

**MORFOLOGIA E ANÁLISE DE ELEMENTOS MAIORES DAS FORMAÇÕES  
MANGANESÍFERAS BOTRIODAIS (MANGANOCRETES) DO SUBGRUPO  
PARAOPEBA, MUNICÍPIO DE CÓRREGO D'ANTA-MG**

**Anísio Cláudio Rios Fonseca**

Professor do UNIFOR. Especialista em Solos e Meio-Ambiente pela UFLA  
e-mail: anisiogeo@yahoo.com.br

**Ana Cláudia Mello Vianna**

Bióloga pelo UNIFOR. Pós-graduanda no CEFET/BambuÍ-MG

**Recebido em: 16/09/2011**

**Aprovado em: 10/02/12**

**RESUMO**

As manganocretes descritas neste trabalho são mineralizações de origem química/ laterítica que exibem estruturas botrioidais complexas e ocorrem associadas às rochas do subgrupo Paraopeba, próximo ao entroncamento da BR 354 com a BR 262, no município de Córrego D'Anta-MG, onde o metal mais abundante é o manganês, seguido de teores variáveis de ferro, cobalto, bário, potássio e silício.

**Palavras-chave:** Psilomelano. Laterítica. Manganês.

**MORPHOLOGY AND ANALYSIS OF MAJOR ELEMENTS OF FORMATIONS  
BOTRYOIDAL MANGANESE (MANGANOCRETES) OF PARAOPEBA SUBGROUP,  
CITY OF CÓRREGO D'ANTA-MG**

**ABSTRACT**

The manganocretes described in this work are mineralization of chemical/ lateritic origin structures botryoidal that exhibit complex and occur associated rocks of the subgroup Paraopeba, near the junction of the BR 354 with BR 262, in the city of Córrego D'Anta- MG, where the most abundant metal is manganese, followed by varying levels of iron, cobalt, barium, potassium and silicon.

**Keywords:** Psilomelane. Lateritic. Manganese.

**1 INTRODUÇÃO**

O estudo de rochas lateríticas associadas ao Subgrupo Paraopeba (Grupo Bambuí e Supergrupo São Francisco), no município de Córrego D'Anta-MG, tem evidenciado aspectos importantes em sua

mineralogia. As rochas do Grupo Bambuí foram originadas de transgressões e regressões marinhas, onde diferentes tipos de rochas clásticas (fragmentárias) foram depositados de acordo com a energia das águas e sua granulometria (RADAMBRASIL, 1983). A fácies química desta transgressão no local de estudo está representada por calcários coloridos que afloram em diversos lugares. Ritmitos glauconíticos (verdetes) abundam em um dos perfis estudados, pertencendo à Formação Serra da Saudade. Sua coloração verde é devida à glauconita autigênica formada a partir de biotita detrítica. Em associação com estes ritmitos glauconíticos, são encontradas abundantes cangas, oriundas da união de diversos nódulos e que são predominantemente ferro-aluminosos. Costa (1999; 2005; 2007) descreve minuciosamente formações semelhantes que ocorrem na mina Manganês Azul, onde sua precipitação se dá a partir da saturação de soluções.

As amostras de manganocretes deste trabalho foram coletadas no afloramento situado na BR 354, município de Córrego D'Anta-MG, e encaminhadas para o departamento de microscopia eletrônica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para análise qualitativa e semi-quantitativa de elementos. Ao contrário de outros minerais de manganês que possuem composição química constante e sistema cristalino definido, a manganocrete não é um mineral isolado, mas uma mistura de minerais com predominância do manganês e esta terminologia preconizada pela IUGS (*International Union of Geological Sciences*) substitui o termo “psilomelano” neste trabalho.

No local de ocorrência, as mineralizações apresentam formas globulares, estalactíticas e botrioidais. Estes hábitos de massas cristalinas são tipicamente originados por deposição coloidal, o que evoca sua origem também por processos de lateritização no local. Segundo Costa (2007), lateritos são produtos geológicos resultantes dos processos de lateritização, formados pelo intemperismo tropical e paleotropical de rochas expostas à interação atmosfera-hidrosfera. Também são importantes processos formadores de depósitos minerais (Al, Fe, caulim, Ni, Mn, Au, Pt, Ti, P etc.), além de constituírem registros paleoambientais inestimáveis, formados desde o Proterozóico, concentrando-se no Cenozóico, nas atuais zonas intertropicais.

