

ORIENTAÇÃO DAS CAMADAS DE ROCHAS METAPELÍTICAS POBRES NA GÊNESE DE LATOSOLOS SOB CERRADO¹

CESAR DA SILVA CHAGAS², NILTON CURI³, MARIZA NASCIMENTO DUARTE⁴,
PAULO EMILIO FERREIRA DA MOTTA² e JOSÉ MARIA DE LIMA³

RESUMO - Durante o levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos da região sob influência do reservatório de Itutinga/Camargos, Minas Gerais, foram identificados Latossolo Variação Una (LU) e Latossolo Vermelho-Escuro (LE), que ocorrem em íntima associação geográfica, sob idênticas condições de relevo, vegetação, clima, material de origem regional e posição na paisagem. O tipo de orientação das camadas do material originário, por condicionar um regime de umidade diferenciado nos dois sistemas, exerceu efeito marcante na pedogênese destes solos: (1) a orientação horizontalizada das camadas condicionou a gênese de Latossolo Variação Una, de cores amareladas, menor grau de intemperismo-lixiviação, evidenciado pelos maiores valores dos índices Ki e Kr e pela relação gibbsita/caulinita mais baixa, menor espessura do solum e apresentando maior proporção goethita/hematita; e (2) a orientação inclinada das camadas condicionou, em condições equiparáveis, a formação de Latossolo Vermelho-Escuro, de melhor drenagem, mais intemperizado (maior relação gibbsita/caulinita e menores índices Ki e Kr), com solum mais espesso, apresentando menor relação Fe_o/Fe_d , maior proporção hematita/goethita e, consequentemente, cores mais avermelhadas.

Termos para indexação: orientação de camadas da rocha, xantização, Latossolos, cerrado.

ORIENTATION OF LAYERS OF POOR METAPELLITIC ROCKS ON GENESIS OF LATOSOLS (OXISOLS) UNDER CERRADO VEGETATION

ABSTRACT - During the high intensity reconnaissance soils survey of the region under influence of Itutinga/Camargos reservoir, MG, Brazil, Una variant Latosol (LU) and Dark-Red Latosol (LE), both Oxisols, which occur in intimate geographical association, under identical conditions of relief, vegetation, climate, regional parent material and landscape position were identified. The type of orientation of layers of the parent material, by conditioning a differential moisture regime in the two systems exerts markable influence on the pedogenesis of these soils: (1) the horizontal orientation of the layers conditioned the genesis of the Una variant Latosol, having yellowish colors, lower grade of weathering-leaching, evidenced by higher values of Ki and Kr indices and lower gibbsite/kaolinite ratio, smaller solum thickness, and having higher goethite/hematite proportion: and (2) the inclined orientation of the layers conditioned under similar conditions, the formation of Dark-Red Latosol having better drainage, more weathered (higher gibbsite/kaolinite ratio and smaller Ki and Kr indices), with thicker solum, having lower Fe_o/Fe_d ratio, higher hematite/goethite proportion and, consequently, reddish colors.

Index terms: rock layers orientation, xanthization, Oxisols, cerrado vegetation.

¹ Aceito para publicação em 14 de novembro de 1996.

Extraído da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Lavras (UFLA).

² Eng. Agr., M.Sc., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS), Rua Jardim Botânico, 1024, CEP 22460-170 Rio de Janeiro, RJ.

³ Eng. Agr., Ph.D., Dep. de Ciência do Solo, UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG.

⁴ Geóloga, M.Sc., Embrapa-CNPS.

INTRODUÇÃO

Na área localizada ao sul da microrregião Campos da Mantiqueira, zona fisiográfica Campos das Vertentes, em Minas Gerais, ocorrem Latossolo Variação Una (LU) e Latossolo Vermelho-Escuro (LE) em estreita associação geográfica e sob idênticas condições de relevo, vegetação, clima, material de origem regional e posição na paisagem, distintos

basicamente em função da cor e profundidade do sólum (Giarola, 1994).

As rochas pelíticas se formam a partir da consolidação de partículas muito pequenas (pelitos), que se depositam em estratos horizontalizados (Almeida & Resende, 1985). Ao serem metamorfizadas, este padrão pode ser modificado por forças tectônicas e atectônicas (Winkler, 1976). A inclinação resultante tem sido relacionada a características dos solos sobrejacentes, sobretudo à espessura. O Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (1960) verificou que nas áreas cujo substrato era filito-xisto, em São Paulo, a espessura do solo parecia depender da orientação das camadas da rocha, ou seja, onde a inclinação era de cerca de 45 a 60° havia formação de solos rasos e, onde ocorriam camadas horizontais, as rochas afloravam à superfície.

O presente estudo teve por objetivo verificar as relações entre a disposição das camadas das rochas metapelíticas pobres e a diferenciação de LE e LU na região, identificando os processos pedogenéticos envolvidos.

MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada localiza-se na microrregião Campos da Mantiqueira, entre os paralelos 20°21' e 21°42' de latitude Sul e os meridianos 43°16' e 44°42' de longitude Oeste, com clima Cwa de Köppen (mesotérmico com inverno seco e verão chuvoso) e precipitação média anual de 1.435 mm, com chuvas concentradas de novembro a abril. A vegetação primária é o cerrado tropical subcaducifólio, nas áreas de latossolos; e campo cerrado tropical, nas áreas de cambissolos, e o substrato geológico corresponde a rochas metapelíticas pobres dos grupos São João Del Rei (filitos) e Andrelândia (micaxistos) (Brasil, 1983), que exibem acentuada variação da orientação de camadas.

De modo a isolar os fatores efetivamente causadores da diferenciação dos solos, foram selecionados três locais onde o LE e o LU ocorrem associados, para exame e confronto de pares de perfis representativos de cada um destes solos. Os perfis TC-1 e TC-2 (LU e LE, respectivamente), derivados primariamente de micaxistos, distanciados em 50 metros, ocupam posição de terço superior de encosta com 2% de declive, enquanto os perfis TC-3 e TC-4 (LU e LE, respectivamente), derivados primariamente de filitos, situados em terço médio de encosta com 6% de declive, distanciam-se em 300 metros. As informações referentes aos perfis TC-5, LU, e TC-6, LE, distanciados

em 5 km, não são aqui apresentadas, para facilidade de discussão, pois a tendência dos dados permaneceu a mesma. Os perfis foram descritos e amostrados de acordo com Lemos & Santos (1984), sendo que as descrições morfológicas constam em Chagas (1994).

Procedeu-se às seguintes análises: granulométrica, pelo método de Bouyoucos modificado (Carvalho, 1985), argila dispersa em água, densidade do solo (Ds) segundo Blake & Hartge (1986), densidade de partículas (Dp) pelo método do balão volumétrico (Embrapa, 1979) e microporosidade segundo Grohmann (1960). O volume total de poros foi determinado pela equação $VTP = (1 - Ds/Dp) \times 100$ (Vomocil, 1986) e a macroporosidade pela diferença entre VTP e microporosidade. A condutividade hidráulica sob saturação (Ks) foi avaliada em amostras indeformadas, com permeámetro adaptado para eliminação da água percolada junto à parede do cilindro (Lima et al., 1990). As curvas de retenção de umidade foram obtidas por meio de extrator de placa porosa para as tensões de -0,010 a -1,515 MPa, de acordo com Richards & Fireman (1943). Determinou-se, ainda, a umidade atual de amostras de horizontes selecionados dos perfis TC-1 e TC-2, no final da estação seca dos anos de 1993 a 1995. Nódulos presentes na parte inferior dos perfis foram imersos em água, por duas horas, para teste de plintita, de acordo com Wood & Perkins (1976).

Os óxidos do ataque sulfúrico, os elementos do complexo sortivo, pH e carbono orgânico foram determinados segundo Embrapa (1979). Os óxidos de ferro livres totais ($Fe_{t\alpha}$) foram extraídos da fração argila mediante três extrações sucessivas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB), de acordo com Mehra & Jackson (1960), e as formas menos cristalinas ($Fe_{o\alpha}$), com oxalato de amônio ácido (1 extração), conforme Schwertmann (1964).

A mineralogia da fração areia fina foi avaliada volumetricamente sob microscópio polarizante com posterior estimativa dos minerais em papel milimetrado (Embrapa, 1979). Os valores de caulinita (Ct) foram obtidos por alocação, de acordo com Resende et al. (1987), e a gibbsita (Gb) foi quantificada na fração argila desferrificada, por análise térmica diferencial (ATD). A análise qualitativa da fração argila desferrificada foi realizada por difração de raios X (DRX), a partir de lâminas orientadas, utilizando-se radiação Cukor, entre 2 e 32° 2θ e a 1° 2θ/min. A mineralogia dos óxidos de ferro foi examinada na fração argila concentrada com NaOH 5 M (Kämpf & Schwertmann, 1982), tendo sido adicionada sílica gel às amostras (10% em peso) para prevenir dissolução de goethita. Nesta fração, os minerais foram identificados também por DRX (método do pó), mediante radiação Fekor, entre 20 e 45° 2θ e a 1° 2θ/min, tendo sido a substituição em Al na goethita estimada segundo Schulze

(1984), e na hematita (Hm), segundo Schwertmann et al. (1979). Quartzo com diâmetro de 0,5-1,0 mm (2% em peso) foi adicionado às amostras, para correção do desvio instrumental.

Amostras indeformadas foram coletadas em caixas de alumínio, tipo Kubiena, para a realização da análise micromorfológica, sendo a descrição realizada de acordo com as terminologias propostas por Lima et al. (1985). Por ocasião da amostragem foram tomadas fotos de perfis dos solos mostrando a orientação das camadas da rocha subjacente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características físicas e químicas

A análise granulométrica (Tabela 1) mostrou serem estes solos muito argilosos (TC-1 e TC-2) e argilosos (TC-3 e TC-4), o que se deve à constituição primária das rochas das quais se formaram, ou

seja, sedimentos argilo-siltosos metamorfizados (Almeida & Resende, 1985), além do seu avançado estádio de intemperismo. A relação silte/argila é mais elevada nos perfis de LU, o que indica menor grau de intemperismo em relação aos LE. A areia fina predomina sobre a areia grossa, em todos os perfis. Os valores de argila dispersa em água (Tabela 1) apresentam tendência em aumentar em profundidade, o que é decorrente, provavelmente, da ocorrência simultânea de baixos teores de C orgânico e teores mais elevados de óxidos de Fe e de Al nos horizontes mais profundos (Tabela 2), o que tende a elevar o PCZ, aumentando a magnitude de cargas positivas (Raij, 1973).

