SONDAGEM
- POÇO
- IGARAPÉ

Circundando esses materiais, observa-se solos argilosos ou argilo-arenosos de coloração avermelhada. Nas porções sudeste e nordeste, nota-se a ocorrência de cangas lateríticas.

A estrutura foi interpretada por Bernardelli & Beisiegel, 1978 como sendo um anticlinório assimétrico de eixo E-W com caimento suave para Leste e flancos mergulhando fortemente para Sul e de maneira suave para Norte. Foram constatados alguns falhamentos NS e EW, falhamentos estes que determinaram variações nas mineralizações da jazida. As rochas da área mineralizada, incluindo as formações magnesíferas primárias, são rochas finas, argilosas e em parte siltico-argilosas pertencentes ao pacote pelítico da parte superior na Formação Rio Fresco denominada Membro Azul.

A partir de dados de furos de sondagem, Bernardelli & Beisiegel (op. cit.) apresentaram a coluna estratigráfica do Membro Azul na seqüência de baixo para cima (vide seção vertical, fig. 28).

- Na base, siltitos e argilitos de cor cinza clara a preta, com espessura em torno de 65 metros e menos de 14% de Mn.
- Unidade Manganesfera Inferior com 18 a 40 metros de espessura e teor de manganês entre 21 e 26%.
- Siltito carbonoso com espessura em torno de 50 metros, de coloração cinza escuro a preto, com menos de 4% de Mn.
- Unidade constituída de siltitos cinza claro a escuro e violeta com teor de manganês inferior a 5% e espessura variando entre 17 e 44 metros.
- Unidade Manganesfera Superior, com teor de Mn em torno de 15% e espessura variando de 33 a 54 metros.
- No topo, encontram-se siltitos de cor marrom a vermelho, com teor de Mn em torno de 6% e espessura superior a 70 metros.

Para o depósito do Azul são classificados três tipos de materiais manganesferos: Protominérios, Depósitos Superficiais e Depósitos Subsuperficiais.

PROTOMINÉRIOS

Foram reconhecidas duas unidades manganesferas primárias essencialmente constituídas de rodocrosita (30 a 65%), quartzo (15 a 30%), filossilicatos (15 a 25%), feldspatos (0 a 10%), pirita (= 5%) e de matéria carbonosa. Esses minerais detríticos ocorrem em meio a matriz carbonática rica em matéria orgânica.

A Unidade Manganesfera Superior foi definida como uma margamanganesfera rítmica, exibindo alternâncias milimétricas de níveis químicos carbonáticos com níveis clásticos sílico-aluminosos.

Os estratos carbonáticos são constituídos essencialmente de cristais micríticos de rodocrosita organizados em estruturas micronodulares em "ovos de peixes", quartzo e filossilicatos. Os estratos clásticos são constituídos principalmente de quartzo e argilo minerais, Beauvois et alli, 1987.

A Unidade Manganesfera Inferior é representada por uma rocha carbonática manganesfera onde microscopicamente aparece maciça ou finalmente estratificada. Constitui-se essencialmente de rodocrosita, quartzo, material carbonoso e pirita, esta última associada à rodocrosita preenchendo fissuras ou disseminada nos sedimentos. É mais carbonática que a unidade superior e macroscopicamente é placóide exibindo coloração cinza escura a preta.

DEPÓSITOS SUBSUPERFICIAIS

Os materiais de subsuperfície são classificados em: Pelitos Manganesferos, Material Manganesfero Granulado, Material Manganesfero Maciço, Siltitos Impregnados de Manganês e Siltitos Enriquecidos em Manganês. Entre estes, têm importância econômica os pelitos manganesferos, o material manganesfero granulado que constitui o minério eletrolítico e os materiais manganesferos maciços, estes últimos apenas quando ocorrem próximos aos outros dois.

SEÇÃO GEOLÓGICA DA JAZIDA DO AZUL

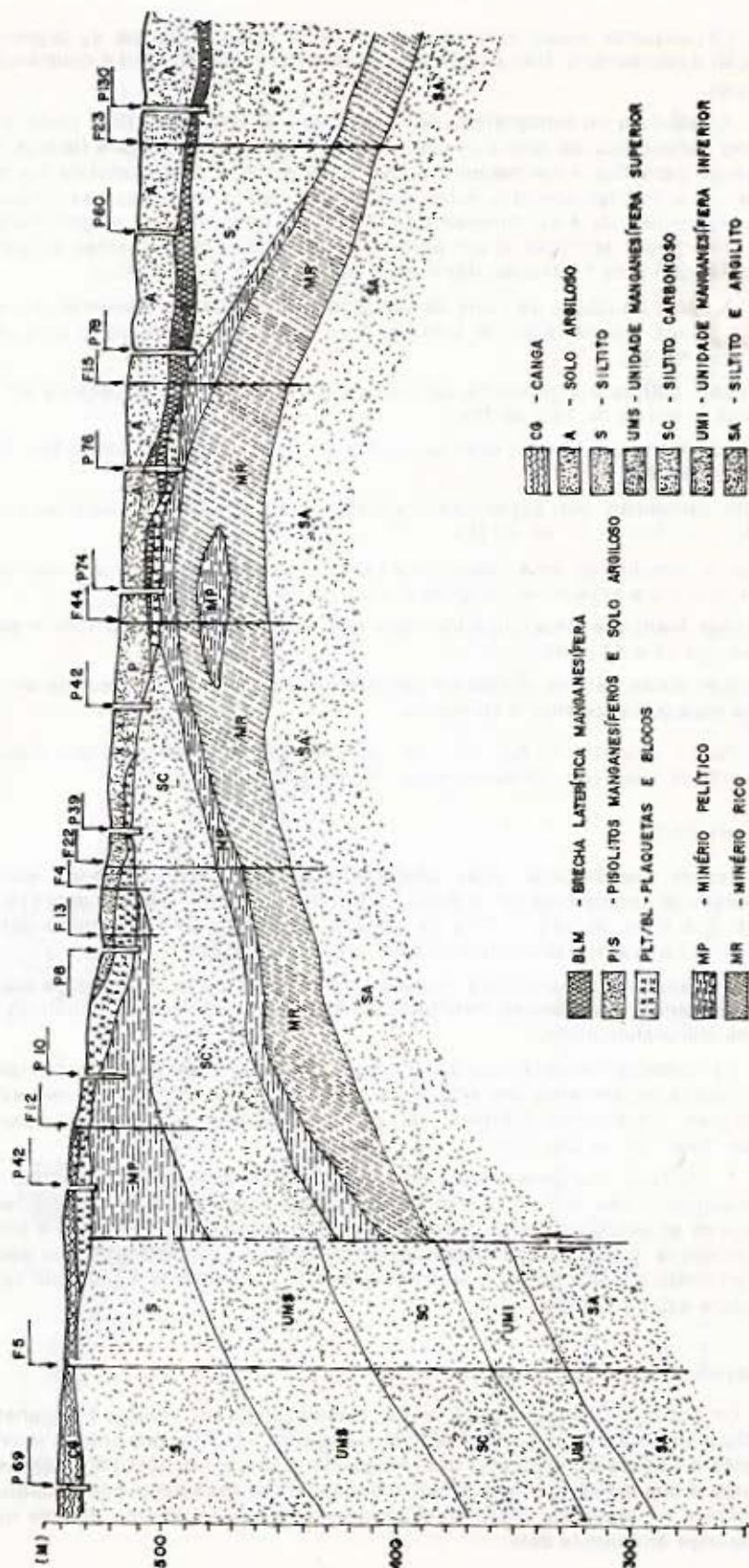


Fig. 28

A brecha laterítica manganésfera ocorre como crostas superficiais ou como corpos tabulares subsuperficiais e seu teor em manganês varia bastante, podendo atingir até, excepcionalmente 50% Mn, quando o cimento é preferencialmente manganésfero e os fragmentos cimentados são mais ricos.

Os blocos e plaquetas ocorrem associados em superfície e constituem juntos, os mais ricos minérios superficiais do Azul. Os blocos são fragmentos irregulares, duros, densos, com dimensões variando de 10cm a até 2m. São geralmente maciços, porém é comum exibirem relictos de estratificação, aspectos de cimentação e precipitação coliforme. Quando ocorrem em superfície apresentam-se em meio a matriz argilosa pouco significativa.

As plaquetas são fragmentos lamelares de 3 a 5cm de comprimento por 0.5 a 2cm de espessura, duros, densos, conservando em geral vestígios de estratificação.

Ocorrem em superfície em toda área da jazida, muitas vezes associadas a pisolitos, quando ocorrem em subsuperfície estão associadas aos blocos e quase aflorantes. A matriz argilosa que envolve as plaquetas representa de 10 a 35% em peso.

Esses materiais apresentam-se distribuídos caoticamente em superfície passando a orientar-se próximo aos contatos com o pelito manganésfero, ou minério eletrolítico segundo a estratificação destes, nesta fase caracteriza o chamado TRD, uma subdivisão do minério detrítico efetuada após testes de caracterização.

Para Valarelli 1978, os blocos manganésferos representam antigos níveis de precipitação de soluções manganésferas provenientes da dissolução de rodocrosita dos protominérios e as plaquetas representam a mineralização dos estratos porosos dos minérios descarbonatizados.

Mineralogicamente nos blocos predomina a criptomelana ocorrendo ainda litioforita e pirolusita, esta última preenchendo fissuras ou recobrando as paredes internas das cavidades dos blocos. As plaquetas constituem-se predominantemente de litioforita e secundariamente de criptomelana.

Os teores de manganês variam de 48 a 54% Mn para os blocos e de 40 a 50% Mn para as plaquetas.

ASPECTOS GENÉTICOS

Para Anderson et alli (1974), os sedimentos do Membro Azul, foram depositados em bacia lagunar subsidente e rasa em ambiente epicontinental, confinada à região axial do Sinclínório Carajás.

Supõe-se que a formação ferrífera dos Carajás e as rochas vulcânicas máficas associadas, foram a fonte do manganês, já que eram o relevo positivo à época da deposição do sedimento e contém 0,38% Mn e 0,56% Mn respectivamente.

A deposição na bacia do Azul apresenta variações nas condições de sedimentação, representadas pelo fácies jaspilítico ferrífero na base passando a sedimentos químicos carbonáticos de ambiente redutor (rodocrosita e pirita), intercalados com sedimentos clásticos pelíticos (quartzo, microclina e argilas).

Os protominérios da Jazida do Azul constituem-se então de rochas sedimentares, compostas de minerais detríticos: Micas, feldspatos e quartzo, em meio a matriz carbonática rica em matéria orgânica. A rodocrosita em "ovos de peixes" pode distribuir-se em cachos alongados perpendicularmente a estratificação ou localmente substituindo as micas detríticas, essas micas por sua vez se alteram em caolinita porém preservando a rodocrosita em seu interior. Seg. (Millot, 1964), uma alteração caulinizante das micas preservando os carbonatos não seria proveniente de alteração supergênica e laterítica. Para esta situação Valarelli et alli (op. cit.) presumiram uma diagênese provocada por águas profundas, a qual alteraria as cloritas e illitas em caolinitas formaria sulfetos através da recristalização das piritas, quartzo neofornado e recristalizaria a rodocrosita.

Na figura 29 são esquematizadas as principais transformações mineralógicas ocorridas nos diferentes eventos da história geológica do Azul segundo Valarelli et alli. (op. cit.).

A partir de estudos detalhados sobre o protominério e as camadas de minério "in situ", realizados por Beauvois et alii (op. cit.) na Mina do Azul, foram efetuadas as seguintes observações importantes:

1 - A jazida manganêsfera do Azul se formou por alteração laterítica de um protominério sedimentar constituído de siltitos com níveis carbonosos, piritosos e carbonáticos manganêsferos.

2 - As parageneses observadas no minério não apresentam diferenças fundamentais com aquelas definidas anteriormente em outros depósitos manganêsferos lateríticos. (Horem 1953; Sorem e Cameron 1960; Holtrop 1965; Roy 1968; Perseil e Grandin 1978; Weber et alii 1979). A criptomelana e a nsutita são dominantes em relação a todoroquita, a piro lusita, a ramsdelita e a litioforita.

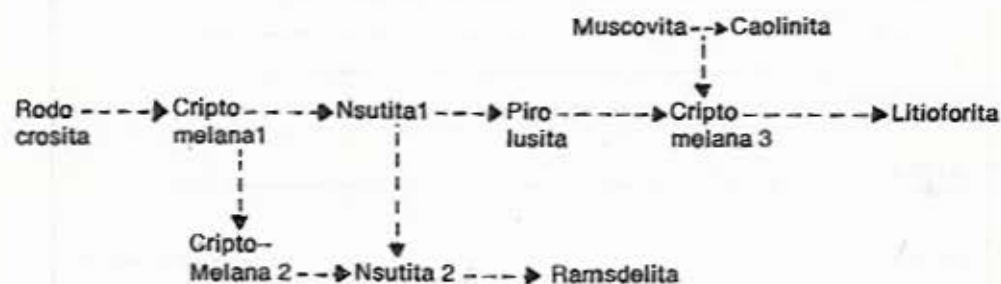
3 - O protominério é essencialmente constituído de rodocrosita, quartzo, de filosilicatos do tipo muscovita e caolinita. Por sua vez é a maior alterabilidade das rodocrositas em relação às muscovitas e a estrutura das camadas sedimentares que controlam por meio de soluções o desenvolvimento de óxidos de manganês. A alteração tardia das micas libera seu potássio nas soluções no topo dos perfis, provocando assim uma retro-morfose em criptomelana das fases manganêsferas oxidadas derivadas da alteração préexistente da rodocrosita. Além disso, em razão do caimento geral dos estratos sedimentares do protominério, a circulação de soluções de alteração se faz mais facilmente no interior de um estrato, segundo a direção do mergulho do que ao longo da vertical em direção da frente de alteração. Resulta que cada unidade sedimentar presencia uma evolução específica controlada pelas proporções respectivas de rodocrosita e de micas.

4 - A unidade Manganêsfera inferior e a unidade manganêsfera superior se alteram então, respectivamente em um minério granuloso rico e em um minério pelítico.

Na unidade manganêsfera superior, nota-se a seguinte seqüência mineral evolutiva de alteração:

Rodocrosita → Todoroquita → Nsutita → Cryptomelana

5 - É a alteração da unidade manganêsfera inferior que conduz ao minério granuloso, o mais rico em manganês, porque o protominério contém originalmente mais rodocrosita. Além do mais é esta alteração que mostra as seqüências minerais evolutivas mais completas:



Onde:

- Criptomelana 1 - pseudomorfose
- Criptomelana 2 - recristalização
- Criptomelana 3 - retromorfose
- Nsutita 1 - pseudomorfose
- Nsutita 2 - recristalização

CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS MINÉRIOS

Os minérios de manganês da Mina do Azul apresentam-se sob tipos com características granulométricas bem distintas. Inicialmente na pesquisa foram classificados pela estruturação em minério detrítico, minério pelítico e minério rico.

MINÉRIO RICO

O Minério rico, de utilização em pilhas apresenta-se sob forma de grânulos irregulares, cinza a preto, em meio a matriz pulverulenta negra ou raramente em forma de blocos tabulares bastante friáveis.

A utilização final do minério eletrolítico se dá com o material moído abaixo de 200 mesh e atualmente vem sendo produzido na Instalação de Tratamento do Azul todo abaixo de 1", portanto o minério bruto não apresenta problemas granulométricos para utilização.

O minério eletrolítico após beneficiamento apresenta a curva granulométrica mostrada abaixo.

QUADRO 02 - CURVA GRANULOMÉTRICA BMNC

Malha	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	10 ϕ	35 ϕ	60 ϕ	100 ϕ
Retido	0.18	4.44	11.27	5.44	10.69	30.79	28.30	5.25	2.06
Acumulado	0.18	4.62	15.89	21.33	32.02	62.81	91.11	96.36	98.42

MINÉRIO PELÍTICO

O minério pelítico ocorre em forma de estratos que mostram alternâncias de níveis milimétricos de material manganêsífero com níveis de material argiloso, de maneira geral apresenta coloração cinza escura. Apresenta-se ora bastante friável ora em forma de blocos tabulares de fácil desagregação ao impacto. Apenas com o tratamento na instalação gera produtos em um balanço de massa considerado de bom desempenho, não fosse a facilidade de degradar-se. Os quadros 03 e 04 mostram as características dos produtos obtidos em testes com o pelito manganêsífero na usina industrial.

QUADRO 03 - PRODUÇÃO PELITO - QUÍMICA

PRODUTOS	PESO	Mn	Fe	SiO ₂	P	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	S	Recuperação Mn
ALIMENTAÇÃO	100,00	38,80	5,52	7,21	0,083	14,51	0,215	0,137	0,600	0,055	0,859	0,256	0,011	100,00
GRANULADO (-3" + 1/4")	47,05	42,52	3,99	5,68	0,080	12,90	0,258	0,149	0,437	0,049	0,845	0,220	0,011	51,56
BITOLADO (-3/8" + 5 ϕ)	5,76	45,17	4,29	3,79	0,094	9,71	0,213	0,211	0,390	0,067	1,095	0,302	0,011	6,71
S. FEED (-1/4" + 100 ϕ)	28,22	45,81	4,64	3,62	0,094	8,61	0,211	0,193	0,433	0,062	0,900	0,295	0,011	33,32
REJEITO (- 100 ϕ)	18,97	18,84	10,54	18,38	0,065	34,94	0,170	0,028	1,34	0,019	0,265	0,101	0,014	9,21

QUADRO 04 - PRODUÇÃO PELITO - GRANULOMETRIA

PENEIRA PRODUTO	2 1/2"	2"	1 1/2"	1 1/4"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	5/16"	1/4"	5 ϕ	10 ϕ	35 ϕ	60 ϕ	100 ϕ
GRANUL.	4,34	10,87	19,60	30,38	41,70	55,62	78,09	88,08	-	94,54	X	X	X	X	X
S. FEED	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0,61	15,30	55,82	91,18	97,50	99,04
BITOLADO	X	X	X	X	X	X	X	0,12	0,27	78,39	98,33	X	X	X	X

Com base nos testes de produção em escala industrial, foram efetuados testes de degradação para o Granulado (-3"+1/4") gerado.

Foram efetuados três testes para o granulado de pelito e três testes similares para o granulado do minério detrítico. Os dados são mostrados nos quadros 05 e 06.

QUADRO 05 - DEGRADAÇÃO GRANULADO DE PELITO

CONDIÇÃO	PENEIRA	PENEIRA											
		2 1/2"	2"	1 1/2"	1 1/4"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	5/16"	1/4"	-1/4"	
ANTES	DEGRADAÇÃO	4,34	10,87	19,69	30,53	41,85	55,77	78,84	89,23	-	94,69	5,31	
20	QUEDAS	-	9,89	-	-	37,24	-	70,84	82,74	-	88,56	11,44	
40	QUEDAS	-	7,60	-	-	34,20	-	65,24	76,04	-	82,86	17,14	
60	QUEDAS	-	4,73	-	-	27,97	-	59,79	69,89	-	77,54	22,46	

QUADRO 06 - DEGRADAÇÃO GRANULADO DE DETRÍTICO

CONDIÇÃO	PENEIRA	PENEIRA												
		2 1/2"	2"	1 1/2"	1 1/4"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	5/16"	1/4"	-1/4"	-3/8"	
ANTES	DEGRADAÇÃO	5,39	11,32	19,52	24,84	31,93	42,93	66,82	82,52	-	97,55*	2,45*		
20	QUEDAS	5,48	11,69	20,65	23,89	33,85	43,95	71,53	84,66	-	92,57	7,43	15,34	
40	QUEDAS	5,35	10,70	18,02	22,84	29,56	38,95	62,62	77,74	-	87,10	12,90	22,26	
60	QUEDAS	4,65	10,87	16,96	21,70	28,71	37,68	60,61	74,00	-	84,67	15,33	26,00	

* Foi retirada a fração 3/8"

Com base nos resultados, observou-se que o minério pelítico tem suas perspectivas de utilização na sintetização, por ser um minério gerador de finos, já que produz um granulado com curva mais "fina" que aquela representativa do granulado de minério detrítico e com índice de degradação muito mais elevado. Dos testes efetuados nota-se ainda que o minério pelítico mostra um visível enriquecimento no teor de manganês nos produtos de granulometria mais fina, bitolado (-3/8"+5 \neq) e sinter-feed (-1/4"+100 \neq), tal observação levou-nos a efetuar experimentos de produção de sinter feed a partir do granulado de pelito, o que gerou resultados bastante satisfatórios (Quadro 07).

QUADRO 07 - TESTE DE PRODUÇÃO DE SINTER FEED A PARTIR DE GRANULADO DE PELITO

PRODUTOS	PESO	Mn	Fe	SiO ₂	P	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	S	Recuperação
Alimentação (-3" + 1/4")	100	41,67	4,39	5,73	0,079	13,30	0,265	0,144	0,441	0,043	0,848	0,252	0,013	100,00
S. Feed (-1/4" + 100 \neq)	80,82	43,31	4,22	4,69	0,081	12,59	0,267	0,161	0,411	0,051	0,904	0,266	0,012	93,35
Rejeito - 100 \neq	10,18	31,49	6,29	13,05	0,067	22,75	0,239	0,070	0,836	0,030	0,482	0,156	0,013	7,69

Paralelamente aos testes efetuados com o minério pelítico em Carajás, outros órgãos da CVRD vêm desenvolvendo estudos com o minério pelítico no sentido de viabilizar o seu aproveitamento, através de moagem, concentração e uma possível aglomeração de finos.

MINÉRIO DETRÍTICO

Foi definido como minério detrítico todo aquele minério de coloração avermelhada, constituído de blocos e plaquetas manganésíferas dispostos sem orientação em matriz argilosa que se distribuem superficialmente no depósito.

Com o avanço da lavra, atingindo-se porções inferiores do pacote de minério, pode-se observar que dentro do pacote existem minérios que apesar de apresentarem características químicas favoráveis, não geram GRANULADO dentro das especificações gra-

nulométricas atualmente utilizadas para comercialização, ou seja, geram GRANULADO com a curva granulométrica muito "fina" e baixa recuperação. Com base nessas novas informações, partiu-se para um trabalho de subdivisão, reclassificação e individualização de porções do pacote até então tratado apenas como Minério Detrítico.

Após definição de parâmetros para a reclassificação dos minérios chegou-se a subdivisão do pacote detrítico em quatro tipos distintos de minério, pelas características físicas:

Minério Fino (DF) – Foi classificado como minério fino todo aquele que apresentar fração abaixo de 1/4" acima de 50% e fração acima de 2" do granulado inferior a 10%.

Minério Médio (DM) – É o minério que apresenta a seguinte distribuição na simulação de tratamento do laboratório:

- 1/4" do R.O.M. – abaixo de 25%; +2" do granulado abaixo de 10%.
- 1/4" do R.O.M. – entre 25% e 50%; +2" do granulado de 0 a 20%;
- 1/4" do R.O.M. – Acima de 50%; +2" do granulado acima de 20%.

Minério Grosso (DG) – É todo minério que apresentar percentual da fração – 1/4" do R.O.M. abaixo de 25% e fração +2" do granulado acima de 10%, ou qualquer minério com mais de 20% de partículas maiores que 2".

Minério de Transição Detrítico/Pelito (TRD) Material classificado como fino, porém com o agravante de reter umidade mais que o DF. Caracteriza-se por apresentar estruturação de pelito com níveis de plaquetas endurecidas. Corresponde a zona de transição entre o minério detrítico e o pelito manganêsífero e representa de 15 a 20% de reserva de detrítico.

Em primeira análise, conclui-se que 50% das reservas de minério detrítico conhecidas em detalhe na Mina do Azul são constituídas pelos tipos DF (Minério Fino) e TRD (Transição detrítico/pelito) o que provavelmente vem a refletir para toda a mina.

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E EVOLUÇÃO MINERALÓGICA DOS MINÉRIOS

Os minérios observados hoje na Mina de manganês do Azul são originários de enriquecimento por alteração laterítica de um protominério carbonático, provém do enriquecimento de materiais com teores oscilando de 14 a 26% de manganês para até 54%.

Os protominérios manganêsíferos são constituídos por 30 a 65% de rodocrosita, 15 a 30% de quartzo, 15 a 25% de filossilicatos, até 10% de feldspatos, aproximadamente 5% de pirita e matéria carbonosa.

Na seqüência evolutiva de alteração dos protominérios foi observado um enriquecimento em torno de 150% de manganês.

A caracterização química do minério de manganês rico que é considerado um minério de alto teor é mostrado a seguir:

QUADRO 08 – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO MINÉRIO ELETROLÍTICO

CLASSE	Mn	MnO ₂	Fe	Ag*	Pb*	Cu*	Ni*	Co*	As*
R.O.M	46,4	71,10	3,89	–	285	320	540	226	44
GRADE II	51,0	76,50	3,20	5	250	300	600	200	30
GRADE I	53,8	81,00	3,00	–	220	250	500	160	40

R.O.M. Run Of Mine.

Grade I e II – produto entre 0,5 e 25,4mm.

* ppm

Mineralogicamente o minério constitui-se de nsutita, criptomelana, litioforita-todorokita, pirolusita, caulinita, gibsita e anatásio.

De acordo com essas características que refletem:

- Elevado teor de Mn sob a forma de MnO₂;
- Baixos teores de Fe, Ni, Co, As, Cu e Pb;
- γ -MnO₂ (nsutita).

O minério rico foi considerado de excelente qualidade para aplicação na indústria de pilhas.

Segundo Beauvois et alli (op. cit.), as principais evoluções mineralógicas observadas nesse minério foram as seguintes:

* A alteração por oxidação dos constituintes da unidade manganêsfera inferior transformaram, de início, uma rocha finamente estratificada, pouco endurecida, com predominância de rodocrosita em uma rocha manganêsfera mais endurecida à criptomelana.

* Em um segundo estágio a nsutita substitue a criptomelana.

* Em um terceiro estágio, os plasmas de pseudomorfose à criptomelana e nsutita recristalizam-se parcialmente em ramsdelita.

* O quarto estágio é o de evolução geral dos óxidos iniciais para a pirolusita.

* A pirolusita sofre em seguida uma "retromorfose de alteração" para criptomelana.

* Finalmente o conjunto de fases oxidadas a Mn^{++} (criptomelana, nsutita, pirolusita) são substituídas por lithioforita.

Ela representa as variações de condições geoquímicas ao longo do processo de alteração.

O minério detrítico, constituído principalmente de blocos e plaquetas manganêsferas apresenta, bruto e beneficiado, as seguintes características químicas:

QUADRO 09 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO MINÉRIO DETRÍTICO

TIPO	% Peso	Mn	SiO ₂	Fe	Al ₂ O ₃	P	Alcalis	Granulometria
BRUTO	100	37.0	5.7	6.1	17.2	0.083	0.96	-
GRANULADO	40	45.0	3.6	3.7	9.8	0.080	1.57	3" a 1/4"
BITOLADO	8	44.0	4.0	4.2	10.8	0.080	1.37	3/8" a 5"
S. FEED	32	43.0	5.0	5.4	10.8	0.080	1.27	1/4" a 100"

Com base nesses dados o minério de manganês de Carajás pode ser caracterizado por:

- Elevado teor de manganês;
- Baixo teor de ferro;
- Elevada relação Mn/Fe;
- Médio teor de alumina;
- Baixo teor de fósforo;
- Teores de álcalis de médios a baixos.

O que garante ao produto uma boa aceitação no mercado.

Mineralogicamente, o minério detrítico constitui-se principalmente de lithioforita (plaquetas) e criptomelana (blocos), minerais estes que representam formas estáveis de manganês em superfície.

O minério pelítico até agora é o menos conhecido em detalhe, em função de sua ocorrência em sub superfície e por sua utilização metalúrgica, já que atualmente lavra-se o minério detrítico, superficial.

Com base nos dados obtidos até o momento pode-se conferir para um minério de teores próximos a média definida para a jazida a seguinte caracterização química:

Mn	- 29.30%	Al ₂ O ₃	- 16.94%
MnO ₂	- 42.64%	P.F.	- 15.45%
Fe	- 6.42%	Na ₂ O	- 0.034%
SiO ₂	- 14.13%	K ₂ O	- 0.62%
P	- 0.046%		

O minério pelítico após beneficiamento apresenta elevação no teor de manganês da ordem de 35%. Mineralogicamente tem como principal componente manganêsfero a todorokita.

Segundo Beauvois et alli (op. cit.), é uma alteração diferencial de rodocrositas e das micas do protominério que permite explicar a evolução inicial de carbonatos de manganês para óxidos de mais alto grau de oxidação, seguida por uma retromorfose em óxidos mais ricos em potássio, dessa forma as rodocrositas se alteram para nsutita tendo como etapa intermediária a todorokita. Finalmente os relictos de micas se alteram liberando potássio o que permite a alteração da nsutita e todorokita residual em criptomelana, no topo dos perfis.

MINA

Na Mina do Azul é utilizado o método de lavra a céu aberto, em bancadas de 4 metros de altura. O desmonte é efetuado por trator 300 HP com escarificador, não sendo necessária a utilização de explosivos. O carregamento utiliza pás carregadeiras de rodas com capacidade de concha de 2,3 metros cúbicos e o transporte é feito em caminhões de 10 toneladas. Como equipamentos auxiliares, são utilizados 01 trator de pneus de 300 HP, 01 motoniveladora 140 HP, 01 retroescavadeira, 01 caminhão pipa e 01 caminhão de abastecimento.

Nas operações de lavra utiliza-se ainda equipamentos de terceiros sob sistema de contrato de prestação de serviços para auxiliar na remoção de estéril e alimentação da instalação de tratamento.

A preparação das frentes de lavra inicia-se com a remoção da cobertura vegetal, onde a madeira de lei é selecionada para aproveitamento, em seguida procede-se o decapeamento constituído principalmente por solo argiloso e material manganífero de baixo teor (pisolitos).

