

MINERALOGIA, MORFOLOGIA E ANÁLISE MICROSCÓPICA DE SOLOS DO BIOMA CERRADO⁽¹⁾

J. B. V. GOMES⁽²⁾, N. CURTI⁽³⁾, D. G. SCHULZE⁽⁴⁾,
J. J. G. S. M. MARQUES⁽⁵⁾, J. C. KER⁽⁶⁾ & P. E. F. MOTTA⁽⁷⁾

RESUMO

As características macro e micromorfológicas dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos das superfícies Sul-Americana e Velhas foram estudadas em perfis sob cobertura de vegetação nativa, visando estabelecer um referencial para futuras comparações com áreas similares sob constante intervenção antrópica em termos de sustentabilidade. Com os solos referenciados por sub-região e pela superfície geomórfica que representam, três agrupamentos foram constituídos: Grupo 1: solos de textura argilosa a muito argilosa e hipo a mesoférricos; Grupo 2: solos de textura média a arenosa e hipoférricos, e Grupo 3: solos de textura argilosa a muito argilosa e férricos. O horizonte Bw dos Latossolos argilosos e muito argilosos estudados (Grupos 1 e 3), com relações caulínicas/(caulinita + gibbsita) variando de 0,27 a 0,77, apresentaram grande coincidência de estrutura e microestrutura, respectivamente, forte muito pequena granular e de microagregados. Os solos do Grupo 2, Latossolos de textura média e um Neossolo

⁽¹⁾ Recebido para publicação em maio de 2003 e aprovado em maio de 2004.

⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros. Av. Beira-Mar 3250, CEP 49025-040 Aracaju (SE). E-mail: bosco@cpatc.embrapa.br

⁽³⁾ Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras – UFLA. CEP 37200-000 Lavras (MG). Bolsista do CNPq. E-mail: niltcuri@ufla.br

⁽⁴⁾ Professor, Agronomy Department, Purdue University, 47907-1150 West Lafayette-IN, USA. E-mail: dschulze@purdue.edu

⁽⁵⁾ Professor Adjunto do Departamento de Ciência do Solo, UFLA. E-mail: jmarques@ufla.br

⁽⁶⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa – UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG) E-mail: jcker@solos.ufv.br

⁽⁷⁾ Pesquisador da Embrapa Solos. R. Jardim Botânico 1024, CEP 22460-000 Rio de Janeiro (RJ). E-mail: motta@cnpes.embrapa.br

Quartzarênico, apresentaram o plasma preferencialmente como películas aderidas aos grãos que dominam o fundo matricial. A presença marcante de agregados na fração areia, resistentes ao tratamento para dispersão da terra fina, se deu apenas nos Latossolos argilosos e muito argilosos do Grupo 3 (com caráter férrico) e em parte do Grupo 1 (naqueles mais gibbsíticos). No leste de Goiás, o horizonte Bw dos perfis de G2, Latossolos Amarelos de mineralogia gibbsítica e isenta de hematita, apresentaram feições observadas em lâmina delgada de cor vermelha e agregados residuais da fração areia com hematita detectada pela difração de raios-X, aspectos que corroboram a hipótese de um pedoambiente mais úmido dessa posição na paisagem relativamente à posição G1, com perfis de Latossolos Vermelhos.

Termos de indexação: Latossolos, Neossolos Quartzarênicos, micromorfologia.

SUMMARY: MINERALOGY, MORPHOLOGY AND MICROSCOPIC ANALYSIS OF SOILS OF THE CERRADO BIOME

The macro and micromorphological characteristics of the surface and subsurface diagnostic horizons of Oxisols and Quartzipsamments of the South American and Velhas geomorphic surfaces were analyzed in profiles under native vegetation cover, in order to establish a reference for future comparisons with similar areas under ongoing human intervention. The soils in their respective subregions and geomorphic surfaces were classified in three groups: Group 1: hypo to mesoferric, clayey to very clayey soils; Group 2: hypoferric; sandy to sandy loam soils, and Group 3: ferric, clayey to very clayey soils. The Bw horizons of the studied clayey and very clayey Oxisols (Groups 1 and 3), with kaolinite/(kaolinite + gibbsita) ratio varying from 0.27 and 0.77, present elevated similarity in macrostructure and microstructure, which are granular. The soil plasma of Group 2 (sandy loam Oxisols and a Quartzipsament) is film-like and is adhered to grains that are dominant in the matrix background. The marked presence of dispersion resistant aggregates in the sand fraction occurred only in Group 3 ferric clayey Oxisols and in more gibbsitic Oxisols of Group 1. In Bw horizons of yellowish gibbsitic Oxisols of the G2 profiles from eastern Goiás, red colored thick sections and residual aggregates of the sand fraction with presence of hematite detected by X-ray diffraction were observed. These features corroborate the hypothesis of a more humid pedoenvironment at this landscape position compared to that at position G1, where reddish Oxisol profiles are found.

Index terms: Oxisol, Entisol, micromorphology.

INTRODUÇÃO

A morfologia dos Latossolos é conhecida por apresentar a maior parte do plasma do horizonte B contido em agregados granulares muito pequenos, os microagregados (Vidal-Torrado et al., 1999). A expressão máxima dessa morfologia reflete-se na micromorfologia em uma trama grânica/granóidica e microestrutura granular/micropédica (Stoops & Buol, 1985; Kalima & Spaargaren, 1988; Vidal-Torrado & Lepsch, 1993), mas variações de comportamento são comuns, dependendo, principalmente, da mineralogia da fração argila e da textura dos solos.

Os microagregados de solos tropicais intemperizados são muito resistentes e tiveram papel de destaque na formulação da hipótese da hierarquia da agregação dos solos (Oades & Waters, 1991). Mais recentemente, outros pesquisadores levantaram dados e novas hipóteses surgiram para explicar a maior resistência e durabilidade desses microagregados, quando comparados aos de solos menos intemperizados (Schulze & Stott, 1997; Vrdoljak, 1998; Marques, 2000; Schaefer, 2001). Essa maior resistência é atestada pela dificuldade de se refletir o teor de argila em pegajosidade na textura avaliada pelo tato (Cline & Buol, 1973). É muito citada a sensação inicial de areia ao tato de

Latossolos argilosos e muito argilosos (Buol & Eswaran, 2000), normalmente relacionada com as denominadas areia e silte funcionais (Resende et al., 2002). Essa resistência faz com que, em Latossolos mais oxidados, areia e silte incluam também agregados mais resistentes aos tratamentos de dispersão química e mecânica realizados na análise granulométrica.

Considerando que variações na morfologia latossólica ocorrem mesmo para os solos das superfícies geomórficas da região dos Cerrados (onde ela é mais bem expressa), foi objetivo deste trabalho analisar a macro e micromorfologia dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos das superfícies Sul-Americana e Velhas, sob cobertura vegetal nativa. Além disso, a observação pormenorizada dos atributos macro e micromorfológicos dos solos realça aspectos dos mais sensíveis à intervenção antrópica: estrutura, porosidade, permeabilidade, compactação e encrostamento do solo (Bullock et al., 1985). Assim, a observação desses aspectos sob remanescentes de cobertura vegetal nativa, cada vez

mais raros ou mesmo inexistentes (principalmente nas chapadas), servirá como referencial para futuras comparações com áreas similares sob constante intervenção antrópica, em termos de sustentabilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Sub-regiões e amostragem

A amostragem foi realizada em três sub-regiões: Leste de Goiás (G), Noroeste de Minas (N) e Triângulo Mineiro (T), considerando a repetição das superfícies geomórficas (Figura 1). Os solos amostrados correspondem às posições de paisagem com maior amplitude em cada superfície, o que coincide com posições de topo a meia encosta e áreas de elevado aproveitamento agrícola (Figura 1C). Amostraram-se três repetições, todas sob cobertura vegetal nativa, de 13 posições na paisagem, totalizando 39 perfis de solo.