A presença de minerais do manganês nas rochas do subgrupo Paraopeba é derivada de compostos de origem predominantemente marinha, formados originalmente em ambientes de precipitação química tanto de compostos de origem continental como de vulcanismo marinho, a exemplo dos nódulos de manganês existentes nos fundos oceânicos. O manganês, juntamente com outros metais encontrados nos lateritos, é oriundo de ambientes euxínicos onde os íons metálicos formam compostos complexos e se precipitam no fundo marinho. A ação de microorganismos se faz presente em todos os estádios do processo. Posteriormente, estes minerais passam a compor as rochas sedimentares oriundas de transgressões marinhas e daí são constantemente remobilizados conforme as

condições físico-químicas ambientais, que ora solubilizam os compostos, ora os concentram em precipitados diversos, consoante o pH, regime hídrico e natureza das soluções.

Concentrações semelhantes de minerais de manganês estão associadas com rochas da formação Serra de Santa Helena, no município de Formiga – MG, onde Fonseca (2005) cita a ocorrência de rochas lateríticas mistas encontradas na região de Morro das Balas que possuem óxidos de manganês botrioidais encapsulados por material argilo-limonítico. Há também a presença de corpos botrioidais de manganocretes entre as diáclases e planos de acamamento de argilitos, bem como há a presença de manganocrete servindo como agente cimentante em brechas intraformacionais com clastos de quartzo e /ou lamitos. Em outras localidades do município de Formiga, existem rochas lateríticas exibindo dobras atectônicas como as pesquisadas por Sígolo (2001), associadas com diversos tipos de sedimentos concentrados por erosão (linhas de pedra), inclusive manganocretes (FONSECA, 2009).

## 2 GEOLOGIA REGIONAL

A área de ocorrência das crostas manganíferas apresenta afloramentos do domínio petrográfico do Supergrupo São Francisco-Grupo Bambuí-Subgrupo Paraopeba - Formação Serra da Saudade (COMIG, 2003; RADAMBRASIL, 1983). Esta feição é oriunda de deposição em ambiente marinho entre 500 e 700ma. A região é conhecida como “Alto Paranaíba” e foi intensamente dobrada pela colisão continental ocorrida há 850 milhões de anos, embora a erosão tenha removido grande parte do pacote sedimentar. O subgrupo Paraopeba está dividido em cinco formações; Formação Serra da Saudade, Formação Lagoa do Jacaré, Formação Serra de Santa Helena, Formação Sete Lagoas e Conglomerado basal. Este pacote sedimentar está assentado sobre o embasamento arqueano do São Francisco.

### 2.1 Classificação petrográfica do domínio sedimentar

O subgrupo Paraopeba está subdividido em cinco formações.

- **Conglomerado basal** - É composto por corpos descontínuos e de pequena extensão de conglomerados polimíticos, de aspecto diamictítico, e arenitos conglomeráticos. Foram descritos em vários locais, recebendo denominações próprias, como Conglomerado Samburá (Miranda, 1951), descrito na região de Bambuí, e Conglomerado Carrancas (Branco; Costa, 1961), entre outros.

- **Formação Sete Lagoas** (Costa; Branco, 1961) - É composta predominantemente por calcários e dolomitos. Margas e pelitos no geral ocorrem subordinadamente e constituem corpos lenticulares de dimensões variadas.
- **Formação Serra de Santa Helena** (Costa; Branco, 1961) – Constituída predominantemente por pelitos, com siltitos, argilitos, ardósias e folhelhos esverdeados; secundariamente, ocorrem intercalações lenticulares de calcário cinza escuro e margas.
- **Formação Lagoa do Jacaré** (Costa; Branco, 1961) - É composta predominantemente por calcários pretos a cinza compondo extensos horizontes. Apresenta níveis oolíticos ricos em matéria orgânica e intercalações de margas e pelitos, no geral siltitos e folhelhos.
- **Formação Serra da Saudade** (RADAMBRASIL, 1982)- Siltitos, folhelhos, ritmitos e ardósias de cor esverdeada cuja coloração se deve principalmente ao mineral glauconita. Localmente contém pequenas lentes de calcário cinza-claro e margas.

