

MINERALOGIA E MICROMORFOLOGIA DA ALTERAÇÃO BAUXÍTICA DE UMA ÁREA DO MACIÇO ALCALINO DO MENDANHA – RJ

Joel Barbujani Sígolo
Maria Cristina Toledo Groke

ABSTRACT

This paper presents the supergene evolution of the alkaline rocks of the Mendanha Massif, state of Rio de Janeiro, in a mineralogical and micromorphological study, from the fresh rock into the superior horizons.

From the results of these studies, it was possible to observe the mineralogical filiations and the mechanisms of bauxitization processes in the studied material.

INTRODUÇÃO

Os depósitos estudados localizam-se na parte SSW do estado do Rio de Janeiro, próximo à cidade do Rio de Janeiro e de Nova Iguaçu (Fig 1), sendo atingidos a partir da Av. Brasil, no sentido Rio-Santa Cruz, tomando-se à direita na estrada do Mendanha, após seguindo pela estrada da Serrinha, pelo acesso à Torre de Telecomunicações da Embratel, já no Maciço Alcalino do Mendanha.

Esta região já foi alvo de trabalho anterior (SÍGOLO e KLEIN, 1983), onde foi estabelecida proposta de classificação das concentrações bauxíticas ali existentes. Os depósitos são do tipo predominantemente autóctone, e podem ser classificados como do tipo Serra (MELFI e CARVALHO, 1983).

As concentrações bauxíticas estão assentadas em rochas alcalinas típicas, do tipo nefelina-sienitos, nefelina-aegisina-sienitos, e outras menos expressivas, todas elas relacionadas ao complexo extrusivo-intrusivo da Serra do Mendanha e Marapicu.

Localmente, o Mendanha é a expressão topográfica máxima, com relevo destacado, gerando um microclima particular. Os dados colhidos na estação meteorológica de Bangu (a mais próxima) indica um clima regional quente e úmido, com regime pluviométrico tipicamente sazonal, apresentando intensas chuvas no verão e relativa estiagem no inverno. SÍGOLO e KLEIN (op.cit.) creem no entanto que as condições climáticas na área bauxitizada são diferentes das da baixada, visto que o desnível é de cerca de 400 a 600 m. A diferença seria de uma temperatura média mais baixa para a Serra (na baixada é de 23,3°C), e de uma pluviosidade mais elevada (na baixada é de 1.276 mm anuais).

OBJETIVOS E MÉTODOS

A proposta deste visa complementar o trabalho anterior de SÍGOLO e KLEIN (1983), que tem um enfoque mais relacionado aos aspectos de distribuição e modo de ocorrência da bauxita do Maciço do Mendanha. Aqui, o objetivo é caracterizar a gênese da bauxita em termos de filiações mineralógicas e mecanismos de alteração, estudados do ponto de vista micromorfológico.

O presente estudo vem também somar-se a outros de idêntico objetivo em áreas de alteração bauxítica, sobre litologias diversas, como SÍGOLO (1979); GROKE et al (1980); GROKE et al (1982), MELFI et al (1983) bem como outros ainda não publicados.

Para efetuar a amostragem, foi aplicado um sistema de coleta que permitisse amostrar todos os fácies de alteração, independente da distância entre as amostras, de tal modo que fosse obtida a seqüência completa da alteração local. O material sofreu análise mineralógica por Difração de Raios-X, e micromorfológica por Microscopia Óptica. A preparação das amostras e as análises foram efetuadas nos laboratórios do Instituto de Geociências da USP.

EVOLUÇÃO MINERALÓGICA E MICROMORFOLÓGICA

1. CARACTERIZAÇÃO DA ROCHA SÃ

A rocha sã estudada foi obtida a partir dos blocos de rocha alcalina preservados ou parcialmente alterados, já que o substrato rochoso não foi atingido, pela profundidade da alteração. O perfil típico no local é representado na fig.2.

No local, as rochas predominantes são nefelina-sienitos, com textura equigranular, de granulação média a grosseira, constituídas por microclínio, nefelina, biotita, aegirina e acessoriamente apatita, titanita e magnetita.