Os baixos valores de densidade do solo (Tabela 1) estão relacionados ao grande volume total de poros (Tabela 3). A dominância de microporos sobre macroporos em todas as amostras pode ser atribuída aos elevados teores de argila, enquanto a maior macroporosidade nos perfis de LE, deve-se, provavelmente, à sua estrutura granular, de

TABELA 1. Granulometria, argila dispersa em água e densidade de horizontes selecionados.

| Horizonte | Profundidade | Granulometria | | | | Argila disp. água | Sílte/ argila | Densidade ¹ | | |
|-------------------------------------------|--------------|--------------------|---------------|-------|--------|-------------------------|------------------|------------------------|------|--|
| | | Areia grossa | Areia fina | Silte | Argila | | | Ds | Dp | |
| | cm | g kg ⁻¹ | | | | g cm ⁻³ | | | | |
| Latossolo Variação Una - Perfil TC - 1 | | | | | | | | | | |
| A | 0-26 | 20 | 110 | 240 | 630 | 40 | 0,38 | 1,10 | 2,50 | |
| Bw2 | 69-106 | 10 | 90 | 230 | 670 | 170 | 0,34 | 0,95 | 2,74 | |
| BC | 169-200 | 10 | 90 | 320 | 580 | 510 | 0,55 | 1,04 | 2,60 | |
| Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC - 2 | | | | | | | | | | |
| A1 | 0-15 | 30 | 150 | 230 | 590 | 80 | 0,39 | 1,17 | 2,67 | |
| Bw1 | 64-118 | 10 | 120 | 200 | 670 | 40 | 0,25 | 0,91 | 2,82 | |
| Bw3 | 153-200 | 10 | 100 | 180 | 710 | 460 | 0,25 | 1,00 | 2,63 | |
| Latossolo Variação Una - Perfil TC - 3 | | | | | | | | | | |
| A | 0-17 | 40 | 170 | 290 | 500 | 40 | 0,58 | 1,10 | 2,86 | |
| Bw2 | 42-61 | 30 | 160 | 280 | 530 | 240 | 0,53 | 1,07 | 2,86 | |
| BC2 | 139-180 | 30 | 150 | 290 | 530 | 310 | 0,55 | 1,22 | 2,77 | |
| Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC - 4 | | | | | | | | | | |
| A1 | 0-13 | 80 | 280 | 230 | 410 | 120 | 0,56 | 1,10 | 2,67 | |
| Bw1 | 69-138 | 20 | 210 | 220 | 550 | 40 | 0,40 | 0,95 | 2,70 | |
| Bw3 | 186-210 | 30 | 170 | 210 | 590 | 280 | 0,35 | 1,16 | 2,78 | |

¹ Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partículas.

TABELA 2. Características químicas de horizontes selecionados¹.

| Horizonte | pH | | C org. | Complexo de troca | | | | Ataque sulfúrico | | | | Ki | Kr | |
|-----------------------------------------|--------------------|-----|-----------------------|-------------------|-----|----|--------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------|------|
| | H ₂ O | KCl | | S | T | V | m | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | | |
| | g kg ⁻¹ | | cmol kg ⁻¹ | | | | g kg ⁻¹ | | | | | | | |
| A | 4,2 | 4,3 | 23 | 0,6 | 5,1 | 12 | 25 | 161 | 260 | 145 | 10,8 | 0,4 | 1,05 | 0,78 |
| Bw2 | 5,0 | 5,9 | 7 | 0,4 | 2,3 | 17 | 20 | 158 | 291 | 157 | 12,8 | 0,3 | 0,92 | 0,69 |
| C | 5,2 | 5,5 | 1 | 0,3 | 2,0 | 15 | 25 | 244 | 319 | 167 | 7,2 | 0,4 | 1,30 | 0,97 |
| Latossolo Variação Una - Perfil TC-1 | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 | 4,3 | 4,4 | 21 | 0,8 | 7,1 | 11 | 20 | 114 | 302 | 149 | 10,5 | 0,4 | 0,64 | 0,49 |
| Bw1 | 4,6 | 4,8 | 9 | 0,3 | 2,6 | 12 | 24 | 122 | 320 | 157 | 12,0 | 0,3 | 0,65 | 0,49 |
| C | 5,5 | 6,7 | 2 | 0,2 | 1,4 | 15 | 33 | 133 | 368 | 177 | 7,2 | 0,3 | 0,61 | 0,46 |
| Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-2 | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 4,3 | 4,4 | 20 | 0,3 | 4,3 | 8 | 36 | 104 | 271 | 117 | 8,4 | 0,1 | 0,66 | 0,51 |
| Bw2 | 4,6 | 5,9 | 8 | 0,4 | 2,3 | 18 | 19 | 84 | 278 | 119 | 8,3 | 0,1 | 0,51 | 0,40 |
| C | 5,1 | 6,0 | 2 | 0,3 | 1,5 | 20 | 25 | 144 | 240 | 112 | 7,4 | 0,1 | 1,02 | 0,78 |
| Latossolo Variação Una - Perfil TC-3 | | | | | | | | | | | | | | |
| A1 | 4,7 | 4,5 | 24 | 0,9 | 6,5 | 14 | 18 | 75 | 294 | 170 | 10,2 | 0,2 | 0,44 | 0,32 |
| Bw1 | 4,6 | 5,7 | 9 | 0,4 | 3,5 | 11 | 8 | 65 | 294 | 177 | 9,9 | 0,1 | 0,38 | 0,27 |
| C | 5,4 | 6,8 | 4 | 0,3 | 1,6 | 19 | 24 | 82 | 233 | 174 | 5,3 | 0,1 | 1,79 | 1,46 |
| Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-4 | | | | | | | | | | | | | | |