Em associação com as manganocretes, são encontradas as verdetes (ritmitos glauconíticos), as quais afloram em diversos locais inseridos na Formação Serra da Saudade. Nos flancos da rodovia BR 354, próximo ao entroncamento com a BR 262, estas rochas afloram e exibem sua coloração verde, visível à distância. Além da cor verde característica causada pela glauconita  $[(K,Na)(Fe^{+++},Al,Mg)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2]$ , esta rocha apresenta outras fases minerais como o microclínio ( $KAlSi_3O_8$ ), moscovita ( $KAl_2Si_3AlO_{10}(OH,F)_2$ ) e ortoclásio ( $KAlSi_3O_8$ ) na sua composição, segundo estudos feitos por órgãos do governo federal para sua utilização agrícola como fonte de K e P (CEKINSKI et al., 1988).

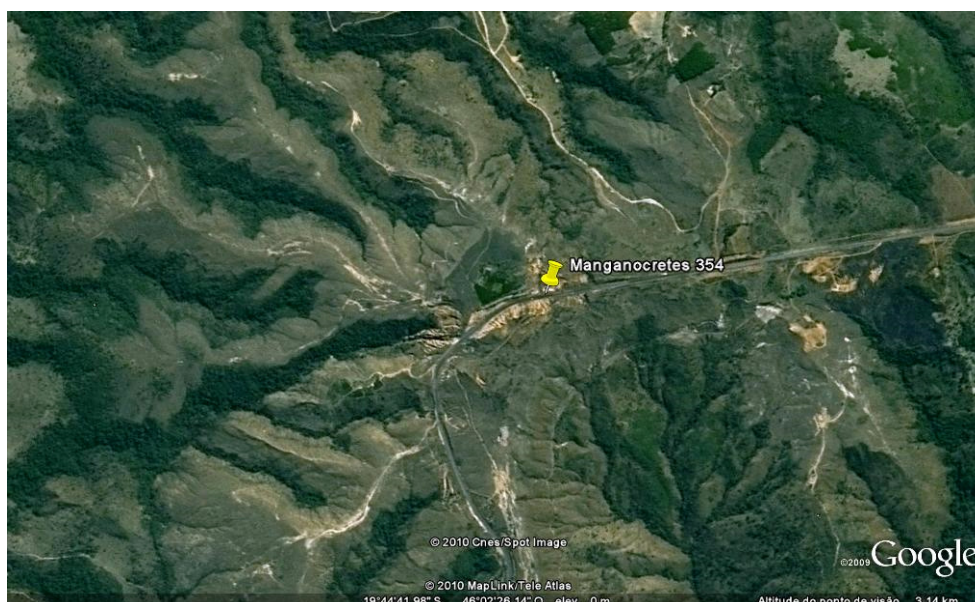
As mineralizações manganésíferas afloram abundantemente em uma área da estrada BR 354. Localmente ocorrem grandes corpos de cangas ou couraças ferruginosas (BOTELHO, 1979), compostas de nódulos (esferólitos) de natureza ferro-aluminosa unidos por agente cimentante gibsítico (COSTA, 2007), o que empresta o aspecto clássico de pele de onça à rocha. As mineralizações manganésíferas entrecortam níveis superiores aos ritmitos glauconíticos, formando corpos placóides botrioidais, cujo diâmetro de cada esferólito é variável, podendo medir mais de cinco centímetros em

alguns casos. As formas encontradas são complexas e denotam um crescimento repetitivo, onde a deposição das soluções se dá em torno de vários pequenos núcleos (COSTA, 2007).