O microclínio é o mineral mais abundante; em todas as seções estudadas já apresentava incipiente grau de alteração em pelo menos uma parte dos cristais, observada por modificações nas características ópticas, e pequenos sinais de dissolução.

A nefelina apresenta-se, mesmo na rocha dura, parcial ou totalmente alterada, e é distribuída irregularmente na rocha, podendo eventualmente apresentar muitos pequenos cristais idiomórficos de apatita inclusos.

O comportamento da aegirina é análogo ao das nefelinas, sendo encontradas com frequência junto às biotitas. Ambas encontram-se já com modificações nas propriedades ópticas, típicas do início da alteração. A distribuição da biotita é bastante restrita, ocorrendo em pequenos cristais eventualmente aglomerados e associados com aegirina e opacos.

2. A ALTERAÇÃO DOS MINERAIS PRIMÁRIOS

A situação climática e topográfica local favorece a alteração química das rochas, que logo gera um horizonte extremamente poroso de alteração isovolume, denotando intensa circulação das soluções agentes da alteração.

Tanto os feldspatóides como os feldspatos são prontamente afeitados pela ação intempérica. As nefelinas são rapidamente alteradas, resultando pseudomorfos gibbsíticos, e os feldspatos se alteram mais lentamente, também com o mesmo tipo de produto secundário.

Já os piroxênios, minerais micáceos e opacos, sofrem uma dissolução mais lenta; os óxidos-hidróxidos de ferro resultantes, migram, colorindo o plasma I ou II, ou depositam-se em ferranes zonados ou não, ou junto com a gibbsita remobilizada (ferrigibbsanes), ou ainda permanecem "in situ", como relíquias dos antigos minerais primários.

Os minerais acessórios, especificamente apatita e titanita, apresentam comportamento de alteração típico. A apatita é aparentemente dissolvida no início do processo, já que não se encontram seus vestígios a partir deste estágio inicial. A titanita resiste até estágios mais avançados de alteração. Posteriormente, pode ser pseudomorfizada por compostos de ferro, segundo o padrão linear cruzado das suas descontinuidades.

2.1. NEFELINA

A nefelina, primeiro mineral primário a se alterar, sofre hidrólise total, com dissolução, lixiviação da sílica e das bases, restando a gibbsita como produto secundário.

A alteração se inicia com a percolação das soluções através do microssistema de contato, conforme definido por PROUST (1976) e MEUNIER (1977). O padrão textural característico da nefelina, de clivagens po-

bres e fraturas irregulares é conservado pela deposição de gibbsita em seus planos, conforme o esquema da fig.3.

Os fragmentos de mineral primário, isolados por esta rede de gibbsita, acabam por se dissolver, em geral sem resíduo, restando um esqueleto gibbsítico muito poroso, facilmente reconhecido como relíquia da antiga nefelina (foto 1).

Segundo o sistema proposto por STOOPS et al (1979) para a descrição da alteração intempérica das rochas, a nefelina segue o padrão linear irregular.

As remobilizações são intensas na área, e logo a porosidade do arcabouço da antiga nefelina é preenchida por gibbsita (foto 2) como consequência da migração lateral e vertical do alumínio. Em geral, esta gibbsita do plasma secundário difere da do plasma primário pela cristalinidade, que é melhor desenvolvida neste último.

O único produto direto da alteração da nefelina é a gibbsita, que quase sempre está pura, sem compostos de ferro associados.

2.2. MICROCLÍNIO

O microclínio inicia sua alteração aparentemente ao mesmo tempo que a nefelina, sofrendo, contudo, um processo bem mais demorado.

A alteração do microclínio é análoga à da nefelina, tanto em termos químicos (hidrólise total), como em termos morfológicos (através das descontinuidades). O padrão de alteração, neste caso, é o linear cruzado, visto que as clivagens são regulares e retilíneas (fotos 1 e 3) (fig.4).

A gibbsita se precipita a partir das soluções percolantes, no microssistema de contato. Os fragmentos de mineral primário isolados pelos depósitos de gibbsita, são posteriormente dissolvidos, resultando arcabouços porosos típicos, que assumem padrões interessantes, por vezes semelhantes a "espinhas de peixe", ou "box-work" (foto 4). Analogamente à evolução das nefelinas, a porosidade destes arcabouços é posteriormente preenchida por gibbsita de outras gerações em geral com cristalinidade menor.