Todo material removido da mina é estocado fora do pit de lavra para aproveitamento futuro, no caso de materiais manganíferos ou para utilização na reabilitação da cobertura vegetal das áreas mineradas, no caso de solos.

A lavra desenvolve-se segundo planos anuais elaborados em função da demanda prevista para o período, os quais são subdivididos em quatro planos trimestrais, onde são definidas as prioridades, vias de acesso temporárias, drenagem e aspecto estético geral da mina.

As atividades de lavra e beneficiamento são apoiadas por uma estrutura de manutenção mecânica e elétrica na área da mina, além de apoio administrativo com almoxarifado, arquivo técnico, restaurante, seção de desenho e controle operacional através de microcomputadores. Finalmente pela própria concepção do projeto, todas as facilidades oferecidas pelo Projeto Ferro servem de apoio para as atividades do manganês do Azul.

BENEFICIAMENTO

A instalação de tratamento de minério de manganês implantada na área da mina é adequada ao tratamento de todos os tipos de minério produzidos em Carajás. Tem capacidade para até 1.000.000 t/ano de alimentação e hoje opera a taxa de 860.000 t/ano. Entrou em operação em dezembro de 1985 e ao longo do tempo sofreu algumas modificações no sentido de modernização sem no entanto alterar a capacidade.

O processo fundamenta-se basicamente nas operações de cominuição, "scrubagem", peneiramento a úmido, classificação gravimétrica e desaguamento.

O suprimento de água do processo é obtido através de bombeamento a uma vazão de 300 metros cúbicos por hora a partir de uma bacia de captação localizada no leito do Igarapé Calunga.

A energia consumida é, a partir de julho de 1987, oriunda da hidrelétrica de Tucuruí através da linha de Transmissão LT - 34KW (da Mina de Ferro de N4E até a Mina do Azul). Desde o início das atividades até aquela data utilizou-se energia de grupos geradores movidos a óleo diesel.

A instalação é operada por 24 homens trabalhando em regime de três turnos em 24 horas/dia, efetuando uma parada semanal de 5 horas para manutenção preventiva.

O tratamento inicia com a alimentação do "run of mine" com granulometria inferior a 12", o qual é reduzido a 4" através de britador de mandíbulas. Em seguida, todo material com granulometria inferior a 4" alimenta um lavador rotativo ("scrubber") que promove um condicionamento do minério com água para facilitar a remoção da fração

argilosa nas etapas seguintes do processo. A descarga do scrubber alimenta uma peneira vibratória de dois decks, sendo o primeiro deck com malha de 3" e o segundo com malha de 1/4". Nesta etapa de peneiramento a úmido o oversize do primeiro deck (-4"+3") é conduzido para rebitagem em britador de mandíbula e retorna em circuito fechado. O oversize do segundo deck (-3"+1/4") é conduzido ao segundo estágio de peneiramento e o undersize do segundo deck (-1/4") vai para classificação gravimétrica através do primeiro hidroclassificador. A segunda peneira também de dois decks com malha de 3/8" no primeiro e 1/4" do segundo deck, opera a úmido. O oversize do primeiro deck (-3"+1/4") é o produto GRANULADO, o oversize do segundo deck (-3/8"+4mm) é o produto BITOLADO e o undersize do segundo deck vai para o segundo hidroclassificador. Os dois hidroclassificadores operam em série, sendo o underflow do primeiro classificador a alimentação do segundo e o overflow constitui o primeiro rejeito da instalação. O underflow do segundo classificador (-1/4"+100 μ) constitui o produto SINTER-FEED após processo de desaguamento por peneiramento, e o overflow constitui o rejeito final. Fig. 30.

Os rejeitos do tratamento, representando 20% da alimentação são lançados na barragem de contenção de rejeitos atualmente em fase de construção, quando concluída terá capacidade de acumulação de 2.200.000 t de rejeito com vida útil estimada em 10 anos, podendo ser estendida a 30 anos em uma segunda fase.

CONTROLE DE QUALIDADE

As atividades de Controle de Qualidade objetivam a adequação dos produtos gerados às exigências do mercado consumidor. Esta atividade inicia longe dos portos de embarque, nas amostras de minério bruto ainda na mina.

Através de técnicas Geoestatísticas foram gerados modelos variográficos experimentais da jazida (Área Central), na direção das camadas (aproximadamente E - W) e perpendiculares a estas (aproximadamente N - S). A partir desses dados definiu-se a malha ótima de amostragem combinando-se melhores resultados a baixos custos. Com auxílio de microcomputadores estima-se a qualidade química e granulométrica dos blocos de lavra a partir de amostras executadas em canaletas verticais nas paredes de poços de 4 metros, executados segundo a malha predeterminada. As amostras coletadas sofrem simulação de tratamento industrial em laboratório sendo posteriormente analisadas química e granulometricamente nas faixas granulométricas correspondentes aos produtos finais.

A alimentação da instalação é feita pelo sistema de despacho, a partir de duas ou três frentes de lavra ou a partir de pilhas de blendagem.

Na Instalação de Tratamento, são coletadas duas amostras por turno de produção para o produto Granulado e uma amostra para os demais produtos, cada amostra é fechada por incrementos coletados por cortadores de fluxo em correias transportadoras, tomados segundo normas padronizadas de amostragem. As amostras geradas são analisadas química e granulométricamente para as frações e elementos constantes das especificações comerciais.

Atualmente, a Instalação de Tratamento de Minério gera três tipos básicos de produtos segundo a aplicação, chegando a 8 o número de produtos considerando-se variantes nas especificações granulométricas e químicas.

Os três produtos básicos são: Minério de Manganês Metalúrgico, Minério de Manganês Eletrolítico e Minério de Manganês Químico.

ESTOCAGEM E TRANSPORTE

O minério de Manganês, após o beneficiamento é estocado no pátio de produtos de Instalação de Tratamento com capacidade para 400.000 t de minério, sem restrições para expansão.

A etapa seguinte é a transferência do minério até o pátio ferroviário que dista 35 quilômetros da mina. Tal transporte é feito via rodoviária. Foram efetuados estudos de viabilidade econômica para implantação de sistema de cabo aéreo e também ramal ferroviário. Em ambos os casos a viabilização dos investimentos só será possível para quantidades a serem transportadas acima de 1.000.000 de toneladas por ano, o que tor-

INSTALAÇÃO DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO DE MANGANÉS

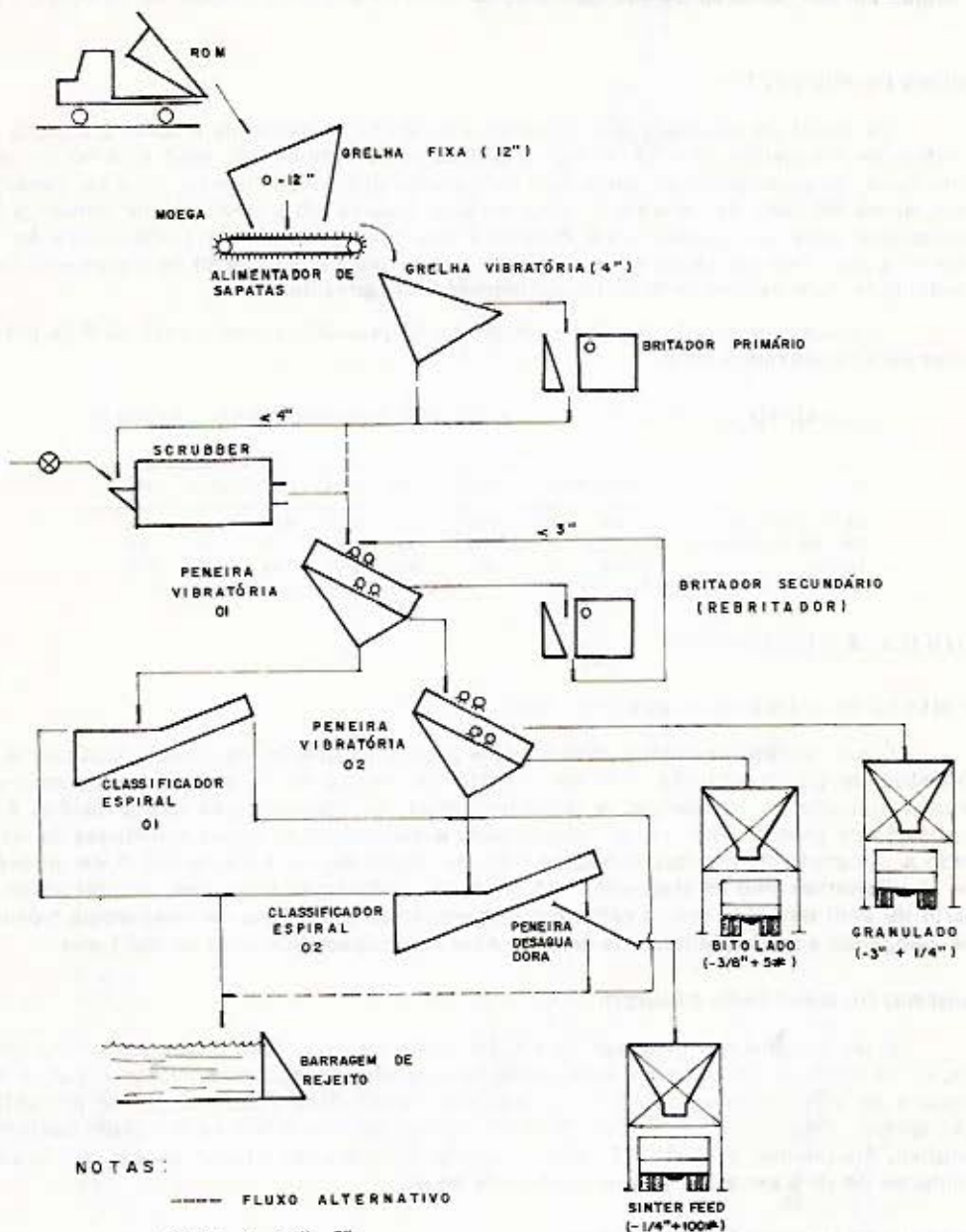


Fig. 30

na mais remota a possibilidade de investir-se em meio alternativo de transporte a curto prazo. O pátio de estocagem da Pera Ferroviária com capacidade para 150.000t é o ponto de partida para a última etapa de manuseio do minério em Carajás.

Deste pátio o minério é carregado por pás carregadeiras de rodas em vagões de 56 ou 75 toneladas formando lotes de 9.000t que são transferidos para os portos de Ponta da Madeira (CVRD) ou Itaqui (Portobrás) em São Luis-MA através da Estrada de Ferro Carajás em um percurso de 890 quilômetros cobertos por uma jornada de 24 horas. Fig. 31

NÍVEIS DE PRODUÇÃO

Os níveis de produção são definidos em função da demanda e como a entrada do minério de manganês do Azul no mercado ocorreu há apenas três anos e como um produto novo, de características ainda não conhecidas dos consumidores, pode ser considerado ainda em fase de penetração no mercado. Analisando a evolução da demanda internacional pode-se delinear uma ascensão até 1991 a níveis de comercialização de 800.000t/ano. Esta demanda seria atendida com a mesma instalação de tratamento hoje implantada, sem necessidade de implementação da capacidade.

O quadro 10 mostra os níveis de produção praticados desde 1985 com as previsões para os próximos anos.

QUADRO 10 - PRODUÇÃO - HISTÓRICO E PREVISÃO - (1000 t)

ANO	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
METALÚRGICO	194	502	384	504	602	594	592	592
NÃO METALÚRGICO	15	55	66	84	75	75	78	78
TOTAL	209	557	450	588	677	669	670	670

UTILIZAÇÃO DO MINÉRIO

MINÉRIO DE MANGANÊS ELETROLÍTICO

É um produto destinado basicamente para a fabricação de pilhas. Atualmente a indústria de pilhas absorve 46% do minério de manganês no mundo, excetuando-se aquele aplicado na metalurgia. A tendência atual dos consumidores desse minério é a aquisição do produto final moído. Objetivando a adequação às novas exigências do mercado a Superintendência das Minas de Carajás, órgão da Cia Vale do Rio Doce, através de seu Departamento de Manganês virá produzir o Bióxido de Manganês Natural Moído a partir de abril de 1989, com a entrada em operação de uma usina de moagem de bióxido de manganês a ser implantada na área do Azul com capacidade para 18.000 t/ano.

MINÉRIO DE MANGANÊS QUÍMICO

É um minério rico com teor de Mn da ordem de 51%. Este produto encontra aplicação na indústria de insumos para soldagem, defensivos agrícolas, hidrometalurgia do zinco e do urânio (lixiviação), indústria cerâmica, fertilizantes e até mesmo em alimentação animal. Para o minério de Carajás é um campo novo que tem se mostrado bastante atrativo. Atualmente o minério é vendido apenas no mercado interno, porém com possibilidades de vir a ser exportado nos próximos anos.

MINÉRIO DE MANGANÊS METALÚRGICO

Este produto tem como aplicação final a fabricação do aço. De Carajás o produto sai sob a forma de Granulado (-3"+1/4"), Bitolado (-9,5mm+4mm) e Sinter Feed (-1/4"+100 μ) sendo utilizado na produção de ferro ligas a base de manganês.

Atualmente vem também sendo utilizado diretamente na aciaria através de processos recentemente difundidos por técnicos japoneses. Para aplicação metalúrgica 78% do consumo dos produtos de Carajás é feita com o Granulado, enquanto que os produtos finos terão uma participação maior no mercado a partir de 1990, atingindo já em 1991

LOCALIZAÇÃO DA JAZIDA DE MANGANÉS DO AZUL NA SERRA DOS CARAJÁS

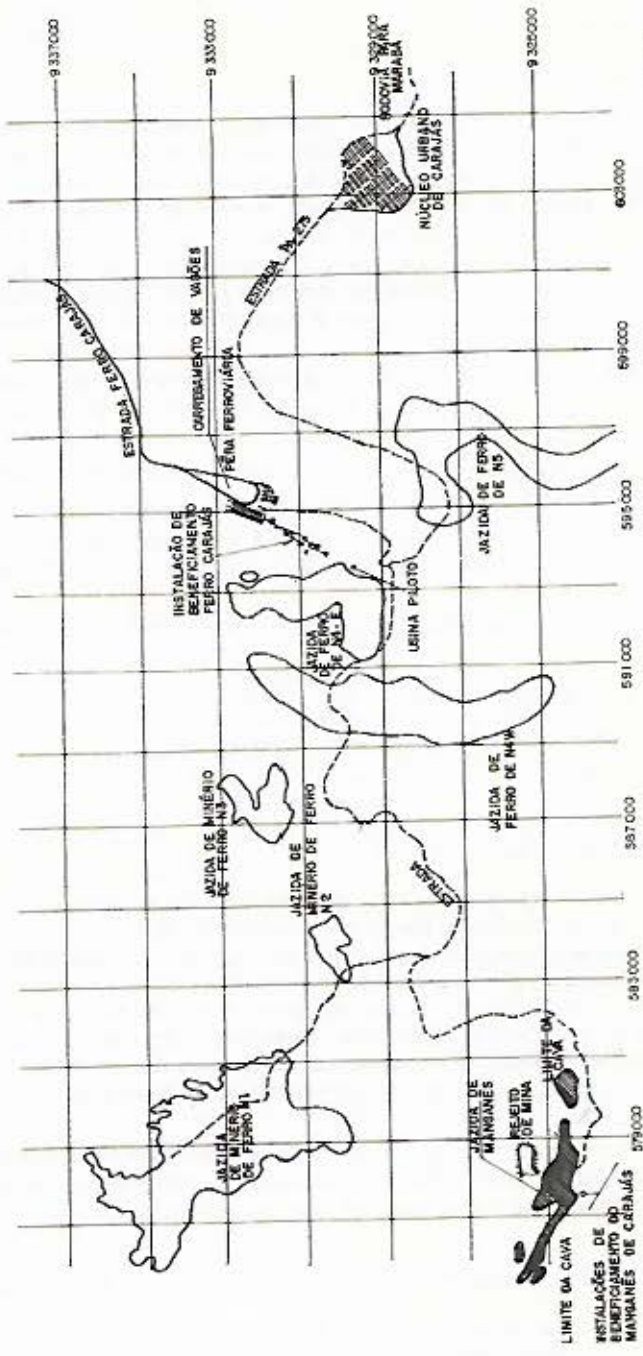


Fig. 31

um percentual de 60%, esse aumento na utilização de finos, deve-se principalmente a projetos de sintetização a serem implantados nos próximos anos na região de Carajás ou ao longo da Estrada de Ferro Carajás

MERCADO

MINÉRIO ELETROLÍTICO

Com relação ao minério eletrolítico, verifica-se um consumo mundial da ordem de 200 mil t/ano, para o qual o minério de Carajás contribui atualmente com cerca de 20% de participação com expectativa de chegar-se a 40% nos próximos anos, considerando-se que são poucos os produtores deste minério no mercado mundial. Convém ressaltar que desde a entrada do produto no mercado, a sua qualidade e seu desempenho em pilhas, vem sendo reconhecido, o que é refletido pelas crescentes conquistas de novos consumidores. As reservas desse minério são suficientes para abastecimento do mercado nacional por muitos anos e a lavra e o beneficiamento não requerem nenhum procedimento especial.

O mercado doméstico é totalmente abastecido pelo minério de Carajás desde 1985 evitando assim a importação de tal matéria prima, estando a CVRD preparada para suprir inclusive a aumentos na demanda.

No mercado interno os principais consumidores desse produto são: Microlite do Nordeste, Union Carbide do Brasil, Microlite S.A., e Eletromoura.

No mercado externo o produto é exportado para: Singapura, Argentina, Inglaterra, Índia, E.U.A., Canadá, Coreia do Sul, Paquistão, entre outros países.

QUADRO 11 - VENDAS MINÉRIO POR TIPO - 1987 (t)

REFERÊNCIA	GRANULADO	S. FEED	BITOLADO	ELETROLÍTICO	QUÍMICO
MERC. INTERNO	122.265	9.645	3.000	8.632	4.174
MERC. EXTERNO	81.833	43.696	2.012	19.764	6.361
TOTAL	204.098	53.341	5.012	28.396	10.535

MINÉRIO METALÚRGICO

Cerca de 70% do total da demanda de minério de manganês é consumido pela indústria de ferro-ligas. No Brasil o consumo de ferro-ligas de manganês vem evoluindo consideravelmente com os avanços obtidos na indústria siderúrgica. O quadro 12 mostra a evolução do consumo efetivo de ferro-ligas a base de manganês no Brasil. Como mostram as estatísticas, os dados são animadores, porém apesar das reservas de minério de manganês de Carajás terem sua comercialização direcionada prioritariamente para suprir a indústria siderúrgica nacional, sendo apenas o excedente utilizado na exportação, é no mercado externo que tem-se observado as melhores perspectivas para comercialização de ferro-ligas.

Em primeiro lugar, os países industrializados tem adotado a estratégia de limitar a expansão de seus parques produtores de ferro-ligas e a indústria de ferro-ligas vem deslocando-se para os países em desenvolvimento.

QUADRO 12 - BRASIL - Fe LIGA À BASE MANGANÊS

ANO	PRODUÇÃO	EXPORT.	CONSUMO EFETIVO	CONSUMO MIN. DE MN
1981	250,6	83,5	146,2	544,3
1982	285,5	94,1	129,7	633,9
1983	281,5	156,9	133,1	606,0
1984	292,1	119,3	172,2	697,4
1985	315,1	105,4	190,0	737,7
1986	341,7	109,8	195,9	874,1
1987	343,3	119,4		934,7

Um outro ponto a ser destacado, é a disponibilidade de energia elétrica a custos competitivos. Esses dois aspectos básicos colocam o Brasil em condições bastante vantajosas no mercado internacional. Deve-se ressaltar ainda que a região de Carajás dispõe de minério de ferro e manganês em abundância, recursos energéticos a custos competitivos, infraestrutura de transporte eficiente e ainda, localização estratégica em relação aos grandes consumidores internacionais.

Em face de todas essas facilidades, a região de Carajás apresenta grandes possibilidades de vir a tornar-se um próspero pólo produtor de ligas de manganês e ferro-gusa. Inicialmente, diversas empresas de capital nacional demonstraram interesse em se implantar na área, no setor de ferro-ligas. Podemos citar Prometal, Cia Paulista de Ferro Ligas, Irmãos Ayres e Matalur. No setor de ferro-gusa temos Siderúrgica Viena, Siderúrgica Itaminas e Gusamar.

Encontra-se em fase de testes desde janeiro de 1988 a Usina Siderúrgica Vale do Pindaré, no município de Açailândia/Ma e no município de Marabá/Pa a Cosipar iniciou testes em março desse mesmo ano, ambas no setor de ferro-gusa. A Cosipar, do grupo Itaminas, produzirá 70.000 toneladas de ferro-gusa por ano. No município de Rodário/Ma, encontra-se em implantação pela Metalman um projeto para produção de EMD (Eletrolitic Manganese Dioxide) a partir de minério de manganês comum.

Enquanto os novos projetos não entram em operação a CVRD vem abastecendo o mercado nacional e exportando o excedente da produção.

No mercado nacional os principais consumidores do minério metalúrgico de Carajás atualmente são: Eletrosiderúrgica Brasileira - SIBRA, Cia Paulista de Ferro-Ligas, Prometal, Sociedade Mineira de Mineração, Cia Cimentos Portland Maringá, Eletroligas, entre outros.

Para o mercado externo o minério vem sendo exportado para Espanha, Inglaterra, Japão, México, E.U.A. e França.

QUADRO 13 - ESTIMATIVA DE MERCADO PARA O MINÉRIO DE MANGANÊS DA MINA DO AZUL - 1988/1992 (x 10³ t)

ANOS	USO METALÚRGICO (A)			USO NÃO METALÚRGICO (B)			(C)
	MERC. INT.	MERC. EXT.	TOTAL	MERC. INT.	MERC. EXT.	TOTAL	TOTAL
1988	191	192	383	24	37	61	444
1989	191	203	394	27	45	72	466
1990	411	203	614	27	48	75	689
1991	541	203	744	29	49	78	822
1992	541	203	744	29	49	78	822

MEIO AMBIENTE

Face a experiência adquirida na atividade de mineração ao longo de 46 anos e principalmente por ser a Amazônia uma região de fundamental importância para todos nós, a Companhia Vale do Rio Doce vem desenvolvendo seus projetos na região de Carajás com a consciência de que é vital a preservação do meio ambiente através da minimização dos danos causados pela mineração.

Especificamente em relação ao Manganês do Azul, a CVRD mantém o controle de suas atividades bem como monitoramento dos agentes que podem ao longo do tempo alterar as condições naturais da região.

Desde o início das atividades de lavra no Azul que a cobertura de solo removida vem sendo estocada para a reabilitação das áreas mineradas.

A qualidade da água vem sendo controlada através de análises químico físicas e bacteriológicas, em duas campanhas por ano. É efetuado o controle da qualidade do ar através de coleta mensal de poeira sedimentável, sendo feitas análises quantitativas e qualitativas de poeira, com determinações de poeira total e concentrado de manganês.

Atualmente encontra-se em fase de construção a barragem de contenção de rejeitos de tratamento definitiva, com vida útil prevista de 10 anos, podendo ser expandida para até 30 anos. Existem projetos para construção de mais duas barragens na área do Azul, sendo estas para proteção ambiental, contra possível carreamento de detritos de mina ou dos depósitos de estéril para os cursos d'água naturais.

De todas as maneiras e sob todos os aspectos vem sendo realizado um trabalho conjunto objetivando uma atividade produtiva sem agressões a natureza, o que passo a passo vem sendo conseguido em função de uma rigorosa política de proteção ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMAZÔNIA MINERAÇÃO - 1977 - Projeto Azul - Relatório Final de Pesquisa/Belém/5v.
- ANDERSON, W. L. et alli - 1974 - Ocorrências de manganês na Bacia do Rio Itacaiúnas, Centro Leste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 6, p. 149-64.
- BEAUVOIS, A. et alli - 1987 - Pétrologie du Gisement Latéritique Manganésifère d'Azul. In: MINERAL DEPOSITA, 22, p. 124-134.
- BERNARDELLI, A.L. - 1982 - Jazida de Manganês do Azul, In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1, Belém. Anexo aos Anais... Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 47-60.
- BERNARDELLI, A. L. & BEISIEGEL, V.R. - 1978 - Geologia Econômica da Jazida de Manganês do Azul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife. Anais... Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 4, p. 1431-44.
- COMPANHIA VALE DO RIO DOCE - 1986 - Projeto Manganês de Carajás. Rio de Janeiro. 91 p.
- VALARELLI, J. V. et alli - 1978 - Aspectos Genéticos do Minério de Manganês do Azul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife. Anais... Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 4, p. 1670-79.

Caracterização Geológica
da Jazida Polimetálica do Salobo 3A
Reavaliação

Eduardo Angelim de Pontes Vieira*
Ricardo Saueressig*
José Batista Siqueira**
Evaldo R. Pinto da Silva**
José Luzimar do Rêgo**
Flávio D. Café de Castro**

* Rio Doce Geologia e Mineração S.A. - DOCEGEO

** ENGE - RIO, Engenharia e Consultoria S.A.

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA JAZIDA POLIMETÁLICA DO SALOBO 3A REAValiaÇÃO

Eduardo Angelim de Pontes Vieira
Ricardo Saueressig
José Batista Siqueira
Evaldo R. Pinto da Silva
José Luzimar do Rêgo
Flávio D. Café de Castro

ABSTRACT

The Cu (Au, Mo, Ag) deposit of Salobo 3A belongs to an Archean vulcano-sedimentary belt, bordering the northern flank of the Carajás synclinorium. Mineralization is mostly associated to oxide-silicate iron formations, in a sedimentary suite, with subordinate basic-intermediate volcanics, enclosed by quartzites and gnaisses. The whole set was submitted to polyphase deformation, which developed amphibolite facies assemblages.

Sulphide mineralization consists of bornite and chalcocite, less commonly chalcopyrite, with molybdenite, gold and silver, hosted mainly by oxide-silicate iron formations, with variable amounts of magnetite, biotite, almandine, fayalite and grunerite; there is a close relationship between magnetite and sulphides. The orebodies are lense-like, and controlled by a stretching lineation $72^{\circ}/120\text{Az}$.

The two main mineralized lithologies are classified as ore type 1, with more than 50% magnetite and above 1,5% copper, and ore type 3, with magnetite ranging from 10 to 50% and copper between 0,5 and 1,5%.

The deposit is divided into four orebodies (A, B, C, D); sulphide ore reserves for B and C ones are 157 million tons of ore grading 1,21% Cu and 0,57 g/t Au down to level 0.

HISTÓRICO

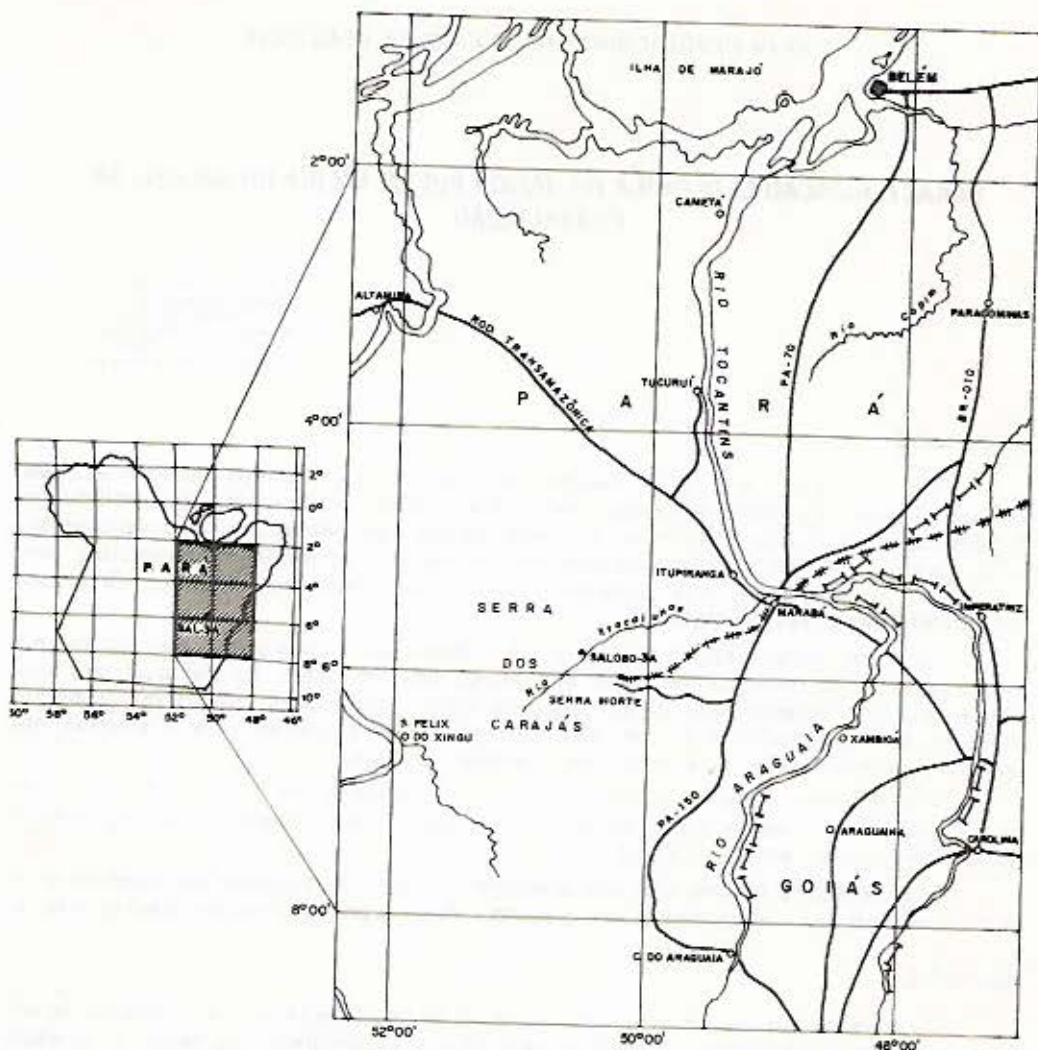
A jazida de Cu (Au, Mo, Ag) do Salobo 3A foi descoberta em 1977, através de um programa de reconhecimento geológico-geoquímico desenvolvido na bacia do Igarapé Salobo, visando o cheque de anomalias magnéticas reveladas por levantamento aéreo executado na região de Carajás em 1973/74.