## 2.2 Local de ocorrência

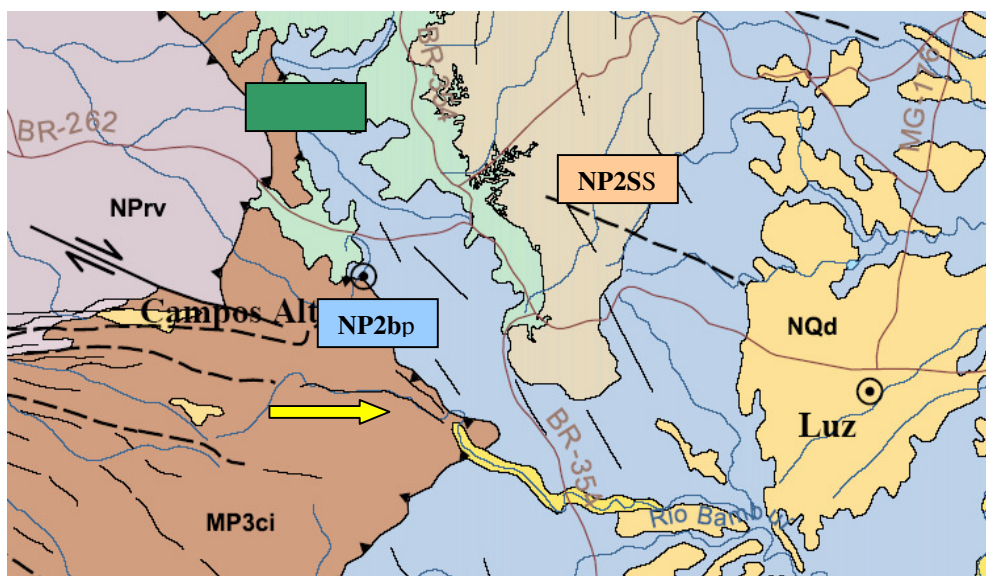
Embora a ocorrência de mineralizações lateríticas ferro-manganesíferas seja de certa forma bem difundida em sedimentos transgressivos, o local de coleta das amostras para análise é particularmente rico nestas mineralizações, onde ocorrem associadas a depósitos de canga. O corte feito na estrada BR 354 é profundo e atingiu rochas que foram continuamente erodidas devido à natural fragilidade e topografia do local. Com este processo erosivo, o perfil de ocorrência das manganocretes foi continuamente destruído e, com isto, fragmentando estruturas maiores de manganocretes e deixando os fragmentos espalhados sobre as áreas erodidas. Os sedimentos do Subgrupo Paraopeba, particularmente os da Formação Serra da Saudade, são as rochas-matrizes destas mineralizações. Os trabalhos desenvolvidos por Costa *et al* (2005) na mina de manganês azul no estado do Pará determinaram um argilito rítmico branco e vermelho como sendo a rocha que originou os grandes corpos de manganês existentes na região.

Figura 1- Local do afloramento das manganocretes, ritmitos glauconíticos e cangas



Fonte: Google Earth (2010).

Figura 2 - Local do afloramento das manganocretes (seta amarela) na Br 354



Fonte: COMIG, 2003

Legenda: **K2mc** - Grupo Mata da Corda (lavas, rochas piroclásticas, arenito cinerítico).

**Mp3ci** - Grupo Canastra (metarenito, filito, sericita-xisto, ardósia, metacalcário).

**NP2b** - Grupo Bambuí –subgrupo Paraopeba Indiviso. **NP2S** - Formação Serra da Saudade (siltitos e argilitos verdes)

Figura 3 - Perfil horizontal de arenito disposto discordantemente sobre ritmitos glauconíticos



Fonte: Acervo pessoal, 2011.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

As manganocretes foram coletadas próximas ao corte da estrada BR 354, nas coordenadas 19°44'39.80"S 46° 2'20.33"O. Foram utilizados nesta operação um martelo geológico e caixas com divisórias para acomodação das amostras. As amostras foram analisadas e fotografadas em microscópio estereoscópio do Laboratório de Mineralogia do UNIFOR-MG e posteriormente foram enviadas para o Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Os parâmetros analisados foram macro-elementos e porcentagem em óxidos, o que configura uma análise qualitativa e semi-quantitativa. O equipamento utilizado foi um Microscópio Eletrônico de Transmissão JEOL - JEM 2010 com análise de raios-x (EDS): sistema de espectrometria por dispersão em energia com capacidade de detecção de elementos entre B e U. O gráfico EDS geral das manganocretes mostra as concentrações em óxidos destes elementos, os quais foram removidos e ou concentrados a partir de lateritização das rochas do pacote sedimentar. O perfil mineralizado possui pequena espessura e preenche fraturas e diáclases nas rochas. As massas botrioidais de manganocretes possuem um aspecto típico para associações manganosíferas supérgenas, com intercrescimentos de estruturas concêntricas globulares de diâmetro variável formando estruturas complexas. É notória a presença do brilho metálico e irização quando observadas ao microscópio estereoscópio.



Figura 4 - Irização da mineralização manganosífera e brilho metálico ao microscópio estereoscópio (40x)



Figura 5 - Aspecto botrioidal da mineralização manganosífera (amostra com 9 cm)



Figura 6 - Manganocrete botrioidal com base placóide. O aspecto botrioidal ocorre nas duas faces