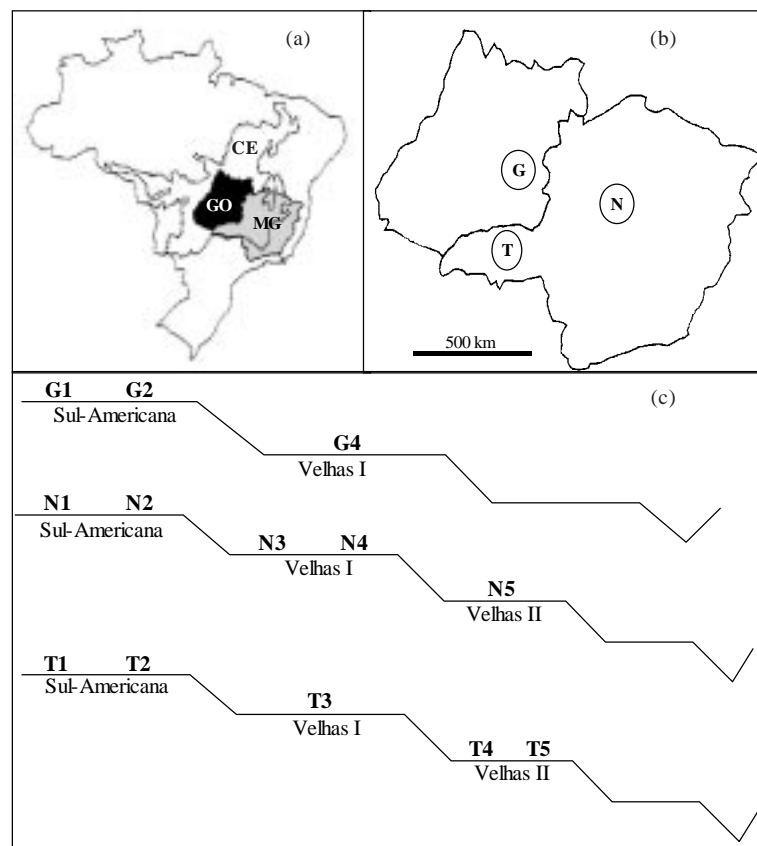


Figura 1. Mapa do Brasil mostrando a região dos Cerrados (CE) e os estados de Goiás (GO) e Minas Gerais (MG) (a). Mapa dos estados de Goiás e de Minas Gerais mostrando a localização aproximada das três áreas de estudo: leste de Goiás (G), noroeste de Minas Gerais (N) e Triângulo Mineiro (T) (b). Esquema mostrando as diferentes posições de amostragem (código dos perfis de solo), conforme a superfície geomórfica e a área de estudo (c). A distância horizontal em C está fora de escala entre as áreas e varia de dezenas a centenas de km (adaptado de Marques, 2000).

Os dados de clima das três sub-regiões encontram-se em Gomes et al. (2004). Os solos das diferentes posições de paisagem foram agrupados pela textura e teor de Fe_2O_3 do ataque sulfúrico (Quadro 1).

O perfil de cada solo representativo foi descrito em trincheira, segundo Lemos & Santos (1996), sendo a amostragem realizada em duas profundidades (0–0,2 e 0,8–1,0 m), totalizando 78 amostras. Cada amostra representa um horizonte diagnóstico, superficial ou subsuperficial, de cada pedon, estando representada por um código de quatro caracteres: (1) letras G, N e T, que correspondem às sub-regiões já indicadas; (2) números 1–5, que representam diferentes posições na paisagem (Figura 1C); (3) letras A, B e C, que representam as três repetições de cada posição na paisagem de cada sub-região, e (4) números 1 e 2, respectivamente, horizontes diagnósticos; superficial (horizonte A) e subsuperficial (horizontes Bw, no

caso de Latossolos, e C, no caso de Neossolos Quartzarênicos). O código, além do formato por amostra (por exemplo, N1C1), pode aparecer de forma parcial, referindo-se à posição na paisagem de determinada sub-região (por exemplo, N1) ou a um perfil específico (por exemplo, N1C). A morfologia e a granulometria foram realizadas para o total das amostras. Para a análise micromorfológica, coletaram-se amostras indeformadas em pelo menos uma repetição de todas as posições de paisagem, tendo sido as posições T4 e T5, com perfis de solo originados de basalto, amostradas em duas repetições. A mineralogia da fração argila e as areias foram examinadas e caracterizadas em uma repetição de cada posição na paisagem.

Análises de solos

As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras de malha de 2 mm, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

Quadro 1. Informações ambientais dos perfis agrupados pela textura e teor de Fe_2O_3 do ataque sulfúrico dos solos (hipoférrico: teores < 8 %; mesoférrico: teores variando de 8 a < 18 %, e férrico: teores de 18 a < 36 %, conforme Embrapa, 1999)

Sub-região	Código do perfil	Classificação ⁽¹⁾	Vegetação nativa	Declive	Altitude
				%	m
Grupo 1. Solos de textura argilosa a muito argilosa e hipo a mesoférricos (21 perfis)					
Leste de Goiás	G1A, G1B e G1C	LVw	Cerrado	1	990-1.130
	G2A e G2C	LAW	Cerrado	1-2	990-1.080
	G2B	LVAd	Cerrado	1	1.000
	G4A	LVd	Floresta tropical subcaducifolia	4	930
	G4B	LVwf	Floresta tropical subcaducifolia	4	950
	G4C	LVd	Cerrado	4	860
Noroeste de Minas	N1A, N1B, N1C	LVd	Cerrado	1	900-920
	N2A, N2B e N2C	LVAd	Cerrado	1	880-930
Triângulo Mineiro	T1A, T1B e T1C	LVd típico	Cerrado	1	920-940
	T2A, T2B e T2C	LVAd	Cerrado	1	970-980
Grupo 2. Solos de textura média a arenosa e hipoférricos (12 perfis)					
Noroeste de Minas	N3A e N3C	LAdp	Cerrado	0-3	830
	N3B	LAd	Cerrado	0	840
	N4A, N4B e N4C	RQo	Cerrado	2-4	750-770
	N5A, N5B e N5C	LVd	Cerrado	1-2	530-580
Triângulo Mineiro	T3A	LVdp	Cerrado	1	820
	T3B e T3C	LVd	Cerrado	1	710-790
Grupo 3. Solos de textura argilosa a muito argilosa e férricos (6 perfis)					
Triângulo Mineiro	T4A, T4B, T5A e T5C	LVdf	Floresta tropical subcaducifolia	1-4	510-560
	T4C e T5B	LVwf	Floresta tropical subcaducifolia	1	520-540

⁽¹⁾ Classes de solo: 1^o e 2^o níveis categóricos: LA = Latossolo Amarelo, LV = Latossolo Vermelho, LVA = Latossolo Vermelho-Amarelo e RQ = Neossolo Quartzarênico; 3^o e 4^o níveis categóricos: w = ácrico típico, wf = acriférrico típico, df = distrófico típico, dp = distrófico psamítico, d = distrófico típico e o = órtico típico.

A análise granulométrica seguiu as recomendações da Embrapa (1997). As relações moleculares $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki) e $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ (Kr) foram calculadas a partir das extrações de Fe, Al e Si após tratamento da TFSA com H_2SO_4 1:1 (volume).

A quantificação da mineralogia da fração argila foi feita a partir das razões obtidas dos difratogramas e da alocação dos valores de Si, Al, Fe e Ti do ataque sulfúrico, método adaptado de Resende et al. (1987). Nas análises de difração de raios-X (DRX), foram separadas amostras de argila a partir da terra fina por sedimentação após dispersão com NaOH 1,0 mol L^{-1} (Embrapa, 1997).

A areia do horizonte subsuperficial, após dispersão da TFSA com NaOH de forma semelhante ao preparo da amostra para a granulometria (Embrapa, 1997), foi separada por tamisação nas frações: areia grossa (2,0–0,2 mm) e areia fina (0,2–0,05 mm). As duas frações foram observadas em lupa bilocular, espalhando-se pequenas quantidades do material em placas de petri quarteadas, possibilitando a confecção de fotografias por câmera acoplada à bilocular e a quantificação dos grãos de quartzo, agregados que resistiram à dispersão da análise granulométrica e grãos de minerais escuros (incluindo magnéticos). Também foram realizadas observações de forma e cor dos materiais. Para aquelas amostras com quantidades significativas de agregados e grãos escuros, foi realizada a DRX do material moído. Para separar os grãos escuros destas amostras, foram empregados um magneto de mão e uma fase líquida de elevada densidade (tetrabrometano, densidade = 2,9 Mg m^{-3}). Os agregados foram separados manualmente. Todas as amostras foram testadas para reação à presença de H_2O_2 1:1 a frio, visando à detecção de revestimentos de manganês.

As análises micromorfológicas foram realizadas em lâminas delgadas de 3,5 x 7,0 cm, confeccionadas a vácuo, com resina de poliéster (Fitzpatrick, 1984), a partir de amostras indeformadas, e observadas em microscópio de luz plana, com polarização, luz refletida e transmitida da ZEISS, modelo AXIOPLAN. As análises seguiram critérios estabelecidos em Brewer (1976), Bullock et al. (1985) e Lima et al. (1985). Para as micrografias, empregou-se o programa KS400 de análise de imagens da ZEISS, acoplado ao microscópio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Morfologia dos solos

Ocorre grande dominância da estrutura forte muito pequena granular nos horizontes subsuperficiais, com variações nos Latossolos de textura média do Grupo 2 e uma exceção na estrutura em grãos simples dos perfis de Neossolos

Quartzarênicos da posição N4 (Quadro 2). Se a expressão da estrutura granular é favorecida pela presença de óxidos de Al e de Fe (Resende et al., 2002), mesmo os horizontes subsuperficiais dos Latossolos argilosos relativamente mais cauliniticos do Grupo 1 [perfis N1A e N2A, relação $\text{Ct}/(\text{Ct} + \text{Gb})$ de 0,69 e 0,77, respectivamente, contra 0,27 do perfil G2A, o mais gibbsítico], apresentam estrutura forte muito pequena granular, típica dos Latossolos da região dos cerrados. Os solos do Grupo 3 apresentam relações $\text{Ct}/(\text{Ct} + \text{Gb})$ entre 0,65 e 0,73 e são, marcadamente, de estrutura granular, influenciados pelo elevado teor de Fe_2O_3 que apresentam (Quadro 3).

