

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA MINERALÓGICA E QUÍMICA DAS FACIES ESTRUTURAIS DA JAZIDA DE CAULINITA DE VARGEM DOS ÓCULOS, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MG

ANGÉLICA FORTES DRUMMOND CHICARINO VARAJÃO*, ADOLPHO JOSÉ MELFI**
e BRUNO BOULANGÉ***

ABSTRACT MORPHOLOGICAL, MINERALOGICAL AND CHEMICAL CHARACTERIZATION OF STRUCTURAL FACTES OF KAOLINITE DEPOSIT OF VARGEM DOS ÓCULOS QUADRILATERO FERRIFERO, MG. The kaolin deposit of Vargem dos Óculos is situated in the northwestern part of the Quadrilátero Ferrífero, at Moeda Syncline trough. The litological heterogeneity of this lithostratigraphic unit results in a differential weathering. Such process leads to the formation of depressions and slopes flanked by itabirite crests. The kaolinite deposit is located in one of these depressions. Based on morphological, mineralogical and chemical studies at several scales in open cut mine, drill holes and surface samples a weathering profile have been established. The profile comprises two unite wich overlap each other in structural unconformity. The lower unit shows relict structures of the bedrock at the base and pedoturbations indications on the top suggest *an in situ* evolved lateritic profile. The upper unit shows unlike structural characteristic wich indicate an allocthonous origin. Deferrugmization and silicification due to hydromorphic conditions leads to degradation of the allocthonous lateritic fragments thus inducing expressive kaolinitic fades development.

Keywords: Kaolin deposit, Quadrilátero Ferrífero.

RESUMO A jazida de caulinita de Vargem dos Óculos encontra-se na calha do Sinclinal da Moeda, sobre rochas do Grupo Itabira. A heterogeneidade litológica deste grupo propicia uma alteração geoquímica diferenciada, culminando com a formação de depressões, nas quais o conjunto encontra-se envolvido por vertentes, associadas às cristas constituídas por itabiritos. A jazida de caulinita localiza-se em uma dessas depressões. Os estudos morfológicos, mineralógicos e químicos realizados, a diferentes escalas, nas bancadas de lavra a céu aberto, nos furos de sondagem e nas amostras superficiais levaram ao estabelecimento de um perfil de alteração-tipo constituído por duas unidades, que se sobrepõem em discordância estrutural. A unidade inferior apresenta na base estruturas reliquias da rocha adjacente e, no topo, indícios de pedoturbacões, indicando um perfil laterítico evoluído *in situ*. Sobre esta unidade, com características estruturais bem diferenciadas, encontra-se a unidade superior, atestando uma origem alóctone. Na unidade superior, mecanismos de deferruginização e silicificação, propiciados pelas condições hidromórficas do meio, levam à degradação dos fragmentos lateríticos alóctones, originando expressiva fácies caulinitica.

Palavras-chaves: Jazida de caulinita, Quadrilátero Ferrífero.

INTRODUÇÃO A jazida de caulinita de Vargem dos Óculos localiza-se a 15,5 km de Belo Horizonte (Fig. 1), às margens da rodovia BR-040 (Rio de Janeiro - Belo Horizonte), na região centro sul do Estado de Minas Gerais.

Geologicamente, encontra-se no interior do Sinclinal da Moeda, porção noroeste do Quadrilátero Ferrífero. O Sinclinal da Moeda tem as abas constituídas predominantemente por quartzitos da Formação Moeda (Grupo Caraça) e por itabiritos da Formação Cauê (Grupo Itabira); seu interior é formado por rochas menos resistentes, como dolomites, dolomites ferruginosos, filitos dolomíticos, filitos e itabiritos dolomíticos, da Formação Gandarela, Grupo Itabira (Dorr *et al.* 1957).

A alteração diferencial das litologias da Formação Gandarela propiciou a formação de depressões, cujo conjunto encontra-se envolvido por vertentes associadas às cristas, capeadas por uma couraça ferruginosa, desenvolvida a partir dos itabiritos (Varajão 1988, Varajão *et al.* 1989a.). Concomitantemente, a partir dos filitos ferruginosos das vertentes, desenvolveu-se uma couraça alumino- ferruginosa. Ao nível dos filites carbonáticos tem-se a formação de depressões (Varajão 1988, Varajão *et al.* 1989a). Em uma dessas depressões (Fig. 2), encontra-se a jazida de caulinita.

Este depósito, não somente pela posição geomorfológica que ocupa dentro de uma importante província estrutural do Quadrilátero Ferrífero, mas, principalmente, devido a interesses econômicos, foi objeto de vários trabalhos que, baseados na análise global dos horizontes dos perfis da jazida,