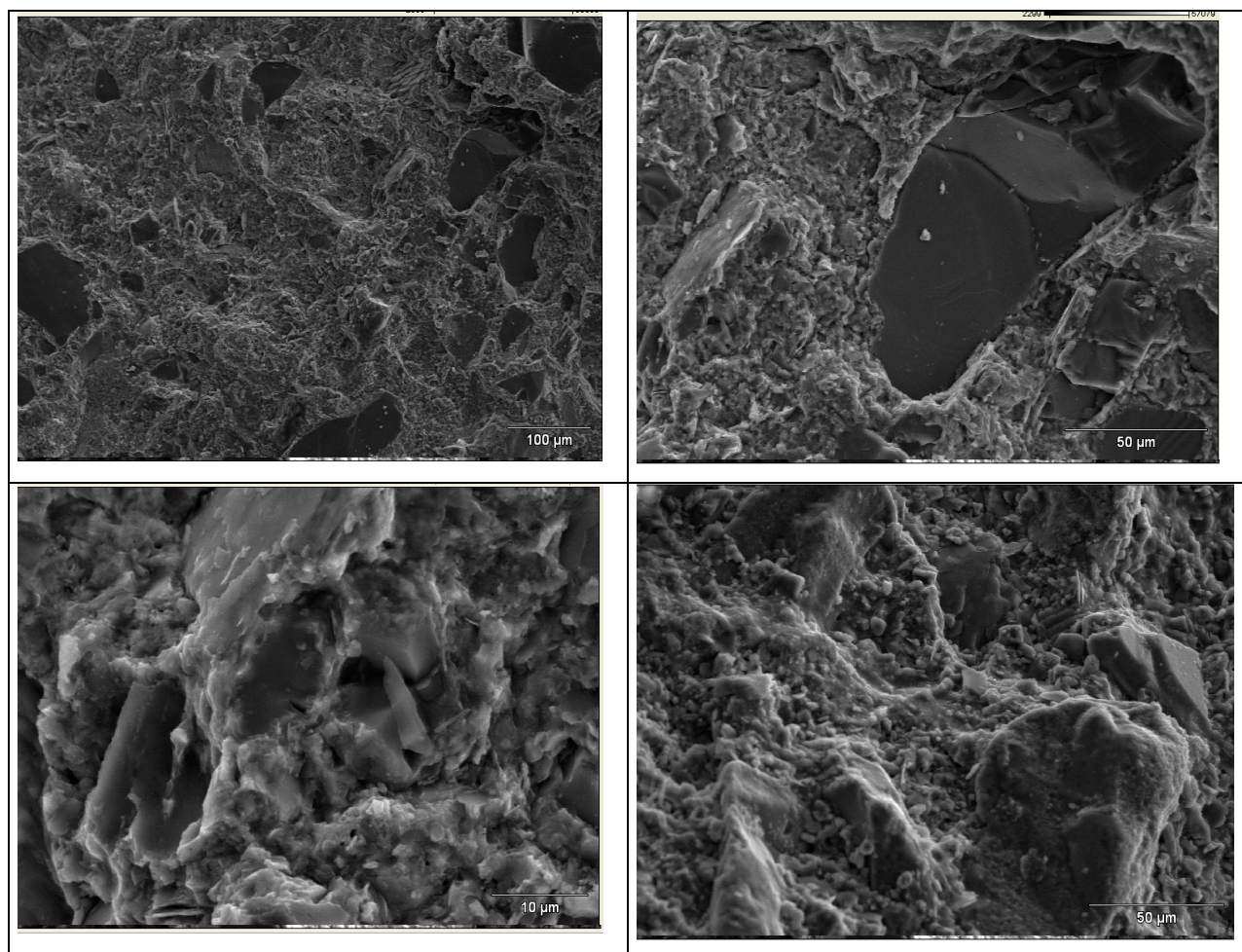
Figura 7- Canga (35 cm) comumente associada às manganocretes. BR 354, Córrego Danta-MG

Fonte: Acervo pessoal, 2011.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As amostras mostraram uma típica associação geoquímica para o ferro, manganês, bário e cobalto, a exemplo dos trabalhos de Costa (2007). Embora a análise por microscopia de varredura e EDS contemple parâmetros qualitativos e semi-quantitativos, a associação mineral criptomelana  $[K(Mn^{+4}, Mn^{+2})_8O_{16}]$ , romanequita  $[Ba_{0.7}Mn^{3+}_{4.8}Si_{0.1}O_{10} \cdot 1.2(H_2O)]$ , goethita  $[FeOOH]$ , hematita  $[Fe_2O_3]$ , gibsitita  $[Al(OH)_3]$ , hollandita  $[Ba(Mn^{4+}, Mn^{+2})_8O_{16}]$ , pirolusita  $[MnO_2]$ , caulinita  $[Al[Si_4O_{10}](OH)_8]$ , Ilita/muscovita  $[KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2]$ , quartzo  $[SiO_2]$ , microclina /ortoclásio  $[KAlSi_3O_8]$ , dentre outros, é típica para estas mineralizações.