O primeiro furo de sondagem realizado no depósito, em, 1978, revelou a existência de mineralização cuprífera hospedada em metassedimentos magnetíticos. Programas sucessivos de sondagem e escavações, apoiados em levantamentos geofísicos e geoquímicos, desenvolvidos até agosto de 1981, permitiram uma primeira avaliação da jazida, sendo cubadas reservas geológicas de 1,1 bilhão de toneladas de minério com 0,86% de cobre.

A necessidade de um conhecimento mais detalhado da jazida, no tocante à geometria dos corpos mineralizados, bem como a caracterização geológica e tecnológica dos diversos tipos de minérios, levou à execução de um programa adicional de sondagem e escavações, de 1985 a 1987, apoiado em convênio entre a CVRD e o BNDES. Os resultados obtidos nessa fase de pesquisa apoiaram testes desenvolvidos em planta piloto instalada na área e serviram de base para uma reavaliação nos corpos B e C do depósito. As atividades desenvolvidas nesse período foram coordenadas pela Gerência Geral do Cobre Carajás (GICOR), órgão da Superintendência de Estudos e Projetos da Companhia Vale do Rio Doce.

QUADRO GEOLÓGICO REGIONAL

A jazida do Salobo 3A faz parte do contexto geológico da Província Mineral de Carajás, situada na região sudeste do Estado do Pará (Fig. 32), nos domínios da Plataforma Amazônica (Suszczyński, 1969).



MAPA DE LOCALIZAÇÃO

SALOBO "3A"

Fig. 32

0 100 200Km

Nos últimos 20 anos inúmeros trabalhos foram realizados nesta região, tanto por empresas de mineração como por entidades de pesquisa (DOCEGEO, PROJETO RADAMBRASIL, CIA MERIDIONAL DE MINERAÇÃO, UFPa, UnB, USP, entre outras), contribuindo para o seu conhecimento geológico. Com base nos dados disponíveis até o presente a DOCEGEO propôs uma síntese estratigráfica, onde a nível regional as litologias da área do Salobo 3A estão inseridas no Complexo Xingu e Supergrupo Itacaiunas-Grupo Salobo (DOCEGEO, 1987).

O Complexo Xingu constitui o embasamento cristalino da região; é formado por granitos, gnáisses, migmatitos, anfíbolitos, dioritos, granodioritos, tonalitos. As idades radiométricas obtidas pelo método Rb/Sr acusam valores entre 2,0 e 2,8 b.a. para essas rochas, evidenciando o retrabalhamento das mesmas no Ciclo Transamazônico.

O metamorfismo é de grau alto e o embasamento normalmente incorpora seqüências vulcano-sedimentares de baixo grau metamórfico tipo greenstone-belts (Andorinhas, Inajá, Gradaus, etc.). O Supergrupo Itacaiunas engloba seqüências vulcano-sedimentares formadas após a evolução dos terrenos greenstone-belts (DOCEGEO, op. cit.), com idades que variam entre 2,6, e 2,7 b.a. (Gibbs et al., 1987; Ferreira Filho, 1985). O Supergrupo Itacaiunas é formado pelos Grupos Grão Pará, Igarapé Bahia, Igarapé Pojuca, Buri-

tirama e Igarapé Salobo, os quais contêm importantes jazimentos de ferro, manganês e cobre. Em particular o Grupo Salobo compreende um conjunto vulcano-sedimentar com formações ferríferas associadas, encaixadas em gnáisses e rochas quartzo-feldspáticas, metamorfizadas em facies anfíbolito. As idades radiométricas convencionais obtidas para as rochas do Grupo Salobo indicam valores entre 1,9 e 2,8 b.a. (Cordani et al., 1984).

GEOLOGIA DA JAZIDA

A jazida de Cu (Au, Mo, Ag) do Salobo 3A pertence a uma faixa alongada, segundo direção WNW-ESE, de idade Arqueana, poli-deformada, que estende-se por mais de 80 km, bordejando o flanco norte do sinclínrio de Carajás.

Em linhas gerais a jazida compreende um pacote de xistos subverticalizados de composição variada, limitada na base por rochas gnáissicas e no topo por rochas quartzo-feldspáticas. Este pacote encontra-se subdividido nos Corpos A, B, C, e D (Fig. 33), que abrange rochas metassedimentares pouco mineralizadas e pobres em ferro até formações ferríferas óxido-silicatadas ricas em cobre. Com pouca expressividade ocorrem rochas de composição intermediária a básica francamente estéreis.

Recobrimo todo o depósito encontra-se uma zona de rochas intempericamente alteradas com espessura entre 30 e 100 metros (Fig. 34), cujos teores de Cu, Au, Ag e Mo têm correspondência direta com as litologias situadas imediatamente abaixo.

Associações Litológicas no Depósito

Com base nos constituintes mineralógicos principais (quartzo, granada, biotita, grunerita, magnetita e olivina), aspectos texturais e análises químicas, foi possível definir cinco agrupamentos litológicos, dentro do pacote de xistos, denominados de xisto 1 a 5 (ver tabela 1), cujas características são descritas a seguir. Os tipos 1 e 3 são os hospedeiros preferenciais da mineralização cuprífera de alto teor da jazida. A distribuição geométrica dos diversos litotipos pode ser visualizada nas figuras 33 e 34.

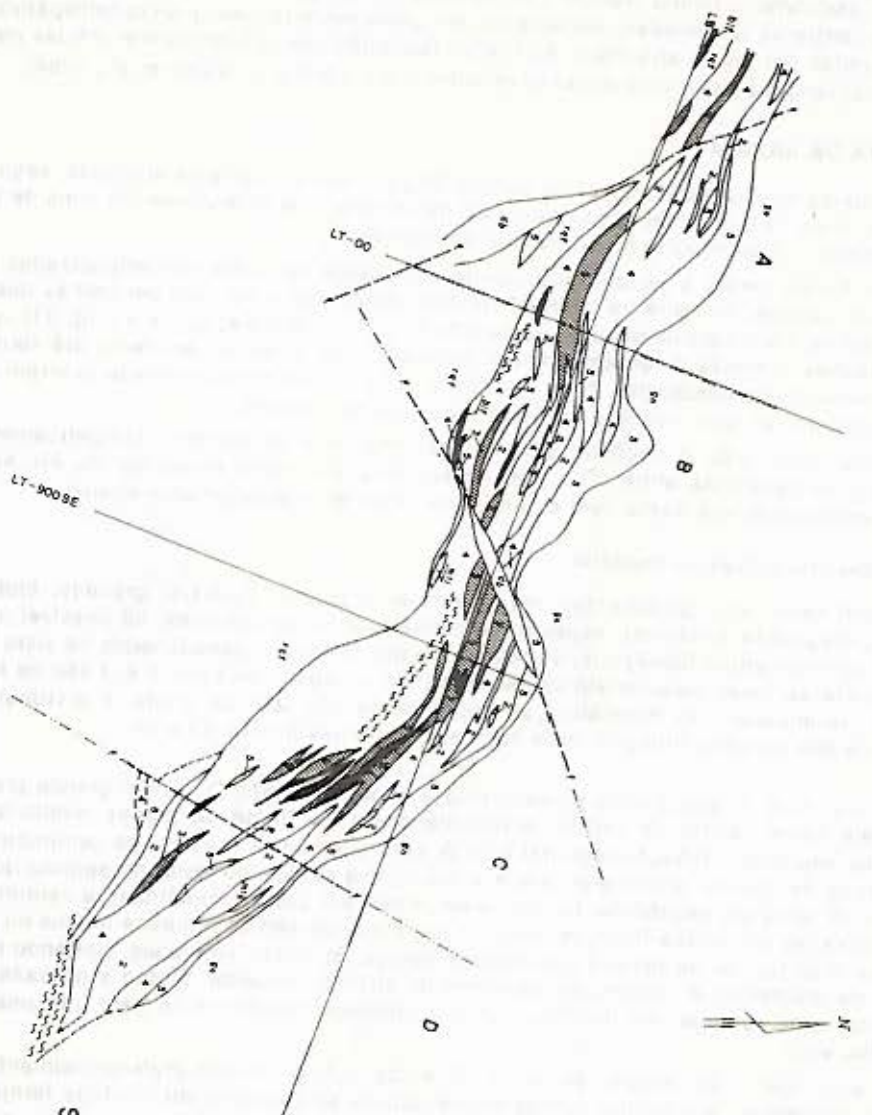
Xisto Tipo 1: sua grande expressividade ocorre no corpo "C", com grande predomínio pela faixa central da jazida, apresentando-se na forma de corpos lenticulares, orientados segundo a foliação regional N70°W, com dimensões variando de centimétricas até dezenas de metros. Verifica-se ainda a ocorrência deste tipo tanto no sentido do topo como da base da seqüência, na forma de lentes em geral decimétricas a centimétricas, encaixadas em outros tipos de xistos. Seus contatos são de natureza brusca ou gradacionais. São rochas de textura geralmente maciça, às vezes bandadas, contendo mais de 50% de magnetita e proporções variáveis de olivina, grunerita, biotita e granada. Os acessórios mais comuns são fluorita, clorita, e silicatos hidratados de ferro (pirosmalita, greenalita, etc.).

Xisto Tipo 2: em relação ao corpo "C" estas rochas ocorrem preferencialmente na base da seqüência; nos outros corpos encontram-se amplamente distribuídos formando corpos lenticulares, geralmente associados a xisto tipo 4. São rochas de textura porfiroblástica/clástica, constituídas principalmente de grunerita e granada; magnetita, biotita e quartzo ocorrem em proporções individuais menores que 10%.

Xisto Tipo 3: encontra-se amplamente distribuído em toda seqüência. No corpo "C" predomina na faixa central da jazida, onde está associado com xisto tipo 1, com o qual apresenta contatos gradacionais. São rochas de textura granolepidoblástica e subordinadamente granomatoblástica, compostas predominantemente de biotita, granada e magnetita (10 a 50%); em proporções menores são encontrados olivina, grunerita, quartzo e plagioclásio, mostrando ampla variação na proporção relativa.

Xisto Tipo 4: é o tipo litológico mais abundante dentro do pacote de xistos. São rochas de granulação média a grossa, com textura porfiroblástica/clástica, foliadas, caracterizadas pela presença comum de biotita, granada e quartzo; grunerita, olivina e plagioclásio ocorrem em proporções variadas. A magnetita ocorre em quantidade inferior a 10%.

Xisto Tipo 5: sua ocorrência mais expressiva está restrita às interfaces xisto/rochas gnáissicas e xisto/rochas quartzo feldspáticas, sendo mais freqüente na primeira. São rochas de granulação fina, bem laminadas, constituídas de plagioclásio, biotita, quartzo e anfíbólio. Como acessórios ocorrem granada e clorita.



LEGENDA

- db DIABÁSIO
- rf ROCAS QUARTZO-FELSPÁTICAS
- B13 FORMAÇÃO FERREIRA BANCOA
- mt METAISSUA
- mb METABÁSICA
- 1 XISTO TIPO 1: ROCHA C/MAS > 50% MATRIZ C/GRM, BLO, OLIVINA E AMPHÍBOLOS EM EM. GENAL > 1,5%
- 2 XISTO TIPO 2: ROCHA TEXT. PEPERNOB. ASTICA/CALSTICA C/GRM, EMBLIVAS, BLO E QIZ < 10%; CEMEN. 10-20%
- 3 XISTO TIPO 3: ROCHA TEXT. PEPERNOBLÁSTICA / C-ASTICA - FOLIADA C/ BLO GRM, MAS, OLIVINA, QIZ, AMPHÍBOLOS E P.L. GRCULADO VARIÁVEL DE 10 A 50% C/ DE 0,5 A 1,5%
- 4 XISTO TIPO 4: ROCHA TEXT. PEPERNOBLÁSTICA / C-ASTICA - GRCULADO VARIÁVEL DE 10 A 50% C/ DE 0,5 A 1,5%
- 5 XISTO TIPO 5: ROCHA DE GRANULOMETRIA FINA, LÁVIA - DA C/ QIZ, PLAGIÓCLÁSTIO, BLO E AMPHÍBOLOS < 0,5%
- sn DNÁLISE

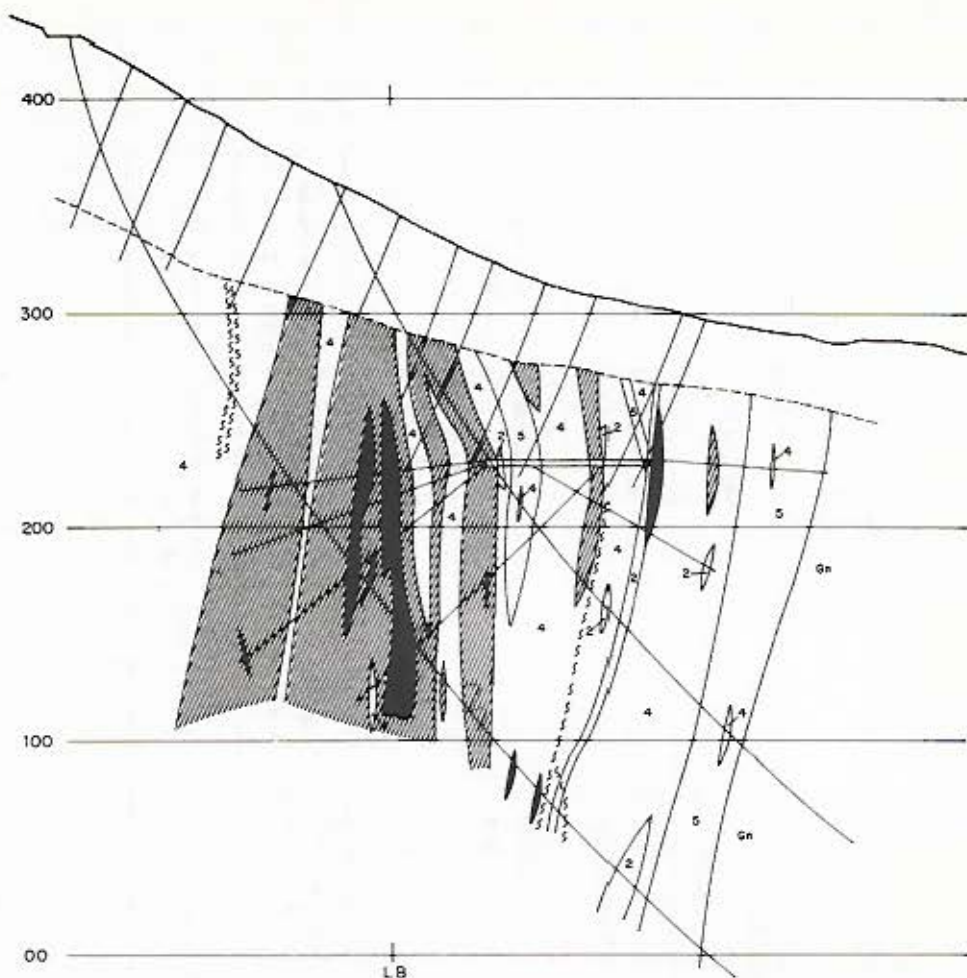
CONVENÇÕES

- ZONA DE DISLAMENTAMENTO
- FALHA PROVÁVEL
- LIMITE ENTRE OS CORPOS A, B, C, D

SEÇÃO HORIZONTAL - NÍVEL 250
SALOBO "3A"



Fig - 33



LEGENDA

- XISTO TIPO 1: ROCHA C/MAG >60% MACIÇA C/GRANADA, BIOTITA, OLIVINA E ANFIBÓLIOS Cu EM GERAL >1,5%
- XISTO TIPO 2: ROCHA TEXT PORFIROBLÁSTICA/CLÁSTICA C/ GRA E GRU MAG, BIO E QTZ <10% Cu EM GERAL <0,5%
- XISTO TIPO 3: ROCHA TEXT PORFIROBLÁSTICA/CLÁSTICA FOLIADA, C/BIO, GRA, MAG, OLIVINA, QTZ, ANFIBÓLIOS E PLAGIOCLÁSIO VARIÁVEIS MAG DE 10 A 50% Cu DE 0,5 A 1,5%
- XISTO TIPO 4: ROCHA TEXT. PORFIROBLÁSTICA/CLÁSTICA FOLIADA, C/BIO, E GRA, ANFIBÓLIOS, QTZ, OLIVINAS E PLAGIOCLÁSIO VARIÁVEIS MAG <10% Cu DE 0,5 A 0,8%
- XISTO TIPO 5: ROCHA DE GRANULOMETRIA FINA, LAMINADA C/QTZ, PLAGIOCLÁSIO, BIO, E ANFIBÓLIO Cu <0,5%
- GNAISSE

CONVENÇÕES

- FURO DE SONDAGEM
- ZONA DE CISCALHAMENTO
- LIMITE INTEMPERISMO

**SEÇÃO VERTICAL LT-900SE
SALOBO "3A"**



Fig-34

CLASSIFICAÇÃO DOS XISTOS DO SALOBO 3A

TABELA-1

LITOLOGIA	MINÉRIO	MINERALOGIA		SULFETOS	ESTRUTURA	COBRE
		PRINCIPAL	SUBORDINADA			
X 1	1	Mag \geq 50 %	Gra, Bio, Fay, Gru, Grafita, Fluorita	bn - cc bn - cp \pm cc	maciça em geral (bandada eventual)	\geq 1,5 % Cu
X 2	2	Gra, Gru	Bio, Quartzo \leq 10% Mag	\pm bn - cc (cp)	Isótropa a parcial- mente foliada	Geralmente inferior a 0,5 % Cu
X 3	3	Bio, Gra, Mag (10 / 50 %)	Fay, Qtz, Gru, (Plg)	bn - cc bn - cp \pm cc	Foliada/bandada	0,5 a 1,5 % Cu
X 4	4	Bio, Gra	Gru, Qtz, \pm Fay \pm Plg, < 10% Mag	bn - cc bn - cp \pm cc	Foliada/bandada	Geralmente inferior a 0,5 % Cu
X 5	5	Qzo, Plg, Bio, Af	\pm Gra	bn - cc (cp)	Laminada, granula- ção fina	Inferior a 0,5 % Cu

Outras Litologias

Dentro do pacote de xistos ocorrem, de maneira subordinada, outras litologias, cujas características são descritas a seguir.

Nível Silicoso: ocorre estratigraficamente logo acima da faixa portadora das mineralizações mais significativas, entre as linhas 650 e 850 SE, com uma espessura de 3 a 4 metros. São rochas constituídas de quartzo (70-80%) e plagioclásio (10-20%). Como acessórios ocorrem granada, biotita e raramente anfibólio; o quartzo apresenta-se na forma de fragmentos, aleatoriamente distribuídos. Em níveis cisalhados os minerais orientam-se, dando à rocha uma proeminente foliação milonítica.

Meta-Ígnea Intermediária: extremo oeste do corpo "C", na linha 700 SE, furos de sondagem interceptaram rochas de granulação média a grossa, levemente orientadas, constituídas de oligoclásio, quartzo e biotita, com proporções menores de grunerita e magnetita. Como acessórios ocorrem granada, hastingsita e clorita.

Meta-Ígnea Básica: são rochas de granulação média a grossa, textura granolepidoblástica, também granonematoblástica, compostas por anfibólio tipo cummingtonita ou hornblenda (5-50%), plagioclásio (20-50%), biotita (10-50%) e quartzo (15%). Como acessórios ocorrem granada, clorita, turmalina, apatita e epidoto.

Formação Ferrífera Bandada: ocorre na interface xistos/rochas quartzo feldspáticas, de maneira muito localizada, constituindo corpos lenticulares de extensão em torno de 200 metros e espessura inferior a 20 metros. São formações ferríferas de facies óxido, formadas por quartzo microcristalino e magnetita, às vezes grunerita, distribuídos em bandas milimétricas.

Rochas Gnáissicas

Sotopostos ao pacote de xistos ocorrem gnáisses cinzentos de granulação fina a média, compostos por plagioclásio (albita-oligoclásio), quartzo, clorita (após hornblenda e/ou biotita) e frequentemente K-feldspato. Como acessórios apresentam turmalina, alanita, apatita, zircão, rutilo e às vezes sillimanita e/ou cordierita. Tais rochas apresentam freqüentes intercalações de anfibolitos, metapelitos e xistos de derivação básica, com espessuras entre centimétricas e dezenas de metros.

Rochas Quartzo-Feldspáticas

Essa unidade ocorre sobreposta ao pacote de xistos. Sua extensão é de dezenas de quilômetros e a espessura média está em torno de 200 m. É composta predominantemente por quartzitos cinza claros de granulação média, com quartzo atingindo mais de 90% da rocha, sendo a sericita o principal mineral acessório. Em alguns furos de sondagem são observadas intercalações de rochas gnaissificadas, andesinitos, meta-arcósios e xistos de espessuras variando de decimétricas a métricas.

Diabásio

Ocorre nos corpos "A" e "B" da jazida, claramente discordantes ao pacote de xisto, tendo sido posicionado dentro de descontinuidades distensivas pretéritas. São rochas de granulação fina a média, com textura subóptica, compostas de plagioclásio sericitizado (45-55%) e augita (30-40%); em menor proporção ocorrem magnetita, ilmenita e pirita. Datação K/Ar (Cordani, 1980) revelou idade de 561- ± 16 m.a.

Granito

Corpos de granitos granofíricos de caráter intrusivo foram interceptados em sondagens nos corpos "C" e "D". São rochas de coloração rosada, granulação média, compostas por fenocristais de albita/oligoclásio (25-30%), K-feldspato (20-25%), quartzo (15-20%) e clorita (5-10%). A matriz é fina e quartzo-feldspática. Os acessórios são epidoto, zircão, fluorita e opacos (calcopirita, magnetita, pirita). Datação Rb/Sr (Cordani, op. cit.) revelou idade de 1.880 ± 80 m.a. para tais rochas.

MINERALIZAÇÃO

A mineralização sulfetada do Salobo 3A é constituída por calcocita e bornita, com quantidades subordinadas de calcopirita, além de proporções variáveis de molibdenita, cobaltita, saflorita, ouro, prata, etc., hospedada principalmente por um conjunto de xistos contendo proporções variáveis de magnetita, anfibólio, olivina, granada, biotita, quartzo e plagioclásio (Tab. 1). É conspícua a associação dos sulfetos com os termos mais ricos em magnetita, destacando-se corpos de minério de formas lenticulares balizados por zonas de rochas bastante cisalhadas e hidrotermalizadas. A calcopirita mostra uma nítida associação com as formações ferríferas mais ricas em olivina e magnetita, fato que controla a distribuição espacial desse mineral na parte central do corpo "C" da jazida entre as linhas 800 e 1300 SE.

A nível de detalhe, os sulfetos de cobre ocorrem das seguintes formas: disseminados; constituindo níveis paralelos às estruturas planares da rocha hospedeira; associados a concentrações locais de magnetita e/ou granada, circundando-as ou preenchendo microfaturas dos grãos minerais; em clivagens de anfibólios e minerais placóides, e também como mineralização remobilizada em zonas de cisalhamento.

Os sulfetos de cobre ocorrem com dimensões inferiores a 3 mm, são anédricos a subédricos e apresentam reações de substituição (bornita-calcocita, bornita-calcopirita). Intercrescimentos mirmequíticos de bornita/calcocita e bornita/calcopirita são observados.

Foram caracterizados cinco tipos principais de minério, denominados 1, 2, 3, 4 e 5 (Tab. 1), correspondentes à classificação numérica adotada para os tipos de xistos e levando em conta seu conteúdo em cobre. Os minérios tipo 1 e 3 são os principais portadores da mineralização de Cu e Au do Salobo, apresentando respectivamente mais de 70 e 40% de valores analíticos de Cu superiores a 1,21%, bem como 60 e 30% de teores de Au superiores a 0,57 g/t (Figs. 35a e 35b). Os tipos 2, 4 e 5 são considerados minérios marginais; os teores médios para Cu nesses tipos são geralmente inferiores a 0,5%, embora eventualmente ocorram concentrações anômalas relacionadas a remobilização em zonas de cisalhamento e/ou fraturamento. A distribuição em planta dos diferentes tipos de minérios é mostrada na figura 33 e a forma lenticular dos corpos mineralizados é ilustrada na seção vertical 900SE (Fig. 34). A associação preferencial dos sulfetos e ouro com formações ferríferas sugere um modelo de concentração singenética para a mineralização, ligado a um ambiente vulcano-exalativo. Processos tectônicos posteriores relacionados à evolução da jazida são responsáveis pela geometria atual dos corpos mineralizados e remobilização de metais por soluções de natureza hidrotermal.

GEOLOGIA ESTRUTURAL

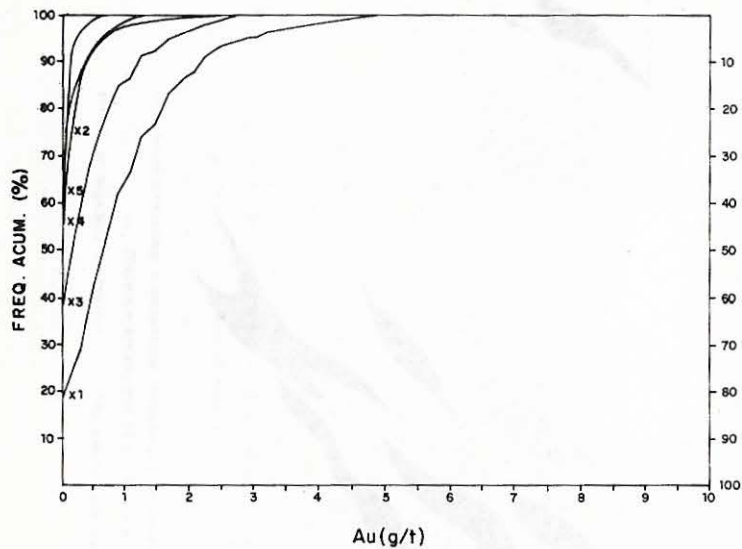
Com a tomada sistemática de dados estruturais na galeria 3A/G3 e em testemunhos de sondagem, e com a caracterização litológica adequada, especificamente das rochas mineralizadas, foi possível definir a macroestrutura da jazida, onde os conjuntos litológicos apresentam orientação geral segundo N70°W e mergulho médio de 84°SW (Fig. 36a).

Feições de cisalhamento dúctil-rúptil com movimentação oblíqua (normal e sinistral), são bastante expressivas em toda área, com orientações gerais WNW-ESE e variações para NE-SW (Fig. 36b).

Os elementos estruturais são representados pelas foliações "S" e "C" foliação de transposição, por aleitamento composicional, "boudins" ou lentes com formas e dimensões diversificadas (Fig. 38 1-12), bandas de cisalhamento e lineações de estiramento e/ou minerais (Figs. 37a e 37b).

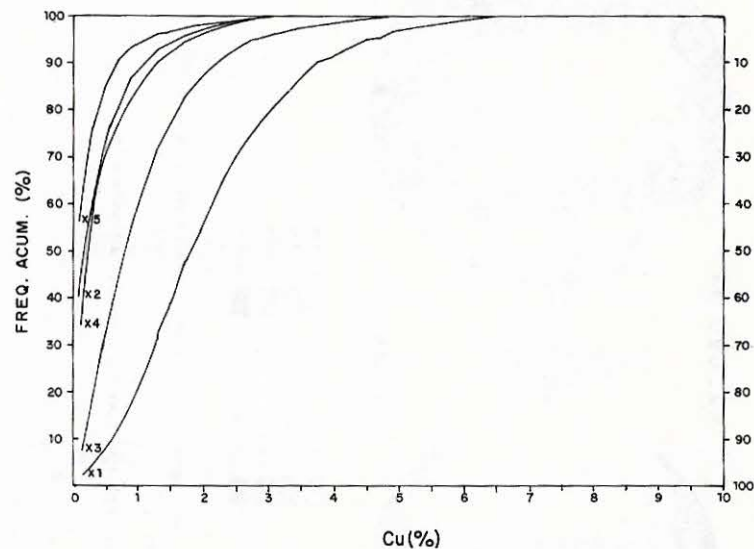
A foliação "S" é definida pelo arranjo preferencial de biotita, anfibólio e olivina, destacando-se em agregados placóides e/ou prismáticos, sendo em geral ondulada e seccionada pela foliação "C", a qual corresponde a planos de cisalhamento com orientação segundo a direção principal do elipsóide de deformação (Figs. 37a e 37b). Em algumas ocasiões essas superfícies "S" e "C" apresentam-se sub-paralelas ou paralelas, diagnosticando a intensa rotação dos planos e demonstrando que os referidos elementos planares foram desenvolvidos em diferentes estágios da história de movimentação (Fig. 39a-d).

