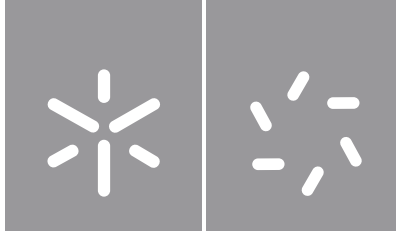


**Universidade do Minho**  
Escola de Ciências

Rosária Agostinho Manuel Inglês

**Estrutura e Paragenese de depósitos  
minerais de Mn e Fe situados a Norte  
do rio Cuanza, Angola**





**Universidade do Minho**

Escola de Ciências

Rosária Agostinho Manuel Inglês

**Estrutura e Paragenese de depósitos  
minerais de Mn e Fe situados a Norte  
do rio Cuanza, Angola**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Geociências  
Ramo Valorização dos Recursos Geológicos

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Dr. Carlos Augusto Alves Leal Gomes**  
e do  
**Dr. André Francisco Buta Neto**

## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

*Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



**Atribuição  
CC BY**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus, o todo-poderoso, pelas bênçãos e proteção para chegar até este momento. À família pelo apoio incondicional durante essa trajetória académica. Ao meu Orientador Doutor Carlos Augusto Alves Leal Gomes, o meu Muito Obrigado pela ajuda que só Deus poderá pagar, pela dedicação, empenho e pelo conhecimento transmitido.

Ao Ministério dos recursos minerais, petróleo e gás, na pessoa e Coorientador Doutor André Buta Neto, por ter ajudado a dar o primeiro passo nessa Jornada, pela disponibilidade e confiança.

Agradeço também à Empresa Kitota Mn Limitada, na pessoa do Sr. Doutor Hélder Milagre pelo apoio e a oportunidade do estágio e ao Geólogo Miguel Sérgio pela disponibilidade, ajuda e um Muito Obrigado pelo companheirismo durante os trabalhos de campo.

Este trabalho beneficiou muito com os esclarecimentos sobre Geologia Regional de Angola, prestados pelo Doutor José Feliciano Rodrigues do Laboratório Nacional de Energia Geologia de S. Mamede de Infesta, Porto, Portugal e com o apoio laboratorial em mineralogia e petrologia proporcionado pelo Doutor Jorge Amaral Ferreira do mesmo laboratório. A ambos manifesto os meus mais sinceros agradecimentos.

Um agradecimento muito sincero é também devido à Dr<sup>a</sup> Elsa Ribeiro do Laboratório de Microscopia Electrónica de Varrimento do Ave Park nas Taipas, Distrito de Braga, pela assistência e apoio aos trabalhos de análise de imagens e análises químicas pontuais.

Devo ainda um agradecimento a todos quantos de forma direta (em especial, Lutete Daniel Lenda e Jandira Gaspar) ou indireta deram a sua força para que este trabalho fosse possível.

## **Declaração de Integridade**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri a práticas de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducentes a sua elaboração. Mais declaro que conheço e que respeitei o código de conduta ética da Universidade do Minho.

# **Estrutura e Paragénese de depósitos minerais de Mn e Fe situados a Norte do rio Cuanza, Angola**

## **Resumo**

Este trabalho teve como finalidade compreender a mineralogia, estrutura e paragénese do minério de manganês nas jazidas e na região metalogénica situada a Norte do Rio Cuanza, concretamente no Sector de Quitota e na sua vizinhança. Tem como objeto de estudo os depósitos de Manganês e Ferro do Lengua e Quitota da Província de Malanje a Norte do rio Cuanza em Angola, explorados nos anos 70 do século XX, época em que a atividade mineira dedicada ao Mn esteve mais ativa.

A presente dissertação compreende quatro capítulos: O primeiro capítulo apresenta a introdução e a história da mineração em Angola desde o início do século XX até a data atual, bem como alguns aspetos ligados às metodologias usadas para a realização da presente dissertação (trabalhos de campo, gabinete e laboratório). O capítulo II incide no enquadramento geográfico e geológico da área em estudo incluindo uma síntese sobre a evolução tectónica da bacia do Cuanza, bem como a geologia regional e local dos depósitos de manganês. Em relação aos dados analíticos, eles são apresentados no terceiro capítulo de forma compartimentada entre resultados de trabalhos de campo e de laboratório (petrografia), bem como dados relativos às diferentes técnicas analíticas usadas (difratometria de rx, microscopia eletrónica de varrimento, difratometria de rocha total e análise química de rocha total). O quarto capítulo consitui uma síntese dos diferentes depósitos de manganês da área de estudo, considerando a estrutura dos corpos de minérios e paragéneses.

Palavras Chaves: metalogénese, minérios de Mn, Angola, Norte do rio Cuanza, paragénese, metassomatismo, SEDEX, stock-work.

# **Structure and paragenesis of Mn and Fe mineral deposits located at the North of the Cuanza River, Angola**

## **Abstract**

This work aimed to understand the mineralogy, structure and paragenesis of manganese ore in the deposits and in the metallogenic region located at the north of the Cuanza River, specifically in the Quitota Sector and its surroundings. The object of study of this work is the Manganese and Iron deposits of Lenga and Quitota in the Province of Malanje, north of the Cuanza River in Angola. Explored in the 70's of the 20th century, a time when mining activity in Angola was active. For better understanding, this dissertation presents an organization that comprises four chapters: The first chapter presents the introduction and history of mining in Angola from the beginning of the 20th century to the present date, as well as some aspects linked to the methodology used (field, office and laboratory work). Chapter II focuses on the geographic and geological framework of the area under study, which summarizes the tectonic evolution of the Cuanza basin, as well as the regional and local geology of manganese deposits. Regarding the analytical data, field work, laboratory work (petrography), as well as the techniques used (x-ray diffractometry, scanning electron microscopy, whole rock diffractometry and chemical analysis of whole rock) were presented in the third chapter in a compartmentalized way. The fourth chapter summarizes the different manganese deposits in the study area, as well as the structure of the ore bodies and paragenesis.

Keywords: metallization, Mn Ore, North of Cuanza river, paragenesis, metassomatism, SEDEX, stock-work.



## ÍNDICE

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS .....	ii
Agradecimentos .....	iii
Declaração de Integridade .....	iv
Resumo.....	v
Abstract .....	vi
I. INTRODUÇÃO .....	1
I.1. Notícia da atividade extrativa sobre Mn e metais associados em Angola .....	3
I.2. Mineração de Mn nos anos 70 do século XX.....	4
I.3. Localização de sítios de interesse mineiro e fisiografia e orografia da área correspondente .....	11
I.4. Metodologia.....	14
II. ENQUADRAMENTO REGIONAL, GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO.....	17
II.1. Estratigrafia da bacia do Kwanza .....	17
II.2. Geologia do distrito manganésífero ou província metalogénica manganésífera.....	19
II.3. Enquadramento geológico dos depósitos minerais de Mn .....	24
III. RESULTADOS.....	29
III.1. Trabalhos de Campo .....	29
III.1.1. Minas do Lenga – depósito 6 .....	29
III.1.2. Minas de Quitota (ponto 2) .....	32
III.2. Petrografia de Rochas e Minérios – Macroscopia e Mesoscopia .....	36
III.3. Difractometria de Raios X .....	44
III.3.1. Difractometria de Rx sobre amostras das minas do Lenga .....	45
III.3.2. Difractometria de Rx sobre amostras das minas de Quitota .....	50
III.4. Microscopia Eletrónica de Varrimento.....	53
III.4.1. Amostras das Minas do Lenga .....	54
III.4.2. Amostras das Minas de Quitota.....	61
III.5. Análise Química de Corpos de Minério.....	64
I. GEOLOGIA, ESTRUTURA, PARAGÉNESE E MODELOS GENÉTICOS CONCEPTUAIS .....	68
IV.1. Discussão e notas conclusivas .....	68
BIBLIOGRAFIA .....	82

## Índice de Figuras

Figura 1 Mapa de localização geográfica e geológica dos jazigos de manganês e outros metais a Norte do rio Cuanza, Bacia do rio Lucala.....	5
Figura 2 Ilustrações de atividades da CMA nos anos '70 do século XX1.....	6,7
Figura 3 Imagem de interesse histórico da Mina de Quitota, em 1960, com a mineração concentrada num "ore shot" de minério venular a metassomático (zona mais escura de aparente compleição filoniana) – reconhecem-se alguns destes trabalhos e pilhas de minérios na zona mineralizada, aguardando escoamento em vagonetas.....	7
Figura 4 Mapa de localização das principais jazidas da região manganésifera, incluindo os locais chave adotadas neste estudo: Lenga ou depósito 6 (em atividade) e Quitota. Nota: a localização é projetada sobre uma carta de roteiros aéreos, originalmente representados na escala 1:100 000.....	14
Figura 5 Mapa geológico da Bacia do Kwanza (extraído de Total E.P, 1962) conhecida também como Bacia Meso-Cenozoica .....	19
Figura 6 Compartimentação paleogeográfica e tectónio-estratigráfica do sistema Congo-Occidental a NW da área com mineralizações de Mn e Fe/Mn .....	20
Figura 7 Transversal entre Caxito e Quitexe .....	21
Figura 8 Região em que se encontram as mineralizações de Mn>Fe - correspondente ao domínio do <i>Horst do Cuanza</i> e sua hipotética continuidade para ESE. ....	21
Figura 9 Geologia e estrutura da região com maior frequência de depósitos de Mn e Fe/Mn .....	24
Figura 10 Contributo para a tipologia dos depósitos minerais de Mn observados na bacia do Cuanza – paradigmas transversais, aproximadamente, N-S, representativos das relações estruturais com as rochas hospedeiras .....	25
Figura 11 Litoestratigrafia deduzida para o conjunto de ocorrências de Mn de estrutura contrastante que servem de base à tipologia dos depósitos minerais .....	26
Figura 12 Mineralogia descritiva geral da região manganésifera, ilustrada com imagens de espécimes de coleção que foram colhidos nas localidades assinaladas no período de mais intensa atividade mineira da década de '70 do século XX.....	28
Figura 13 Imagens do 3º piso da frente de desmonte principal, no depósito 6 (minas do Lenga).....	30,31
Figura 14 Imagem panorâmica da frente de desmonte principal - mina do Lenga - depósito 6...31	

Figura 15 Planta croquis do depósito 6 (Lenga) com implantação de litologias vulcanogénicas e do "oberburden" laterítico, com localização das primeiras amostras colhidas no fim de 2022 e menção aos pisos sujeitos a amostragem.....	32
Figura 16 Minas de Quitota (trabalhos antigos) e ponto 2 onde incidiu o programa de sondagens recente. Os furos pouco ultrapassaram os 90 metros de profundidade.....	33, 34
Figura 17 Imagens das formas dos corpos de minério e "ore-shoots" típicos das minas de Quitota no ponto de coordenadas, 9° 35 52.0 'S; 15° 25 19.3'E .....	34
Figura 18 Ilustração de algumas relações entre rochas hospedeiras e mineralizações em observações de campo .....	35
Figura 19 Croquis dos desmontes principais das minas de Quitota obtido com base num levantamento expedito dos trabalhos mineiros antigos sem representar as rochas de carácter intrusivo e metassomático que mostram contornos difusos, sem evidentes soluções de continuidade.....	36
Figura 20 Tufo félsico do Lenga em observação mesoscópica e em lupa binocular. Lados maiores das fotos têm 5 mm .....	37
Figura 21 Domínio de Streckeisen das composições mineralógicas de rochas vulcânicas sobressaturadas em sílica e com quartzo - composição das rochas porfíricas de Quitota. ....	37
Figura 22 Rochas regionais siliciclásticas coexistentes com os horizontes mineralizados em observação macroscópica – o lado maior das fotos tem 5 cm.....	39
Figura 23 Impulsos dilatacionais com venulações quartzosas, separados por painéis de clorite ou stilpenomelana ou então, separados por enclaves de rocha encaixante – secções transversais ao desenvolvimento dos veios com encaixante jasperóide - estação 2 do piso 3 do Lenga em que os lados menores das fotos têm 4 cm .....	40
Figura 24 Minérios tardios venulares hidrotermais de baixa temperatura – amostra obtida no depósito 6 do Lenga - secção paralela ao desenvolvimento do veio em que o lado maior da foto tem 3 cm	41
Figura 25 Alojamentos diferenciados das mineralizações de Mn±Fe na jazida intersectada no depósito 6 .....	41
Figura 26 Minérios típicos (contrastantes) – Estação 1 no piso 4, o mais ativo em termos de extração no depósito 6 do Lenga .....	43
Figura 27 Litótipos sieníticos granulares e porfíricos com feição alcalina e presença de epidoto acessório. Algumas das litologias têm carácter cataclástico ao qual se associa mineralização manganésifera intersticial. Lados maiores das fotos = 6 cm .....	43
Figura 28 Formas diferenciadas de mineralização na jazida de Quitota .....	44

Figura 29 Difratoograma de raio X, identificando quartzo, cryptomelana e braunite, minerais predominantes no "tout-venant" das minas do Lenga. ....	46
Figura 30 Difratoograma de uma amostra do piso 2 do depósito 6, mina do Lenga representando uma associação mineralógica venular. ....	46
Figura 31 Difratoograma de uma amostra da estação 5 – piso 4 - identificam-se microclina ordenada e flogopite com hematite e quartzo. ....	47
Figura 32 Difractogramas de amostras do piso 4 – veios tardios ....	48
Figura 33 Difratoograma de uma amostra da estação 2, piso 3 ....	48
Figura 34 Difratoograma de uma amostra da estação 1 no piso 4, braunite. ....	49
Figura 35 Difratoograma de uma amostra da estação 1 no Piso 1 (ganga silicatada), onde foi detetada diopside ....	49
Figura 36 Difratoograma de Rx de um extrato de minerais de argilas do tufo argilizado das minas do Lenga ....	50
Figura 37 Difratoograma de uma amostra da corta mineira antiga de Quitota, enriquecida em minério compacto, com fratura concoidal.....	51
Figura 38 Difratoograma de uma amostra de uma corta mineira antiga de Quitota.....	51
Figura 39 Difratoograma de fenocristais do pórfiro riodacítico de Quitota. ....	52
Figura 40 Expansão do difractograma da figura 38 no intervalo 2theta 21-30° procurando discriminar fases feldspáticas ....	53
Figura 41 Imagens de secções polidas das rochas sedimentares prevalectes no Lenga, com baixo grau de metamorfismo.....	54
Figura 42 Minerais acessórios ante-deposicionais e diagenéticos das rochas gresosas – Séries Xistogresosa e Xisto-calcária do SCO, contíguas aos corpos de minério do Lenga – Depósito 6. ....	55
Figura 43 Texturas típicas de evolução pós-deposicional do tufo do Lenga, mostrando vestígios texturais de desvitrificação e alteração hidrotermal prevalecte sobre alteração supergénica. ....	57
Figura 44 Minério venular com ganga quartzosa - feição hidrotermal - Depósito 6, piso 3 - minas do Lenga.....	57, 58
Figura 45 Intercrescimentos entre minérios e gangas numa amostra da estação 3, Piso 4, do depósito 6 das minas do Lenga.....	59
Figura 46 Exemplo de perfil de variação composicional complementar dos teores de metais principais num sector de uma amostra da estação 3, Piso 4, depósito 6 das minas do Lenga.....	59

Figura 47 Mapas de RX dos elementos detectados num sector de uma amostra da estação 3, Piso 4, depósito 6 do Lenga .....	60
Figura 48 Domínios de reequilíbrio minero-químico na periferia de grãos de quartzo frequentemente criptocristalino. Amostra da estação 3 no Piso 4 do depósito 6 (Lenga).....	61
Figura 49 Cortejo de minerais acessórios entendido como próprios de uma assinatura alcalina de pórfiros avermelhados (fenocristais enrubescidos e matriz ferruginosa) com evidências de transporte magmático dos fenocristais .....	62
Figura 50 Minério heterogéneo de Quitota.....	64
Figura 51 Correlações geoquímicas de constituintes dos minérios de Lenga e Quitota. ....	66
Figura 52 Conjunto de intercrescimentos observados em microscópio ótico de luz refletida (MOLR) em nicóis paralelos .....	70
Figura 53 Modo de ocorrência, rochas encaixantes e minérios de Mn principais de Quitota – secções mesoescalares ortogonais a estruturas magmáticas fluidais e venulares mostrando produtos de metassomatismo e venulação, não só em minérios como em rochas encaixantes .....	71
Figura 54 Texturas e minerais tipomórficos de estados de metassomatismo e venulação. ....	72
Figura 55 Bloco 3d interpretativo do depósito Quitota sugerindo a diferenciação dos corpos de minério e sua proporção volumétrica no contexto do jazigo .....	74
Figura 56 Unidades estruturais discriminadas nos depósitos minerais de Lenga e Quitota expressas em colunas com informação estratigráfica.....	75
Figura 57 Quadro paragenético simplificado para o jazigo de Lenga – Depósito 6.....	77
Figura 58 Quadro paragenético simplificado para o jazigo de Quitota. ....	78
Figura 59 Consequências do bloco 3d e do quadro paragenético Quitota. Inclui estados paragenéticos e deposicionais equivalentes aos que se definem no Lenga.....	80
Figura 60 Discriminação de estados deposicionais em intercrescimentos de minérios de uma amostra chave de Quitota. Domínio de transição de texturas e paragéneses observado em microscopia de luz refletida (MOLR).....	81

## Índice de Tabelas

Tabela 1 Concessões de exploração mineira de Mn pedidas, com processos em curso no ano de 1970 (Gonçalves, 1970).....	8,9
Tabela 2 Resultados da extração do minério de Mn dos jazigos de Gungungo, Quiculo, Serra Bê II, Casuco III, Catombe, Capaca e K'hombo em 1970 (Gonçalves, 1970). Nota: na altura a unidade monetária de referência era o escudo angolano (\$).....	11
Tabela 3 Diversidade litológica dos terrenos correspondentes à Série Xisto-gresosa e posições relativas e estruturas das formações correspondentes.....	23
Tabela 4 Variação da composição química do minério - FRX - em P4 - dep. 6, minas do Lenga e trabalhos antigos na mina de Quitota. ....	65

## I. INTRODUÇÃO

O manganês encontra-se na natureza combinado com outros elementos, formando minerais, na sua maioria óxidos raros embora também ocorra em minerais constituintes das rochas – cardinais e essenciais (Harold & Taylor, 1994). A sua fixação geoquímica verifica-se em diversos ambientes geológicos, disperso numa grande variedade de rochas.

Entre os óxidos portadores de Mn prevalecem os dióxidos e hidróxidos. Também ocorre com frequência sob a forma de silicatos e carbonatos.

Os dióxidos são os minérios mais importantes, destacando-se a pirolusite ( $MnO_2$ ), a psilomelana e a manganite ( $Mn_2O_3 \cdot H_2O$ ) (Sampaio, de Andrade, Dutra, & Penna, 2008). Na natureza o Mn aparece em mais estados de valência do que a maioria dos outros elementos abundantes (ditos maiores) 0, 2+, 3+, 4+, 6+ ou 7+ (Zhao, et al., 2022), por isso, aos minérios acima referidos, associam-se quase sempre, cerca de 10 outros, incluindo carbonatos e silicatos, em proporções muito variáveis o que confere a diversidade de teores que é característica das paragénesees manganésíferas, tanto ao nível de províncias metalogénicas como mesmo ao nível de depósitos individuais.

O Mn metálico é utilizado principalmente na produção de aço, diretamente no fabrico de ferro-gusa e indiretamente através da transformação dos minérios em ferro-ligas.

A nível mundial, a maior parte (90 a 95%) é utilizada na indústria metalúrgica como um desoxidante e dessulfurizante dos processos siderúrgicos e como um importante componente de ligas.

Os minérios de mais alto teor (> 42% de metal) são normalmente utilizados em aplicações metalúrgicas. Os restantes minérios (com 5 a 10% de metal) destinam-se à indústria química, indústria ligeira, produção de baterias, pilhas secas, em fertilizantes, alimentos para animais, e como corantes para cerâmica (Mehdilo, Irannajad & Hojjati-Rad, 2013).

O manganês, incorporado em ferro-ligas, auxilia o refinamento da estrutura dos grãos, aumentando a resistência mecânica e melhorando a temperatura e a ductilidade do aço. Face a eventuais conteúdos elevados de enxofre nos minérios, facilita o processo siderúrgico, melhorando o acabamento superficial dos aços (Tavares, Reis, Lima & Lima, 2013)

A primeira valorização de jazidas de manganês em Angola, aconteceu no início do século XX. Após a 2ª guerra mundial os trabalhos de prospeção deste metal desenvolveram-se em grande escala em quase todo território nacional, especialmente, na província do Bengo, Cuanza Norte, Malanje, Namibe, Huila, Benguela e as regiões consideradas mais interessantes para a pesquisa foram: as Províncias de Cuanza Norte e Malanje (ANIP, 2014). Alguns jazigos aí detetados deram azo a explorações mineiras importantes, especialmente nas décadas de 50, 60 e 70 do século XX.

Até aos anos 70 do século XX, os minérios de manganês das minas de Quitota e Lengué (ou Lenga) eram escoados na estação de caminho de ferro de Quizenga para o porto de Luanda, com destino à Alemanha, Holanda, Japão e Estados Unidos. Na época, existiam várias empresas detentoras de concessões de Manganês. São exemplos: Bermanit-Quissama Ltda, a Sociedade Mineira do Sul de Angola (SMSA), a Companhia Mineira do Lobito (CML), a Sociedade Mineira de Angola (SMA), a Companhia de Manganês de Angola (CMA) e a Albino Guerreiro Lda.

Durante o conflito armado pós-independência, até à primeira década do século XX todas as minas foram abandonadas. Não houve investimento neste sector e a complexidade dos depósitos de manganês, e o desconhecimento da sua metalogénese, somados ao desconhecimento dos quantitativos exatos de recursos e reservas, impossibilitaram a atividade extractiva (ANIP, 2014).

Assim se constitui a finalidade principal deste trabalho: compreender a mineralogia, estrutura e paragéneses do minério de manganês nas jazidas e na região metalogénica situada a Norte do Rio Cuanza, concretamente no Sector de Quitota e na sua vizinhança.

Procura-se concentrar o estudo na interface entre estrutura, paragéneses e mineroquímica, domínio que tem sido pouco explorado em estudos prévios dedicados a este tipo de jazidas, nesta região.

A presente dissertação situa-se, portanto, no âmbito da geologia dos depósitos minerais, adotando concepções e princípios balizados por informação estrutural e cartográfica, tanto de incidência regional como de alta resolução (pormenor microscópico), considerando os locais conhecidos que foram objeto de prospeção e lavra no passado e também aqueles que agora estão em pesquisa e exploração.

Duas minas tiveram grande importância neste período. Foram as de Quitota e Lenga (referida muitas vezes como Lengué) as quais serão abordadas de forma detalhada neste estudo, por voltarem a ser mineradas no atual ciclo extrativo (pós 2020) ou por se equacionar a sua reativação.

Com estes desígnios a dissertação encontra-se compartimentada nos seguintes capítulos:

- O primeiro capítulo apresenta a introdução do trabalho e dedica-se à História mineira do Manganês em Angola, bem como a alguns aspetos gerais sobre a composição dos minérios; inclui também a descrição das metodologias de estudo usadas para a realização da presente dissertação, e refere a maneira como se articulam entre si.
- O segundo capítulo faz referência ao enquadramento geográfico e geológico das minas sobre as quais o estudo mais se dedica.
- O terceiro capítulo faz a apresentação e discussão dos resultados dos trabalhos de campo e laboratoriais – analíticos, incluindo petrologia, mineralogia, geoquímica elementar e análise paragenética.



- O quarto capítulo aborda de forma integrada e conclusiva e a geologia (estrutura e paragénese) dos diferentes depósitos de manganês, procurando encontrar modelos conceptuais adequados para a génese dos depósitos, tanto individualmente como no seu conjunto.

### **I.1. Notícia da atividade extrativa sobre Mn e metais associados em Angola**

De acordo com Araujo, et al. (1992) e ANIP (2014) já em 1925, Angola era um país desenvolvido em termos de atividade extrativa sobre metais, com destaque para a produção de ferro, cobre, manganês e outros minerais e minérios. Após a independência, em 1975, esta atividade concentrou-se nos sectores do petróleo, diamantes, e rochas ornamentais. Nos anos 90, assistiu-se, a um relançamento da atividade mineira, em especial no que respeita a outros minérios metálicos cujas minas tinham estado em lavra suspensa desde os anos '70 do século XX.

Recentemente ressurgiu o interesse dedicado aos depósitos de manganês e suas minas antigas, que se encontram distribuídas pelas províncias do Bengo, 1 jazigo, Cuanza Norte, 5 jazigos e Malanje, 12 jazigos.

Segundo (Curihingana, 2021), em 2016 foi efetuada uma reavaliação dos quantitativos de recursos que poderiam existir naquela região, chegando-se a um valor indicativo de 4.3 milhões de toneladas de minérios de Mn.

Atualmente, uma empresa que desenvolve trabalhos nesta região, Mn Kitota, diz ter quantificado reservas confirmadas de quatro milhões de toneladas de minério, quantidade que pode subir para 12 milhões de toneladas, com um teor a variar entre 45 e 48% de óxidos de Mn (Curihingana, 2021) . Está a explorar o jazigo conhecido como depósito 6, que na realidade corresponde ao que antes era conhecido como mina do Lenga.

Por outro lado, um novo projeto minero-siderúrgico em Kassanga e Kassala Quitungo, está a ser implementado pela empresa Ferrangol que dispõe de uma vasta área abrangida pelas províncias de Malanje e Cuanza Norte, com fulcro em depósitos que também foram explorados de 1964 a 1975. Os esforços principais estão concentrados numa área com 500 ha onde se verifica um teor médio de 50% de Mn em óxido, estimado para os potenciais concentrados (Curihingana, 2021).

A proximidade da estação do caminho de ferro de Quizenga com facilidade de escoamento ferroviário para o porto de Luanda, constitui um aspeto importante para viabilização do aproveitamento destes recursos.

As indústrias siderúrgica e cimenteira estão empenhadas na procura de minérios angolanos, mas a exportação será cada vez mais desenvolvida para países como China, Índia e Estados Unidos da América.

Na mesma região em que se definem recursos de Mn também são conhecidos outros recursos minerais (figura 1).

## **I.2. Mineração de Mn nos anos 70 do século XX**

Entre os anos 50 do século XX e 1975 tiveram algum desenvolvimento os trabalhos de investigação dos depósitos de manganês Angolanos, em articulação com um grande desenvolvimento em paralelo, dos trabalhos de cartografia e investigação geológica de rotina, levadas a cabo no decurso da administração portuguesa do território (figura 1).

Seguiu-se um hiato significativo na pesquisa dedicada as regiões manganésíferas de Malanje e Cuanza Norte (Araujo, et al., 1992). Os minérios de manganês foram descobertos em Angola no início do século XX.

Presentemente são conhecidos cerca de 150 índices de mineralização. Entre eles contam-se 20 depósitos importantes na Bacia do rio Lucala e no lado N da Bacia do rio Cuanza (províncias de Malanje e Cuanza Norte), onde se concentram os registos e vestígios de mineração histórica.

No período de 1943 a 1974, foi registada a extração de 600 mil toneladas de minérios de manganês e de ferro-manganés a profundidades variáveis de 30 a 70 m. Algumas sondagens isoladas atravessaram corpos mineralizados a profundidades de cerca de 100 m. Os jazigos conhecidos contêm óxidos com altos teores, tanto em jazigos primários como em depósitos aluvionares e de vertente. Os minérios revelam conteúdos de 45-60% de  $MnO_2$ , 2-3% de  $Fe_2O_3$  e 4-10%  $SiO_2$  (Araujo, et al., 1992).

Todas as jazidas manganésíferas se situam na área de influência do caminho de ferro Luanda-Malanje, com centro na povoação do Lucala. Esta região que foi considerada como um distrito ou mesmo província metalogénica para ferro e manganês (Paez, 1970).

As minas de Quitota e do Saia contam-se entre as mais antigas. Foram exploradas em dois períodos: de 1950 a 1964 e de 1969 a 1974 pela Companhia do Manganês de Angola (CMA) e definitivamente abandonadas em 1974 (Teixeira, 2021).

Nos jazigos de Quitota e Lengué (ou Lengá) foram explorados nos anos 50 pela CMA, minérios de manganês e ferro com 25% a 45%  $MnO_2$  e 2% a 44%  $Fe_2O_3$ .

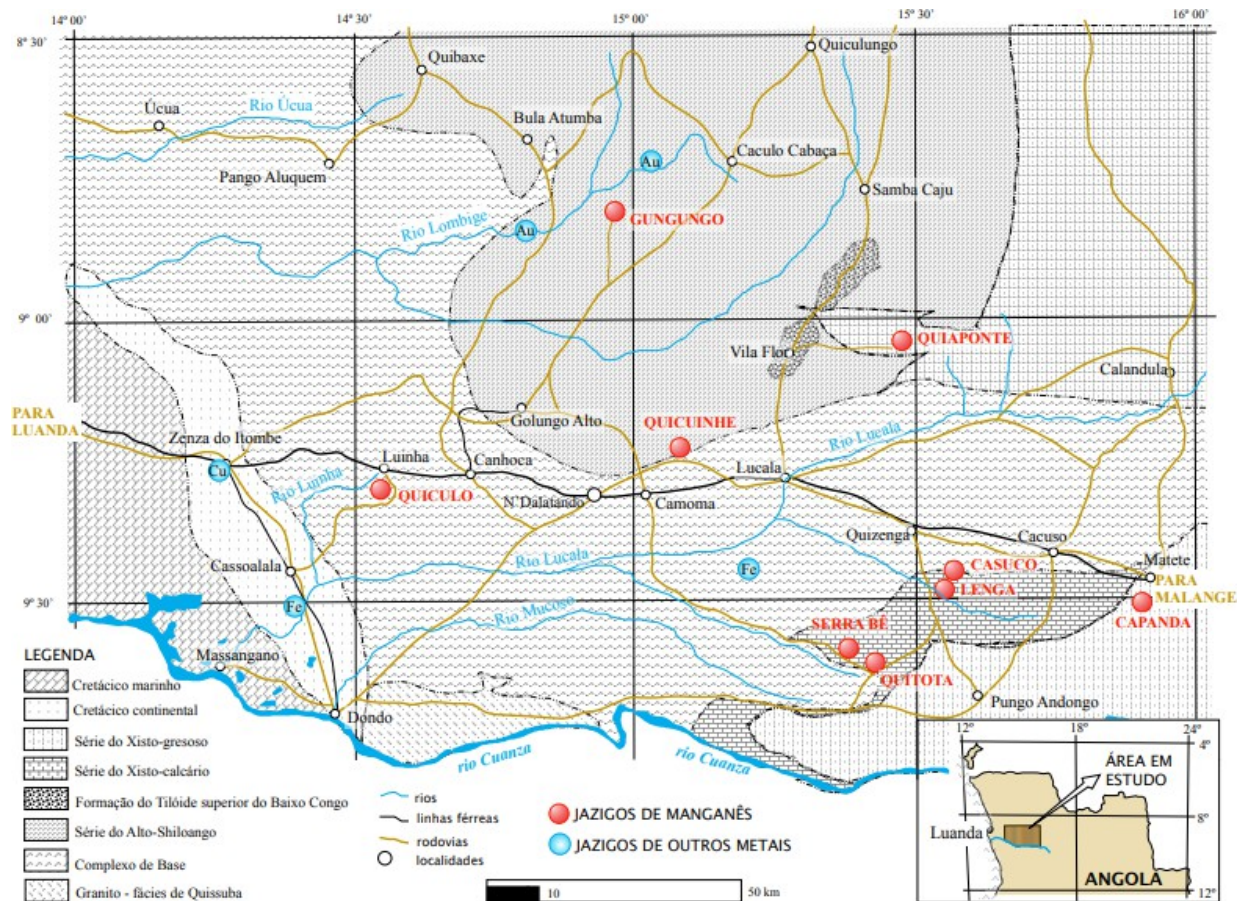


Figura 1 Mapa de localização geográfica e geológica dos jazigos de manganês e outros metais a Norte do rio Cuanza, Bacia do rio Lucala.

Os mineiros primários ocorrem em dois tipos morfológicos de depósitos:

- estratiformes em seqüências continentais do Proterozóico Superior, localizadas sobre rochas arcaicas;
- filonianos e venulares, relacionados ou não com sienitos e pórfiros andesíticos.

As jazidas estratiformes, podem ter extensões de várias centenas de metros e espessuras de até 3 m, apresentando inclinações de 0° a 90°.

Os corpos filonianos, cuja extensão é de dezenas de metros e as espessuras de até 3 metros são, regra geral, de ocorrência sub-vertical. Em alguns jazigos são observados, ao longo de importantes acidentes tectônicos, conjuntos de corpos filonianos de disposição escalonada, formando zonas mineralizados de vários quilômetros de extensão e espessuras que atingem 18 m.

As jazidas estratiformes são assinaladas em Gungundo, Quicuinhe, Quiaponte, Capuca, observando-se corpos filonianos nos jazigos de Quiculo e Casuco. A existência de ambos os tipos, foi verificada nos jazigos de Quitota, Serra Bê e Lengué, talvez por isso, sejam estes os depósitos que foram considerados mais interessantes no passado.

Existem outras ocorrências (tabela 1) ainda mal conhecidas.