Figura 8 - Micromorfologia dos componentes das manganocretes sob o microscópio eletrônico de varredura. Os componentes negros são silicatos (feldspatos potássicos e outros) associados a uma gama de minerais de manganês, alumínio, cobalto e potássio.



## 5.1 Análise total da amostra

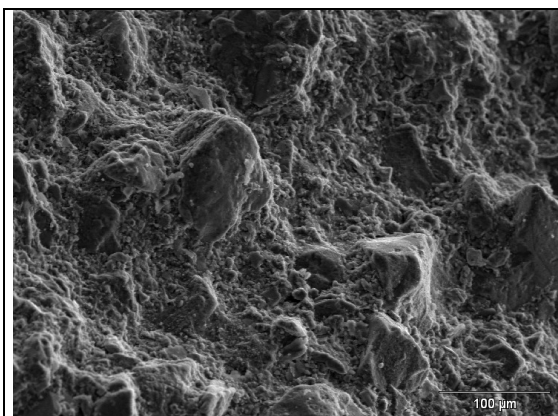


Figura 9- Imagem de manganocreta obtida por microscopia de varredura para EDS geral

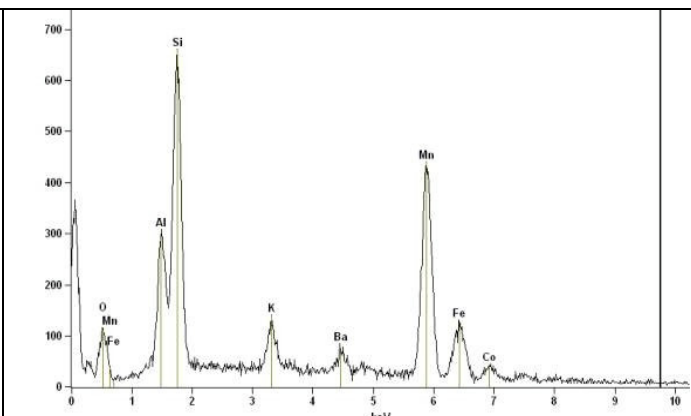


Figura10 - Gráfico EDS geral amostra 1 manganocreta

Tabela 1 - Resultado em óxidos EDS geral manganocreta

<i>Elemento</i>	<i>Concentração em massa (%)</i>	<i>Concentração atômica (%)</i>	<i>Fórmula (óxidos)</i>	<i>Concentração composicional (%)</i>
<b>O</b>	34,91	58,87		---
<b>Al</b>	6,13	6,13	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,57
<b>Si</b>	14,77	14,19	SiO <sub>2</sub>	31,60
<b>K</b>	2,47	1,71	K <sub>2</sub> O	2,98
<b>Mn</b>	29,90	14,68	MnO	38,61
<b>Fe</b>	5,53	2,67	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,91
<b>Co</b>	2,00	0,92	CoO	2,54
<b>Ba</b>	4,29	0,84	BaO	4,79
<b>Total</b>	100,00	100,00		100,00

Os resultados em óxidos mostram que o óxido de manganês é o componente mais abundante na manganocreta e está representado em diferentes minerais componentes típicos, tais como a pirolusita, a criptomelana e a romanequita. Neste tipo de análise, não é possível determinar com exatidão quais os minerais estão presentes, mas em mineralizações de origem laterítica, é típica a presença destes minerais. O bário é um dos componentes da romanequita e da hollandita. O potássio faz parte da criptomelana e do feldspato potássico. O ferro forma minerais típicos como a hematita e a goethita. Estes elementos formam diferentes minerais que se associam. As manganocretes coletadas são muito quebradiças e isso se deve provavelmente ao seu conteúdo em silicatos. Os silicatos estão representados pelo feldspato potássico, caulinita e possivelmente moscovita/ illita.