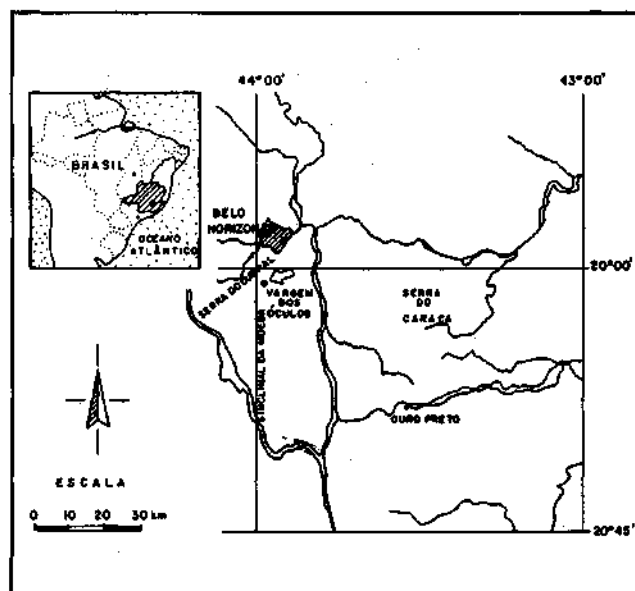


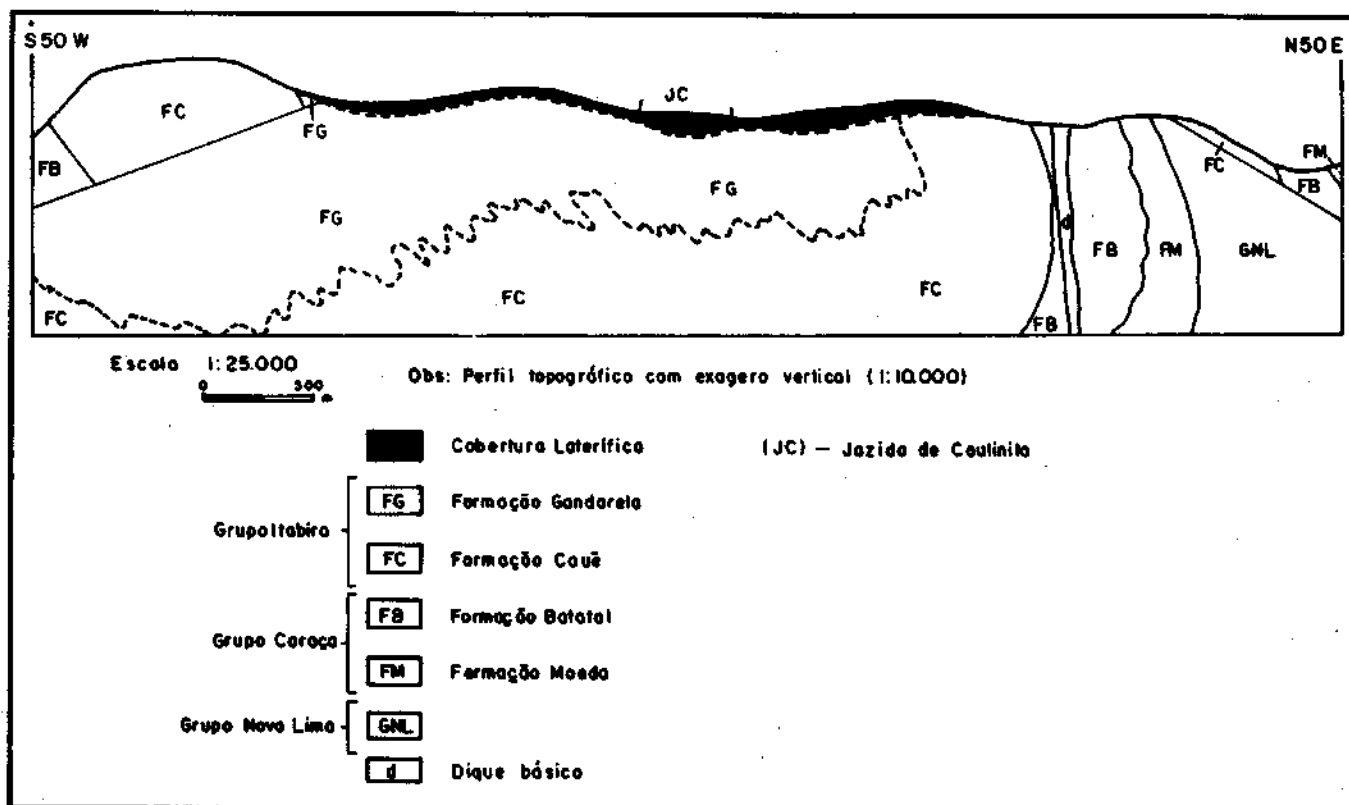
Figura 1 - Localização da jazida de caulinita da região de Vargem dos óculos

Figure 1 - Localization of the kaolinite deposit of Vargem dos óculos

* DEGEO, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Morro do Cruzeiro, CEP 35400, Ouro Preto, MG

** Departamento de Geofísica, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, Avenida Miguel Stéfano, 4200, Caixa Postal 30627, CEP 01051, São Paulo, Brasil

*** UR-61, Orstom, 157, Rue Lafayette, Paris, França

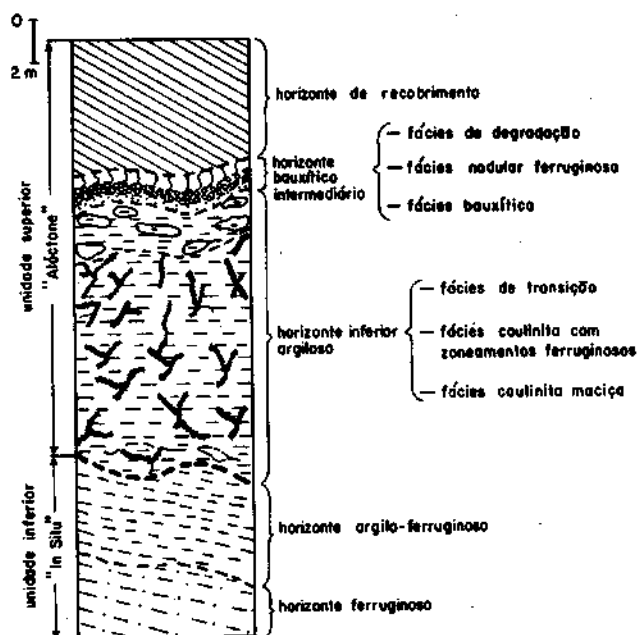


apresentaram considerações genéticas sobre o depósito. Assim, para Pomerene (1964), este depósito resulta de uma evolução *in situ* de sedimentos aluviais, que, segundo Souza (1983) e Fleischer & Oliveira (1969), seriam derivados, respectivamente, de filitos carbonáticos e de rochas básicas. Esses sedimentos foram depositados em depressões cársticas (Dorr 1969, Fleischer & Oliveira 1969, Barbosa 1980) e submetidos a variações climáticas e hídricas (Barbosa & Rodrigues 1965). Entretanto, estudos comparativos mais recentes, fundamentados nas características morfológicas e químicas dos perfis (Varajão 1988, Varajão *et al.* 1989 a, b) mostram uma correlação entre os materiais que recobrem as vertentes e os materiais que ocorrem na jazida. Esses estudos permitiram estabelecer um perfil tipo para a jazida (Fig. 3), formado de duas unidades de alteração que se sobrepõem em discordância estrutural:

- Uma unidade inferior, cuja evolução se deu *in situ*, a partir dos filitos e itabiritos carbonáticos da Formação Gandarela.
- Uma unidade superior "alóctone", oriunda da deposição de fragmentos laterizados desenvolvidos nas vertentes, a partir dos filitos ferruginosos da Formação Gandarela.

Este trabalho tem por objetivo caracterizar, a partir do estudo dos furos de sondagem e das bancadas de lavra a céu aberto, as transformações mineralógicas e geoquímicas, e determinar a organização microestrutural dos materiais, observando a possibilidade de uma correlação genética entre as diferentes fácies encontradas no perfil.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E MINERALÓGICAS DO PERFIL *Unidade Inferior In situ*
Dois horizontes, com características estruturais e mineralógicas bem diferenciadas, foram definidos nesta unidade: horizonte ferruginoso e horizonte argilo-ferruginoso.



HORIZONTE FERRUGINOSO O horizonte ferruginoso é constituído por um material endurecido cor vermelho-escuro, de composição predominantemente hematítica, poroso (25%), cujos poros de tamanho comumente < 5 mm e de formas variadas encontram-se isolados, podendo conter, localmente, alguns grãos de quartzo. Entretanto, a associação desses poros forma foliações paralelas à semelhança da estrutura bandada dos itabiritos.

Ao microscópio (Fig. 4), este horizonte é caracterizado por um esqueleto quartzoso pouco abundante, por plasma vermelho-escuro de composição hematítica, por freqüentes poros isolados orientados linearmente e por feições pedológicas caracterizadas por *goetans*.