No caso da alteração dos microclínios, os compostos de ferro remobilizados podem participar desde o início, muitas vezes depositando-se no microssistema de contato, sublinhando o padrão característico (foto 4).

2.3. PIROXÊNIOS

Os piroxênios, principalmente aegirina-augita, são logo alterados em compostos de ferro pseudomórficos, conforme o padrão linear cruzado de suas descontinuidades. Esta pseudomorfose é semelhante à da nefelina e do microclínio morfológicamente, mas a mineralogia secundária que sustenta o arcabouço neste caso são compostos de ferro (goethita, hematita, amorfos).

A evolução segue o mesmo esquema dos minerais já descritos, culminando com o preenchimento dos poros com gibbsita secundária (foto 5).

2.4. BIOTITAS

A biotita sofre uma exsudação do ferro de seu retículo cristalino que, ao sair, deposita-se nos espaços interlamelares e nos contornos dos cristais, sublinhando a sua estrutura micácea, segundo o padrão linear paralelo. Ao se depositarem, os compostos de ferro podem ter causado uma limitação na circulação da água, formando um ambiente microquímico especial, mais confinante, que não permitiria a remoção total dos elementos dissolvidos na hidrólise da biotita. Por isso, formar-se-ia caolinita a partir da biotita.

O aparecimento de biotitas pseudomorfisadas em compostos de ferro, contendo gibbsita em seus espaços interlamelares, sugere a ocorrência, em alguma momento do processo, de condições de gibbsitização. Assim sendo, podemos esboçar uma interpretação para o processo: a cristalização da caolinita pode ter contribuído para o rompimento parcial do arcabouço ferruginoso da ex-biotita, permitindo uma circulação maior das soluções, a partir de quando foi possível uma dessilificação da caolinita, formando a gibbsita como resíduo. Esta explicação pode não parecer válida pela já conhecida estabilidade da caolinita, mas sabe-se que a conti-

nua percolação de soluções suficientemente diluídas podem provocar tal transformação (gibbsitização indireta) (GROKE, 1981). Paralelamente a isto, deve-se notar a existência do aporte de gibbsita, sem dúvida atuante no local, por todas as feições iluviais encontradas (Foto 6).

As observações micromorfológicas não evidenciam claramente esta possível transformação da caolinita em gibbsita, sendo mesmo possível a completa lixiviação da caolinita e uma gibbsitização por ação de outra geração de soluções.

3. OS HORIZONTES MAIS EVOLUÍDOS E AS REMOBILIZAÇÕES

As remobilizações, notadamente do ferro e do alumínio são frequentes, intensas e precoces, pois ocorrem já desde as primeiras etapas da alteração. Causam a formação do plasma secundário, que não guarda vestígios das estruturas e texturas primárias, mas pode ocorrer junto com os arcabouços dos minerais primários, por exemplo, quando a gibbsita e/ou ferro secundários preenchem a porosidade daquelas estruturas. Neste caso, temos a coexistência dos sistemas plásticos primário e secundário. Este tipo de feição é comum até nos horizontes mais evoluídos (Fotos 1, 2 e 5).

Quando se iniciam as remobilizações, mesmo que persistam os vestígios das estruturas primárias, já saímos da alteração isovolume. Estes fenômenos têm origem nos locais topograficamente mais elevados, vertical ou lateralmente, onde houve condições específicas para a dissolução do alumínio e do ferro, que migraram, até sua precipitação. Estas remobilizações podem não interferir no arcabouço do plasma primário, simplesmente causando precipitações nos espaços disponíveis (sistema fissural). Estas precipitações podem pressionar partes do arcabouço, deformando-o. Outra possibilidade é de que o plasma primário se desestabilize por condições geoquímicas particulares e passageiras, dando fim à conservação das estruturas.

