



## Caracterização mineralógica do processo de transformação de bauxita em solo na região de Espera Feliz, Minas Gerais, Brasil<sup>(1)</sup>.

**Erick de Oliveira Faria**<sup>(2)</sup>; **Fabricio Sousa da Silva**<sup>(3)</sup>; **Ana Carolina Campos Mateus**<sup>(4)</sup>; **Fábio Soares de Oliveira**<sup>(5)</sup>.

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG

<sup>(2)</sup> Estudante de Graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais erickolifaria27@gmail.com; <sup>(3)</sup> Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais pela Universidade Federal de Minas Gerais; <sup>(4)</sup> Estudante de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto; <sup>(5)</sup> Professor, Universidade Federal de Minas Gerais.

**RESUMO:** Esse trabalho objetivou caracterizar a evolução mineralógica no processo de transformação da bauxita em solo na Região de Espera Feliz, leste de Minas Gerais. Na região estudada encontram-se solos profundos associados com couraça aluminosa, sugerindo uma relação genética entre ambos. Os objetivos foram alcançados a partir de pesquisa bibliográfica e de fases de campo e pós-campo. A fase de campo incluiu a escolha e descrição de 5 perfis, coleta de amostras dos horizontes e dos fragmentos de bauxita sotopostos. A fase pós-campo contemplou a caracterização mineralógica por difração de raios X (DRX) das amostras coletadas. A mineralogia identificou a presença de gibbsita, caulinita, goethita e quartzo tanto nos fragmentos de bauxita quanto no horizonte B, porém com diferenças na intensidade dos mesmos. O quartzo possui picos com maior intensidade e mais bem definidos no solo. É provável que a degradação da gibbsita esteja contribuindo para que o quartzo tenha sua difração melhor detectada. Tais transformações mineralógicas estariam associadas ao processo de ressilificação, considerando que a reincorporação da sílica pela atividade pedobiológica pode ser o processo mais importante na transformação da bauxita em solo.

**Termos de indexação:** bauxita, ressilificação, solos lateríticos

### INTRODUÇÃO

A gênese de um solo está relacionada aos processos intempéricos, pedogênicos, biológicos, eventos geológicos e geomorfologia do ambiente em que está inserido. Conforme a variação das condições ambientais, as rochas que constituem a litosfera poderão se transformar em diferentes tipos de solos, bem como os próprios solos poderão ser transformados em outros solos.

A análise mineralógica de um solo, compreendida como a mensuração dos tipos minerais existentes e, em alguns casos, sua quantificação, permite ao pesquisador avaliar e identificar os processos

pedogenéticos que cooperaram para a gênese e evolução do solo, compreendendo o surgimento ou desaparecimento de certos minerais em relação ao material de origem e durante toda a pedogênese.

Na região sudeste do Brasil, na divisa entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, mais especificamente próximo à cidade de Espera Feliz, encontram-se solos profundos associados a couraças aluminosas, isto é, bauxitas. A rocha formadora da bauxita local é um gnaisse granulítico do tipo charno-enderbitito com inclusões máficas, pertencente ao Complexo Juiz de Fora.

Considerando os mantos de alteração, os trabalhos nessa região ainda são escassos, destacando-se aqueles que buscaram retratar a formação da bauxita. Soares (2013), por exemplo, identificou a presença das seguintes fácies de alteração: isalterítica caulinitica, bauxita isalterítica, bauxita laminar, bauxita fragmentada e sólum. Destes, a associação entre sólum e as fácies bauxíticas, sobretudo a fragmentária, não foi abordada.

Diante disso, considerando o interesse na Pedologia em compreender a gênese de solos associados a diferentes materiais, e a importância da mineralogia do solo para os estudos de pedogênese, esse trabalho objetivou caracterizar a mineralogia envolvida no processo de transformação das fácies bauxíticas fragmentárias em solo. Trata-se de compreender as transformações minerais envolvidas e contribuir para a elucidação de importantes questões pedológicas, associadas à gênese de solos derivados de materiais pré-intemperizados.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em 5 diferentes perfis localizados nas proximidades do maciço do Caparaó, importante sítio geológico-geomorfológico da região sudeste brasileira (Figura 1). Um perfil representativo é apresentado na Figura 2.