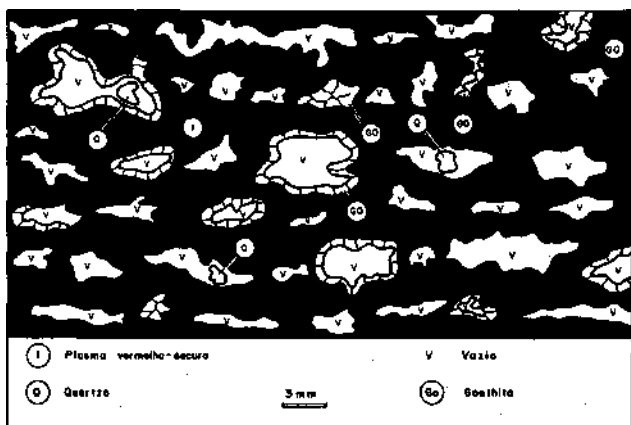


Figura 4 - Desenho esquemático do horizonte ferruginoso, mostrando a estrutura reliquiar bandada dos itabiritos
Figure 4 - Scheme of the ferruginous horizon, showing the relict structure of the itabirite

O quartzo apresenta extinção ondulante, tamanho variável (< 3 mm), forma irregular, bordos com fortes reentrâncias de dissolução, de modo a formar fragmentos irregulares e isolados no interior do molde primitivo do antigo mineral.

Os poros, localizadamente, contêm grãos de quartzo no seu interior, porém sem preenche-los totalmente. Com freqüência, envolvendo os poros, ocorrem *goetans* provenientes da recristalização da hematita, pois, localizadamente, observa-se o plasma vermelho-escuro, envolvidos por cristalização de goethita.

Os vestígios avançados de dissolução do quartzo, de modo a gerar vazios irregulares ao seu redor, e a grande concentração de poros irregulares, com *goetans*, orientados linearmente, induzem a interpretar este horizonte como uma couroça isalterítica bem evoluída, originária dos níveis itabiríticos do Grupo Itabira.

Evidência de uma evolução *in situ* é ainda confirmada pela presença local de um veio de quartzo intemperizado, que, ao microscópio, é caracterizado por uma mistura íntima de grãos de quartzo de tamanhos e formas variadas, formando uma textura granoblástica. No local, observa-se um preenchimento argiloso nos interstícios entre os cristais, provavelmente decorrente de iluviação.

HORIZONTE ARGILO-FERRUGINOSO O horizonte argilo-ferruginoso é constituído mineralogicamente por caulinita, goethita, hematita, quartzo e anatásio, apresentando cor vermelha com pequenas manchas (< 3 mm) irregulares e grosseiramente arredondadas de tonalidade vermelho-escuro. Os grãos de quartzo (< 4 mm), de forma irregular, acham-se dispersos nessa massa argilosa ao lado de poros irregulares milimétricos e de fissuras.

Ao microscópio, este horizonte é constituído por um

esqueleto quartzoso, por um plasma caulinitico, por sistema poral formado por poros e fissuras e por feições pedológicas caracterizadas por *goetans* e nódulos difusos amarelados e opacos.

O quartzo, principal constituinte do esqueleto, abrange uma proporção pequena, não excedendo 5%; apresenta tamanho variável e bordos com acentuadas reentrâncias de dissolução, podendo gerar pequenos fragmentos isolados no interior do arcabouço original do mineral, e em continuidade óptica. Entretanto, é freqüente observarem-se fragmentos menores isolados, pertencentes a um único grão, sem continuidade óptica e em contato íntimo com o plasma, evidenciando uma remobilização.

O plasma caulinitico apresenta uma coloração marrom-avermelhada e amarelada com pequenas manchas grosseiramente arredondadas de cor vermelho-escuro no centro e vermelha nas bordas. A distribuição das manchas é irregular, podem ocorrer mais concentradas e gerar formas arredondadas maiores ou orientações lineares, evidenciando zonas de circulação preferencial. Localizadamente, o plasma apresenta uma coloração castanho-escuro predominante que mascara as manchas, e freqüentes cristalizações de goethita como *goetans* em poros e fissuras. Entretanto, comumente, observa-se uma fragmentação e uma dispersão dessas cristalizações ao lado dos constituintes do esqueleto e dos nódulos (Fig.5), caracterizando uma remobilização em zonas de circulação preferencial.

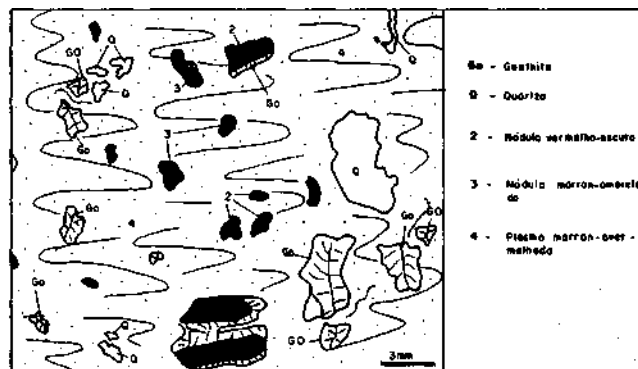


Figura 5 - Desenho esquemático do horizonte argilo-ferruginoso, mostrando uma remobilização dos seus constituintes
Figure 5 - Scheme of the clay-ferruginous horizon, showing a remobilization of the constituents

A porosidade é caracterizada por poros irregulares, envolvendo os grãos de quartzo ou isolados e por pequenas fissuras contínuas de espessura variável (< 0,4 mm), ora vazias, ora com goethita. Nos limites entre os poros e o plasma, uma tonalidade mais escura indica maior concentração de ferro.

Dessa forma, a ocorrência, na base da unidade, de um horizonte ferruginoso com estrutura reliquiar bandada dos itabiritos e, no topo, de um horizonte argilo — ferruginoso com evidências de pedoturbações-mecanismos estes atuantes no horizonte superior de um perfil laterítico —, atestam para a unidade uma evolução *in situ*, a partir dos filitos e itabiritos carbonáticos da Formação Gandarela.

Unidade Superior "Alóctone" Três horizontes foram estabelecidos nesta unidade (Varajão 1988), sendo da base para o topo (Figs. 3 e 6): horizonte inferior argiloso, horizonte intermediário bauxítico e horizonte de recobrimento.

HORIZONTE INFERIOR ARGILOSO O horizonte inferior argiloso, de composição predominantemente caulinitica, é o mais espesso e ocupa na área exposta cerca de 16 m.

