



## CARACTERIZAÇÃO DA GÊNESE E EVOLUÇÃO GEOQUÍMICA DE *GRUS* NA SUÍTE GRANÍTICA MORUNGABA

Emily Suelen dos Santos <sup>1</sup>  
Diego Fernandes Terra Machado <sup>2</sup>  
Mayra Mac Alpine <sup>3</sup>  
José Antonio Lemos Veronesi <sup>4</sup>  
Francisco Sérgio Bernardes Ladeira <sup>5</sup>

### RESUMO

O termo *grus* é caracterizado como sendo o produto de alteração profunda em rochas de granulação grossa, uma formação típica observada em granitos e rochas similares, apresentando variações em sua definição na literatura. Portanto o estudo e comparação destes materiais submetidos em diferentes condições, tanto quanto análises geoquímicas e micromorfológicas, é de grande importância para a compreensão dos processos evolutivos e seus significados paleoambientais, possibilitando o entendimento das condições necessárias para a sua formação. Neste estudo, adotou-se a concepção conforme Migon (1997) para a classificação granulométrica do *grus*. O objetivo deste trabalho foi contribuir para a interpretação da formação de *grus* a partir de granito da Suíte Granítica Morungaba no município de Morungaba, região metropolitana de Campinas, investigando os processos atuantes em sua gênese. Para isso foram realizadas descrições morfológicas em campo seguindo o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. Adicionalmente, foram conduzidas análises petrográficas em lâminas delgadas, bem como caracterizações físicas e químicas por meio de granulometria, determinações de rotina pedológica e Fluorescência de Raios X (FRX). Os resultados incluem a descrição de um perfil composto, com a a sua parte inferior apresentando o modelo típico de alteração relatado em bibliografias de estudos em *grus* e sendo o principal foco deste trabalho, tendo sido dividido em sete níveis de alteração, da rocha granítica até o maior grau de intemperismo observado no perfil, efetuando a divisão de horizontes destes perfis e sua caracterização morfológica. Almeja-se que através dos resultados obtidos, seja possível compreender como os processos de intemperismo atuam sobre estas formações, levando em consideração fatores de evolução geoquímica nos diferentes 'níveis' de intemperismo do regolito assim como classificar o tipo de intemperismo químico atuante em sua formação, colaborando para interpretações paleoambientais no contexto da Suíte Granítica Morungaba.

**Palavras-chave:** Granito, Intemperismo, Regolito.

---

<sup>1</sup>Graduanda do Curso de Geologia da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, [e260186@dac.unicamp.br](mailto:e260186@dac.unicamp.br);

<sup>2</sup> Doutor em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, [diegofmachado@gmail.com](mailto:diegofmachado@gmail.com);

<sup>3</sup>Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, [mayralpine@gmail.com](mailto:mayralpine@gmail.com);

<sup>4</sup>Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, [joselemonsveronesi@gmail.com](mailto:joselemonsveronesi@gmail.com);

<sup>5</sup> Professor orientador: Professor Associado, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, [ladeira@unicamp.com](mailto:ladeira@unicamp.com).



## INTRODUÇÃO

O termo *grus* é caracterizado como sendo o produto de alteração profunda em rochas de granulação grossa, sendo uma formação típica observada em granitos e rochas similares, apresentando variações em sua definição na literatura. De acordo com Migón e Thomas (2002) esse produto de alteração pode ocorrer de forma indistinta em diferentes condições climáticas, podendo ocorrer desde um clima quente e úmido, até o temperado frio, não definindo detalhadamente a importância dos parâmetros climáticos para sua formação.

Neste estudo, adotou-se a concepção conforme Migón (1997), segundo a qual *grus* corresponde ao produto do intemperismo de rochas de granulação grossa, caracterizado por apresentar entre 75% e 100% de areia + cascalho, menos de 25% de silte + argila e teor de argila inferior a 10% para o embasamento teórico de classificação.