¹ S = soma de bases; V = saturação por bases; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; m = saturação por Al; Ki = relação molecular silíca/alumina; Kr = relação molecular silíca/alumina mais óxidos de Fe.

TABELA 3. Porosidade, condutividade hidráulica saturada e umidade atual de horizontes selecionados, no final da estação seca.

| Horizonte | Profundidade | Porosidade | | | Ks ¹ | Umidade atual |
|-----------------------------------------|--------------|-----------------------------|-------|-------|-------------------------|-----------------------------|
| | | Total | Micro | Macro | | |
| | cm | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ | | | 10^6 m s^{-1} | $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ |
| Latossolo Variação Una - Perfil TC-1 | | | | | | |
| A | 0-26 | 0,56 | 0,47 | 0,09 | 12,21 | 0,20 |
| Bw2 | 69-106 | 0,65 | 0,45 | 0,21 | 8,00 | 0,22 |
| BC | 169-200 | 0,60 | 0,50 | 0,11 | 0,04 | 0,25 |
| Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-2 | | | | | | |
| A1 | 0-15 | 0,56 | 0,45 | 0,12 | 13,58 | 0,15 |
| Bw1 | 64-118 | 0,67 | 0,40 | 0,28 | 15,28 | 0,19 |
| Bw3 | 153-200 | 0,62 | 0,47 | 0,15 | 0,91 | 0,21 |
| Latossolo Variação Una - Perfil TC-3 | | | | | | |
| A | 0-17 | 0,52 | 0,38 | 0,13 | 13,99 | - ² |
| Bw2 | 42-61 | 0,63 | 0,44 | 0,19 | 29,40 | - |
| BC2 | 139-180 | 0,56 | 0,48 | 0,08 | 0,28 | - |
| Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-4 | | | | | | |
| A1 | 0-13 | 0,59 | 0,43 | 0,16 | 19,98 | - |
| Bw1 | 69-138 | 0,65 | 0,39 | 0,26 | 40,73 | - |
| Bw3 | 186-200 | 0,58 | 0,49 | 0,10 | 0,77 | - |

¹ Condutividade hidráulica saturada.

² Valores desconhecidos.

tamanho menor e mais arredondada (Chagas, 1994), condicionada pelos seus mais altos teores de gibbsita (Tabela 4).

Os valores de condutividade hidráulica de solo saturado (Tabela 3) são mais elevados nos perfis de LE, devendo estar relacionados à maior proporção macro/microporos. A drástica redução da permeabilidade nos horizontes mais profundos, embora permaneça mais elevada nos perfis de LE, está relacionada à diminuição da macroporosidade, aliada, possivelmente, ao aumento dos teores de argila dispersa em água. A umidade atual, ligeiramente mais elevada no LU (Tabela 3), indica um sistema relativamente mais úmido, reflexo da sua maior restrição de drenagem.

A retenção de água também é mais elevada no LU, em razão da maior proporção de micro/macroporos. Assim, para as tensões de -0,010; -0,033; -0,101 e -1,515 MPa, o material do horizonte A do perfil TC-1 reteve 407; 369; 322 e 269 g kg⁻¹ de água, enquanto o do horizonte A do TC-2 reteve 344; 313; 288 e 238 g kg⁻¹. Nos horizontes subsuperficiais, a tendência foi a mesma, constatam-

do-se, no horizonte Bw1 do TC-1 uma retenção de 450; 388; 338 e 278 g kg⁻¹ e, no horizonte Bw2 do TC-2, 388; 338; 300 e 244 g kg⁻¹.

Os valores de pH em H₂O (Tabela 2) são baixos, e apresentam tendência em aumentar com a profundidade, embora este aumento não seja acompanhado pelos teores de bases trocáveis. O pH em KCl (Tabela 2) apresenta a mesma tendência, sendo, no entanto, mais elevado que o pH em água, em quase todos os horizontes, corroborando os valores mais elevados do ponto isoelétrico obtidos por Lima (1995) nos horizontes B de ambos os solos, caracterizando-os como eletropositivos (Raij, 1973). Apresentam, portanto, caráter ácrico, segundo Oliveira et al. (1992).