Três fácies encontram-se distribuídas na unidade, com

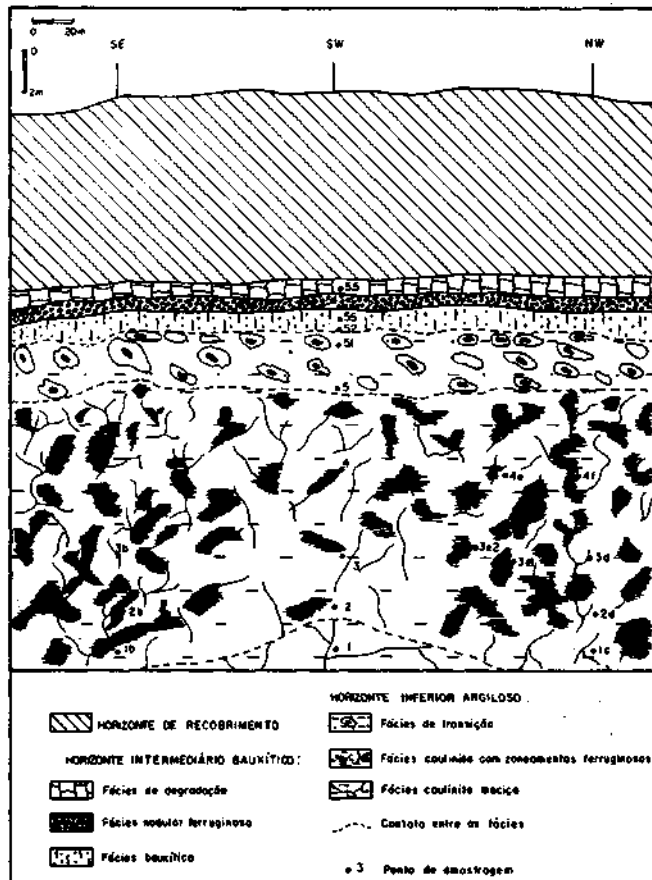


Figura 6 - Corte esquemático da unidade superior alóctone aflorante na jazida de caulinita, mostrando a distribuição vertical e lateral das fácies

Figure 6 - Schematic section of the alloctone upper unit showing the vertical and lateral distribution of the facies

passagens gradacionais entre si: a fácies caulinita maciça, que passa vertical e lateralmente à fácies caulinita com zoneamentos ferruginosos, e a fácies de transição (Fig. 6).

Fácies caulinita maciça A fácies caulinita maciça apresenta cor bege e é cortada por fraturas segundo várias direções, originando um reticulado que delimita blocos ou fragmentos de tamanhos variados (10 cm x 5 cm a 50 cm x 30 cm).

Os blocos ou fragmentos são maciços e sem porosidade, apresentando algumas manchas rosadas, irregulares e difusas. Grãos milimétricos de quartzo, límpidos ou com halos ferruginosos, encontram-se disseminados em proporção inferior a 5%.

Ao microscópio (Fig. 7), esta fácies caracteriza-se por um fundo matricial constituído por esqueleto predominantemente quartzoso, plasma caulinitico e sistema poral com porosidade fissural secundária cujas paredes são revestidas por oxi-hidróxidos de ferro.

Os grãos de quartzo encontram-se muito fraturados, com extinção ondulante e freqüentemente rodeados por discreto halo ferruginoso que gradativamente se confunde com o plasma, à semelhança de um nódulo reliquiar.

O plasma caulinitico apresenta uma coloração bege, sob luz natural, com zonas irregulares de tonalidade mais clara, onde os cristais de caulinita são mais desenvolvidos e formam um padrão reticulado característico do plasma latisséptico (Brewer 1964).

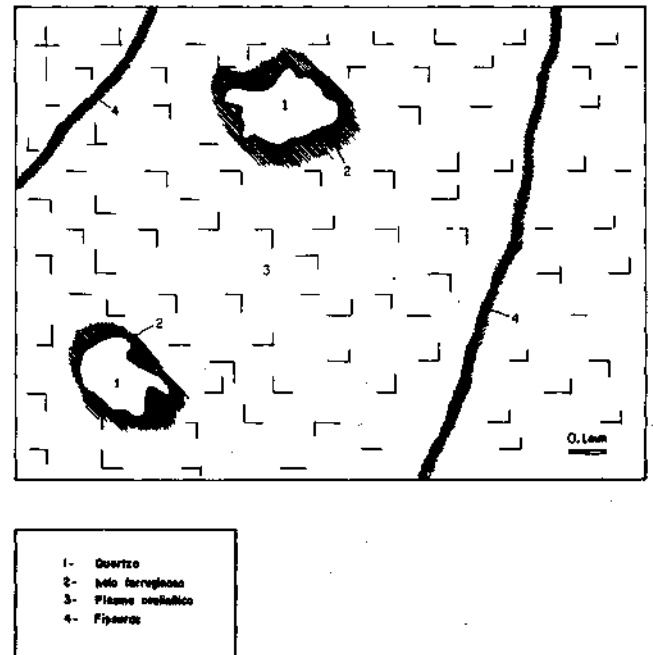


Figura 7 - Desenho esquemático das fácies caulinita maciça: 1. quartzo; 2. halo ferruginoso; 3. plasma caulinitico; 4. fissuras

Figure 7 - Scheme of the massive kaolin facies: 1. quartz; 2. ferruginous halo; 3. kaolinitic matrix; 4. fissures

Fácies com zoneamentos ferruginosos A fácies caulinita com zoneamentos ferruginosos, analogamente à fácies precedente, apresenta cor bege, fraturas e composição essencialmente caulinitica. Entretanto, a ocorrência de zoneamentos ferruginosos caracteriza esta fácies, cuja espessura pode atingir cerca de 12 m.

Os zoneamentos ferruginosos são mais numerosos para o topo e lateralmente, e se exprimem como manchas rosadas, irregulares, ou sob a forma de lineações, segundo várias direções, e independentes das fraturas.

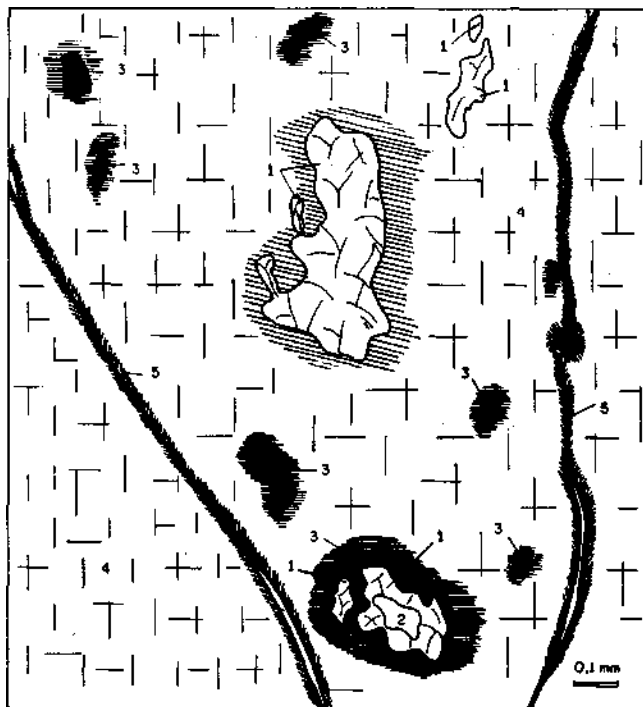
Ao microscópio, esta fácies apresenta na base feições análogas à fácies subjacente, entretanto, os halos ferruginosos ao redor do esqueleto quartzoso são mais intensos e no plasma caulinitico observam-se zoneamentos ferruginosos de cor castanha, sob a forma de manchas irregulares.