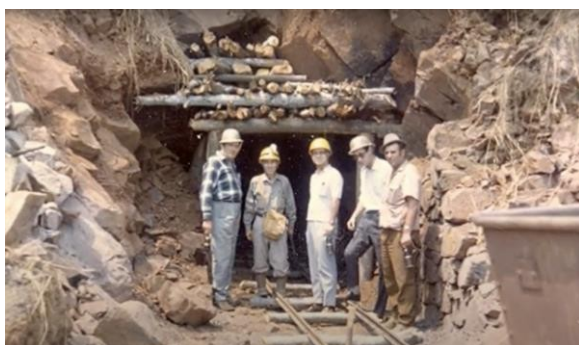
Também em outras regiões de Angola existem índices de Mn que justificam algum interesse prospectivo: Mazinga (província de Cabinda), onde a mineralização em óxidos de manganés foi detetada nos depósitos do Proterozóico Superior; Caimbambo (província do Huambo), onde a mineralização manganésifera esta relacionada com as laterites dos maciços carbonatíticos; Cangulo (província do Namibe), onde a mineralização em óxidos de manganés se observa numa extensão de 7 km nos calcários silicificados do Cretácico Superior; no alto Zambeze, onde os óxidos de manganés foram identificadas na rochas metamorfizadas do Pré-câmbrico e nas laterites. Os minérios aluvionares constituem, à superfície, jazidas em forma de carapaça com extensões e larguras de várias dezenas ou centenas de metros e espessuras inferiores a 3 m.

As figuras 2 e 3 incluem imagens com interesse histórico das minas de ferro e manganês do Saia e de Quitota, consideradas as mais antigas e melhor referenciadas até aos anos '70 do século XX.



**A**

**B**



**C**

**D**

Figura 2 Ilustrações de atividades da CMA nos anos '70 do século XX: A - Atividade extrativa na mina de Fe e Mn do Saia; B – Preparação de tambores de minério de Mn para exportação para o Japão; C – Visita de parceiros japoneses a trabalhos subterrâneos de pesquisa; D – Visita à região mineira dos parceiros japoneses – vértice da estação astronómica em 1971.



Figura 3 Imagem de interesse histórico da Mina de Quitota, em 1960, com a mineração concentrada num "ore shot" de minério venular a metassomático (zona mais escura de aparente compleição filoniana) – reconhecem-se alguns destes trabalhos e pilhas de minérios na zona mineralizada, aguardando escoamento em vagonetas.

Tabela 1 Concessões de exploração mineira de Mn pedidas, com processos em curso no ano de 1970 (Gonçalves, 1970).  
**Fe com Mn associado** (podendo ter ou não interesse económico como sucedâneo)

<b>Empresas</b>	<b>Jazigo</b>	<b>Área (ha)</b>
A Bermanit – Quissama, Ltda	Quissama I a IV	112 500
Sociedade Mineira do Sul de Angola	Capunda	100
Companhia Mineira do Lobito	Belo Horizonte	100
	Caculo	100
Sociedade Mineira de Angola	Chaonga	500
	Capuli	500
Companhia do Manganês de Angola	Jangada	8 200
	Jangada I e II	1 000
	Cassala I e II	1 000
	Quileco	500
	Tumbi VI	4 350
	Tumbi VII	78 000
	Canhoca I e II	1 000
	Canhoca IV e VIII	2 500
	N'Dalatando I a IV	2 000
	Camoma I a XX	10 000
	Banza I e II	1 000
	Quitungo W	500
	Quitungo S	500
	Quitare I	500
	Caso	500
	Dange I a III	1 500
	Cale	500
	Lucala I a IV	7 000
	Quizenga I a XI	5 500
	Quizenga XIII a XX	4 000
	Sacinema I	500
	Cungo SE	500
	Cambunze I a IX	4 500
	Quimbanda N	500
	Sanzala Lungue	500
	Matenha N	500
	Maongolo I	500
	Catongue SW	500
	Rio Cachoeira	500
	Dange IX, X e XIV	1 500
	Cambambe I a IX	900
	Quitungo I a XVI	1 600
	Tumbi N III	500

*continua*

**Mn**

<b>Empresas</b>	<b>Jazigo</b>	<b>Área (ha)</b>
Companhia do Manganês de Angola	Cariaia	100
	Bango I e II	1 000
	K'Hombo I e II	1 000
	Lengue	500
	Cazuco I a IV	500
	Quitota II a V	2 000
	Lutete I e II	1 000
	Cazela I a IV	500
	Cabocho I e II	500
	Estrada Holanda	500
	Marimbuende	500
	Serra Bê I a III	1 500
	Caleia	500
	Ermo	500
	Camundende	500
	Fazenda Holanda	500
	Calele	500
	Quicuinhe II	500
	Catombe	500
	Base SE	500
	Lungui	500
	Capanda	100
	Mahaca	500
	Capaca	1 000
	Gungungo I e II	1 000
	Quimbando	500
	Candange	500
	Bondo	500
	Lombe	500
	Lombe I e II	1 000
	Samba-Caringe	500
Quéssua	7 300	
Mucanzo	500	
Lengue N	396	
Lengue Centro	1 492	
Lengue S	1 680	
Quitota I e VI	3 238	
Quissaquina	500	
Companhia Mineira do Lobito	Capuia I a III	700
	Mungo	500
Albino Guerreiro Lda	Mazinga	500





Na tabela 2 indicam-se alguns resultados dos exercícios de lavra observados nos anos '70 do século XX indicando as massas extraídas e de que forma eram referenciadas em relatórios oficiais de então (Gonçalves, 1970).

Tabela 2 Resultados da extração do minério de Mn dos jazigos de Gungungo, Quiculo, Serra Bê II, Casuco III, Catombe, Capaca e K'hombo em 1970 (Gonçalves, 1970). Nota: na altura a unidade monetária de referência era o escudo angolano (\$)

extração de minérios de Mn:

- Quantidade de minério extraída = 23000 T;
- Teor do minério extraído = 30 a 50% Mn;
- Valor total do Minério à boca da mina = 2 401 810\$;
- Valor unitário do minério à boca da mina = 104\$ / T.

exportação de minérios de Mn:

- Quantidade exportada de minério de Mn a 54 % de metal = 2 100 000 kg; Valor FOB em escudos = 1 936 487\$41;

**922\$ /T FOB**

- Quantidade exportada de minério de Mn "silicioso" a 30 % de metal = 18 491 200 kg; Valor FOB em escudos= 5 188 965\$65;

**280\$ /T FOB**

### **I.3. Localização de sítios de interesse mineiro e fisiografia e orografia da área correspondente**

Os principais polos extrativos com importância histórica encontram-se localizados nas províncias de Malanje e Cuanza Norte, integrando, no seu conjunto, a província metalogenética do manganês tal como é considerada por Paez (1970):

- Mina de Quiaponte – é situada a cerca de 30 km da estrada Lucala – Samba Caju, a nascente da povoação de Vila Flor (antigamente Auiangombe), a 24 km do Lucala, e a uma altitude de 1016 metros;

- Mina de Quicuinhe – surge numa pequena colina na vertente sul do monte Quio, com uma altitude de 1019 metros;

- Mina de Saia – é situada a cerca de 7 km para SSE da ponte sobre o rio Lucala e a 30 km, também para SSE da estrada Luanda-Malanje;

- Mina de Quissaquele – situa-se a cerca de 10 km para E das minas de Saia;

- Mina do Lenga (Lengue´) – localiza-se a cerca de 12 km a SSE da estação do caminho de ferro de Quizenga-Quitota.

- Mina da Serra Bê – localiza-se a cerca de 2.5 km para NW das minas de Quitota, sendo servida pela mesma picada que liga estas às minas do Bila, Catombe, Capaca e Lungui;

- Mina de Quitota – esta´ situada a cerca de 33Km a SSW da estação de caminho de ferro da Quizenga.

A figura 4 ilustra a localização das minas de Lengue´ – ainda conhecida como Lenga ou depósito 6 - e da mina de Quitota, como também de algumas outras minas que tiveram produção importante no século XX.

No seu conjunto estas jazidas compõem o distrito manganésífero ou província metalogénica manganésífera das Bacias do rio Cuanza e do rio Lucala, em especial no sector situado a N do Rio Cuanza, abrangendo as províncias de Malange e Cuanza Norte.

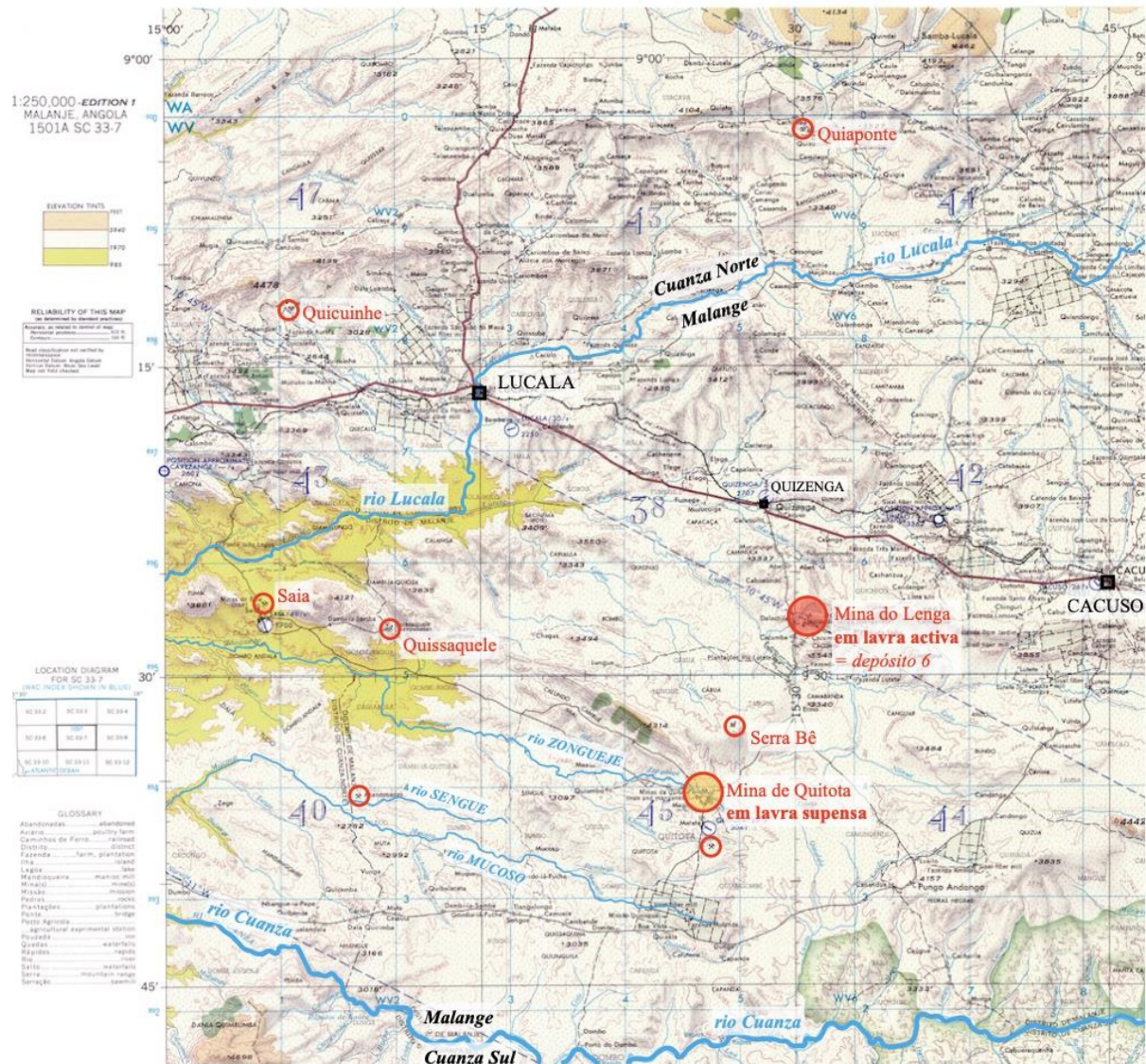
As minas de Lengué ou Lenga e Quitota, estão situadas a SE e S da estação de caminho de ferro de Quizenga. Quizenga é uma comuna localizada no município de Cacuso, Província de Malanje. Atualmente, os direitos mineiros são da empresa MN – Quitota, Exploração Mineira e Comércio Lda. A concessão foi licenciada em 2020, com de 576 km<sup>2</sup>, numa área correspondente aos municípios de Cacuso e Calandula, na província de Malanje, abrangendo também Samba Caju (Cuanza Norte).

O clima da região é tipicamente tropical, quente e chuvoso, com cobertura vegetal densa. Apenas é nítida a divisão anual em duas estações: estação seca de Junho a Outubro e estação chuvosa, de Novembro a Maio. A precipitação média anual é de 1200 a 1500 mm e a humidade relativa é frequentemente superior a 80%. As temperaturas mais altas rondam os 34° C, e a temperatura mais baixa registada foi de -2° C. A temperatura média anual é de 20° C.

Do ponto de vista orográfico a região é planáltica, com alguns vales, por vezes profundos, escavados pela erosão fluvial ( rios Lucala, Mucoso, Zenza, Luinha, Cuzo, e Lutete), com algumas serras (Serra Emba e Banga, na região de Caculo Cabaça e Golungo Alto, serras Bimba e Camama, a norte do Lucala e serra Bê a sul desta povoação) e montes (morros) (Quio, Quibanda, Tumbi, Saia, Bango e Quio-Cabaça).

Na atual superfície de aplanção destacam-se alguns relevos residuais, tal como as Pedras Negras de Pungo Andongo, que constitui um ex-libris paisagístico e geológico da região de Malange.

A área com polos de mineração está localizada entre morros com uma altitude média de 1337 m. Há colinas amplas e suaves na porção média e montanhas altas no Norte, com encostas íngremes ( $\geq 30^\circ$ ) e vales fluviais em forma de "V". A camada de cobertura de meteorização tem uma espessura de 0 a 10 m. Os afloramentos apenas se observam nas cumeadas altas, estando o terreno restante coberto por solo e vegetação. As áreas de afloramento rochoso enraizado são pouco frequentes e pouco extensas.



- minas com actividade histórica no Médio a Alto Rio Cuanza e a norte do RIO – Bacias do Cuanza e Lucala
- jazida reactivada actualmente com a designação de depósito 6
- mina com maior produção no ciclo extractivo anterior a 1975
- principais localidades da região manganésifera

Figura 4 Mapa de localização das principais jazidas da região manganésifera, incluindo os locais chave adotadas neste estudo: Lenga ou depósito 6 (em atividade) e Quitota. Nota: a localização é projetada sobre uma carta de roteiros aéreos, originalmente representados na escala 1:100 000.

## I.4. Metodologia

A metodologia incluiu trabalhos de campo, gabinete e laboratório, que podem ser sistematizados nos seguintes grupos:

- a) Reconhecimento geológico e amostragem na região manganésifera

Logo de início foi feita uma recolha generalizada de informação bibliográfica disponível sobre a geologia da área em estudo e a recolha de relatos relativos a antigos trabalhos mineiros que se mostrassem coerentes com os outros elementos já coligidos.

Procedeu-se em seguida à análise distanciada de imagens de satélite, estabelecendo a relação entre a fisiografia do terreno, as formações geológicas identificadas em cartografia de baixo pormenor e a localização das antigas cartas mineiras levantadas sobre trabalhos dedicados à exploração do manganês. Todos estes elementos foram confrontados com um reconhecimento geológico geral da região e uma amostragem obtida em antigos trabalhos mineiros no ciclo extrativo anterior aos anos 70.

#### *b) Levantamento geológico e amostragem de locais chave*

O levantamento geológico e a amostragem foram centrados em dois locais chave selecionados de acordo com os seguintes critérios:

1- o local chave conhecido como depósito 6 corresponde a uma jazida que se encontra atualmente em lavra ativa e no passado (até 1975) foi um importante centro de produção de minérios de manganês, conhecido como Luengué, Lengué ou minas do Lenga;

2- o local chave correspondente à antiga mina de Quitota, que a par da mina de Fe e Mn do Saia, já fora deste distrito manganésífero, era a mina de Mn com maior produção no ciclo extrativo anterior a 1975.

#### *c) Mineralogia e análise paragenética*

Este grupo analítico inclui os procedimentos laboratoriais que se distribuíram por protocolos analíticos específicos adequados às amostras de rochas e minerais que foram recolhidas nos locais chave:

- Mineralogia determinativa macroscópica e microscópica em microscópio óptico de luz difusa ou microscópio estereoscópico (MOLD);
- Difractometria de RX sobre fase separada e rocha total;
- Microanálise em microscópio eletrónico de varrimento em modos, eletrões secundários (MEV- ES) e eletrões retrodifundidos (MEV-ER) – sobre secções polidas de rochas e minerais;
- Microanálise química pontual, semi-quantitativa, em espectrometria de dispersão de energias de raios X (EDX) – sobre secções polidas de rochas e minerais.

As secções polidas foram retiradas em cortes orientados das amostras de mão das duas jazidas chave. Os cortes foram tanto quanto possíveis efetuados de forma transversal a veios, interfaces e alinhamentos ou superfícies mineralógicas, discerníveis nas amostras tanto de rochas regionais como de paragénese representativas das diferentes fases de mineralização dos depósitos manganésíferos.

Os estudos de MEV foram antecidos de observações em microscópio ótico de luz refletida (MOLR) que contribuíram para a identificação de fases minerais e para inventário dos intercrescimentos e modos de contacto entre elas permitindo igualmente orientar a microanálise de superfície em MEV-ER e a análise química pontual.

## **II. ENQUADRAMENTO REGIONAL, GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO**

Embora sem relação direta aparente com a estruturação da região manganésifera e de idade mais recente, é de referir que nas proximidades dessa região, para W, surge a bacia sedimentar do rio Cuanza que por sua vez faz parte de um conjunto de três bacias principais que constituem a orla costeira angolana (figura 5). A sua evolução tectónica e sedimentar ocorreu durante o Jurássico superior e Cretácico inferior.

No Cretácico, há aproximadamente 130 M.A. (Hauteriviano), teve início a abertura do supercontinente Gondwana. Estes acontecimentos levaram à separação das placas continentais Africana e Sul-Americana (Barremiano – Apciano Inferior) e ao subsequente alargamento do Oceano Atlântico Sul, que continua a verificar-se.

### **II.1. Estratigrafia da bacia do Kwanza**

A sedimentação da bacia do Cuanza, foi controlada pela topografia antepciana, com sucessivas subsidências e pelo rejuvenescimento do relevo continental (Brognon & Verrier, 1966; Burwood, 1999) As formações sedimentares baciais, em alguns locais, chegam a ultrapassar os 4000m de espessura, apresentando três unidades muito bem diferenciadas que repousam sobre o soco Pré-Câmbrico polifásico, constituído por rochas magmáticas e metamórficas.

As séries sedimentares, que caracterizam a Bacia, depositaram-se discordantemente sobre o soco cristalino, incluindo formações que se escalonam desde o Cretácico até ao Quaternário, as quais estão representadas pelas sequências Pré Salíferas e Pós salíferas, separadas por uma sequência salífera de espessura variável, marcando a passagem de condições de deposição continental para condições de deposição marinha (Brognon & Verrier, 1966; Burwood, 1999).

- Sequência *pré-salífera* - corresponde ao Cretácico inferior (Neocomiano) ou Jurássico Superior, constituindo a base que assenta, discordantemente, sobre o soco Pré-câmbrico - rochas intrusivas, vulcânicas e metamórficas. Inicialmente, depositaram-se arenitos, conglomerados e argilitos de feição lacustre. Sobrepõem-se argilitos ricos em matéria orgânica. Na parte interior do meio lacustre, especialmente em blocos afundidos em consequência do jogo de falhas gravíticas depositaram-se séries carbonatadas.

A sequência inclui (figura 5) a formação Cuvo (Neocomiano-Barremiano) - Cuvo inferior ou Neocomiano, constituído por conglomerados que apresentam fragmentos de rochas gnáissicas e outras rochas metamórficas do soco e arenitos (que se depositaram num ambiente fluvial ou lacustre) e Cuvo

superior ou Barremiano, constituído por arenitos com intercalações de calcários conquíferos, normalmente ricos em ostracodes, típicos de um ambiente lagunar com evolução para fácies marinha.

- *Sequência salífera* - As primeiras transgressões marinhas foram responsáveis pela evolução da bacia para um sistema de mar confinado, o que levou à formação de uma sequência evaporítica constituída por dolomite, anidrite dolomítica, e anidrite ou halite. Esta sequência evaporítica é de idade Apciana e depositou-se num ambiente lagunar a marinho restrito.

- *Sequência pós-salífera* – Tem natureza marinha possuindo na base, carbonatos (dolomias e calcários) e argilitos calcários de idade Albiano-Cenomaniano, que se depositaram em ambiente marinho pouco profundo.

O peso induzido pelas camadas do complexo carbonatado sobre a sequência salífera pré-existente, provocou movimentos salinos de tipo diapírico (tifónico) com falhas normais e blocos abatidos contíguos. Surgiram assim condições de deposição contrastantes favorecendo sedimentos argilosos ou carbonatados consoante os níveis de abatimento verificados, condições essas que também se verificaram em resposta à formação de sistemas *horst - graben*, o que estará na origem de muitas das variações de fácies, laterais e verticais, que se observam na bacia (figura 5) (Baptista, 2003).



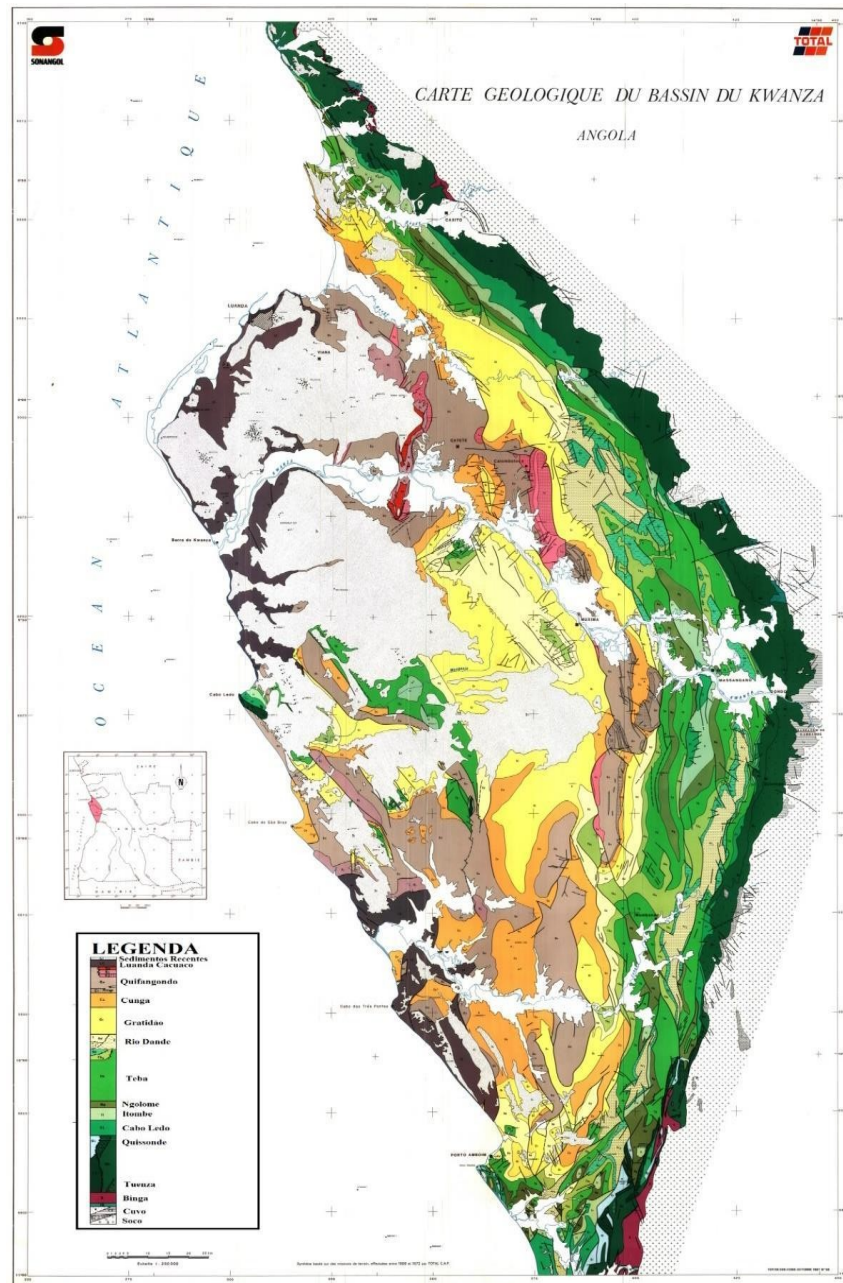


Figura 5 Mapa geológico da Bacia do Kwanza (extraído de Total E.P, 1962) conhecida também como Bacia Meso-Cenozoica e assim designada na figura 6.

## II.2. Geologia do distrito manganífero ou província metalogénica manganésifera

Os depósitos de manganês do sector estudado estão geologicamente enquadrados no Cinturão do Congo Ocidental e na sua junção (cartográfica) com a bacia de Cuanza.

O Sistema Congo Ocidental (SCO) apresenta cerca de 1400 km de comprimento e 150 km - 300 km de largura, estendendo-se paralelamente à costa da África Central. Este Cinturão integra o conjunto de cinturões Neoproterozoicos formados como resultado da fragmentação do supercontinente Rodínia e

posterior orogenia Pan-Africana, tendo esta última decorrido entre os 800Ma e 500Ma (Tack, Wingate, Liégeois, Fernandez-Alonso, & Deblond, 2001).

O domínio tectónico conhecido como *horst do Cuanza*, interrompe e deflecte os lineamentos do SCO, o que é bem expresso na curvatura das séries, xisto-gresosa, xisto-calcária e Sansikwa, de NNW-SSE para ENW-ESE (figura 6).

Na figura 7 apresenta-se uma transversal de tipo conceptual, correspondente à composição das secções indicadas na figura 6.

A sul do *Horst* observa-se uma propagação para N de características próprias da amalgamação dos terrenos observados a SE na zona centro de Angola. Assim, juntam-se aspetos estruturais próprios do SCO, com características lito-estratigráficas e intrusivas que se propagam para SSE e em direção ao Bié.

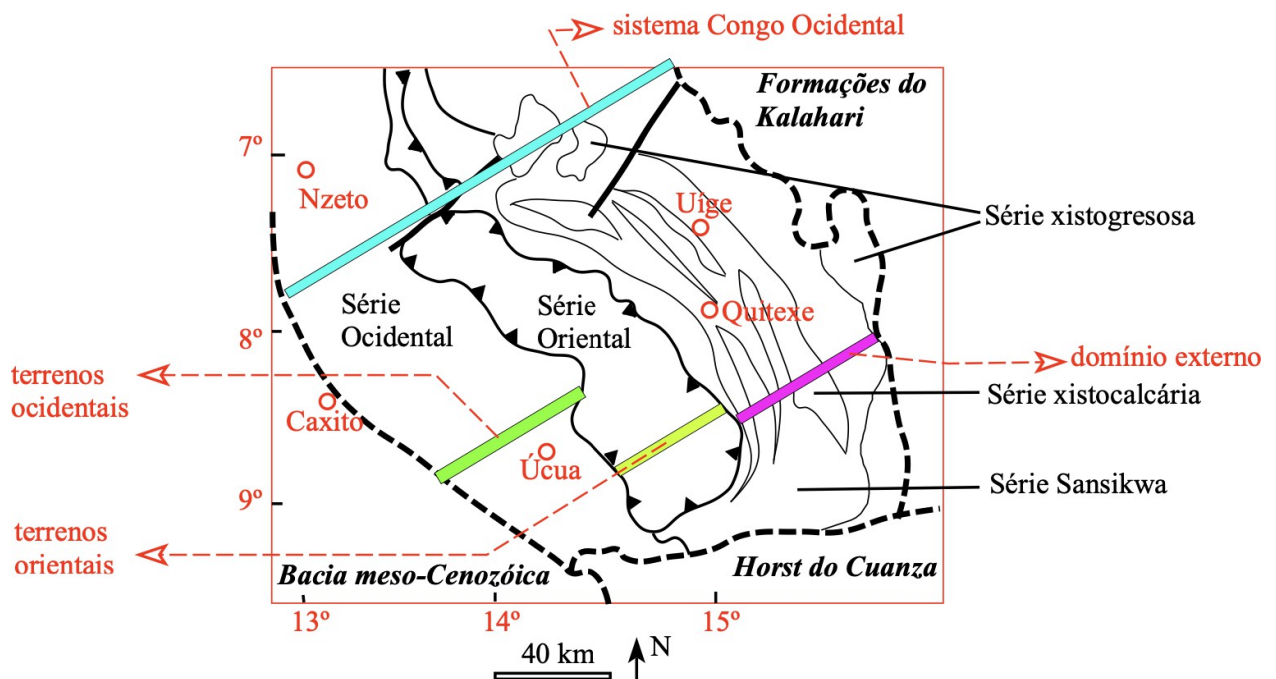


Figura 6 Compartimentação paleogeográfica e tectónio-estratigráfica do sistema Congo-Ocidental a NW da área com mineralizações de Mn e Fe/Mn. Modificado de Nsungani (2012).

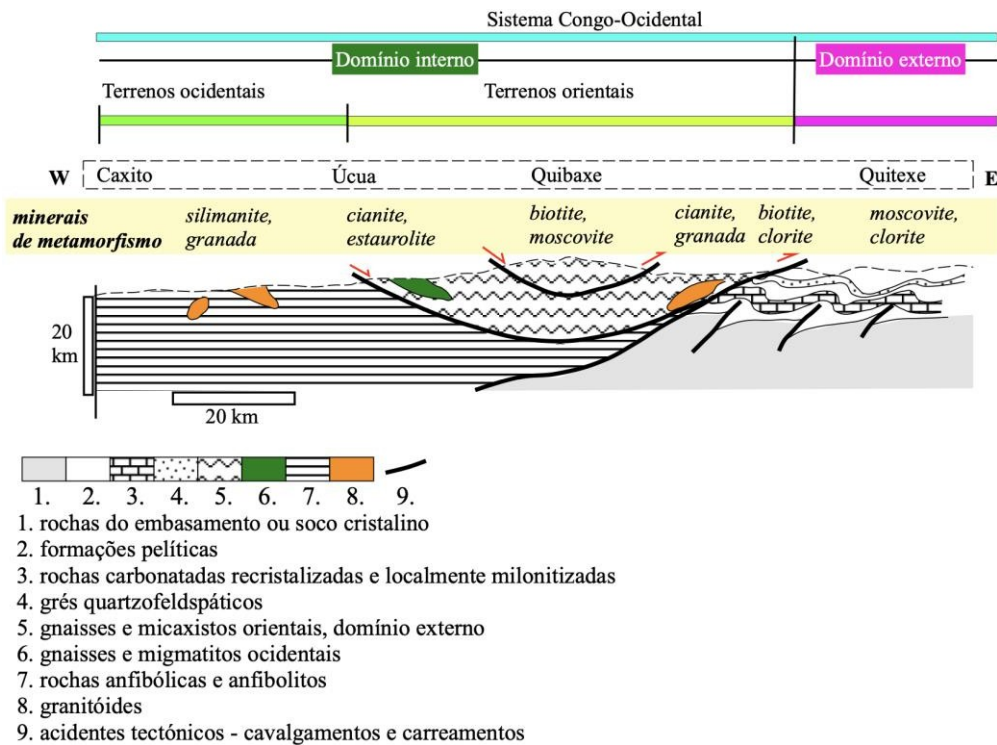
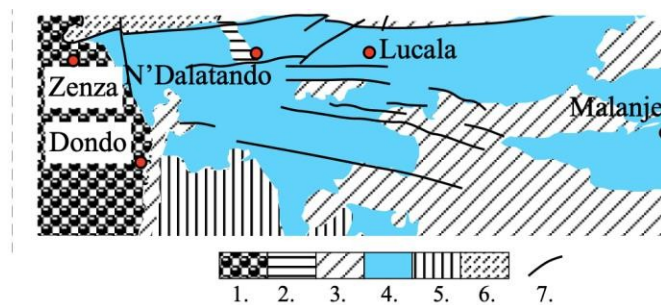


Figura 7 Transversal entre Caxito e Quitexe, baseada em Nsungani (2012) – composição conceptual das transversais traçadas na figura 6 e identificadas pelas faixas coloridas correspondentes.

Portanto, as mineralizações agora em estudo situam-se numa confluência estrutural com o horst do Cuanza e sobre rochas cristalinas que se propagam, hipoteticamente, em continuidade para ESE nos terrenos Proterozoicos amalgamados, (essencialmente, mesoproterozóicos) (figura 8).



1. Bacia Meso-Cenozóica
2. formações pelíticas sedimentares - prolongamento para S do Domínio Externo do Sistema Congo Occidental (NEOPROTEROZÓICO)
3. rochas metassedimentares com leitos proto-vulcanogénicos (MESOPROTEROZÓICO?)
4. rochas vulcanogénicas com leitos proto-sedimentares
5. PALEOPROTEROZÓICO
6. gnaisses heterogéneos
7. acidentes tectónicos

Figura 8 Região em que se encontram as mineralizações de Mn>Fe - correspondente ao domínio do *Horst do Cuanza* e sua hipotética continuidade para ESE. Extrato cartográfico modificado de (De Carvalho, Tassinari, Alves, & Simões, 2000).

As formações do Proterozoico superior na zona de Lucala correspondem principalmente ao Supergrupo Congo Ocidental (também referido como Cinturão ou Sistema SCO).

Algumas das subunidades integrantes constituem prolongamentos a partir das megestruturas circundantes.

As rochas do Proterozoico superior estão representadas, principalmente, pelas unidades das séries xisto – gresosas.

Na parte W da zona do Lucala estas rochas expressam-se em duas formações (M'pioka e Inkisi) (Araujo, et al., 1992). A formação M'Pioka - ocorre numa larga faixa de direção NW-SE, desde o rio Lueca até ao rio Lucala, no seu curso médio.

As rochas que afloram são típicas do Proterozoico (*senso lato*): granitos gnáissicos, arcoses, grés vermelhos, pórfiros riódacíticos e argilitos ou siltitos e meta-grauvaques, designadamente, o conjunto Proterozoico (sequência), Xisto-gresoso, Xisto-calca'rio e série Sansikwa (Araújo, et al., 1992) – estas séries estão bem expressas a N do "Horst" no domínio externo do SCO (ver figuras 6 e 7 atrás) e também se expressam na região mineira em estudo (figura 9).