A formação desse tipo de material envolve mecanismos geoquímicos e estruturais complexos, controlados por fatores mineralógicos, texturais e climáticos (Migón, 1997; Migón e Thomas, 2002; Le Pera et al., 2001; Kajdas, Michalik e Migón., 2017), que influenciam na sua distribuição, composição e evolução, de forma que a compreensão dos processos de intemperismo que atuam sobre rochas graníticas no processo de formação do *grus* é fundamental para a caracterização de perfis de alteração e para a interpretação da gênese de materiais como o *grus*.

Portanto, o presente trabalho busca caracterizar os mecanismos de formação do *grus* em ambientes tropicais úmidos, reforçando a importância da interação entre mineralogia original, microestrutura e dinâmica geoquímica na gênese e evolução desses materiais a partir de um perfil de alteração situado em Morungaba, interior de São Paulo, o mesmo apresenta em sua seção inferior a alteração *in situ* característica dos *grus*.

A metodologia adotada integrou técnicas pedológicas clássicas (Santos *et al.*, 2015) e análises de laboratório (Teixeira *et al.*, 2017), de modo a correlacionar as propriedades físico-químicas com as evidências micromorfológicas e petrográficas observadas em lâminas delgadas. As discussões permitiram identificar a progressiva alteração mineralógica ao longo do perfil, marcada por fenômenos como o processo de expansão da biotita (Isherwood *et al.*, 1976), sericitização dos feldspatos e a



reorganização do ferro na forma de óxidos secundários. A abordagem integrada adotada permite não apenas reconhecer os produtos do intemperismo, mas também compreender os caminhos e controles que condicionam sua formação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Em trabalho de campo nos limites da Pedreira Barbieri, no município de Morungaba (SP), onde afloram monzogranitos pertencentes à suíte granítica Morungaba que se apresentam de forma intrusiva e datam de idades meso a neoproterozóicas (Vlach, 1993). Foram caracterizadas duas seções verticais que compõem um perfil de alteração, com o perfil inferior apresentando as feições de intemperismo identificadas como um perfil de *grus*, de forma que este será o perfil discutido no trabalho. As seções, que resultam em um perfil composto, foram descritas e coletadas de acordo com Santos *et al.* (2015).

Para as análises de rotina pedológica, amostras deformadas foram destorroadas e separadas as frações maiores do que 2 mm para quantificação dos cascalhos e obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). A caracterização física se deu pela análise granulométrica, utilizando o método da Pipeta (Teixeira *et al.*, 2017). Para a caracterização química, foram realizadas análises do pH em água e KCl; determinados os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$  e acidez potencial. A partir destas, foram calculadas a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), percentual de sódio trocável (PST) e atividade da argila (T), seguindo os procedimentos indicados por Teixeira *et al.* (2017).

As amostras deformadas dos diferentes horizontes também foram utilizadas para efetuar as análises de fluorescência de raios – X, onde a partir dos resultados obtidos, aplicou-se o método de valores CIA (Nesbitt; Young, 1982) para classificação da intensidade do intemperismo. Os teores dos elementos expressos em óxidos (Fe, Al, Si, Ti, Mn, Mg, Ca, K, Na e P) foram determinados em amostra fundida com tetraborato de lítio em espectrômetro marca Malvern Panalytical, modelo Zetium na calibração ROC-1, relativa à análise quantitativa por comparação com materiais de referência certificados conforme procedimentos internos do Laboratório de Caracterização Tecnológica (LCT) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), responsáveis pelo preparo da amostra e a determinação dos elementos.



Análises e descrições microscópicas foram realizadas com base em lâminas petrográficas produzidas a partir de amostras indeformadas, previamente impregnadas com resina de poliéster, seguidas pelas etapas de corte, desbaste e montagem, conforme descrito por Castro e Cooper (2019). As observações foram feitas com microscópio óptico polarizante binocular (tipo petrográfico) Leica DM EP.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os perfis BA1 e BA2 foram descritos separadamente devido à dificuldade de acesso, embora constituam um único perfil composto, dada a continuidade lateral observada em campo. A porção superior (BA1) apresenta caráter coluvial, enquanto a inferior (BA2), com 3,52 m de espessura, exhibe feições típicas de intemperismo *in situ*, como esfoliação esferoidal e transição gradual entre materiais litificados e aqueles mais friáveis. Por esse motivo, o perfil BA2 constitui o foco principal deste estudo, com suas características morfológicas descritas no Quadro 1.