O horizonte A de vários perfis, incluindo a quase totalidade daqueles sob vegetação nativa de floresta (G4A e todos os perfis do Grupo 3), apresenta uma estrutura em blocos subangulares de grau moderado a forte, conseqüência dos constantes ciclos de umedecimento e secagem sobre esse horizonte (Resende et al., 2002).

Análise microscópica de areias dos horizontes subsuperficiais

Alguns solos apresentam na sua fração areia quantidades expressivas de agregados residuais (Quadro 4 e Figuras 2, 3 e 4). As areias dos perfis do Grupo 3 (Figura 4), T4A e T5A, são aquelas com maiores quantidades desses agregados, influenciadas pelo elevado teor de Fe_2O_3 (299 e 281 g kg^{-1} , para as amostras T4A2 e T5A2, respectivamente), fato associado ao material de origem (basalto) desses perfis de solos. Pinheiro-Dick & Schwertmann (1996), ao compararem a resistência à desagregação mecânica em diferentes Oxissolos, encontraram maior resistência naqueles com maior conteúdo de óxidos de Fe.

Os perfis das posições G1 e G2 (Figuras 2a e 2b), com 46 a 70 % de agregados residuais na fração areia, são os de mineralogia mais gibbsítica de todos os solos estudados, independentemente do teor de Fe_2O_3 e da relação $\text{Gt}/(\text{Gt} + \text{Hm})$. A influência positiva da gibbsita (Gb) na estabilidade de agregados de Oxissolos, aqui se refletindo na quantidade de agregados resistentes ao tratamento para dispersão da análise granulométrica, foi citada por Bartoli et al. (1991). Ferreira et al. (1999) e Vitorino (2001) também afirmaram que Latossolos gibbsíticos desenvolvem estrutura granular muito resistente. Isso pode ser devido ao arranjo esférico das placas de gibbsita e ao maior ponto isoelétrico desse mineral. Existe também a possibilidade de que os microagregados de Oxissolos apresentem um núcleo de matéria orgânica, indisponível ao ataque microbiano, à volta do qual as placas de gibbsita se organizariam (Vrdoljak, 1998).

A presença de 21 % de agregados residuais na fração areia fina do perfil T2A (Figura 2f) pode ser comparada com a ausência desses agregados no

Quadro 2. Caracterização morfológica dos perfis agrupados pela textura e teor de Fe do ataque sulfúrico dos solos

Perfil ⁽¹⁾	Horizonte superficial		Horizonte subsuperficial	
	Cor úmida	Estrutura	Cor úmida	Estrutura
Grupo 1. Solos de textura argilosa a muito argilosa e hipo a mesoférricos				
G1	2,5YR 3/4	Forte muito pequena granular	2,5YR 3/6 e 2,5YR 4/6	Forte muito pequena granular
G2	10YR 3/3 e 7,5YR 4/2	Forte muito pequena granular	10YR 5/6, 4YR 4/7 e 9YR 5/8	Forte muito pequena granular
G4	2,5YR 3/3, 5YR 3/3 e 5YR 3/4	Moderada pequena e média blocos subangulares e forte pequena granular	10R 3/6 e 2,5YR 4/7	Forte muito pequena granular
N1	2,5YR 2,5/4	Moderada muito pequena granular	2,5YR 3/6	Forte muito pequena granular (alguns blocos subangulares)
N2	5YR 4/4	Moderada muito pequena granular	4YR 4/6	Forte muito pequena granular
T1	2,5YR 3/4	Fraca a moderada pequena a média blocos subangulares	2,5YR 3/6	Forte muito pequena granular
T2	7,5YR 3/3	Fraca pequena a média granular	5YR 4/6	Forte muito pequena granular
Grupo 2. Solos de textura média a arenosa e hipoférricos				
N3	10YR 3/2	Moderada média blocos subangulares (alguns grânulos)	10YR 4/4	Forte pequena granular
N4	5YR 5/4	Grãos simples	5YR 5/6	Grãos simples
N5	2,5YR 3/4	Moderada pequena e média blocos subangulares (alguns grânulos)	2,5YR 4/6	Forte muito pequena granular
T3	5YR 3/5	Fraca pequena a média granular	2,5YR 3/6	Fraca a moderada muito pequena granular
Grupo 3. Solos de textura argilosa a muito argilosa e férricos				
T4	10R 3/2	Moderada a forte pequena blocos subangulares	10R 3/5	Forte muito pequena granular
T5	10R 3/2	Moderada a forte pequena a média blocos subangulares	10R 3/4	Forte muito pequena granular

⁽¹⁾ Perfis por posição na paisagem.

perfil T1A (Figura 2e). Eles apresentam relação Ct/(Ct + Gb) do horizonte subsuperficial bem próxima (respectivamente, 0,54 e 0,58, para T1A2 e T2A2), mas diferem muito na relação Gt/(Gt + Hm) (respectivamente, 0,14 e 0,77, para T1A2 e T2A2), o que está refletido na cor desses solos, respectivamente, vermelho e vermelho-amarelo, para T1A e T2A. A maior resistência à dissolução da goethita (Gt), relativamente à hematita (Hm), está bem documentada na literatura (Kämpf & Curi, 2000), mas não é feita nenhuma diferenciação entre a resistência de agregados goethíticos e hematíticos.

Para os solos argilosos estudados, parece ocorrer uma interessante conjunção dos efeitos do teor de

óxidos de Fe do ataque sulfúrico e das relações Ct/(Ct + Gb) e Gt/(Gt + Hm), estando os agregados residuais na fração areia, e previstamente na fração silte (não analisada), associados aos valores muito elevados de óxidos de Fe (perfis T4A e T5A) e aos valores muito baixos da relação Ct/(Ct + Gb) (perfis G1A e G2C). Quando o teor de óxidos de Fe e a relação Ct/(Ct + Gb) foram intermediários (perfis G4A, T1A e T2A), uma elevada relação Gt/(Gt + Hm) parece ter influenciado para que o material de solo ainda apresentasse quantidades expressivas de agregados residuais na fração areia, caso de T2A. Para os Latossolos de textura média, o efeito da mineralogia ficou diluído pela textura mais grosseira

Quadro 3. Teores de argila, Fe₂O₃ do ataque sulfúrico e índices Ki e Kr da fração terra fina seca ao ar e características mineralógicas de amostras de solo selecionadas

Amostra	Horizonte	Argila	Fe ₂ O ₃	Ki	Kr	Gt/(Gt + Hm) ⁽¹⁾	Ct/(Ct + Gb) ⁽¹⁾
———— g kg ⁻¹ ————							
Grupo 1. Solos de textura argilosa a muito argilosa e hipo a mesoférricos							
G1A1	A	640	138,3	0,53	0,43	0,48	0,40
G1A2	B	729	137,6	0,53	0,44	0,49	0,38
G2C1	A	608	83,8	0,54	0,48	1,00	0,41
G2C2	B	685	88,5	0,35	0,31	1,00	0,27
G4A1	A	527	106,1	0,91	0,73	0,62	0,62
G4A2	B	615	120,3	0,77	0,62	0,27	0,54
N1A1	A	417	83,2	1,16	0,91	0,36	0,72
N1A2	B	522	98,8	1,09	0,88	0,37	0,69
N2A1	A	382	95,1	1,25	1,02	1,00	0,77
N2A2	B	467	98,5	1,26	1,05	0,42	0,77
T1A1	A	469	83,2	0,86	0,70	0,13	0,53
T1A2	B	521	98,8	0,80	0,64	0,14	0,54
T2A1	A	660	95,1	0,87	0,75	1,00	0,59
T2A2	B	763	98,5	0,88	0,75	0,77	0,58
Grupo 2. Solos de textura média a arenosa e hipoférricos							
N3A1	A	108	25,5	0,76	0,67	1,00	0,53
N3A2	B	148	16,1	0,81	0,70	1,00	0,55
N4A1	A	77	22,1	1,45	1,21	0,00	0,81
N4A2	C	67	11,0	1,68	1,42	0,00	0,91
N5A1	A	150	28,1	1,63	1,29	0,37	1,00
N5A2	B	219	36,2	1,66	1,34	0,45	0,92
T3A1	A	79	37,2	0,73	0,57	0,50	0,52
T3A2	B	128	40,1	0,74	0,58	0,51	0,51
Grupo 3. Solos de textura argilosa a muito argilosa e férricos							
T4A1	A	524	295,5	0,98	0,55	0,00	0,67
T4A2	B	697	299,3	0,92	0,53	0,00	0,65
T5A1	A	504	307,7	1,09	0,64	0,00	0,73
T5A2	B	624	281,3	1,05	0,62	0,00	0,71

⁽¹⁾ Ct: caulinita; Gt: goethita; Hm: hematita; Gb: gibbsita.