Utilizando informações de Stanton, Schermerhorn e Koppershoek, a cartografia de Carvalho (1981) e a interpretação que foi ilustrada na figura 7, percebe-se que tanto o transporte tectónico - cavalgamento e carreamento - que caracteriza a individualização do domínio externo do SCO como os sistemas de falhas posteriores são estruturantes da dispersão dos depósitos de Mn.

A Série Xisto-Calcária é constituída, predominantemente, por calcários e dolomitos, muitas vezes estromatolíticos ou oolíticos, contendo frequentemente nódulos de sílex; entre outras rochas que também se incluem nesta série, são de referir, xistos de composição variável, "tilóides" e grés.

A Série Xisto-Gresosa inclui formações de afinidade essencialmente terrígena, apresentando características litológicas diversificadas pelo que existe a necessidade de estabelecer dentro da mesma divisão estratigráfica, varias subunidades com designações diferentes - formações: M'pioka (inferior) e Inkisi (superior).

Em termos territoriais mais abrangentes as referidas subunidades são constituídas pelos tipos de rochas que constam da tabela 3.

Tabela 3 Diversidade litológica dos terrenos correspondentes à Série Xisto-gresosa e posições relativas e estruturas das formações correspondentes.

Formação	Litologias	Espessura de referência
M'pioka	grés feldspático-quartzosos em alternância com grauvaques e xistos argilosos	250m
	xistos argilosos, laminados e maciços, muitas vezes micáceos, grauvaques feldspáticos, conglomerados lenticulares com clastos de calcários	1000m
	horizonte basal lenticular de grés feldspático-quartzosos	40m
	arcoses e camadas de conglomerados	5 a 20m
Inkisi	grauvaques líticos e feldspáticos, com estratificação entrecruzada, muitas vezes avermelhados, com leitos de xistos argilosos e siltitos micáceos, raras vezes arcoses com blastos grosseiros	800m
	arcoses com estratificação entrecruzada e leitos conglomeráticos por vezes com "ripple marks"	200 a 300m

A espessura total da série Xisto-gresosa na região mineira ronda os 3000 m.

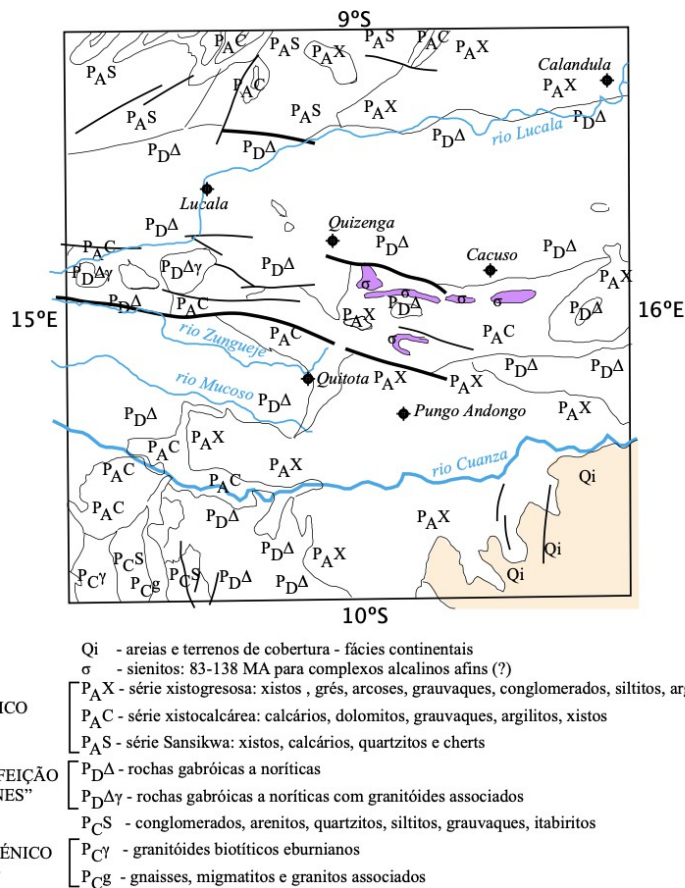


Figura 9 Geologia e estrutura da região com maior frequência de depósitos de Mn e Fe/Mn. Extrato modificado de carta geológica de Carvalho et al. (1981).

São, pois, litologias como aquelas de caracterizam as Séries Xisto-Gresosa e Xisto-calcária que compõem a parte sedimentar a vulcano-exalativa e também sedimentar-exalativa das rochas regionais que podem constituir simultaneamente o encaixante dos depósitos minerais manganésíferos.

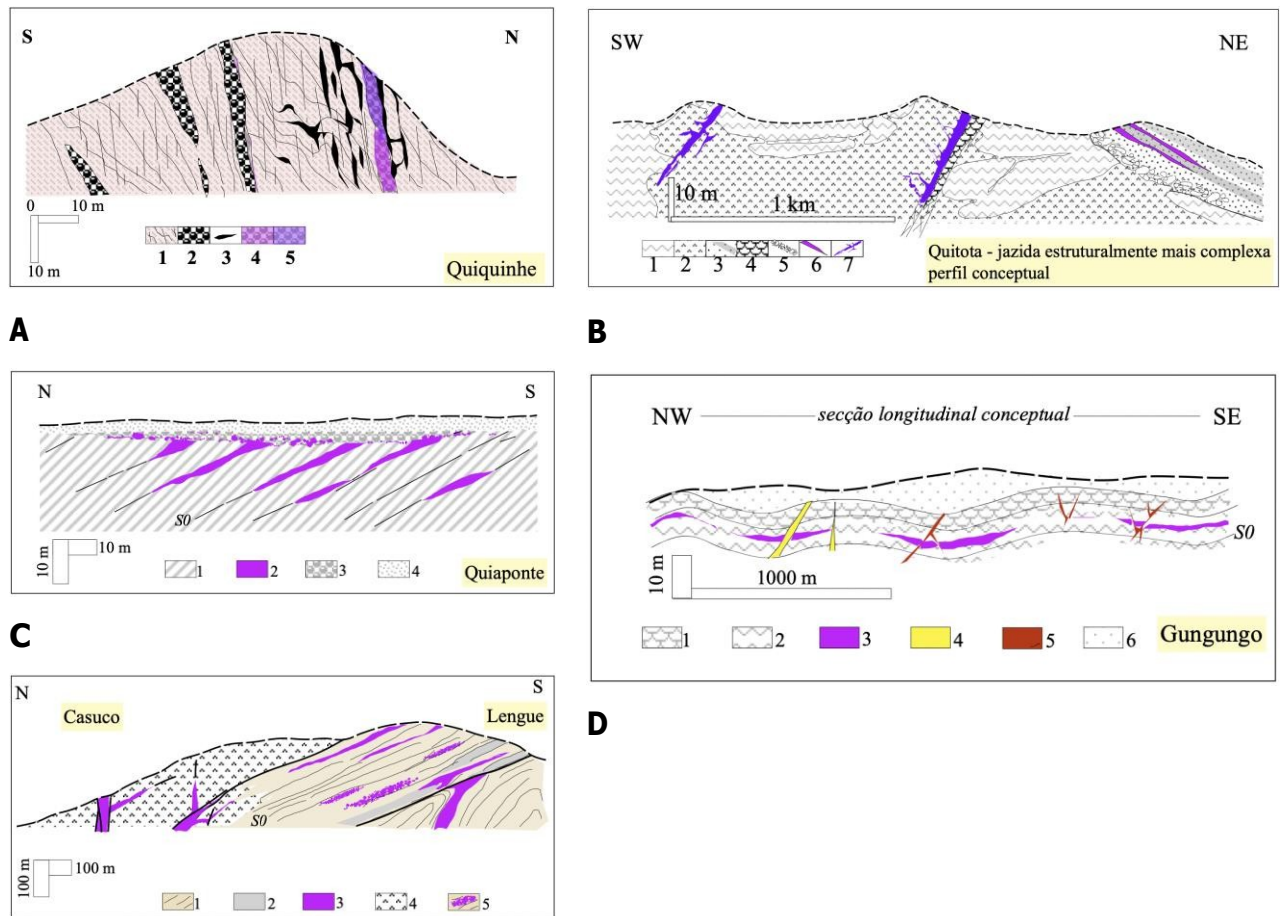
Mas também existem termos litológicos intrusivos a hidrotermais que são importantes tanto no acolhimento das mineralizações como na transformação que estas podem sofrer antes de adquirirem a sua feição atual, observada, tanto em afloramento, como nos diferentes trabalhos mineiros e de prospeção.

### II.3. Enquadramento geológico dos depósitos minerais de Mn

É possível usar os trabalhos de Paez (1970) como referência e contributo para a sistemática dos depósitos minerais de Mn.

Tal como fez Paez (1970), também neste estudo, as jazidas localizadas na figura 1 podem ser assumidas como paradigmas tipológicos da diversidade de depósitos e base para a sua sistemática estrutural e paragenética.

Com efeito, na sequência do reconhecimento geológico geral que deu forma à abordagem primária e generalista a esta região, verificou-se que fazia sentido usar os perfis transversais daquelas jazidas como termos representativos da diversidade de mineralizações de Mn (figura 10).



**E**

Figura 10 Contributo para a tipologia dos depósitos minerais de Mn observados na bacia do Cuanza – paradigmas transversais, aproximadamente, N-S, representativos das relações estruturais com as rochas hospedeiras – de acordo com Paez (1970). Legendas:

A. *Quiquinhe ou Quiquinhe*; 1 - grés avermelhados; 2 – conglomerados iterformacionais; 3 – minérios estratiformes, interestratificados e verticalizados e remobilizações venulares a metassomáticas; 4 – conglomerado com cimento manganésífero compacto; 5 – conglomerado friável com cimento de “wad” pulverulento.

B. *Quitota*; 1 - gnaisse; 2 – sienito alcalino; 3 – grés avermelhados; 4 – brechas de falha, de esmagamento e hidráulicas; 5 – conglomerados, por vezes de posição basal; 6 – minérios de Mn estratiformes; 7 – minérios venulares, em “stock-work e em fracturas hidráulicas de atitude errática.

C. *Quiaponte*; 1 - grés; 2 - minério de Mn interestratificado; 3 – eluviões com blocos de minérios de Mn; 4 – cobertura de “overburden” por vezes também com clastos enriquecidos em Mn e crostas lateríticas também com clastos manganésíferos.

D. *Gungungo*; 1 – xistos argilosos meteorizados; 2 – xistos argilosos compactos; 3 – minérios estratiformes interestratificados em xistos compactos, mais ou menos silicificados; 4 – veios de quartzo secantes com alguma hematite especular; 5 – filões hematíticos com minérios tardios associados, de Mn e K; 6 – materiais de cobertura por vezes com clastos manganésíferos em couraças ferralíticas (lateríticas).

E. *Casuco até Lengué ou Lengá*; 1 – grés avermelhados dobrados, com estratificações entrecruzadas e “ripple marks”; 2 – quartzitos e quartzitos impuros interformacionais; 3 – corpos manganésíferos com compleição estratiforme e remobilizações venulares e metassomáticas; 4 – sienito alcalino de Casuco com massas intrusivas, stocks, diques e filões camada de rochas porfíricas riódácíticas; 5 – minérios de manganês de disseminação metassomática ou concentrados em bolsas de remobilização/reconcentração e leitos interestratificados nos grés.

Para os perfis paradigmáticos presentes na figura 10 deduziu-se o conjunto de correlações litoestratigráficas que constam da figura 11.

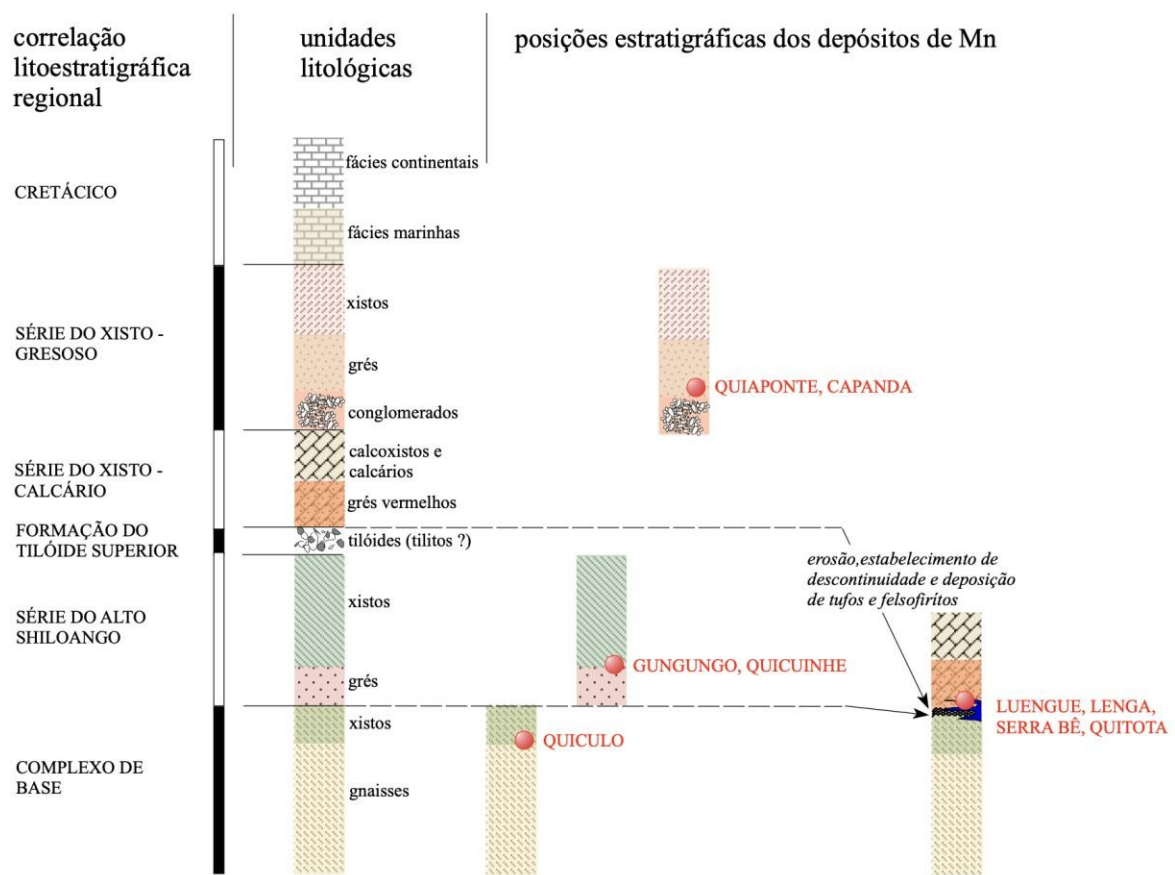


Figura 11 Litoestratigrafia deduzida para o conjunto de ocorrências de Mn de estrutura contrastante que servem de base à tipologia dos depósitos minerais.



Um aspeto fundamental a extrair da correlação lito-estratigráfica (figura 11) diz respeito, precisamente, às jazidas de Lenga (depósito 6) e Quitota, as quais são encaradas como chave para a compreensão da estrutura e paragénese debatida neste estudo.

Na estratigrafia geral aquelas mineralizações e os respetivos depósitos ocupam um nicho, situado na lacuna correspondente à Série do Alto Xiloango mais os tilóides superiores, a qual origina uma sobreposição do SCO - séries xistentas calcárias e gresosas – sobre terrenos correspondentes às rochas verdes do complexo de base que, por sua vez, se propagam, mostrando afloramentos cada vez de maior área, para SE, no sentido da região do Bié.

A proliferação de mineralizações nesta descontinuidade em particular, parece indicar um acolhimento favorável, suscetível de ser considerado como um metalotecto estratigráfico.

A mineralogia descritiva geral destas ocorrências, algumas das quais com evidente interesse económico, pode ser representada por algumas fases mais abundantes e outras mais raras que se observam nas diversas associações mineralógicas representativas. Na relação Fe/Mn parece notar-se uma predominância de fases manganésíferas na região em estudo, quando comparada com depósitos que se encontram mais para W, ao longo da Bacia do Cuanza, como os de Cassala – Qitungo, Saia e Quiçama. Nestes, a mineralização em Fe é também bastante importante ou até prevalecente (figura 12).

A assinatura ferrífera de jazidas como Cassala-Qitungo chega a expressar-se na ocorrência de verdadeiros taconitos e associações de semelhança itabirítica, tais como jasperóides interlaminares com níveis de magnetite martitizada e hematites mais ou menos especulares.

Em termos gerais, não há notícia de ocorrência destas feições mineralógicas e petrográficas na área agora estudada e tão pouco foram observadas nas jazidas chave de Lenga e Quitota.

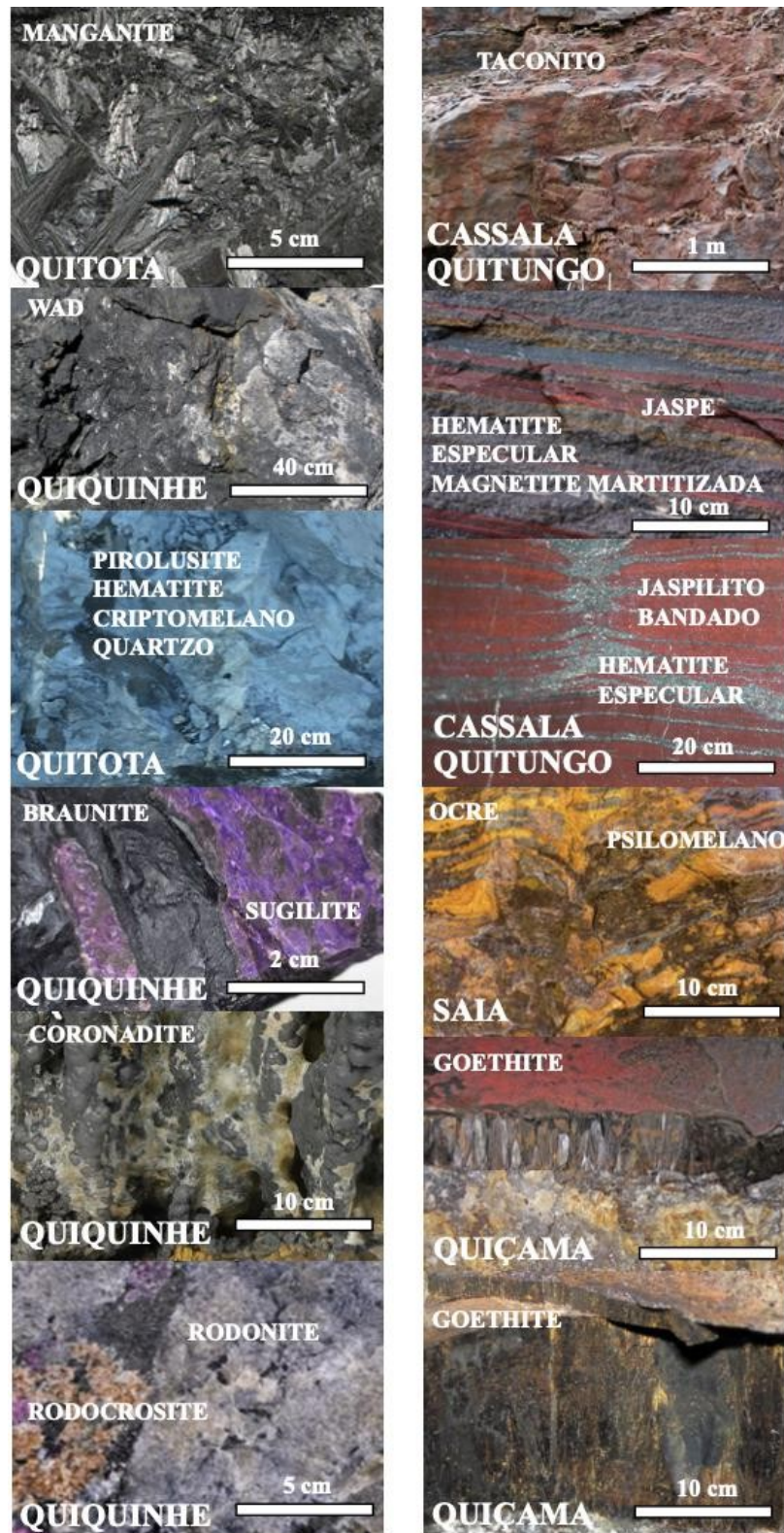


Figura 12 Mineralogia descritiva geral da região manganésifera, ilustrada com imagens de espécimes de coleção que foram colhidos nas localidades assinaladas no período de mais intensa atividade mineira da década de '70 do século XX.

### **III. RESULTADOS**

Os resultados dos diferentes trabalhos de pesquisa, cujas metodologias já foram referidas, são agora apresentados de forma compartimentada nas componentes de campo e laboratório – incluindo a petrologia, a difractometria de Rx e a microscopia eletrónica de varrimento, completada com alguns elementos de geoquímica de rocha total.

São também sistematizados em grupos de acordo com os locais chave a que dizem respeito – Minas do Lenga (Depósito 6) ou Minas de Quitota ou em então sintetizados em comum para os dois locais.

#### **III.1. Trabalhos de Campo**

Após uma etapa inicial de reconhecimento geológico regional das jazidas conhecidas a N do rio Cuanza concentraram-se esforços nas duas jazidas consideradas locais chave e na área envolvente. Os levantamentos de menor detalhe seguiram itinerários de rumo N-S e NNE-SSW, pois estas direcções são transversais às estruturas regionais, tanto aos contactos entre formações diferenciadas como às foliações, como ainda às direcções de ruturas de 1ª ordem.

O eixo rodoviário que permitiu o acesso às áreas estudadas foi a estrada Quizenga – Quitota (também ela um eixo infraestrutural N-S), estando a área do depósito 6 (minas do Lenga) mais próxima de Quizenga e do Caminha de Ferro Luanda-Malange e situada a N. As minas de Quitota situam-se a S, muito próximas da localidade com o mesmo nome.

##### **III.1.1. Minas do Lenga – depósito 6**

Nesta área, dedicou-se uma maior atenção à mina que se encontra em lavra ativa, conhecida como depósito 6, onde foi efetuado um levantamento detalhado de litologias e estruturas. Os seus resultados foram lançados sobre um croquis planimétrico construído a partir de levantamento topográfico do concessionário da mina e usando também elementos topográficos antigos do período de atividade anterior a 1974.

As frentes de desmonte atuais permitiram obter amostras frescas para estudo posterior e mostraram de forma adequada os aspetos essenciais a considerar na estruturação deste jazigo.

As rochas regionais mostram-se estratificadas com uma superfície S0 de tendência subhorizontal a pouco inclinada para N. A distribuição das concentrações de minérios de Mn é heterogénea, mas ocorrem corpos lenticulares mais enriquecidos que acompanham a estratificação e estão a ser o objectivo principal dos desmontes a céu-aberto. Verificou-se que algum deste material está afetado por metassomatismo, com silicificação importante, e presença de nsutite como mineral de Mn

característico das feições metassomatizadas. A regularidade da estratificação é interrompida por estruturas de "graded bedding" com polaridade normal e também alguns aspetos de estratificação entrecruzada e dobras monoclinais, as quais, a par de ruturas conjugadas e falhas, tanto normais como inversas, constituem os sinais de deformação mais salientes. Alguns destes motivos estão ilustrados na figura 13.

Em termos litológicos, predominam formações sedimentares pouco metamorfizadas, quartzitos, quartzofilitos avermelhados e quartzo-siltitos argilosos e também arcoses com granulado superior à dimensão silte.

A mineralização em Mn, tanto ocorre concentrada em leitos interestratificados no gre's vermelho, como também em falhas e outras fraturas, gerando por vezes veios e bolsadas no cruzamento das ruturas. Os horizontes superiores dos taludes do céu aberto mostram solos lateríticos de cobertura, típicos de sistemas supergênicos em climas tropicais.

Na figura 14 está patente a sequência tipo observada no depósito 6 de onde se deduz um marcado carácter estratiforme do jazigo. Os níveis produtivos são os mais escuros, negros neste caso, com predominância do Mn sobre a forma de compostos de baixa cristalinidade mais ou menos pulverulentos referidos no seu conjunto como "wad". Mesmo nestes níveis a silicificação está presente, decrescendo, no entanto, do topo para a base, em correlação negativa com a predominância do "wad".

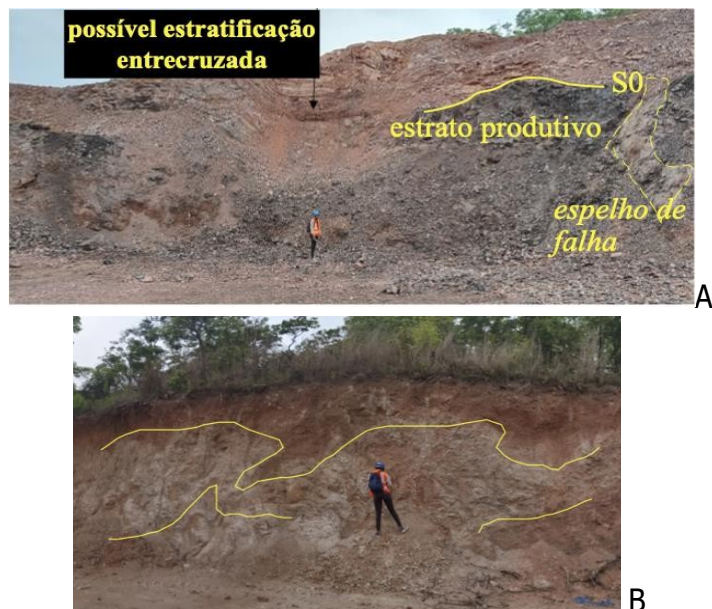




Figura 13 Imagens do 3º piso da frente de desmonte principal, no depósito 6 (minas do Lenga). A – figuras de estratificação, lenticulas produtivas e falhas principais que afetam o jazigo; B – delimitação de um nível volcanoclástico felsítico (com aspeto atual tufáceo); C – estruturas monoclinais e ruturas associadas, próximo de domínios metassomáticos com nsutite; D – conjugação de ruturas que afetam as figuras e superfícies de estratificação.

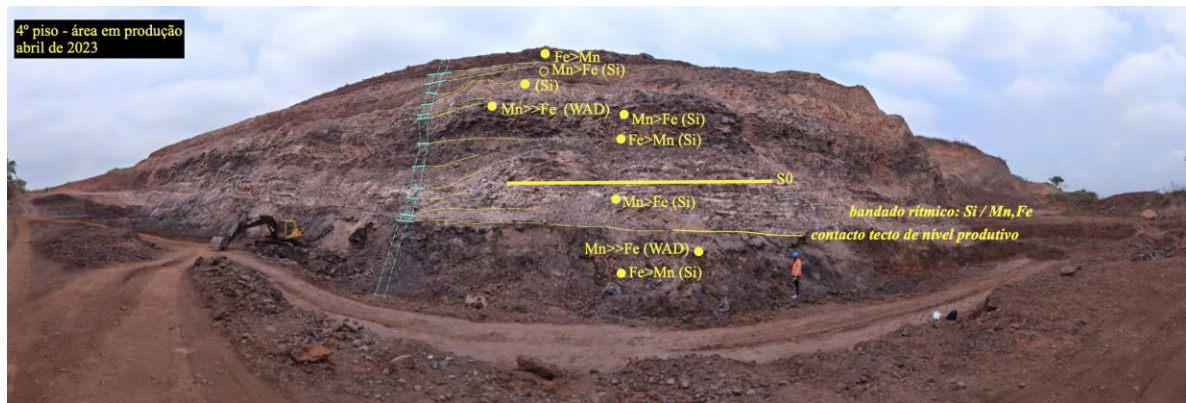


Figura 14 Imagem panorâmica da frente de desmonte principal - mina do Lenga - depósito 6 - mostrando as variações de fácies das rochas hospedeiras das mineralizações sempre com um conteúdo de Fe significativo que motiva o aspeto ferruginizado da frente. As variações Mn/Fe e os conteúdos associados de Si foram obtidas a partir da análise semi-quantitativa por espectrometria de fluorescência de Rx portátil, em incidências sobre amostras da coluna assinalada a azul.

Os diferentes aspetos dos trabalhos mineiros atuais, a sua topografia, e as principais características geológicas da jazida encontram-se representadas na figura 15, que corresponde a um croquis que foi projetado em Maio de 2023 – pode não estar atualizado atendendo a que os trabalhos mineiros se mantiveram desde então.

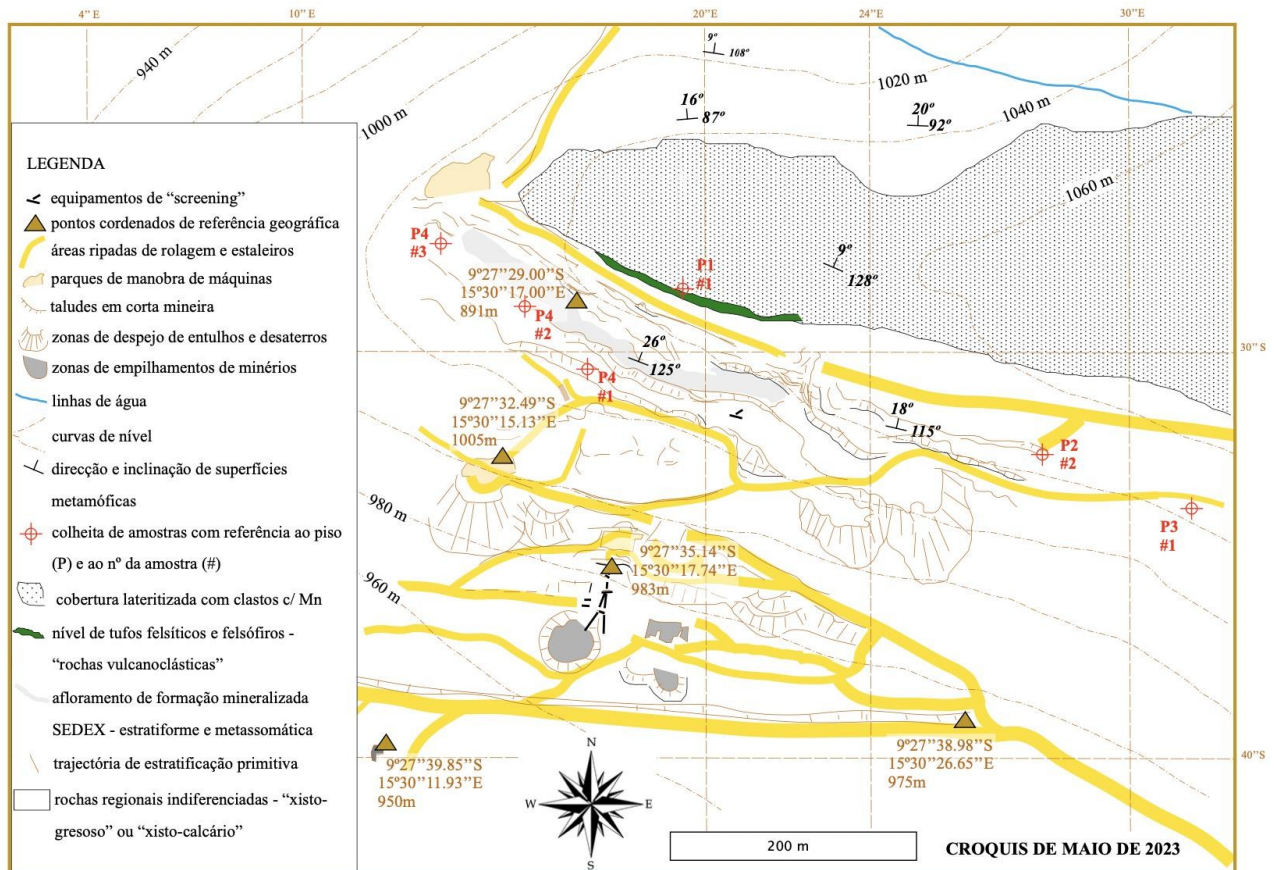


Figura 15 Planta croquis do depósito 6 (Lenga) com implantação de litologias vulcanogénicas e do “oberburden” laterítico, localização das primeiras amostras colhidas no fim de 2022 e menção dos pisos sujeitos a amostragem.

### III.1.2. Minas de Quitota (ponto 2)

Nas minas de Quitota, próximo do rio Zunguege, ocorrem mineralizações hospedadas em granitóides e gnaisses do Complexo de Base, nos quais se verificaram intrusões sieníticas. Parece haver relação entre as intrusões sieníticas e pelo menos algumas das fases da mineralização com manganês. As estruturas e texturas observadas refletem episódios de metassomatismo intenso que se sobrepõem às mineralizações primárias e as remobilizam (Paez, 1970).

Os trabalhos mineiros que aí se observam são antigos e anteriores a 1975.

Pela sua estrutura e dimensão, acredita-se que no passado foi uma das minas mais importantes desta região mineira.

Recentemente verificaram-se aqui ações de prospeção com algumas sondagens verticais, as quais, no entanto, atingiram baixas profundidades (figura 16). O alvo em que incidiu o programa de sondagens ficou conhecido como ponto 2. A atividade extrativa antiga verificou-se tanto a céu-aberto como em avanços subterrâneos.

A parte subterrânea do jazigo incidiu especialmente em corpos do minério enriquecido que se apresentavam sob a forma de bolsadas, dispendo-se segundo "ore-shoots" muito inclinados e com um rumo N5° - N10°, que é o de algumas falhas de maior continuidade (figura 17).