**Quadro 1:** Descrição macroscópica

Hor.	Prof. (cm)	Cor; textura; estrutura; consistência (solo seco, úmido e molhado).
<b>BA2 - Seção inferior</b>		
2Cr1	110	Variegado (2,5YR 7/8, 5YR 7/8, 2,5YR 6/8, 10YR 4/4, com pontuações negras); franco arenoso cascalhento; dura, friável, não plástica e não pegajosa.
2Cr2	123	Amarelo-avermelhado (5YR 7/6 seco) Amarelo-avermelhado (5YR 7/6 úmido); franco arenoso cascalhento; maciço; ligeiramente dura, friável, não plástica e não pegajosa.
2Cr3	141/153	Amarelo-avermelhado (7,5YR 6/8 seco) Bruno-forte (7,5YR 5/8 úmido) franco argiloso arenosa cascalhenta; maciço; ligeiramente dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa.
2Cr4	160/172	Rosado (5YR 8/3 seco) Amarelo-avermelhado (5YR 7/6 úmido); areia franca cascalhenta; maciço; ligeiramente dura, friável, não plástica e não pegajosa.
2Cr5	302	Rosado (2,5YR 8/4 seco) Bruno-avermelhado (2,5YR 4/4 úmido); franco arenoso cascalhento; maciço; ligeiramente dura, friável, não plástica e não pegajosa.
2Cr6	326	Vermelho claro (2,5YR 6/8 seco) Vermelho (2,5YR 5/8 úmido); franco arenoso cascalhento; maciço; ligeiramente dura, friável, não plástica e não pegajosa.
2Cr7	352	Rosado (2,5YR 8/3 seco) Bruno-avermelhado-claro (2,5YR 7/4 úmido); areia franca cascalhenta; maciço; muito dura; muito firme.

Do ponto de vista químico, os horizontes das seções superior e inferior do perfil indicam um solo fortemente intemperizado. A variação nos atributos é irregular, possivelmente refletindo a heterogeneidade dos processos de alteração ao longo do



perfil. De modo geral, o pH ácido em todos os horizontes (3,8–4,0), aliado aos altos teores de H+Al e de alumínio trocável — especialmente na seção superior — resulta em elevada saturação por alumínio ( $m\% > 20\%$ ), evidenciando intensa lixiviação de bases e forte acidez potencial. A baixa soma de bases ( $SB < 1,5 \text{ cmolc/kg}$ ) e a saturação por bases inferior a 25% na seção superior, não ultrapassando 50% nos demais horizontes, confirmam o caráter distrófico do material.

Apesar dos valores de sódio não serem demasiado elevados, variando entre 0,5 e 1,7  $\text{cmoc/Kg}$ , os percentuais de sódio trocável (PST) estão relativamente elevados, variando entre 9 e 30%, especialmente na seção inferior. Algo também observado por Santos *et al.* (2012) em solo granítico no semiárido pernambucano assim como por Alpine (2024, dados não publicados) na região de Salto (SP).

Levando em conta inicialmente o fator granulométrico para classificação do *grus* adotado por Migón (1997) - 75% e 100% de areia + cascalho, menos de 25% de silte + argila e teor de argila inferior a 10% - é correto afirmar que o perfil BA2 de fato se classifica como um *grus*, exceto o horizonte 2Cr3, que apresenta quantidade elevada de argila e soma da porcentagem de cascalho e areia insuficiente. Isto provavelmente ocorre pela disposição de sobreposição de dois matacões de granito distintos no perfil, onde a camada 2Cr3 se apresenta como um horizonte de encontro entre eles.