SALOBO "3A"



(A) - DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA DO OURO

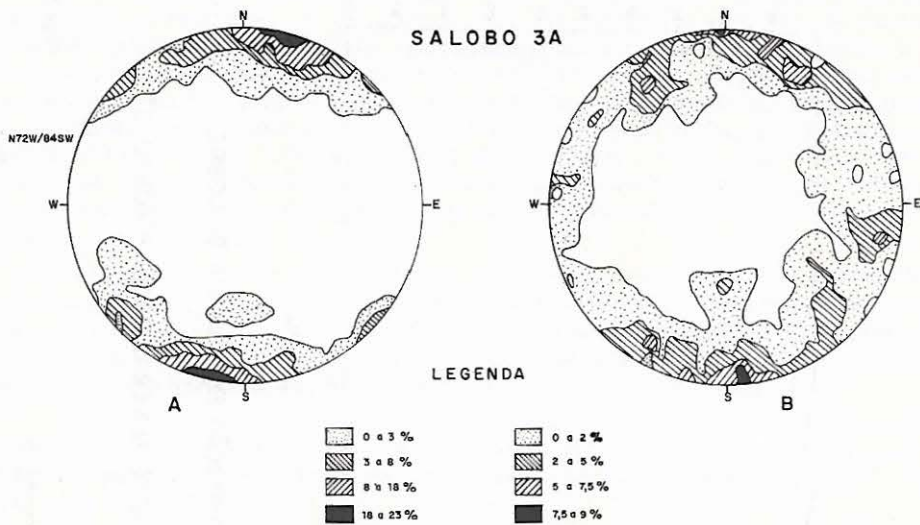
NOS XISTOS MINERALIZADOS - "CORPO C"



(B) - DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA DO COBRE

NOS XISTOS MINERALIZADOS - "CORPO C"

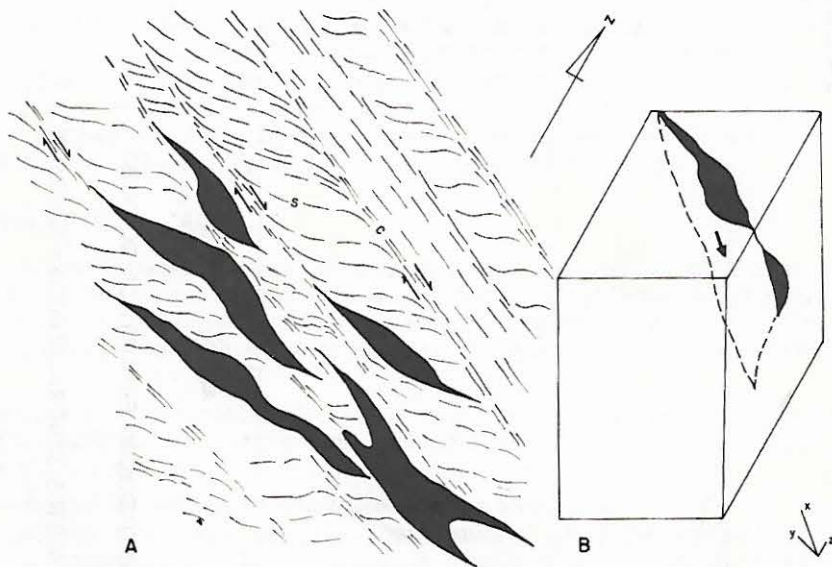
Fig-35



A- DIAGRAMA DE FREQUÊNCIA PARA MEDIDAS DA (FOLIAÇÃO PRINCIPAL) PLOTADAS EM REDE EQUIÁREA σ . 94 medidas

B- DIAGRAMA DE POLOS DAS MEDIDAS DE PLANOS DE ZONAS DE CISALHAMENTO (Sc) 97 medidas

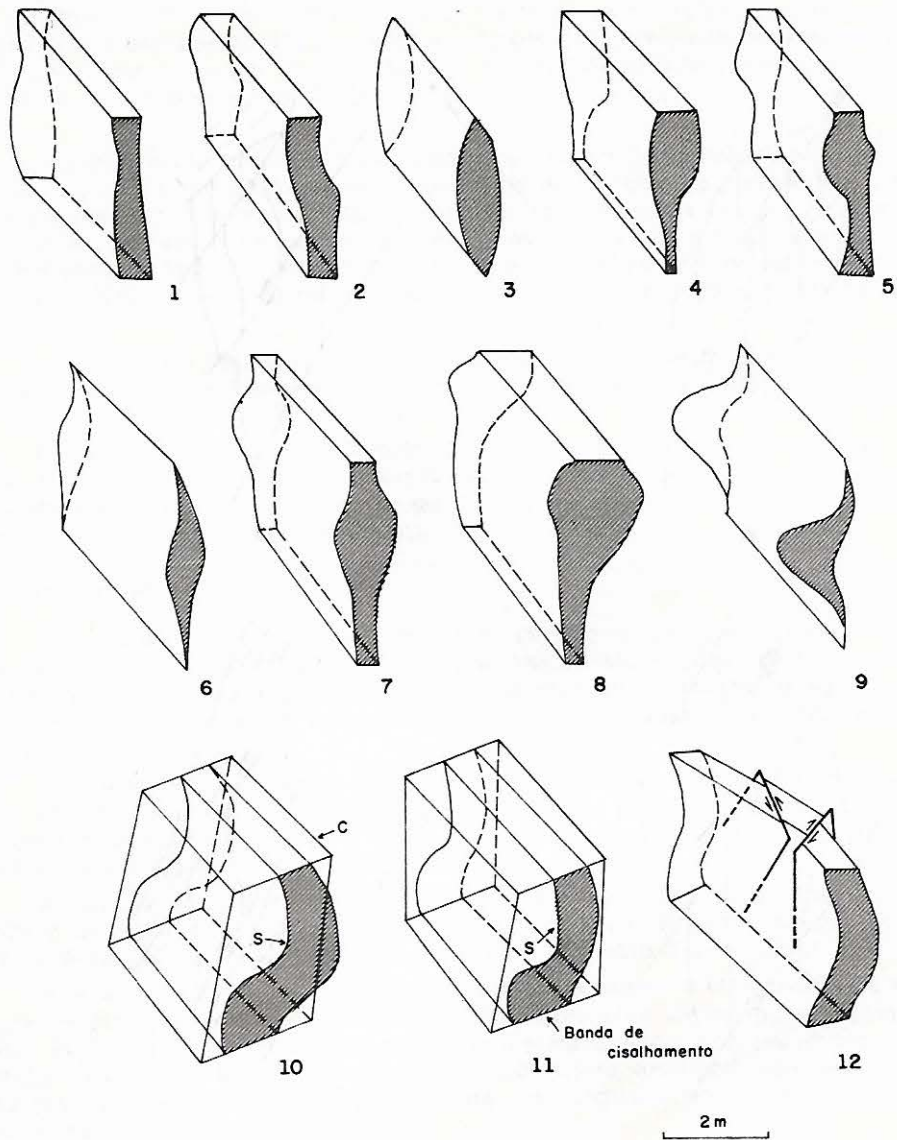
Fig-36



A- MAPA ESQUEMÁTICO A PARTIR DE AFLORAMENTO, MOSTRANDO A MOVIMENTAÇÃO NA ZONA DE CISALHAMENTO E LENTICULARIZAÇÃO DOS CORPOS ROCHOSOS.

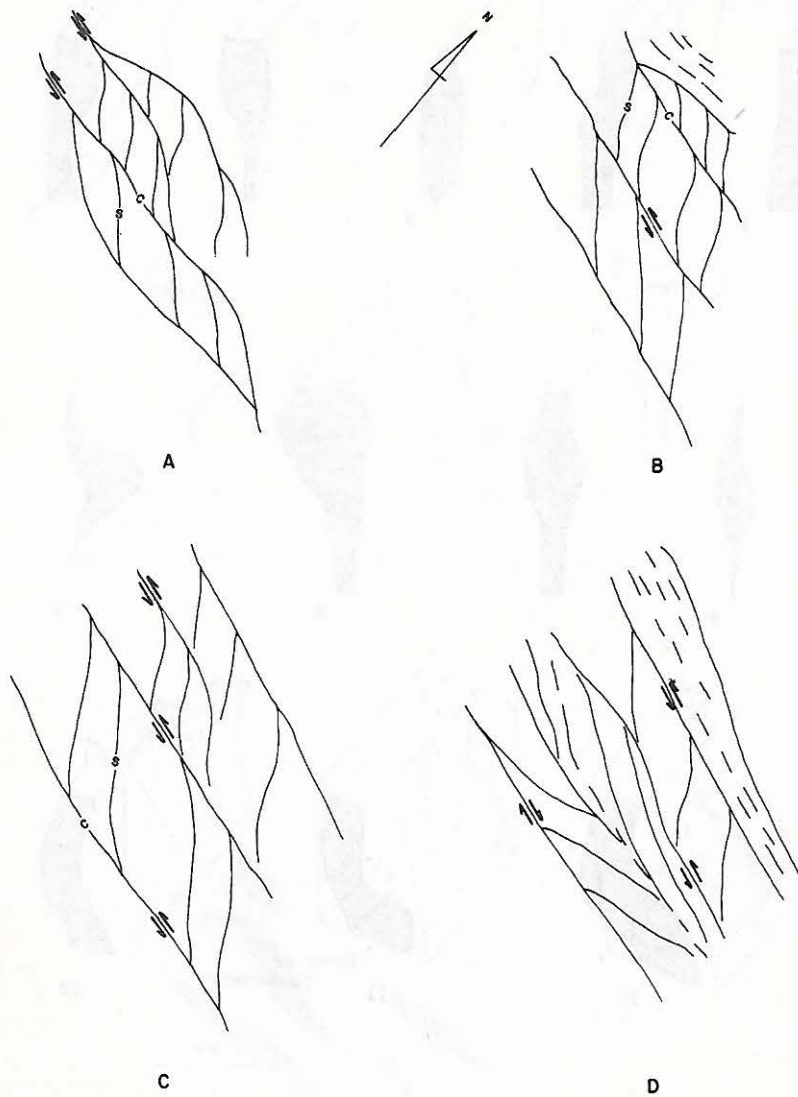
B- DISTRIBUIÇÃO TRIDIMENSIONAL DESSES CORPOS E RESPECTIVA LINEAÇÃO DE ESTIRAMENTO.

Fig-37



— PRINCIPAIS ESTILOS GEOMÉTRICOS DOS CORPOS GEOLÓGICOS DENTRO DA GALERIA. A GEOMETRIA DOS CORPOS 10, 11 E 12 É CONTROLADA DA RESPECTIVAMENTE PELA RELAÇÃO S - C, POR BANDAS DE CISALHAMENTO E POR ZONAS DE CISALHAMENTO DÚCTIL-RÚPTIL DEXTRAL E SINISTRAL. AS DEMAIS FORMAS GEOMÉTRICAS SÃO PRODUTOS DA COMBINAÇÃO DOS PROCESSOS DE "BOUDINAGEM", ESTIRAMENTO E ROTAÇÃO. (FONTE, COSTA ET. AL., 1988).

Fig. 38



- ILUSTRAÇÕES ESQUEMÁTICAS MOSTRANDO O SENTIDO DE MOVIMENTAÇÃO GERAL DA ZONA DE CIZALHAMENTO SINISTRAL, SUGERIDO ATRAVÉS DAS RELAÇÕES GEOMÉTRICAS ENTRE AS FOLIAÇÕES S-C. LOCALMENTE, HÁ REGISTROS DE MOVIMENTAÇÃO DEXTRAL.

Fig - 39

Os processos de rotação e estiramento ligados à atuação de um binário (deformação não coaxial) levaram ao desenvolvimento de transposição intensa dos diferentes litotipos, originando uma foliação de transposição, que pode passar, em alguns locais, para um aleitamento composicional (Fig. 37a). Esses processos foram acompanhados por achatamento e estiramento dos conjuntos litológicos, proporcionando o desenvolvimento de "boudins", estruturas em "pinch-and-swell" e lineações de estiramento e/ou minerais, culminando com a lenticularização generalizada observada na jazida (Figs. 33, 37a e 38 1-12).

O levantamento sistemático de critérios de rotação, a exemplo de relações "S-C" (Fig. 39a-d), bandas de cisalhamento e assimetria de sombras de pressão nas extremidades dos porfiroclastos de granada, e a distribuição espacial da lineação de estiramento $72^{\circ}/120\text{Az}$, permitiram deduzir que as feições estruturais foram desenvolvidas a partir de movimentação oblíqua com componentes direcional sinistral e de mergulho normal. Localizadamente há registros de movimentação dextral, a exemplo da figura 6a e parte inferior da 39d.

O componente de mergulho é mais importante que o direcional e, nesse caso, as diversas frações lenticulares dos corpos litológicos são mais alongadas na seção vertical (Fig. 37b).

Assim verifica-se que os processos de "boudinage" e estiramento são mais intensos ao longo do elemento linear, porém há alguma segmentação na direção dos planos de cisalhamento. Essa lineação destaca-se como importante elemento geométrico no controle da terceira dimensão dos corpos.

METAMORFISMO

A jazida do Salobo mostra evidências de ter sido envolvida em uma história, tectono-metamórfica complexa que ocasionou intensas transformações químico-mineralógicas nas rochas originais. As paragêneses hoje observadas nas rochas da jazida permitiram discernir pelo menos dois eventos metamórficos, cuja evolução no tempo ainda não está bem esclarecida.

Baseando-se nas paragêneses observadas nas formações ferríferas óxido-silicatadas, com olivina-grunerita-magnetita, e nos xistos com hornblenda verde-biotita-quartzo-plagioclásio-granada, verifica-se que a jazida foi submetida a um metamorfismo de facies anfíbolito (Mel'nik e Shiroshstan, 1973).

As paragêneses relacionadas às rochas gnáissicas, como hornblenda verde, sillimanita e cordierita, além de quartzo-muscovita-microclina-plagioclásio das rochas quartzo-feldspáticas, também são diagnósticas de facies anfíbolito (Turner, 1968).

A presença de fayalita e hiperstênio, apesar de extremamente localizada, segundo Mel'nik e Shiroshstan (op. cit.) diagnostica fácies granulito. De acordo com Guimarães (1987), as rochas do Salobo foram submetidas a metamorfismo progressivo, o qual atingiu temperaturas da ordem de 650°C e pressões de 4,5 kb, resultando no desenvolvimento de duas associações diagnósticas: grunerita \pm almandina + magnetita \pm quartzo e fayalita + magnetita \pm grafita.

Os efeitos de um evento de cisalhamento estão marcados pela transformação da olivina em grunerita + magnetita (formações ferríferas), cloritização acentuada de biotita, granada, anfíbólio (xistos tipo 4) e desenvolvimento de silicatos hidratados de ferro (pirosmalita) nas formações ferríferas. A nível da mineralização, os fluidos associados ao evento de cisalhamento ocasionaram a transformação de calcopirita em bornita e remobilização de sulfetos em zonas mais cisalhadas e transformadas hidrotermalmente.

A história metamórfica das rochas do Salobo ainda mostra alguns pontos controversos; Guimarães (op. cit.) considera um evento metamórfico progressivo que atingiu a fácies anfíbolito alto com retrometamorfismo associado em condições da fácies xisto verde alto. Dados microtexturais disponíveis indicam que o evento de cisalhamento foi acompanhado de transformações mineralógicas em condições de fácies xisto verde alto, modificando uma assembléia pretérita de facies anfíbolito a qual ainda pode ser restaurada nas rochas presentes da jazida.

RESERVAS

Em 1981 a DOCEGEO avaliou uma reserva geológica de minério sulfetado para o Salobo 3A de 1,036 milhões de toneladas a 0,86% de cobre, dividida em dois tipos:

- Minério de alto teor associado a xistos magnéticos, com reservas de 471 milhões de toneladas a 1,31% de Cu.
- Minério de médio teor, associado a xistos não diferenciados, localizadamente magnéticos, com reservas de 565 milhões de toneladas a 0,49% de Cu.

Esta avaliação compreende os atuais corpos A, B, C, e D e atingiu, em algumas seções, até 800 m abaixo do limite de intemperismo (cota-224).

Na reavaliação de reservas de minério sulfetado (CVRD.GICOR/DOCEGEO, 1988), foram cubadas, nos corpos B e C da jazida, até a cota 0, 157 milhões de toneladas de minério com 1,21% de Cu e 0,57 g/t de Au. Essas reservas referem-se ao denominado minério "sensu strictu", constituído pelos minérios tipos 1 e 3, bem como lentes de minério tipos 4 e 5, de teores similares aos tipos 1 e 3.

Neste universo da jazida foram avaliadas também reservas de minério marginal (minérios tipos 2, 4 e 5), num total de 485 milhões de toneladas com 0,45% de Cu e 0,19 g/t de Au.

CONCLUSÕES

A mineralização sulfetada de alto teor da jazida de Salobo 3A está preferencialmente associada a formações ferríferas óxido-silicatadas. Apesar da ocorrência de processo deformativo que ocasionou remobilizações do conteúdo metálico, o controle litológico da mineralização ainda é preservado.

BIBLIOGRAFIA

- CVRD. GICOR/DOCEGEO. 1988. *Projeto Cobre Carajás. Jazida de Salobo. Geologia e avaliação de reservas.* /Rio de Janeiro/v.1.
- CORDANI, U. G. 1980. Fundamentos de interpretação geocronológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, 1980. *Boletim n.6: interpretação de dados geocronológicos.* Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 1-22.
- CORDANI, U. G.; TASSINARI, C. G. G.; KAWASHITA, K. 1984. A Serra dos Carajás como região limítrofe entre províncias tectônicas. *Ciências da Terra* (9): 6-11.
- COSTA, J. B. S.; VIEIRA, E. A. P.; SIQUEIRA, J. B.; RÊGO, J. L. do; SILVA E. R. P. da; CASTRO, F.D.C. de. 1988. *A zona de cisalhamento Salobo.* Belém, UFPa. (inédito).
- FERREIRA FILHO, C. F. 1985. *Geologia e mineralizações sulfetadas do prospecto Bahia, Província Mineral de Carajás.* Brasília, Fundação Universidade de Brasília, 112p. Dissertação de Mestrado.
- GIBBS, A. K.; WIRTH, K. K.; HIRATA, W. K.; OLSZEWSKI JR., W. J. 1986. Age and composition of the Grão Pará Group Volcanics, Serra dos Carajás. *Rev. Bras. Geoci.* 16(2): 201-11, jun.
- GUIMARÃES, I. G. 1987. *Petrologia da formação ferrífera na área Salobo 3A, Província Mineral de Carajás-Pa.* São Paulo, Universidade de São Paulo. 99p. Dissertação de Mestrado.
- MELNIK, Y. P. & SHIROSTAN, R. I. 1973. Phísico - chemical condition of the metamorphism of cherty iron rocks. *Proc. Kiev. Symp. Earth Sciences*, 9, UNESCO. p. 209-16.
- RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO. 1981. *Relatório de pesquisa do projeto Cobre - Carajás, jazidas Salobo 3A e 4A.* Belém. 4v.
- RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO. 1987. Lithostratigraphic review of the Carajás District and southern Pará - Brazil. In: IUGS. PRECAMBRIAN EVOLUTION OF THE AMAZONIAN REGION, Carajás, 1987. *Final meeting of the working group.* Extended Abstracts. Carajás. p. 11-9.

- SUSZCZYNSKI, C. F. 1969. Certas considerações sobre a tectônica da Plataforma Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., Salvador, 1969. *Resumo das conferências e comunicações*. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 75-6.
- TURNER, F.V. 1968. *Metamorphic petrology, mineralogical and field aspects*. New York, McGraw-Hill. 430p.
- VIANA, A.; FARIAS, N.; SAUERESSIG, R. 1982. Jazida de Cobre Salobo 3A. *Ciências da Terra* (5): 13-8, jul./ago.

**Depósito de Cobre e Zinco
do Corpo Quatro, Pojuca**

Ricardo Saueressig*

* Rio Doce Geologia e Mineração S.A. - DOCEGEO

DEPÓSITO DE COBRE E ZINCO DO CORPO QUATRO, POJUCA.

Ricardo Saueressig

ABSTRACT

Corpo Quatro Cu (Zn) deposit lies NW of Carajás N4 iron deposits into a volcanosedimentary suite called Grupo Igarapé Pojuca, Corpo Quatro Formation. It was discovered in 1975 as a result of soil geochemistry surveys performed by Amazônia Mineração S.A., west of N-1 clearing. The ore horizons are hosted by well banded clastic-chemically precipitated metasediments, constituted predominantly by variable amounts of amphiboles, quartz, biotite, garnet, as well as BIF and chert lenses. Sulfides are chalcopyrite, pyrrhotite, sphalerite, pyrite, less commonly bornite; sphalerite rich levels frequently contain gahnite. Corpo Quatro formation is enclosed by widespread basic-intermediate volcanics, frequently with cordierite/antophyllite assemblages. The whole pile is metamorphosed into a range from greenschist to amphibolite facies. The sequence is cut by granitic bodies. Ore reserves of Corpo Quatro are about 48 million tons grading 0.90% Cu and 8.6 million tons with 1% Zn. Gold, silver, molybdenum and cadmium are also present.

INTRODUÇÃO

A área Pojuca está situada na Província Mineral de Carajás, a cerca de 25 km a sudeste da jazida de cobre Salobo 3A e 30 km a noroeste da mina de ferro de N4.

Resultados de campanhas de pesquisa realizadas pela Amazônia Mineração S.A. - AMZA, a oeste das jazidas de ferro de Serra Norte, dirigidas à procura de minério de manganês, mostraram, a partir do final de 1975, extensas anomalias para cobre na área que ficou conhecida como MM1, depois Pojuca. Sucessivos programas de sondagem, apoiados principalmente em resultados de levantamentos geoquímicos e geofísicos comprovaram a existência de corpos mineralizados a cobre ao longo de praticamente toda a área (corpos 1, 2, 3 e 4). A partir de 1982 as atividades de pesquisa foram concentradas no Corpo Quatro, que apresentava boas possibilidades para ocorrência de depósitos de sulfeto maciço a Cu-Zn e a partir de 1984 foram retomados os trabalhos de pesquisa a leste do Corpo Quatro, no prospecto denominado Pojuca Leste onde ocorrem expressivas mineralizações a cobre, com molibdênio e ouro associados.

GEOLOGIA

Os depósitos de cobre da área Pojuca ocorrem num pacote metavulcanossedimentar com direção N50°W e mergulhos variáveis de 50°NE a 60°SW, denominado Grupo Igarapé Pojuca (Rio Doce Geologia e Mineração S.A., 1987), limitado a norte por rochas do complexo Xingu e a sul por metassedimentos psamo-pelíticos de baixo grau metamórfico. O conjunto é cortado por granitos com cerca de 1,8 b.a., correlacionáveis ao Granito Serra dos Carajás.

O Grupo Igarapé Pojuca é constituído por sedimentos de composição variada, formações ferríferas, anfíbolitos, rochas vulcânicas básico intermediárias, rochas gnáissicas. As paragêneses mineralógicas indicam assembléias de facies xisto verde a anfíbolito, notando-se uma tendência de aumento do grau metamórfico de E para W. Rio Doce Geologia e Mineração S.A. (1988) define no Grupo Igarapé Pojuca a Formação Corpo Quatro.

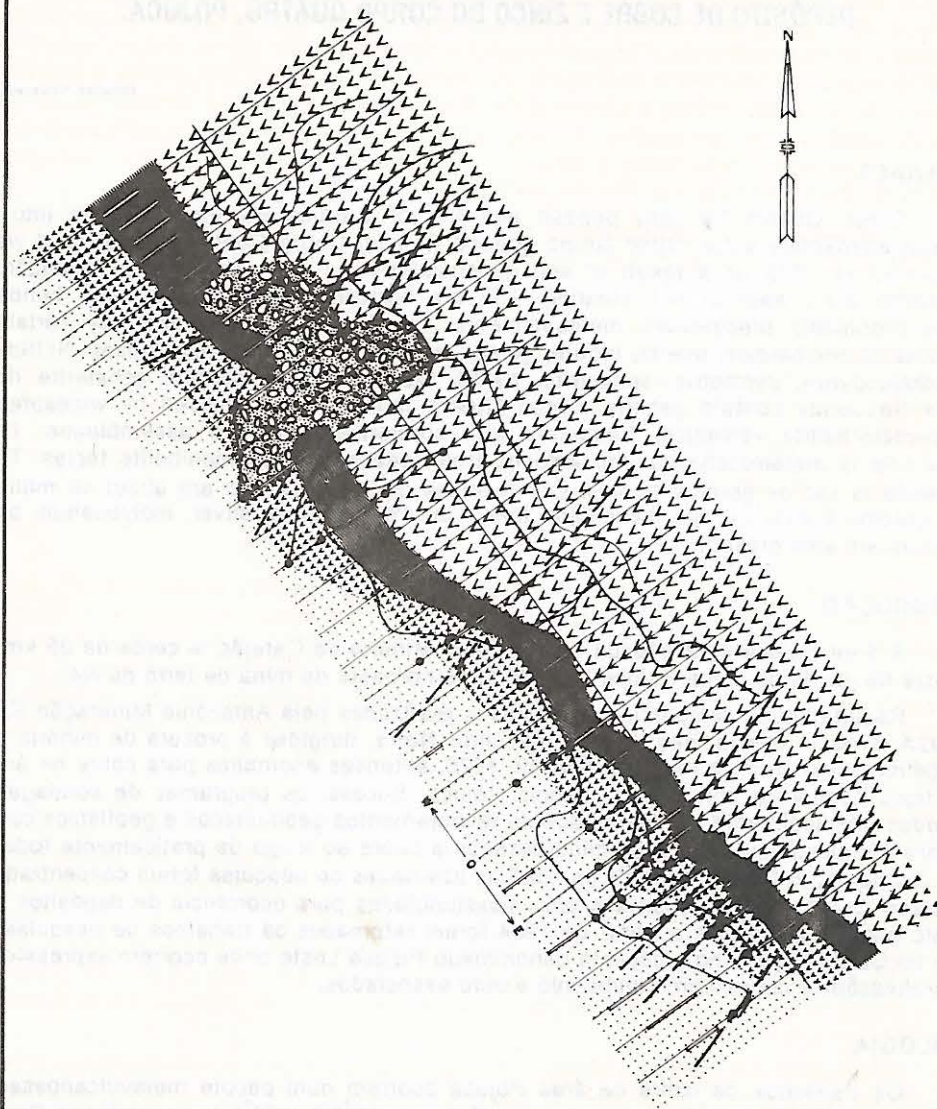
Formação Corpo Quatro

A Formação Corpo Quatro é uma unidade composta por sedimentos clástico-químicos, com espessura média de 100 m (fig. 40).






MAPA GEOLÓGICO COMPOSTO

POJUCA - CORPO QUATRO

0 200 400m



LEGENDA

-  Aluviões, Depósitos de Areia, Arenitos impuros
-  Metarenitos / Siltilitos
-  Metavolcânica I: Metabasaltos e Melandesitos, Rocha Metavolcanosedimentares e Dalmatianos
-  **FORMAÇÃO CORPO QUATRO** - Metassedimentos Clasto-Químicos: Rochas a Quartzo e Anfibólicas, com proporções variáveis de Granada e/ou Biotita, com Mn-rich Mineralizadas a Ca e/ou Zn. Rochas com Fragmentos, Formações Ferríferas Bandadas e Chert.
-  Metavolcânica II: Rochas Metavolcânicas Básico-Intermediárias com intercalações de Metasedimentos e Metavolcanosedimentares, Biotita-Amfibólicas Micaeolites

CONVENÇÕES







-  Falha Provável
-  Anomalia de Polarização Induzida
-  Furo de Sondagem
-  Estrada Secundária
-  Drenagem
-  6-1 Galeria (C-4/6-1)

Fig. 40

Hospeda mineralizações a Cu ou Cu (Zn) e na área do depósito está encaixada em rochas vulcânicas básico-intermediárias. Compreende dois agrupamentos litológicos principais: rochas com fragmentos e rochas bandadas (fig. 41).

Rochas com fragmentos: Constituem o horizonte guia das mineralizações, ocorrendo a elas sobrepostas ou intercaladas. A principal característica desta unidade é a presença de massas de quartzo milimétricas a centimétricas, de contornos geralmente angulares, imersos em matriz, cuja composição define dois sub-tipos. Um, no qual a matriz é formada por hornblenda-hastingsita ou tremolita-actinolita, com biotita e quantidades subordinadas de quartzo e plagioclásio, e outra, onde a matriz é constituída por proporções variáveis de almandina, biotita, cummingtonita-grunerita, tremolita-actinoíta, quartzo, plagioclásio, raramente antofilita e cordierita. Ambos os tipos podem apresentar disseminações de calcopirita, pirrotita, esfalerita.

Considerando a similaridade de tais rochas com as rochas bandadas subjacentes, são consideradas como tendo sido originadas por retrabalhamento desta unidade (Medeiros, 1986).

Rochas bandadas: Esta unidade é formada predominantemente por sedimentos químicos, onde se alternam bandas milimétricas a centimétricas de anfibólio (hornblenda-hastingsita, grunerita), quartzo, sulfetos de Fe, Cu, Zn, magnetita. Intercalados ocorrem níveis pelíticos ou pelito-químicos com proporções variáveis de anfibólios, almandina, biotita, quartzo, magnetita, que também podem apresentar mineralização sulfetada. Níveis de "chert" e formação ferrífera bandada óxido-silicatada podem ocorrer, normalmente próximo à base desta unidade.

Metavulcânicas

São rochas basáltico-andesíticas freqüentemente exibindo assembléias de alteração hidrotermal (cordierita-antofilita, massas de biotita/clorita). Oligoclásio/andesina e anfibólios são os minerais predominantes, seguidos de biotita, quartzo, apatita, opacos. As vulcânicas sobrepostas à Formação Corpo Quatro são denominadas Metavulcânica I, apresentando granulação mais fina e aspecto geralmente isótropo; as rochas vulcânicas sotopostas são denominadas Metavulcânica II, apresentando, além de granulação maior, foliação melhor desenvolvida e intercalações de biotita anfíbolitos.

MINERALIZAÇÕES E RESERVAS

A mineralização de Cu (Zn) do Corpo Quatro está hospedada nas rochas bandadas sob forma de disseminação, bandas milimétricas a centimétricas, raramente constituindo níveis decimétricos de sulfetos maciços e em fraturas.

Os minerais de minério predominantes são pirrotita, calcopirita e esfalerita; pirita, magnetita e ilmenita ocorrem eventualmente. É comum a ocorrência de gahnita junto aos níveis mineralizados a esfalerita. Em quantidades bem menores ocorrem Co-pentlandita, molibdenita, covelita, bornita.