Os teores extremamente baixos da soma de bases (Tabela 2) refletem a pobreza do material de origem e o intenso processo de intemperismo-lixiviação a que estes solos foram submetidos. O reduzido teor de Al trocável (<0,2 cmol kg⁻¹) pode ser atribuído à participação deste cátion na formação da gibbsita, o que reduz sua atividade no solo.

TABELA 4. Teores de ferro, gibbsita (Gb), caulinita (Ct) e suas respectivas relações¹.

| Horizonte | Profundidade | Fe _d | Fe _o | Fe _t | Fe _o /Fe _d | Fe _d /Fe _t | Gb | Ct | Gb/(Gb+Ct) |
|-----------------------------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|-----|--------------------|------------|
| | cm | | g kg ⁻¹ | | | | | g kg ⁻¹ | |
| Latossolo Variação Una - Perfil TC-1 | | | | | | | | | |
| A | 0-26 | 63,0 | 1,0 | 101,3 | 0,016 | 0,62 | 290 | 350 | 0,45 |
| Bw2 | 69-106 | 55,3 | 0,9 | 109,4 | 0,016 | 0,51 | 410 | 340 | 0,55 |
| C | 300-350 | 59,4 | 0,6 | 116,5 | 0,010 | 0,51 | 400 | 520 | 0,43 |
| Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-2 | | | | | | | | | |
| A1 | 0-15 | 71,5 | 0,6 | 104,1 | 0,008 | 0,69 | 390 | 240 | 0,62 |
| Bw1 | 64-118 | 88,4 | 0,9 | 109,4 | 0,010 | 0,81 | 510 | 260 | 0,66 |
| C | 300-350 | 81,4 | 0,6 | 123,6 | 0,007 | 0,66 | 370 | 290 | 0,56 |
| Latossolo Variação Una - Perfil TC-3 | | | | | | | | | |
| A | 0-17 | 59,6 | 0,6 | 82,0 | 0,008 | 0,72 | 410 | 220 | 0,65 |
| Bw2 | 42-61 | 57,6 | 0,6 | 83,3 | 0,010 | 0,69 | 450 | 180 | 0,71 |
| C | 300-350 | 49,8 | 0,4 | 78,3 | 0,006 | 0,64 | 390 | 300 | 0,57 |
| Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-4 | | | | | | | | | |
| A | 0-13 | 74,7 | 0,4 | 118,8 | 0,005 | 0,62 | 550 | 160 | 0,77 |
| Bw1 | 69-138 | 90,8 | 0,8 | 123,8 | 0,009 | 0,73 | 580 | 140 | 0,81 |
| C | 300-350 | 87,6 | 0,8 | 121,3 | 0,009 | 0,72 | 400 | 180 | 0,69 |

¹ Fe_d = ferro extraído por ditonito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB); Fe_o = ferro extraído por oxalato de amônio; Fe_t = ferro extraído pelo ataque sulfúrico; Gb = gibbsita por ATD; Ct = caulinita por alocação.

Apesar da presença de vermiculita com material hidroxi-entrecamadas (Fig. 1), a CTC é muito baixa no horizonte Bw dos perfis TC-1 e TC-2. A ocorrência de entrecamadas de alumínio na vermiculita pode estar atuando no bloqueio de sítios de troca e, consequentemente, na redução da CTC.

Os teores de SiO_2 , inferiores aos de Al_2O_3 (Tabela 2), indicam forte dessilicatação e elevado grau de alteração sofrido pelo material inicial. Os valores mais baixos de K_i nos perfis de LE (acentuadamente drenado), confirmam o seu maior grau de intemperismo, e podem ser relacionados às melhores condições de drenagem destes solos em relação ao LU (bem drenado), o que favorece a dessilicatação mais intensa.

Os teores mais baixos de Fe_2O_3 no LU, entre 112 a 167 g kg^{-1} (Tabela 2), principalmente no perfil TC-3 (terço médio de encosta), estão relacionados, provavelmente, à uma maior perda de ferro por remoção lateral através de fluxo subsuperficial de água, conforme verificado por Curi & Franzmeier (1984), Macedo (1986), Oliveira et al. (1991), Motta & Kämpf (1992) e Scatolini & Moniz (1992).

Os menores teores de Fe_{d} verificados nos perfis de LU (Tabela 4) podem ser atribuídos ao fato de o solo permanecer úmido mais tempo, em virtude da restrição de drenagem causada pela horizontalidade das camadas do material inicial, fazendo com que ocorra redução do Fe com mais freqüência e, consequentemente, sua solubilização e remoção. A relação $\text{Fe}_{\text{o}}/\text{Fe}_{\text{d}}$ apresenta valores muito baixos (0,005 a 0,016) em todos os horizontes (Tabela 4), o que indica forte predomínio de formas cristalinas (Blume & Schwertmann, 1969). Os valores da relação $\text{Fe}_{\text{d}}/\text{Fe}_{\text{i}}$ (Tabela 4), indicativa do grau de evolução dos solos (Kämpf & Dick, 1984; Silva, 1985), variaram de 0,51 a 0,81 nos horizontes Bw, inferiores aos observados na grande maioria dos latossolos brasileiros (Resende, 1976; Kämpf et al., 1988; Motta & Kämpf, 1992). Com base nesta relação, pode-se inferir que o LE é mais desenvolvido do que o LU.