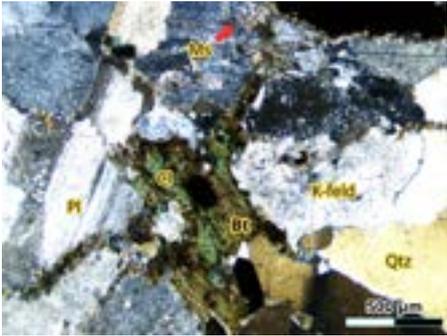
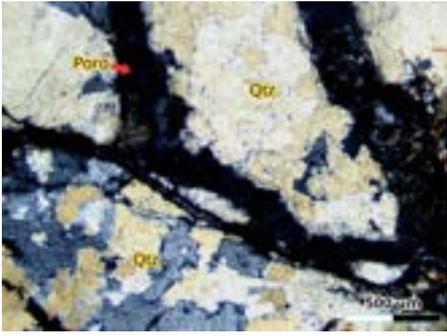
**Tabela 1:** Granulometria e química do complexo sortivo da seção BA2 do perfil.

Horz.	pH		H+Al	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	V	m	PST	T	Casc.	Ar. Grossa	Ar. Fina	Argila	Silte
	H <sub>2</sub> O	KCl													
			----- $\text{cmolc.kg}^{-1}$ -----				----- % -----			$\text{cmol/100g}$ Argila		----- % -----			
2Cr1	3,9	4,6	2,2	0,4	1,05	3,25	32,3	27,6	20,9	20,31	39	73,2	4,1	16	6,7
2Cr2	3,9	4,4	2,2	0,7	0,96	3,16	30,4	42,2	18,7	31,6	35	65,5	12	10	12,5
2Cr3	3,8	4,4	3,8	0,9	0,8	4,6	17,4	52,9	9,3	15,33	35	44,5	8,9	30	16,6
2Cr4	3,9	4,5	2,2	0,9	0,79	2,99	26,4	53,3	14,4	59,8	45	70,1	9,5	5	15,4
2Cr5	3,9	4,5	1,8	0,5	1,33	3,13	42,5	27,3	29,1	44,71	35	61,6	11,3	7	20,1
2Cr6	3,8	4,3	2,5	1,0	0,61	3,11	19,6	62,1	8,4	38,88	46	59,3	7,2	8	25,5
2Cr7	4,0	4,6	1,9	0,6	1,05	2,95	35,6	36,4	19,3	29,5	36	69,7	11	10	9,3

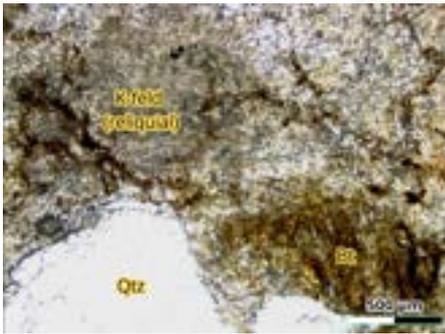
Tendo em vista que o granito estudado neste presente trabalho se trata de um monzogranito, com quantidades semelhantes de k-feldspato, quartzo e plagioclásio, com seus minerais acessórios sendo a biotita, muscovita (que também se apresenta como mineral secundário, junto com a clorita) e os opacos magnetita e ilmenita, tem-se a

partir das descrições de lâminas petrográficas, como as mudanças micromorfológicas de cada horizonte foram evidenciadas, sendo possível traçar como o intemperismo atua sobre aspectos geoquímicos e físicos na transformação mineralógica das rochas da suíte granítica, como indicado no quadro 2:

