

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

OS MINERAIS DAS CROSTAS LATERÍTIAS ALUMINO-FERRUGINOSAS DE PORTO TROMBETAS-
PA
PIB-E 001

MANAUS- 2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

**OS MINERAIS DAS CROSTAS LATERÍTIAS ALUMINO-FERRUGINOSAS DE PORTO TROMBETAS-
PA.
PIB-E 001**

**ORIENTADORA: ADRIANA MARIA COIMBRA HORBE
ORIENTADO: MÁRCIO FERNANDO DOS SANTOS ALBUQUERQUE**

MANAUS- 2010

SUMÁRIO	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
1. RESUMO	4
2. INTRODUÇÃO	4
3. JUTIFICATIVA	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
4. PERFIL DA MINA DE BAUXITA DE PORTO TROMBETAS	6
5. OBJETIVOS	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
6. LOCALIZAÇÃO E ACESSO	<i>Erro! Indicador não definido.</i>
7. MATERIAIS E MÉTODOS	7
8. RESULTADOS E DISCUSSÕES	8
9. CONCLUSÃO	11
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

RESUMO

Os solos que recobrem as crostas lateríticas da mina de bauxita de Porto Trombetas são constituídos por caulinita, quartzo, gibbsita, hematita, goethita e por um mineral amorfo de titânio e ferro. A cristalinidade da caulinita diminui para o topo do solo. A transformação da caulinita para mulita se dá em torno de 950°C onde as ligações OH da caulinita foram destruídas expulsando toda água contida na sua estrutura. Recobertas pelo solo há quatro tipos de bauxitas, a vermelha é formada por gibbsita, caulinita, hematita e goethita; rosada com a mesma mineralogia exceto a goethita; branca constituída somente por gibbsita e caulinita; vermelha escura gibbsita, hematita, goethita e anatásio.

1. INTRODUÇÃO

O intemperismo das rochas em condições tropicais úmidas leva a formação de crostas lateríticas. As crostas mais comuns são as ferruginosas por serem menos exigentes no grau de lixiviação e pela maior abundância de ferro em relação a Mn, P, Ti elementos que normalmente formam crostas lateríticas. Crostas mais antigas tendem a ser mais lixiviadas de modo que o alumínio passa a ser o elemento mais abundante. Nessas crostas gibbsita e caulinita são os minerais neoformados mais abundantes seguidos de hematita e goethita. Apesar do processo intempérico de formação dessas crostas ser bem conhecido, pouco se detalhou as características morfológicas e cristalográficas dos minerais que a compõem. Isso deve-se ao fato de serem minerais de baixa cristalinidade e, em geral com tamanho de cristais muito pequenos que não permitem seu estudo no microscópio ótico. Para seu estudo são necessárias outras técnicas como microscopia eletrônica, difratometria de raio-x, infravermelho, termo-gravimétricas, mossbauer entre outras. Portanto, foi objetivo deste trabalho o estudo das propriedades morfológicas e cristalográficas da gibbsita, hematita, goethita e caulinita de perfis lateríticos da mina de bauxita da Mineração Rio do Norte, Porto Trombetas, Estado do Pará (Figura 1).