Nos horizontes mais evoluídos, temos um fundo matricial composto principalmente pelo sistema plástico secundário, gibásico, poroso, eventualmente com vestígios do plasma primário (às vezes se referem somente aos contornos dos antigos cristais de nefelina e de microclínio), e grãos do esqueleto, constituído pelos minerais opacos intactos ou parcialmente dissolvidos, e eventualmente relíquias dos minerais primários, por exemplo, aegirina-augita, biotita. O sistema fissural é importante nesta fase avançada do processo, apresentando expressivas deposições de material ferruginoso e aluminoso (gibbsanes, ferranes, ferrigibbsanes) (Fotos 7 e 8), e mostrando a intensidade de percolação possível.

É interessante a ocorrência, comum a outros locais bauxitizados, mesmo a partir de litologias diferentes, de concreções de morfologia alongada e irregular, tipo vermiforme, onde se observam porosidades alongadas, com depósitos tipo cutânicos de gibbsita, e eventualmente compostos de ferro, numa matriz gibásica microcristalina. Estas concreções ocorrem a profundidades variáveis, irregularmente distribuídas, dentro dos níveis mais superiores, ou seja, já fora da alteração isovolume, e frequentemente dentro da zona pedogenética.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a exposição dos ítems anteriores, podemos esboçar a interpretação do processo de bauxitização atuante no local.

A alitização é o processo geoquímico predominante, levando à gibbsitização direta dos minerais primários, predominantemente os microclínios, e também as nefelinas. Os minerais que contêm ferro, como biotita, piroxênios e os minerais opacos, fornecem tal elemento para as lixiviações observadas, como ferranes, manchas e nódulos, mineralogicamente constituídos por hematita-goethita-compostos amorfos.

Temos a ocorrência também de caolinita, mais ligada à alteração pseudomórfica da biotita, onde os microssistemas são menos livres em termos de dinâmica das soluções, resultando numa lixiviação não tão completa da sílica, levando à caolinização.

A associação caolinita-gibbsita nas pseudomorfoses da biotita pode ser uma associação genética de transformação, ou simplesmente um aporte, conforme discutido no ítem 2.4..

O enriquecimento em alumínio se dá, numa primeira fase, como a cumulação relativa, pela partida dos outros elementos, principalmente sílica e alcalinos, a partir da hidrólise total da grande maioria dos minerais primários. O ferro acompanha o alumínio, quase sempre, pois são geoquimicamente semelhantes. Algumas segregações entre eles ocorrem, pelas disponibilidades locais, e por condições de pH e Eh locais específicas.

Esta fase de alteração isovolume não é muito expressiva quantitativamente, pois logo entram em ação as remobilizações dos elementos reidos (Fe e Al), preenchendo a porosidade do plasma primário, e até destruindo. Nesta fase, então, temos a acumulação absoluta do Al e do Fe, quando perdemos a característica isovolume. Isto causa um aumento na densidade aparente, que até este ponto poderia ser uma medida de grau de alteração (menor densidade aparente, maior perda de massa, maior alteração, dentro do intervalo de alteração isovolume).

O grau de alteração da amostra, que pode ser dado pela quantidade de plasma secundário (remobilizações, grau de preenchimento das porosidades) em relação ao plasma primário, não obedece necessariamente à ordem vertical da coleta, pois temos porções inferiores que podem, sob certas condições, favorecer a circulação de água, e se alterar mais intensamente antes de um horizonte mais superior, fenômeno propiciado pelas particularidades da dinâmica interna de cada perfil.