Em coerência com o aumento da quantidade de minerais de Mn, os corpos de minério apresentam uma coloração castanha avermelhada escura a negra correspondente a óxidos, hidróxidos e silicatos. As estruturas e distribuições de minérios típicas de metassomatismo são evidentes, bem como o seu controlo estrutural pela presença de ruturas, por vezes agrupadas em conjuntos de feição hidráulica e de tipo "stock-work" em litologias jaspilíticas ou jasperóides (figura 17). Em consonância com estas observações um mineral frequente nestes domínios mais escuros, sobretudo dos que se expressam em rochas sieníticas e "rochas silicatadas vermelhas", é a neltenerite, que aqui se pode considerar frequente ao contrário do que acontece em outras jazidas de Mn.



vista geral



Figura 16 Minas de Quitota (trabalhos antigos) e ponto 2 onde incidiu o programa de sondagens recente. Os furos pouco ultrapassaram os 90 metros de profundidade: ver inscrição na imagem do marco de sondagem recente que se encontra num dos níveis do céu-aberto antigo – 90.6 米 (m, em “chinês simplificado”).

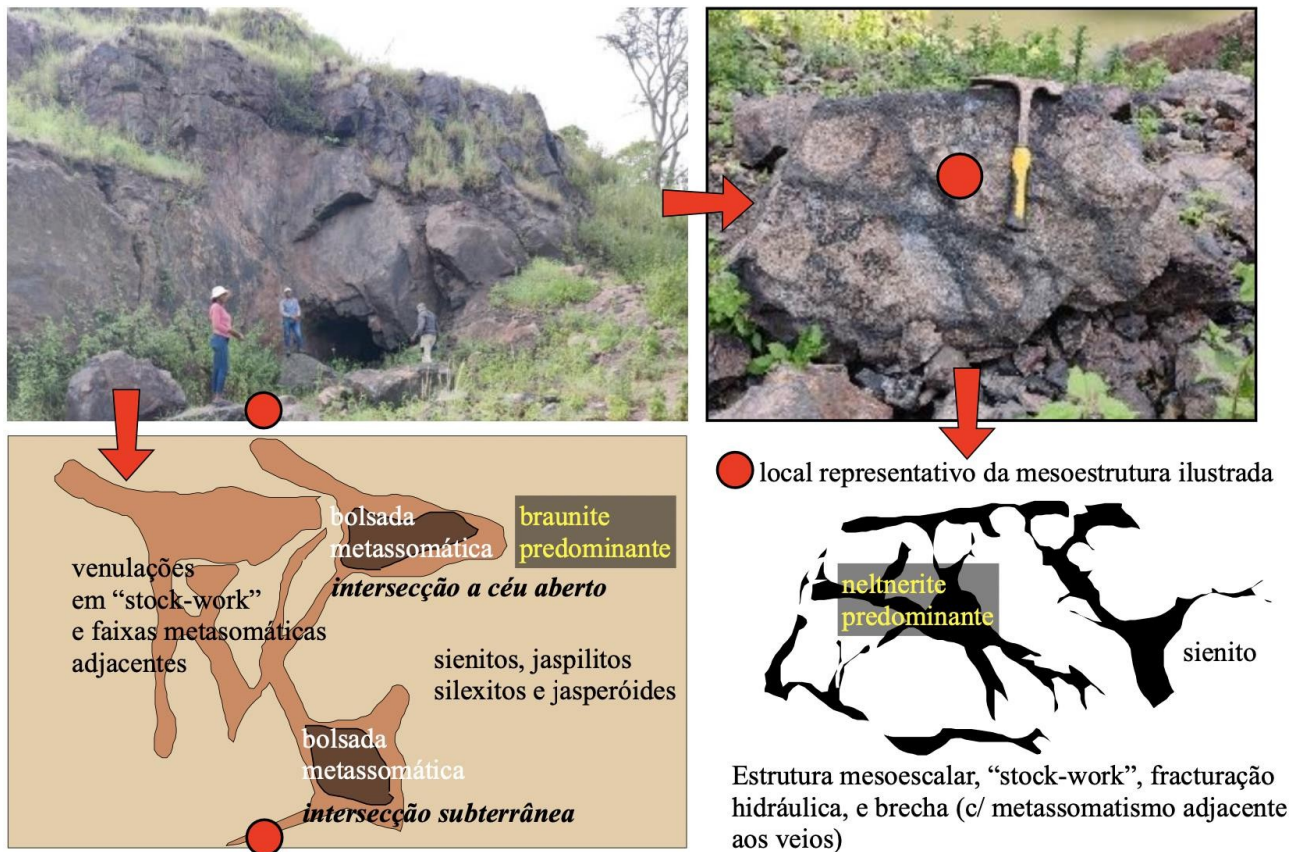


Figura 17 Imagens das formas dos corpos de minério e “ore-shoots” típicos das minas de Quitota no ponto de coordenadas, 9° 35 '52.0 ''S; 15° 25 '19.3 ''E e sua interpretação.



Na figura 18 encontram-se alguns pormenores de campo que ilustram transições entre as zonas mineralizadas e as rochas hospedeiras, observados tanto em afloramentos das proximidades (figura 18 A) como nos próprios trabalhos mineiros antigos (figura 18 B).

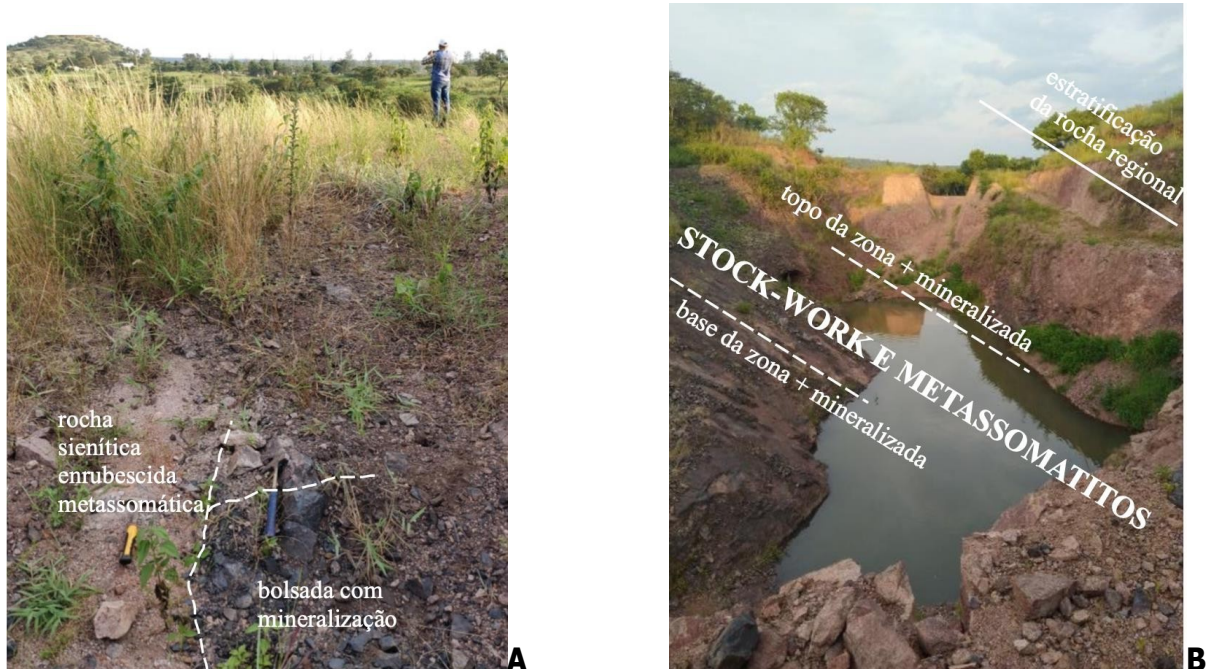


Figura 18 Ilustração de algumas relações entre rochas hospedeiras e mineralizações em observações de campo. A – ponto de coordenadas, 9°35 '52.8 ' S; 15°25 '14.5 ' E – observação em afloramento da vizinhança da mina de Quitota; B – Ponto de coordenadas, 9° 35 '52.0 ' S; 15° 25 '19.3 ' E – antigo desmonte a céu-aberto de Quitota com indicação de um "gem-shoot" num volume correspondente ao "stock-work" e metassomatitos adjacentes.

A topografia, e características geológicas da jazida encontram-se representadas no croquis da figura 19, que pode não estar atualizado atendendo a que se intensificaram, recentemente, os trabalhos de pesquisa e a preparação desta jazida para uma eventual e futura exploração.

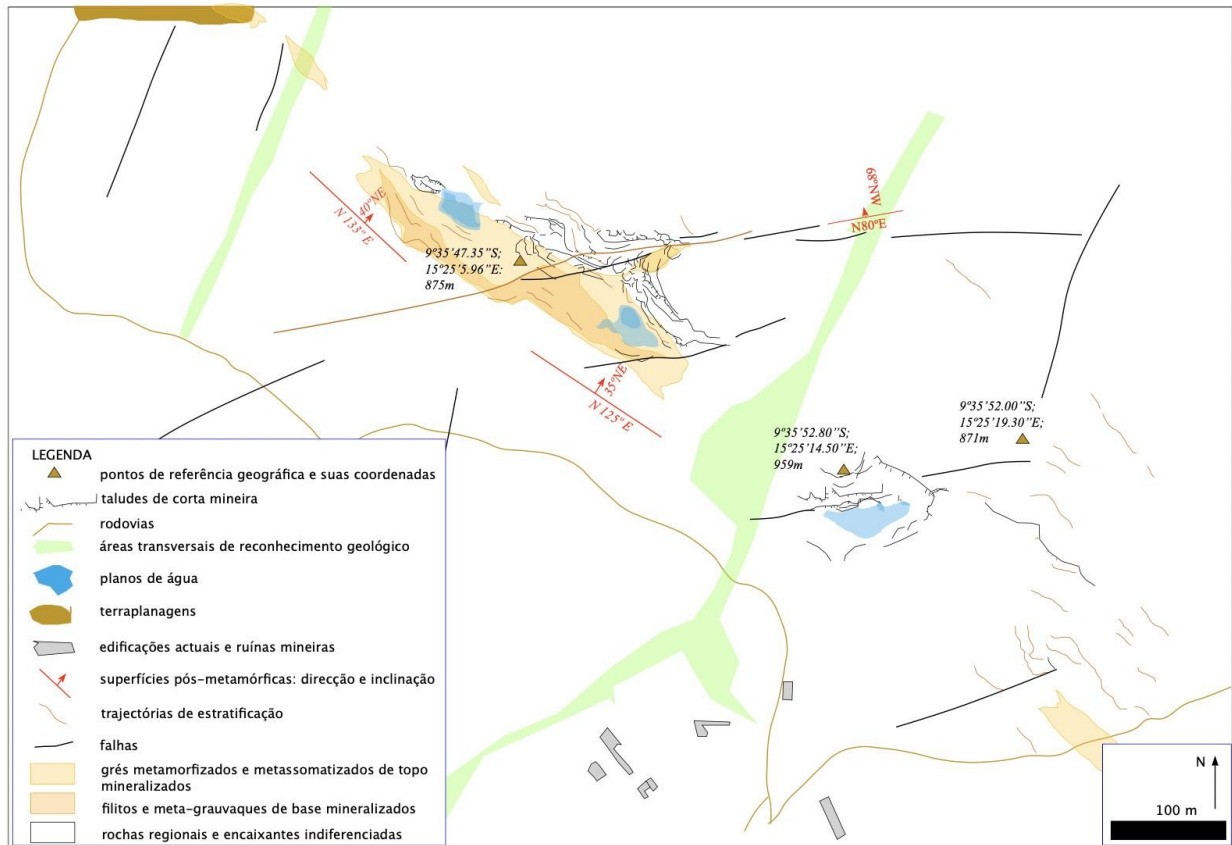


Figura 19 Croquis dos desmontes principais das minas de Quitota obtido com base num levantamento expedito dos trabalhos mieros antigos sem representar as rochas de carácter intrusivo e metassomático que mostram contornos difusos, sem evidentes soluções de continuidade.

### III.2. Petrografia de Rochas e Minérios – Macroscopia e Mesoscopia

Numa primeira abordagem à petrografia de minérios, procurou-se determinar, em termos gerais, quais os tipos litológicos regionais que estavam de alguma forma relacionados com os depósitos minerais de Mn.

Nos primeiros reconhecimentos geológicos regionais colheram-se amostras destas rochas, as quais foram sujeitas a estudos de petrografia às escalas macro e microscópicas.

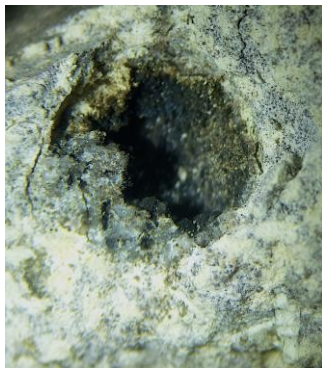
As maiores diferenças dos litótipos hospedeiros das mineralizações entre os locais chave Lenga e Quitota, verificam-se no caso das fácies ígneas:

- a) Lenga – rochas vulcanoclásticas tufáceas – tufos félsicos e felsófiros muito meteorizados;
- b) Quitota – sienitos alcalinos e pórfiros riodacíticos.

Os tufos do Lenga identificam-se como rochas profundamente argilizadas sem vestígios preservados dos minerais da matriz prévia. Em alguns casos, uma observação à lupa permite notar a presença de

cristalitos do que pode ter sido sanidina. O aspeto macroscópico da argilização não esclarece sobre a natureza meteórica ou hidrotermal da mesma (figura 20).

No sistema de classificação modal de Streckeisen e no diagrama para rochas vulcânicas enriquecidas em SiO<sub>2</sub> (figura 21), as amostras dos pórfiros de Quitota projetam-se no domínio riodacítico, As texturas são porfíricas com matriz afírica e fração fenocristalina constituída por fenocristais de feldspato > quartzo. Com frequência notam-se texturas de transporte magmático dos fenocristais (fluidalidades magmáticas plano-lineares).



- cavidade vacuolar típica de "degassing" em massa vulcanogénica vesicular.

- matriz tufácea, aparentemente, felsofírica com fenocristais de sanidina parcialmente argilizados



- pormenor da matriz felsofírica - indicio de feição composicional ácida

- secções de sanidina com macla de Carlsbad em nódulos hiperalkalinos

Figura 20 Tufo félsico do Lenga em observação mesoscópica e em lupa binocular. Lados maiores das fotos têm 5 mm.

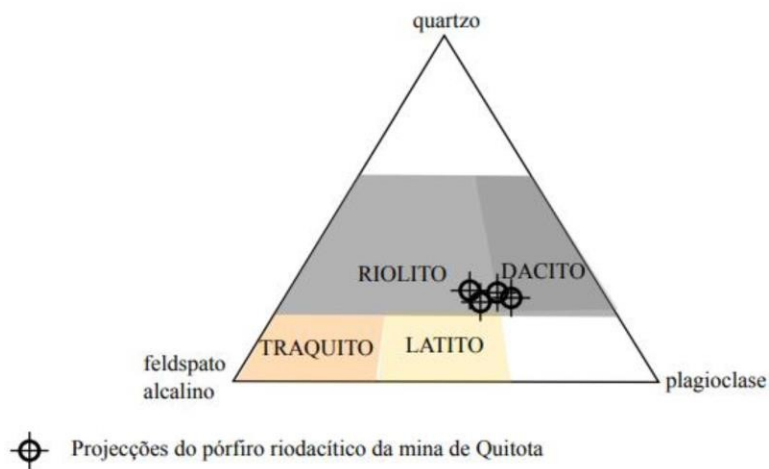


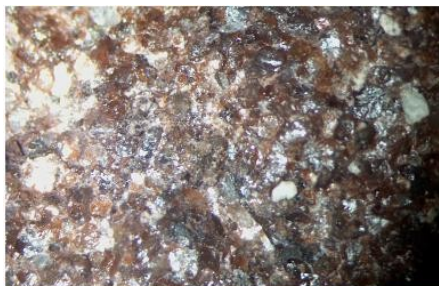
Figura 21 Domínio de Streckeisen das composições mineralógicas de rochas vulcânicas sobressaturadas em sílica e com quartzo - composição das rochas porfíricas de Quitota.

No que respeita às rochas sedimentares, dado que os minerais tipomórficos observados sugerem, de forma generalizada, um baixo grau de metamorfismo, prevalecem litótipos detríticos siliciclásticos e intercalações de rochas carbonatadas.

Os litótipos detríticos mostram granulometrias clásticas com predomínio da fração silto-arenosa. Do ponto de vista mineralógico os clastos são essencialmente quartzosos sendo menos abundantes os clastos feldspáticos e de restos de rocha (clastos e fragmentos líticos). As matrizes e cimentos são predominantemente argilosas e/ou carbonatadas o que, dado o baixo metamorfismo, evolui para matrizes filíticas a calcárias cristalinas. Daí a feição xisto-gresosa e xisto-calcária das séries que compõem o SCO na região manganésifera.

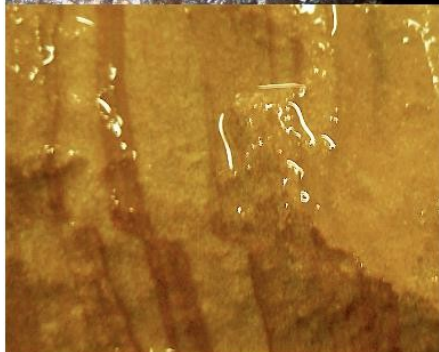
A componente siliciclástica (figura 22), revela termos sedimentares primitivos dos tipos, grés arcósico, quartzo-vaque e sublitoarenito, termos estes em que se expressam estratificações entrecruzadas, observadas a diferentes escalas e algumas "ripple-marks", observadas em afloramento. É também a este nível que algumas amostras, em observação mesoscópica, mostram figuras de "graded bedding" com polaridade aparente de tipo normal.

A granulometria dos clastos mostra algumas frações rudíticas que ocorrem como conglomerados interformacionais e, em casos raros, também em leitos correspondentes à situação estratigráfica de conglomerados de base, como acontece na porção tipicamente sedimentar (NE) das rochas encaixantes na Jazida de Quitota.



Horizonte gresoso grosseiro ferralítico.

- arcose ferralítica com componente vulcanogénica



Horizontes de quartzoaque ou sublitoarenito com índices de reajuste por colapso gravítico pós deposicional com vetor dirigido à esquerda da imagem.



Também com vetor gravítico dirigido à esquerda da imagem, aparente mesostratificação cruzada em horizontes de sublitoarenito ou quartzoaque.

Figura 22 Rochas regionais siliciclásticas coexistentes com os horizontes mineralizados em observação macroscópica – o lado maior das fotos tem 5 cm.

Em termos gerais, as mineralizações ricas em óxidos de manganês apresentavam-se interestratificadas nos grés vermelhos e em veios de ganga quartzosa e massas (de cariz metassomático) alinhando-se em "ore-shoots", os quais, pelo exame macroscópico de produtos "run of mine" ou "tout-venants" podem corresponder ao seguinte conjunto de situações:

- 1 - *densificação de processos deposicionais em junções de ruturas de tectónica frágil.*
- 2 - *junções de rupturas erráticas resultantes de fracturação hidráulica e suas vizinhanças com transformações metassomáticas significativas e disseminações.*
- 3 - *corredores de densificação de "stock-work" especialmente quando as rochas afetadas estão silicificadas ou são verdadeiros jasperóides ou jaspilitos. Proliferam veios transectando rochas metassomatizadas jasperóides que são considerados epigenéticos no que respeita às mineralizações que comportam (figura 23).*

No caso 3 e na dependência do que parece ser uma forte silicificação em alguns horizontes subconcordantes, a disposição da sequência sedimentar e das massas

mineralizadas mais primitivas, é coerente com a manifestação de estruturas e litologias de afinidade sedimentar exalativa (SEDEX), aspecto que interessa valorizar em estudos subsequentes destas mineralizações.

Nos minérios, são constituintes principais a pirolusite, em especial, a variedade polianite, criptolomelana e braunite. Nos minerais da ganga incluem-se, ortoclase, microclina, sanidina, clorite, argilas, micas, barite, quartzo, jaspe e calcedónia e, embora muito raros, mas com interesse para a atribuição de uma afinidade SEDEX, a granada espessartite e alguma turmalina dravítica.

Em termos de processos de mobilização metalífera e concentração, são aparentes alguns estádios que se podem considerar singenéticos (natureza SEDEX) e sobretudo estádios e episódios que se podem referir como epigenéticos: metassomatismo, alteração e precipitação hidrotermal de baixa temperatura (figura 24) e remobilização supergénica.

Na figura 25 ilustram-se alguns aspetos macroscópicos consentâneos com estas suposições e que foram identificados nas minas do Lenga.

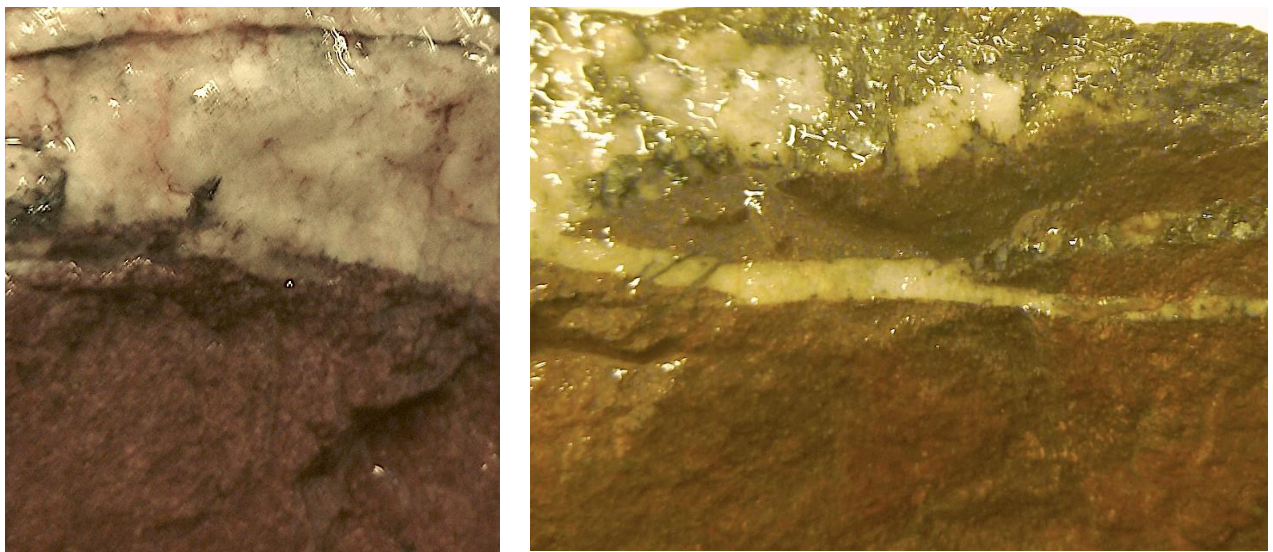
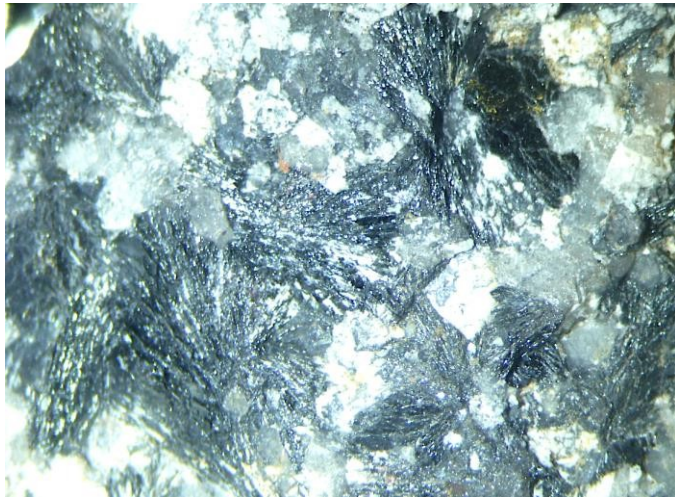


Figura 23 Impulsos dilatacionais com venulações quartzosas, separados por painéis de clorite ou stilpenomelana ou então, separados por enclaves de rocha encaixante – secções transversais ao desenvolvimento dos veios com encaixante jasperóide - estação 2 do piso 3 do Lenga em que os lados menores das fotos têm 4 cm.

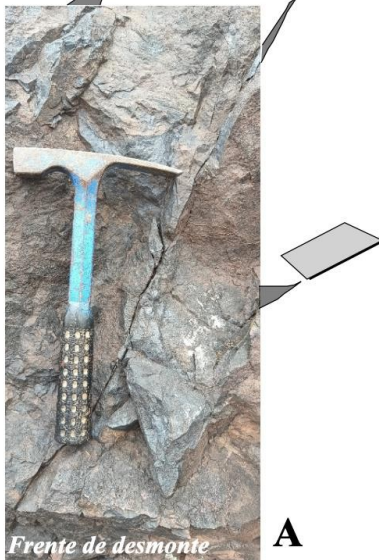


- minério especular radial em estrutura "crak-seal" dilatacional, composto essencialmente de manganite e pirolusite

- ganga essencialmente quartzosa

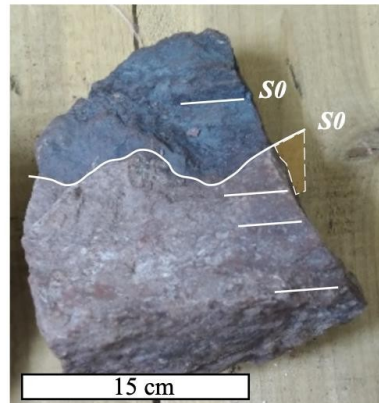
Figura 24 Minérios tardios venulares hidrotermais de baixa temperatura – amostra obtida no depósito 6 do Lenga - secção paralela ao desenvolvimento do veio em que o lado maior da foto tem 3 cm.

*Minério de Mn venular em fracturas de fácies jasperóide*

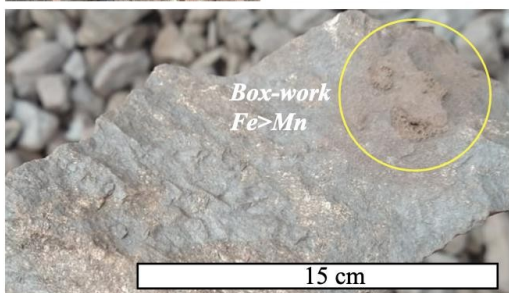


**A**

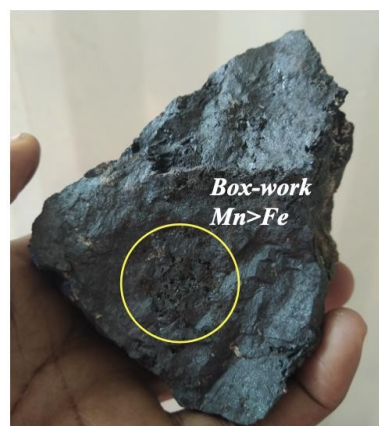
*Minério de Mn estratiforme em fácies jasperóide*



**B**



**C**



**D**

Figura 25 Alojamentos diferenciados das mineralizações de Mn ± Fe na jazida intersectada no depósito 6. A - alojamento venular de tipo hidrotermal; B - alojamento estratiforme em contexto provável sedimentar – exalativo; C – deposição supergénica em cavidades de corrosão de tipo "box-work" com Fe>Mn – goethite predominante; D - deposição supergénica em cavidades de corrosão de tipo "box-work" com Mn>Fe – "wad" predominante e pirocroite.

A figura 26 mostra imagens de minérios do Lenga que, no entanto, também ocorrem com aspetos idênticos em Quitota.

Algo interessante nestas amostras é a presença e até prevalência de estruturas de natureza colofórmica

A interpretação paragenética e os modos de depósito que são deduzidos para o conjunto de amostras antes descritas, oriundas do depósito 6 do Lenga, pode também ser invocada para amostras das minas de Quitota. Salienta-se, o carácter nodular das associações bifásicas de minérios, em alguns casos exibindo arranjos de natureza colofórmica e também a presença de glóbulos esferoidais de quartzo, figuras de corrosão e "box-work" em massas pulverulentas onde predominam materiais compósitos, tendencialmente amorfos, do tipo "wad" (figura 26 C).

Alguns tipos litológicos amostrados em Quitota e que se ilustram na figura 27, podem também ser identificadas nos depósitos do Lenga. Existem, portanto, aspetos comuns às duas jazidas que são consideradas como locais chave para este estudo. No entanto, o conjunto das amostras que representam rochas ígneas de Quitota, exibe um carácter alcalino mais marcado do que se observa no Lenga. O epidoto é frequente nas rochas metassomáticas associando-se a dessilicificação e hematização – enrubescimento - dos feldspatos potássicos. Em alguns casos nota-se uma verdadeira episienitização das rochas gnaissóides, associada à remobilização de Mn e sua deposição metassomática.



A

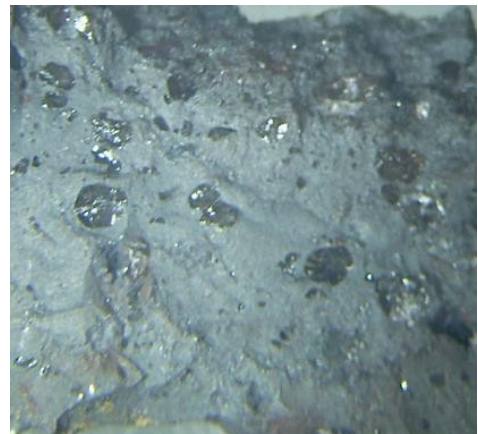


B



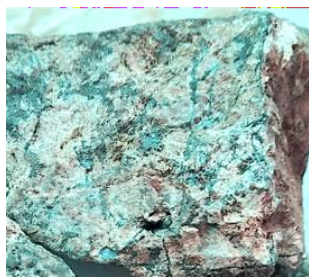


C



D

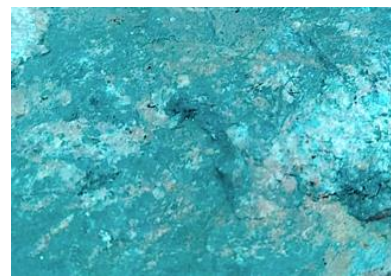
Figura 26 Minérios típicos (contrastantes) – Estação 1 no piso 4, o mais ativo em termos de extração no depósito 6 do Lenga: A - Minério de aparência bifásica com inclusões de quartzo rolado, B - O mesmo minério com aparência nodular – é mais definida a inclusão de quartzo na fase negra; C – Minério vacuolar a vesicular terroso negro mais ou menos friável com cavidades de corrosão portadoras de sobrecrescimentos cristalinos alojados em “box-work” e aparentes clastos ou blastos claros; D - Minério compacto negro com alinhamentos de quartzo globular quase hialino segundo  $S_0$  -superfície de estratificação.



*Rocha alcalina cataclasada com mineralização nas fraturas*



*Rocha alcalina sienitóide.*



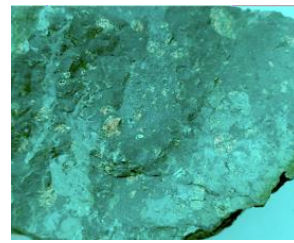
*Mineralização Mn em ganga brechoide de rocha alcalina com microclina*



*Rocha alcalina com epidóto e com leitos de epidosito.*



*Porfiro sienítico - com fenocrístais e “box-work” correspondente.*



*Contexto porfirico brechóide com mineralização em cataclase com alguns vacúolos no cimento manganésifero.*

Figura 27 Litótipos sieníticos granulares e porfíricos com feição alcalina e presença de epidoto acessório. Algumas das litologias têm carácter cataclástico ao qual se associa mineralização manganésifera intersticial. Lados maiores das fotos = 6 cm.

Na figura 28 ilustram-se alguns tipos de minérios de Quitota com realce para os compactos, silicatados e os friáveis, com constituintes amorfos do tipo “wad”. Ilustram-se também amostras de disseminações em compartimentos sieníticos metassomatizados que se encontram ao longo dos “ore-shoots”.



*Mineralização rica em leitos compactos*

*Mineralização friável*

*Mineralização intersticial disseminada*

*Mineralização intersticial*

Figura 28 Formas diferenciadas de mineralização na jazida de Quitota.

### III.3. Difractometria de Raios X

Um trabalho sistemático de difractometria dedicado a amostras de minérios compostos, permitiu a identificação e dedução de associações presentes nos diferentes corpos de minério e rochas regionais dos locais chave Lenga e Quitota. As interpretações dos difractogramas basearam-se em aproximações geradas pelo software de análise – melhor ajuste ou “best fit” – seguidas de um juízo, que tem em conta as intensidades e prevalências de picos de difração (“peack list”) e a probabilidade de ocorrência atendendo à favorabilidade paragenética.

A subsequente análise de superfície das mesmas amostras, em microscópio eletrónico de varrimento, permitiu consolidar as identificações e combinações paragenéticas estabelecidas com base difractometria de Rx.

Os resultados de difractometria de Rx são apresentados através da exposição dos difractogramas de Rx das amostras, com indexação, a partir das contagens de reflexão dos picos relativos a planos com as distâncias reticulares que estão padronizadas nos standards (fichas JCPDS), por sua vez reunidos na base de dados que serve o software. A designação dos minerais vem em língua inglesa tal como sai do tratamento informático.

Uma boa parte dos minerais identificados apresenta bons ajustes dos picos de difração às estruturas cristalinas padrão.

A difractometria de Rx teve um maior desenvolvimento que aquele que está expresso nos difractogramas apresentados em seguida, incidindo sobre fases puras à lupa, discriminadas pelas propriedades físicas, morfológicas e propriedades dependentes da luz, com o objetivo primário de identificar minerais e assim contribuir para a listagem, tão exaustiva quanto possível, dos que ocorrem nas diferentes jazidas, permitindo reconhecê-los nos seus variados intercrescimentos e posicionamentos paragenéticos. Nos quadros paragenéticos apresentados adiante o elenco de minerais

de cada quadro é, em grande parte, estabelecido a partir da implementação exaustiva da difractometria de Rx.

### **III.3.1. Difractometria de Rx sobre amostras das minas do Lenga**

Uma amostra colhida na estação 1 do piso 3 das minas do Lenga, procurou representar o minério que atualmente é apurado por separação manual e pelas rudimentares condições de "screening" que foram implementadas no local. Este tipo de minério também ocorre na jazida de Quitota, sendo um dos mais abundantes nestes dois depósitos.