Quadro 4. Teores de quartzo, agregados residuais e minerais escuros da fração areia de horizontes subsuperficiais selecionados dos solos estudados

Perfil	Areia fina (< 0,2 mm)				Areia grossa (> 0,2 mm)			
	Total TFSA ⁽¹⁾	Quartzo	Agregados residuais	Minerais escuros	Total TFSA ⁽¹⁾	Quartzo	Agregados residuais	Minerais escuros
	g kg ⁻¹	———— % ————			g kg ⁻¹	———— % ————		
Grupo 1. Solos de textura argilosa a muito argilosa e hipo a mesoférricos								
G1A	80	47	53	1	36	28	70	3
G2C	66	47	52	1	81	54	46	1
G4A	99	89	5	5	35	84	-	16
N1A	220	97	-	2	183	98	0	2
N2A	186	99	-	1	239	99	0	0
T1A	246	98	-	2	137	98	0	2
T2A	56	76	21	3	75	97	1	2
Grupo 2. Solos de textura média a arenosa e hipoférricos								
N3A	335	99	0	1	461	100	0	0
N4A	793	100	0	1	58	100	0	0
N5A	535	98	0	2	105	88	3	9
T3A	625	98	0	2	165	99	0	0
Grupo 3. Solos de textura argilosa a muito argilosa e férricos								
T4A	49	13	77	11	17	13	81	6
T5A	100	16	64	21	20	24	67	10

⁽¹⁾ TFSA = Terra fina seca ao ar.



Figura 2. Fotografias de amostras de horizontes subsuperficiais (Bw), Grupo 1 (solos de textura argilosa a muito argilosa e hipo a mesoférricos): Areia fina, perfil G2C, com grande quantidade de agregados residuais (a); Areia grossa, perfil G2C, com grande quantidade de agregados residuais, reparar agregados mais vermelhos (o maior em cima e ao centro) e alguns minerais escuros (b); Areia fina, perfil G4A, com dominância de grãos de quartzo angulares avermelhados e foscos, reparar mineral escuro à direita (c); Areia grossa, perfil N2A, com dominância de grãos de quartzo arredondados e hialinos, parcialmente avermelhados, reparar mineral escuro ao centro (d); Areia fina, perfil T1A, com dominância de grãos de quartzo subangulares a subarredondados avermelhados e hialinos (e); Areia fina, perfil T2A, com agregados residuais e grãos de quartzo subarredondados e hialinos, reparar mineral escuro em cima ao centro (f).

dos solos, pois seria o caso de N3A, um Latossolo Amarelo (LA) com relação $Ct/(Ct + Gb)$ de 0,55, mostrar alguma quantidade de agregados residuais na fração areia, o que não ocorreu (Figura 3).

Nenhuma das amostras de areia apresentou reação à presença de peróxido de hidrogênio, sendo consideradas virtualmente isentas de materiais mangânicos.

Mineralogia das areias

Para todas as amostras, de todos os grupos, o quartzo (Qz) é o mineral predominante nas frações areia fina e grossa, como constatado a partir da DRX dessas frações.

No grupo 1, os agregados residuais do perfil G1A, um Latossolo Vermelho (LV), consistem de uma

mistura de Qz, Gb, Hm, caulinita (Ct) e Gt (Quadro 5 e Figura 5). No perfil G2C, um LA, cuja mineralogia da fração argila evidenciou ausência de Hm [relação $Gt/(Gt + Hm) = 1$, Quadro 3], foi confirmada essa ausência nos agregados da fração areia fina. Nos agregados da fração areia grossa, a Hm foi detectada e reflete a presença de feições vermelhas observadas nos agregados residuais (Figura 2b). Essas feições vermelhas também são observadas na lâmina delgada do horizonte Bw (Figura 8e). É bastante lógico admitir que a presença desses agregados residuais vermelhos tenha influenciado a detecção da Hm pela DRX.

No Grupo 3, os agregados de T4A e T5A confirmam a ausência de Gt na fração argila (Quadros 3 e 5 e Figura 6), o que os diferencia dos

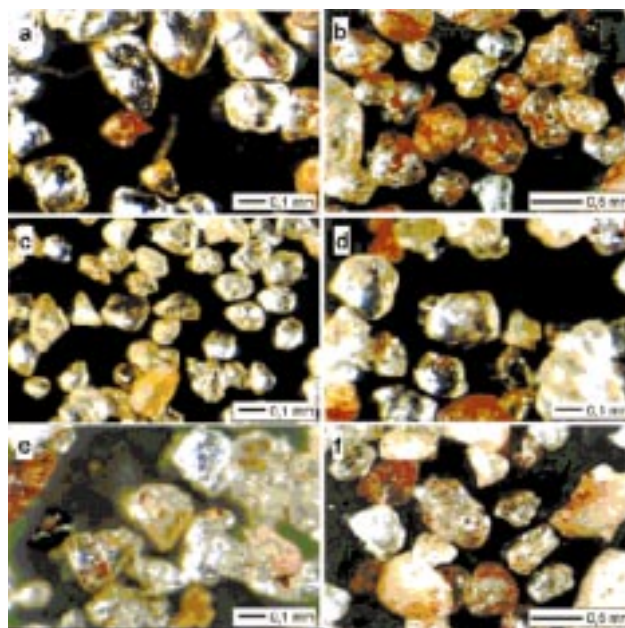


Figura 3. Fotografias de amostras de horizontes subsuperficiais (Bw e C), Grupo 2 (solos de textura média a arenosa e hipoférricos): Areia fina, perfil N3A, com grãos de quartzo subarredondados, hialinos e parcialmente avermelhados (a); Areia grossa, perfil N3A, com grãos de quartzo arredondados, hialinos e avermelhados, reparar mineral escuro em cima à direita (b); Areia fina, perfil N4A, com grãos de quartzo subarredondados e hialinos (c); Areia fina, perfil N5A, com grãos de quartzo subarredondados, hialinos e parcialmente avermelhados (d); Areia fina, perfil T3A, com grãos de quartzo angulares a subangulares, hialinos e parcialmente avermelhados, reparar mineral escuro à esquerda (e); Areia grossa, perfil T3A, com grãos de quartzo subangulares a arredondados, foscos a hialinos e parcialmente avermelhados, reparar mineral escuro em cima ao centro (f).

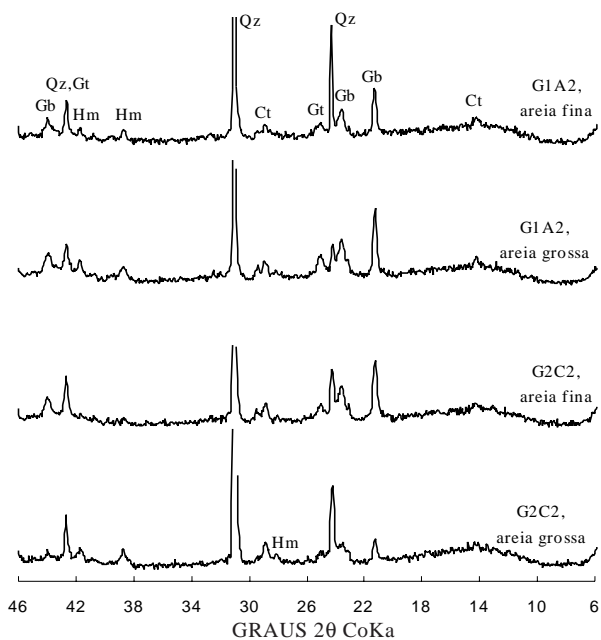


Figura 5. Difratogramas de raios-X de agregados residuais da fração areia de horizontes subsuperficiais (Bw), Grupo 1 (solos de textura argilosa a muito argilosa e hipo a mesoférricos; G1A = Latossolo Vermelho ácrico típico e G2C = Latossolo Amarelo ácrico típico): Ct - caulinita, Gb - gibbsita, Gt - goethita, Hm - hematita e Qz - quartzo.

