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

Palavras-Chave: Solo, Regolito, Intemperismo

Autores(as):

EMILY SUELEN DOS SANTOS, IG – UNICAMP

Prof(ª). Dr(ª). FRANCISCO SÉRGIO BERNARDES LADEIRA (orientador), IG - UNICAMP

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 Migoń 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.

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.*

METODOLOGIA:

Em trabalho de campo nos limites da Pedreira Barbieri, no município de Morungaba (SP), foram caracterizadas duas seções verticais (BA1 e BA2) que compõe um perfil de alteração do monzogranito

pertencente à suíte granítica Morungaba, sendo a seção inferior BA2 uma típica alteração *in situ* descrita nas bibliografias sobre *grus*, apresentando esfoliação esferoidal e transição gradual entre materiais litificados e mais friáveis, sendo dividido em sete horizontes de alteração distintos, enquanto sua porção superior BA1 apresenta um solo mal desenvolvido de caráter coluvial.

As seções foram descritas e coletadas de acordo com Santos *et al.* 2015. 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 Ca2+, Mg2+, K+, Na+, Al3+ e acidez potencial. A partir destas, foram calculadas a soma de base (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:

A descrição macroscópica do perfil considerou características como cor, textura, estrutura e consistência do solo úmido, seco e molhado, sendo essencial principalmente para percepção das mudanças no perfil e possibilitando a divisão ainda em campo dos diferentes horizontes de alteração.

Já os resultados do ponto de vista químico obtidos pela análise pedológica de rotina apresentam evidências de forte intemperismo, tanto na seção superior, quanto na inferior do perfil, com variação irregular em seus atributos, refletindo heterogeneidade de alteração ao longo do perfil. Já com relação ao fator granulométrico, levando em consideração a classificação adotada 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).

Tabela 1: Granulometria e química

Horz.	pH		H+Al	Al^{3+}	SB	CTC	V	m	PST	T	Casc.	Ar. Grossa	Ar. Fina	Argila	Silte
	H2O	KCl													
			---------- $cmol_c.kg^{-1}$ ---------				---------- % ----------			cmol/100 g Argila	---------- % ----------				
BA1 - Seção superior															
A	3,8	4,4	5,8	1,4	1,44	7,24	19,9	49,3	11,5	20,69	29	49,4	6,4	35	9,2
Bi	3,9	4,4	5,2	1,5	1,34	6,54	20,5	52,8	8,9	13,08	44	36,7	7,2	50	6,1
C1	3,8	4,5	6,4	1,3	1,51	7,91	19,1	46,3	9,9	19,78	37	43,5	6,6	40	9,9
C2	3,8	4,4	5,8	1,5	1,12	6,92	16,2	57,3	11,4	17,3	34	42,8	7,6	40	9,6
BA2 - Seção inferior															
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

As descrições de lâminas petrográficas dos diferentes níveis de alteração permitiu a compreensão das mudanças estruturais e mineralógicas conforme o avanço do intemperismo, sendo possível caracterizar o comportamento de fraturamento e de alteração dos minerais da rocha. Os dados levantados 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.

Os dados geoquímicos obtidos por FRX na seção BA2 do perfil explicita o forte intemperismo sofrido pelo perfil através do índice de intemperismo dado pelo método de valores CIA (tabela 2). 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.

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

Amostra	SiO2 (%)	Al2O3 (%)	Fe2O3 (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na2O (%)	K2O (%)	TiO2 (%)	P2O5 (%)	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

CONCLUSÕES:

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.

O comportamento de fraturamento do quartzo, somado com as variações das proporções de plagioclásio e dos k-feldspatos nos horizontes de alteração são fatores diretamente ligados à velocidade e intensidade de ação do intemperismo. Outro fator mineralógico significante, 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.

BIBLIOGRAFIA

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 grussification 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. M**echanisms 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.

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; 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.