O difractograma da figura 29, corresponde, portanto, a uma associação típica dos minérios de manganês que são extraídos, os quais frequentemente são heterogêneos, siliciosos e com conteúdos significativos de Fe. Os minerais manganésíferos principais são a braunite e a pirolusite. A braunite é um mineral típico destas associações onde entre as gangas se salienta a presença de quartzo de baixa temperatura. Isto sugere também a presença de calcedónia ou jaspe, não discrimináveis nestas condições.

Na figura 30 está a identificação difractométrica de minerais de ocorrência venular correspondentes a veios secantes relativamente à associação mineralógica precedente. A coexistência revelada de hematite e pirolusite em ganga quartzosa, representa uma associação de génese hidrotermal tardia, que tem pouca importância económica quando considerada independentemente das massas de minério que atravessa.

Na figura 31 encontra-se o difractograma de uma associação mineralógica extraída num domínio enrubescido (hematizado), contíguo a um veio de quartzo com hematite. No referido domínio encaixante enrubescido, a presença de hematite com microclina ordenada de alta triclinicidade (sob a forma de poalhas inclusas na microclina), em associação com flogopite, sendo parte do quartzo identificado correspondente à variedade jaspe, são indícios de epissientização. Este fenómeno metassomático parece acompanhar muitas das mineralizações.

Amostras dos minérios acolhidos em veios mais tardios (figura 32) geraram difractogramas com um "back-ground" mais elevado, sobretudo se comparados com o difractograma da (figura 30). Este aspeto da configuração dos difractogramas indicia baixa cristalinidade, sendo interpretado como identificação de um jaspe num caso e jaspe mineralizado com pirolusite no outro caso. Começa a esboçar-se a prevalência de sílica de baixa cristalinidade e, portanto, a expressão de critérios sugestivos da deposição de minérios e gangas a partir de soluções coloidais a baixa temperatura. Texturas como as observadas na figura 26 B atrás são compatíveis com esta hipótese.

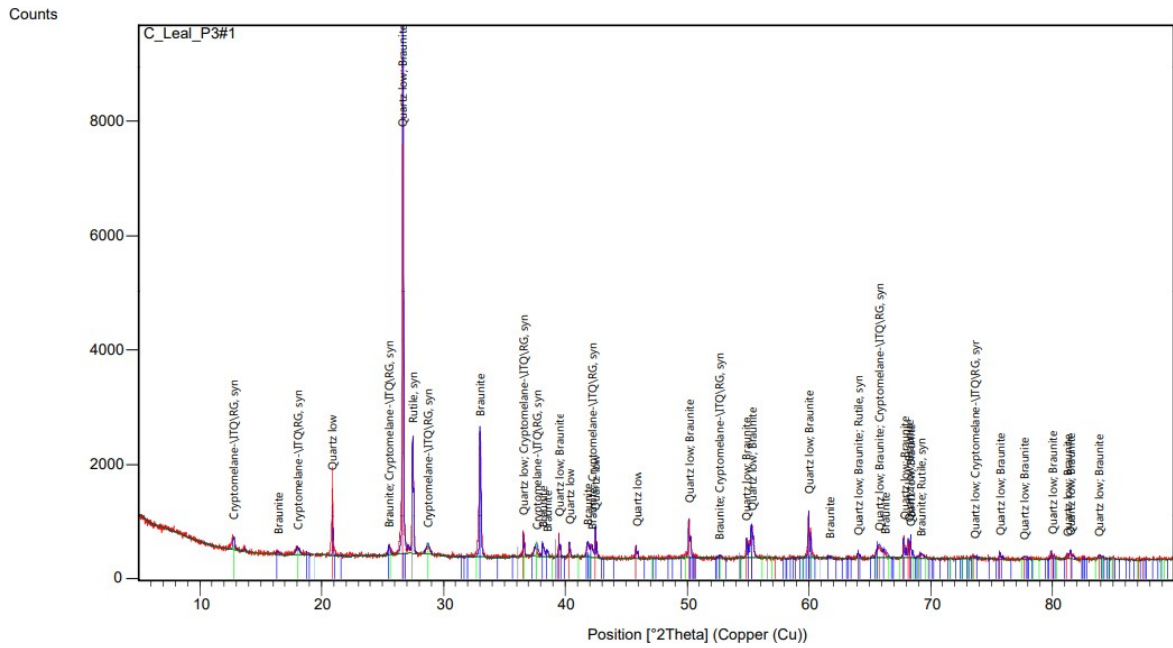


Figura 29 Difratoograma de raio X, identificando quartzo, cryptomelana e braunitz, minerais predominantes no “tout-venant” das minas do Lengua.

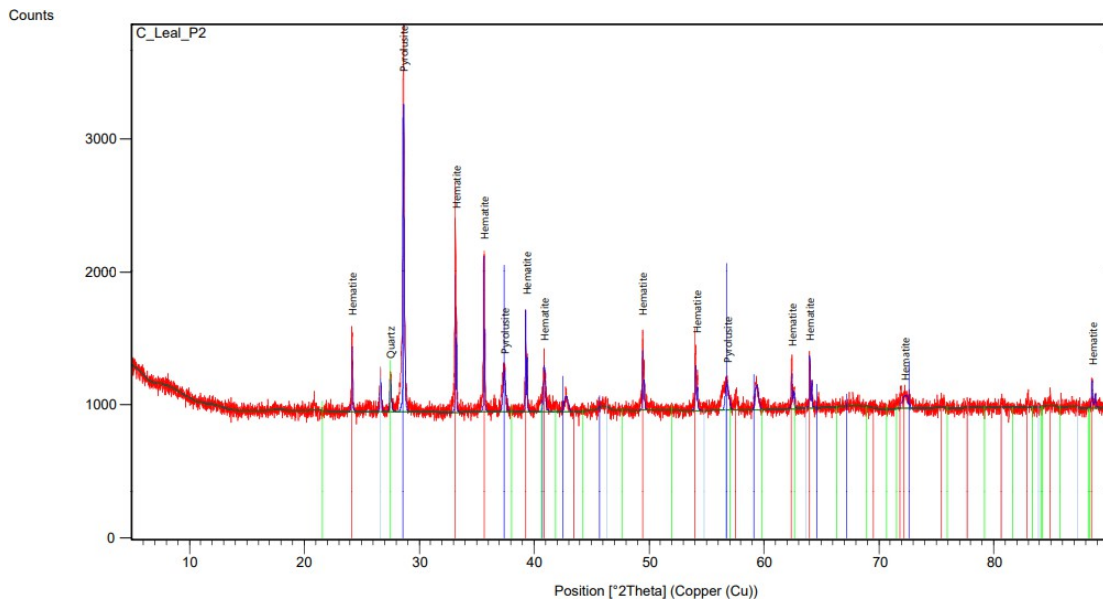


Figura 30 Difratoograma de uma amostra do piso 2 do depósito 6, mina do Lengua representando uma associação mineralógica venular.



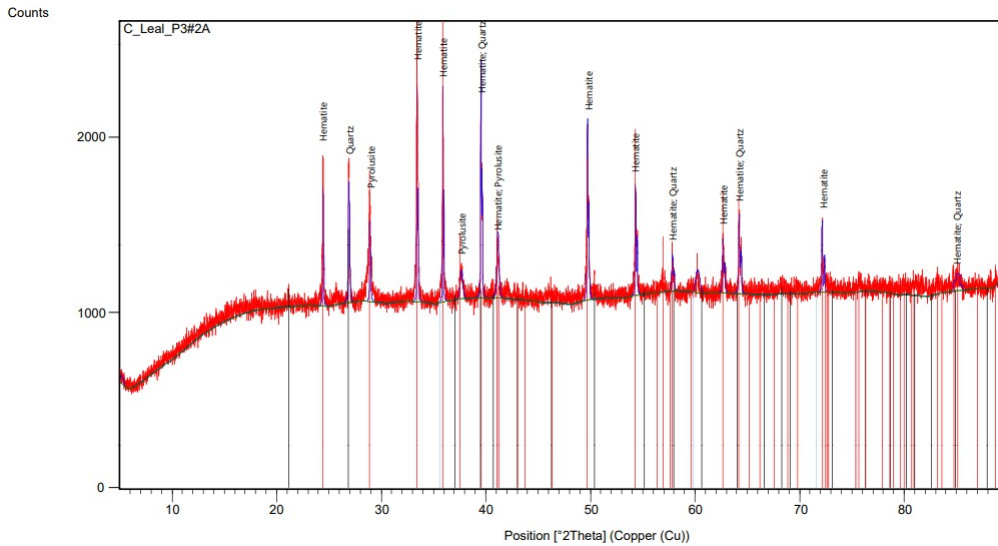


Figura 32 Difratogramas de amostras do piso 4 – veios tardios.

Na figura 33 ilustra-se o difratograma de um minério corrente, compacto, onde é evidente a prevalência da braunite como mineral predominante nos minérios do Lengá.

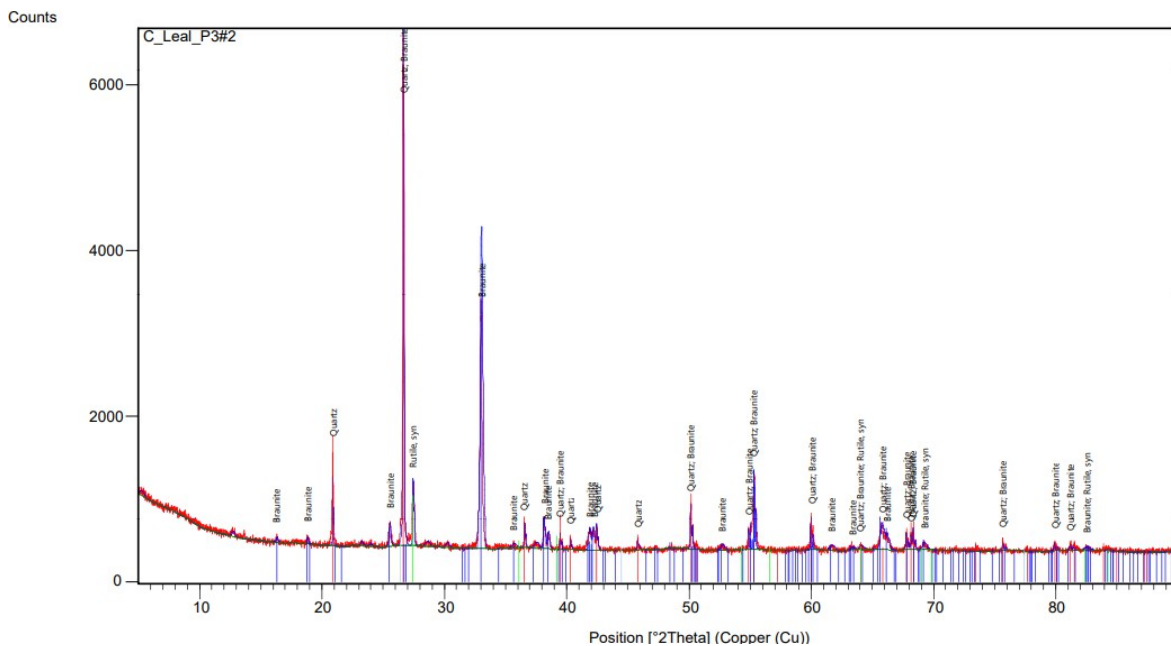


Figura 33 Difratograma de uma amostra da estação 2, piso 3, correspondente a uma textura como a que foi ilustrada antes na figura 26 D.

Na figura 34, o difratograma mostra uma porção de minério, periférico relativamente ao da figura 33, onde se discriminam criptomelana e "wad", os quais podem estar parageneticamente relacionados com a braunite predominante, como coprodutos ou subprodutos reacionais metassomáticos.

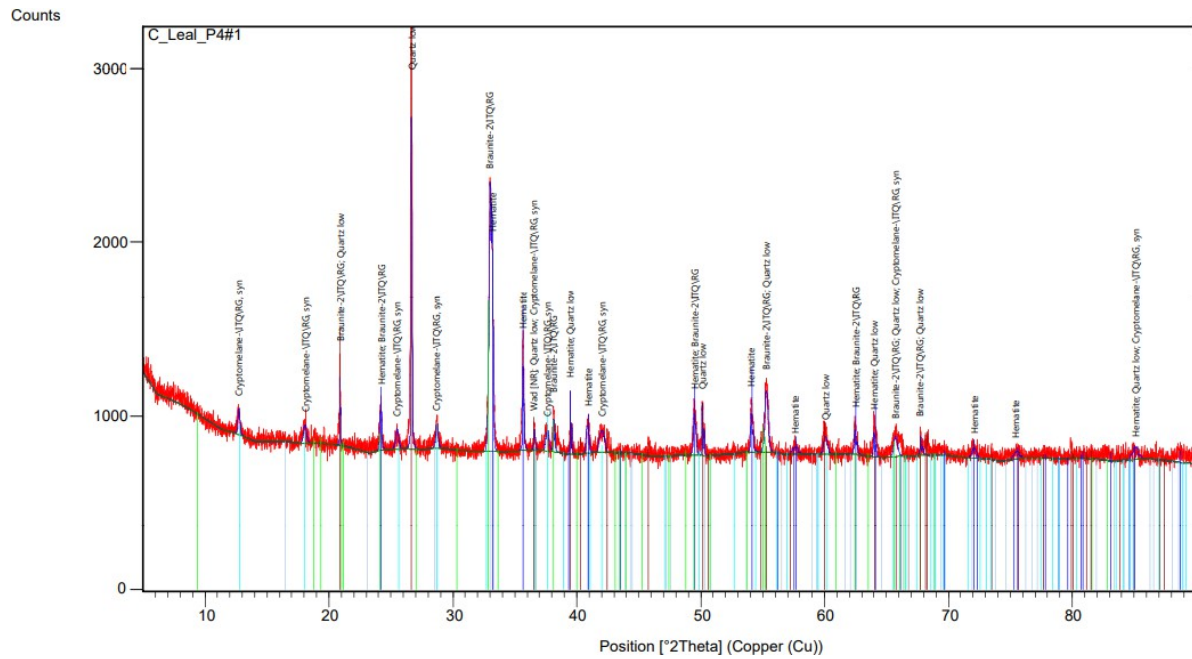


Figura 34 Difractograma de uma amostra da estação 1 no piso 4, braunite.

Na figura 35, ilustra-se a difração de uma massa metassomática que foi retirada, como ganga, após a separação a partir de uma porção enriquecida em Mn sob a forma de braunite (minério). Este domínio metassomático era atravessado por finos veios de um mineral verde de brilho vítreo, apenas detetado neste caso. No difractograma ilustrado parece corresponder à indicação de diopside.

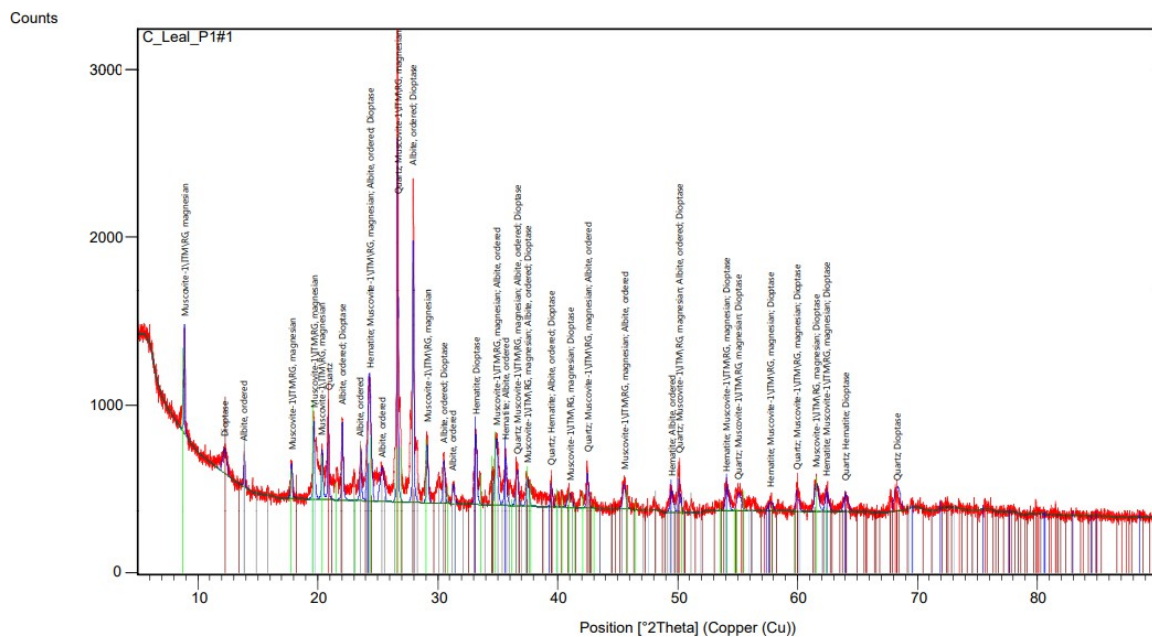


Figura 35 Difractograma de uma amostra da estação 1 no Piso 1 (ganga silicatada), onde foi detetada diopside.

No difratograma da figura 36, relativo a um tufo félsico decomposto (argilizado) da mina do Lenga, mostra-se o resultado da difração sobre o extrato argiloso (fração menor que 2 micra) obtido após dispersão em meio aquoso e sedimentação sobre lâmina de vidro (amostra orientada).

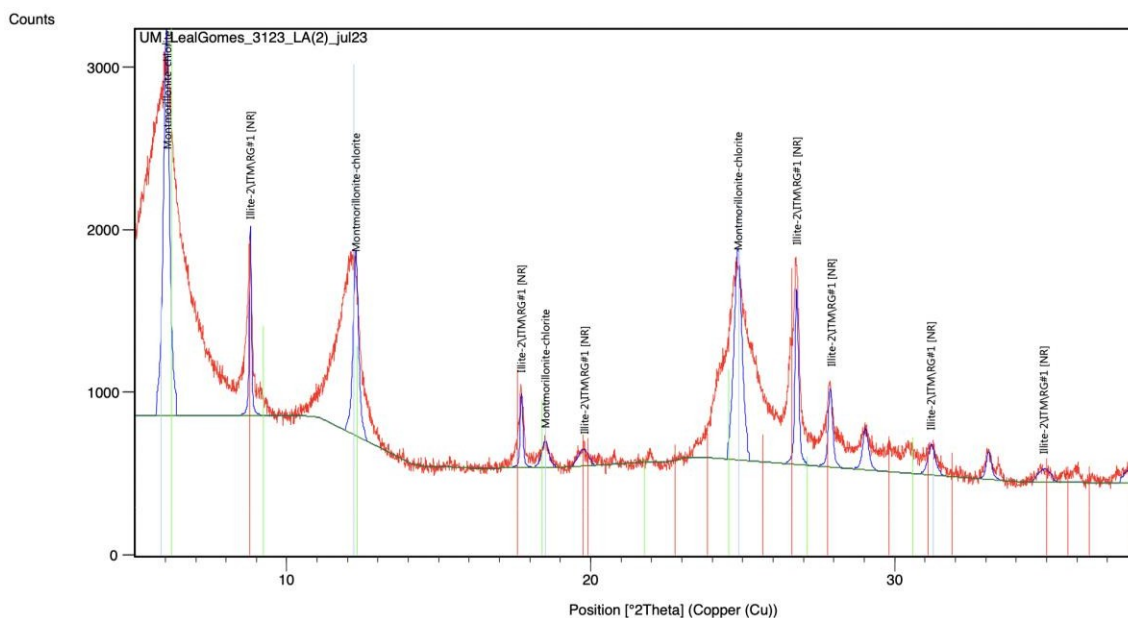


Figura 36 Difratograma de Rx de um extrato de minerais de argilas do tufo argilizado das minas do Lenga, (amostra do piso 1 do desmonte no depósito 6) Nota: a difração no intervalo 2 theta, 5° a 48°, incidiu sobre um extrato depositado sobre lâmina de vidro de uma fração menor que 2µm. Discriminam-se as argilas: ilite e possíveis interestratificados, montmorilonite / clorite.

O difratograma assim obtido, no intervalo 2 theta em que a discriminação das argilas é mais definida, mostra a coexistência de ilite e interestratificadas clorite/montmorilonite. A associação argílica secundária detetada por difração, tanto pode ser encarada como produto de alteração supergénica como também pode ocorrer em resposta a alteração argílica hidrotermal sobre um felsito ou felsófiro. Apesar da decomposição da fácies vulcanogénica mantêm-se as texturas relíquias de cariz tufáceo volcanoclástico, ocorrendo alguma pseudomorfose, o que em geral é considerado mais típico da alteração hidrotermal.

### III.3.2. Difratometria de Rx sobre amostras das minas de Quitota

Foi selecionada uma amostra do minério que representa a paragénese mais persistente nos corpos de minério da jazida de Quitota. O difratograma correspondente está patente na figura 37. Tal como na



jazida do Lenga constata-se que a braunite é um minério persistente e característico das massas mais compactas, negras e de fratura concoidal.

Um outro difratograma (figura 38) mostra que no caso de Quitota existe um outro silicato que é também bastante persistente nas amostras com as características referidas anteriormente, a neltnerite.

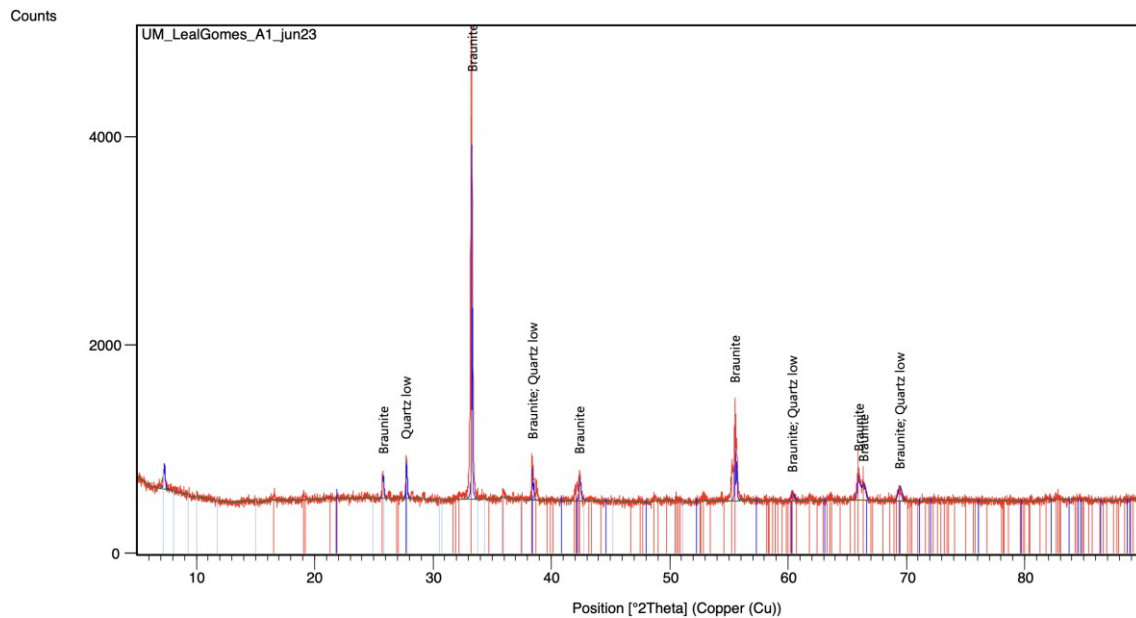


Figura 37 Difratograma de uma amostra da corta mineira antiga de Quitota, enriquecida em minério compacto, com fratura concoidal.

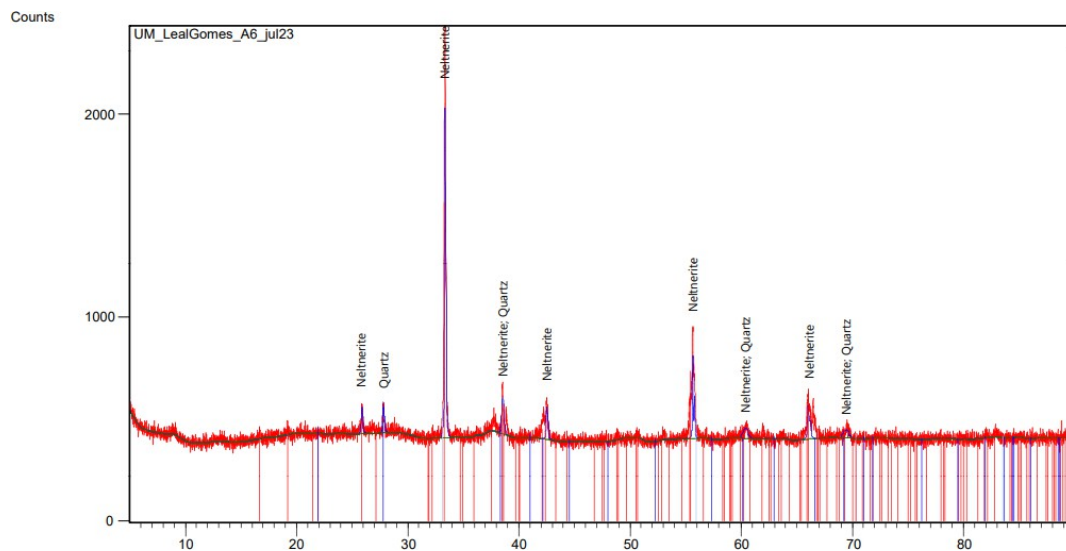


Figura 38 Difratograma de uma amostra de uma corta mineira antiga de Quitota, onde é identificada a neltnerite, numa fácies compacta negra com fractura concoidal.

Na figura 39 está o difratograma de um extrato de fenocristais do pórfiro riodacítico que ocorre no Quitota. Identificam-se feldspatos alcalinos com prevalência de albite. Este resultado da difração é compatível com a identificação que foi deduzida da composição modal, projetada no diagrama de Streckeisen. Justifica-se, no entanto, uma observação mais detalhada do intervalo  $2\theta = 21^\circ - 30^\circ$  (figura 40), onde se discrimina a associação de fases feldspáticas da fração fenocristalina. De facto, percebe-se que coexistem nos mesmos fenocristais, domínios albíticos e domínios microclínicos o que explica o carácter zonado de algumas das secções centimétricas dos fenocristais.

Ainda na observação de secções do pórfiro nota-se uma microclinização de algumas albites e feldspatos alcalinos predecessores acompanhados de uma ferruginização tanto dos fenocristais como da matriz. Assim, no que respeita à evolução dos fenocristais os dados difractométricos são coerentes com aquela observação.

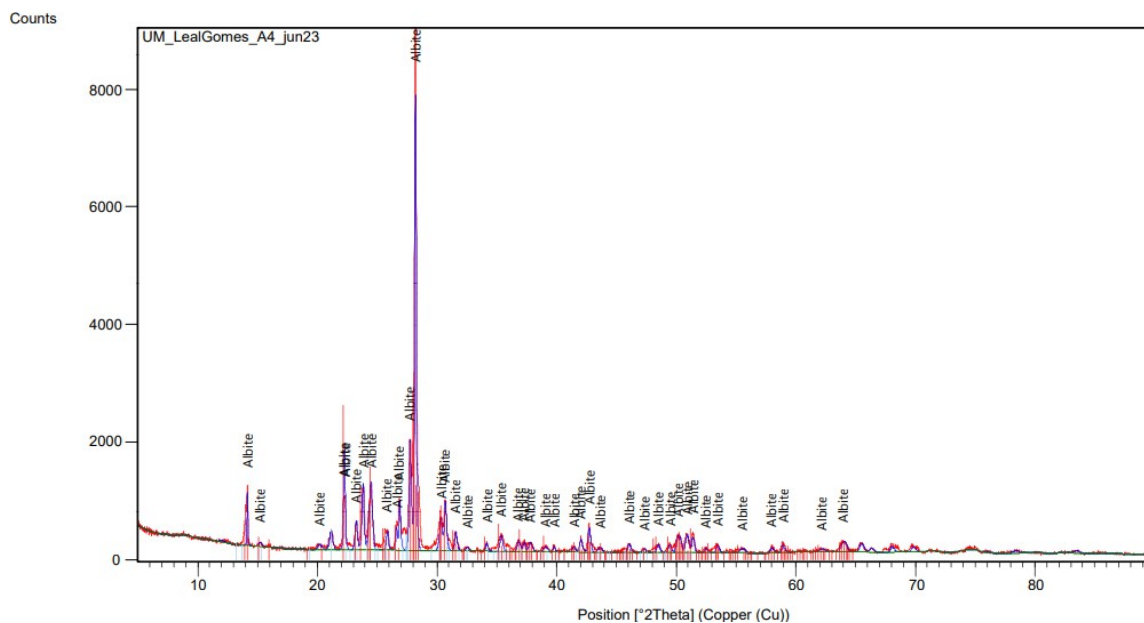


Figura 39 Difratograma de fenocristais do pórfiro riodacítico de Quitota.

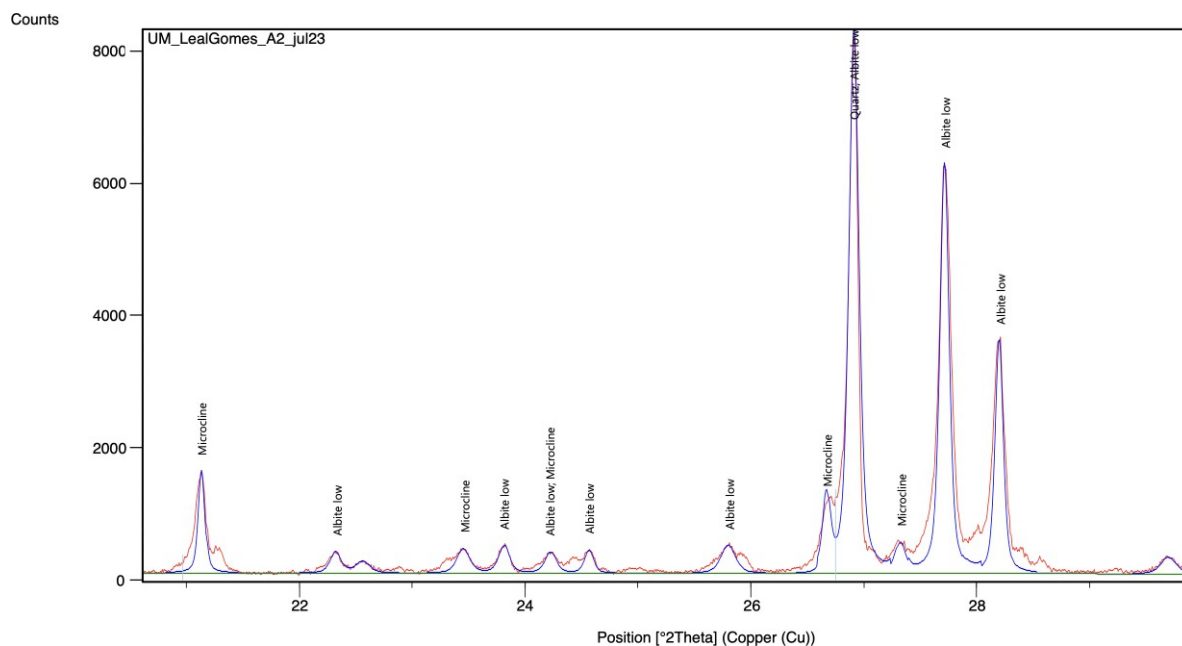


Figura 40 Expansão do difractograma da figura 38 no intervalo 2theta 21-30º procurando discriminar fases feldspáticas.

Em termos gerais, tanto os resultados aqui apresentados, relativos à difractometria de amostras de rocha total, como os dados de difractometria determinativa de rotina sobre fases separadas, sugerem que os minerais da mina de Quitota apresentam uma prevalência de determinações de silicatos, sobretudo dos que se apresentam em texturas clorofórmicas, as quais alastram a partir da fraturas em rochas gnaissóides e sienitos, com veios criptocristalinos e produtos de metassomatismo ricos em Mn. Em Quitota não existe uma tão forte presença de minerais de contexto oxidativo, o que difere da tendência notada nos resultados obtidos para as minas do Lenga - depósito 6.

#### III.4. Microscopia Eletrônica de Varrimento

A microscopia eletrônica de varrimento permitiu, por dispersão de energias, obter as composições químicas semi-quantitativas de fases não discerníveis à escala macro e mesoscópica, possibilitando assim a sua identificação.

Permitiu também estabelecer os intercrescimentos entre os diferentes minerais, mesmo de alguns pouco abundantes e mesmo raros, contribuindo para a construção dos quadros paragenéticos das duas jazidas chave.

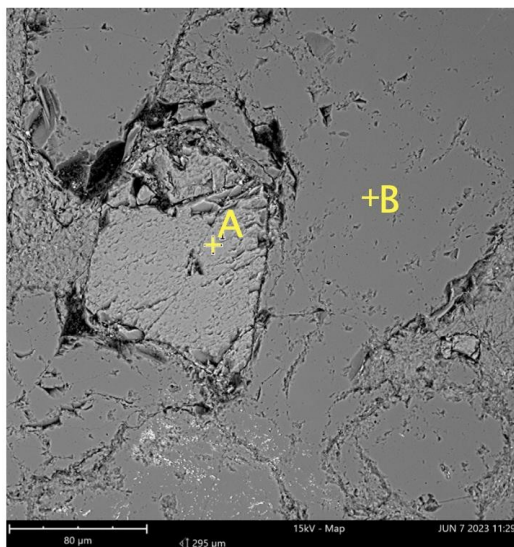
Em seguida apresentam-se os resultados de microanálise de superfície em microscópio eletrônico de varrimento (MEV), sintetizando os diferentes dados, obtidos em modo elétrons secundários (MEV-ES), elétrons retrodifundidos (MEV-ER) e microanálise química pontual, semiquantitativa em espectrometria de dispersão de energias de raios x (EDX), nas imagens de elétrons retrodifundidos (MEV-ER). Deste

modo ficam, simultaneamente, alocadas as identificações mineralógicas às secções que lhes correspondem e ilustrados os intercrescimentos e modos de contacto entre fases que servem para a determinação dos quadros paragenéticos.