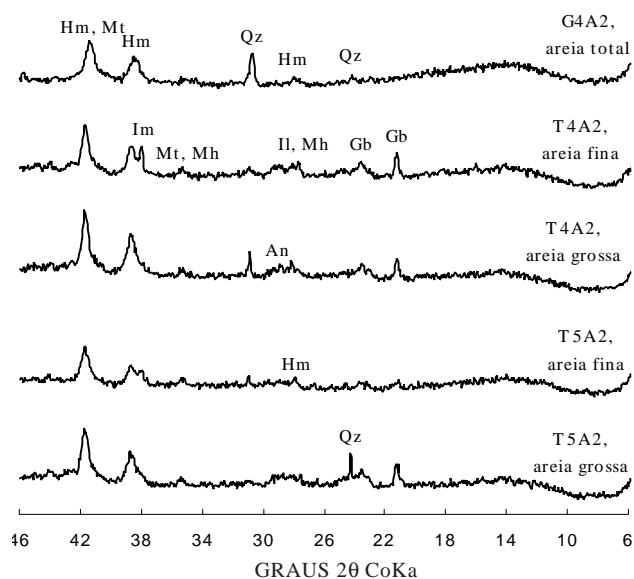


Figura 7. Difratogramas de raios-X de minerais e agregados residuais pesados (densidade > 2,9 Mg m⁻³) e magnéticos da fração areia de horizontes subsuperficiais (Bw) dos perfis G4A (Latossolo Vermelho distrófico típico), T4A e T5A (ambos Latossolos Vermelhos distróferricos típicos): An - anatásio, Gb - gibbsita, Hm - hematita, Il - Ilmenita, Mh - maghemita, Mt - magnetita e Qz - quartzo.

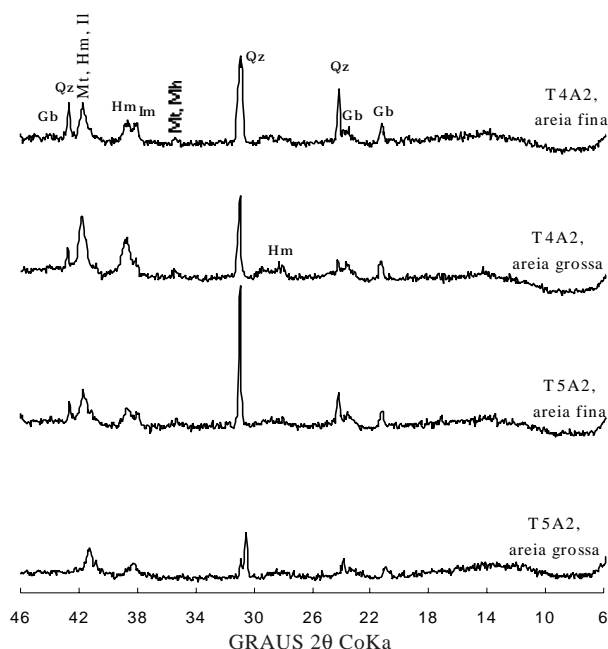


Figura 6. Difratogramas de raios-X de agregados residuais da fração areia de horizontes subsuperficiais (Bw), Grupo 3 (solos de textura argilosa a muito argilosa e férricos; T4A e T5A = Latossolos Vermelhos distróferricos típicos): Gb - gibbsita, Hm - hematita, Il - Ilmenita, Mh - maghemita, Mt - magnetita e Qz - quartzo.

Ct/(Ct + Gb) de 0,91 contra 0,77 da amostra mais caulinitica do Grupo 1 (horizontes A e B do perfil N2A). Cabe ressaltar a boa expressão da microestrutura granular nos solos do Grupo 3, influenciada pelo caráter férrico desses solos.

Os solos do Grupo 2, de textura mais grosseira, apresentam microestrutura do tipo de grãos interligados e de grãos com películas, ocorrendo também inclusão de microestrutura com microagregados entre grãos (Figura 10). A subdominância de microagregados em Latossolos de textura média (Quadro 7) já tinha sido mencionada por Lima (1988), com o plasma formando preferivelmente massas aderidas aos grãos que dominam o fundo matricial, embora possam ocorrer Latossolos de textura média mais próxima aos limites da textura argilosa com predominância de microagregados, como aquele estudado por Santos et al. (1989). Dessa forma, as diferentes mineralogias não produziram grandes diferenças de microestrutura, bem como já não tinham apresentado na estrutura (Quadro 2), sendo excedidas pelo efeito da textura dos diferentes solos.

Em cada perfil, os horizontes subsuperficiais (Bw) dos Grupos 1 e 3 apresentam, relativamente aos horizontes superficiais, melhor distinção dos microagregados, mais discretos (Figura 8b) ou mais coalescidos (Figura 9b). A maior atividade biológica (como canais deixados pela fauna nas Figura 8a, 8f

Quadro 6. Características micromorfológicas de perfis de solo selecionados, agrupados pela textura e teor de Fe do ataque sulfúrico dos solos

Perfil	Horizonte	Microestrutura (ordem decrescente de ocorrência)	Tipo de poro	Observações sobre nódulos ou outros aspectos relevantes
Grupo 1. Solos de textura argilosa a muito argilosa e hipo a mesoférricos				
G1A	A	Granular adensada e granular	De empacotamento	Alguns agregados e nódulos amarelados no plasma vermelho.
G1A	B	Granular e de canais (na parede dos agrotúbulos)	De empacotamento	Dois agrotúbulos semi-integros; parede externa dos agrotúbulos com baixa pedalidade.
G2A	A	Granular adensada e granular	De empacotamento	Alguns agregados vermelhos.
G2A	B	Granular e granular adensada	De empacotamento	Nódulos e muitos agregados vermelhos no plasma amarelo.
G4A	A	De canais e granular adensada (inclusão de camaras)	Canais, cavidades, alvéolos e de empacotamento	Nódulos pequenos e mais vermelhos que a cor dominante do plasma; trama porfirica; fragmentos xistosos.
G4A	B	Granular adensada e granular	De empacotamento e canais	Grãos com cores de interferência fortes (muitos fragmentos xistosos).
N1A	A	Granular adensada e granular	De empacotamento	Fragmentos de carvão.
N1A	B	Granular adensada e granular	De empacotamento	Agrotúbulos; opacos, em parte fragmentos de carvão.
N2A	A	Granular adensada e granular	De empacotamento	-
N2A	B	Granular adensada e granular	De empacotamento	-
T1A	A	Granular adensada e de canais (inclusão granular)	De empacotamento e canais	Opacos, em parte fragmentos de carvão.
T1A	B	Granular e granular adensada	De empacotamento	Opacos, em parte fragmentos de carvão.
T2A	A	Granular adensada e granular	De empacotamento	Plasma bicolor sob nicóis cruzados.
T2A	B	Granular e granular adensada	De empacotamento	Agrotúbulos; plasma bicolor sob nicóis cruzados.
Grupo 2. Solos de textura média a arenosa e hipoférricos				
N3A	A	De grãos com películas e de grãos interligados (inclusão com micro-agregados entre grãos)	De empacotamento e canais	Fragmentos de carvão (opacos).
N3A	B	De grãos interligados e com microagregados entre grãos (inclusão de grãos com películas)	De empacotamento e canais	-
N4A	A	De grãos com películas e de grãos interligados	De empacotamento e canais	Nódulos são áreas de maior concentração de plasma num fundo matricial dominado por esqueleto de quartzo.
N4A	C	De grãos com películas e de grãos interligados	De empacotamento e canais	Nódulos como os do horizonte A, sendo mais distintos.
N5A	A	De grãos interligados e de grãos com películas	De empacotamento, canais e fissuras	Partes do fundo matricial com mais plasma são de menor pedalidade; opacos, em parte fragmentos de carvão.
N5A	B	De grãos interligados e de grãos com películas (inclusão com microagregados entre grãos)	De empacotamento	Microagregados com muitos fragmentos de quartzo (tamanho de silte).
T3A	A	De grãos com películas e de grãos interligados (inclusão com microagregados entre grãos)	De empacotamento	Microagregados como em N5A, horizonte Bw.
T3A	B	De grãos interligados e de grãos com películas	De empacotamento	-
Grupo 3. Solos de textura argilosa a muito argilosa e férricos				
T4A	A	Granular adensada e granular	De empacotamento	Muito fragmento opaco no plasma.
T4B	A	Granular adensada e granular	De empacotamento	Muito fragmento opaco no plasma.
T4A	B	Granular e granular adensada	De empacotamento	Muito fragmento opaco no plasma; raízes finas e fragmentadas; parte dos nódulos são porosos.
T4B	B	Granular (inclusão granular adensada)	De empacotamento	Muito fragmento opaco no plasma.
T5A	A	Granular adensada e de canais (inclusão granular)	De empacotamento e canais	Muito fragmento opaco no plasma; grãos de calcedônea.
T5B	A	Granular adensada e granular	De empacotamento	Muito fragmento opaco no plasma; grãos de calcedônea.
T5A	B	Granular (inclusão granular adensada)	De empacotamento	Muito fragmento opaco no plasma; grãos de calcedônea; opacos, em parte fragmentos de carvão.
T5B	B	Granular adensada e granular	De empacotamento	Muito fragmento opaco no plasma.

e 9c) e a maior frequência de ciclos de umedecimento e secagem sobre os horizontes superficiais prejudicam a definição dos microagregados, além de impingir-lhes maior coalescência, promovendo deformações mecânicas que lhes aumentam o tamanho (Vidal-Torrado et al., 1999).