Associados aos níveis sulfetados ocorrem eventualmente ouro (normalmente com teor inferior a 0,5 g/ton), prata (até 20 g/ton) e molibdênio (até 200 ppm). Níveis mineralizados a esfalerita, contêm cádmio em valores de até 250 ppm.

Podem ocorrer mineralizações a Cu, a nível de minério, tanto nas rochas com fragmentos como em rochas metavulcanossedimentares e rochas vulcânicas.

No depósito do Corpo Quatro foram cubadas 48 milhões de toneladas de minério de cobre a 0,90% e 8,6 milhões de toneladas de minério de zinco a 1%.

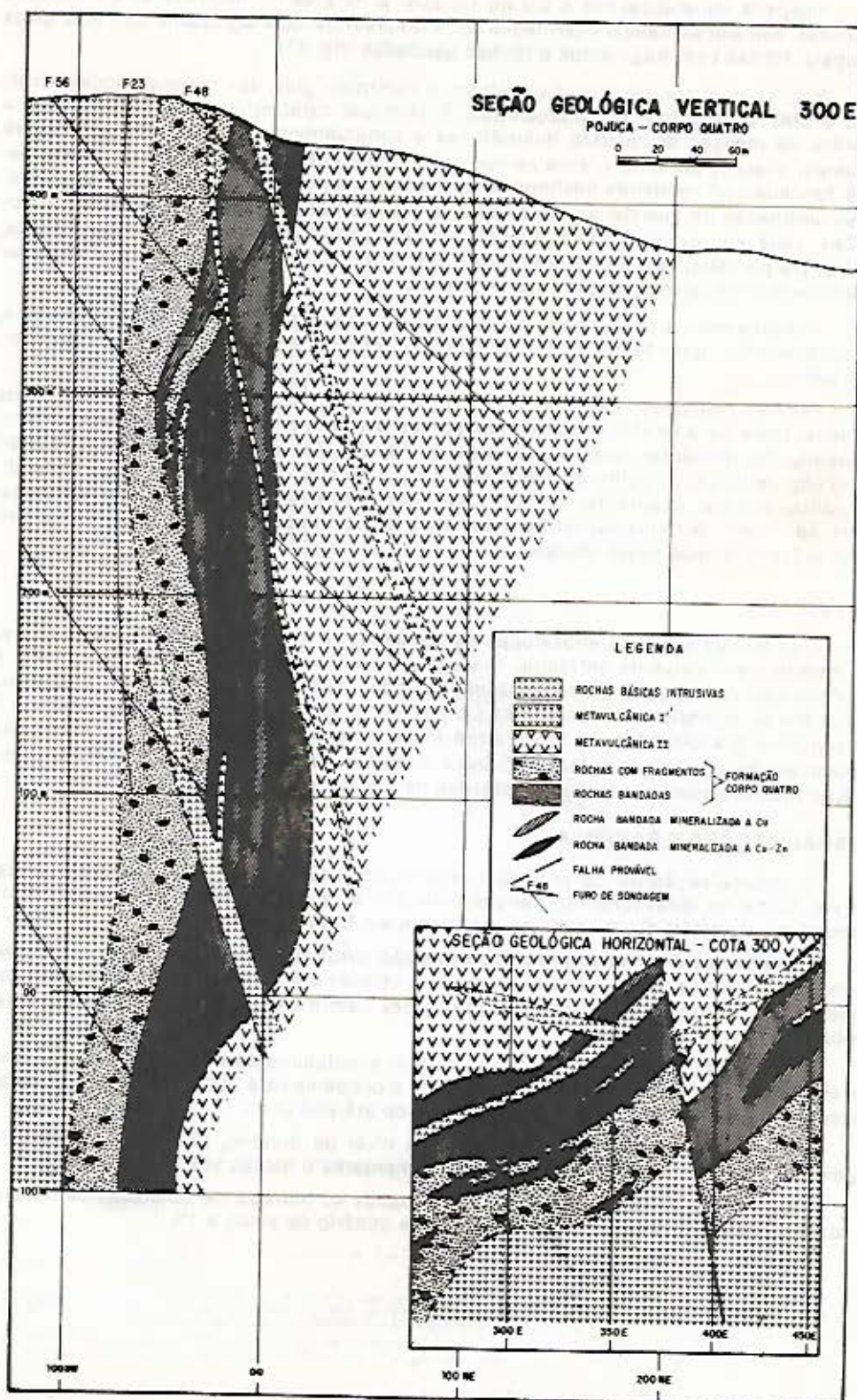


Fig. 41

BIBLIOGRAFIA

- FARIAS, N. F.; SANTOS, A. B. S.; BIAGINI, D. O.; VIEIRA, E. A. P.; MARTINS, L. P. B.; SAUERESSIG, R. 1984. Jazidas de Cu e Zn da Área Pojuca, Serra dos Carajás-Pa. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, v. 9, p. 3658-3668.
- MEDEIROS NETO, F. A.; VILLAS, R. N. N. 1984. Caracterização Litoestratigráfica da Sequência Pojuca e sua correlação com o Grupo Grão Pará, Serra dos Carajás. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Geologia. 36., São Paulo, *Resumos*, p. 876.
- MEDEIROS NETO, F. A. 1985. Estudos geológicos, geoquímicos e microtermométricos da jazida de sulfetos de Cu-Zn do Corpo 4-E/Pojuca, Serra dos Carajás. Tese de mestrado. CG-UFPa, 152p.
- _____; VILLAS, R. N. N. 1985. Geologia da jazida de Cu-Zn do Corpo 4E-Pojuca, Serra dos Carajás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, Belém, 3:97-112.
- _____. 1986. Zonamento químico e mineralógico na jazida do Pojuca, Serra dos Carajás: Ferramentas potenciais na exploração mineral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, *Anais...*, Goiânia, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 4, p. 1541-1555.
- _____. 1986. Mineralizações auríferas da área Pojuca: Extração, transporte e deposição a partir de fluidos hidrotermais Salinos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, *Anais...*, Goiânia, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 1969-81.
- _____; SOARES, A. D. V.; BERNARDELLI, A. L.; QUEIROZ, L. M. G.; SÁ, O. B. 1987. Prospecção geoquímica com sedimentos de corrente: estudo de um caso na Serra dos Carajás (área Pojuca). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 1, *Anais...*, Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geoquímica, 1:547-565.
- MOURA, C. A. V. 1982. Tratamento estatístico de dados geoquímicos e sua aplicação ao mapeamento geológico e definição de amostras geoquímicas no alvo 2 - Corpo 4, Província Mineral de Carajás. Tese de mestrado. Belém, UFPa/NCGG., 109p.
- _____. 1985. Aplicação de tratamento estatístico multivariante em dados geoquímicos de solo no mapeamento geológico na província de Carajás (Alvo 2 - Corpo 4). *Rev. Bras. Geoc.*, 15 (3): 241-249.
- RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO. 1984. Relatório de Pesquisa do Projeto Cobre Carajás-Pojuca. Belém. v. 1.

Depósito de Bauxita do Platô N5

Carlos Alberto da Silva Alves*

* Rio Doce Geologia e Mineração S.A. - DOCEGEO

DEPÓSITO DE BAUXITA DO PLATÔ N-5

Carlos Alberto da Silva Alves

ABSTRACT

The bauxite (called Clareira N-5) is related with the erosion plane surface of Serra dos Carajás. It consists of a plateau with irregular contours, bordered by steep slopes. The height above sea level is about 650 m and above the immediate surrounding areas approximately 100 m.

The area is considered as a lateritic surface of the blanket type without waste overburden, representing a residual product of the weathering of rocks rich in alumina and poor in silica (basic rocks).

Drilling indicates the presence of basic (mafic) rocks of the Inferior Paleovolcanic Formation of the Grão Pará Group. The drill holes and pits demonstrate a well defined sequence according to the following (top to bottom):

- earthy, ferruginous, friable bauxite containing a small percentage of ferruginous nodules and pisolites towards the bottom;
- ferruginous laterite, normally hard porous and cavernous, sometimes pisolitic;
- plastic reddish clay, probably an alteration product of the mafic rock. The metallurgical grade bauxite potential of this deposit, considering only the superficial bauxitic material on top of the laterite and an area of 9 km², is of the order of 49 million tons.

INTRODUÇÃO

No final de 1974, a análise de algumas amostras de material argiloso superficial indicou a existência de bauxita no platô ao norte da jazida N-5, na Serra dos Carajás, cuja análise de amostras indicou a existência de bauxita metalúrgica com média de 4,5 m de espessura.

Essa expressiva espessura de minério, aliada às suas boas características aparentes, mostraram a necessidade de um programa de trabalho para uma definição do significado da ocorrência, principalmente devido ao fato de, naquela época, a área estar sendo cogitada para a instalação da futura cidade do Projeto Carajás. Assim, os trabalhos de pesquisa foram iniciados pela extinta Amazônia Mineração S/A (AMZA), em 1974, com retomada pela DOCEGEO, em 1979, e concluído em 1983, com elaboração de Relatório Final de Pesquisa. Este trabalho apresenta os resultados das atividades de pesquisa e considerações sobre características físico-químicas do minério.

LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O depósito de minério de alumínio, conhecido pelo nome de "Platô N-5", localizado na Província Mineral de Carajás, abrange um platô que se sucede à Clareira N-5 para norte, prolongando-se para SSE até as proximidades do rio Parauapebas.

Esta área acha-se compreendida entre os paralelos 6°00'00"S e 6°10'00"S e meridianos 50°00'00"W e 50°10'00"W.

A área dista 19 km, por rodovia asfaltada, do aeroporto N-5, que dispõe de todas as condições para operação diurna e noturna de aviões do tipo Boeing 727, e faz parte da infra-estrutura do escoamento do minério de ferro da Serra dos Carajás. A duração aproximada de voo, para aviões tipo Hirondelle e turbo-hélice tipo Fokker 220, é a seguinte: Belém/N-5: 1h30min e Marabá/N-5: 30min.

GEOMORFOLOGIA

Nos interflúvios Xingú-Araguaia-Tocantins, a paisagem geomorfológica está caracterizada por serras e planaltos isolados, sobressaindo na extensa superfície aplainada.

Possivelmente, os planaltos que se elevam 400-600 m acima da planície, constituem relictos da superfície Sul-Americana (L.C. King - 1956), desenvolvida entre o Cretáceo e o Terciário Superior.

Com o soerguimento do continente no fim do Oligoceno, iniciou-se a nova fase erosiva, Ciclo Velhas, desenvolvendo-se extensas superfícies aplainadas em todo o Brasil Central, com altitudes que variam de 200 a 600 m abaixo da superfície Sul-Americana.

Estas superfícies estão cobertas por detritos aluviais e lateritos e, nas zonas periféricas, a drenagem está condicionada a níveis de bases locais, sucedendo-se em pequenos degraus rio acima, aproximando-se do nível dos terraços do Ciclo Sul-Americano. A erosão remontante mantém-se ativa e uma vez vencidas as barreiras dos níveis de base locais, os terraços desenvolvidos são rebaixados a níveis inferiores até incorporarem-se à Superfície Velhas que, portanto, aumenta à custa da superfície Sul-Americana, mais elevada.

Na bacia do rio Itacaiunas, os aspectos geomorfológicos mais importantes são:

- a) superfície geral aplainada (Superfície Velhas), cobertas por mata virgem;
- b) serras alongadas e íngremes, cobertas por matas densas e com cotas intermediárias;
- e
- c) Planaltos ou mesas (Superfície Sul-Americana), com vegetação rara e protegidos por capas de canga, desenvolvidas sobre formação ferruginosa (Serra dos Carajás).

O platô de N-5, local das ocorrências de bauxita, está relacionado com a superfície de aplainamento da Serra dos Carajás de provável idade cretácea.

GEOLOGIA LOCAL E GÊNESE

A área constitui-se de um platô de contornos irregulares (Fig. 42), delimitado por encostas íngremes, com altitude média em torno de 650 m. Encontra-se atualmente em fase de pronunciada dissecação pela rede hidrográfica. Mostra uma cobertura vegetal de floresta densa. No mapa geológico da pesquisa da Serra dos Carajás a área foi considerada como cobertura laterítica sobre a seqüência sedimentar da Formação Gorotire.

Informações de furos realizados na área, durante a pesquisa do Ferro Carajás, indicaram a presença de rochas básicas (máficas) da Formação Paleovulcânica Inferior do Grupo Grão Pará.

Na área, o conjunto dos poços mostrou uma seqüência bem definida de acordo com o seguinte:

Espessura Média

4,50 m (0,0 - 4,50) - Material argiloso, terroso, friável, ferruginoso, de coloração variando de amarela a castanha, com teor de sílica muito baixo e normalmente com elevado teor de alumina, contendo eventualmente pequena porcentagem de pisolitos e nódulos ferruginosos.

8,50 m (4,50 - 13,35) - Laterita ferruginosa, normalmente dura, porosa a cavernosa, de coloração castanho avermelhada com tons amarelos, às vezes pisolítica. Normalmente com teor muito baixo de sílica, sobretudo nos níveis mais altos.

(a partir de 13,35 m) - Material argiloso plástico, untuoso ao tato, silicoso, de coloração castanho avermelhada a róseo, produto de alteração de rocha máfica.

Os valores citados representam a média da jazida.

A Fig. 43 mostra um perfil esquemático da jazida de Bauxita Carajás e a Fig. 44 mostra um perfil típico de um poço, com respectivos resultados químicos.

A área mostra um depósito de minério superficial (blanket), sem cobertura estéril, representando o produto residual de um processo de alteração de rochas ricas em alumi-

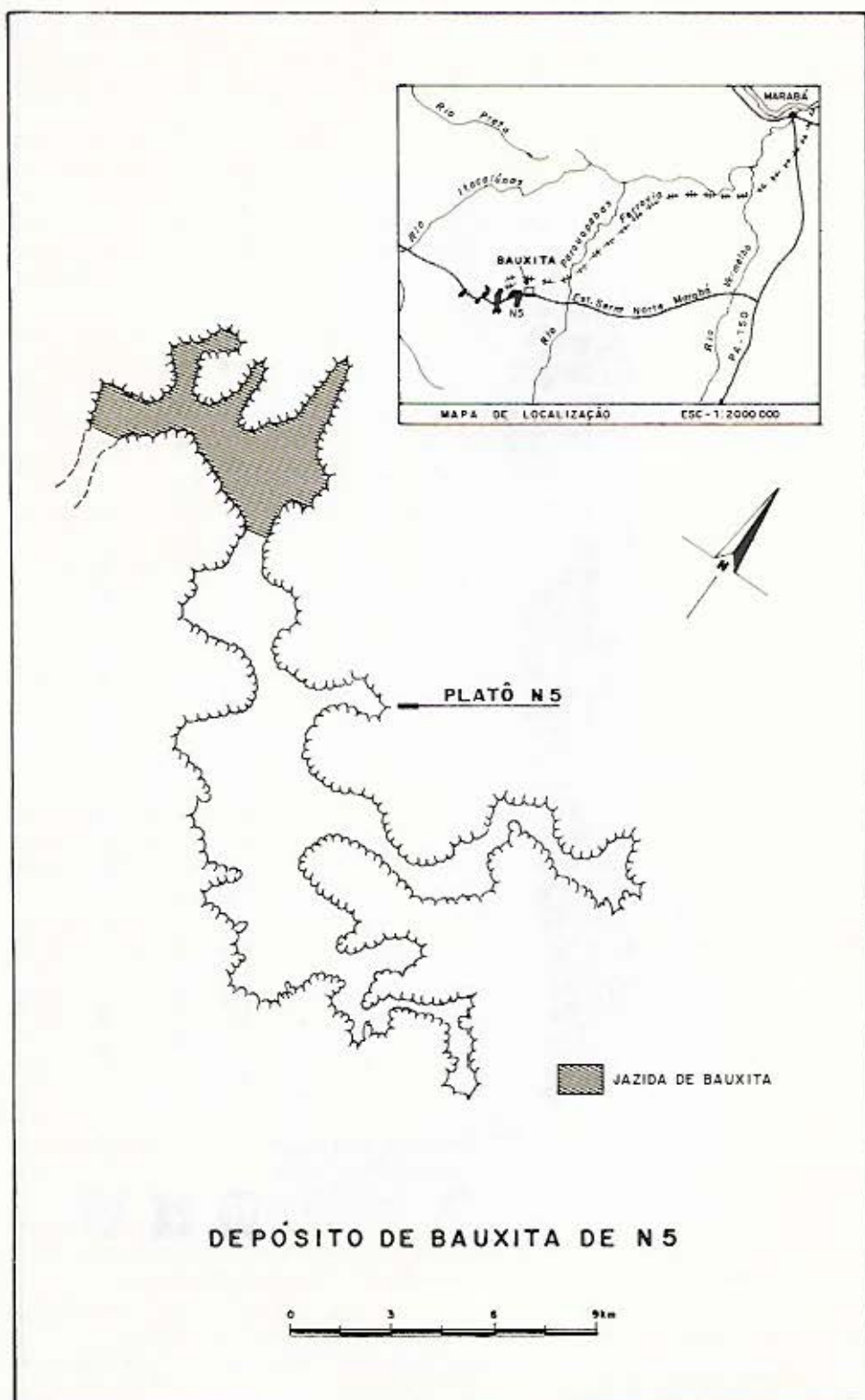


Fig. 42

DEPÓSITO DE BAUXITA DE N5
PERFIL ESQUEMÁTICO



L E G E N D A



CAMADA BAUXÍTICA, TERROSA, FRIÁVEL, FERRUGINOSA, AMARELO - CASTANHO, COM TEOR EM SiO_2 MUITO BAIXO E NORMALMENTE COM ELEVADO TEOR DE Al_2O_3 , CONTENDO EVENTUALMENTE PEQUENA PORCENTAGEM DE PISOLITOS E NÓBULOS FERRUGINOSOS.

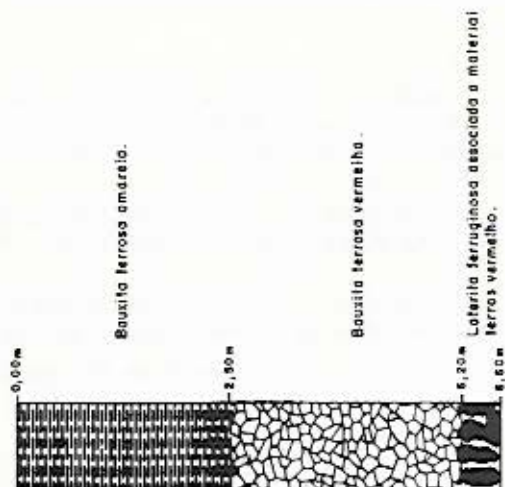


LATERITA FERRUGINOSA, NORMALMENTE CURA, POROSA, CAVERNOSA, CASTANHO - AVERMELHADO, ÀS VEZES PISOLÍTICA NORMALMENTE COM TEOR MUITO BAIXO DE SiO_2 NOS NÍVEIS MAIS ALTO.



MATERIAL ARGILOSO, PLÁSTICO, SILICOSO, CASTANHO - AVERMELHADO, ALTERAÇÕES DE ROCHA MÁFICA.

PERFIL DO POÇO N5 - 66



ANÁLISE QUÍMICA DO PERFIL

INTERVALO DE ANOSFRASEN	Nº Amostra	U %	MATERIAL "NATURAL"						
			P.F.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	
0,0 - 0,5	1		27,4	55,2	2,2	46,2	2,6	20,0	3,6
0,5 - 1,0	2		26,2	54,1	2,1	47,0	2,6	20,2	4,0
1,0 - 1,5	3		25,8	57,2	2,1	47,6	2,6	20,2	3,8
1,5 - 2,0	4		25,9	57,6	1,6	48,0	2,7	20,2	3,2
2,0 - 2,5	5		25,7	56,0	1,6	45,6	1,8	21,3	4,6
2,5 - 3,0	6	N	24,5	57,5	1,5	47,2	1,5	21,1	4,6
3,0 - 3,5	7	N	25,9	58,5	1,2	47,5	1,1	21,5	4,0
3,5 - 4,0	8		25,4	58,2	1,1	47,9	1,0	21,7	4,0
4,0 - 4,5	9		25,7	58,1	1,1	48,5	0,8	21,5	3,8
4,5 - 5,0	10		25,4	59,4	1,0	48,4	0,8	21,8	3,6
5,0 - 5,5	11		25,4	59,7	0,8	47,8	0,8	22,2	4,0
5,5 - 6,0	12		25,5	58,6	0,7	47,9	0,6	22,0	4,2
6,0 - 6,6	13		21,7	51,2	1,0	40,1	0,6	24,6	3,0

na e pobres em sílica (rochas basálticas) com remoção, sobretudo, da sílica, potássio, magnésio, sódio e cálcio, permanecendo o alumínio "in situ". Importantes no processo seriam o clima tropical com estações alternadas chuvosas e secas, relevo apropriado e ação de ácidos orgânicos.

Segundo Bastle e Lemos (1985) é provável que esse perfil laterítico tenha sofrido uma evolução complexa, polifásica, caracterizada pela alternância de períodos de deposição de materiais alóctones e/ou de retrabalhamento físico "in situ", com fases de alteração intempérica mais ou menos acentuada, integrando numa seqüência cronológica os diferentes eventos evidenciados pela interpretação do perfil sintético. Os autores propõem uma evolução da formação do perfil através de oito fases, a partir da formação às custas de uma rocha de composição pelítica rica em quartzo, passando por fases de retrabalhamento do topo do horizonte alterado seguido por deposição de material argiloso provindo de áreas próximas, ferralitização desse material, individualização das zonas argilosas, gibbsíticas e da zona inferior caulínica.

Na seqüência houve desmantelamento e fragmentação da parte superior da crosta ferráltica e bauxitização do horizonte fragmentado; novo retrabalhamento e fragmentação parcial do nível nodular, superpondo-se a esse nível, houve deposição da bauxita torrosa formada em áreas vizinhas durante a terceira fase de intemperismo. Finalmente houve o aplainamento, seguido por um soerguimento regional, resultando em reativação dos fenômenos erosivos e individualização dos platôs.

TRABALHOS EXECUTADOS

Pela natureza dos depósitos os trabalhos de pesquisa foram feitos através do escavação de poços em malha quadrada 400 m e 200 m. Foram executados 3 furos de sonda para caracterização das seqüências inferiores com maiores profundidades.

No total, foram abertos 43.600 m de picada que foram levantadas e niveladas. Escavados 121 poços, perfazendo um total de 528,4 m, esses poços foram descritos e amostrados a intervalos de 0,50 m, tendo sido coletadas 1006 amostras para análises de PF , Al_2O_3A , SiO_2R , Al_2O_3T , SiO_2T , Fe_2O_3 , TiO_2 .

Os 3 furos de sonda, totalizaram 151,2 m, os testemunhos foram descritos e amostrados por intervalo de manobra.

RESERVAS

Com base nos resultados dos poços escavados, calculou-se uma reserva de 48.920.000 ton de minério bruto, com espessura média de 4,2 m; para uma área de 9.776.000 m², com a seguinte composição química média: Al_2O_3A - 34,9%, SiO_2R - 1,7%, Fe_2O_3 - 25%, TiO_2 - 3,9%.

O depósito não possui cobertura estéril; apresenta densidade seca de 1,2 g/cm³, umidade de 20% e dispensa qualquer tipo de beneficiamento mecânico (britagem/lavagem).

Nos testes de amenability, o teor de carbono orgânico (1,5% - média no perfil) tem inibido a produção de alumina nas diferentes fases deste processo.

A CVRD, através de sua Superintendência de Tecnologia vem desenvolvendo estudos no sentido de superar este problema.

BIBLIOGRAFIA

- ASSAD, R. & BEISIEGEL, V. 1982. *Depósito de Bauxita do Platô N-5*. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1., Belém, 1982. *Anexo dos Anais*. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte. p. 97-104.
- KOTSCHUBEY, B. & LEMOS, V. P. 1985. *Considerações sobre a origem e a gênese das bauxitas da Serra dos Carajás*. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2., Belém, 1985. *Anais ...*. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte, v. 3, p. 48-61.
- RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO - 1983. *Relatório Final de Pesquisa, Setor Bauxita-Carajás, Platô N-5*. Belém, 46p.

TRUCKENBRODT, W.; KOTSCHOUBEY, B.; GÓES, A. M. 1982. *Considerações a respeito da idade das bauxitas na parte Leste da Região Amazônica*. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1., Belém, 1982. *Anais ...* Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte. v.1, p. 201-9.

Jazida de Níquel Laterítico do Vermelho

Arthur Luiz Bernardelli*
Carlos Alberto da Silva Alves*

JAZIDA DE NÍQUEL LATERÍTICO DO VERMELHO

Arthur Luiz Bernardelli
Carlos Alberto da Silva Alves

ABSTRACT

From the interpretation of radar pictures and from conventional aerophotogeological interpretation, the areas of possible occurrence of ultramafic rocks were identified to the south of Serra dos Carajás. In the 1974, a prospecting campaign with sample collection of soil was made with the help of a helicopter. The analytic results of these samples revealed high nickel content.

The exploration works executed allowed the reserve evaluation and the physical and chemical characterization of the ore, besides the economical feasibility studies.

The main works executed were: 200 pits, 3.200 m excavated; 7 drill holes totating 360 m; about 30.000 chemical analyses; metallurgical tests, and others.

The basic-ultrabasic bodies form a NE-SW striking alignment, extending from the vicinities of Serra do Rabo (extreme east of Serra dos Carajás) to the Pium structure (southwest of Serra Sul) approximately 50 km extention. They are 2-3 km wide bodies wich form isolated intrusives structures prominent in the local topography.

The litologies are serpentized dunites and peridotites, piroxenites and gabbros.

Two basic-ultrabasic bodies are part of these aligned assemblage, denominated V1 and V2 which constitute the Vermelho nickel deposit.

Two types of nickeliferous laterite form the deposit:

- garnieritic or silicated or with high nickel contents reaching 2% average, low iron content and high magnesium content. The reserves reach 20 millions ton.
- limonitic or oxidized ore, wich lower nickel contents, about 1,1% average, high iron contents and low magnesium contents. The reserves are around 20 millions ton.

The garnieritic ore shows physical-chemical characteristics favorable to its use in the iron-nickel alloys production.

RESUMO

A partir da interpretação de imagens de radar e interpretação aerofotogeológica convencional foram identificadas áreas de possível ocorrência de rochas ultramáficas ao sul da Serra dos Carajás. Em 1974 foi efetuada uma campanha de prospecção com coleta de amostras de solo, com apoio de helicóptero; os resultados analíticos dessas amostras revelaram elevado conteúdo em níquel.

Foram realizados trabalhos de pesquisa que permitiram a avaliação das reservas, e a caracterização física e química do minério, além dos estudos de viabilidade econômica.

Os principais trabalhos executados foram: 200 poços, sendo escavados 3.200 m; 7 furos de sonda totalizando 360 m; cerca de 30.000 determinações químicas; estudos mineralógicos e petrográficos; ensaios de extração metalúrgica e outros.

Os corpos básico-ultrabásicos formam um alinhamento de direção NE-SW, estendendo-se desde as proximidades da serra do Rabo (extremo-oriental da Serra dos Carajás) até a estrutura Pium (sudoeste da Serra Sul) numa extensão de 50 km aproximadamente. São corpos de dimensões de 2 a 3 km e formam estruturas isoladas intrusivas no Complexo Xingú que ressaltam na topografia regional.

As rochas são constituídas de dunites e peridotitos serpentizados, piroxenitos e gabros.

Fazem parte deste conjunto alinhado dois corpos básico-ultrabásicos, denominados V1 e V2, que constituem a jazida de níquel do Vermelho.

Dois tipos de laterita níquelífera compõem o depósito:

- minério tipo garnierítico ou silicatado, com teores elevados de níquel, atingindo a média de 2%, baixo teor de ferro e elevado teor de magnésio. As reservas atingem 20 milhões de toneladas.
- minério tipo limonítico ou oxidado, com teores de níquel mais baixos, média em torno de 1,1%, teores elevados de ferro e baixos de magnésio. As reservas estão em torno de 20 milhões de toneladas.

O minério garnierítico apresenta características físico-químicas favoráveis à sua utilização na produção de ferro-níquel.

LOCALIZAÇÃO E FISIOGRAFIA

A jazida de níquel laterítico, conhecida pelo nome de Vermelho, está localizada na província mineral dos Carajás, ao sul da jazida de ferro S38 e a 20 km a oeste da Serra do Rabo. Situa-se à margem direita do rio Parauapebas, sendo este afluente pela margem direita do rio Itacaiunas, no município de Marabá, estado do Pará.

A paisagem geomorfológica está caracterizada por serras e planaltos isolados sobressaindo na extensa superfície aplainada.

GEOLOGIA LOCAL

Os corpos básico-ultrabásicos são constituídos pelas seguintes rochas: gabro e metagabros, gabros norfíticos, piroxenitos, algumas vezes bronzititos, serpentinitos e silixitos originados de peridotitos e dunitos. Ocorrem como encaixantes rochas do Complexo Xingú como granito-gnaisses, gnaisses, quartzo-dioritos e anfibolitos (Fig. 45).

Os corpos V1 e V2 apresentam configurações litológicas semelhantes, formados por três unidades principais diferenciadas e que sugerem uma disposição concêntrica, onde do centro para as bordas ocorrem peridotitos e dunitos serpentinizados, piroxenitos e gabros.

Zona Ultrabásica

As rochas ultrabásicas serpentinizadas afloram em cerca de 40% da área de ocorrência da zona ultrabásica, sendo o restante da área recoberta por um capeamento silicoso e uma cobertura laterítica formando platôs. Esta zona apresenta feição topográfica acentuada, com cotas em torno de 450 a 500 m ocupando a parte central dos corpos V1 e V2.