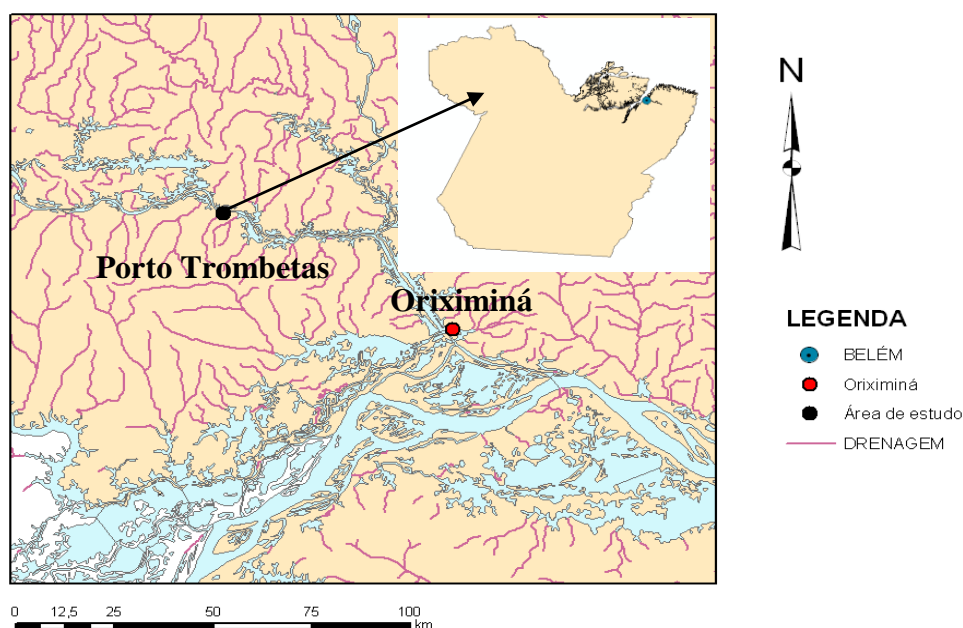


Figura 1: Mapa de localização

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os perfis lateríticos encontrados na Amazônia são classificados como imaturos e maduros (Costa, 1991). Os perfis imaturos apresentam-se bem distribuídos pela Amazônia constituindo um relevo mais recente (Quaternário), com baixo grau de evolução, ou seja, apresentam apenas três horizontes distintos, que são eles; horizonte saprolítico; horizonte mosqueado e horizonte ferruginoso (a presença de crosta ferruginosa é quase que obrigatória) (Costa, 1997).

Caso a rocha mãe possua coloração mais escura como em rochas ígneas básicas, e acima desta for observado tonalidade mais pálida em relação a mesma tem-se outro horizonte denominado pálido. A coloração mais pálida em relação à rocha mãe é devido à decomposição de minerais máficos e sulfetos. Neste horizonte, ainda endurecido, observa-se a presença de argilominerais como illita e esmectita, além de minerais primários derivados da rocha mãe (Costa, 1991).

Na zona saprolítica verifica-se a presença de fragmentos alterados da rocha mãe na forma de argilominerais imersos em uma matriz argilosa (Costa, 1991). No saprolito minerais como a caulinita, hematita, quartzo e goethita são abundantes. A zona mosqueada corresponde a uma camada argilosa ou arenosa (depende da rocha mãe) manchada de violeta ou vermelho pela dispersão de oxi-hidróxidos de Fe que se alojam nas fraturas da rocha. Nesta camada estão presentes minerais como caulinita, hematita, quartzo e goethita (Costa, 1991).

O horizonte ferruginoso caracteriza-se por apresentar coloração marrom avermelhada devido à alta concentração de oxi-hidróxidos de ferro em sua composição. Este horizonte, normalmente endurecido, forma crostas lateríticas compostas por nódulos, concreções e fragmentos compostos de oxi-hidróxidos de ferro em uma matriz argilosa a terrosa. A presença de minerais como hematita, goethita, quartzo, gibbsita e caulinita são comuns neste horizonte.

Os perfis lateríticos maduros estão bem distribuídos na Amazônia, porém não tanto quanto os perfis imaturos. Desenvolvem-se em áreas de relevo mais elevado na forma de morros ou platôs, são mais antigos formando-se no Paleógeno, possuem maior complexidade de horizontes diferenciando-se dos perfis imaturos pela presença de horizonte bauxítico e/ou fosfático.

Os horizontes presentes neste tipo de perfil laterítico apresentam as mesmas características mineralógicas, texturais e morfológicas anteriormente descritas para os perfis imaturos, porém é importante ressaltar a presença do horizonte bauxítico ou de fosfato de alumínio. Encontra-se logo abaixo do horizonte ferruginoso é endurecido, tem coloração amarelada quando fosfática e creme a vermelha quando aluminosa (Costa, 1991). Sua mineralogia é composta basicamente de gibbsita, boehmita, augelita, variscita, senegalita, wardita, hematita, goethita e quartzo.

A gibbsita e a hematita por serem mais abundantes nas crostas tendem a formar cristais maiores e de boa cristalinidade, em consequência da precipitação de soluções ricas em Al e Fe (Bardossy e Aleva, 1990). A presença destes cristais maiores facilita seu estudo no microscópio ótico; entretanto na maioria das vezes estes cristais são menores (criptocristalinos) e somente são detectados com o auxílio de técnicas como a difração de raios-X.

A caulinita por ser um argilomineral sempre apresenta cristais com menos que 0,02 mm de diâmetro, com baixo grau de ordenamento quando associadas a crostas lateríticas ferruginosas e ao solo sobreposto (Monteiro et al. 2007). A goethita é o mineral menos abundante nas crostas lateríticas ferruginosas, ocorrendo normalmente associado com a hematita e a caulinita.