Observa-se presença constante de pequenos fragmentos opacos (carvão) no plasma de materiais dos horizontes A dos perfis sob vegetação nativa de cerrado (mais bem observados na figura 9g), fato que pode estar associado à elevada frequência do fogo nesse tipo de vegetação (Furley, 1996; Furley, 1999). Os fragmentos de carvão são semelhantes àqueles encontrados em microagregados de origem biológica de Latossolos com horizonte A húmico por Silva & Vidal-Torrado (1999). A presença de fragmentos de carvão maiores, soltos no fundo matricial, também

ocorre (Figura 9a). Nos perfis do Grupo 3, a presença dos opacos se acentua muito (Quadros 6 e 7 e Figura 11h), independentemente do horizonte analisado e do tamanho do fragmento, boa parte englobando acumulações ferruginosas herdadas do material de origem (basalto) ou sendo produtos de alteração de minerais do próprio basalto.

A presença de um plasma manchado de vermelho, com vários nódulos e agregados dessa cor no perfil G2A (Figura 8e), serviu para confirmar a presença de Hm nos agregados residuais da sua fração areia grossa, detectada pela DRX (Quadro 5 e Figuras 2b e 5). Igualmente, serve para reforçar a hipótese de que nos perfis associados à superfície Sul-Americana de G, a ocorrência de Latossolo Vermelho-Amarelo e LA na posição G2 possa estar relacionada com um pedoambiente mais úmido (Motta et al., 2002), por

Quadro 7 Quantitativos de características micromorfológicas de perfis de solo selecionados, agrupados pela textura e teor de Fe do ataque sulfúrico dos solos

Perfil	Horizonte	Esqueleto					Plasma	Poros
		Quartzo	Outro mineral	Opaco	Nódulos	Raiz		
%								
Grupo 1. Solos de textura argilosa a muito argilosa e hipo a mesoférricos								
G1A	A	5	traços	traços	traços	6	48	41
G1A	B	7	0	traços	traços	traços	53	40
G2A	A	16	traços	traços	traços	2	44	38
G2A	B	15	traços	0	7	traços	47	31
G4A	A	23	1	traços	traços	traços	50	26
G4A	B	15	1	0	3	2	54	25
N1A	A	35	traços	2	0	2	35	26
N1A	B	29	traços	traços	0	1	42	28
N2A	A	38	0,5	0,5	traços	2	33	26
N2A	B	33	traços	0	0	1	41	25
T1A	A	28	1	traços	0	2	39	30
T1A	B	26	1	traços	traços	traços	40	33
T2A	A	9	traços	2	traços	3	47	39
T2A	B	8	traços	1	traços	traços	55	36
Grupo 2. Solos de textura média a arenosa e hipoférricos								
N3A	A	58	traços	traços	traços	1	26	15
N3A	B	44	1	0	traços	traços	27	28
N4A	A	53	1	1,5	1	0,5	8	35
N4A	C	47	1,5	2	2,5	0,5	8,5	38
N5A	A	40,5	1	2	traços	0,5	29	27
N5A	B	34	1	1	traços	traços	31,5	32,5
T3A	A	46	1	traços	0	1	21	31
T3A	B	45	traços	1	0	0	20	34
Grupo 3. Solos de textura argilosa a muito argilosa e férricos								
T4A	A	6,5	traços	1	traços	1	57,5	34
T4B	A	4,5	traços	1	1	1,5	49	43
T4A	B	4	traços	3	traços	2	42	49
T4B	B	4,5	traços	2	3	traços	47,5	43
T5A	A	3	2	1	2	1	52	39
T5B	A	5	traços	1	2	1	45,5	45,5
T5A	B	3	2	1	1	1	45	47
T52	B	3,5	1	2	2,5	1	48	42

ser a posição G1 relativamente mais elevada que G2 (Figura 12). Se a característica mais típica do plasma de Oxissolos é sua homogeneidade, como de todo o fundo matricial, decorrente da grande

pedoturbação (Stoops & Buol, 1985), no mínimo, é inesperada a presença desse plasma amarelo com várias “feições” vermelhas, corroborando a hipótese anterior.

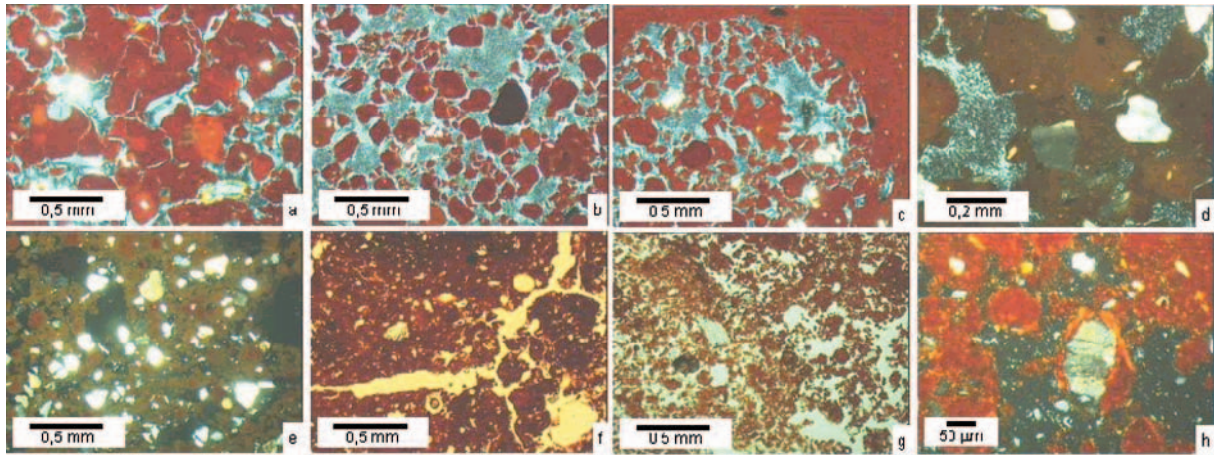


Figura 8. Micrografias de materiais dos perfis do Grupo 1 (solos de textura argilosa a muito argilosa e hipo a mesoférricos), perfis do leste de Goiás. G1A (LVw típico), horizonte A: dominância de estrutura granular adensada, alguns agregados com plasma menos vermelho que o restante, raízes e canais provenientes de atividade biológica (a); G1A, horizonte Bw: estrutura granular, elevada porosidade (b); G1A, horizonte Bw: agrotúbulo preenchido com microagregados, notando-se a perda de pedalidade de sua parede relativamente ao restante do fundo matricial (c); G2A (LAW típico), horizonte A: dominância de estrutura granular adensada, pontuações escuras no interior dos agregados (d); G2A, horizonte Bw: estrutura granular e granular adensada, vários agregados com plasma mais vermelho que o restante (e); G4A (LVd típico), horizonte A: alvéolo (canais conectados), realçando elevada atividade biológica (f); G4A, horizonte Bw: dominância de estrutura granular adensada (g); G4A, horizonte Bw: concentração plásmica revestindo grão de quartzo (h) [micrografias (f) e (g) sob luz polarizada em um plano, sendo as restantes sob nicóis cruzados].