Zona Básica

Ocorre circundando as rochas ultrabásicas, formando superfícies semi-aplainadas com cotas da ordem de 300-350 m.

PERFIL LATERÍTICO

O perfil laterítico apresentado a seguir resultou, essencialmente, das observações realizadas no campo durante a execução dos trabalhos de pesquisa, e relaciona os diferentes estágios de alteração e laterização verificados no mapeamento sistemático dos poços. Assim, temos do topo para a base:

Solo Laterítico (SL): solo argiloso, ferruginoso, marrom-avermelhado, magnético, com pisólitos e concentrações ferruginosas laterizadas, podendo conter fragmentos de rochas alteradas, geralmente limonitizadas, por vezes silicificadas, de cores mais claras.

Laterita (LA): material argiloso, ferruginoso, marrom ou vermelho-escuro, podendo apresentar colorações mais claras, tendendo para tonalidades amareladas ou alaranjadas, sem qualquer indício de textura, geralmente com elevado grau de plasticidade.

Zona Silicosa (ZC): zona silicosa, esponjosa ou maciça, freqüentemente na forma de veios irregulares, por vezes formando estrutura do tipo box-work, com vazios preen-

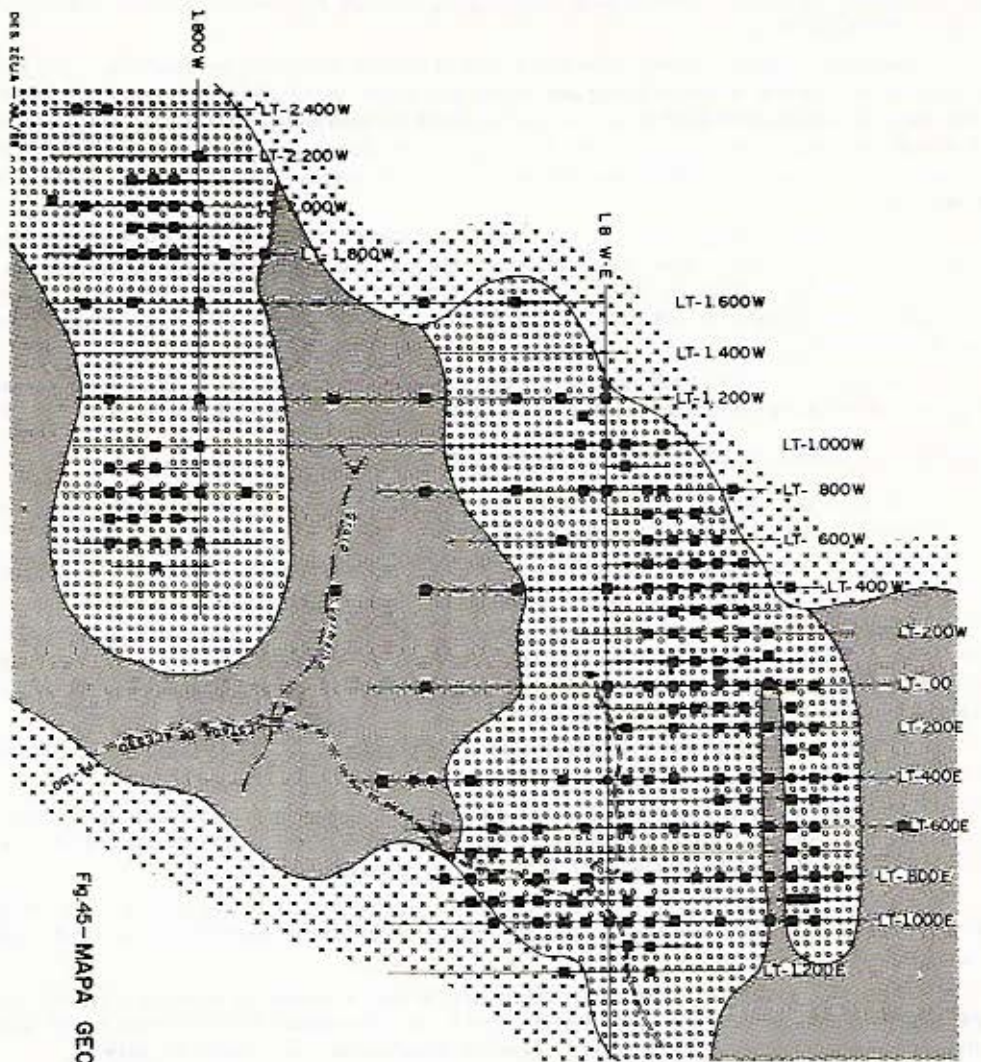
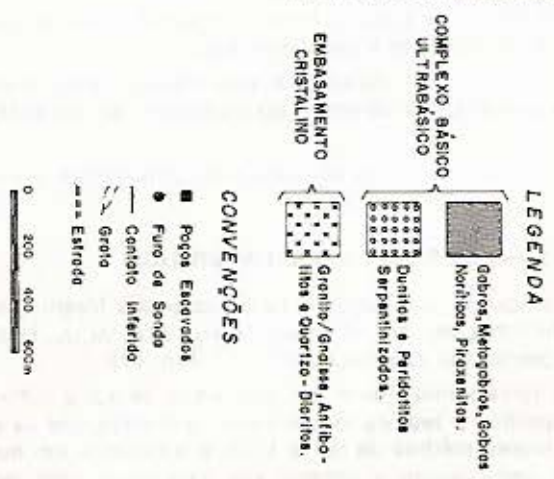


Fig.45- MAPA GEOLÓGICO DO PROJETO NIQUEL - CARAVÁS



chidos por material argiloso, marrom-escuro a vermelho-escuro, podendo ocorrer na forma de blocos de rocha intensamente silicificada, imersos em matriz argilosa, marrom-escuro a vermelho-escuro.

Saprolito (SAP): rocha ultrabásica alterada, de constituição argilosa, coloração marrom-avermelhada a amarelo-escuro, onde observam-se vestígios de textura ou estrutura original, bastante friável a um pouco consistente, podendo, no entanto, ser fragmentada com as mãos. Nas porções média a superior do perfil, o saprolito apresenta-se ferruginoso e nas porções inferiores, apresenta-se com baixo teor de ferro e granulação grosseira.

Serpentinito Sapolitizado (SSA): rocha ultrabásica alterada, apresentando colorações mais claras, entre verde-claro, amarelo até cinza-claro, bem distinta da textura e estrutura da rocha original, podendo, ainda, ser argilosa, tendo pouca resistência à fragmentação com martelo. A alteração química pode ser total ou limitar-se ao longo das zonas de fraturamento.

Serpentinito (SER): serpentinito, fresco, de coloração verde, podendo apresentar alguma mudança na coloração original a alguns vênulos de alteração no corpo da rocha.

ASPECTOS MINERALÓGICOS DO PERFIL LATERÍTICO

Através de lâminas petrográficas e difração de raios X, foram identificados ao longo do perfil laterítico os seguintes minerais (Fig. 46):

Olivina: encontra-se como mineral primário no serpentinito, estando, no entanto, em grande parte substituído por serpentina.

Ortopiroxênio: apesar de alterado, conserva propriedade de enstatita, também o piroxênio é substituído pela serpentina nas zonas serpentinizadas. Tanto olivinas como roxênios restringem-se à rocha fresca e a serpentinitos sapolitizados, não tendo sido observados em amostras do alterado superior.

Opacos: encontram-se distribuídos como minerais acessórios, tanto no serpentinito como nos alterados superiores.

Minerais de Ferro: magnetita é comum em todo perfil, tanto no serpentinito fresco como nos saprolitos da capa; goethita e hematita ocorrem nas partes superiores do perfil, principalmente no serpentinito ferruginoso e na laterita superior.

Minerais do Grupo das Montmorilonitas (Smectita): a smectita ocorre como mineral secundário, nas zonas médias do perfil nos serpentinitos sapolitizados a saprolito grosso.

Minerais do Grupo da Sílica: a sílica ocorre sob a forma de quartzo, calcedônia e opala. Ocorre em todo o perfil alterado, porém se concentra, principalmente, em duas zonas distintas dentro do perfil, sendo bastante abundante nas partes superiores.

Minerais do Grupo da Clorita: foram observados, em pequenas proporções, minerais do grupo da clorita por todo o perfil alterado.

Serpentina (Antigorita): constitui a fase mineral mais abundante no serpentinito, sendo produto de alteração da olivina e do piroxênio das ultrabásicas. Ocorre nas zonas inferiores do perfil.

Caulinita: foram observadas em pequenas proporções nas partes média a superior do perfil.

ASPECTOS GEOQUÍMICOS DO PERFIL LATERÍTICO

Todas as amostras dos poços e furos de sonda foram submetidos a análise química para as determinações de: Ni, MgO, Fe₂O₃, SiO₂, Al₂O₃, MnO, Cr, Co, Zn, além das umidades (U%) e perdas por calcinação (PPC%) (Fig. 47).

Níquel: no serpentinito fresco o níquel varia de 0,2 a 0,4% e apresenta em média 0,3%. No perfil laterítico o teor de níquel varia na medida que se aprofunda. Inicia na zona laterítica com teores médios de 0,5 a 1,0% e apresenta um aumento no saprolito ferruginoso superior, onde ocorre o minério tipo limonítico, com teores variando de 1,0 a 2,0. Em profundidade aumenta, significativamente, nas zonas das argilas (smectitas), saprolito grosso e serpentinito sapolitizado onde ocorre o minério tipo garnierítico, com teores máximos de 3 a 4% e média de 2,0%.

chidos por material argiloso, marrom-escuro a vermelho-escuro, podendo ocorrer na forma de blocos de rocha intensamente silicificada, imersos em matriz argilosa, marrom-escuro a vermelho-escuro.

Saprolito (SAP): rocha ultrabásica alterada, de constituição argilosa, coloração marrom-avermelhada a amarelo-escuro, onde observam-se vestígios de textura ou estrutura original, bastante friável a um pouco consistente, podendo, no entanto, ser fragmentada com as mãos. Nas porções média a superior do perfil, o saprolito apresenta-se ferruginoso e nas porções inferiores, apresenta-se com baixo teor de ferro e granulação grosseira.

Serpentinito Saprolitizado (SSA): rocha ultrabásica alterada, apresentando colorações mais claras, entre verde-claro, amarelo até cinza-claro, bem distinta da textura e estrutura da rocha original, podendo, ainda, ser argilosa, tendo pouca resistência à fragmentação com martelo. A alteração química pode ser total ou limitar-se ao longo das zonas de fraturamento.

Serpentinito (SER): serpentinito, fresco, de coloração verde, podendo apresentar alguma mudança na coloração original a alguns vênulos de alteração no corpo da rocha.

ASPECTOS MINERALÓGICOS DO PERFIL LATERÍTICO

Através de lâminas petrográficas e difração de raios X, foram identificados ao longo do perfil laterítico os seguintes minerais (Fig. 46):

Olivina: encontra-se como mineral primário no serpentinito, estando, no entanto, em grande parte substituído por serpentina.

Ortopiroxênio: apesar de alterado, conserva propriedade de enstatita, também o piroxênio é substituído pela serpentina nas zonas serpentinizadas. Tanto olivinas como roxênios restringem-se à rocha fresca e a serpentinitos saprolitizados, não tendo sido observados em amostras do alterado superior.

Opacos: encontram-se distribuídos como minerais acessórios, tanto no serpentinito como nos alterados superiores.

Minerais de Ferro: magnetita é comum em todo perfil, tanto no serpentinito fresco como nos saprolitos da capa; goethita e hematita ocorrem nas partes superiores do perfil, principalmente no serpentinito ferruginoso e na laterita superior.

Minerais do Grupo das Montmorilonitas (Smectita): a smectita ocorre como mineral secundário, nas zonas médias do perfil nos serpentinitos saprolitizados e saprolito grosso.

Minerais do Grupo da Sílica: a sílica ocorre sob a forma de quartzo, calcedônia e opala. Ocorre em todo o perfil alterado, porém se concentra, principalmente, em duas zonas distintas dentro do perfil, sendo bastante abundante nas partes superiores.

Minerais do Grupo da Clorita: foram observados, em pequenas proporções, minerais do grupo da clorita por todo o perfil alterado.

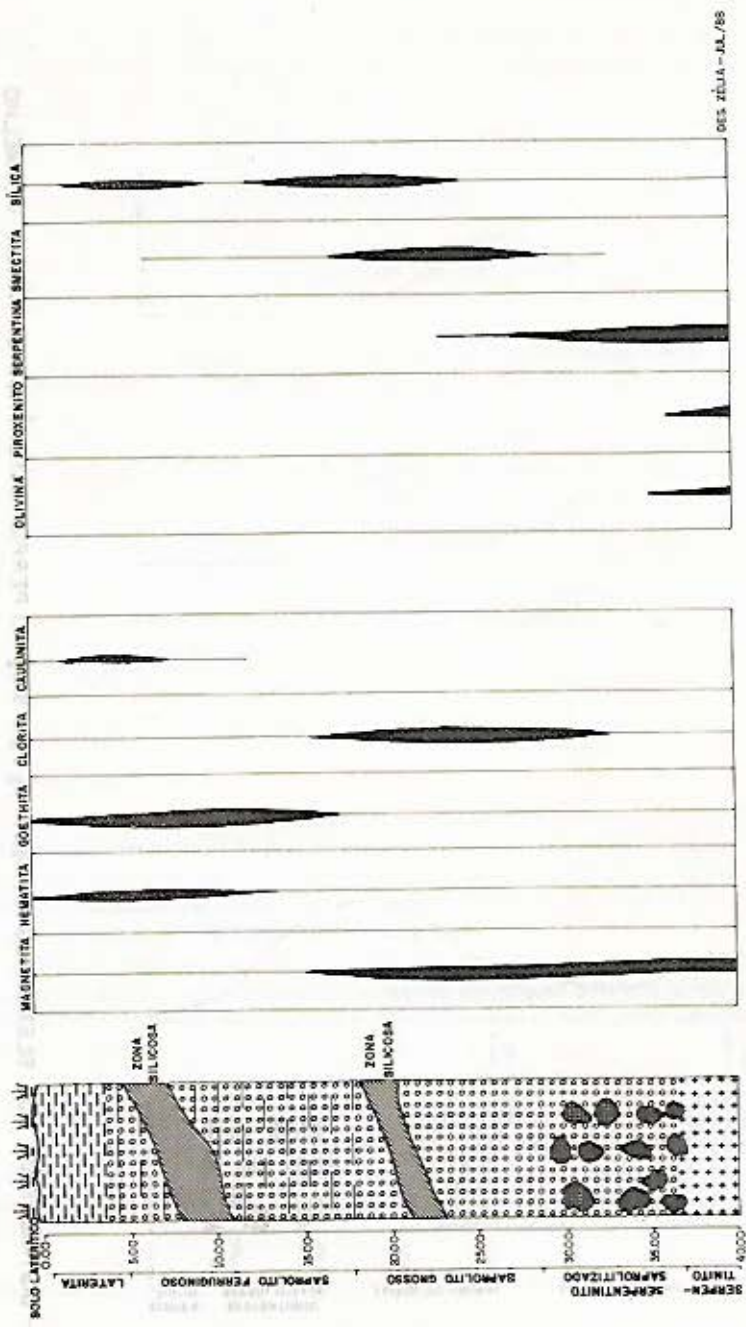
Serpentina (Antigorita): constitui a fase mineral mais abundante no serpentinito, sendo produto de alteração da olivina e do piroxênio das ultrabásicas. Ocorre nas zonas inferiores do perfil.

Caulinita: foram observadas em pequenas proporções nas partes média a superior do perfil.

ASPECTOS GEOQUÍMICOS DO PERFIL LATERÍTICO

Todas as amostras dos poços e furos de sonda foram submetidos a análise química para as determinações de: Ni, MgO, Fe₂O₃, SiO₂, Al₂O₃, MnO, Cr, Co, Zn, além das umidades (U%) e perdas por calcinação (PPC%) (Fig. 47).

Níquel: no serpentinito fresco o níquel varia de 0,2 a 0,4% e apresenta em média 0,3%. No perfil laterítico o teor de níquel varia na medida que se aprofunda. Inicia na zona laterítica com teores médios de 0,5 a 1,0% e apresenta um aumento no saprolito ferruginoso superior, onde ocorre o minério tipo limonítico, com teores variando de 1,0 a 2,0. Em profundidade aumenta, significativamente, nas zonas das argilas (smectitas), saprolito grosso e serpentinito saprolitizado onde ocorre o minério tipo garnierítico, com teores máximos de 3 a 4% e média de 2,0%.



DES. ZÉLIA - 61. 68

Fig.46 — DISTRIBUIÇÃO DOS MINERAIS NO PERFIL LATÉRITICO DA ÁREA VERMELHO

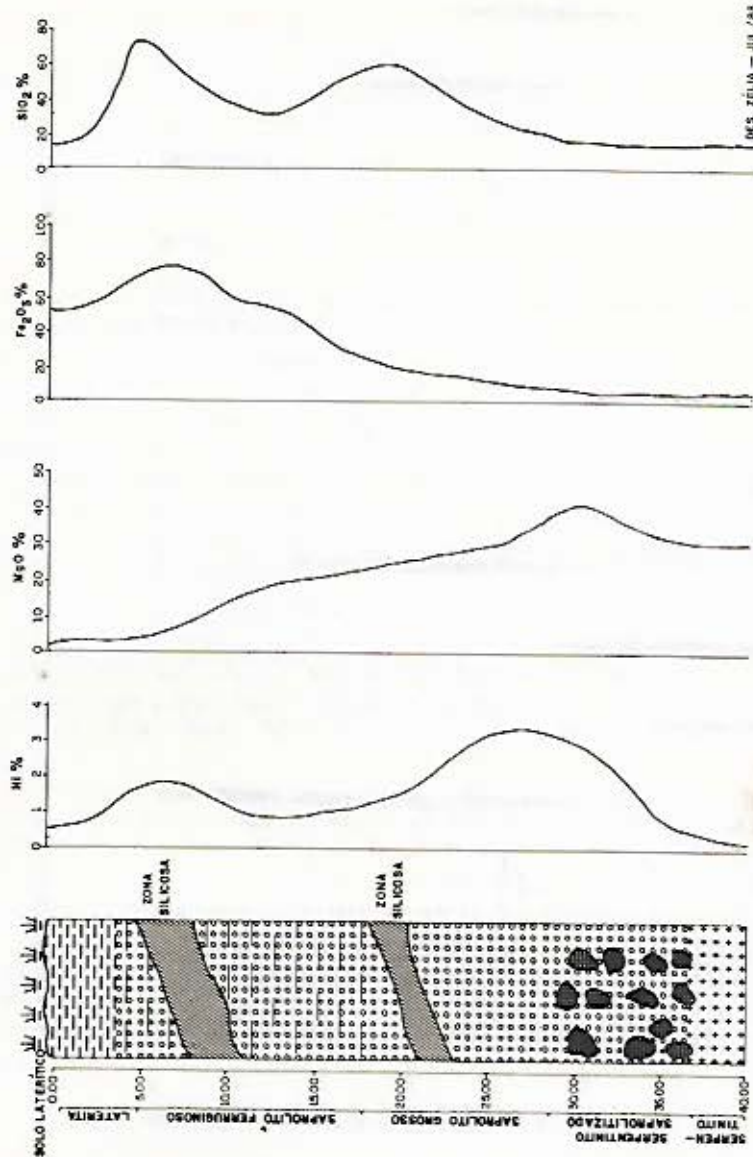


Fig. 47 — DISTRIBUIÇÃO DOS ELEMENTOS NI, MgO, Fe₂O₃ e SiO₂ NO PERFIL LATERÍTICO DA ÁREA VERMELHO

Ocasionalmente, obtêm-se teores bastante elevados como, por exemplo, nos poços VIP104, VIP27 e VIP46 com intervalos de 5 a 9% de Ni.

MgO: o teor de magnésio desaparece no topo do horizonte laterítico, geralmente, não ultrapassa os 2% de MgO, até a profundidade média de 10 m. Na zona limonítica se encontra em teores que variam de 2 a 10%; aumenta em profundidade, alcançando seus picos maiores no horizonte do saprolito grosso e serpentinito saprolitizado (minério garnierítico), onde o teor médio é de 20%. No serpentinito fresco os teores variam em torno de 25 a 30%, onde o magnésio está contido nos minerais de serpentina e clorita.

Fe₂O₃: os picos maiores de ferro estão contidos no saprolito ferruginoso e laterita, nas porções superiores do perfil, onde os teores máximos de Fe₂O₃ variam de 60 a 80%, com média de 52%. Em profundidade o teor de ferro cai, onde os horizontes de saprolito grosso e serpentinito apresentam valores médios de 10 a 15%. No minério garnierítico a média de Fe₂O₃ é de 22%. Na base, serpentinito fresco, o teor de ferro se aproxima do zero.

SiO₂: os teores de sílica se apresentam distribuídos por todo perfil com médias que variam de 20 a 30% de SiO₂. Observações de campo e resultados de análises acusam que existem no perfil duas zonas distintas com maiores concentrações de sílica: a primeira, geralmente capeando o perfil, nos horizontes de laterita, e saprolito ferruginoso e, às vezes, pelo efeito da erosão, aflora em certas zonas da jazida. Nesta zona os picos máximos variam de 60 a 70%. A segunda zona de concentração geralmente ocorre dentro do saprolito grosso, onde os picos médios variam de 50 a 60%. No minério garnierítico seu teor médio é de 37%.

A concentração da sílica em dois níveis distintos provavelmente é consequência da migração da sílica da base para o topo, por decorrência dos processos intempéricos e fixações em níveis preferenciais dentro do perfil. No serpentinito o teor médio de SiO₂ cai para 15 a 20%.

TIPOS DE MINÉRIO DE NÍQUEL LATERÍTICO DO VERMELHO

Minério Tipo Garnierítico

Também chamado de minério silicatado, ocorre, geralmente, nas porções medianas do perfil laterítico, isto é, nas zonas do saprolito grosso e serpentinito saprolitizado, estando o níquel concentrado na forma de minerais do tipo garnierita, grupo que engloba silicatos hidratados de níquel e magnésio. O Ni⁺⁺ substitui o Mg⁺⁺ na estrutura desses minerais devido à similaridade de raios iônicos.

O jazimento resulta da concentração de níquel por processos de laterização, conforme o exposto no item anterior. Os teores de níquel são elevados, nesse tipo de minério, atingindo a média de 1,80%; excepcionalmente, ocorrem valores de até 5%, relacionados ao rejuvenescimento da morfologia na área.

Esse tipo de minério apresenta baixo teor de Fe e elevado teor de Mg, sendo suas médias de 22,0% de Fe e 20,0% de MgO.

A sílica apresenta teores altos, ficando sua média em torno de 37%. O cobre apresenta sempre valores muito baixos, com média de cerca de 60 a 70 ppm. O cobalto atinge, localmente, valores elevados; entretanto, seu teor médio situa-se em torno de 570 ppm.

Minério Tipo Limonítico

O minério limonítico ou oxidado ocorre, em geral, nas porções intermediárias ou superiores do perfil laterítico e o níquel está presente na estrutura da goethita.

O Ni apresenta teores mais baixos, com média em torno de 1,21%. O ferro apresenta valores bastante elevados, enquanto que o teor de Mg é bem mais baixo, com os teores médios situando-se em torno de 49% de Fe e 2,7% de MgO.

A sílica também apresenta teores altos, com teor médio de 25%. O cobre tem teor médio de 260 ppm.

O cobalto é relativamente alto e está associado aos óxidos de ferro e manganês, atingindo teor médio de 0,12%.

RESERVAS

As reservas geológicas totais para os corpos V1 e V2, por tipo de minério estão resumidas na tabela abaixo:

TIPO DE MINÉRIO	ESP. (m)	TONELAGEM (10 ³ t)	COMPOSIÇÃO QUÍMICA				
			NI%	MgO%	Fe ₂ O ₃ %	Fe/MgO	Cu (ppm)
GARNIERÍTICO	10,61	21,690	1,80	20,51	22,48	1,10	80
LIMONÍTICO	9,37	22,280	1,21	2,71	48,93	18,06	211
TOTAL	9,99	43,970	1,50	11,49	35,88	3,12	146

BIBLIOGRAFIA

- ALVES, C. A.; BERNARDELLI, A. L. & BEISIEGEL, V. R. A Jazida de Níquel Laterítico do Vermelho, Serra dos Carajás, Pará. In: Principais Depósitos Mineraiis do Brasil, vol. II, Brasília, DNPM, 1986.
- ; —, A Jazida de Níquel Laterítico do Vermelho, Serra dos Carajás, Pará. Atas do II Simpósium Amazônico-Manaus, DNPM, 1984.
- BERNARDELLI, A. L. 1982. Depósito de Níquel Laterítico do Vermelho. In: Província Mineral de Carajás-Pará, depósitos de ferro, manganês, cobre, ouro, níquel e bauxita. Belém, SBG-Núcleo Norte, 1982, p. 87-95.
- ; MELFI, A. J.; OLIVEIRA, S. M. B. & TRESCASES, J. J. The Carajás nickel deposits. In: Laterisation Processes, IGCP-IUGS-UNESCO Proj. 129, IAGC. II Intern. Semin. on Laterisation Processes, jul. 1982. São Paulo, 1983, p. 108-118.
- RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO. 1984. Relatório Final de Pesquisa – Projeto Níquel Carajás – Minério de Níquel – Belém.

Conhecimento Atual da Jazida de Ouro de Lagoa Seca, Sul do Pará

Joaquim Antônio Salgado do Nascimento*
Denice de Oliveira Biagini

CONHECIMENTO ATUAL DA JAZIDA DE OURO DE LAGOA SECA, SUL DO PARÁ.

Joaquim Antônio Salgado do Nascimento
Denico de Oliveira Biagini

ABSTRACT

The Lagoa Seca gold deposit is situated south of the Andorinhas synformal structure, some 25 km southeast of Rio Maria, southern Pará.

Recent surveys carried out aimed at the reevaluation of the gold content and its lateral and vertical continuity, have furnished new parameters to the geological knowledge of the deposit.

Reevaluation of earlier data, detailed geologic mapping, geochemical sampling and drilling were carried out as well.

The deposit belongs to a volcano-sedimentary pile, defined as part of a greenstone belt sequence, designated earlier as Lagoa Seca Sequence by Cordeiro & Saueressig (1980) and recently named Lagoa Seca Group by Docegeo (1988). This group is represented by two lithostratigraphic units: Fazenda do Quincas Formation, which contains the gold mineralization, constituted by clastic to chemical metasediments intercalated with mafic-ultramafic rocks; and Recanto Azul Formation, formed by intermediate to acidic metavolcanic with intercalations of clastic metasediments. A sedimentary cover named Rio Fresco Group, intrusive granites and dikes (acidic and basic) compose the geological setting of the area. The gold occurs in an intensively hydrothermalized rock, with pyrite, biotite, quartz and plagioclase in shear zones. The gold is associated with sulfides, mainly pyrite (1 to 15%); with free gold occurring in the silicate gangue. Reserves in the LS-1 orebody consist of 257, 452 tons of ore grading 6.92 g/t Au. Helpful parameters were defined to improve the potential of the LS-2 orebody.

INTRODUÇÃO

A jazida de ouro de Lagoa Seca, está situada na porção basal sul da estrutura Andorinhas, a 25 Km, em linha reta, a sudeste da cidade de Rio Maria, no centro-sul do estado do Pará. O acesso à área é feito pela rodovia PA-150, percorrendo-se 13 km do trecho Rio Maria/Redenção e posteriormente, cerca de 25 Km, rumo leste, em estrada secundária (Fig. 48).

Os trabalhos de pesquisa efetuados na região, pela Rio Doce Geologia e Mineração S/A - Docegeo, foram iniciados em 1973, visando depósitos econômicos de metais básicos. Com a descoberta de mineralização aurífera na área Babaçu, em 1976, a Docegeo passou a considerar o ouro como uma de suas prioridades. Como consequência, em 1978, os levantamentos geológicos, geoquímicos e geofísicos (magnetometria e IP) levaram a descoberta de mineralização aurífera em Lagoa Seca. Foi delimitada uma faixa anômala de 750 x 100 m para ouro, com anomalias geoquímicas e geofísicas coincidentes. No período de 1979 a 1982, foram executados 4.847 metros lineares de sondagem rotativa a diamante (31 furos), visando a definição do quadro geológico local e cubagem do depósito. No início de 1983, logo após a entrega do Relatório Final de Pesquisa ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), a área foi invadida por garimpeiros, que permanecem no local até a presente data. Em 1986, após acordo com os proprietários das terras onde se encontra a jazida, os quais controlam o garimpo, foi retomada a pesquisa, objetivando reavaliar as reservas de minério aurífero, anteriormente cubadas no corpo LS-1, e verificar a continuidade lateral e vertical da mineralização. Nessa etapa, foram executados 1.834 m de sondagem (16 furos).

Na presente publicação, são apresentados os resultados da reavaliação e a geologia da jazida a nível dos conhecimentos atuais.