Mineralogia

A análise mineralógica da fração areia fina revelou o predomínio de quartzo e concreções argilo-

-ferruginosas em todos os solos. De modo geral, quartzo, com grãos geralmente subangulosos e de superfície fosca, é o mineral predominante em todos os solos, com exceção dos horizontes A1 e Bw1 do perfil TC-4 (LE), que apresentam maiores quantidades de concreções argilo-ferruginosas. A forma dos grãos de quartzo indica pequeno retrabalhamento do material constitutivo dos solos, o que sugere que sua formação se deu predominantemente *in situ*.

Os difratogramas de raios X da fração argila desferrificada (Fig. 1) evidenciam a presença de gibbsita, caulinita, goethita e ilita em todas as amo-

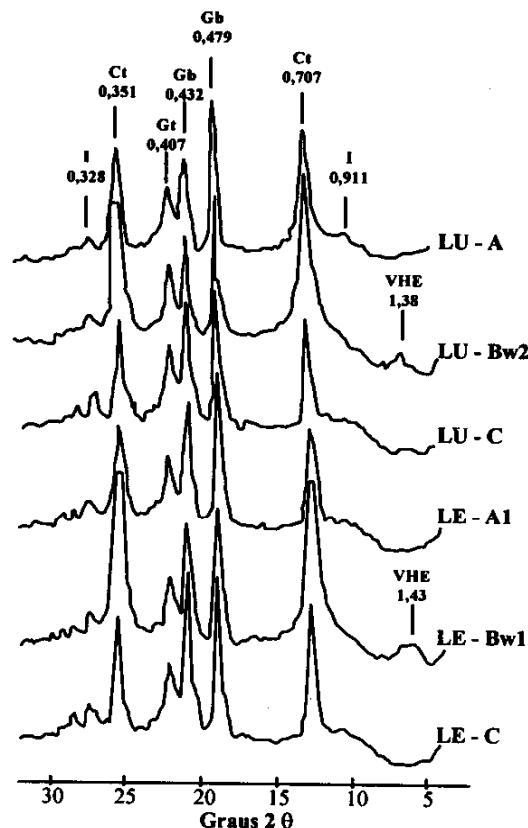


FIG. 1. Difratogramas de raios X da fração argila desferrificada de Latossolo Variação Una e Latossolo Vermelho-Escuro. (Valores "d" em nanômetros; VHE = vermiculita com material hidroxi-entrecamadas; I = ilita; Ct = caulinita; Gb = gibbsita; Gt = goethita).

tras. A presença de goethita deve-se à não-remoção completa dos óxidos de Fe pelo tratamento com DCB. No horizonte Bw dos perfis TC-1 (LU) e TC-2 (LE), foi constatada vermiculita com material hidroxi-entrecamadas, mineral comum em solos altamente intemperizados.

O predomínio geral de gibbsita sobre caulinita (Tabela 4) indica o avançado estádio de intemperismo dos solos, estando relacionado ao intenso processo de dessilicatização sofrido pelo material inicial. Os maiores valores da relação Gb/(Gb + Ct) (Tabela 4) nos perfis de LE confirmam seu estádio mais avançado de intemperismo, sendo concordantes com os menores valores dos índices Ki e Kr exibidos por estes solos (Tabela 2), e estão relacionados com a drenagem mais eficiente ao longo do perfil, permitida pela orientação inclinada das camadas do material de origem, que favorece uma maior remoção de sílica neste sistema.

Os difratogramas de raios X da fração argila tratada com NaOH 5 M (Fig. 2) revelam ocorrência de goethita e hematita em ambos os solos, sendo porém a relação Gt/(Gt + Hm) mais elevada no LU (Tabela 5), o que está relacionado ao ambiente mais úmido neste sistema devido à restrição de drenagem imposta pela horizontalidade das camadas do material de origem. Na porção inferior dos horizontes subsuperficiais de ambos os solos foram observados nódulos de plintita, cuja presença deve-se,

possivelmente, à precipitação de ferro sob alternância de condições redutoras e oxidantes oriundas da oscilação do lençol freático temporário.

Micromorfologia

Comparando-se as características micromorfológicas apresentadas pelos solos estudados, observou-se que a principal diferença está na distribuição relacionada das unidades, isto é, existe uma pequena diferença na organização da trama entre os dois solos. O LE tem uma microestrutura mais definida, com micropeds mais individualizados, e, consequentemente, maior porosidade que o LU (Chagas, 1994). Estes resultados concordam com a maior permeabilidade do LE (Tabela 3), que está relacionada aos seus maiores teores de gibbsita (Tabela 4), resultantes da atuação mais intensa dos agentes de intemperismo, favorecida, por sua vez, pela inclinação das camadas do material de origem.