3. PERFIL DA MINA DE BAUXITA DE PORTO TROMBETAS

Segundo Aleva (1981) e Grubb (1979) os perfis dos depósitos de bauxita da mina de Porto Trombetas apresentam cinco camadas (Figura 2). Na base do perfil tem-se o horizonte caulinitico inferior ou mosqueado, sobreposto pelos horizontes bauxítico, nodular ferruginoso, de bauxita nodular e caulinitico superior.

Os depósitos da mina de Porto Trombetas apresentam as mesmas características da maioria dos outros depósitos Amazônicos, a diferença está na maior espessura da camada de bauxita que pode variar de 6m a 10m em Porto Trombetas (Boulangé & Carvalho; 1989).

O horizonte caulinitico inferior ou mosqueado possui coloração variando de amarelo a marrom. Nesta matriz argilosa encontram-se nódulos alterados alumino- ferruginosos com hematita e goethita; a hematita ali presente como nódulos vermelhos, encontra-se alterada para goethita de coloração amarelada (Boulangé & Carvalho 1989).

O horizonte bauxítico apresenta espessura variando de 1 a 6 m. Sua porção superior, com cerca de 1 m de espessura, é formada por material compacto, maciço de composição alumino – ferruginosa que é recoberto por uma crosta ferruginosa rica em alumínio nas zonas pálidas e em ferro nas zonas escuras. A porção inferior (5m) é o principal nível de bauxita propriamente dito, é composto por bauxita porosa e friável (Boulangé & Carvalho 1989). Ao longo deste horizonte bauxítico percebe-se a presença de grandes bolsões verticais que contêm fragmentos de bauxita e material argiloso vermelho amarelado.

A camada nodular ferruginosa (horizonte ferruginoso) tem, na parte superior, nos primeiros 30 cm, nódulos (com 10 cm) cimentados por uma sólida matriz gibbsítica de coloração rosada. Em sua porção intermediária (60 cm) os nódulos ferruginosos estão imersos em matriz argilomorfa de coloração marrom amarelada. Na parte inferior, os nódulos estão outra vez cimentados por matriz gibbsítica de coloração rosada, formando assim uma crosta enrijecida. Estes nódulos são violetas avermelhados, coesos, com forma irregular e sem nenhum revestimento (Boulangé & Carvalho 1989).

Com cerca de 1 a 3 m de espessura a camada de bauxita nodular apresenta nódulos de forma irregular com menos que 5 cm de diâmetro (descrever o material que envolve os nódulos, estes encontram-se na forma de blocos enrijecidos imersos em uma matriz argilosa de coloração vermelho amarelada. Os nódulos são heterogêneos com núcleo violeta claros e borda de gibbsita porcelanada (Boulangé & Carvalho 1989).

A camada caulinitica superior (solo) é homogênea, de coloração variando de amarelo a amarelo avermelhado à medida que decresce. A espessura desta camada varia de 8 a 10 m sendo composta basicamente de caulinita (80%), gibbsita (10%) e quartzo (10%) (Boulangé & Carvalho 1989).