Os perfis estudados são, de maneira geral, constituídos por um horizonte organo-mineral



(horizonte A) superior de espessura variando entre 10 e 25 cm, com transição difusa e plana (incluindo, por vezes, um horizonte AB) para um horizonte B latossólico espesso, sempre superior a 50cm, sotoposto por um horizonte fragmentário de bauxita, com fragmentos arredondados a subangulares, milimétricos a centimétricos, de coloração rosada a esbranquiçada.

Após descrição dos perfis, conforme Lemos et al. (2013), foram realizadas amostragens deformadas de fragmentos de bauxita e dos horizontes pedológicos. Para efeitos comparativos, este estudo apresentará apenas a caracterização e comparação mineralógica dos fragmentos de bauxita e do horizonte Bw, entendido como produto direto da pedogênese sobre o manto de alteração bauxítico.

A fase pós-campo compreendeu a preparação das amostras e análise mineralógica. A preparação envolveu secagem ao ar e posterior pulverização em disco orbital. A análise mineralógica foi realizada por difração de raios-x no Laboratório de Difração da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Amostras pulverizadas de pó total foram dispostas em lâminas de vidro e levadas ao Difratômetro X'Pert Panalytical com radiação de  $\text{CuK}\alpha$ , com varredura de 2 a  $70^\circ 2\theta$ . O difratograma (Figura 3) foi interpretado com o auxílio do Software X'Pert HighScore Plus e através de padrões da literatura (Brindley & Brown, 1980).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mineralogia dos fragmentos de bauxita revelou, em todos os pontos amostrados, a presença marcante da gibbsita. Além disso, foram identificados também os minerais caulinita, goethita e quartzo, tal como encontrado por Soares (2013) para essas fácies. A origem da gibbsita está associada ao intemperismo direto e indireto dos diferentes feldspatos presentes na rocha parental. Conforme revelado por Soares (2013), no processo de formação da bauxita isalterítica, houve tanto a alitização dos plagioclásios, quanto a bissialitização e monossialitização de ortoclásios, revelando uma sequência mineralógica de alteração diferencial em conformidade com a série de Goldschmidt (1938).

Em se tratando do solo, a mineralogia destacou a presença dos mesmos minerais dos fragmentos de bauxita: gibbsita, caulinita, goethita e quartzo. As diferenças ocorrem, entretanto, na maneira como tais minerais ocorrem. Isto é, no caso do horizonte B latossólico, houve uma redução na intensidade de detecção da gibbsita, acompanhada por um aumento na intensidade de detecção do quartzo. Embora a intensidade dos picos da difração não possuam uma relação direta com o conteúdo do

mineral na amostra, eles representam um importante indicador da sua presença e relação entre as espécies minerais existentes. Assim, mineralogicamente, estes dois materiais são semelhantes considerando as espécies presentes, mas parecem se diferenciar na relação de maior ou menor ocorrência entre elas.

Utilizando ferramentas de análise semi-quantitativa do Programa X'Pert HighScore Plus, foi possível confirmar a ocorrência diferencial da gibbsita e dos demais minerais na bauxita e no horizonte B. Enquanto nos fragmentos o conteúdo de gibbsita é sempre maior que 80%, no solo esses valores não ultrapassam 60%, mesmo que permaneça como mineral de maior ocorrência. Em alguns perfis, coincidente com os horizontes latossólicos de maior espessura, a caulinita aparece em conteúdo próximo ao da gibbsita. Dessa maneira, mineralogicamente, a transformação da bauxita em solo ocorre um aumento de caulinita e uma redução da gibbsita. Uma breve discussão dos processos que permitem essa transformação mineralógica é apresentada a seguir.

Na formação das fácies bauxíticas fragmentadas, diversos estudos têm revelado a importância do papel da vegetação na reintrodução do intemperismo físico através do trabalho mecânico das raízes. Isto é, conforme a vegetação se estabelece sobre áreas onde ocorreu, em ambiente úmido, a formação de couraças bauxíticas maciças, leia-se contínuas, o crescimento progressivo das árvores cumpre um importante papel de fragmentar a bauxita superficialmente, gerando fragmentos inicialmente angulosos que vão sendo progressivamente arredondados via degradação geoquímica dessa bauxita. É importante salientar que, geralmente essa fragmentação está associada a mudanças climáticas, uma vez que a exposição da couraça bauxítica pela erosão do material sobrejacente em climas secos, pode expô-la à recolonização vegetal de porte arbustivo numa posterior transição para clima úmido.