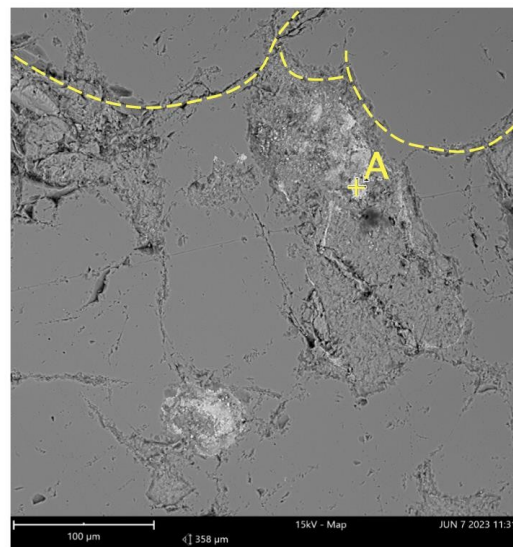
Resta salientar que, em grande parte, o trabalho de MEV foi precedido e orientado pela observação das mesmas secções polidas em microscopia ótica de luz refletida (MOLR) a qual após os estudos de MEV foi retomada para coadjuvar a construção dos quadros paragenéticos.

### III.4.1. Amostras das Minas do Lenga

Começando pelo estudo das rochas encaixantes dos corpos de minério, a figura 41 contém imagens das rochas siliclásticas impuras do Lenga, salientando a identificação de alguns minerais cardinais para a identificação como sublitoarenito a grés arcósico e mostrando que os clastos apresentam formas irregulares, de subesféricas e subarredondadas.



A – ortoclase, B - quartzo

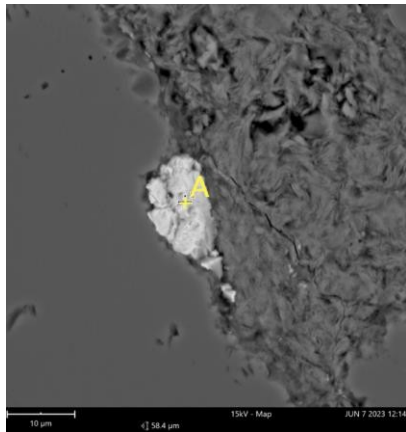


A -goethite

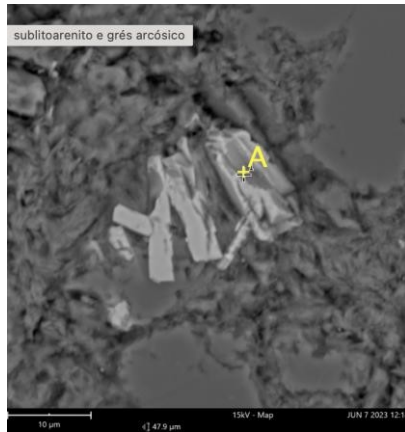
*Notam-se os contornos arredondados dos grãos de quartzo*

Figura 41 Imagens de secções polidas das rochas sedimentares prevalentes no Lenga, com baixo grau de metamorfismo.

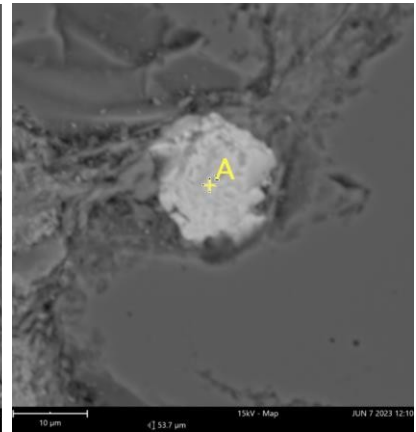
A cor destas rochas, escura e castanho avermelhada, deve-se à sua impregnação difusa com óxidos de Mn e Fe. Não obstante, a observação em MEV – ER, permitiu identificar alguns minerais acessórios persistentes (figura 42), tanto intersticiais como inclusos em quartzo.



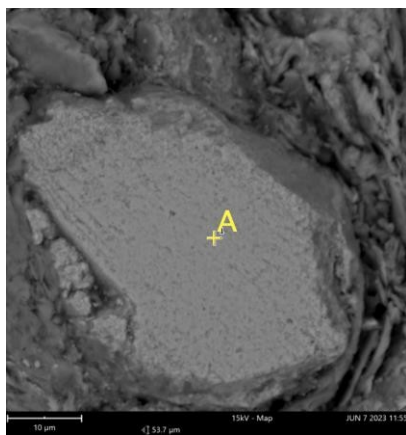
A - monazite intersticial



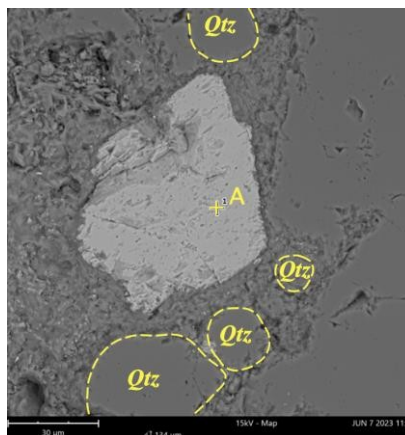
A - hematite especular intersticial



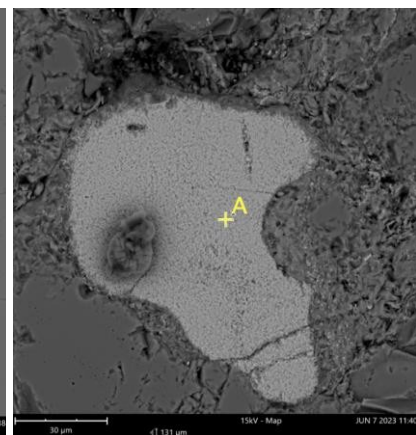
A - cheralite intersticial



A - magnetite martitzada intersticial



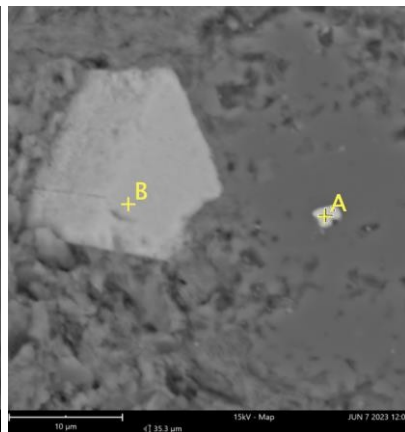
A - titanomagnetite intersticial  
 Notam-se grãos de quartzo (Qtz)  
 homogranulares, subsféricos  
 subarredondados.



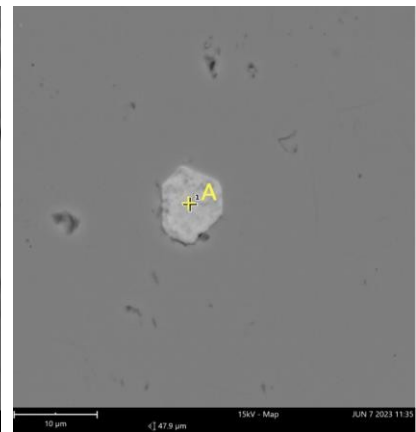
A - hematite colofórmica intersticial



A - magnetite inclusa em quartzo



A - monazite, B - magnetite, em inclusão

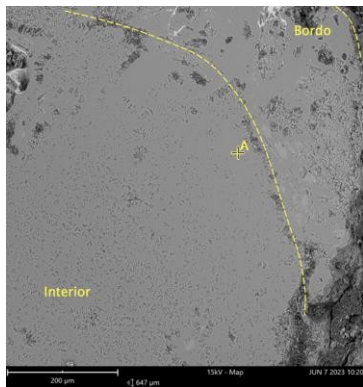


A - apatite inclusa em quartzo

Figura 42 Minerais acessórios ante-deposicionais e diagenéticos das rochas gresosas – Séries Xisto-gresosa e Xisto-calcária do SCO, contíguas aos corpos de minério do Lengá – Depósito 6.

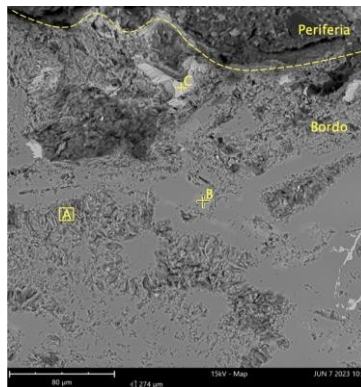
A figura 43 ilustra aspectos mineralógicos e texturais do tufo vulcânico ácido do Lenga, neste caso mostrando um grânulo de desvitrificação e a matriz envolvente.

A observação em MEV ocorreu em condições de "baixo vácuo" pelo que foi possível combinar a observação MEV-ER com alguma aquisição de imagens MEV-DE, permitindo, em zonas com micro-relevo, obter morfologias (3d), tanto de agregados cristalinos como de intercrescimentos entre minerais, com boa expressão de indícios de evolução paragenética pós-deposicional.



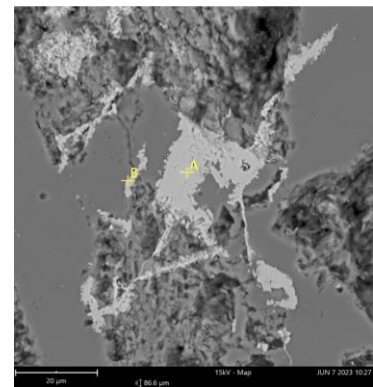
*grânulo de desvitrificação*

A - quartzo criptocristalino (calcedônia?) no interior de um grânulo de desvitrificação



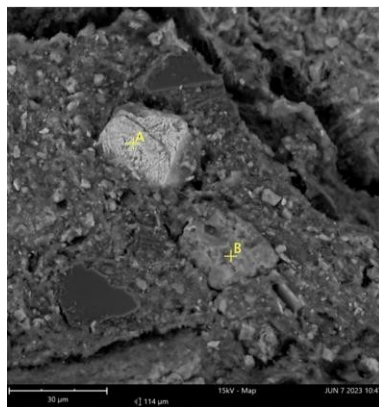
*textura de bordo*

A - empilhamentos de caulinite em acordeão convoluto; B - transição anortóclase – sanidina; C - hematite especular adsorvida em quartzo criptocristalino



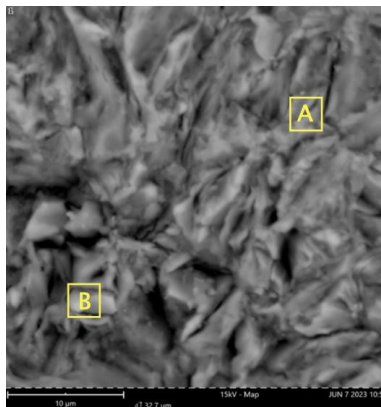
*textura de bordo*

A – ilmenite; B - hematite



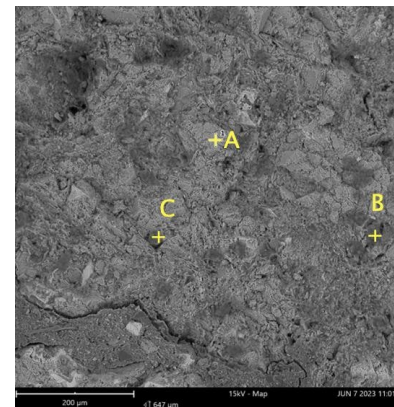
*textura periférica*

A - magnetite titanada; B - albite



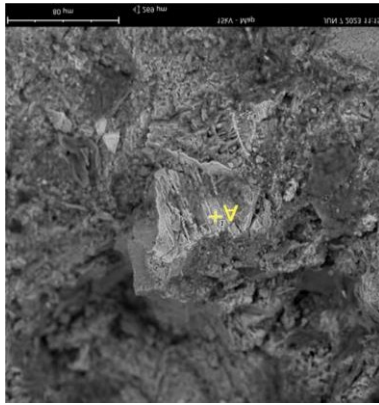
*matriz*

A - "fengite" (solução sólida, Mg-moscovite - celadonite); B - clasto de quartzo criptocristalino



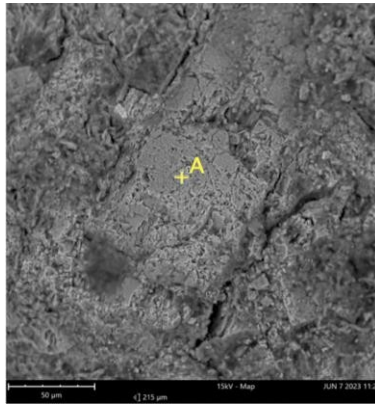
*matriz*

A – albite; B - flogopite – clorite; C - siderofilito – clorite



Matriz

A - hematite + montmorilonite

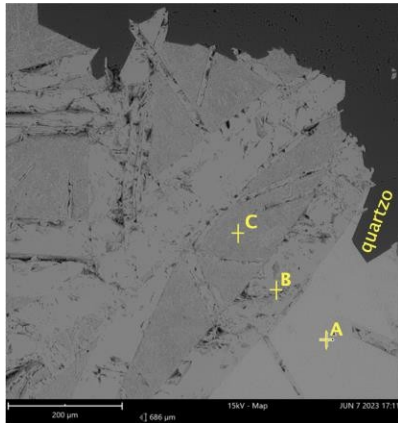


matriz

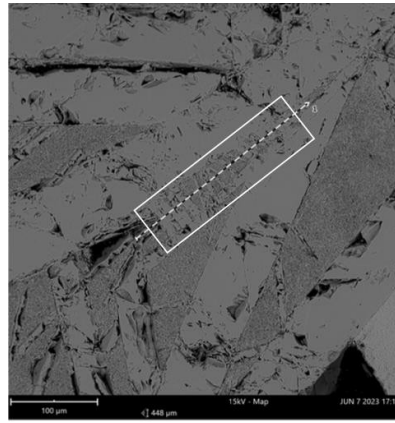
A - anortóclase hidrolisada

Figura 43 Texturas típicas de evolução pós-deposicional do tufo do Lenga, mostrando vestígios texturais de desvitrificação e alteração hidrotermal prevalecente sobre alteração supergênica.

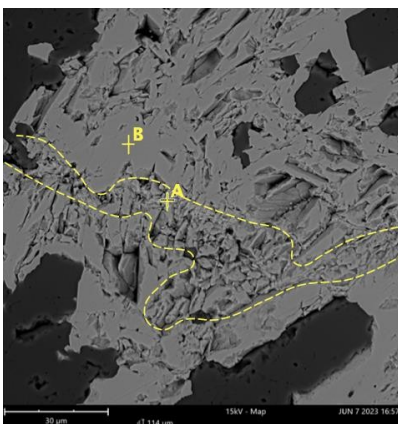
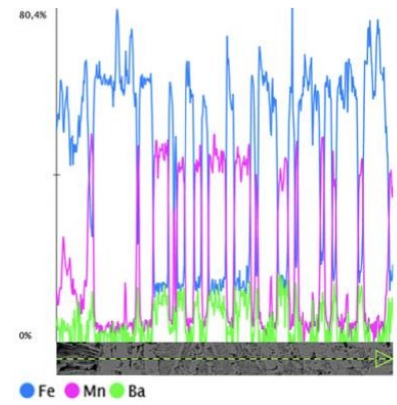
A figura 44 mostra minerais e intercrescimentos observados em amostras representativas do minério venular com ganga quartzosa e feição hidrotermal. Embora não pareça que este modo de depósito tenha potencial para gerar corpos de minério de interesse económico, representa uma manifestação bem definida de uma remobilização epigenética que interessa valorizar.



A - romanechite; B-hematite;  
C - Fe - holandite



Textura em paliçada - sincristalização complementar na mineralização Fe/Mn



fratura selada em hematite especular do veio  
A - Fe-holandite + ericssonite; B - hematite especular hidrotermal

Figura 44 Minério venular com ganga quartzosa - feição hidrotermal - Depósito 6, piso 3 - minas do Lenga.

O quartzo do veio é euédrico, antecedendo a cristalização de Fe-holandite, holandite e hematite especular.

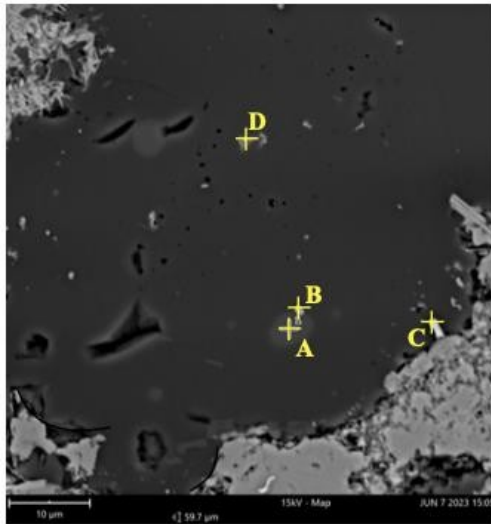
Os perfis composicionais ilustram uma variação complementar de Mn, Fe, Ba, que se verifica ao longo de um perfil na textura em paliçada, intersticial entre cristais de hematite, a qual indica sincristalização complementar na mineralização Fe/Mn (cristalização em equilíbrio pós-hematítica).

A figura 45 ilustra um minério de Mn com ganga quartzosa numa amostra da estação 3, piso 4.

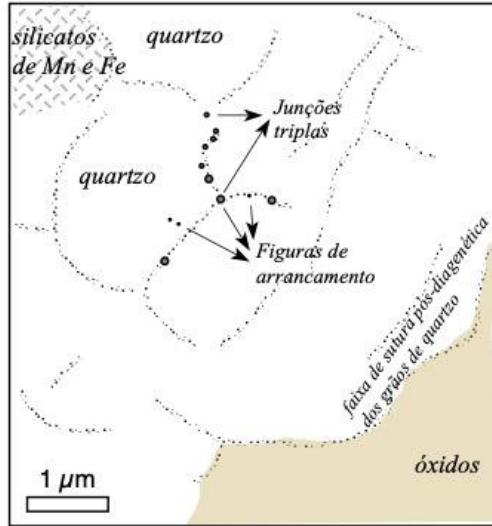
Diversos intercrescimentos na mesma amostra correspondem a uma diversidade mineralógica extrema com silicatos e óxidos de manganês e no limite a expressão do mineral raro, tefroíte (aqui não tão raro) seguida da braunite, romanechite e feldspato potássico. O perfil XY ilustrado na figura 46 mostra a co-variação composicional complementar dos teores de metais principais. Para o mesmo domínio expresso na figura 45, na figura 47 são apresentados os mapas de RX dos elementos referenciados por EDX. A complementaridade de distribuição observada é compatível com condições de expressão concomitante das fases portadoras em contexto evolutivo coloidal. Apenas os cristais lamelares de hematite podem resultar de precipitação a partir de um estágio de solução verdadeira.

Já a figura 48 põe em evidência texturas, tanto reacionais como próprias de frentes de nucleação e crescimento contíguo de fases, na interface entre quartzo feno e cripto-cristalino (fase escura na imagem) e minérios de Mn diversificados. Trata-se de um domínio de equilíbrio minero-químico entre grãos de quartzo criptocristalino e uma composição mineralógica rica em holandite, seguida de aleganite, braunite, kanonaite, bementite, hialofana, tefroíte, agregado ilite, caolinite, ferriholandite, hematite especular e bixbyte, os quais replicam uma sequência de mineralização tardia, muito provavelmente, já epigenética mas ainda de feição hidrotermal, com estádios evolutivos micelares e coloidais (sol e sol-gel) em resposta a variações de condições de remobilização de constituintes e alojamento dos fluidos.





A - feldspato potássico  
 B - clinoferrossilite  
 C, D - ferropirofilite



Linhas de sutura intergranulares, cicatrizadas por silicatos de Fe e filossilicatos

Figura 45 Intercrescimentos entre minérios e gangas numa amostra da estação 3, Piso 4, do depósito 6 das minas do Lenga.

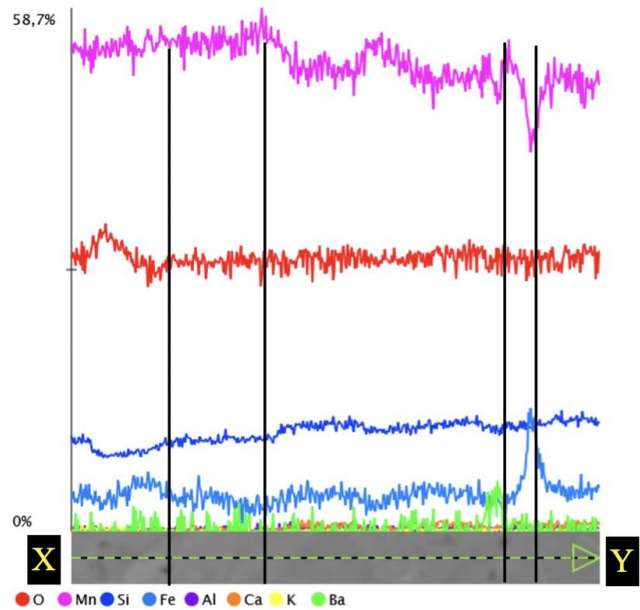
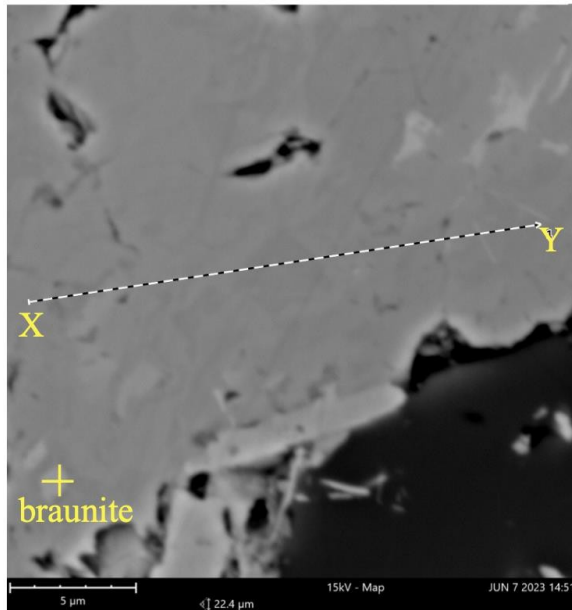


Figura 46 Exemplo de perfil de variação composicional complementar dos teores de metais principais num sector de uma amostra da estação 3, Piso 4, depósito 6 das minas do Lenga.

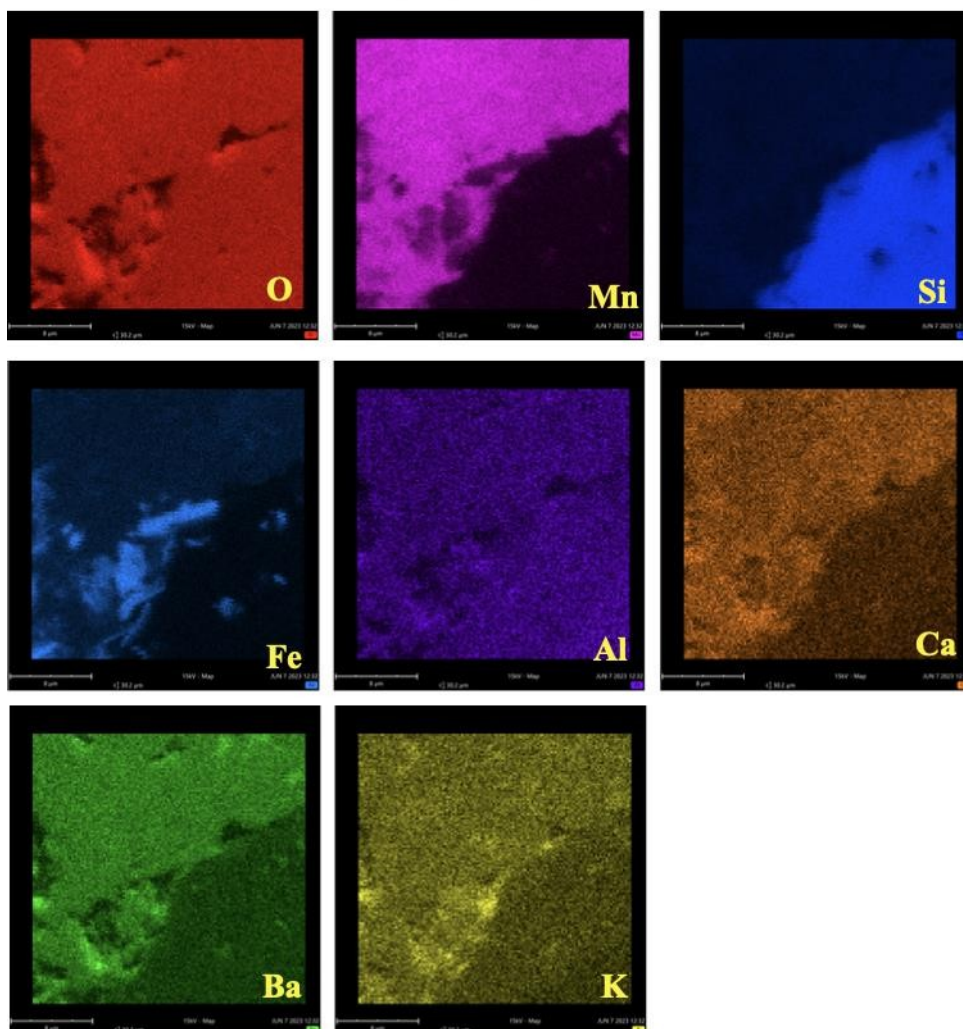
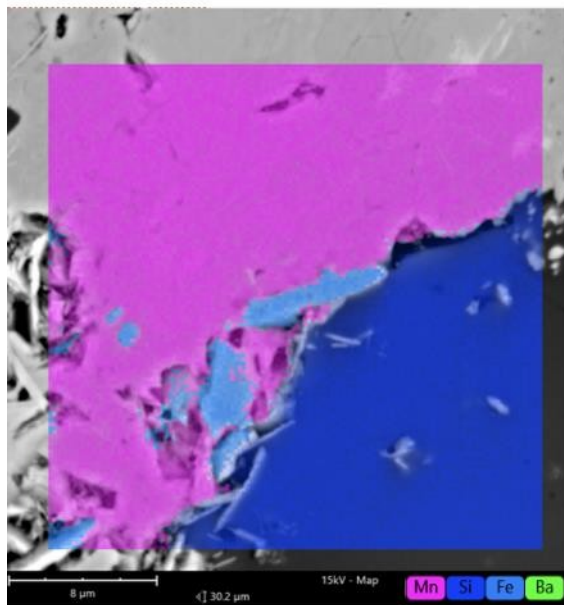
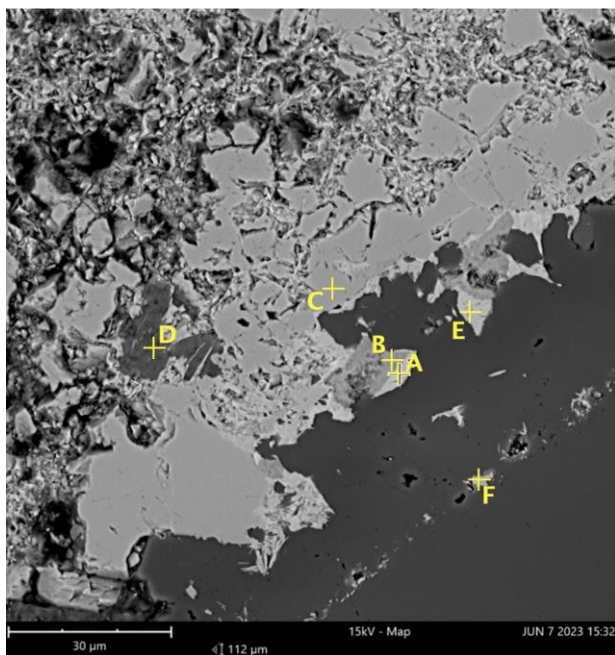
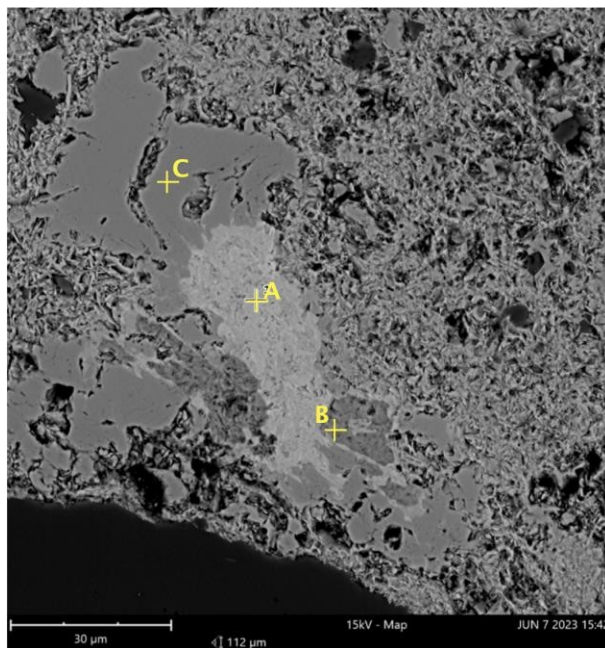


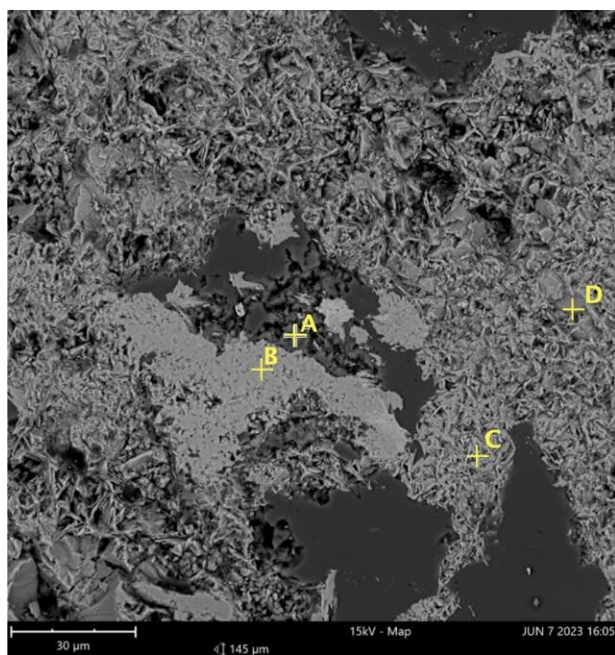
Figura 47 Mapas de RX dos elementos detectados num sector de uma amostra da estação 3, Piso 4, depósito 6 do Lenga, amostra também ilustrada na figura 44.



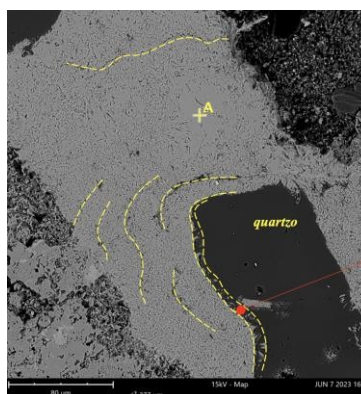
A, E – holandite; B – aleganite; C – braunite; D – kanonaite; F - bementite



A – holandite; B – hialofana; C - tefroite



A - agregado ilite, caolinite; B – ferriholandite; C – hematite especular; D – bixbyite



*Textura colofórmica*

*Faixa de equilíbrio químico  
periférico de grão de quartzo  
criptocristalino*

A - goethite em bandas  
concrecionarias em hábito  
botrioidal

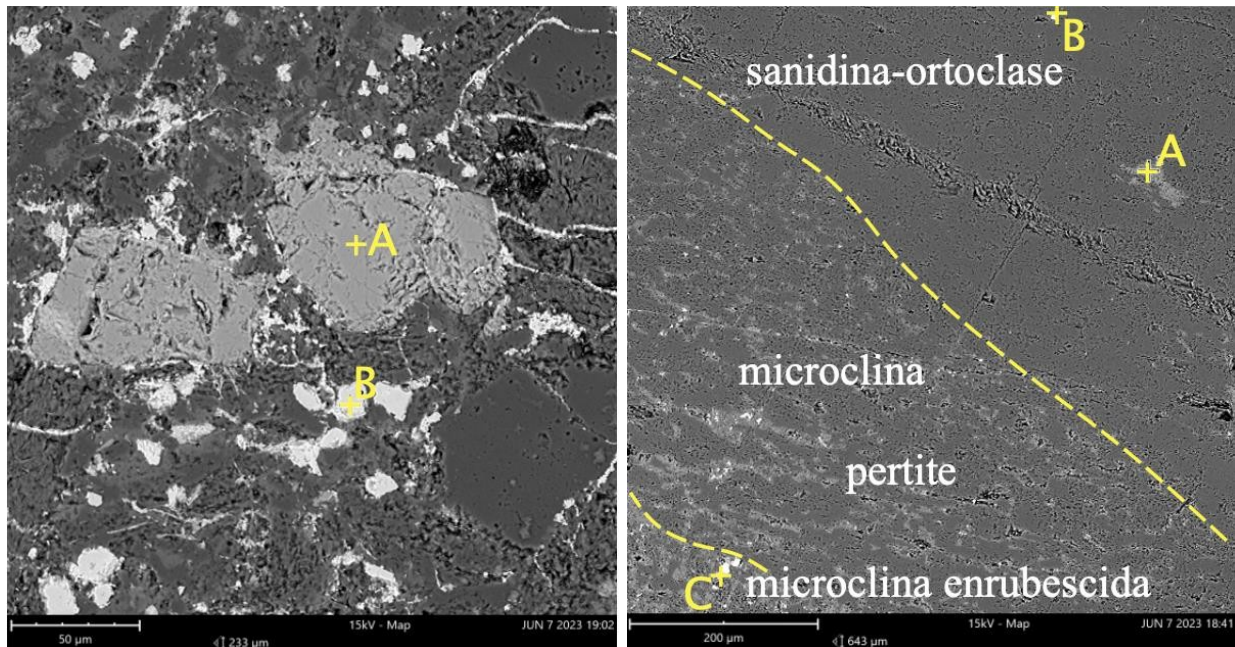
Figura 48 Domínios de reequilíbrio minero-químico na periferia de grãos de quartzo frequentemente criptocristalino. Amostra da estação 3 no Piso 4 do depósito 6 (Lenga).