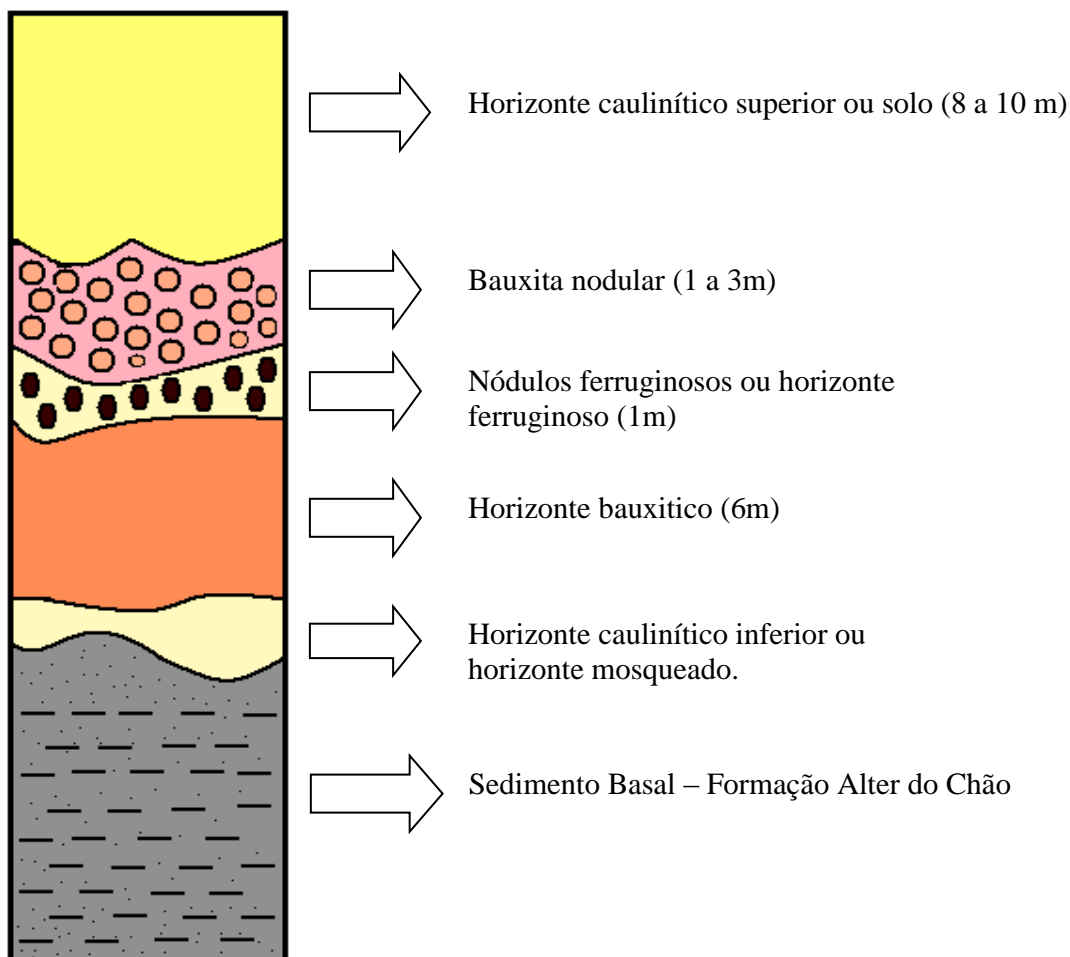


Figura 2: Perfil da Mina de Bauxita de Porto Trombetas (Boulangé & Carvalho 1989).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

No trabalho de campo coletaram-se amostras nos sacos plásticos e identificando sua proveniência. Levou-se ao laboratório de Geoquímica da UFAM para que estas passassem por diferentes métodos de tratamento de acordo com o tipo de amostra.

Nas amostras de solo foi estudada a fração areia para identificação dos minerais presentes e a fração argilosa para estudo da cristalinidade da caulinita. Para isso separou-se 50g de cada de uma das oito amostras coletadas, a cada 50 centímetros do topo para a base, ao longo de um perfil de solo. Inicialmente as amostras foram desagregadas e colocadas em um Becker com água e levadas ao ultrassom por trinta minutos para auxiliar a limpeza dos grãos. Posteriormente as amostras foram passadas na peneira de 0,062 mm. A fração mais grossa que corresponde ao material com tamanho de grão maior que silte foi colocada em um bécker para secar e em seguida foram observados e separados em lupa binoculares modelo Olympus SZ61. Para identificar a composição mineralógica dos grãos foram feitas análises por difração de raios-X (modelo Shimadzu XRD-6000). A fração fina que passou pela peneira foi colocada em um erlenmeyer, adicionou-se água e 20 ml de pirofosfato de sódio. Levou-se para agitar em uma garrafa plástica por 8hs. Terminada esta etapa as amostras descansaram por alguns minutos de modo que parte do material se acumulou no fundo da garrafa e parte manteve-se em solução. Como o objetivo era obter a fração argilosa recolheu-se a porção solúvel e levou-se para a centrífuga por 30 minutos para precipitar. O material acumulado no fundo do recipiente centrifugado foi colocado em cadinho de porcelana para secar na estufa à 100C durante 12hs. Por último pulverizou-se e analisou-se

por difração de raios-X. Para o estudo da cristalinidade da caulinita as amostras de solo foram analisadas com velocidade de $0,02^\circ 2\theta/\text{minuto}$ no intervalo e 19 a $22 2\theta$.

Fragmentos dos diferentes tipos de bauxita foram encaminhados para a ultra-som para a retirada de impurezas, após isto secou-se na estufa durante 12hs. Desses fragmentos separaram-se com auxílio de uma microfuradeira as porções mais homogêneas. Depois disto pulverizou-as e levou-se a difração de raio-x para análise.