A degradação geoquímica da bauxita, por sua vez, ocorre pela modificação das condições físico-químicas do meio e é responsável pela formação da matriz pedológica que envolve os fragmentos de bauxita. Essa degradação está associada à inserção de matéria orgânica no sistema pela própria vegetação. Geralmente, a decomposição dessa matéria orgânica é acompanhada pela introdução de condições mais ácidas ao meio, desestabilizando a gibbsita preexistente e promovendo sua transformação. Como a decomposição da vegetação reintroduz diversos elementos químicos na superfície, tal como o silício, as condições para a neoformação pedogênica são mais favoráveis à caulinita que a gibbsita, justificando o porquê a



maioria dos solos, mesmo sob condições de intemperismo topical úmido, são superficialmente mais cauliniticos (Lucas et al., 1993). Esse processo de transformação da gibbsita em caulinita pela reintrodução de sílica ao sistema é conhecido como resilição (KELLER & CLARKE, 1984) ou caulinitização (DANGIC, 1985).

Nesses termos, a transformação da bauxita em solo na região de estudo parece estar, do ponto de vista mineralógico, associada ao processo de transformação da gibbsita em caulinita. Estudos tem demonstrado que a caulinita neoformada sob condições pedogênicas é mal estruturada e não responde à difração tal como a caulinita formada pela alteração de minerais primários (VARAJÃO et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2013). No caso do quartzo, como sua maior resistência à alteração permite que ele permaneça no sistema, sua maior detecção no solo se deve ao seu enriquecimento relativo associado à perda de gibbsita. Ambos são minerais de boa difração. Como nos fragmentos de bauxita a gibbsita ocorre em maior quantidade, ela se destaca. No solo, contudo, o quartzo passa a ser mais bem difratado, já que parte da gibbsita foi transformada em caulinita e essa, por sua vez, não é difratada com tamanha eficiência.

## CONCLUSÕES

A mineralogia dos fragmentos de bauxita e do solo é semelhante, sendo constituída por gibbsita, caulinita, quartzo e goethita.

Comparativamente, o solo (horizonte B) apresenta uma redução da intensidade dos picos de detecção da gibbsita.

A resilição é o processo que melhor explica a transformação da bauxita em solo, envolvendo o intemperismo físico e químico da bauxita que resulta na transformação da gibbsita em caulinita.

A caulinita neoformada a partir da degradação da gibbsita é mal cristalinizada, embora possa ser identificada nos difratogramas (picos de baixa intensidade e base alargada). Como há uma redução da quantidade de gibbsita, que possui boa difração, o quartzo aparece com maior intensidade nos gráficos. Isso não significa que há um aumento na quantidade de quartzo, mas apenas uma "acumulação relativa" em termos mineralógicos.

Novos estudos mineralógicos, com maior detalhamento e envolvendo técnicas mais precisas de quantificação, necessitam ser realizados a fim de que tais considerações possam ser confirmadas ou refutadas.

## REFERÊNCIAS

DANGIC A. Kaolinization of bauxite: a study in the Vlasenica Bauxite area, Yugoslavia. I. Alteration of matrix. *Clay and Clay Minerals*, v3, n6, p.517-524, 1985.

KELLER W.D. AND CLARKE, O.M.JR. Resilification of bauxite at the Alabama Street Mine, Saline County, Arkansas, illustrated by scanning electron micrographs. *Clays and Clay Minerals*, n.32, p.139-146, 1984

LEMOS, Raimundo Costa de. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 3ª Campinas, Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo, 1996. 84 p.

OLIVEIRA, F.S.; VARAJÃO, A.F.D.C.; VARAJÃO, C.A.C.; BOULANGÉ, B. A comparison of properties of clay minerals in isalteritic and in degraded facies. *Clay Minerals*, V.48, p.41-54, 2013.

SOARES, Caroline Cibele Vieira. **Gênese e evolução mineralógica, micromorfológica e geoquímica da bauxita de Espera Feliz, MG**. Dissertação de mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais. 2013, 104 p.

VARAJÃO A.F.D.C., GILKES R.J. AND HART R.D. The relationships between kaolinite crystal properties and the origin of materials for a brazilian kaolin deposit. *Clay and Clay Minerals*, v.49, p.44-59, 2001.