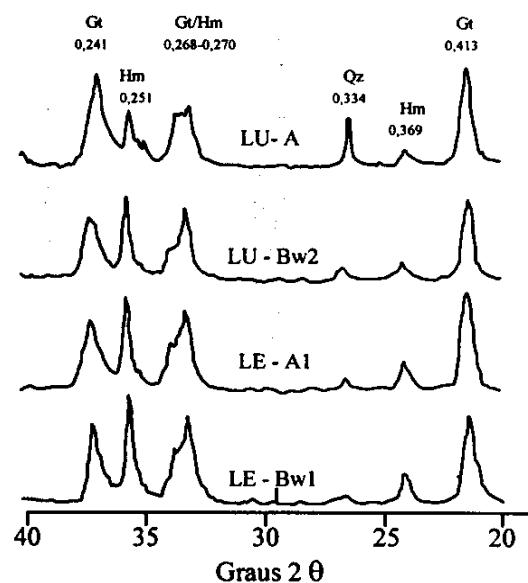


TABELA 5. Cor úmida do solo, teores de goethita (Gt) e hematita (Hm) e substituição em Al nestes óxidos.

| Horizonte | Cor | Gt ¹ | Hm ¹ | Gt/ (Gt+Hm) | | Subst. em Al Gt | Subst. em Al Hm | | | | | |
|-----------------------------------------|-----------|-----------------|-----------------|----------------|----|--------------------|--------------------|--|--|--|--|--|
| | | | | Gt | Hm | | | | | | | |
| ----- g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | | | |
| ----- moles % ----- | | | | | | | | | | | | |
| Latossolo Variação Una - Perfil TC-1 | | | | | | | | | | | | |
| A | 6YR 4/4 | 143,0 | 14,0 | 0,91 | 27 | 0 | | | | | | |
| Bw2 | SYR 5/6 | 158,0 | 19,0 | 0,89 | 26 | 1 | | | | | | |
| Latossolo Vermelho-Escuro - Perfil TC-2 | | | | | | | | | | | | |
| A1 | 2,5YR 3/5 | 126,0 | 25,0 | 0,83 | 31 | 1 | | | | | | |
| Bw1 | 2,5YR 4/8 | 141,0 | 34,0 | 0,81 | 28 | 1 | | | | | | |

¹ Teores de goethita e hematita na fração argila concentrada com 5 M e determinados através da razão das intensidades dos picos (012) da hematita e (110) da goethita (Kämpf & Schwertmann, 1982).

FIG. 2. Difratogramas de raios X da fração argila tratada com NaOH 5 M do Latossolo Variação Una e do Latossolo Vermelho-Escuro. (Valores "d" em nanômetros; Gt = goethita; Hm = hematita; Qz = quartzo).

Modelo proposto

Este estudo demonstra a influência da orientação das camadas dos materiais de origem sobre a gênese dos solos, fixados os demais fatores pedogenéticos. Os resultados comprovam a necessidade de obtenção de informações mais detalhadas sobre a orientação das camadas do material de origem, já que a simples identificação do tipo de material de origem mostrou-se insuficiente para explicar a gênese dos solos.

Na área estudada, a ocorrência de LU é condicionada pela orientação horizontalizada das camadas do material de origem (filitos e micaxistos) (Fig. 3), que causa uma relativa restrição de drenagem, suficiente para favorecer uma maior relação goethita/hematita.

Quando a orientação das camadas é inclinada (Fig. 3), o que caracteriza um ambiente relativamente mais aberto, onde as condições de oxidação são melhores, ocorre Latossolo Vermelho-Escuro.



FIG. 3. Disposição horizontalizada e verticalizada das camadas de rochas metapelíticas respectivamente em áreas de Latossolo Vermelho-Escuro e Latossolo Variação Una. As barras verticais representam 1,5 metro no terreno.

CONCLUSÕES

1. A orientação das camadas das rochas metapelíticas exerce uma influência decisiva na gênese de Latossolo Variação Una (LU) e Latossolo Vermelho-Escuro (LE) na zona fisiográfica Campos das Vertentes, Minas Gerais.

2. A orientação horizontalizada favorece a gênese de LU, menos espesso e menos intemperizado, com menor proporção gibbsita/caulinita, maiores índices Ki e Kr e proporção goethita/hematita mais elevada que o LE.

3. A orientação inclinada condiciona, nas mesmas condições de relevo, posição na paisagem, clima e vegetação do LU, a gênese de LE, mais intemperizado e profundo, com maior relação gibbsita/caulinita, menores índices Ki e Kr e mais baixa proporção goethita/hematita.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J.; RESENDE, M. Considerações sobre o manejo de solos rasos desenvolvidos de rochas pelíticas no Estado de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.19-26, ago. 1985.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v.1, p.363-375.
- BLUME, H.P.; SCHWERTMANN, U. Genetic evolution of the profile distribution of aluminum, iron and manganese oxides. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.33, n.3, p.438-444, May/June 1969.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil. Folhas SF 23/24. Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro, 1983. 775p. (Levantamento dos Recursos Naturais, 32).
- CARVALHO, M.A. de. Eficiência de dispersantes na análise textural de materiais de solos com horizonte B latossólico e B textural. Lavras: ESAL, 1985. 79p. Dissertação de Mestrado.
- CHAGAS, C. da S. Associação de Latossolo Variação una e Latossolo Vermelho-Escuro: efeito diferencial da orientação dos estratos de rochas pelíticas pobres. Lavras: ESAL, 1994. 125p. Dissertação de Mestrado.
- CURI, N.; FRANZMEIER, D.P. Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. *Soil Science Society of America Journal*. Madison, v.48, n.2, p.341-346, Mar./Abr. 1984.