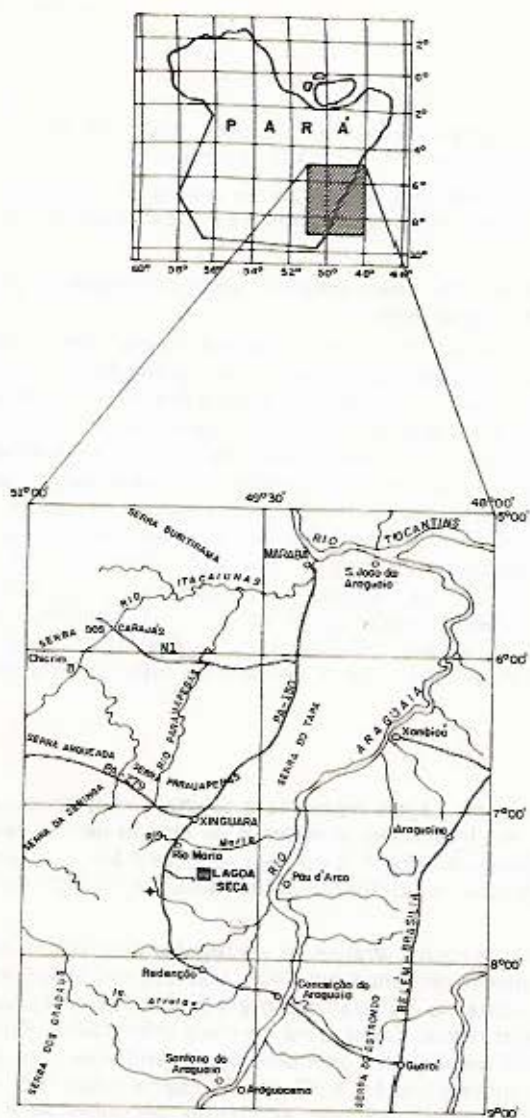


Fig 48 — MAPA DE LOCALIZAÇÃO

0 150Km

DES. ZÉLIA — JUN./88

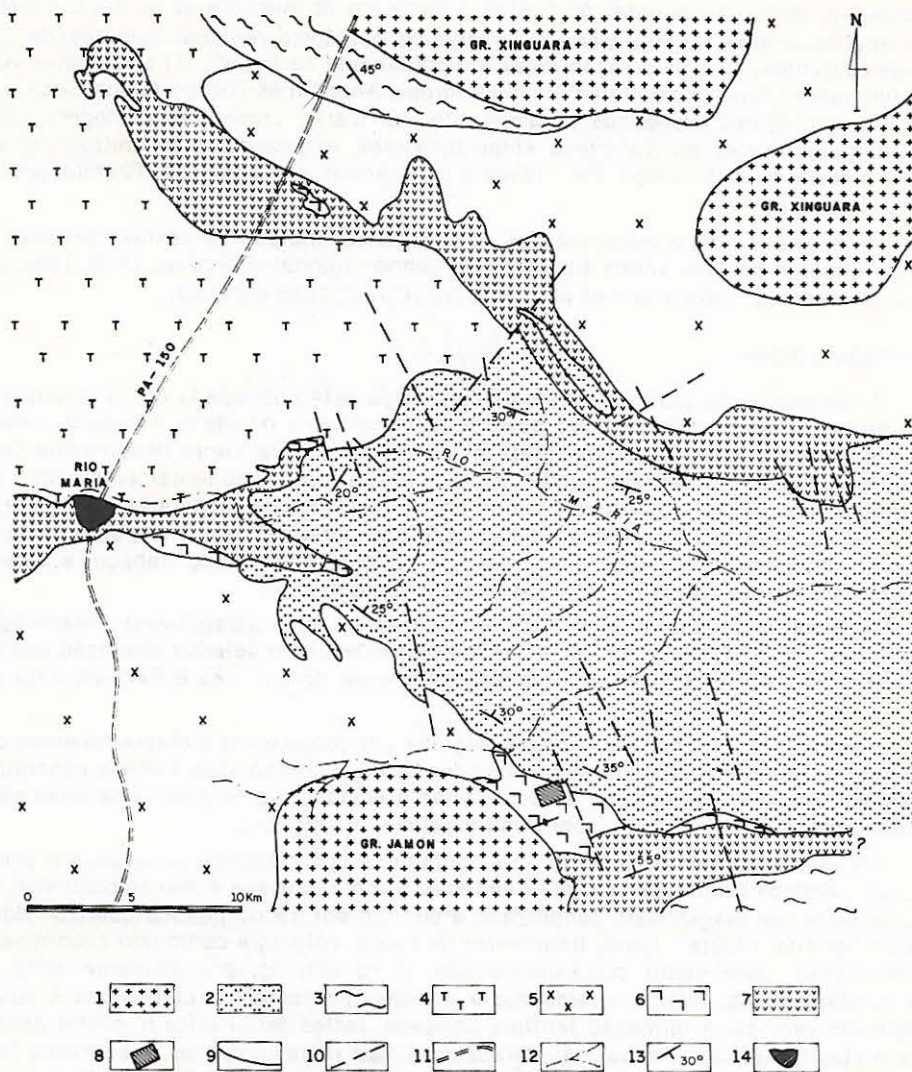


Fig.49 — MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE RIO MARIA

1 — Granitos Anorogênicos (Jamon, Xinguara) ; 2 — Grupo Rio Fresco (Metaconglomerado e Metarenito na base, Metassiltito no topo) ; 3 — Complexo Xingu (Granitoides de Composição Granodiorítica, Tonalítica e Trondhjemíticas - Migmatizados e Gnaissificados) ; 4 — Trondhjemito Mogno ; 5 — Granodiorito Rio Maria ; 6 — Grupo Lagoa Seca ; 7 — Grupo Babagu ; 8 — Área Estudada (Lagoa Seca) ; 9 — Contato Geológico ; 10 — Falha ; 11 — Estrada ; 12 — Drenagem ; 13 — Atitudes ; 14 — Cidade.

DES. ZÉLIA — JUN./88

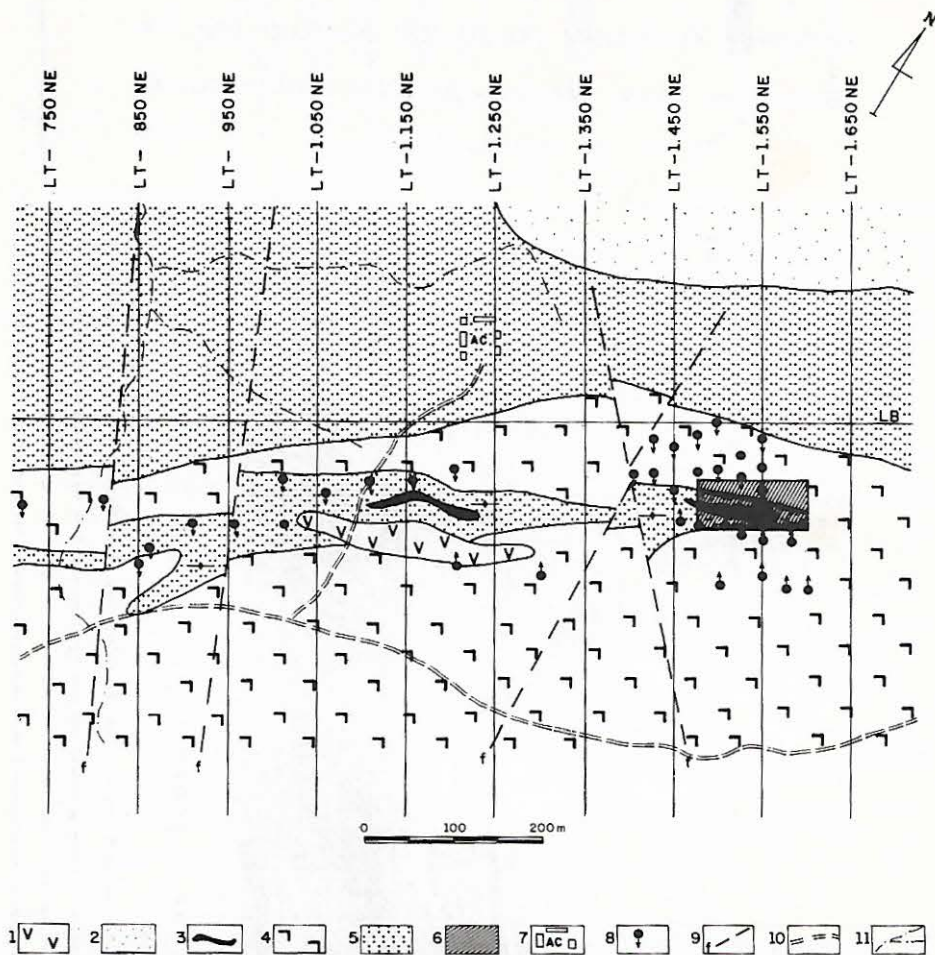


Fig. 50 — MAPA GEOLÓGICO — ÁREA LAGOA SECA

1 — Diabásio ; 2 — Grupo Rio Fresca ; 3 — Corpo de Minério, Rocha a Pirta-Biotita-Quartzo e Plagioclásio (Hidrotermalito) ; 4 — Formação Recanto Azul — Metavulcânicas, Intermediárias a Ácidas (Andesitos, Dacitos/Riodacitos) Intercalados com Metassedimentos Predominantemente Clásticos (Grauvas e Siltitos), Níveis Esporádicos de Metavulcânicas Básicas/Ultrabásicas ; 5 — Formação Fazenda do Quincas — Metassedimentos Clástico-Químicos (Metogruavaca, Metossiltito, Formação Ferrífera Bandada) Intercalados com Metavulcânicas Básicas / Ultrabásicas, Localizadamente Metavulcânicas / Subvulcânicas Intermediárias a Ácidas ; 6 — Área de Detalhe, Corpo LS-1 ; 7 — Acampamento ; 8 — Furo de Sonda ; 9 — Falha ; 10 — Estrada ; 11 — Drenagem.

DES. ZÉLIA — JUN./88

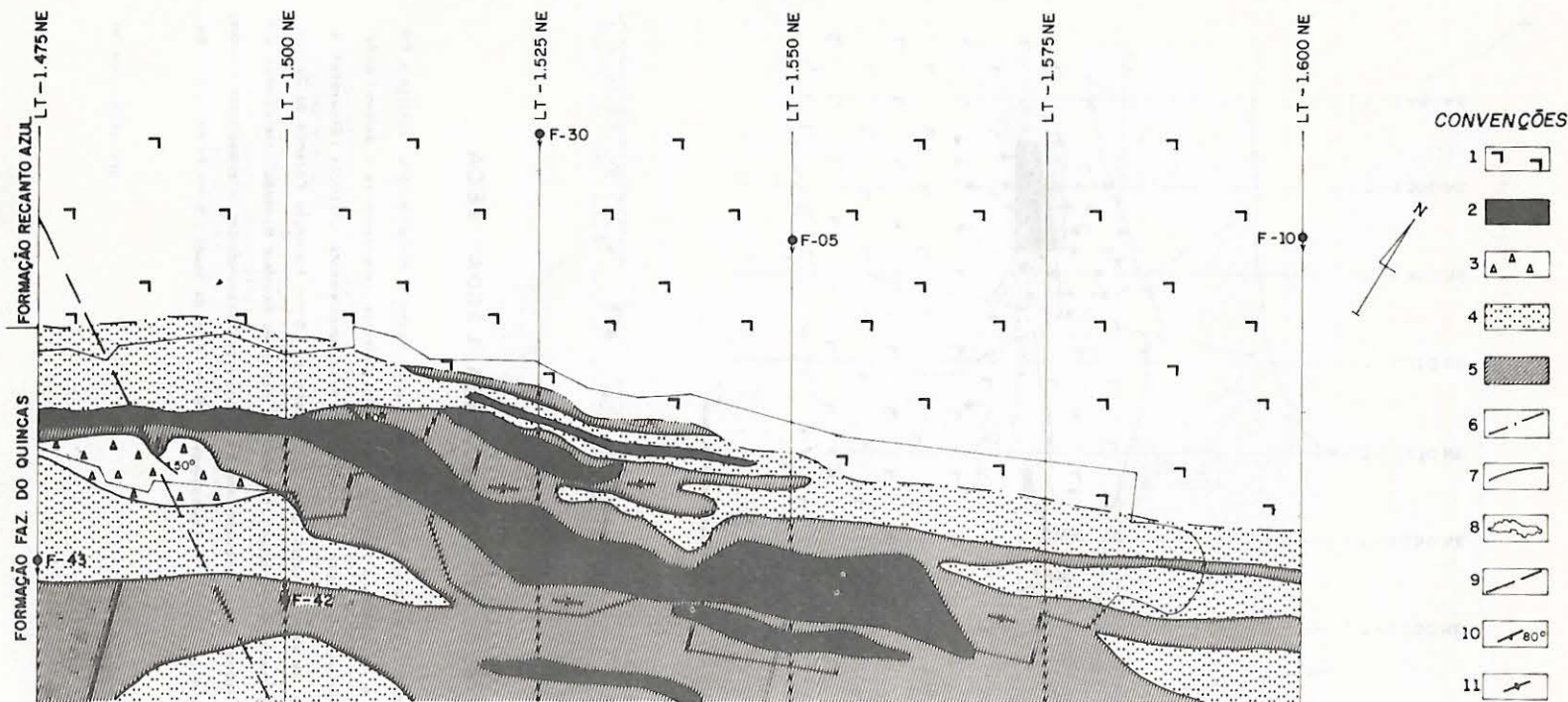


Fig. 51 — MAPA GEOLÓGICO DE DETALHE — CORPO LS-1

1 — Formação Recanto Azul (Metadesitos, Metadácitos / Metariodácitos com Intercalações de Metagrauvas e Metassiltitos); 2 — Rocha a Pirita - Biotita - Quartzo e Plagioclásio (Hidrotermalito) Sulfeto Bandado e Finamente Disseminado com Ouro Associado; 3 — Metadesito, Metadácitos / Metariodácitos; 4 — Metassedimentos Clásticos (Grauvas e Siltitos); 5 — Metavulcânicas Básicas / Ultrabásicas (Anfibólio - Talco Xisto) com Níveis de Metassedimentos Químicos Subordinados (Formação Ferrifera Bandada Fácies Óxido-Silicato); 6 — Limite entre as Formações Faz. do Quincas / Recanto Azul; 7 — Contato Geológico; 8 — Cava do Gorimpo; 9 — Falha; 10 — Foliagem; 11 — Foliagem Vertical.

**ANÁLISES QUÍMICAS DAS ROCHAS BÁSICAS-ULTRABÁSICAS
DA FORMAÇÃO FAZENDA DO QUINCAS - GRUPO LAGOA SECA**

TABELA 1

AMOSTRAS	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂ %	54,20	36,90	38,10	55,80	48,40	50,00	46,60
Al ₂ O ₃ %	3,40	5,30	2,90	5,60	5,20	15,40	11,30
CaO %	2,40	16,80	16,20	5,60	2,80	0,16	3,00
MgO %	18,40	13,00	16,00	10,90	17,90	7,90	9,90
Na ₂ O %	0,07	0,06	0,05	0,15	0,12	0,07	0,14
K ₂ O %	3,00	3,70	1,40	3,30	1,50	0,27	5,00
Fe ₂ O ₃ %	5,80	4,90	6,20	4,10	12,10	2,00	6,90
FeO %	7,68	7,39	6,82	8,82	4,83	16,21	11,09
MnO %	0,13	0,34	0,33	0,17	0,14	0,11	0,24
TiO ₂ %	0,64	0,58	0,42	0,59	0,71	0,98	0,82
P ₂ O ₅ %	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
H ₂ O %	2,80	2,28	2,82	2,45	5,75	6,66	3,39
CO ₂ %	1,12	7,75	8,00	2,06	0,09	0,09	0,08
S %	0,02	0,41	0,24	0,20	0,20	0,10	1,50
TOTAL %	99,71	99,46	99,53	99,79	99,61	99,91	100,01
Ni (ppm)	1180	1060	940	700	930	220	440
Cr (ppm)	547	684	478	410	547	273	1026

(1) AH-491 = BIOTITA + TREMOLITA + TALCO = META-ULTRABÁSICA

(2) AH-498A = BIOTITA + TREMOLITA + TALCO = META-ULTRABÁSICA

(3) AH-498D = BIOTITA + TREMOLITA + TALCO = META-ULTRABÁSICA

(4) AH-500 = BIOTITA + TREMOLITA + TALCO = META-ULTRABÁSICA

(5) AH-501 = BIOTITA + TREMOLITA + TALCO = META-ULTRABÁSICA

(6) AH-505 = EPIDOTO + CLORITA + SERICITA = META-BÁSICA

(7) AH-511 = BIOTITA + ACTINOLITA = META-BÁSICA



Foto 1 – Rocha a pirita-biotita-quartzo-plagioclásio (Hidrotermalito), sulfeto bandado e finamente disseminado, pirita (py) \pm 15% com ouro (Au) associado.

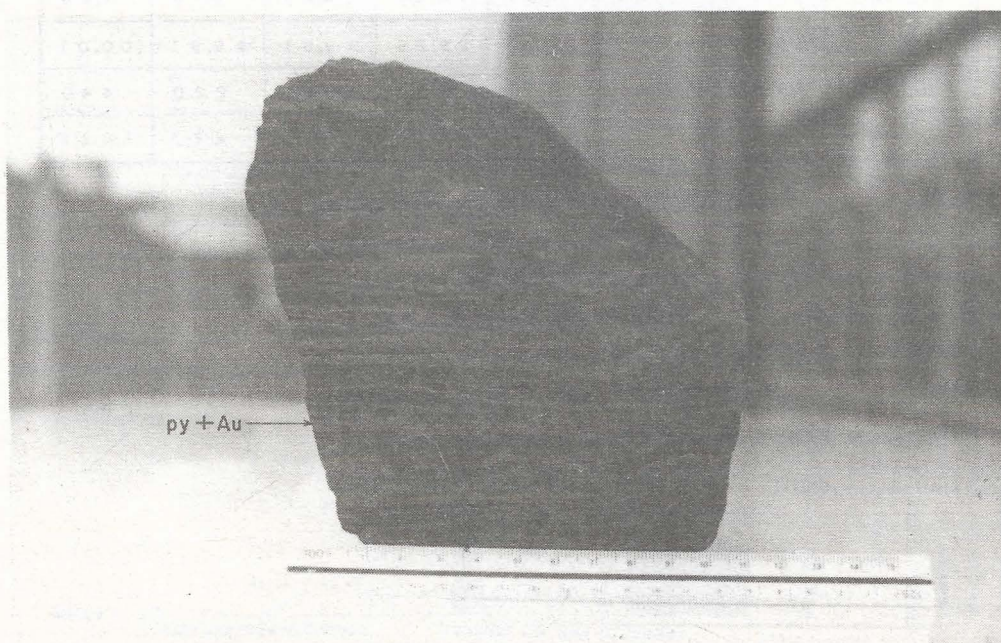


Foto 2 – Hidrotermalito (Amostra polida), aspecto bandado refletindo cisalhamento, alternância de níveis piritosos (py) com ouro (Au) e níveis escuros constituídos de biotita, quartzo e plagioclásio.

Os termos mais ácidos das metavulcânicas, que variam dentro dos limites dacito e riodacito, apresentam uma coloração cinza a rósea, textura pórfira a porfírica, com predominância de fenocristais de plagioclásio sericitizado, e raros de microclínio. A matriz, geralmente, afanítica é constituída de plagioclásio, quartzo e K-feldspato. Turmalina, clorita, epidoto e opacos são os acessórios principais. Os metandesitos, de ocorrência subordinada, apresentam granulação fina e são constituídos por plagioclásio (sericitizado ou saussuritizado) e anfibólio (cloritizado), além de quantidades subordinadas de quartzo e feldspato potássico; epidoto, apatita e opacos ocorrem como acessórios; localizada-mente, apresentam níveis ricos em carbonatos e intensa epidotização. O quartzo e o plagioclásio, por vezes, concentram-se junto ao epidoto, possuindo então uma granulação mais desenvolvida de formas anédricas. Os metassedimentos são predominantemente clásticos (metagrauvaca e metassilito) e constituídos por quartzo, plagioclásio, biotita e clorita. As metavulcânicas básicas/ultrabásicas são similares aquelas que ocorrem na Formação Fazenda do Quincas, porém de ocorrência muito restrita.

ASPECTOS TECTÔNICOS/ESTRUTURAIS

Os corpos de minério estão relacionados a uma zona de cisalhamento com extensão aproximada de 1 Km e espessura média de 40 m, evidenciada por intensa milonitização, silicificação e carbonatação. A coleta sistemática de dados estruturais, na escavação garimpeira, revelou uma macroestruturação N60°E e feições de cisalhamento expressivas.

A alternância de rochas metabásicas/ultrabásicas milonitizadas, mostrando associações mineralógicas pré-milonitização com níveis de rochas à pirita-biotita-quartzo-plagioclásio (hidrotermalitos), com textura milonítica marcante, sem preservação da mineralogia pré-deformação, evidencia a íntima associação de protomilonitos com milonitos, denunciando deformação por cisalhamento simples. Em alguns locais ocorre textura brechóide, com fraturas preenchidas por carbonato e quartzo. Foram observadas três superfícies marcadas por orientação mineral: (1) A mais penetrativa (S1) apresenta direção N70°E e está relacionada ao dobramento principal (Dn), do tipo isoclinal com plano axial subvertical a vertical; (2) Na porção leste da cava, uma foliação (S2) oblíqua ao plano (S1); (3) Na porção oeste, uma foliação cataclástica marcada pelo estiramento de pequenos porfiroclastos de quartzo, relacionado a falhamento N55°W. Foram caracterizadas ainda quatro lineações (N70°E/25°, S80°W/10°, N70°W/40°, N70°E/70°) definidas por orientação mineral, estiramento e intersecção. Foram identificados cinco sistemas principais de fraturas, desenvolvidas em função dos esforços de compressão e tração (N42°E/90°; NS/25°W; N20°W/50°W; NS/10°E; N50°W/90°). Falhamentos norte-sul, são frequentes e parecem influenciar no deslocamento da zona de minério.

Estudos visando a montagem do modelo geomecânico local, bem como a definição do significado regional da "shear zone" ainda estão em andamento.

MINERALIZAÇÃO

A mineralização consiste de ouro fino (0,0002 a 0,040 mm) associado à pirita (inclusões ou microfraturas) e, eventualmente, à ganga silicatada das rochas referidas como hidrotermalito. Tais rochas atestam que a mineralização está relacionada a mais de um episódio de fraturamento, percolação/interação de fluídos com rochas, seletivamente, cisalhadas, alteradas e mineralizadas. A mineralogia e composição química original dos hidrotermalitos foi profundamente modificada por processos hidrotermais, de tal forma que a identificação da rocha pré-deformação ainda está em aberto. A íntima associação entre ouro e sulfeto de Fe sugere interação fluída com rochas ricas em Fe. Além disso, o fato do depósito estar relacionado a um sistema hidrotermal, permite inferir que as rochas mais competentes e reativas seriam hospedeiras preferenciais.

Neste contexto, relativamente às demais litologias, tanto as básicas/ultrabásicas, quanto as formações ferríferas, podem ser inferidas como prováveis hospedeiras da mineralização principal. Nas zonas mais ricas, a rocha mostra um aspecto "bandado", que poderia ser atribuído somente aos processos de milonitização (bandamento milonítico). No entanto, a partir de evidências encontradas em testemunhos de sondagem (F. 39 e 45/LS), tais como pequenos níveis de formação ferrífera bandada, com ocorrência de pirita, na intersecção das lâminas de magnetita com microfraturas, bem como constatação

de lâminas descontínuas de magnetita, mostrando passagem brusca para lâminas com pirita, pode ser levantada a hipótese de que o minério poderia ter resultado, pelo menos em parte, pela sulfuração de formação ferrífera facies óxido (Phillips e Groves, 1984), por processos hidrotermais em zonas de cisalhamento. Por outro lado, a escassez de metabásicas nas faixas mineralizadas, aliada ao fato que em grande número de exemplos publicados de mineralizações auríferas de seqüências "greenstone", metabásicas são hospedeiras preferenciais, relativamente às ultrabásicas, devido apresentarem maiores razões Fe: Mg e competência, também pode ser cogitado o hidrotermalito às expensas de básicas. A constante inter-relação espacial dos nêveis mais ricos com metaultrabásicas (foto 03), parcialmente hidrotermalizadas, levaram à interpretação de que o hidrotermalito poderia ser um estágio avançado de alteração da mesma, mas, considerando o acima exposto, é mais provável que esta se constitua apenas na encaixante principal da hospedeira, podendo ser uma possível fonte de ouro.

Localizadamente, no contato das félsicas com demais tipos litológicos (foto 04), observa-se a presença de mineralização com altos teores esporádicos e erráticos, os quais não foram considerados na cubagem, mas podem ser sintomáticos de que o papel dessas rochas pode ter sido relevante nos processos mineralizantes. Também ocorrem pequenos nêveis quartzo-feldspáticos, estéreis, truncando o hidrotermalito mineralizado, evidenciando um aporte sílico-potássico tardio, possivelmente, relacionado a intrusões de granitóides. O granito Jamon que aflora a aproximadamente 1 Km da zona mineralizada, desenvolveu uma auréola de metamorfismo de cerca de 1 Km em planta (Dall'Agno, 1985), mas ainda não está definido o papel deste corpo no contexto da jazida.

Para efeito de cubagem, foram considerados dois tipos de minério. O principal minério é uma rocha composta por 10 a 15% de pirita fina (disseminada e/ou em bandas), biotita, quartzo e plagioclásio (oligoclásio), produto da ação intensa de soluções hidrotermais em "shear zone", denominado genericamente de hidrotermalito (Fig. 52). O ouro ocorre incluso na pirita e disperso na ganga silicatada. O minério secundário é constituído de diferentes tipos litológicos (metassedimentos, metabásica/ultrabásica) proximais aos principais condutos dos fluídos hidrotermais e fracamente afetados pelas soluções mineralizantes, apresentando ao contrário do hidrotermalito, variações nos teores auríferos, ao longo dos furos, ou entre seções. A pirita fina à grosseira, ocorre geralmente disseminada e em proporções mais modestas (3-5%) e o ouro, apesar de pouco estudado nesse tipo de minério, mostra um comportamento semelhante ao tipo principal.

CUBAGEM DA JAZIDA (CORPO LS-1)

A faixa mineralizada da área Lagoa Seca (750 m) na primeira avaliação foi dividida em duas partes que passaram a ser referidas como Corpo LS-1 e Corpo LS-2. Na etapa de reavaliação, as atividades concentraram-se no Corpo LS-1. Foi observado o espaçamento das seções de sondagem em 25 m e locados, no mínimo dois furos por seção, totalizando 1.834 m (16 furos). Esses furos foram inclinados (40 - 65°) e, as reais direções e inclinações foram determinadas através do aparelho reflex Fotobor (DDI). Os testemunhos de sondagem foram serrados ao meio, no sentido longitudinal, e uma metade utilizada na amostragem. As amostras foram separadas em intervalo de 1,00 m. As análises foram executadas pelo LABEL (laboratório da Docegeo-Belém), por absorção atômica, abertura em água régia e solubilização com HCL 10%. Visando maior precisão e confirmar os resultados obtidos por absorção atômica, foram selecionados trechos mineralizados de todos os furos, e analisados também por fusão e copelação.

Foram coletadas 0,6 toneladas de minério aurífero de alto teor (hidrotermalito) e enviadas a superintendência de tecnologia (SUTEC) da CVRD, em Belo Horizonte-MG, para testes de beneficiamento.

A densidade média do minério aurífero (2,93 g/cm³) utilizada no cálculo da cubagem, foi realizada em amostras de furos de sonda, pelo método da balança hidrostática. As reservas foram calculadas pelo método das seções verticais e, posteriormente, pelo inverso do quadrado da distância, utilizando-se o "software" PCMine. Pelo método das seções verticais foram calculadas 257.442 ton, com 1.782.520 g de Au contido (teor médio 6,92 g/t) sendo que pelo PCMine (IQD) foram computadas 313.717 ton com 1.867.810 g de Au contido (teor médio 5,95 g/t).

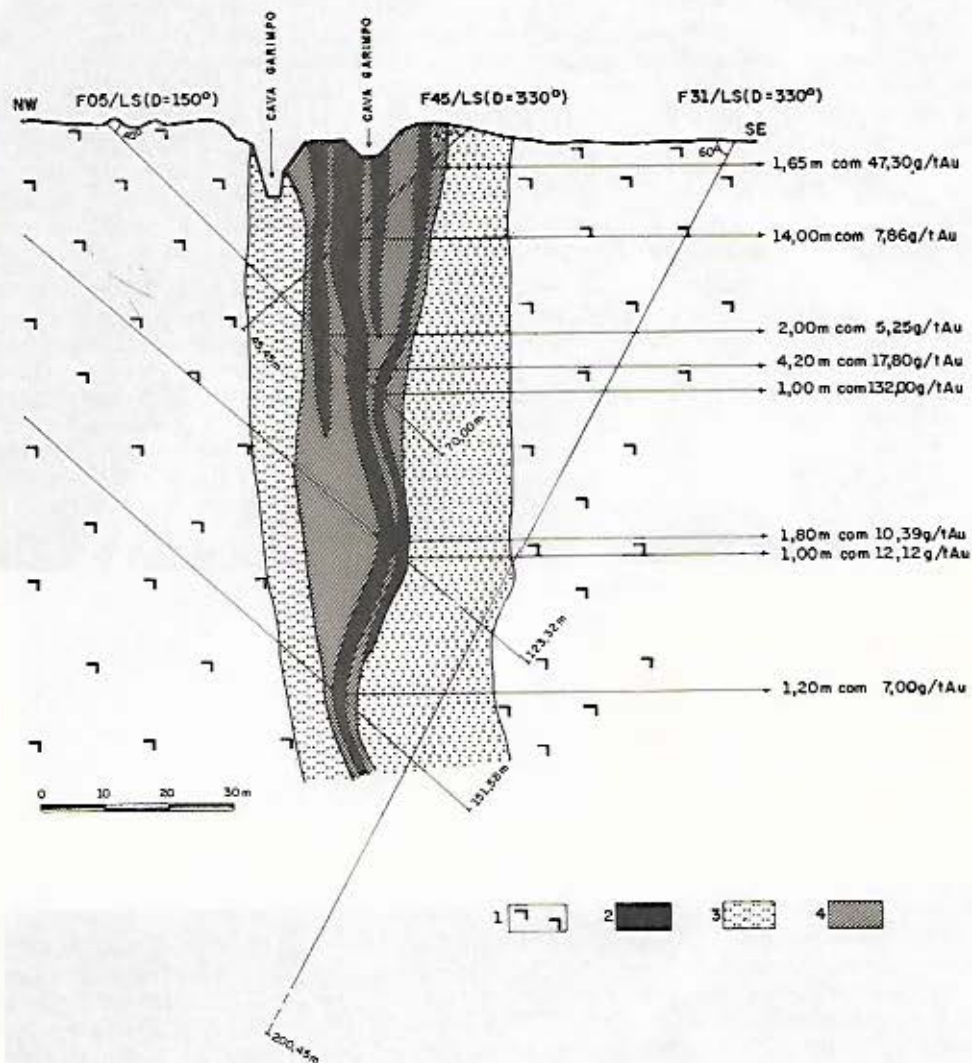


Fig.52 — SEÇÃO LT-1.550 NE , CORPO LS-1

1 — Metadesitas, Metariodacitos/Metadacitos, Intercaladas com Metagrauwacas e Metassiltitos; 2 — Rocha a Pirita, Biotito, Quartzite e Plagioclasia (Hidrotermalito), Sulfato Bandado e Disseminado com Ouro Associado; 3 — Metagrauwacas e Metassiltitos Intercalados; 4 — Metavulcânicas Básicas e Ultrabásicas (Anfibólio - Talco Xisto) com Níveis Esperádicos de Formação Ferrifera Bandada, Fácies Óxido-Silicato.