Variações laterais e para o topo são caracterizadas por uma intensificação das fraturas, maiores zoneamentos ferruginosos e certas particularidades microscópicas (Fig. 8):

- Os grãos de quartzo ocorrem isolados e/ou em última associação com cristais de gibbsita e são comumente envolvidos por um halo ferruginoso, que gradativamente se difunde no plasma caulinitico.
- A gibbsita é bem cristalizada, maclada, apresentando reentrâncias de dissolução. Pode envolver total ou parcialmente os contornos irregulares dos cristais de quartzo ou ocorrer isolada, mas em continuidade com o plasma caulinitico.

Os zoneamentos apresentam-se sob a forma de manchas isoladas vermelho-escuras, com bordos gradativamente mais claros e em contato difuso com o plasma, ou sob a forma de lineamentos. Esses lineamentos formam traçados regulares contínuos (Fig. 9), que cortam todo o fundo matricial, segundo várias direções, indicando remobilização do ferro e, conseqüentemente, um meio deferruginizante.

A ocorrência isolada desses elementos no interior do plasma caulinitico permite que sejam interpretados como nódulos reliquiais de um material alumino-ferruginoso.



- 1 - Gibbsite
- 2 - Quartzo
- 3 - Zonas ferruginosas
- 4 - Plasma caulinitico
- 5 - Fissuras preenchidas total ou parcialmente por oxi-hidróxidos de ferro

Figura 8 — Desenho esquemático da fadés caulinita com zoneamentos ferruginosos: 1. gibbsita; 2. quartzo; 3. zonas ferruginosas; 4. plasma caulinitico; 5. fissuras preenchidas total ou parcialmente por oxi-hidróxidos de ferro

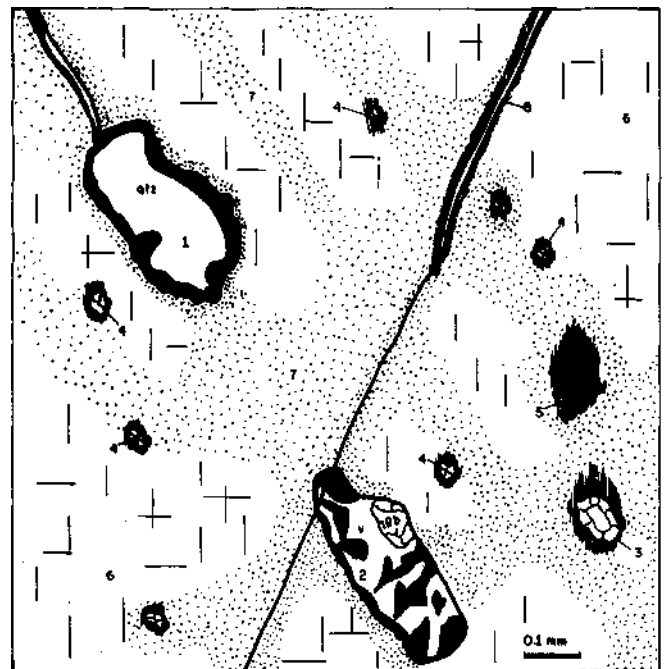
Fácies de transição Esta fadés, irregularmente distribuída e podendo atingir uma espessura de 3 m, caracteriza-se por um material argiloso, de cor bege, friável, poroso (poros de tamanhos variáveis entre 1 mm e 0,5 cm), micro fraturado, com manchas irregulares vermelho-arroxeadas, centimétricas, maciças e duras, que gradativamente intensificam-se e ampliam-se, tornando-se mais endurecidas em direção ao topo. Grãos de quartzo, análogos aos observados nas fácies precedentes, distribuem-se caoticamente.

Ao microscópio, esta fácies (Fig. 10) é caracterizada pela presença abundante de nódulos maciços, predominantemente hematíticos ou com associações de quartzo e/ou gibbsita. Os nódulos freqüentemente formam halos concêntricos descontínuos, dando o aspecto de uma "esfoliação esferoidal", indicando um processo de deferruginização.

O plasma, cuja composição é principalmente de gibbsita e caulinita, apresenta-se salpicado por pontos acastanhados com os bordos amarelados. Localizadamente, em zonas de menor concentração ferruginosa, o plasma apresenta uma coloração bege e algumas finas palhetas de caulinita podem ser discerníveis (Fig. 10).

HORIZONTE INTERMEDIÁRIO BAUXÍTICO É um horizonte pouco espesso, de aproximadamente 1 m, no qual três fácies são distinguidas, sendo da base para o topo (Fig. 6): fácies bauxítica, nodular ferruginosa e de degradação.

Fácies bauxítica Em contato gradacional com a fácies de



- 1 - nódulo ferruginoso com quartzo (qtz)
- 2 - nódulo ferruginoso com gibbsita e vazios (v)
- 3 - halo ferruginoso envolvendo gibbsita quartzo
- 4 - gibbsita
- 5 - nódulo ferruginoso maciço
- 6 - plasma caulinitico
- 7 - zoneamento ferruginoso sob a forma de lineações

Figura 9 — Desenho esquemático da fadés caulinita com zoneamentos ferruginosos, mostrando as lineações: 1. nódulo ferruginoso com quartzo (qtz); 2. nódulo ferruginoso com gibbsita (gb) e vazios (V); 3. halo ferruginoso envolvendo gibbsita e quartzo; 4. gibbsita; 5. nódulo ferruginoso maciço; 6. plasma caulinitico; 7. zoneamento ferruginoso sob a forma de lineações

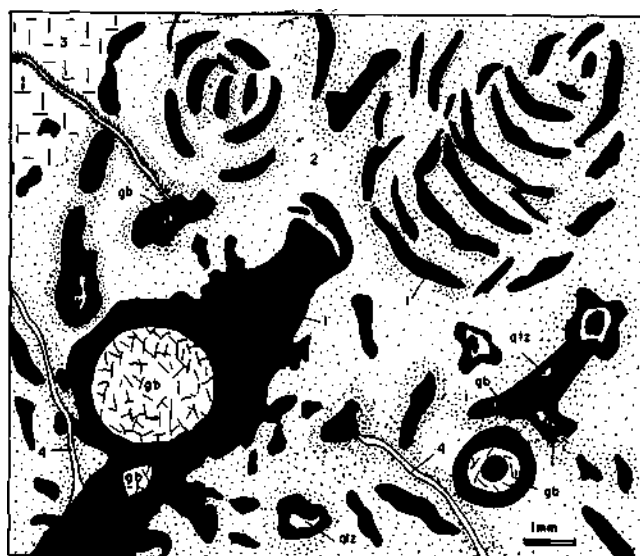
Figure 9 - Scheme of the kaolinite with ferruginous zonations, showing the lineations: 1. ferruginous nodule with quartz (qtz); 2. ferruginous nodule with gibbsite (gb) and voids (v); 3. ferruginous halo coating gibbsite and quartz; 4. gibbsite; 5. ferruginous nodule massive; 6. kaolinitic matrix; 7. ferruginous lineations

transição, esta fácies é constituída por volumes avermelhados cortados por volumes esbranquiçados. Os volumes avermelhados são irregulares, de tamanho centimétrico a decimétrico, duros e maciços, enquanto os esbranquiçados são friáveis e porosos (poros milimétricos a centimétricos), e podem conter volumes avermelhados mais claros e ligeiramente porosos.