As amostras de solo foram enviadas para análise por infravermelho na central analítica localizada no Departamento de Biotecnologia da UFAM, lá estas foram pesadas, colocadas em um gral de ágata adicionando-se 1 mg de KBr, em seguida prensadas. Depois disto foi analisada amostra em branco de KBr para que o aparelho fosse calibrado, feito isto analisou-se a amostra por espectroscopia de absorção por infravermelho (modelo Spectrum 2000 marca Perkin Elmer).

As análises termogravimétricas foram realizadas no Instituto de Geociências da UFPA, primeiramente foi pesada 10 mg de amostras de solo para que em seguida fossem prensadas e analisadas até a temperatura de 1000°C . O equipamento utilizado para as análises térmicas (ATD e ATG) foi o modelo PL Thermal Sciences.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os solos que recobrem as crostas lateríticas dos perfis estudados são constituídos por caulinita, quartzo, gibbsita, hematita, goethita e mineral amorfo de titânio e ferro (Figura 3). A caulinita é amarela a esbranquiçada, ocorre associada aos demais minerais. Os grãos de quartzo são incolores, amarelos, alaranjados, bem selecionados, variando de arredondados a subarredondados, apresenta fraturas conchoidal, corroídos, encontram-se muitas vezes inclusos em gibbsitas. As gibbsitas são esbranquiçadas, avermelhadas e rosadas, possuem forma de pipoca, são abundantes nos solos, recobertas por caulinita ou com inclusões da mesma.

A hematita ocorre como oólitos pretos ou vermelhos, bem arredondados e selecionados envolvidos por filmes cauliniticos. Os oólitos de goethitas são marrons, bem selecionadas e arredondadas, envolvidas por filmes cauliticos. O mineral amorfo de titânio e ferro é marrom com tons caramelos, bem arredondados e pouco abundantes nos solos.

O cálculo da cristalinidade da caulinita mostra certa variação nos valores obtidos, percebe-se que na base do solo a cristalinidade é maior e decresce à medida que se aproxima da superfície (Tabela 1, Figura 4).

Os espectrogramas de absorção no infravermelho dos solos que recobrem as crostas lateríticas apresentam bandas de vibração O-H da caulinita localizado entre 3700 e 3622 cm^{-1} , ocorrem ainda bandas características das vibrações Si-O e Al-OH entre as bandas 1118 e 913 cm^{-1} assim como em 537 e 571 cm^{-1} . As vibrações Si-O do quartzo é percebida nas bandas entre 1100 e 666 cm^{-1} . As vibrações O-H diagnósticas da gibbsita localizam-se entre 3526 a 3443 cm^{-1} (Figura 4).

Tabela 1: Valores de intensidade das reflexões 020, $1\bar{1}1$ e $1\bar{1}\bar{1}$ e índices de Hinckley e AFGI.

AMOSTRA	I.H	CRISTALINIDADE	AFGI
SOLO 8	0,92	BOA	1,03
SOLO 7	0,99	BOA	1,23
SOLO 6	0,88	BOA	0,97
SOLO 5	0,86	BOA	0,90
SOLO 4	0,92	BOA	1,09
SOLO 3	0,93	BOA	0,93
SOLO 2	N.C	BAIXA	N.C
SOLO 1	N.C	BAIXA	N.C

Termogramas da caulinita em aproximadamente 75°C mostram pico endotérmico referente à água contida na umidade do ar e entre 250°C a 350°C correspondem a dehidroxilação de amorfos de ferro remanescentes (Figura 5). Por volta dos 500°C ocorre a dehidroxilação da caulinita; por fim tem-se pico exotérmico (~ 950°C) corresponde à formação da mulita. Nas crostas aluminosas foram identificadas com base na cor, textura, porosidade e mineralogia quatro tipos de bauxita (Figura 6):

Tipo 1: vermelha, maciça, coesa com as seguintes fases mineralógicas presentes: gibbsita, caulinita, hematita e goethita.

Tipo 2: rosada, bastante friável, porosa, nesta bauxita tem-se a associação mineralógica de gibbsita, hematita e caulinita.

Tipo 3: branca, maciça, com manchas amareladas, coesa constatando as seguintes fases mineralógicas gibbsita e caulinita.

Tipo 4: vermelha escura, bastante friável, porosa, com inclusões amareladas, nesta bauxita tem-se associação mineralógica de gibbsita, hematita, goethita e anatásio.