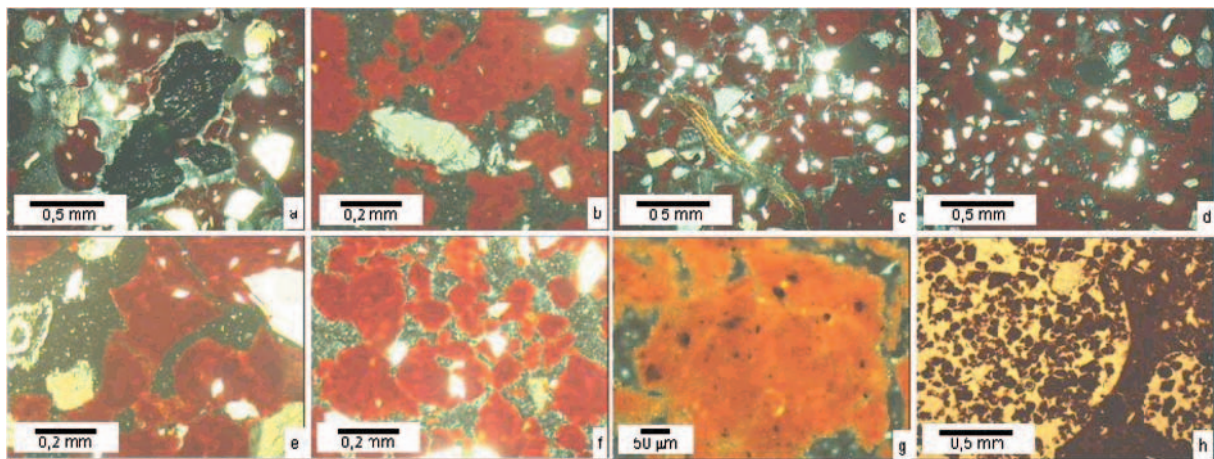


Figura 9. Micrografias de materiais de perfis do Grupo 1 (solos de textura argilosa a muito argilosa e hipo a mesoférricos), perfis do noroeste de Minas e do Triângulo Mineiro. N1A (LVd típico), horizonte A: microagregados (dominância de estrutura granular adensada) e fragmento de carvão (a); N1A, horizonte Bw: estrutura granular e granular adensada (b); N2A (LVAd típico), horizonte A: dominância de estrutura granular adensada, fragmento de raiz (c); N2A, horizonte Bw: dominância de estrutura granular adensada (d); T1A (LVd típico), horizonte A: microagregados limitados por canais de atividade biológica e porosidade conectada, fragmento de raiz (e); T1A, horizonte Bw: dominância de estrutura granular (f); T2A (LVAd típico), horizonte A: detalhe de microagregado, com muitas pontuações escuras (g); T2A, horizonte Bw: agrotúbulo preenchido com microagregados, notando-se a perda de pedalidade de sua parede relativamente ao restante do fundo matricial (h) [micrografia (h) sob luz polarizada em um plano, sendo as restantes sob nicóis cruzados].

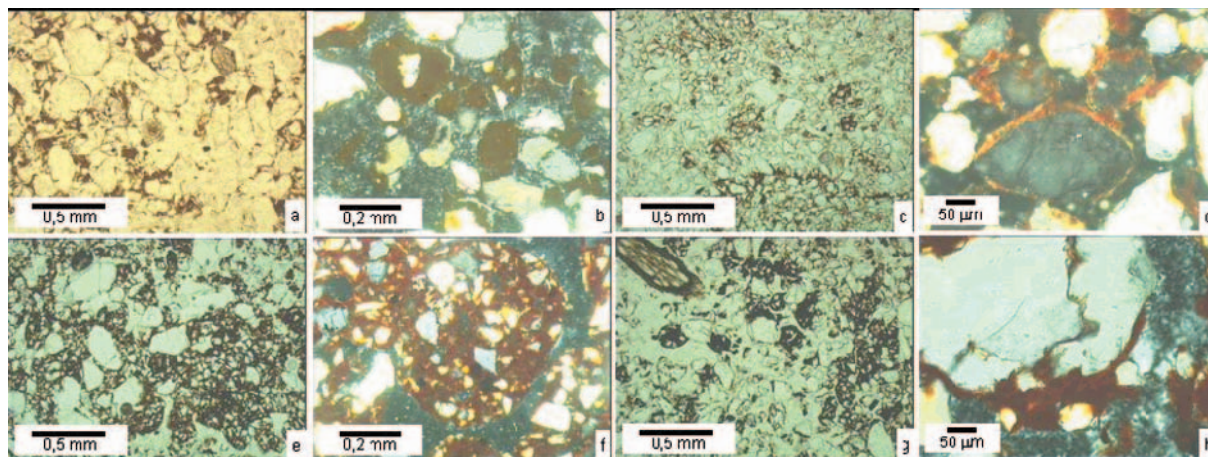


Figura 10. Micrografias de materiais de perfis do Grupo 2 (solos de textura média a arenosa e hipoférricos). N3A (LAd psamítico), horizonte A: estrutura de grãos interligados e de grãos com películas (a); N3A, horizonte Bw: agregados cercados de esqueleto de quartzo e poros (b); N4A (RQo típico), horizonte A: estrutura de grãos interligados e de grãos com películas (c); N4A, horizonte C: detalhe de grão de quartzo revestido com plasma (d); N5A (LVd típico), horizonte A: estrutura de grãos interligados e de grãos com películas, sendo nítido domínios com mais (embaixo) e menos (em cima) plasma (e); N5A, horizonte Bw: microagregado bem individualizado, com muito quartzo (f); T3A (LVd psamítico), horizonte A: estrutura de grãos com películas e de grãos interligados, fragmento de raiz (g); T3A, horizonte Bw: detalhe de grãos de quartzo revestidos e interligados por plasma (h) [micrografias (a), (c), (e) e (g) sob luz polarizada em um plano, sendo as restantes sob nicóis cruzados].

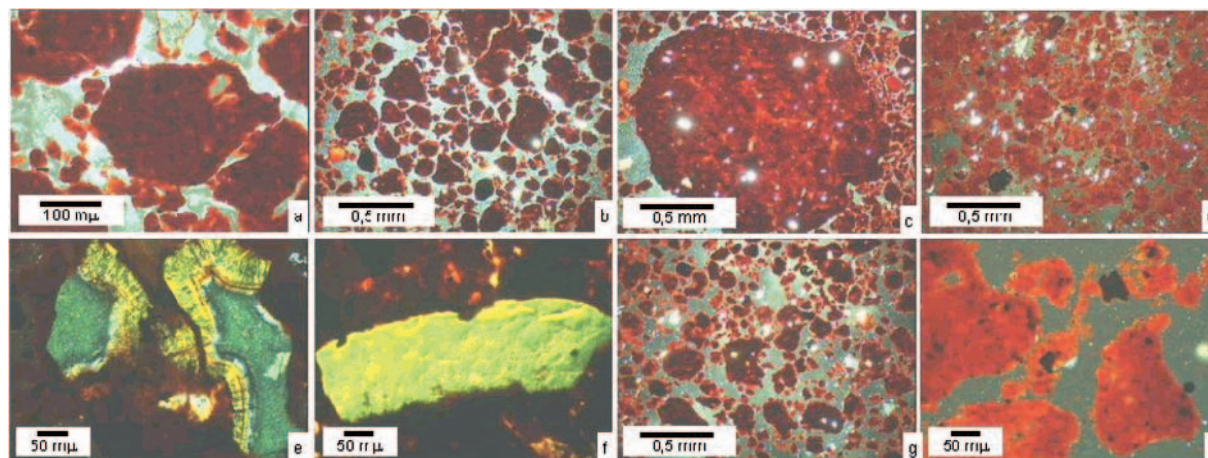


Figura 11. Micrografias de materiais de perfis do Grupo 3 (solos de textura argilosa a muito argilosa e férricos). T4B (LVdf típico), horizonte A: detalhe de agregados, por vezes porosos (algo grumosos) (a); T4B, horizonte Bw: estrutura granular, plasma escuro (b); T4B, horizonte Bw: nódulo (c); T5B (LVwf típico), horizonte A: estrutura granular adensada e granular, opacos (d); T5A (LVdf típico), horizonte A: grão de calcedônia com aspecto de um geodo (e); T5A, horizonte A: pseudomorfo de biotita (f); T5A, horizonte Bw: estrutura granular (g); T5A, horizonte Bw: detalhe de microagregados, pontuações e fragmentos opacos (h) [micrografias sob nicóis cruzados].

Essas feições avermelhadas podem ser interpretadas de dois modos distintos, mas ambos envolvem um pedoambiente relativamente mais úmido em G2 que em G1: (a) Os nódulos avermelhados seriam resquícios de um período em que todos, ou quase todos, os solos das chapadas eram avermelhados. Com o posterior surgimento de condições mais úmidas, houve xantização dos horizontes superficiais, mas

permaneceram alguns nódulos avermelhados de maior resitência. (b) Mesmo sendo bem drenados, os solos na posição G2 podem ter microssítios onde ocorrem, temporariamente, condições de redução. Por difusão, decorrente do gradiente então estabelecido, o Fe^{2+} movimentar-se-ia para sítios mais bem oxigenados, onde se precipitaria na forma de Hm. Esses sítios mais bem oxidados são os nódulos avermelhados.

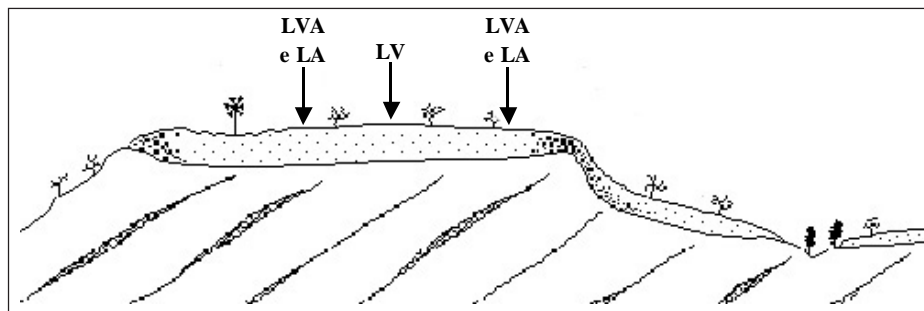


Figura 12. Representação esquemática da distribuição de Latossolos Vermelhos (LV), Vermelho-Amarelos (LVA) e Amarelos (LA) na paisagem da primeira superfície do leste de Goiás (adaptado de Motta et al., 2002).