Microscopicamente (Fig. 11), o volume avermelhado ou fundo matricial I apresenta zonas vermelho-escuras e zonas amarelas envolvidas por um plasma bege.

As zonas vermelhas e amarelas, de composição respectivamente hematítico-gibbsítica e goethítico-gibbsítica, constituem uma trama irregular, onde estas últimas, tanto podem seccionar e isolar porções das primeiras, como também ocorrer em seus interiores. Associados à zona amarela, freqüentemente ocorrem cristais de gibbsita maclados, de tamanho inferior a 1 mm, isolados ou justapostos a cristais de quartzo, apresentando os bordos irregulares e com reentrâncias de dissolução (Fig. 11, detalhe).

O plasma bege (Fig. 11), de composição predominantemente gibbsítica e secundariamente caulinitica, apresenta-se salpicado por pontos vermelho-escuros que, por sua vez, são cercados por uma nuvem difusa amarelada à semelhança da fácies anterior. Nas proximidades das zonas vermelhas,



1- nódulos ferruginosos
2- plasma amarronzado com pontos acastanhados
3- plasma bege com palhetas de caulinita
4- fissuras
gb- gibbsita
qtz- quartzo
v- vazio

Figura 10 — Desenho esquemático da fácies de transição, mostrando a intensificação dos nódulos ferruginosos, que ocorrem com halos concêntricos descontínuos ou manchas isoladas: 1. nódulos ferruginosos; 2. plasma amarronzado com pontos acastanhados; 3. plasma bege com palhetas de caulinita; 4. fissuras, gb-gibbsita/qtz-quartzo/v-vazio

Figure 10 - Scheme of the transition fades: 1. ferruginous nodule; 2. brownish matrix; 3. light yellow matrix with kaolin well crystallized; 4. fissures, gb-gibbsite/qtz- quartzo/v- voide

observa-se uma maior concentração desses pontos, evidenciando uma deferruginização gradual dessas zonas. Localmente, em contato íntimo com o plasma, encontram-se alguns pequenos cristais de gibbsita (< 0,1 mm), apresentando contorno irregular e difuso.

As observações acima descritas indicam que as zonas vermelhas e amarelas, com associações de gibbsita e quartzo são constituintes de partes reliquias de uma couraça aluminoferruginosa em processo de deferruginização.

O fundo matricial II, relativo ao volume esbranquiçado (Fig. 11), apresenta um plasma semelhante ao plasma bege do fundo matricial I, porém, os pontos vermelhos são mais dispersos. Localmente, observam-se traços vermelhos irregulares e descontínuos e manchas difusas amareladas, caracterizando uma fase mais tardia de uma evolução deferruginizante.

Dessa forma, a associação de volumes avermelhados e esbranquiçados caracteriza a fácies bauxítica. Nos volumes avermelhados, associações reliquias das zonas hematítico-gibbsíticas e goethítico-gibbsíticas, envoltas por um plasma gibbsítico, evidenciam uma evolução deferruginizante. O volume esbranquiçado caracteriza uma deferruginização mais tardia.

Fácies Nodular Ferruginosa É uma fácies pouco espessa (Fig. 6), constituída por diferentes nódulos, de forma irregular e tamanho variável (< 5 cm), envolvidos por uma matriz escassa, que abrange até 20%. Trata-se de uma matriz friável, de cor avermelhada com pequenas manchas milimétricas

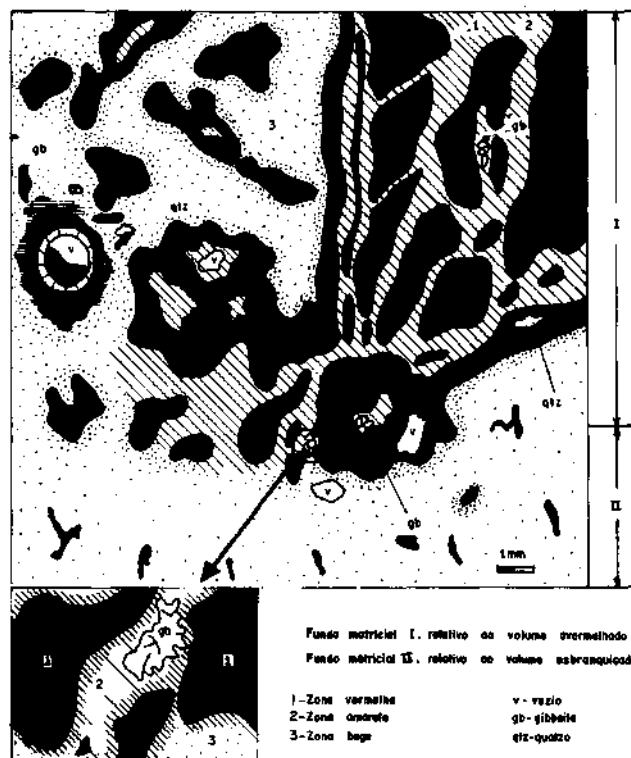


Figura 11 - Desenho esquemático da fácies bauxítica: I. Fundo matricial relativo ao volume avermelhado; II. Fundo matricial relativo ao volume esbranquiçado. 1. zona vermelha; 2. zona amarela; 3. zona bege. v- vazio/gb-gibbsita/ qtz-quartzo

Figure 11 - Scheme of the bauxite fades: I. reddish volume; II. whitish volume. 1. red zone; 2. yellow zone; 3. light-yellow zone

amarelas e esbranquiçadas, irregularmente distribuídas, e concentrações irregulares de até 5 mm, marron-amareladas, macias e duras.

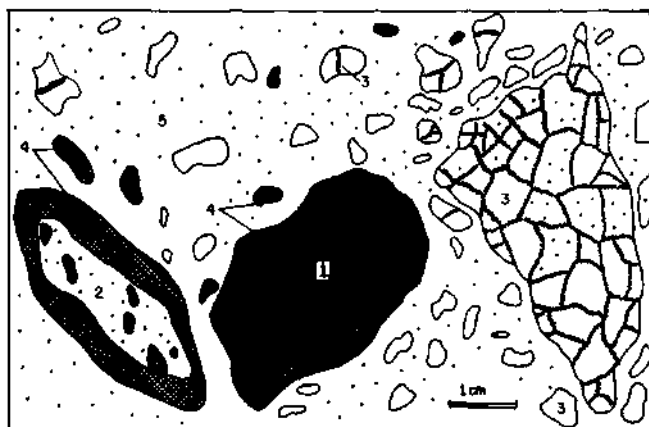
Os nódulos (Fig. 12) podem ser maciços e duros, constituídos por um material homogêneo de cor vermelha ou por um material heterogêneo formado por volumes rosados ao lado de pequenos outros volumes (1 a 3 mm) grosseiramente arredondados, de cor marron-amarelada; podem também ser friáveis, de cor bege-amarelada, cortado por ramificações de cor avermelhada, de modo a subdividi-los em nódulos menores. Esta subdivisão é mais acentuada em direção às bordas, gerando nódulos milimétricos, que se difundem na matriz sob a forma de pintas.