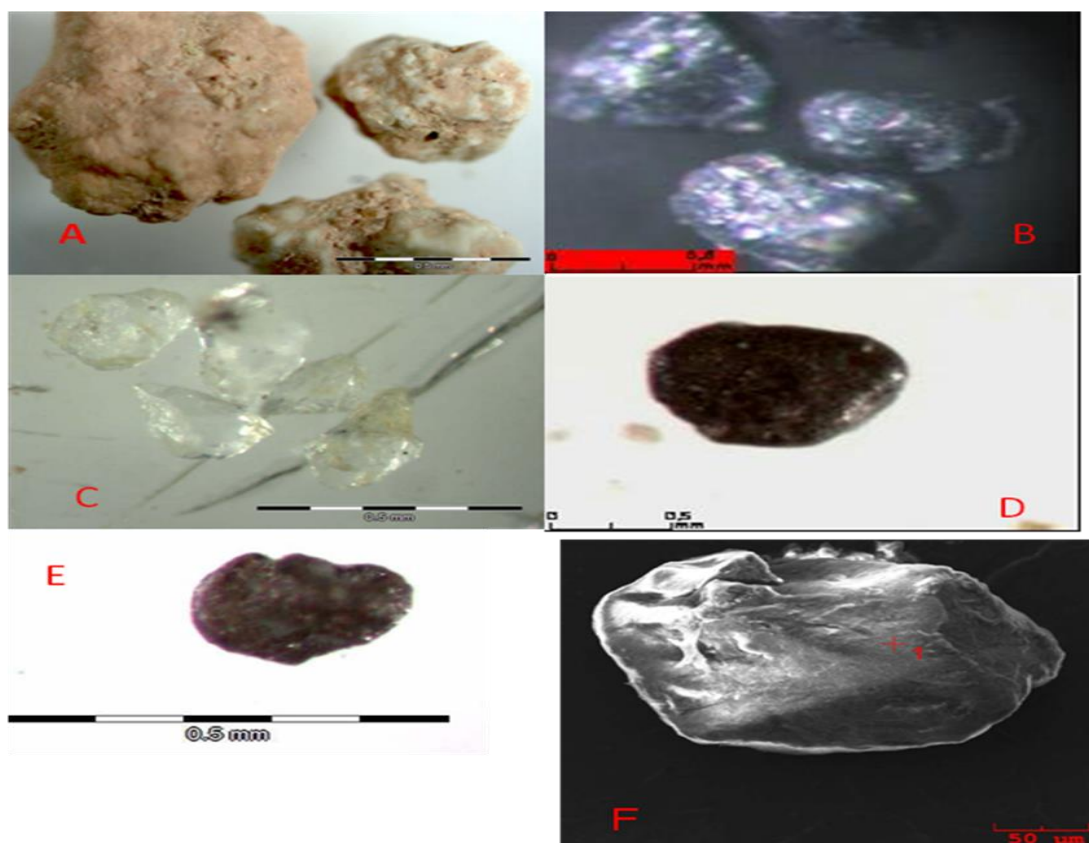


Figura.3: A- Oólitos de gibbsita, B- oólitos de hematita, C- cristais de quartzo, D- oólito de goethita, E- oólito de Ti e Fe amorfo e F- imagem de MEV de oólito de Ti e Fe.