## 5.2 Resultado análise pontual 1

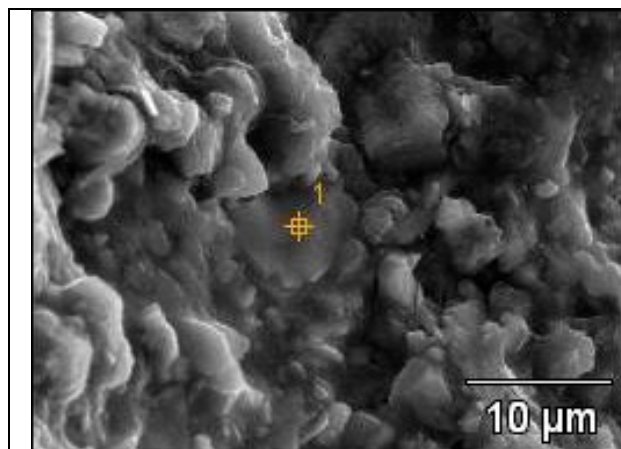


Figura 11 - Microfotografia de minerais de ferro (3300x)

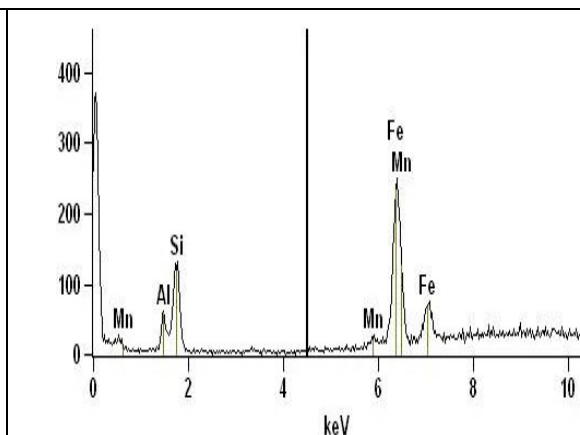


Figura 12 - Gráfico EDS dos minerais de ferro

Tabela 2 - Resultado em óxidos da análise pontual 1- minerais de ferro

<i>Elemento</i>	<i>Concentração em massa (%)</i>	<i>Concentração atômica (%)</i>	<i>Fórmula (óxidos)</i>	<i>Concentração composicional (%)</i>
<i>O</i>	35,12	61,53		0,00
<i>Al</i>	2,88	2,99	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,44
<i>Si</i>	8,75	8,73	SiO <sub>2</sub>	18,72
<i>Mn</i>	2,09	1,07	MnO	2,70
<i>Fe</i>	51,15	25,67	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	73,13

Os teores em óxidos deste alvo demonstram picos de predominância de minerais de ferro como a goethita (FeOOH) e hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) associados com gibsitita, caulinita, óxidos de manganês em menor quantidade e, provavelmente quartzo. O método não detecta o hidrogênio. Em algumas amostras coletadas foi observada uma nítida diferenciação composicional, onde um invólucro predominantemente rico em óxi-hidróxidos de ferro associados a argilominerais está abrigando um núcleo negro de composição predominantemente manganésifera. Na maior parte das amostras, as cores típicas dos compostos de ferro ficam mascaradas pela cor anegrada da manganocreta, devido aos teores em óxi-hidróxidos de manganês.

### 5.3 Resultado análise pontual 2

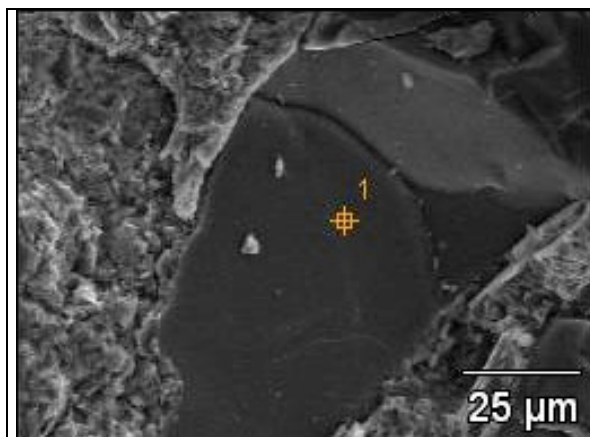


Figura 13 - Feldspato (1100x)