**Quadro 2:** Descrição das estruturas e mudanças mineralógicas em lâmina petrográfica.

Horizonte	Característica microscópica	Descrição mineralógica
Rocha fresca		Na rocha “fresca” já se torna perceptível o início do processo de sericitização, onde os minerais de plagioclásio e K-feldspato aparentam estar “sujos”. Evidencia-se também o processo de cloritização das biotitas, além do acúmulo de muscovita entre os minerais de biotita, o que indica que a origem deste mineral na rocha não é apenas magmática, mas também é proveniente de alteração. Fraturas pequenas são evidenciadas pelo acúmulo da sericita.
2Cr7		Forte presença de poros pouco revestidos com material fino, graças ao aumento do fraturamento e separação significativa dos minerais; diminuição na granulometria dos quartzos, que exclusivamente neste horizonte apresentam extinção policristalina. Feldspatos alcalinos e plagioclásios já apresentam nível mais avançado de sericitização, onde a sericita resultante se acumula em suas fraturas e em suas maclas. Evidencia-se também acúmulo de material avermelhado entre estas fraturas, proveniente da alteração dos minerais ferromagnesianos.
2Cr6/Cr5 (transição)		Aumento na quantidade de fraturas menores interiores nos quartzos; preenchimento de grande parte dos poros por material fino. Plagioclásio e feldspatos alcalinos se tornam difíceis de serem diferenciados dado o elevado grau de alteração (se apresentam totalmente extintos graças ao grau de alteração), percebendo-se apenas uma espécie de relevo reliquial dos minerais e acúmulo de argila onde anteriormente seriam suas maclas.

2Cr5



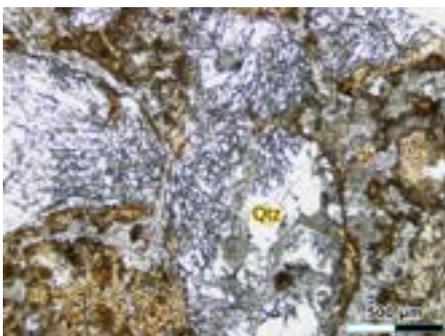
Todos os poros se encontram preenchidos por material fino, onde os grãos de quartzo de fraturam, se afastam e posteriormente são preenchidos pelo material de alteração dos minerais primários; aumento razoável das microfraturas do quartzo. Apresenta abundância (com relação às lâminas anteriores) de material de alteração avermelhado proveniente dos minerais ferromagnesianos percolando e evidenciando as fraturas dos minerais reliquiais. Não há mais ocorrência de muscovita e clorita. Textura na argila sobre mineral reliquial pode revelar sua antiga macla.

2Cr4



Segue o padrão de preenchimento e afastamento das fraturas dos quartzos por material fino, com aumento do número de fragmentos e diminuição de sua granulometria. Veio com material fino totalmente extinto á NC, onde se distribuem possíveis precipitados de goethita (seriam necessárias outras análises químicas para o veredicto) com hábito similar ao de biotitas, isto pode se explicar dado a mobilização do ferro durante o intemperismo das biotitas, que se reagrupa e precipita como goethita em um hábito reliquial da biotita, estes minerais são exclusivos deste horizonte e se encontram dispostos apenas no veio. Plagioclásios se entram totalmente argilizados, enquanto ainda é possível se identificar o relevo reliquial dos feldspatos alcalinos, onde segue-se o padrão de percolação do material de alteração dos minerais ferromagnesianos. A biotita se apresenta desbotada e retorcida neste horizonte.

2Cr3



Continua com o padrão de fraturamento, separação e preenchimento dos poros, porém neste horizonte (que pela classificação granulométrica não se enquadra em um *grus*) o quartzo se apresenta extremamente microfraturado e até mesmo estilhaçado. Observa-se concentrados de argila mais escura com maior relevo, um indício de organização e diferenciação do material de alteração mais claro proveniente da alteração do plagioclásio e feldspatos. Não é possível observar a alteração direta dos minerais ferromagnesianos como nas lâminas anteriores com a percolação de material avermelhado, porém, estima-se que a argila escurecida provém da sua alteração. Ainda é possível observar relevos de minerais reliquiais, porém com menor ocorrência. A quantidade de biotita diminui consideravelmente com relação aos outros horizontes.

2Cr1



Padrão de fraturamento do quartzo se altera, com os espaçamentos preenchidos com argila entre os fragmentos maiores; a incidência de fraturas internas nos minerais diminui. Volta a ter ocorrência de biotita, onde as mesmas se apresentam com aspecto “desfiado”. Há ocorrência de percolação de material de alteração avermelhado entre as fraturas dos minerais reliquiais novamente, os mesmos se encontram com relevo bem rente ao do material fino, se diferenciando principalmente por essas fraturas.