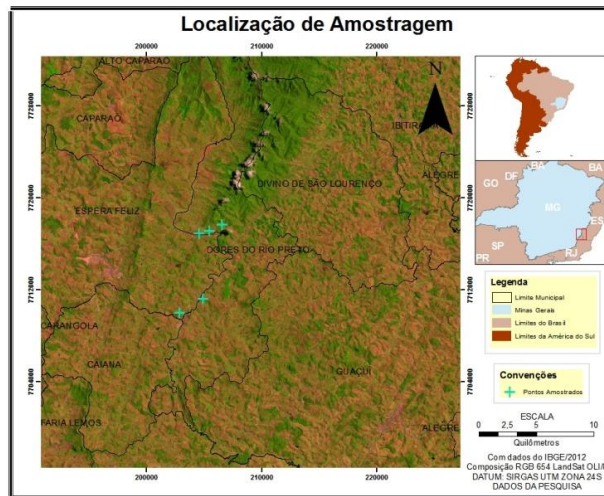


Figura 1. Mapa de Localização dos pontos coletados.

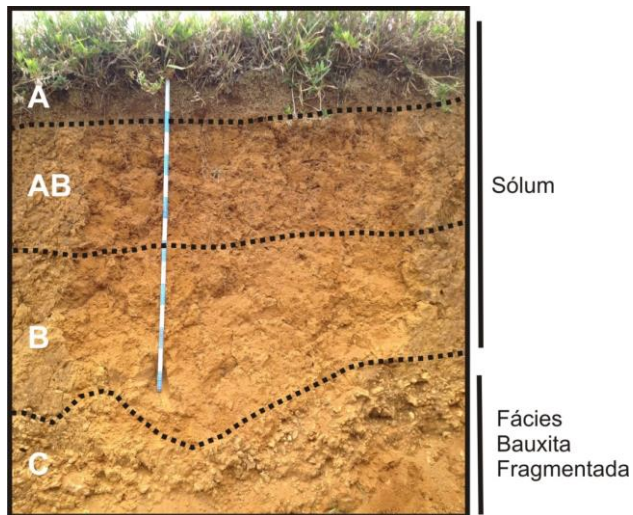


Figura 2. Perfil representativo da área de estudo.

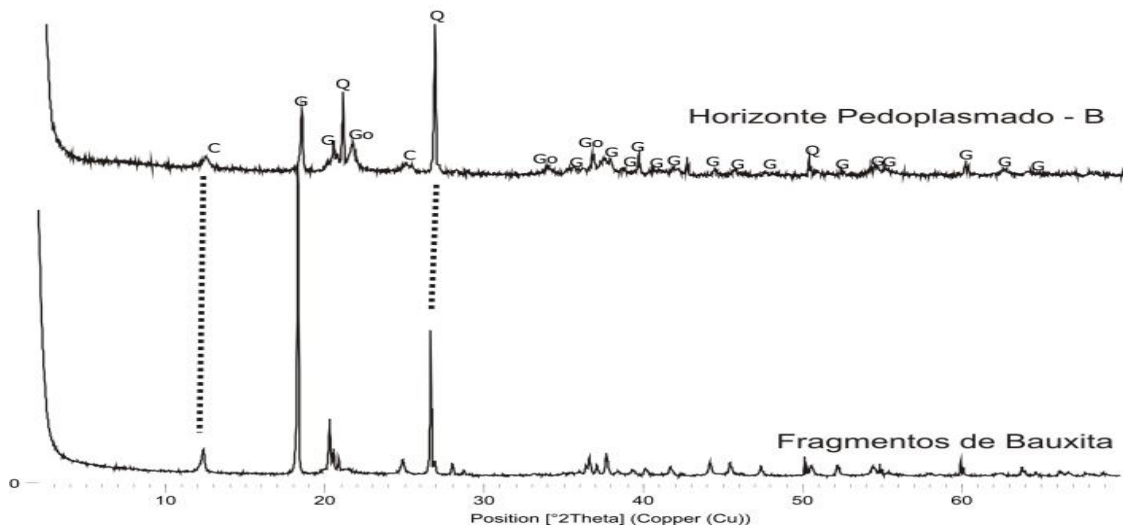


Figura 3. Difractograma representativo da transição bauxita – solo  
G – Gibbsita; C – Caulinita; Q – Quartzo; H - Hematita e Go – Goethita