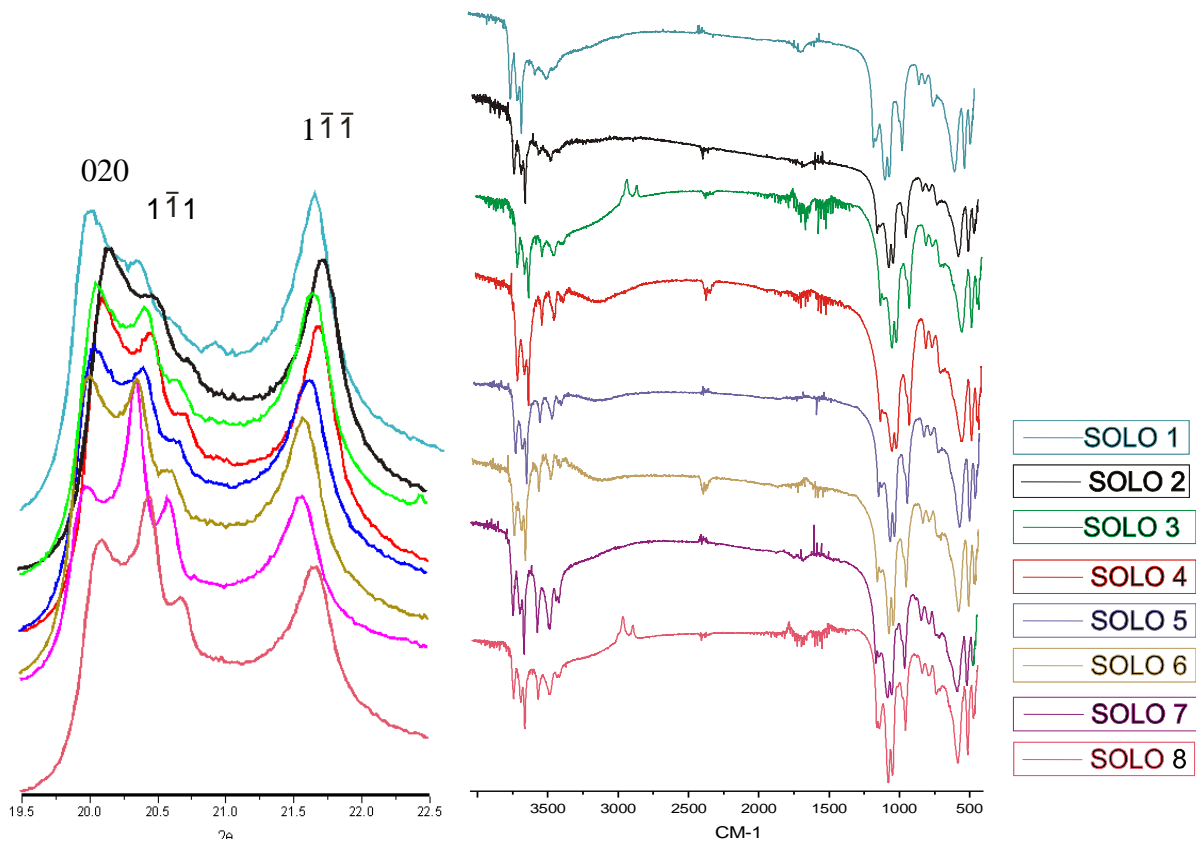


Figura.4: Difratoograma de raio-x e espectrograma de infravermelho das caulinitas.

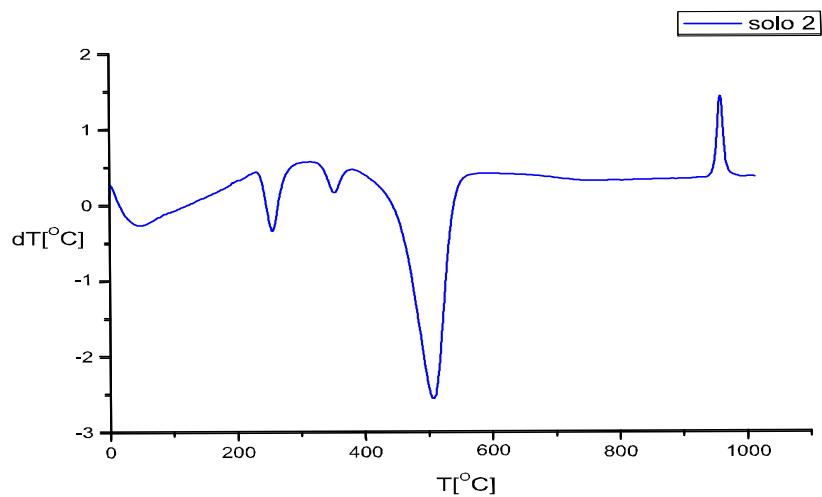


Figura.5: Termograma da fração argilosa.