A única amostra em que poros de empacotamento não dominam a lâmina é o horizonte A do perfil G4A, onde predominam canais, cavidades e alvéolos (Quadro 6). O Grupo 3 apresenta as amostras com maior espaço poroso (média de 43 %). Os Grupos 1 e 2 são semelhantes em termos médios (respectivamente, 32 e 30 % de poros), mas apresentam muita variabilidade entre os perfis de solo (Quadro 7). No Grupo 1, por exemplo, os perfis da superfície Sul-Americana de N (N1A e N2A) são menos porosos que os de G e T que ocorrem nessa mesma superfície, em consonância com o caráter mais caulinitico das amostras de N (Quadro 3), como já observado por Ferreira et al. (1999). De qualquer forma, a dominância de poros de empacotamento ajuda a explicar a elevada permeabilidade dos perfis estudados, conforme observações de campo.

Nódulos ferruginosos, como os já comentados opacos, ocorrem em todos os solos do Grupo 3, aspecto associado à influência de material máfico nos perfis deste grupo.

Os agrotúbulos provenientes de atividade biológica das amostras do horizonte B dos perfis G1A, N1A e T2A (Figuras 8c e 9h) apresentam a parede externa com plasma adensado e trama interna preenchida por microagregados e assemelham-se aos pedotúbulos de Latossolos do norte de Minas, descritos por Oliveira et al. (2000).

CONCLUSÕES

1. O horizonte Bw dos Latossolos argilosos e muito argilosos estudados (Grupos 1 e 3), com relações de cauliniticas/(caulinita+gibbsita) variando de 0,27 a 0,77, apresenta grande coincidência de estrutura e microestrutura, respectivamente forte muito pequena granular e de microagregados (granular adensada ou granular).

2. Os solos do Grupo 2, Latossolos de textura média e um Neossolo Quartzarênico, apresentam o plasma preferencialmente como películas aderidas aos grãos que dominam o fundo matricial.

3. A presença marcante de agregados na fração areia, resistentes ao tratamento para dispersão da terra fina seca ao ar, ocorreu apenas nos Latossolos argilosos e muito argilosos do Grupo 3 (com caráter férrico) e em parte do Grupo 1 (naqueles mais gibbsíticos).

4. O horizonte Bw dos Latossolos Amarelos de mineralogia gibbsítica e isenta de hematita, da posição G2 do leste de Goiás, apresenta agregados residuais da fração areia e feições observadas em lâmina delgada (microagregados e nódulos) de cor vermelha e com hematita detectada pela difração de raios-X, que corroboram a hipótese de um pedoambiente mais úmido dessa posição relativamente à posição G1, com perfis de Latossolos Vermelhos.

LITERATURA CITADA

- BARTOLI, F.; BURTIN, G. & HERBILLON, A.J. Desaggregation and clay dispersion of Oxisols: Na resin, a recommended methodology. *Geoderma*, 49:301-317, 1991.
- BREWER, R. Fabric and mineral analysis of soils. New York, R.E. Krieger, 1976. 482p.
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONJERIUS, A.; STOOPS, G. & TURSINA, T. Handbook for soil thin section description. Wolverhampton, Waine Research Publications, 1985. 153p.
- BUOL, S. W. & ESWARAN, H. Oxisols. *Adv. Agron.*, 68:151-195, 2000.
- CLINE, M.G. & BUOL, S.W. Soils of the Central Plateau of Brazil and extension of results of field research conducted near Planaltina, Federal District, to them. Ithaca, Cornell University, 1973. 43p. (Agronomy Mimeo 73-13)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 412p.

- FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B. & CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região Sudeste do Brasil. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:507-514, 1999.
- FITZPATRICK, E.A. *Micromorphology of soils*. London, Chapman and Hall, 1984. 433p.
- FURLEY, P.A. The influence of slope on the nature and distribution of soils and plant communities in the Central Brazilian cerrado. In: ANDERSON, M.G. & BROOKS, S.M., eds. *Advances in Hillslope processes*. New York, John Wiley, 1996. v.1, p.327-346.
- FURLEY, P.A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. *Global Ecol. Biog.*, 8:223-241, 1999.
- GOMES, J.B.V.; CURI, N.; MOTTA, P.E.F.; KER, J.C.; MARQUES, J.J.G.S. & SCHULZE, D.G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma Cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:137-153, 2004.
- KALIMA, C. & SPAARGAREN, O. Oxisols in Zambia. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP: CLASSIFICATION, CHARACTERIZATION AND UTILIZATION OF OXISOLS, 8., Rio de Janeiro, 1986. Proceedings. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SMSS/ATD/UPR, 1988. p.167-173.
- KÄMPF, N. & CURI, N. Óxidos de ferro: indicadores de ambientes pedogênicos e geoquímicos. *Tópicos Ci. Solo*, 1:107-138, 2000.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.
- LIMA, P.C. Micromorfologia de "horizonte B" de Latossolos do Sudeste e do Sul do Brasil. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., Rio de Janeiro, 1988. Anais. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS/SBCS, 1988. p.391-411.
- LIMA, P.C.; CURI, N. & LEPSH, I.F. Terminologia de micromorfologia do solo. *Boletim Inf. SBCS*, 10:33-43, 1985.
- MARQUES, J.J.G.S.M. Trace element distributions in Brazilian cerrado soils at the landscape and micrometer scales. West Lafayette, Purdue University, 2000. 172p. (Tese de Doutorado)
- MOTTA, P.E.F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J.C.; PEREIRA, N.R.; CARVALHO J., W. & BLANCANEUX, P. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. *Pesq. Agropec. Bras.*, 37:869-878, 2002.
- OADES, J.M. & WATERS, A.G. Aggregate hierarchy in soils. *Aust. J. Soil Res.*, 29:815-828, 1991.
- OLIVEIRA, C.V.; KER, J.C.; DUARTE, M.N.; CURI, N. & FONTES, L.E.F. Atributos micromorfológicos de solos do projeto Jaíba, norte de Minas Gerais. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:117-128, 2000.
- PINHEIRO-DICK, D. & SCHWERTMANN, U. Microaggregates from Oxisols and Inceptisols: dispersion through selective dissolutions and physicochemical treatments. *Geoderma*, 74:49-63, 1996.
- RESENDE, M.; BAHIA F., A.F.C. & BRAGA, J.M. Mineralogia da argila de Latossolos estimada por alocação a partir do teor total de óxidos do ataque sulfúrico. *R. Bras. Ci. Solo*, 11:17-23, 1987.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. Viçosa, NEPUT, 2002. 338p.
- SANTOS, M.C.D.; MERMUT, A.R. & RIBEIRO, M.R. Submicroscopy of clay microaggregates in an Oxisol from Pernambuco, Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53:1895-1901, 1989.
- SCHAEFER, C.E.R. Brazilian Latosols and their B horizon microstructure as long-term biotic constructs. *Aust. J. Soil Res.*, 39:909-926, 2001.
- SCHULZE, D.G. & STOTT, D.E. Soil structure alteration: the role of soil mineralogy, chemistry, and microbiology. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO/EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, 1997. 19p. CD-ROM
- SILVA, A.C. & VIDAL-TORRADO, P. Gênese dos Latossolos Húmicos e sua relação com a evolução da paisagem numa área cratônica do sul de Minas Gerais. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:329-341, 1999.
- STOOPS, G.F. & BUOL, S.W. Micromorphology of Oxisols. In: DOUGLAS, L.A. & THOMPSON, M.L., eds. *Soil micromorphology and soil classification*. Madison, Soil Science Society of America, 1985. p.105-119. (SSSA. Special Publication, 15)
- VIDAL-TORRADO, P. & LEPSH, I.F. Morfogênese dos solos de uma toposeqüência com transição B latossólico/B textural sobre migmatitos em Mococa (SP). *R. Bras. Ci. Solo*, 17:109-119, 1993.
- VIDAL-TORRADO, P.; LEPSH, I.F.; CASTRO, S.S. & COOPER, M. Pedogênese em uma seqüência Latossolo-Podzólico na borda de um platô na Depressão Periférica Paulista. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:909-921, 1999.
- VIDAL-TORRADO, P. & LEPSH, I.F. Relações material de origem/solo e pedogênese em uma seqüência de solos predominantemente argilosos e latossólicos sobre psamitos na Depressão Periférica Paulista. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:357-369, 1999.
- VITORINO, A.C.T. Relação da mineralogia e química do solo com a dispersão de argila e estabilidade de agregados do tamanho silte. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 79p.
- VRDOLJAK, G.A. *Ultramicroscopy of a Brazilian Oxisol*. Berkeley, University of California, Berkeley, 1998. CD-ROM. (Tese de Doutorado)