BIBLIOGRAFIA

- BISDOM, E.B.A. - 1967 - The role of microcrack systems in the spheroidal weathering of an intrusive granite in Galicia (NW Spain) - Geologie in Mijnbouw - 46.
- BOCQUIER, G. - 1979 - Importance des microsystems dans les évolutions supergénies - Introduction - Bull. A.F.E.S., Sémin. Alt. des roches cristallins, 1978, Versailles, nº 2 et 3.
- BOULANGÉ, B.; PAQUET, H. et BOCQUIER, G. - 1975 - Géochimie de la surface - Le rôle de l'argile dans la migration et l'accumulation de l'alumine de certaines bauxites tropicales. C.R. Acad. Sc. Paris, t.280.
- BREWER, R. - 1964 - Fabric and mineral analysis of soil, J. Wiley and sons
- ESWARAN, H.; STOOPS, G. et SYS, C. - 1977 - The micromorfology of gibbsite forms in soils. J. Soil Sci., 28.
- GROKE, M.C.T. - 1981 - Evolução geoquímica, mineralógica e micromorfológica no processo de bauxitização. Estudo comparativo dos depósitos de Mogi das Cruzes, Curucutu e Lavrinhas, SP, associados a diferentes tipos litológicos. Diss. Mestr. I.G.-USP, 96p.
- GROKE, M.C.T.; MELFI, A.J. and CARVALHO, A. - 1982 - Bauxitic alteration on basic and alkaline rocks in the state of São Paulo, Brazil, under tropical humid climate. Proc. of the II Int. Sem. on Lat. Proc., 1982, São Paulo, pp. 237-250.
- ILDEFONSE, P.; PROUST, D.; MEUNIER, A. et VELDE, B. - 1979 - Rôle de la structure dans l'altération des roches cristallines au sein des microsystèmes. Bull. A.F.E.S., Sémin. Alt. des roches cristallins, 1978, Versailles, nº 2 et 3.
- MELFI, A.J. and CARVALHO, A. - 1983 - Bauxitization of alkaline rocks in southern Brazil - Int. Coll. C.N.R.S., Petrology of weathering and soils, Paris, 1983.
- MEUNIER, A. - 1977 - Les mécanismes de l'altération des granites et les rôles des microsystèmes. Thèse Un. Sci. Poitiers.
- PEDRO, G. - 1964 - Contribution à l'étude expérimentale de l'altération chimique des roches cristallines. Thèse Doc. Fac. Sci. Paris.
- PROUST, D. - 1976 - Etude de l'altération des amphibolites de la roche l'Abeille. Evolutions chimiques et minéralogiques de plagioclases et des hornblendes. Thèse 3ème cycle, nº 605. Poitiers.
- SÍGOLO, J.B. - 1979 - Geologia de depósitos residuais bauxíticos na região de Lavrinhas, SP, e sua viabilidade econômica. Diss. Mestr. - I.G.-USP., São Paulo.
- SÍGOLO, J.B. e KLEIN, V.C. - 1983 - Classificação e gênese das concentrações bauxíticas no Maciço Alcalino do Mendenha, R.J. - Resumo apres. Secção Técnica Acad. Bras. Ciências, 25/10/83, no prelo.
- STOOPS, G.; ALTMULLER, H.J.; BISDOM, E.B.A.; DELVIGNE, J.; DOBROVOLSKY, V.V.; FITZPATRICK, E.A.; PANQUE, P. and SLEEMAN, J. - 1979 - Guidelines for the description of mineral alterations in soil micromorfology. Pédologie, XXIX, 1, Ghent