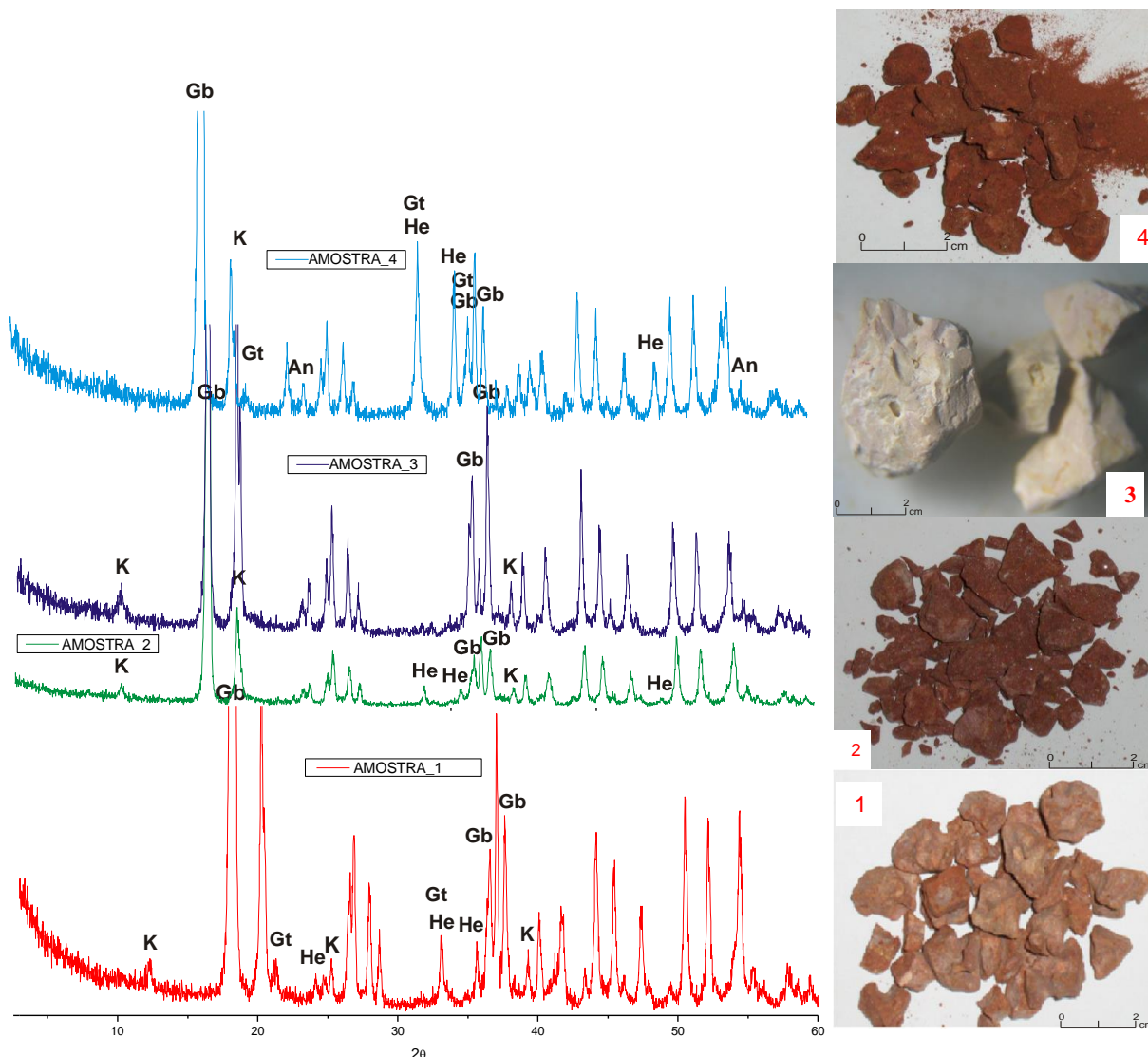


Figura.6: Difratomogramas e fotografias dos quatro tipos de bauxitas separados. Gb-gibbsita, K-caulinita, An-anatásio, He-hematita, Gt-goethita

6. CONCLUSÃO

Os solos que recobrem as crostas lateríticas da mina de bauxita de Porto Trombetas são constituídos por caulinita, quartzo, gibbsita, hematita, goethita e por um mineral amorfo de titânio e ferro (45% de Ti, 15% de Fe, 30 % O).

A partir do cálculo dos índices de Hinckley e AFGI, foi possível constatar a diminuição na cristalinidade da caulinita. Em contato com a crosta laterítica os valores são mais elevados, à medida que se aproxima da superfície são menores, especialmente nos dois últimos níveis de solo.

Os espectrogramas de infravermelho ratificaram os resultados obtidos por difração de raio-x, uma vez que neste foi possível identificar ligações Si-O e Al-OH da caulinita, gibbsita e quartzo, ou seja, dos mais abundantes minerais nos solos. Nos termogramas foi possível verificar a “transformação” da caulinita para mulita em temperatura em torno de 950°C, vale ressaltar que as ligações OH da caulinita foram destruídas “expulsando” toda água contida na sua estrutura por volta de 500°C.

Nas crostas aluminosas foi possível identificar e determinar mineralogicamente que nas bauxitas avermelhadas tendendo ao rosa, onde sempre estão presentes as associações gibbsita + hematita, gibbsita+ caulinita ou gibbsita mais goethita, essa coloração é devido as altas concentrações de hematita na amostra. A bauxita vermelha possui maior diversidade mineralógica em relação as outras por