Os nódulos avermelhados apresentam um cortex marrom-amarelado, maciço, duro de espessura variável (0,5 mm a 5 mm) e composição goethítico-gibbsítica. Este cortex resulta da deferruginização periférica dos nódulos, um processo que se desenvolve de fora para dentro e é acompanhado da transformação da hematita em goethita (Nahon 1976, Parron *et al.* 1983).

A matriz, de composição goethítico-gibbsítica, mostra-se friável, cor avermelhada com pequenas manchas milimétricas amarelas e esbranquiçadas, irregularmente distribuídas, e concentrações irregulares de até 5 mm, marron-amareladas, macias e duras.

Como conclusão do estudo micromorfológico e mineralógico desta fácies nodular ferruginosa, observam-se volumes mais ferruginosos (Fig. 12, nódulo 1), ao lado de volumes mais aluminosos (Fig. 12, nódulos 2 e 3), ambos em processo de deferruginização.

Esse processo propicia a redistribuição do ferro e do



- 1- nódulo maciço homogêneo de cor vermelha
2- nódulo maciço heterogêneo com volumes marrom-amarelados
3- nódulo frível de cor bege, cortado por ramificações avermelhadas
4- córtex e concentrações irregulares marrom-amareladas
5- matriz.

Figura 12 — Desenho esquemático da fácies nodular ferruginosa: 1. nódulo maciço homogêneo de cor vermelha; 2. nódulo maciço heterogêneo com volumes marrom-amarelados; 3. nódulo frível de cor bege, cortado por ramificações avermelhadas; 4. córtex e concentrações irregulares marrom-amareladas; 5. matriz

Figure 12 - Scheme of the ferruginous nodular facies: 1. homogeneous red massive nodule; 2. heterogenous yellowish-brown massive nodule; 3. friable light yellow nodule cut by reddish ramifications; 4. cortex and yellowish-brown concentrations; 5. matrix

alumínio (Bocquier *et al.* 1983), gerando concentrações globulares e cortex, acumulações ferruginosas e cristalizações de goethita nas bordas e no interior das fissuras, respectivamente.

Fácies de degradação Caracteriza-se por apresentar partes reliquias de alguns nódulos mais resistentes, constituídos por oxi-hidróxidos de ferro, gibbsita e quartzo, envolvidos por uma matriz abundante goethítico-gibbsítica.

HORIZONTE DE RECOBRIMENTO Em descontinuidade estrutural com as fácies subjacentes, este horizonte, cuja espessura pode atingir 12 m, é constituído por fragmentos de itabirito, nódulos de argila e nódulos de gibbsita, orientados segundo estratos, caracterizando uma gênese detrítica.

Evolução Geoquímica e Mineralógica da Unidade Superior "Alóctone" As análises químicas e mineralógicas (Fig. 13) efetuadas em todas as fácies desta unidade colocam em evidência um enriquecimento em SiO_2 em direção à base, acompanhado de um empobrecimento em Al_2O_3 . Correlativamente, a caulinita torna-se o mineral mais abundante, atingindo valores superiores a 90%.

Nos horizontes intermediário e superior da sequência, a caulinita aparece em quantidades reduzidas (~ 15%), em detrimento dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.

Observa-se uma correlação positiva entre Al_2O_3 e TiO_2 , concentrando os valores mais altos de TiO_2 nos níveis mais aluminosos, condicionados a um enriquecimento relativo em zonas deferruginizadas.

Tais resultados químicos e mineralógicos reforçam os dados micromorfológicos que mostram o desenvolvimento de mecanismo de deferruginização e silicificação, da base para o topo.

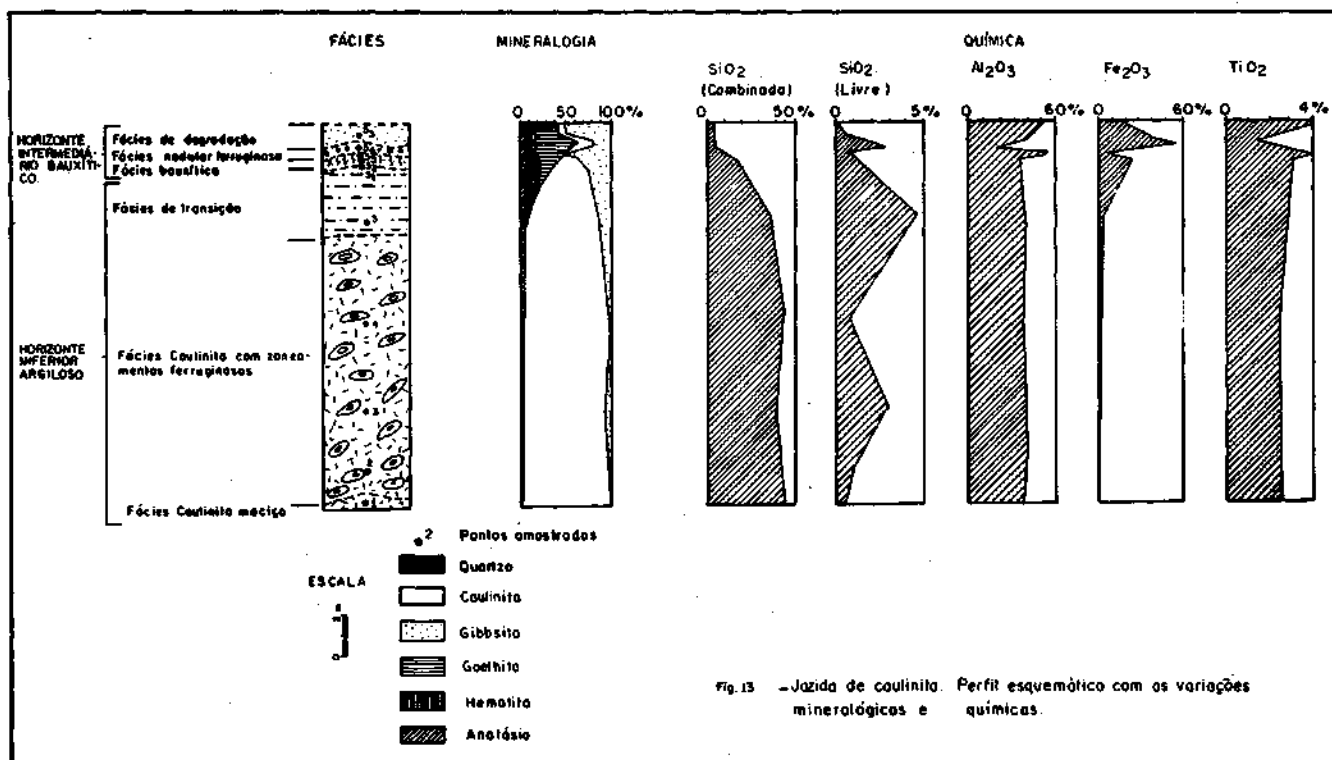


Fig. 13 — Jazida de caulinita. Perfil esquemático com as variações mineralógicas e químicas.