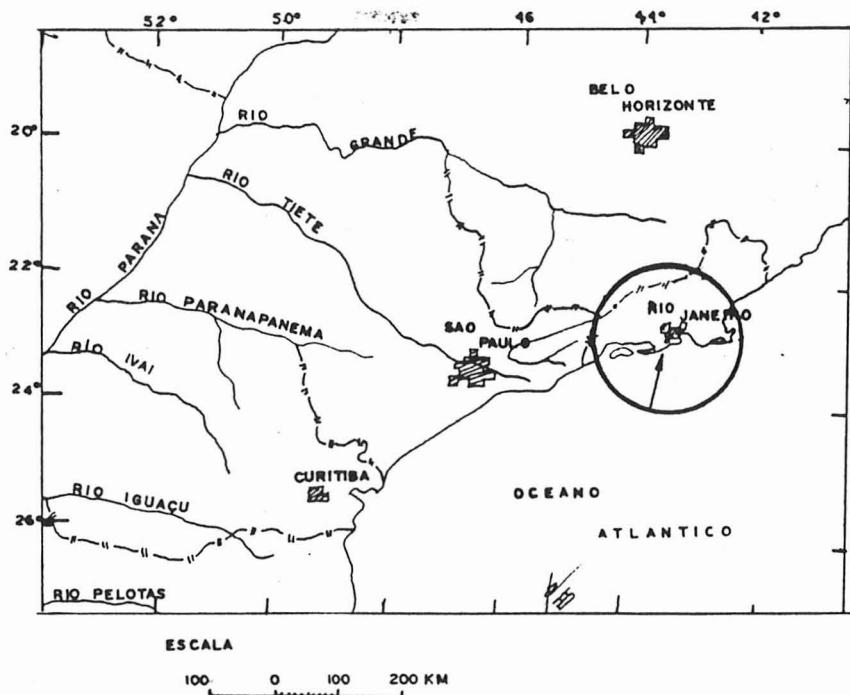


Fig.1 - Mapa de localização da área

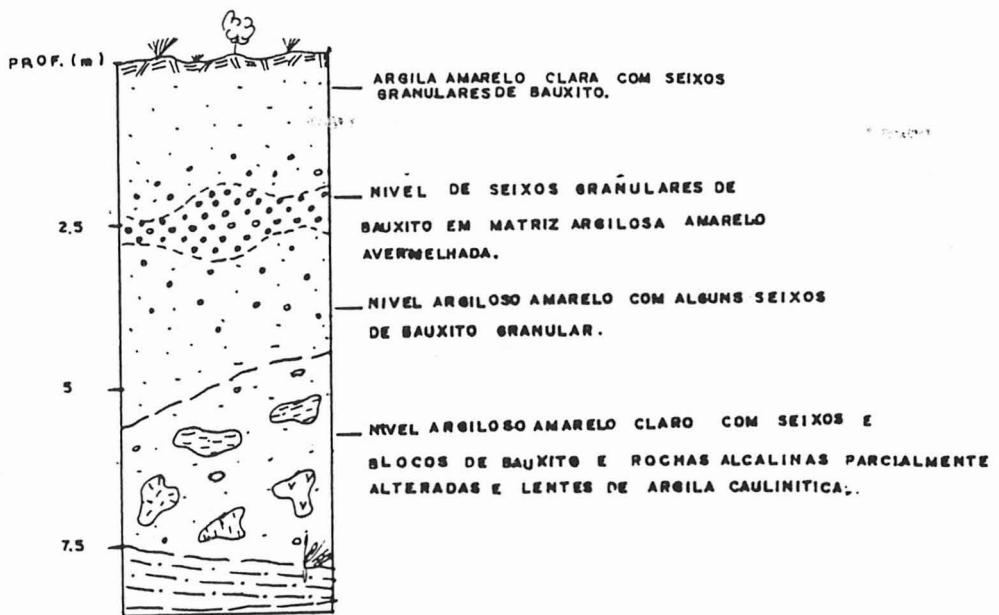


Fig.2 - Perfil típico da área



Fig.3 - Alteração da nefelina (Ne)
V:Porosidade-Gi I e II:Gibbsita primária e secundária

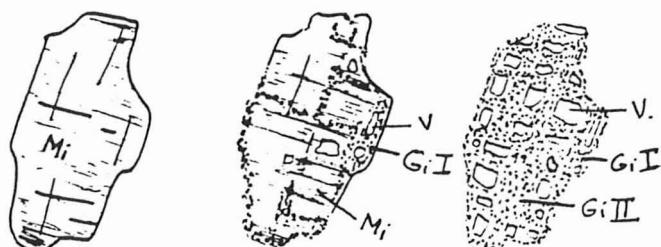


Fig.4 - Alteração do Microclínio (Mi)
V:Porosidade-Gi I e II;Gibbsita primária e secundária

FOTOMICROGRAFIAS

- FOTO 1 - À esquerda, arcabouço gibbsítico de antiga nefelina; à direita, microclínio em início de alteração. L.P.
- FOTO 2 - Arcabouço gibbsítico de nefelina, preenchido por gibbsita secundária (coexistência plasma primário e secundário). L.P.
- FOTO 3 - Microclínio em vias de alteração (coexistência mineral primário e plasma secundário). L.P.
- FOTO 4 - Arcabouço gibbsítico de antigo microclínio, sublinhado também por compostos de ferro. L.P.
- FOTO 5 - Arcabouço ferruginoso de antigo piroxênio (plasma primário), preenchido por gibbsita secundária. L.P.
- FOTO 6 - Vestígios de antiga biotita (plasma primário ferruginoso), com deposição de gibbsita secundária. L.P.
- FOTO 7 - Gibbsanes. L.P.
- FOTO 8 - Ferranes com aspecto botrioidal. L.N.