- EMBRAPA.** Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises de solo.** Rio de Janeiro, 1979. 274p.
- GIAROLA, N.F.B.** Levantamento pedológico, perdas de solo e aptidão agrícola das terras na região sob influência do reservatório de Itutinga/Camargos (MG). Lavras: ESAL, 1994. 226p. Tese de Mestrado.
- GROHMANN, F.** Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.19, n.21, p.319-329, abr.1960.
- KÄMPF, N.; DICK, D.P.** Óxidos de ferro em cambissolos brunos no Rio Grande do Sul e Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.2, p.183-188, maio/ago. 1984.
- KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U.** The 5 M-NaOH concentration treatment for oxides in soils. **Clays and Clay Minerals**, Clarkson, v.30, n.6, p.401-408, Dec. 1982.
- KÄMPF, N.; RESENDE, M.; CURI, N.** Iron oxides in Brazilian Oxisols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., 1986, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro; Embrapa, 1988. p.71-77
- LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D.** Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1984. 45p.
- LIMA, J.M.** Relation between phosphate sorption and aggregation in Oxisols from Brazil. Michigan: Michigan State Univ., 1995. 87p. Ph.D. Thesis.
- LIMA, J.M.; CURI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D.P.** Dispersão do material do solo em água para a avaliação indireta da erodibilidade de latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.2, p.85-90, maio/ago. 1990.
- LIMA, P.C.; CURI, N.; LEPSCH, I.F.** Terminologia de micromorfologia do solo. **Boletim Informativo da SBCS**, Campinas, v.10, n.2, p.33-43, 1985.
- MACEDO, J.** Morphology, mineralogy and genesis of a hydrosequence of Oxisols in Brazil. Ithaca: Cornell Univ., 1986. 73p. Tese de Mestrado.
- MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L.** Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays and Clay Minerals**, Clarkson, v.7, p.317-327, 1960.
- MOTTA, P.E.F. da; KÄMPF, N.** Iron oxide properties as support to soil morphological features for prediction of moisture regimes in Oxisols of Central Brazil. **Zeitschrift fuer Pflanzenernaehrung und Bodenkunde**, Weinheim, n.155, p.385-390, 1992.
- OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N.** Classes gerais de solos do Brasil. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.
- OLIVEIRA, J.B.; RESENDE, M.; CURI, N.** Caracterização e classificação de Latossolos Variação Una e de solos afins da região de Guaiá (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.2, p.207-218, maio/ago. 1991.
- RAIJ, B. van.** Determinação do ponto de carga zero em solos. **Bragantia**, Campinas, v.32, n.18, p.337-347, dez. 1973.
- RESENDE, M.** Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil. West Lafayette: Purdue Univ., 1976. 218p. Ph.D. Thesis.
- RESENDE, M.; BAHIA FILHO, A.F.C.; BRAGA, J.M.** Mineralogia da argila de latossolos estimada por alocação a partir do teor total de óxidos do ataque sulfúrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.1, p.17-23, jan/abr. 1987.
- RICHARDS, L.A.; FIREMAN, M.** Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. **Soil Science**, Baltimore, v.56, n.5, p.395-404, jun. 1943.
- SCATOLINI, F.M.; MONIZ, A.C.** Influência do material de origem, do lençol freático surgente e da posição topográfica nos solos de uma encosta em Mococa (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.3, p.379-388, set/dez. 1992.
- SCHULZE, D.G.** The influence of aluminum on iron oxides. VII. Unit cell dimensions of Al substituted goethites and estimation of Al from them. **Clays and Clay Minerals**, v.32, n.1, p.36-44, Feb. 1984.
- SCHWERTMANN, U.** Differenzierung der eisenoxyde des bodens durch extraktion mit ammoniumoxalatlösung. **Zeitschrift fuer Pflanzenernaehrung und Bodenkunde**, v.105, n.2, p.195-202, 1964.

- SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R.M.; LEWIS, D.G.
The influence of aluminum on iron oxides.
II. Preparation and properties of Al-substituted
hematites. *Clays and Clay Minerals*, v.27,
p.105-112, 1979.
- SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔ-
MICAS. Comissão de solos. Levantamento de
reconhecimento dos solos do Estado de São
Paulo. Rio de Janeiro, 1960. 634p. (Boletim do
SNPA, 12).
- SILVA, F.B.R. Cambissolos da porção central da pro-
víncia estrutural da Mantiqueira e suas relações
com os latossolos: alteração e pedogênese. São Pau-
lo: USP, 1985. 261p. Tese de Doutorado.
- VOMOCIL, J.A. Porosity. In: BLACK, C.A. (Ed.).
Methods of soil analysis. I. Physical and
mineralogical properties, including statistics of
measurement and sampling. Madison: American
Society of Agronomy, 1986. v.1, p.299-314.
- WINKLER, H.G.F. Petrogenesis of metamorphic rocks.
2.ed. New York: Springer-Verlag, 1976.
- WOOD, B.W.; PERKINS, H.F. A field method for
verifying plinthite in southern coastal plain soils.
Soil Science, Baltimore, v.122, n.4, p.240-241, Oct.
1976.