### III.4.2. Amostras das Minas de Quitota

Nos termos intrusivos das rochas de Quitota é de realçar a presença de um pórfiro riodacítico que, a par dos litótipos sieníticos, indicia uma assinatura mineralógica e geoquímica destes terrenos, a qual se

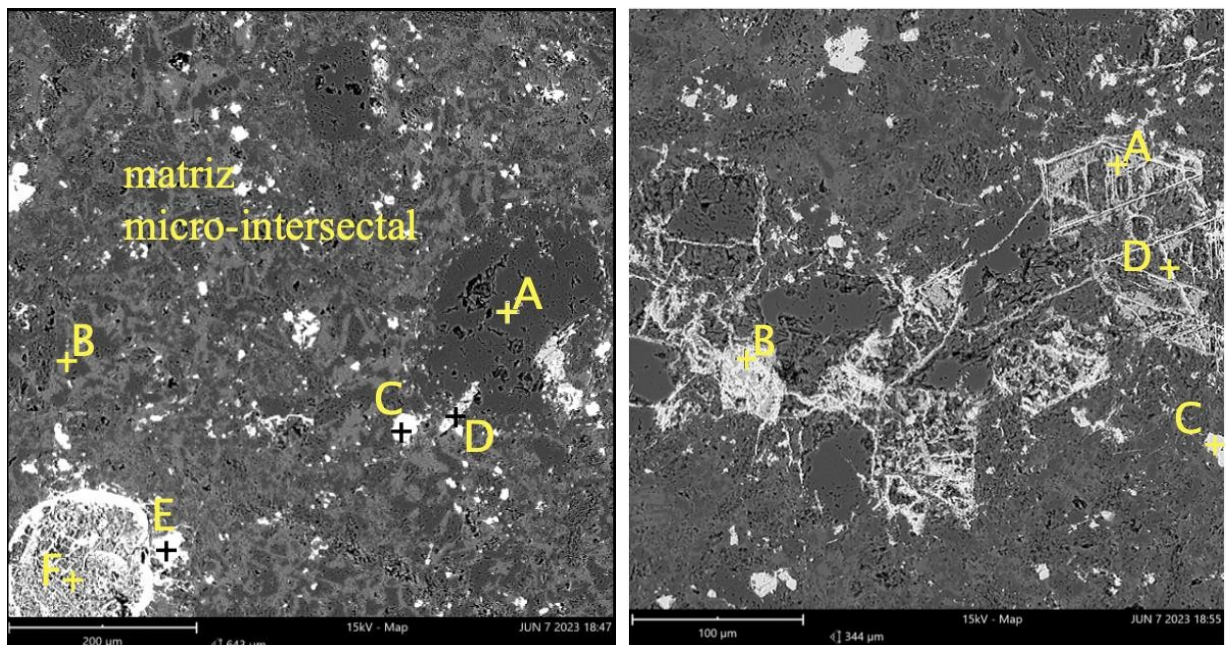
propaga, cartograficamente, para ESE e para SSE vindo a existir similitudes mesmo com termos ígneos tão afastados como alguns que se observam na região do Bié.

Os minerais acessórios destes pórfiros são consentâneos com esta suposição. Em MEV-ER e MEV- EDX identificaram-se os minerais acessórios, magnetite titanada, apatite, flogopite, martite e ainda outros minerais mais raros ilustrados na figura 49.



A - apatite; B - magnetite titanada

A - feldspato alcalino; B - barite; C - magnetite titanada

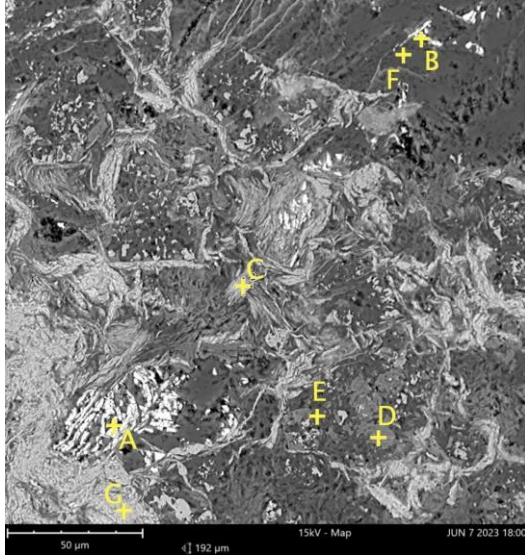


A - fenocristal de quartzo; B - feldspato alcalino; C, E - magnetite titanada; D - apatite; F - protohornblenda fenocristalina

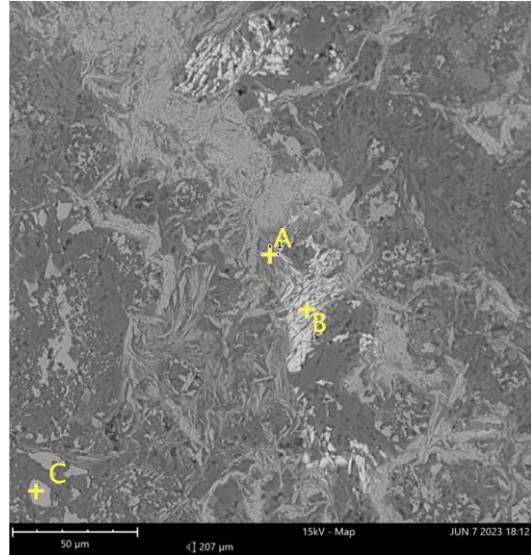
A - oxiflogopite; B - martite; C - magnetite titanada; D - Fe - kaersutite

Figura 49 Cortejo de minerais acessórios entendido como próprios de uma assinatura alcalina de pórfiros avermelhados (fenocristais enrubescidos e matriz ferruginosa) com evidências de transporte magmático dos fenocristais. Estes pórfiros dispersam-se em filões e filões camadas ("sills") por uma grande área no centro de Angola.

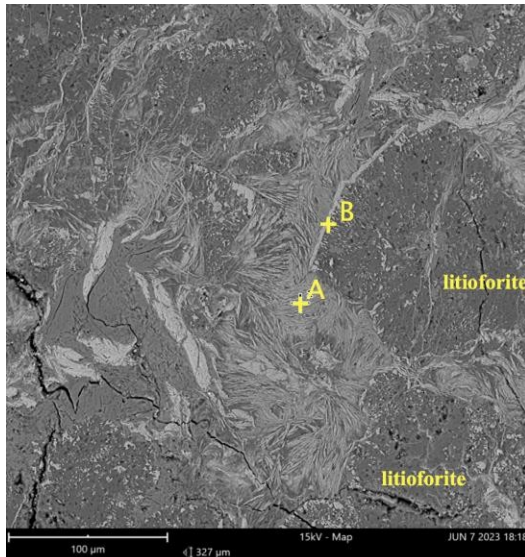
A figura 50 ilustra imagens obtidas em MEV-ER e ES (em condições de baixo vácuo), com identificações mineralógicas por MEV-EDX, sobre diversas micro-texturas e intercrescimentos patentes nos minérios heterogêneos de Quitota. Nestes predominam e coexistem óxidos e sulfatos, particularmente psilomelana e barite.



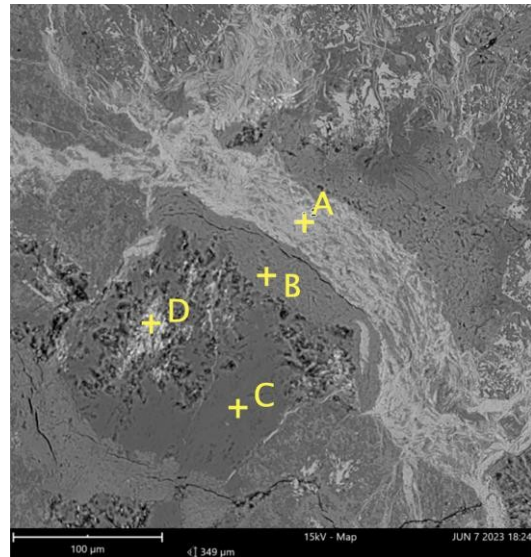
A, B – barite; C – bementite; D – kanoite; E – manganofilite; F - viridina (Mn-andaluzite); G – psilomelana



A – tamaite; B – barite; C – psilomelana



A – bementite; B – braunite



A - psilomelana + criptomelana; B - kanoite; C - associação criptocristalina com calcedónia predominante; D - barite tardia



A – braunite; B – manganofilite; C - sugilite

Notar que ao longo da braunite há uma secção de granada espessartite que evidencia substituição.

Figura 50 Minério heterogêneo de Quitota.

### III.5. Análise Química de Corpos de Minério

A tabela 4 mostra os resultados de análise química (rocha total) de massas mineralizadas – FRX – expressas em amostras colhidas no piso 4 do Lenga, e em trabalhos antigos da mina de Quitota.

Tratando-se de minérios selecionados manualmente, por representarem produtos equivalentes a concentrados, os valores de  $MnO_2$  são elevados (31.89% a 71.79%). Do mesmo modo dada a afinidade geoquímica entre Mn e Fe também os conteúdos de  $Fe_2O_3$  são altos mas a concentração da sílica nos diferentes materiais é em geral mais elevada do que seria de esperar. Tanto mais que os valores de alumina, excetuando o caso da amostra VI, são baixos. Isto sugere que a sílica pode estar expressa em minérios de Mn da classe dos silicatos ou então pode estar em variedades criptocristalinas de quartzo que se observam em íntima associação com alguns minérios, também silicatos. Esta possibilidade é coerente com observações atrás referidas a respeito da microscopia eletrônica de varrimento.

Os conteúdos de óxido de Ba são mais significativos nas amostras de Quitota, onde pelo menos numa das amostras, a presença de um conteúdo de sulfato significativo pode estar a indicar a ocorrência de barite, também neste caso em acordo com os dados de microscopia eletrônica. Na outra amostra de Quitota (amostra V) dada a escassez de sílica e simultaneamente de sulfato, o Ba deverá estar em espécies mineralógicas com Ba e Mn da classe dos óxidos e de facto este é o minério mais rico em Mn e talvez o de melhor desempenho em procedimentos metalúrgicos, quando se comparam todos os minérios analisados.

Tabela 4 Variação da composição química do minério - FRX - em P4 - dep. 6, minas do Lengua e trabalhos antigos na mina de Quitota.

<b>óxidos totais</b>	<b>% em peso</b>					
	<b>I.</b>	<b>II.</b>	<b>III.</b>	<b>IV.</b>	<b>V.</b>	<b>VI.</b>
MnO <sub>2</sub>	45.92	71.79	38.29	41.55	56.82	31.89
SiO <sub>2</sub>	42.68	20.99	4.04	10.47	1.51	46.85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.61	5.20	47.50	44.65	18.16	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.72	0.77	1.16	0.89	1.12	10.18
CaO	0.53	0.74	0.00	0.43	0.00	0.52
BaO	0.37	0.34	2.45	1.58	14.74	4.08
K <sub>2</sub> O	0.17	0.16	0.78	0.43	0.00	1.95
PbO	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.89
S O <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64

Embora o número de análises químicas não seja muito grande, foram ensaiadas algumas projeções dos dados da tabela 4 em diagramas de covariação ajustados ao contexto geoquímico e mineralógico manganêsífero.

Respeitando as circunstâncias químico-mineralógicas que se deduzem da observação em microscópio eletrônico de varrimento e elementos teóricos gerais sobre modelos genéticos conceptuais disponíveis para explicar as concentrações e deposições de Mn, em diferentes ambientes geológicos, sugerem-se algumas interpretações para as nuvens de pontos apresentadas nos diagramas da figura 51. Repita-se que o número de projeções não é o ideal mas mesmo assim parecem esboçar-se algumas tendências, sobretudo se confrontadas com os dados de mineralogia e observação microscópica. Convém também notar à partida que os conteúdos de Fe e Mn, são considerados, totais, são se diferenciando estados de valência distintos o que, sobretudo no caso do Mn é de importância crítica.

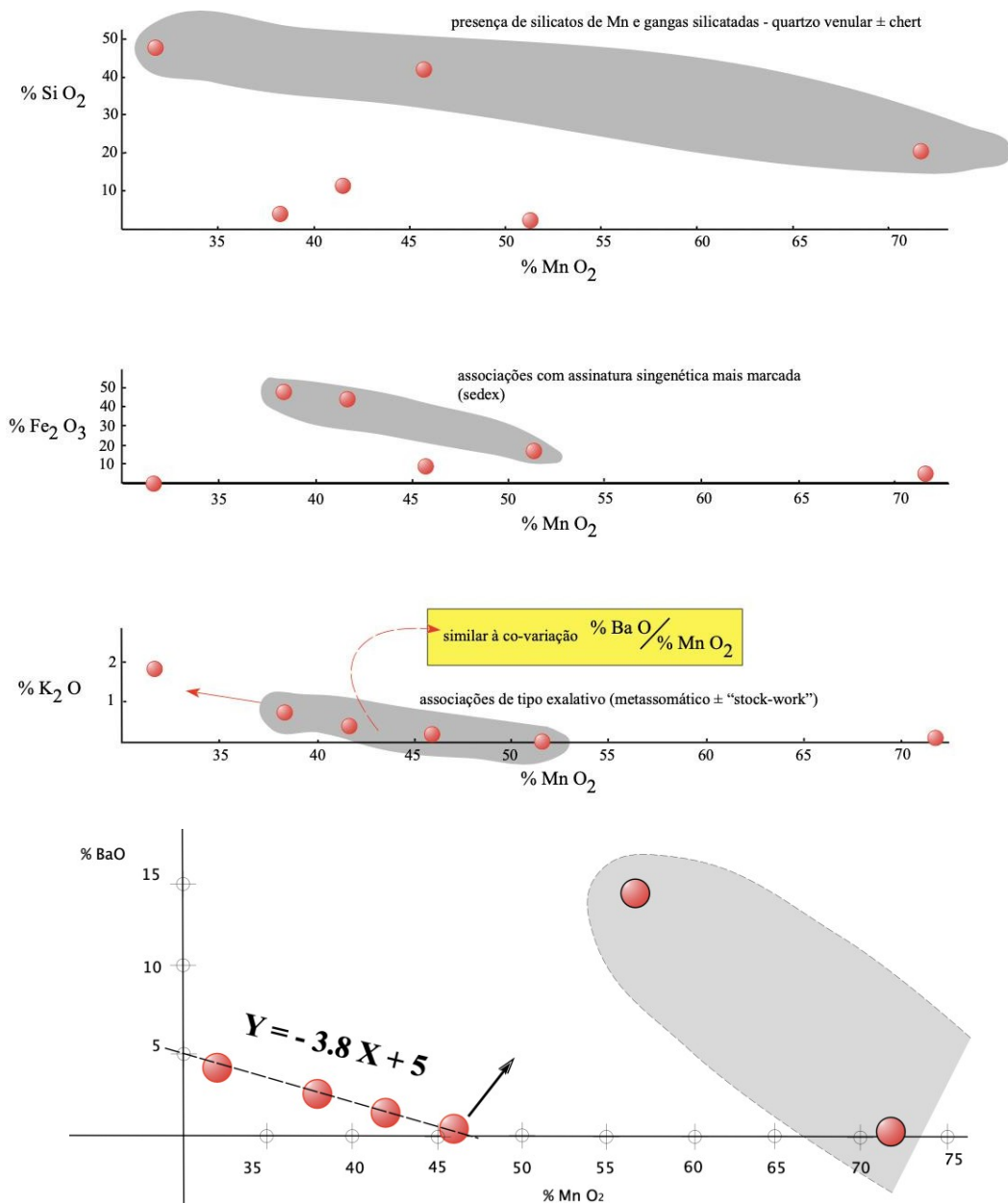


Figura 51 Correlações geoquímicas de constituintes dos minérios de Lengua e Quitota.

- *Diagrama SiO<sub>2</sub>/MnO<sub>2</sub>* – Observam-se duas nuvens de projeções com uma correlação aparente subparalela e tendência de covariação negativa. Em coerência com a microscopia de minérios distinguem-se dois domínios composicionais: um com Si mais alto relativo a minérios silicatados com ganga também siliciosa; outro com Si mais baixo correspondente à prevalência de minérios óxidos.
- *Diagrama Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MnO<sub>2</sub>* - O conteúdo de Fe mais alto parece estar a discriminar uma feição singenética (diagenética) mais marcada dos minérios de Mn – note-se que as amostras que geram esta tendência são as mesmas que geram a tendência de baixa sílica no diagrama anterior.



· *Diagrama  $K_2O/MnO_2$*  – Se a configuração das nuvens de projecção deste diagrama for comparada com a do diagrama seguinte  *$BaO/MnO_2$* , parece que grande parte das amostras é influenciada por uma deriva de correlação negativa que seria compatível com uma marcada tendência epigenética de tipo exalativo ou venular-metassomático, que em magnitudes diferentes afectaria a assinatura singenética primitiva que pudesse ainda estar expressa nas mesmas amostras.

Em termos absolutos a afinidade exalativa deste conjunto de amostras parece coerente com o comportamento do Ba e da sílica, que indicia a presença de variedades criptocristalinas de quartzo e de minérios silicatos.

#### **IV. GEOLOGIA, ESTRUTURA, PARAGÉNESE E MODELOS GENÉTICOS CONCEPTUAIS**

##### **Discussão e notas conclusivas**

A estrutura dos depósitos, dos corpos de minérios e das paragénese admite alguns aspetos comuns mesmo ao nível dos conjuntos de jazidas e em particular nos dois depósitos considerados como chave para este estudo.

A própria diversidade mineralógica pode ser considerada uma característica comum aos diferentes depósitos e uma parte dos minerais constituintes dos minérios e das gangas observa-se em quase todas as jazidas e, em particular, no Lenga e Quitota. Assim sendo, é de aceitar que mecanismos singenéticos (modelos sedimentares e exalativos) e mecanismos hidrotermais (modelos metassomáticos a venulares de baixa temperatura) possam ser invocados para explicar a origem dos depósitos, embora com magnitudes de expressão que podem ser bastante distintas de caso para caso. A figura 52 mostra um acervo de microtexturas e intercrescimentos, detetados sobretudo no depósito do Lenga, que são indicadores da combinação de mecanismos atrás referidos.

Na grande maioria dos domínios ilustrados é evidente a ocorrência de secções de grãos de quartzo por vezes rolados, dispersos e em inclusão numa matriz de textura colofórmica onde predominam minerais de Mn variados – óxido-hidróxidos, silicatos e carbonatos com prevalência de rodocrosite.

A deposição dos minerais de Mn colmatou uma dispersão de clastos de quartzo que só poderiam estar separados se existisse uma matriz geliforme envolvente capaz de os manter suspensos. Esta coexistência de grãos mais ou menos rolados de quartzo embebidos numa matriz coliforme de minerais de Mn alguns dos quais com baixa cristalinidade (ver DRX) é coerente com uma deposição de carácter sedimentar-exalativa (SEDEX). Imediatamente após esta estruturação SEDEX a evolução das paragénese manganésíferas terá continuado no sentido da geração de junções triplas hospedeiras de associações carbonatadas, enriquecidas em rodocrosite e minerais sincrónicos (figura 52 i, n, o). Aquele carbonato preenche espaços mais tardios das massas minerais e veios em diferentes gerações hidrotermais de baixa temperatura (figura 52 j, k, r).

À deposição tipicamente hidrotermal só pode ser atribuída a precipitação de pirolusite e hausmanite nucleada sobre quartzo fenocristalino automórfico (figura 52 p).

O metassomatismo mais típico está expresso, por exemplo, na substituição pseudomórfica de nsutite, após quartzo clástico, ilustrada por exemplo na figura 52 o.

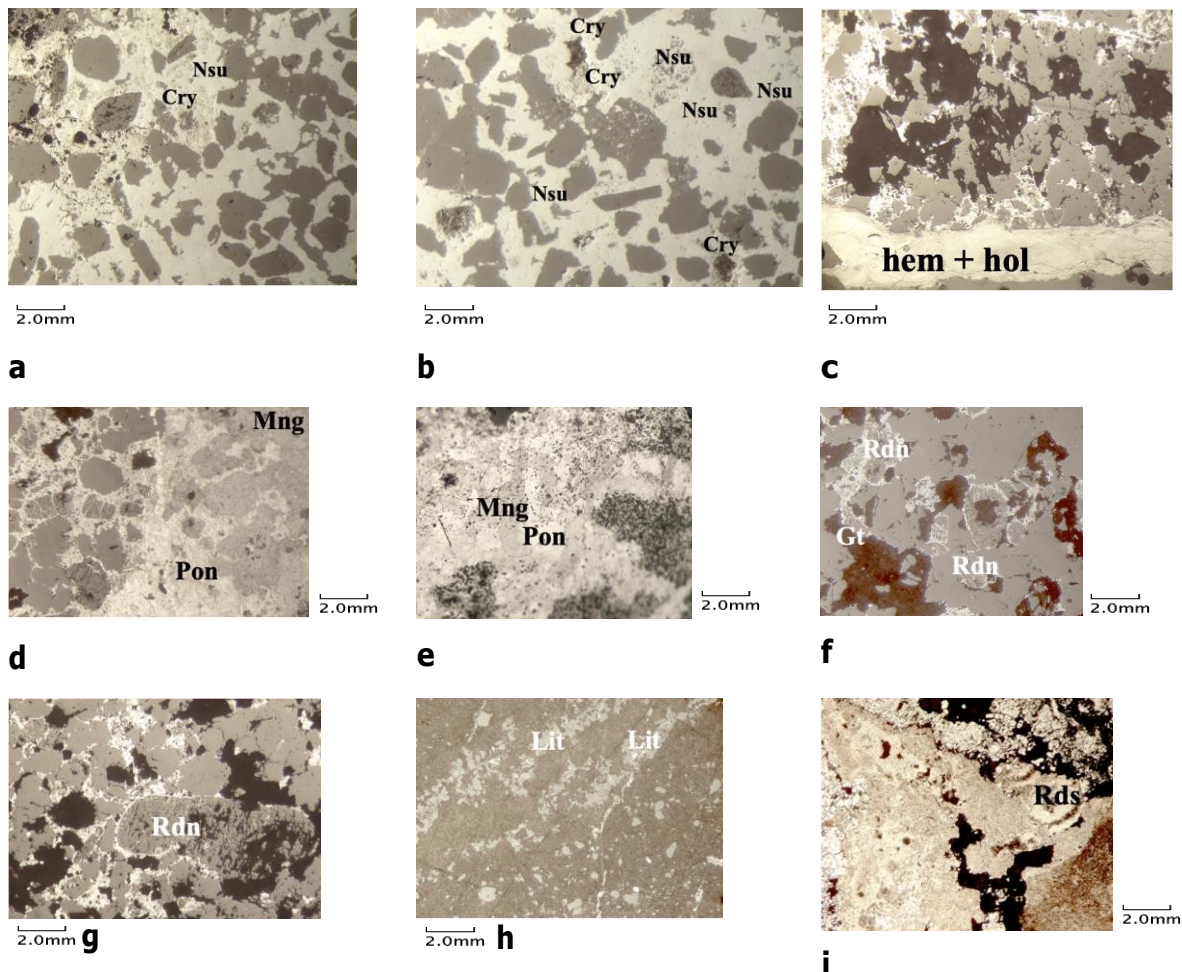
É de notar que a piroxena, rodonite, com a morfologia dos seus cristais bastante preservada e com as clivagens prismáticas realçadas por alguns minerais de metassomatismo, parece acompanhar episódios ainda precoces de deposição dos clastos siliciosos. (figura 52 g).

A nsutite é a fase preponderante destes minérios muitas vezes mostrando texturas bandadas, botrioidais e crustificações que são consideradas como colofórmicas, depositadas a partir de meios sol-gel, compatíveis com modelos exalativos.

Nos modelos conceptuais, teóricos, de gênese hidrotermal de baixa temperatura é difícil distinguir texturas como aquelas que aqui são referidas de outras, também de feição hidrotermal, mas mais ligadas a rutura hidráulica e brechificação.

Estas podem estar representadas em unidades "cap-rock" ou afins que derivam de soluções aquosas sol-gel, antecedentes e de origem exalativa.

No caso presente a manifestação destas texturas é mais evidente no caso do local Quitota pois aí afeta não só os minérios como também as rochas regionais onde a sua expressão se torna mais evidente (figura 53).



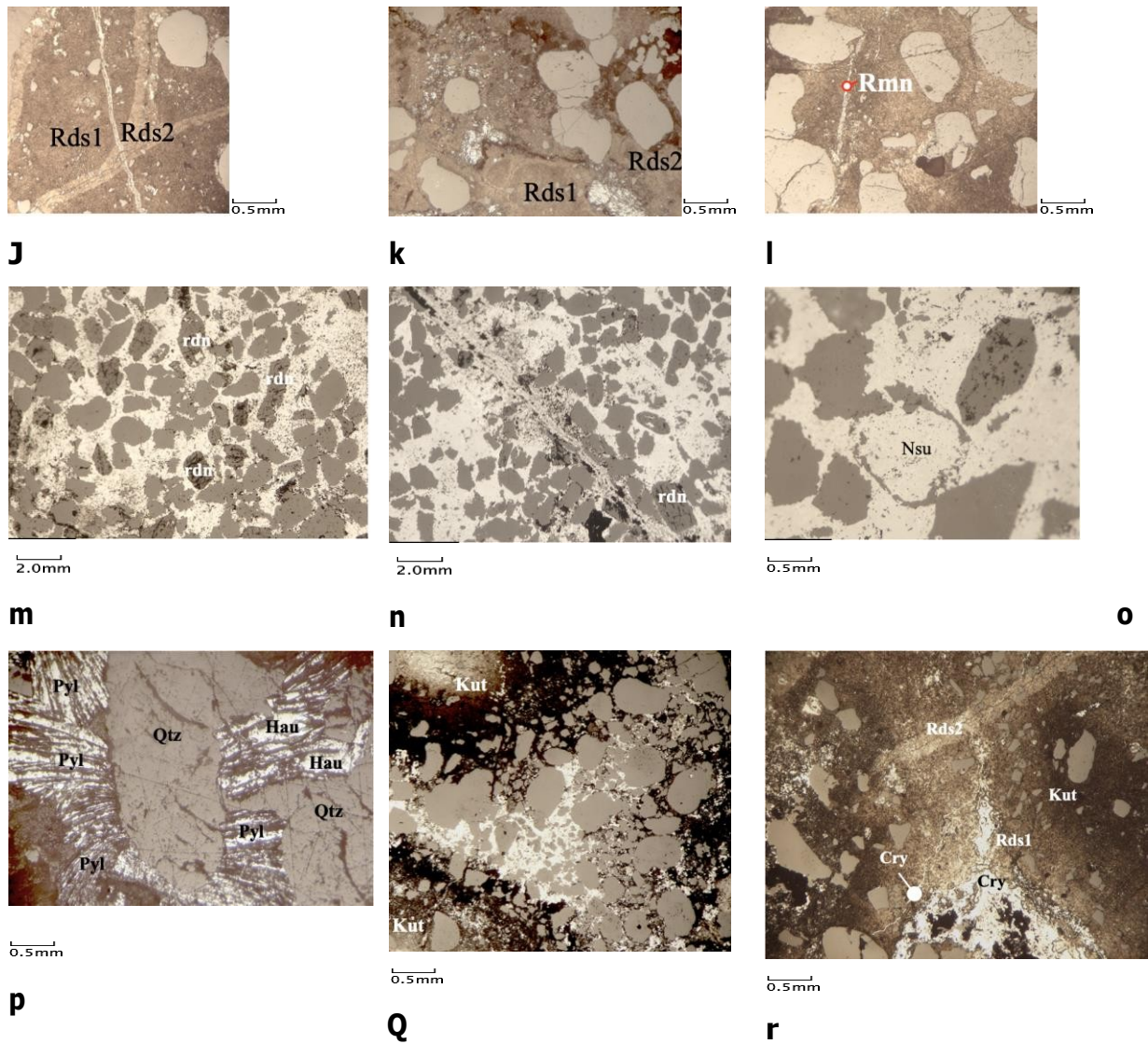
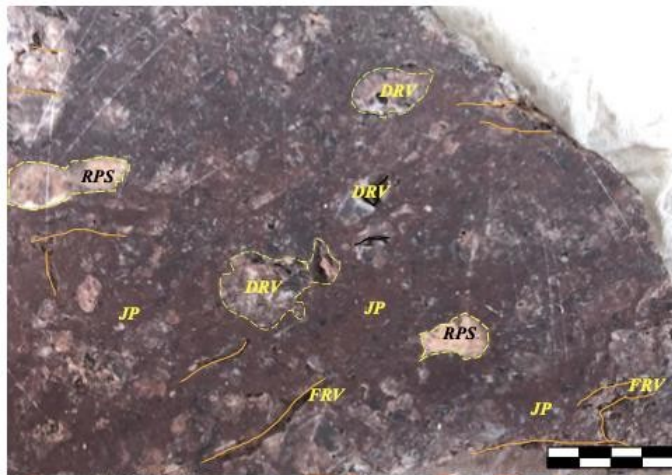
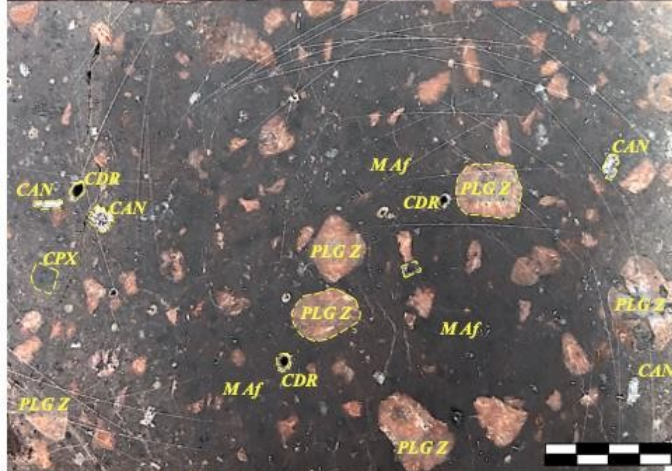


Figura 52 Conjunto de intercrescimentos observados em microscópio ótico de luz refletida (MOLR) em nicóis paralelos. Os símbolos mineralógicos são: nsu-nsutite; cry-criptomelana; hem-hematite; hol-holandite; mng-manganite; pon-polianite; rdn-rodonite; gt-goethite; lit-litioforite; rds-rodocrosite; rmn-romanechite; qzt-quartzo; hau-hausmanite; pyl- pirolusite; kut-kutnohorite.



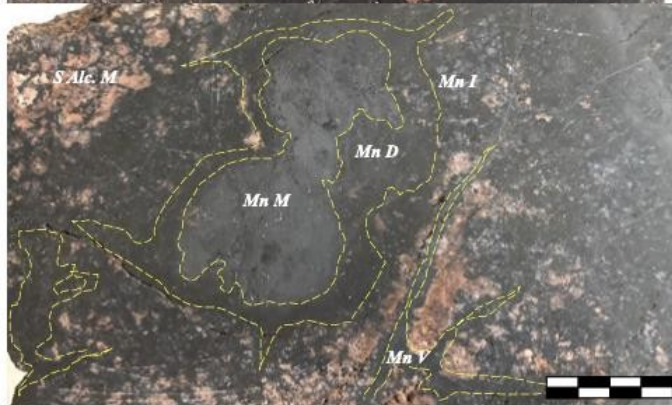
Brecha com clastos proto-sieníticos e fracturas com corrosão associada a desilicificação - brecha hidrotermal associada a "stock-work"

**DRV** - clastos silicatados dissolvidos com desilicificação e redução de volume - corrosão aberta  
**RPS** - clastos relíquia de sienito alcalino  
**JP** - jasperóide  
**FRV** - fracturas abertas relacionadas com redução de volume - associado a desilicificação progressiva anterior ao metassomatismo regressivo silicatado



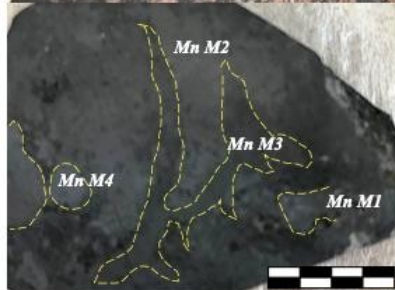
Pórfiro riódacítico com fenocristais de plagioclase, feldspato alcalino e inossilatos (raros) em matriz afanítica - encontra-se metassomatizado por epissienitização

**PLG Z** - fenocristais de plagioclase zonada e feldspato alcalino enrubescido (microclinizado)  
**CPX** - Clinopiroxena restítica com indícios de auréolas coroníticas  
**CAN** - aglomerado anfibólico  
**M Af** - matriz afanítica  
**CDR** - fenocristais corroídos (possível quartzo) e respectivo "box-work" revestido



Sienito alcalino com possível fracturação hidráulica e estruturas de "stock-work" venulares com metassomatismo regressivo associado e deposição de fases metassomáticas de Mn

**Mn M** - minério maciço  
**Mn D** - minério em disseminação  
**Mn I** - minério em impregnação intersticial  
**Mn V** - minério venular - hidrotermal - de precipitação  
**S Alc. M** - sienito alcalino metassomatizado - enrubescido a epissienitizado



Minérios de Mn metassomático maciço com gradações da magnitude de regressão metassomática

**Mn M1** - última frente regressiva - precipitações intersticiais  
**Mn M2** - associação de equilíbrio metaestável - 1º estágio regressivo  
**Mn M3** - reequilíbrios regressivo de 2º estágio  
**Mn M4** - última frente progressiva = 1ª frente regressiva - paroxismo metassomático - minério maciço

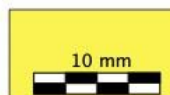
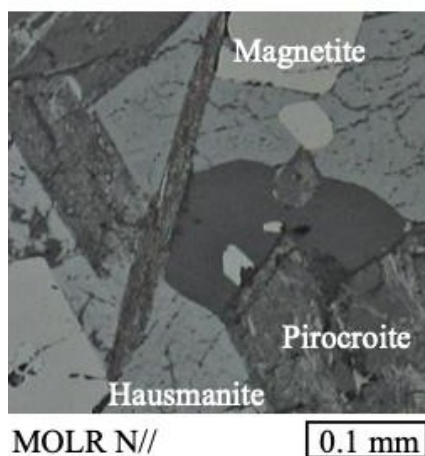
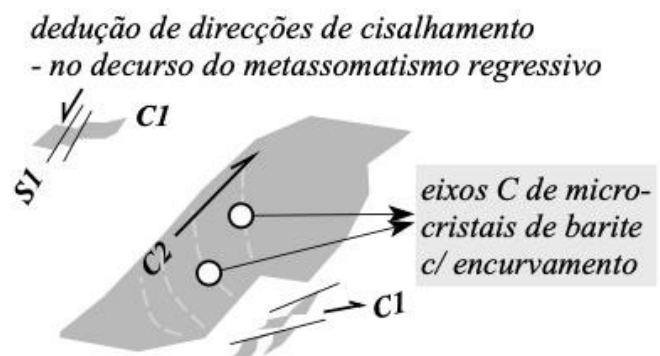
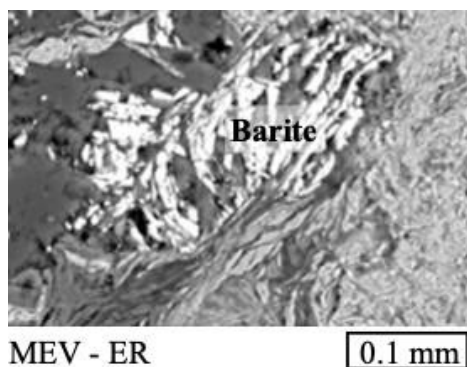


Figura 53 Modo de ocorrência, rochas encaixantes e minérios de Mn principais de Quitota – secções mesoescalares ortogonais a estruturas magmáticas fluidais e venulares mostrando produtos de metassomatismo e venulação, não só em minérios como em rochas encaixantes.