Já com relação aos dados geoquímicos (Tabela 2), para a classificação da intensidade do intemperismo dos horizontes, utilizou-se o método de valores CIA (Nesbitt; Young, 1982), onde percebe-se que o perfil BA2 como um todo é fortemente



intemperizado, evoluindo gradualmente da camada R até o horizonte 2Cr4, com uma pequena descontinuidade no horizonte 2Cr3, voltando a evoluir, agora de forma decrescente nos horizontes 2Cr2 e 2Cr1. Este comportamento era o esperado, já que os dois matacões que compõem o perfil estão dispostos de forma que a esfoliação esferoidal do matacão inferior tem comportamento ascendente, enquanto o superior de fato é decrescente e o horizonte 2Cr3 é a zona de transição entre os dois matacões, refletindo uma descontinuidade do perfil. De acordo com Migón (2002), mantos de *grus* seriam compatíveis com valores de CIA entre 60 e 70, associados a alteração incipiente. Contudo, a presença desse material desagregado proveniente de granitóides com alto grau de alteração química é relatado em ambientes tropicais úmidos (Perri, 2020) o que reforça a possibilidade de intensa atuação do intemperismo químico no perfil estudado, sem que haja, necessariamente, reestruturação pedogenética significativa.

O fato de o horizonte 2Cr3 apresentar uma classificação CIA ligeiramente menor, não significa necessariamente que ele possui um grau de intemperismo menor que os outros horizontes, não refletindo o que o índice demonstrou, já que ele possui evidências claras em seu teor elevado de argila e em sua análise micromorfológica que se trata de um horizonte extremamente intemperizado. Portanto, pode-se concluir que seu resultado foi determinado pela porcentagem ligeiramente mais elevada de K<sub>2</sub>O no horizonte, isso ocorre pois cátions solúveis como Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e o K<sup>+</sup> não ocorrem em maior concentração apenas em camadas do saprólito grosso, mas também em horizontes com matriz argilosa dada a perda desses cátions, que não segue um padrão referente a configuração da matriz (Anand *et al.*, 1985; Clemente; Azevedo, 2007; Jolicoeur *et al.*, 2000).

**Tabela 2:** Dados geoquímicos elementares obtidos por FRX da seção BA2 do perfil.

Amostra	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	PF (%)	CIA
2Cr1	74,1	17,0	1,33	0,05	0,05	0,05	0,05	0,52	0,17	0,05	6,70	96
2Cr2	71,3	19,5	1,11	0,05	0,05	0,05	0,05	0,49	0,14	0,05	7,50	97
2Cr3	72,1	18,0	1,42	0,05	0,05	0,05	0,05	1,06	0,17	0,05	7,11	93
2Cr4	70,7	18,8	1,40	0,23	0,05	0,05	0,05	0,58	0,13	0,05	7,73	96
2Cr7	71,8	18,1	1,17	0,05	0,05	0,05	0,05	1,64	0,13	0,05	7,11	90
R	76,0	12,5	1,17	0,12	0,11	0,60	4,01	4,40	0,05	0,05	0,70	50



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os aspectos estudados no presente trabalho, o *grus* apresenta elevado nível de intemperismo segundo os dados geoquímicos obtidos, porém mantém características macroscópicas da rocha ainda presentes no saprólito a partir da evolução da esfoliação esferoidal dos matacões, variando na sua coloração, textura e consistência graças a proporção de sedimentos finos e oxidação de minerais ferrosos no perfil.