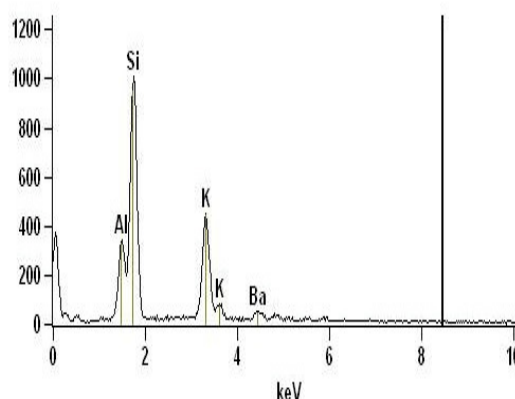


Figura 14 - Gráfico EDS feldspato

Tabela 3 - Resultado da análise pontual 2- Feldspato

<i>Elemento</i>	<i>Concentração em massa (%)</i>	<i>Concentração atômica (%)</i>	<i>Fórmula (óxidos)</i>	<i>Concentração composicional (%)</i>
<i>O</i>	42,39S	60,46		0,00
<i>Al</i>	8,56	7,24	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,18
<i>Si</i>	27,03	21,96	SiO <sub>2</sub>	57,83
<i>K</i>	15,99	9,33	K <sub>2</sub> O	19,26
<i>Ba</i>	6,03	1,00	BaO	6,74

Esta análise pontual detectou um feldspato potássico, dados os teores em óxidos constantes neste mineral. A presença de caulinita e gibsita pode estar associada ao feldspato (microclina e ou ortoclásio). O bário pode ser uma impureza no feldspato como mineral celsiana (BaAlSi<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) formada autigenicamente. A romanequita e hollandita contém bário, mas não foi detectado manganês neste alvo, o que exclui a presença destes minerais.

## 6 CONCLUSÃO

Ritmitos glauconíticos e diversas rochas clásticas do subgrupo Paraopeba possuem minerais como mica e feldspato em sua composição, a exemplo da manganocreta estudada. Manganocretes lateríticas formadas a partir de lateritização das rochas do subgrupo Paraopeba apresentam expressiva concentração de elementos remobilizados destas últimas. O gráfico EDS geral das manganocretes mostra as concentrações em óxidos destes elementos, os quais podem ter sido lixiviados e concentrados

através de soluções, sendo oriundos das rochas sobrejacentes ou de ambas, formando um perfil mineralizado de pequena espessura. As massas botrioidais de manganocretes possuem um aspecto peculiar, com intercrescimentos de estruturas concêntricas formando conjuntos de tamanhos e formas variadas. Há placas com projeções botrioidais cujo diâmetro dos glóbulos é variável. Muitas ocorrências lateríticas no país podem constituir jazidas de interesse econômico, como ocorre no Pará. Se for detectada uma concentração mais expressiva de manganocretes na área estudada, seu conteúdo em óxidos pode viabilizar sua utilização como fonte de manganês no futuro, além do bário e do cobalto.

## REFERÊNCIAS

BOTELHO, J. **Estudo e classificação das rochas por exame macroscópico**. 5. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1979.

CEKINSKI, E.; PEREIRA, S. C. C.; SILVA, G. A.; VALARELLI, J. V. Caracterização Tecnológica do Verdete do Cedro de Abaeté (MG) na Produção de Termofosfato Potássico Fundido. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES**, 1988, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBTPF, 1988. v. 1. p. 255-261.

COMIG, C.M.M.G. **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais**. Edição especial 2003. Belo Horizonte: Target Multimídia, 2003. 1 CD ROM.

COSTA, M. L. **Introdução ao intemperismo laterítico e à lateritização**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007.

COSTA, M. L.; CHOQUE FERNANDEZ, O. J.; REQUELME, M. E. R. Depósito de manganês do Azul, Carajás: estratigrafia, mineralogia, geoquímica e evolução geológica. In: MARINI, O. J.; QUEIROZ, E. T.; RAMOS, B.W. (Ed.). **Caracterização de depósitos minerais em distritos mineiros da Amazônia**. Brasília: DNPM/FINEP/ADIMB, 2005, p. 227-333.

FONSECA, A. C. R. Análise química dos espeleotemas goethíticos e hematíticos das crostas lateríticas de Morro das Balas, município de Formiga-MG. **Conexão ciência**, Formiga, v. 4, n. 1, p. 9-25, ago./dez. 2009.

FONSECA, A. C. R. **Morfologia de rochas lateríticas de Morro das Balas, município de Formiga-MG**. 2005. 30 f. Monografia (Especialização em solos e meio-ambiente)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

HORBE, A. M. C.; COSTA, M. L. Relações genéticas entre latossolos e crostas lateríticas aluminosas e alumino- ferruginosas na região de Paragominas, Pará. **Revista brasileira de geociências**, v. 29, p. 497-504, 1999.

SIGOLO, J.; ALTAFINI, M. Dobras atectônicas em Crostas Ferruginosas de Pirapora do Bom Jesus-SP e Bacia Terciária de São Paulo. **Revista do Instituto de Geociências - USP**, São Paulo, v. 1, p. 45-58, 2001.