Percebe-se também nessa figura 53 a importância de unidades com "stock-work" e do metassomatismo a elas associado no que respeita à concentração e conformação dos corpos de minérios. Todas as litologias ígneas ali ilustradas, mesmo nas manifestações mais incipientes de alteração hidrotermal e metassomatismo, mostram, pelo menos, enrubescimento (hematitização dos feldspatos) e dessilicificação (tendente para episienitização) associadas à deposição de minerais de Mn. Na gradação destes fenómenos é possível discriminar as tendências progressivas e regressivas do metassomatismo.

Os minérios compactos correspondem ao paroxismo metassomático que se verifica entre alteração progradacional e a retrogradacional.

Na figura 54 mostram-se intercrescimentos e minerais que são indicadores dos estados regressivos do metassomatismo até à venulação. A deformação frágil e dúctil-frágil desempenha um papel importante na estruturação dos produtos de metassomatismo regressivo. Nesta figura, a barite acompanha a regressão metassomática, ainda afetada pelo cisalhamento, enquanto minerais como pirocroíte e a hausmanite já se alojam na distensão das ruturas, portanto em contexto dilatacional favorável à precipitação de veios.



*transição metassomática - venular  
após metassomatismo regressivo*

Figura 54 Texturas e minerais tipomórficos de estados de metassomatismo e venulação.

Na figura 55 ilustra-se de forma conceptual (esquemática) a distribuição dos diferentes corpos de minério de Quitota, percebendo-se que correspondem a domínios diferenciados da estrutura do Jazigo:

- grés da série xisto-calcária com intercalações singenéticas de depósitos estratiformes de Mn;
- rochas ígneas com vestígios de metassomatismo – no mínimo hematitização e episienitização;
- . corpos ou compartimentos com proliferação de texturas colofórmicas, relacionadas com atividade hidrotermal SEDEX;
- compartimentos com “stock-work” ou brechas e veios de fracturação hidráulica com metassomatismo associado.

No depósito do Lenga ocorrem domínios que se podem considerar equivalentes embora tenham volumes e cortejos mineralógicos não exatamente iguais.

Embora isso ainda não esteja clarificado, a componente hidrotermal da mineralização de Fe e Mn de Quitota poderia estar parcialmente relacionada com a atividade de fluidos alcalinos decorrente de episódios intrusivos hipabissais difusos.

As gangas associadas a estes minérios além do quartzo incluem albite, microclina, clorite, argila, micas, barite, jaspe e calcedónia, em sequência, desde as fases de mineralização mais precoces até às mais tardias.

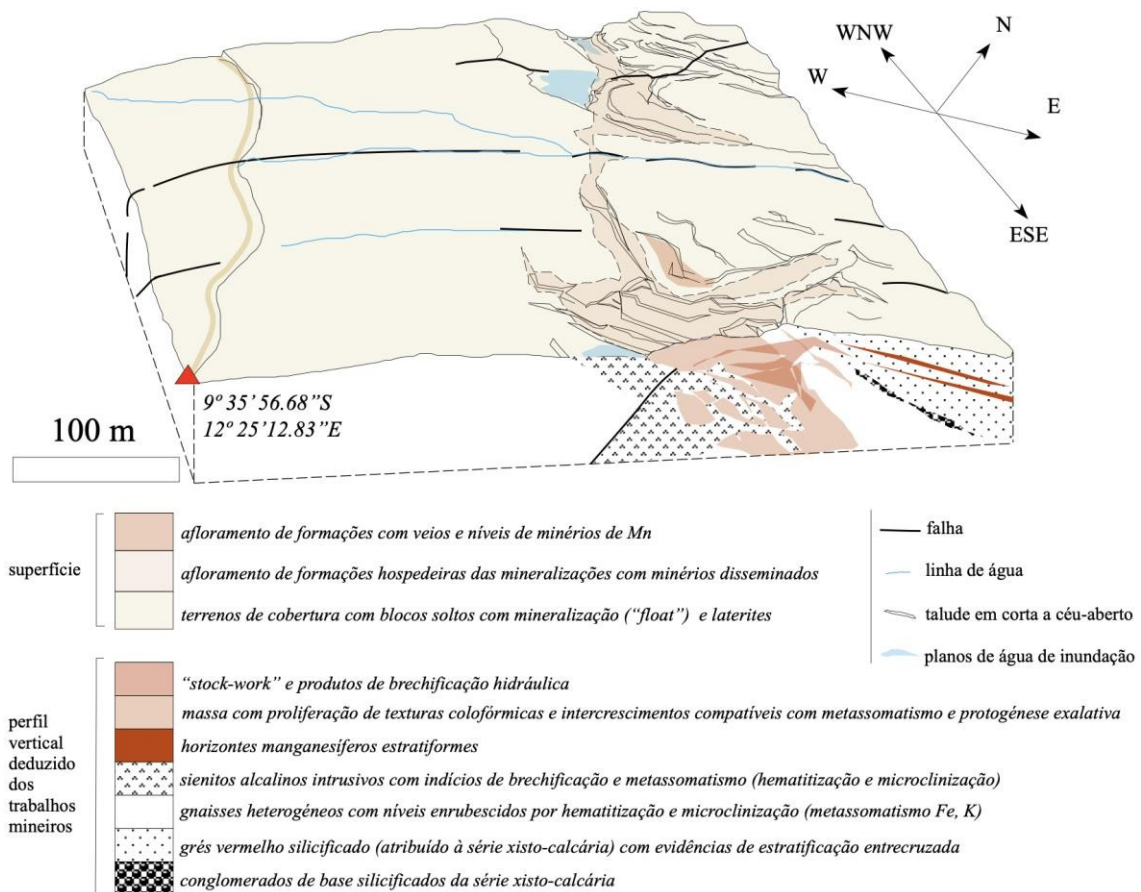


Figura 55 Bloco 3d interpretativo do depósito Quitota sugerindo a diferenciação dos corpos de minério e sua proporção volumétrica no contexto do jazigo.

Na figura 56, estão patentes colunas esquemáticas que pretendem mostrar em síntese produtos das diferentes componentes singenéticas e epigenéticas da evolução metalogénica nos diferentes locais chave, obedecendo às colunas estratigráficas que se deduzem para os mesmos locais.

Assim os alojamentos de minérios que se podem sistematizar são:

- Depósitos estratiformes	- horizontes com pirolusite e "wad", nodulares
- Produtos de diagénese e metamorfismo	- massas de minérios compactos adjacentes a depósitos estratiformes
- Paragéneses de deposição SEDEX	- disseminações e massas irregulares com minerais criptocristalinos e texturas concrecionarias e botrióides
- Minerais alojados em fracturação hidráulica e metassomatismo	- brechas de falha e brechas hidrotermais com massas irregulares de minérios compactos, colofórmicos, adjacentes a enxames de ruturas de orientação aleatória, com metassomatismo associado



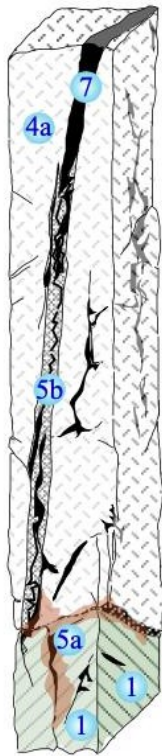
- Paragéneses de precipitação  
hidrotermal

- veios de minérios com "comb-structure" interna

- Produtos de meteorização

- massas ferruginizadas em "gossan" e laterite

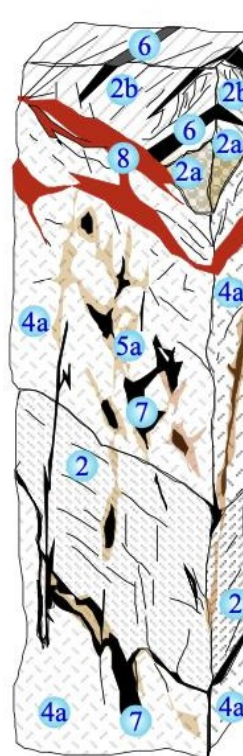
Minas do Lenga  
módulo Casuco - Norte



Minas do Lenga  
módulo Lenga - Sul



Minas de Quitota  
módulo Quitota



9. - "overburden" com componente laterítica enriquecida em clastos de óxidos de Mn
8. - pórfiro dacítico
7. - dique (filão) ou brecha com ganga quartzosa de calcedónia e minérios complexos de Fe e Mn
6. - depósito estratiforme de minérios de Mn
- 5b- brechas com matriz de calcedónia, jaste e alguma barite
- 5a- epimetassomatitos de baixa temperatura - jasperóides e produtos de episenitização das rochas sieníticas
- 4b- sienitos ocorrentes sob a forma de intrusões de tipo "sill"
- 4a- sienito ou sienogranito de feldspato alcalino - fácies plutónica
3. - tufo ácido felsítico, com cristaltos de albite e sanidina e vacúolos revestidos ou ocluídos por calcedónia
- 2b- grés arcósico com matriz filítica a carbonatada - rochas xistentas a calcárias, fácies de aspecto taconítico e cherts
- 2a- grés conglomerático (clastos poligénicos heterogranulares) com matrizes silicatadas a carbonatas
2. - grés, quartzo-waques e sublitoarenitos com matrizes argílicas a silicatadas - rochas xistentas gresosas
1. - quartzitos

Figura 56 Unidades estruturais discriminadas nos depósitos minerais de Lenga e Quitota expressas em colunas com informação estratigráfica.

Com base na informação antecedente foi possível propor os quadros paragenéticos sectoriais para os depósitos manganésíferos do Lenga (depósito 6, como é designado no atual ciclo extrativo) e minas de Quitota. Esses quadros paragenéticos (figuras 57 e 58) podem ser considerados representativos do

modelo abrangente, metalogénico e conceptual adotado para o domínio estrutural que corresponde, espacialmente, aos paradigmas da figura 10, inicialmente propostos por Paez (1970). Nessa aceção mantém-se e confirma-se o conceito de local chave, tanto para o Lenga como para Quitota.

A construção dos quadros paragenéticos teve em conta a observação MOLR de superfícies polidas, a análise de superfície em MEV-ER e EDX de algumas secções e a análise estrutural detalhada em afloramento e em amostra de mão.

As cores inscritas nos quadros distinguem os minerais quanto às classes de Dana a que pertencem (indirectamente, sugerem as condições deposicionais do estado de oxidação) e indicam o seu significado mineralúrgico, dicotómico: minério / ganga.

A largura das barras cronográficas relativas indicia, de forma apenas figurativa, a quantidade relativa de fase mineralógica imputada a cada estágio paragenético ou fase de mineralização.

A linha azul clara inclui a sucessão de estádios ou fases de mineralização que foi possível discriminar com base na análise paragenética:

E 1 - formação das rochas regionais: **Quitota** - sienito, pórfiro riodacítico, meta-quartzovaque; **Lenga** - tufo félsico (r. vulcanoclástica) a felsófiro, arcoses e grauvaques metamorfisados e xistificados (baixo grau) e quartzitos (com vestígios de estratificação entrecruzada);

E 2 - mineralização Fe>>Mn relacionada com diagénese primitiva e/ou episódios intrusivos hipabissais difusos;

E 3 - estágio exalativo sedimentar ou hidrotermal relacionado com fracturação hidráulica ("stock-work" e/ou brechificação) - c/ metassomatismo progressivo relacionado;

E 4 - estágio metassomático regressivo, seguido de precipitação venular em fraturas tardias em termo da regressão metassomática E 5 - estado supergénico.

Note-se que nesta sucessão geral, a transição E3=>E4 corresponde a uma regressão metassomática generalizada.

Por outro lado, E1=>E2 distingue-se litologicamente de Lenga para Quitota pelas rochas ígneas que aí se observam. Nas minas do Lenga a transição é marcada pela ocorrência de um tufo félsico vulcanoclástico a felsófiro; nas minas de Quitota é marcada pela ocorrência de um sienito alcalino e de um pórfiro riodacítico.

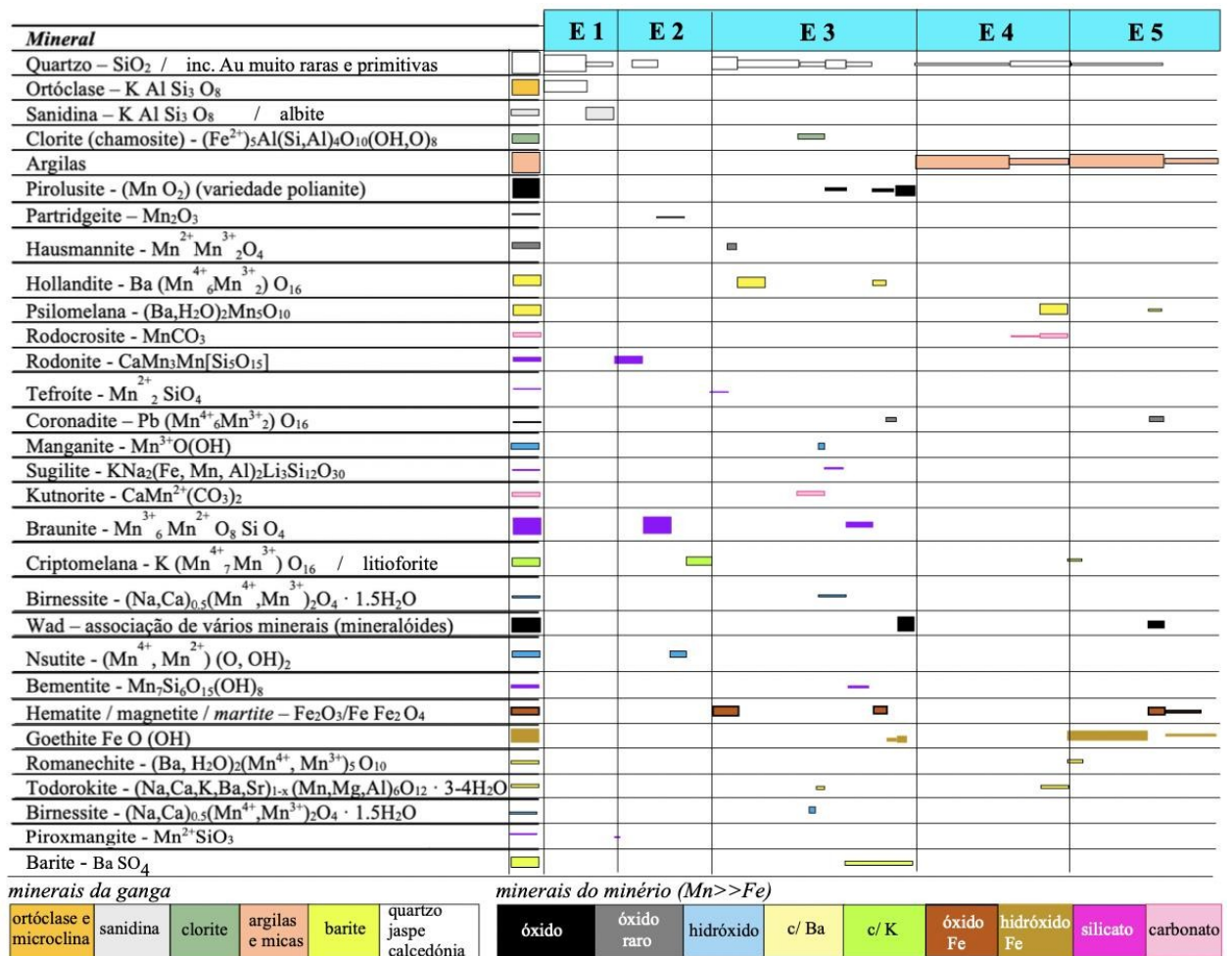
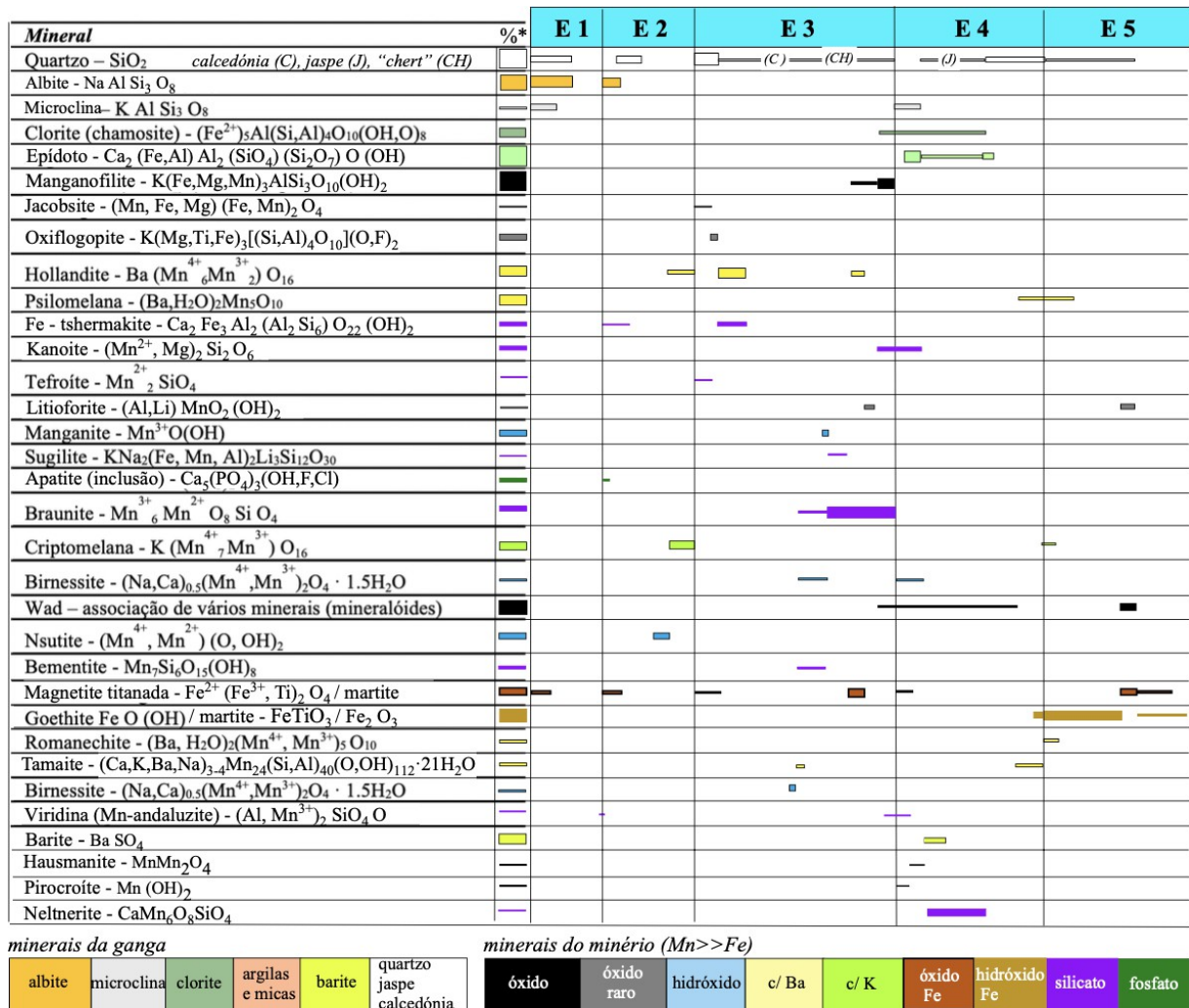


Figura 57 Quadro paragenético simplificado para o jazigo de Lengua – Depósito 6.



\*% - percentagem modal relativa da fase mineral no conjunto das paragêneses do depósito mineral

Figura 58 Quadro paragenético simplificado para o jazigo de Quitota.

Ambos os quadros paragenéticos, implicitamente, expressam a diversidade mineralógica observada e a abundância relativa de cada espécie mineral.

Apenas alguns poucos minerais identificados não são aí listados por serem considerados extraordinariamente raros e sem um posicionamento paragenético definido.

Quanto às condições de deposição, minerais como a criptomelana e pirolusite são comuns para condições mais oxidantes. Depósitos menos oxidativos contêm manganite, braunite e kutnahorite (mais raramente). "Psilomelana" e "wad" são termos abrangentes que por vezes referem intercrescimentos primários e/ou supergênicos de óxidos de ferro e manganês.

Entre os minerais que expressam outros metais contam-se a coronadite (Pb) e a hollandite (Ba). As gangas podem incluir argila (montmorilonite), carbonatos, glauconite, quartzo, "chert" e sílica coloidal ou biogênica (mais ou menos amorfa).

Os minérios de manganês diagenéticos a metamórficos de grau muito baixo podem incluir braunite, partridgeite e bixbyite. Uma braunite de 2ª geração abundante tem já feição metassomática.

A braunite permanece estável sob condições metamórficas até à fácies dos xistos verdes.

Em contraste, a bixbyite é aparentemente um produto da remobilização metassomática sob condições metamórficas de pico.

Sugere-se que algumas variações locais da associação mineral metamórfica refletem variações da composição da rocha hospedeira e não estão relacionadas a mudanças nas condições P-T de transformação metamórfica.

Na figura 59 apresenta-se uma generalização conceptual do que pode ter sido a sucessão de megaeventos responsável pela formação dos depósitos de Mn identificados a N do rio Cuanza.

Embora esta dedução tenha sido feita para o depósito de Quitota, dedução equivalente é possível para o depósito de Lenga.

Com referência aos quadros paragenéticos, os estádios E2, E3 e E4 são essenciais do ponto de vista da metalogénese do Mn.

A deposição E1=>E2 é, pelo menos parcialmente, diagenética ainda no contexto da formação da série xisto-calcária do SCO.

A deposição E3=>E4 é a mais importante e responsável pelas concentrações SEDEX, "stock-work" e pela evolução metassomática completa com sequências mineralógicas, progressiva e regressiva.

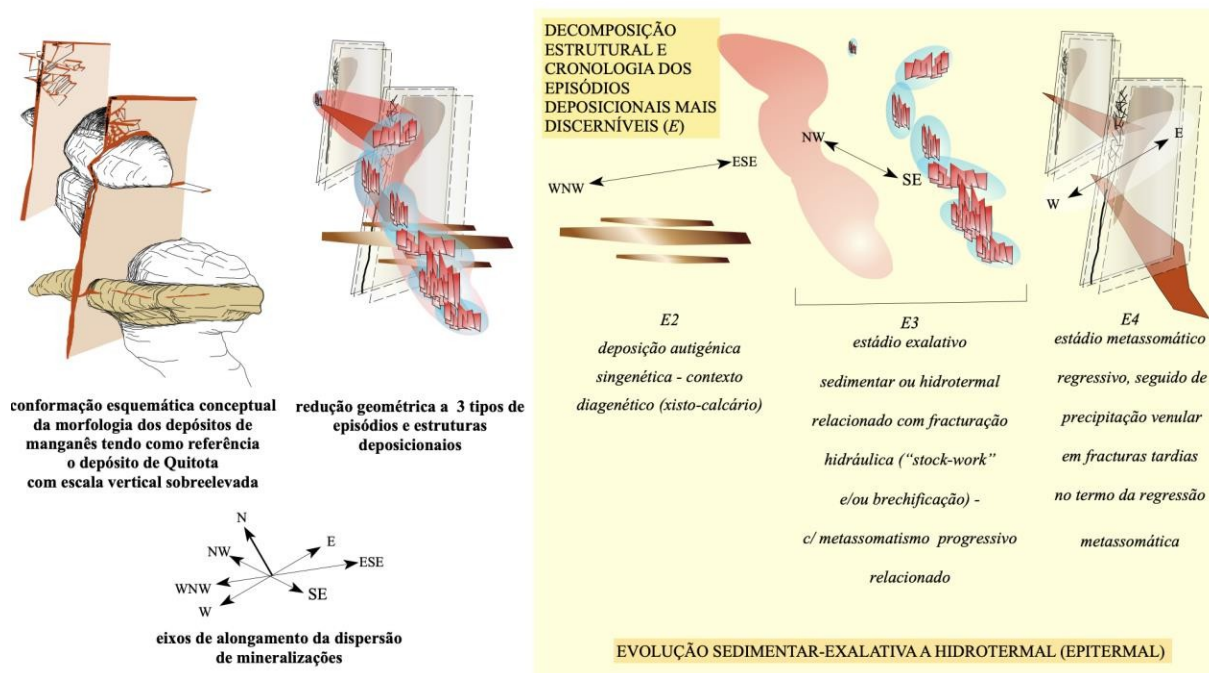


Figura 59 Consequências do bloco 3d e do quadro paragenético Quitota. Inclui estados paragenéticos e deposicionais equivalentes aos que se definem no Lengua.

A conformação esquemática patente na figura 59 apresenta uma escala vertical muito exagerada, mas mostra de que forma as discontinuidades portadoras de mineralização se relacionam geometricamente entre si:

- estratiforme, interestratificada com a sequência sedimentar primordial, embora inclua já caracteres posteriores;
- filoniana, controlada pelas ruturas tardias de maior continuidade;
- brechóide, metassomática e em "stock-work", aparentemente a teto de "plugs" e "sills" de rochas ígneas.

A introdução e remobilizações do Mn nestes sistemas heterogéneos, com múltiplos surtos, podem ser ajuizadas de um conjunto de intercrescimentos, que foi detetado em observação MOLR numa amostra de Quitota.

Esse conjunto textural representativo dos surtos manganésíferos está patente na figura 60.

Os grãos rolados de quartzo são uma herança do carácter SEDEX primitivo e as gangas criptocristalinas também quartzosas estão relacionadas com o metassomatismo e a fracturação hidráulica tardios e verificados a baixa temperatura.



Varição qualitativa e relativa do sequestro de Mn no campo óptico MOLR ilustrado acima e no perfil AB. (+) - concentração; (-) - lixiviação.

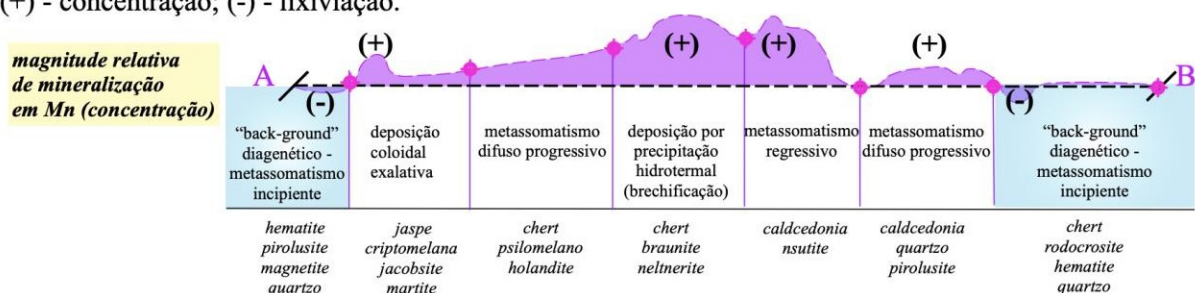


Figura 60 Discriminação de estados deposicionais em intercrescimentos de minérios de uma amostra chave de Quitota. Domínio de transição de texturas e paragéneses observado em microscopia de luz refletida (MOLR).

Os principais minérios são pirolusite, psilomelano, braunite e nsutite. Muitas vezes mostram texturas colofórmicas e outras típicas de preenchimento de espaços abertos (precipitação em ambiente livre e em agregado).

A atividade tectono-hidrotermal e as variações de condições redox relacionadas com o vulcanismo e exalação hidrotermal terão proporcionado a origem e remobilização que caracteriza estas mineralizações de Mn que se podem considerar de tipo SEDEX a hidrotermais em "stock-work".

As concentrações de manganês alcançam o tamanho e estatuto de depósitos de interesse económico em estágios pós-sedimentares e metassomáticos.

O papel do carbono orgânico na formação do minério de manganês acentua-se após os estágios paragenéticos iniciais (assegura a deposição de rodocrosite e outros carbonatos) em resposta ao suprimento de matéria orgânica que vai sendo assegurado a partir de bacias pouco profundas ou a partir de exalação a partir de ruturas marginais.

## BIBLIOGRAFIA

- ANIP, D. P. (2014). *Ocorrências Minerais*. Luanda. Obtido de <https://www.yumpu.com/pt/document/read/12882941/ocorrencias-mineiras-anip>
- Araujo, A., Guimaraes, F., Pervalov, O. V., Tselikovskiy, A., Agueev, Y., Polskoi, F., . . . Kondratiev, A. (1992). *Notícia Explicativa da carta geológica à Escala 1:1.000.000*. Luanda: Serviços Geológicos de Angola.
- Brognon, G., & Verrier, G. R. (1966). oil and geology in Cuanza basin of Angola. *Bulletim of the American Association of petroleum Geologists*, 108-158.
- Burwood, R. (1999). Source rock control for Lower Congo coastal and Kwanza basin petroleum systems, in cameroum. *Geological Survey bulletim*, 181-194.
- Curihingana, F. (20 de 04 de 2021). *Jornal de Angola*. Obtido de *Jornal de Angola*: <https://www.jornaldeangola.ao/ao/noticias/primeira-mina-de-manganes-entra-em-funcionamento-este-ano/>
- Curihingana, F. (06 de 04 de 2021). *Jornal de Angola*.
- De Carvalho, H., Tassinari, C., Alves, P. H., & Simões, M. C. (2000). Geochronological review of the precambrian in western Angola: links with Brazil. *Journal of African Earth Sciences*, 31, no 2, 383-402.
- Gonçalves, M. (1970). Estatística da actividade Mineiro do Estado de Angola durante o Ano de 1970. *boletim do Serviço de Geologia e Minas do Estado de Angola n°22*.
- Harold, A., & Taylor, J. (1994). Manganese minerals. In: *Industrial Minerals. Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc*, 1196p., p. 655-660.
- Mehdilo, A., Irannajad, M., & Hojjati-Rad, M. (2013). Characterization and beneficiation of iranian low-grade manganese ore. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 725-771.
- Paez, G. V. (1970). jazigos de manganês a norte do Rio Kwanza (Angola). Em S. d. Minas, *Portuga-Provincia de Angola: Serviços de Geologia e Minas* (pp. 90-106). Luanda: Bolentim.
- Sampaio, J. A., de Andrade, M. C., Dutra, A. J., & Penna, M. T. (2008). Manganês. Em *Rochas e Minerais Industriais* (pp. 634-648). CETEM.
- Tack, L., Wingate, M., Liégeois, J.-P., Fernandez-Alonso, M., & Deblond, A. (2001). Early Neoproterozoic magmatism (1000–910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo craton. *Precambrian Research, Volume 110, Issues 1-4*, 277-306. doi:[https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(01\)00192-9](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(01)00192-9)



- Tavares, J., Reis, É., Lima, R., & Lima, M. (2013). Decomposição térmica de silicato de Manganês Espersartita. *XXV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa & VIII Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology, Goiânia - GO, 20 a 24 de Outubro 2013*. Góias.
- Teixeira, M. (2021). *Embaixada de Angola em Portugal*. Obtido de Embaixada de Angola em Portugal: <http://www.embaixadadeangola.pt/exploracao-de-manganes-em-kitota-comeca-este-mes/>
- Zhao, L., Niu, S., Niu, X., Chen, T., Wang, Y., Li, L., . . . Zhang, M. (2022). Manganese Oxide Minerals from the Xiangtan Manganese Deposit in South China and Their Application in Formaldehyde Removal. *Minerals* 12 no. 5: 552. doi:<https://doi.org/10.3390/min12050552>