Os dados micromorfológicos e petrográficos indicam que a evolução do intemperismo avança conforme o grau de fraturamento dos minerais, principalmente do quartzo, cuja fragmentação é seguida pelo afastamento e preenchimento por argila permitindo maior infiltração da água e lixiviação dos íons. Percebe-se também que o teor de plagioclásio acelera o processo do intemperismo, já que é o mineral mais instável com relação ao intemperismo neste caso, que se reforça com os altos teores de PST (indicando plagioclásio sódico - albita) encontrados no perfil e a rápida transformação para minerais secundários observado em lâmina. Enquanto o teor maior de k-feldspato pode retardar o processo do intemperismo, dado que são mais estáveis em superfície e que mesmo não conseguindo os distinguir pela perda de sua extinção característica no microscópio, eles persistem nos horizontes em diferentes proporções e são descritos neste trabalho como minerais reliquiares.

Outro fator significativo, agora sobre o começo da formação dos *grus*, é a presença de biotita na rocha e o processo de cloritização observado. Mesmo não sendo um mineral abundante neste caso, a partir do seu intemperismo dado pela sua hidratação e a perda de  $K^+$  (cloritização) e a oxidação do ferro resultam em expansão diferencial, que é aliviada pela expansão da biotita (Isherwood *et al.*, 1976).

Conclui-se então que em um contexto de clima tropical, o intemperismo químico é o mais importante e que é possível que o material *grussificado* persista mesmo que em condições de intemperismo extremas como no caso aqui retratado.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa de iniciação científica que permitiu a realização deste trabalho. FSBL agradece o CNPq pela bolsa Produtividade em Pesquisa (Processo 303977/2021-3).



## REFERÊNCIAS

- ANAND, R. R.; GILKES, R. J.; ARMITAGE, T. M.; HILLYER, J. W. Feldspar weathering in lateritic saprolite. *Clays and Clay Minerals*, v. 33, p. 31–43, 1985.
- CASTRO, S. S. de; COOPER, M. **Fundamentos de micromorfologia de solos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019.
- CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, A. C. de. Mineral weathering in acid saprolites from subtropical, Southern Brazil. *Scientia Agricola*, v. 64, n. 6, p. 601–607, 2007.
- ISHERWOOD, D.; STREET, A. Biotite-induced grossification of the Boulder Creek Granodiorite, Boulder County, Colorado. *Geological Society of America Bulletin*, v. 87, n. 3, p. 366–370, 1976.
- JOLICOEUR, S.; ILDEFONSE, P.; BOUCHARD, M. Kaolinite and gibbsite weathering of Biotite within saprolites and soils of central Virginia. *Soil Science Society of America Journal*, v. 64, n. 3, p. 1118–1129, 2000.
- KAJDAS, B.; MICHALIK, M. J.; MIGOŃ, P. Mechanisms of granite alteration into grus, Karkonosze granite, SW Poland. *Catena*, v. 150, p. 230-245, 2017.
- LE PERA, E.; ARRIBAS, J.; CRITELLI, S.; TORTOSA, A. The effects of source rocks and chemical weathering on the petrogenesis of siliciclastic sand from the Neto River (Calabria, Italy): implications for provenance studies. *Sedimentology*, v. 48, p. 357–378, 2001. DOI: 10.1046/j.1365-3091.2001.00368.x.
- MIGOŃ, P. Palaeoenvironmental significance of grus weathering profiles: a review with special reference to northern and central Europe. *Proceedings of the Geologists' Association*, v. 108, p. 57–70, 1997.
- MIGOŃ, P.; THOMAS, M. F. Grus weathering mantles – Problems of interpretation. *Catena*, v. 49, n. 1-2, p. 5–24, 2002.
- PERRI, Francesco. Chemical weathering of crystalline rocks in contrasting climatic conditions using geochemical proxies: an overview. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 556, p. 109873, 2020.
- SANTOS, J. C. B. dos; SOUZA JÚNIOR, V. S. de; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. D. C. de; BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, p. 683–696, 2012.
- SANTOS, J. C. B. dos; OLIVEIRA, C. S. de; LE PERA, E.; SARTOR, L. R.; CORREA, M. M.; SILVA, A. H. N. da; AZEVEDO, A. C. de. Saprolithology applied to pedology: mineral alteration in soil-saprolite profiles along a climate gradient in Triunfo Massif (NE Brazil). *Catena*, v. 213, 106214, 2022.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2017.