Figura 13— Jazida de caulinita. Perfil esquemático com as variações mineralógicas e químicas
Figure 13 - Kaolin deposit. Schematic profile with mineralogicals and chemicals variations

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES As análises estruturais, mineralógicas e químicas realizadas a diferentes escalas sobre a jazida de caulinita de Vargem dos Óculos sugerem que o perfil de alteração do depósito de caulinita é formado por duas unidades que se sobrepõem em discordância estrutural: a unidade inferior *in situ* e a unidade superior "alóctone".

A unidade inferior apresenta na base características de uma evolução *in situ*, marcada pela estrutura reliquiar bandada dos itabiritos e, no topo, evidências de atuação de mecanismos de pedoturbações, que são peculiares ao horizonte superior de um perfil laterítico. Sobre esta unidade, com características estruturais bem diferenciadas e, conseqüentemente, em destacada discordância estrutural, atestando uma origem alóctone, encontra-se a unidade superior.

Nessa unidade, os principais processos ocorrentes são a deferruginação e a silicificação, que levam a degradação de um material alumino-ferruginoso. Dessa forma, a ocorrência de nódulos alumino-ferruginosos, isolados no plasma caulinitico, é indicativo da existência de elementos reliquiais mais resistentes de uma couraça alumino-ferruginosa em processo avançado de deferruginação.

A deferruginação, que é praticamente total na base do horizonte inferior argiloso, onde condições redutoras impediram, gradativamente torna-se menos acentuada para o topo da

seqüência, onde as condições existentes promovem a preservação dos nódulos alumino-ferruginosos.

A silicificação, que é sugerida pela penetração do plasma caulinitico nas reentrâncias de dissolução da gibbsita, mostrando uma relação de continuidade entre esses dois elementos, promove a quase total transformação de gibbsita para caulinita.

Estudos comparativos (Varajão 1988, Varajão *et al.* 1989a), correlacionando os materiais que recobrem as vertentes e aqueles que ocorrem na jazida assim como os indícios da existência de uma discordância entre as duas unidades estabelecidas na jazida, concorrem para uma interpretação que diverge da uma evolução *in situ* a partir de sedimentos aluvionares (Pomerene 1964, Souza 1983) oriundos de rochas básicas (Fleisher & Oliveira 1969):

- A unidade "alóctone" da jazida de caulinita foi gerada a partir de um perfil laterítico situado na vertente, cuja evolução deu-se a partir dos filitos ferruginosos da Formação Gandarela. Esta laterita foi erodida e acumulada na depressão existente a jusante. Na depressão, condições hidromórficas atuantes propiciaram o desenvolvimento de mecanismo de deferruginação, que foi acompanhado ou seguido de importante silicificação, originando uma expressiva fácies caulinitica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, G.V. 1980. Superfícies de erosão no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Rev. Bras. Geoc.*, 10(1):89-101.
- BARBOSA, G.V. & RODRIGUES, D.M.S. 1965. O Quadrilátero Ferrífero e seus problemas geomorfológicos. *Bol. Min. Geogr.*, 10/11:3-35.
- BOCQUIER, G.; BOULANGÉ, B.; ILDEFONSE, P.; NAHON, D.; MULLER, D. 1983. Transfers, accumulation modes, mineralogical transformations and complexity of historical development in lateritic profiles. In: INT. SYMP. LATERIZATION PROCESS, 2, São Paulo, 1982. *Proceedings...* São Paulo, IWGLP-IACC. p.331-343.
- BREWER, R. 1964. *Fabric and mineral of soils*. New York, Wiley and Sons. 470 p.
- DORR, J.V.N. 1969. *Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Washington, U. S. Geol. Survey Prof. Paper. 1 IOp. (641-A).
- DORR, J.V.N.; GAIR, J.E.; POMERENE, J.B.; RYNEARSON, G.A. 1957. *Revisão da estratigrafia pre-cambriana do Quadrilátero Ferrífero*. Rio de Janeiro, DNPM-DFPM. 31p. (Avulso n° 81).
- FLEISCHER, R & OLIVEIRA, V.P. 1969. Bauxitas do Quadrilátero Ferrífero. *Min. Met.*, 50(295):25-32.
- NAHON, D. 1976. Cuirasses ferrugineuses et encrûtements, calcaires au Senegal Occidental et en Mauritanie. *Sistèmes Évolutifs: Géochimie, structures, relais et coexistence*. *Mem. Set. Géol.*, 44:232p.
- PARRON, C.; GUENDON, J.L.; BOULANGÉ, B; BOCQUIER, G. 1983. *Bauxities du midi de la France. Mécanismes de la bauxitization sur substrat carbonate*. Paris, CNRS. 51p. (Raport Scientifique).
- POMERENE, J.B. 1964. *Geology and ore deposits of the Belo Horizonte, Ibirité and Macacos Quadrangles, Minas Gerais, Brazil*. Washington, U.S. Geol. Survey Prof. Paper. 84 p. (341-d).
- SOUZA, J.M. 1983. *Relatório de pesquisa de bauxita e argila no local denominado Capão Xavier e Ouro Podre, Nova Lima, MG. Belo Horizonte MBR-Minerações Brasileiras Reunidas S/A*. 25 p. (Rei. Interno).
- VARAJÃO, A.F.D.C. 1988. *Gênese das jazidas de caulinita e bauxita de Vargem dos Óculos, Quadrilátero Ferrífero, MG*. São Paulo. 168 p. (Dissertação de Mestrado, USP).
- VARAJÃO, A.F.D.C.; BOULANGÉ, B.; MELFI, A.J. 1989a. Caracterização das unidades morfológicas e formações superficiais iras adjacências das jazidas de caulinita e bauxita de Vargem dos Óculos, Quadrilátero Ferrífero, MG. *Rev. Esc. de Minas*, 420):21-24.
- VARAJÃO, A.F.D.C.; BOULANGÉ, B.; MELFI, A.J. 1989b. The petrologic evolution of the fácies in the kaolinite and bauxite deposits of Vargem dos Óculos, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Travaux, ICSOBA*, 19(22):137-146.

MANUSCRITO A614

Recebido em 04 de agosto de 1989

Revisão do autor em 11 de abril de 1990

Revisão aceita em 17 de abril de 1990