DES. ZÉLIA — JUN / 88

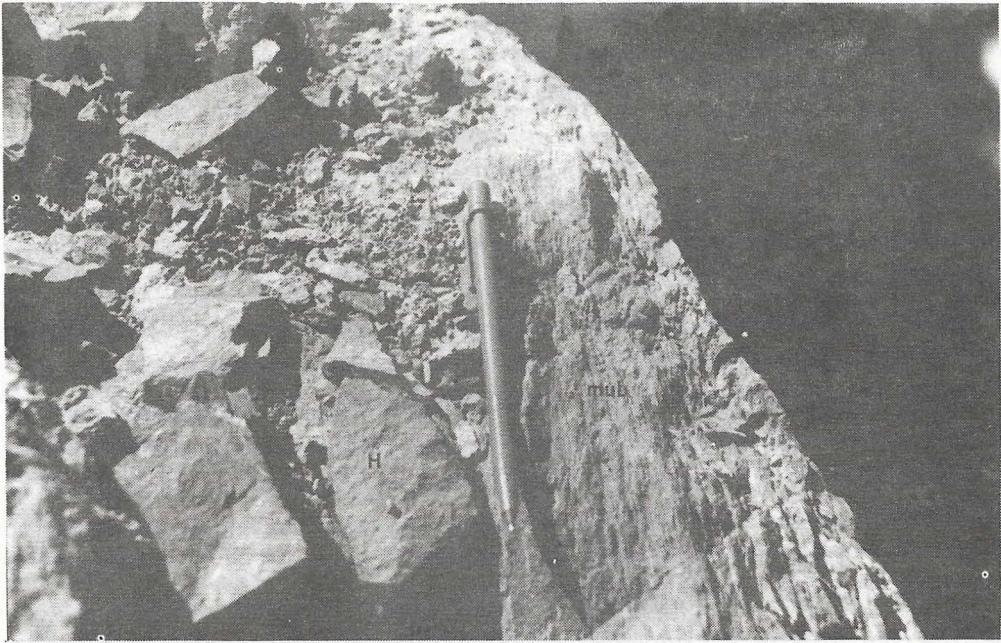


Foto 3 – Contato metaultrabásica (Mub)/hidrotermalito (H).



Foto 4 – Contato metaultrabásica (Mub)/metadacito (Mda).

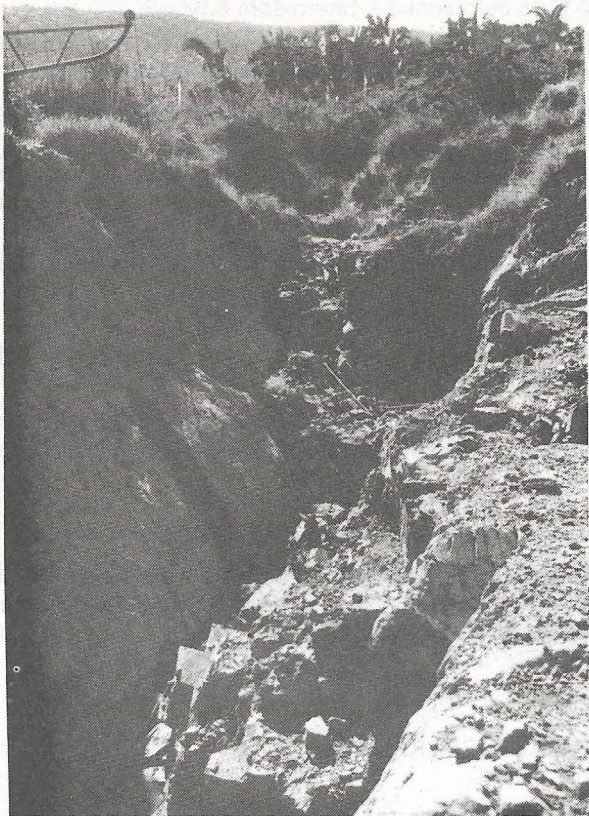


Foto 5 – Vista da cava do garimpo de Lagoa Seca, porção este, as paredes anostomosadas refletem o cisalhamento.

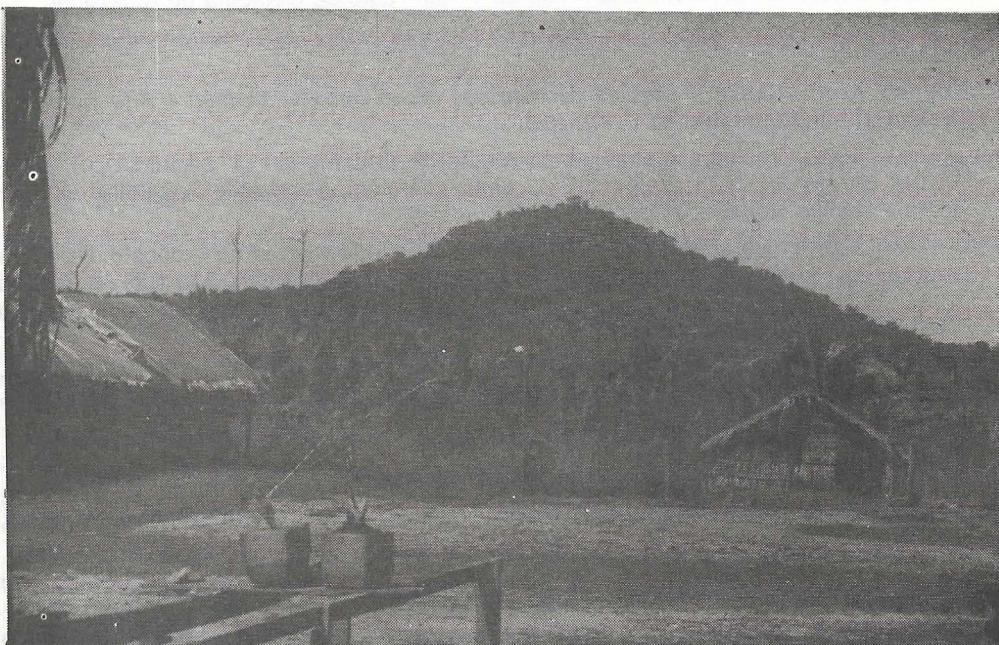


Foto 06 – Vista parcial do acampamento da área Lagoa Seca, ao fundo o granito Jamon.

CONCLUSÕES

O conhecimento atual da jazida de ouro de Lagoa Seca nos permite concluir que:

- a reserva do Corpo LS-1 da jazida de ouro Lagoa Seca é da ordem de 257.442,00 toneladas de minério com 1.782.520 g de ouro contido, teor médio 6,92 g/t;
- os corpos de minério estão relacionados a uma zona de cisalhamento de direção aproximada N60°E, evidenciada por intensa milonitização, silicificação e carbonatação;
- o controle principal da mineralização está relacionado com a intensidade dos processos de alteração hidrotermal;
- a mineralização principal ocorre associada à pirita e a ganga silicatada de rocha totalmente hidrotermalizada (hidrotermalito) caracterizada por uma assembléia à pirita, biotita, quartzo e plagioclásio;
- as paragêneses mineralógicas definidas nos diferentes litotipos indicam metamorfismo de facies xistos verdes e seletiva alteração hidrotermal superimposta;
- análises químicas preliminares confirmaram, através dos teores de MgO, Al₂O₃, Cr e Ni a natureza básica/ultrabásica das lavas da Formação Fazenda do Quincas, as quais são as principais encaixantes do minério de alto teor;
- dados de campo e petrográficos, mostram o caráter vulcânico/subvulcânico das rochas fílicas, com diferenciação intermediária a ácida, representada pela associação andesito, dacito/riodacito.

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossos agradecimentos a Rio Doce Geologia e Mineração S.A.

- DOCEGEO, pela liberação dos dados e a todos os colegas de empresa que, direta ou indiretamente, deram seu apoio à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDELLI, A. L., coord. 1982. *Província Mineral de Carajás-Pará: depósito de ferro, manganês, cobre, ouro, níquel e bauxita*. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte. 104 p. Anexo aos Anais do 1º Simpósio de Geologia da Amazônia.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. 1984. *Léxico estratigráfico do Brasil*. Brasília, 590 p.
- CORDEIRO, A. A. C. 1978. *Pesquisa de ouro das áreas Babaçu, Mamão e Alto Goiaba - Belém*. Relatório Interno da DOCEGEO.
- _____. 1982. Geologia preliminar da região de Andorinhas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1, Belém, 1982. *Anais ...* Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte. v. 1, p. 45-9.
- _____. & MARTINS, L. P. B. 1984. Ocorrências de pillow lavas no greenstone belt de Andorinhas - PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro 1984. *Resumos, Breves Comunicações, Cursos, Excursões e Mesas Redondas*. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 148-9.
- _____. & SAUERESSIG, R. 1980. *Serra das Andorinhas: Geologia e principais ocorrências de ouro*. Belém, DOCEGEO. Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Geologia, 31., Camboriu-SC, 1980.
- _____.; ALVES, G. A.; FONSECA, L. R.; NASCIMENTO, J. A. S.; AZEVEDO I. L. de; SANTOS, F. F. dos. 1984. Pesquisa Geológica da jazida de wolframita da Pedra Preta, Rio Maria-PA. In: SYMPOSIUM AMAZÔNICO, 2., Manaus, 1984. *Anais ...* Manaus, DNPM. p. 375-9.
- DALL'AGNOL, R.; SCHENATO, C. A.; CORDEIRO, A. A. C.; SCHELLER, T. 1985. Efeitos do contato do maciço granítico Jamon na seqüência Lagoa Seca (Sudeste do Pará). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2., Belém, 1985. *Anais ...* Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte. v. 2, p. 33-52.

- GUHA, J.; ARCHAMBAULT, G.; LEROY, J. 1983. A correlation between the evolution of mineralizing fluids and the geomechanical development of a shear zone as illustrated by the Henderson 2 Mine, Quebec. *Econ. Geol.* 78 (8): 1605-18. Dec.
- HUHN, S. R. B.; SANTOS, A. B. S.; AMARAL, A. F.; LEDSHAM, E. J.; GOUVÊA, J. L.; MARTINS, L. P. B.; MONTALVÃO, R. G. M.; COSTA, V. G. 1988. O terreno "granito greenstone" da região de Rio Maria, sul do Estado do Pará. Belém, DOCEGEO. Trabalho elaborado para o XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA.
- MENDES, J. C. 1986. Evolução da classificação estratigráfica. *Rev. Bras. Geoci.* 16 (4): 371-2, dez.
- PHILLIPS, G. N. 1983. The importance of host - rock mineralogy in the location of archaean epigenetic gold deposits. *Sper. Publ. Geol. Soc. Afr.* 7: 79-86.
- ; GROVES, D. I.; MARTYN, J. E. 1984. An epigenetic origin for archaean banded iron-formation - hosted gold deposit. *Econ. Geol.* 79 (1): 162-171, jan/feb.
- RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO. 1982. *Relatório Final de Pesquisa, área Pedra Preta*. Belém. 3v.
- . 1987. *Jazida de ouro de Lagoa Seca: reavaliação das reservas - Corpo LS-1. Projeto PE-25*. Belém. 5v. Relatório Interno.
- . 1987. Lithostratigraphic review of the Carajás District and southern Pará-Brasil. In: IUG. Precambrian evolution of this Amazonian region, Carajás, 1987. Final meeting of the working group. Extended abstract. Carajás p. 11-19.
- . 1988. Revisão litoestratigráfica do distrito de Carajás, Pará. Belém. Trabalho elaborado para o XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA.
- TEIXEIRA, J. B. G. 1986. *Estudo da jazida Lagoa Seca - Au - Estado do Pará - Corpo LS-1*. Salvador. Relatório Interno da DOCEGEO.

Deposito de Wolframita de Pedra Preta, Sul do Pará

Armando Alvares de Campos Cordeiro*
Carlos Alberto da Silva Alves*
Denice de Oliveira Biagini*
Lucival Rodrigues da Fonseca*
Joaquim Antônio Salgado do Nascimento*
Ilóé Listo de Azevedo*
Flávio Fernandes dos Santos*

DEPÓSITO DE WOLFRAMITA DE PEDRA PRETA, SUL DO PARÁ

Armando Alvares de Campos Cordeiro
Carlos Alberto da Silva Alves
Denise de Oliveira Blagini
Lucival Rodrigues da Fonseca
Joaquim Antônio Salgado de Nascimento
Ilóé Listo de Azevedo
Flávio Fernandes dos Santos

ABSTRACT

The Petra Preta wolframite orebody is located 30 Km southwest of Rio Maria, in southern Pará State.

Drilling and mapping works were done by DOCEGEO, with the objective of estimating ore reserves.

The local geology was subdivided into five units: Quartz Veins, Musa Granite, Xingu Complex, Rio Maria Granodiorite and greenstone belt sequence of the Andorinhas Supergroup.

The wolframite (ferberite) mineralization is in quartz veins cutting quartzose metasediments and in its contacts, usually recrystallized whose medium grade will allow the exploitation of the mineralized assemblage. The quartz veins discordantly cut all the volcano-sedimentary sequence (Babaçu and Lagoa Seca groups), are very irregular and stockwork mineralizations are common.

The estimating ore reserves were concentrated in the central part of the principal quartz vein and allowed the calculation of 508.300 ton of ore, with 1,01% WO_3 medium grade.

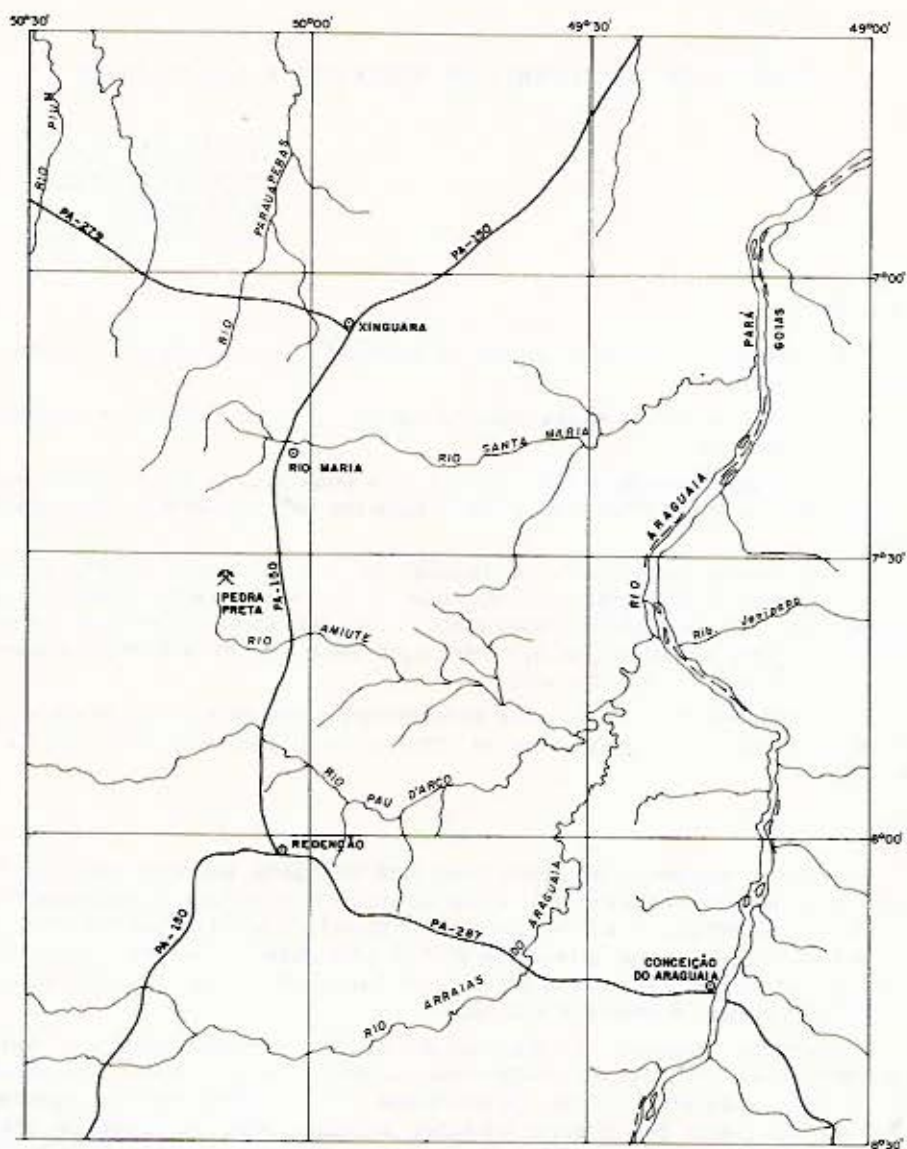
RESUMO

A jazida de wolframita de Pedra Preta está localizada, em linha reta, a 30 Km a sudoeste da sede do município de Rio Maria, sul do Estado do Pará, à margem esquerda do rio Amituté ou Salobro. O acesso pode ser feito, até 30 Km a sul de Rio Maria, pela rodovia asfaltada PA-150; daí, através de 22 Km, para oeste, de estrada vicinal. A rede elétrica, montada a partir da central geradora de Tucuruí, foi implantada às margens da rodovia PA-150 e, hoje, já abastece a região.

A geologia regional, genericamente, pode ser sintetizada em terrenos granito-greenstones (Supergrupo Andorinhas, Granodiorito Rio Maria, Trondhjemitó Mogno, Tonalito Parazônia), rochas gnaissificadas do Complexo Xingu e sedimentos platformais do Grupo Rio Fresco, unidades afetadas pelas intrusões de granitos anorogênicos, a exemplo dos batólitos Musa, Jamon, Bannach, Seringa, Carajás, etc..., de idades (U/Pb) variando em torno de 1.800 Ma.

O quadro geológico local pode ser dividido em 05 (cinco) unidades principais: Veios de Quartzo, Granito Musa, Complexo Xingu, Granodiorito Rio Maria e Supergrupo Andorinhas. Os veios de quartzo são relacionados à intrusão do Granito Musa e estão mineralizados a wolframita; o Granito Musa, com 25 Km de diâmetro, é um hornblenda-biotita granito com idade (U/Pb) de 1.853 ± 13 Ma (Machado, N. et al. 1988); o Complexo Xingu, aflorante na porção sul da área, é representado por gnaiss granodiorítico; o Granodiorito Rio Maria, um biotita-hornblenda-granodiorito, foi datado (Rb/Sr) em 2.600 Ma (Montalvão, R. et al. 1984); e o Supergrupo Andorinhas é representado pelos Grupos Babaçu (metabasaltos, talco-xistos, bif magnéticos) e Lagoa Seca (metassiltitos, metadacitos, metabasaltos).

O minério de wolframita da jazida Pedra Preta é formado pelo conjunto veio de quartzo + encaixante recrystallizada e mineralizada, de acordo com observações feitas nas catas do garimpo e nos furos de sonda. Esse sistema filoneano pode ser classificado como "veios compostos entrelaçados", segundo o modelo de Jensen e Bateman (1979).



MAPA DE LOCALIZAÇÃO
JAZIDA DE WOLFRAMITA DA PEDRA PRETA

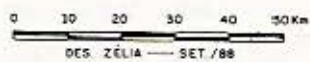
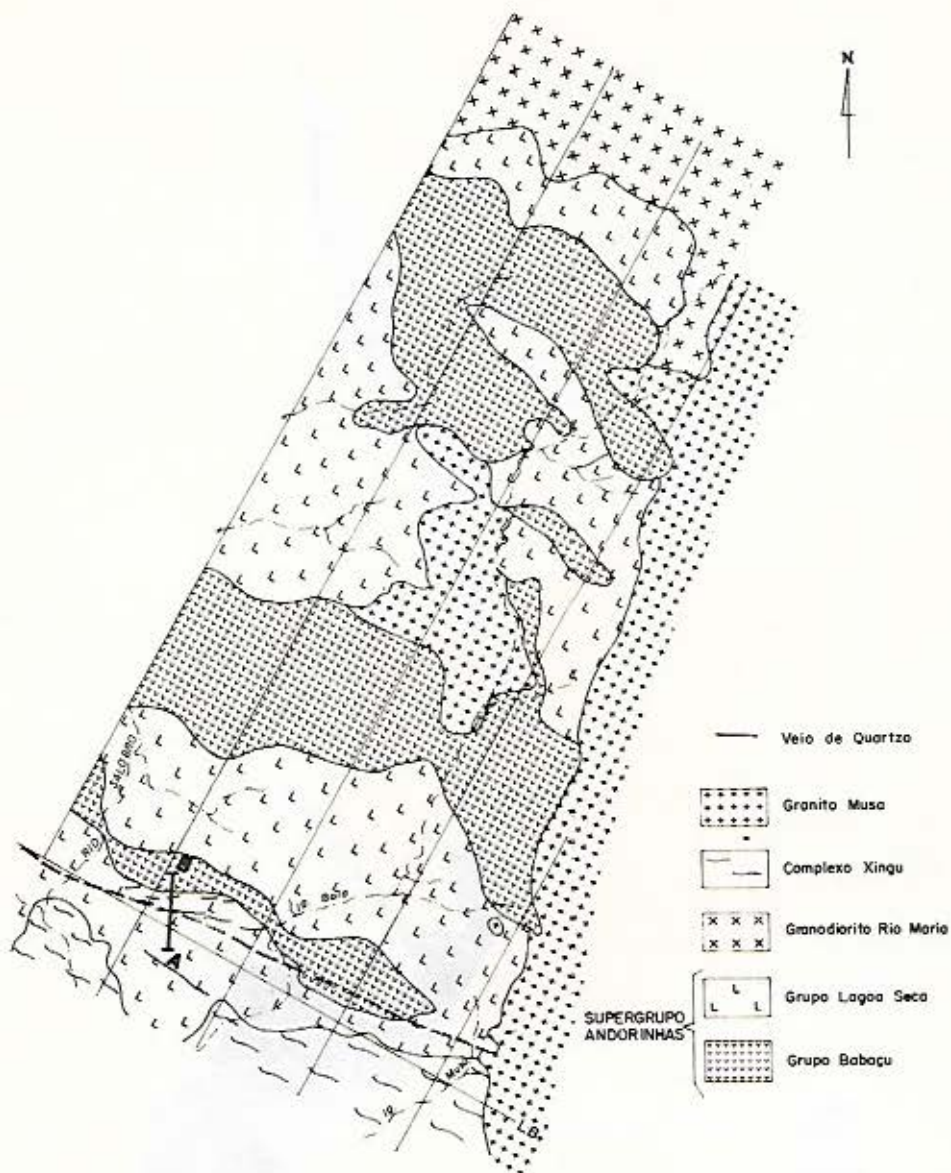
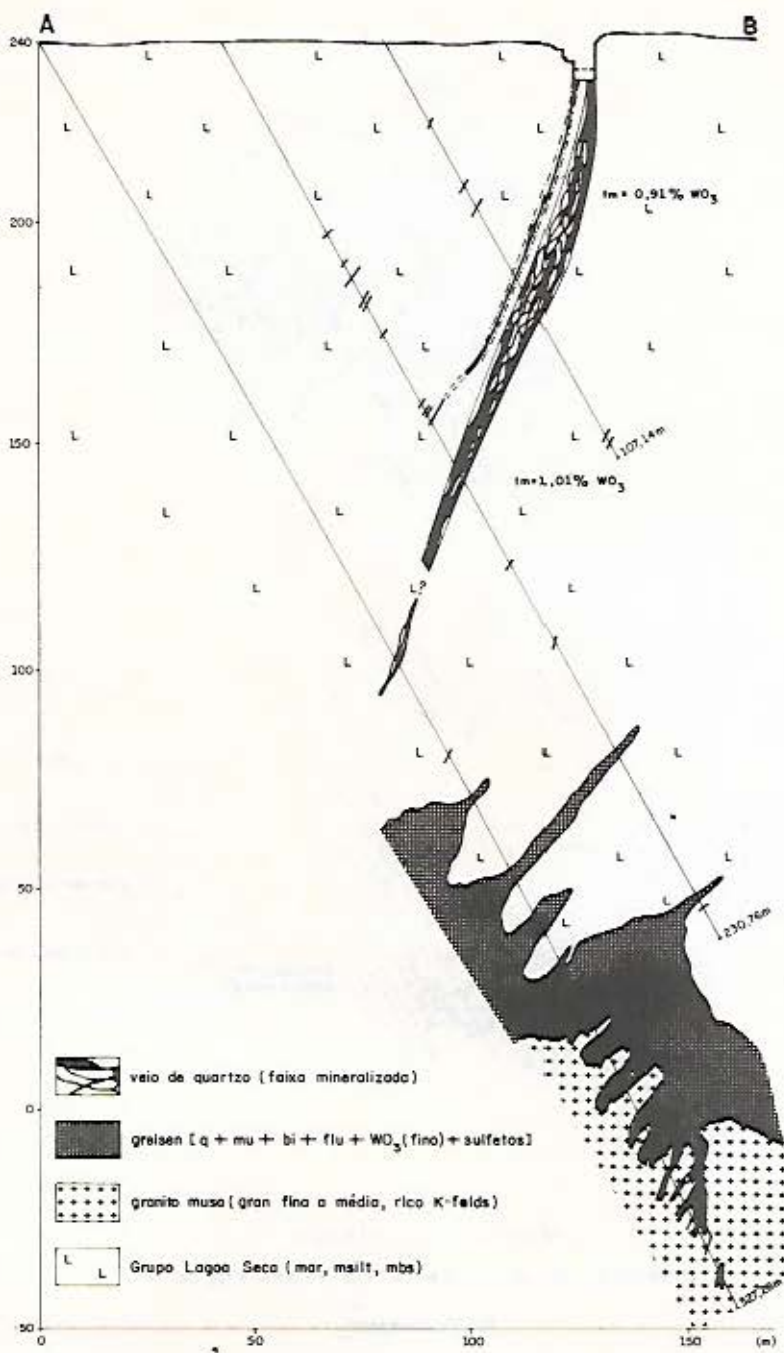


Fig. 53



MAPA GEOLÓGICO
JAZIDA DE WOLFRAMITA DA PEDRA PRETA

Fig. 54



SEÇÃO GEOLÓGICA VERTICAL \overline{AB}
 JAZÍDA DE WOLFRAMITA DA PEDRA PRETA



Fig. 55

Ao longo dos filões pode-se observar as presenças de topázio, turmalina, wolframita, fluorita e sulfetos (pirita, pirrotita, calcopirita, molibdenita e bismutinita). As dosagens químicas, efetuadas na wolframita, indicaram uma baixa relação manganês/ferro e a classificam como ferberita.

Foi bloqueado um total de 508.300 toneladas de minério de tungstênio, com 5.150 toneladas de concentrado de WO_3 contidas, equivalendo a um teor médio de 1,01% WO_3 .

BIBLIOGRAFIA

- BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL, *Anuário Mineral Brasileiro 1981*. Brasília, 1982.
- . *Balanço Mineral Brasileiro*. Brasília, 1980. 2v.
- . PROJETO RADAM, *Folha SB. 22 Araguaia e parte da folha SC. 22 Tocantins: geologia, geomorfologia, solos, vegetal e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, 1974. (Levantamento de Recursos Naturais, 4).
- COMPANHIA VALE DO RIO DOCE. DETEG. *Estudos de caracterização e concentração do minério de tungstênio*. 1980, 53p.
- . *Plano de aproveitamento econômico da jazida de Pedra Preta*. Ago. 1984. v.1.
- . *Projeto Wolframita de Pedra Preta; plano de aproveitamento econômico*. Maio 1984. 157p.
- CORDEIRO, A. A. C. & SAUERESSIG, R. *Serra das Andorinhas: geologia e principais ocorrências de ouro*. Belém, DOCEGEO, 1980. (Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Geologia, 31., Camboriú, SC).
- . 1985. *Jazida de Tungstênio da Pedra Preta: Reavaliação de Reservas - Docegeo - Belém - 1985*.
- GASTAL, M. do C. P. 1987. *Maciço Granítico Musa: mapeamento, petrologia e petroquímica*, Rio Maria, SE do Pará. Belém, UFPa. Centro de Geociências. 327p.
- MARTINS, M. J. G. *Tungstênio: situação do mercado atual e futuro*. Rio de Janeiro, DOCEGEO. 33p.
- RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO. *Relatório final de Pesquisa, área Pedra Preta*. Belém, 1982. 4v.
- . *Revisão Litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás*. (trabalho apresentado no XXXV Congresso Brasileiro de Geologia - Belém - Pará - 1988).
- SANTOS, J. F. 1987. *Tipologia e Gênese do Depósito de Tungstênio da Pedra Preta-Pa* (Dissertação de mestrado - 1987).