

LITOSSEQUÊNCIA DE SOLOS NA SERRA DA MOEDA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO

SOIL LITOSEQUENCE IN THE MOEDA MOUNTAIN RANGE, QUADRILÁTERO FERRÍFERO

Diego Aniceto dos Santos OLIVEIRA¹, João Carlos KER¹, Thiago Torres Costa PEREIRA², Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud SCHAEFER¹, Maurício Paulo Ferreira FONTES¹, Luiz Aníbal SILVA FILHO³

¹Universidade Federal de Viçosa. Avenida Peter Henry Rolfs, s/n - Campus Universitário, Viçosa – MG.

E-mails: mercatorgeo@gmail.com; jcker@ufv.br; carlos.schaefer@ufv.br; mpfontes@ufv.br

²Universidade do Estado de Minas Gerais, Campus de Frutal. Avenida Escócia, 1001 - Frutal, MG.

E-mail: thiago.pereira@uemg.br

³Universidade Federal do Espírito Santo – Campus Alegre. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal. Alto Universitário, s/n. Guararema, Alegre – ES. E-mail: luiz_ap7@hotmail.com

Introdução

Materiais e métodos

A litossequência estudada

Análises físicas e químicas

Análises mineralógicas

Micromorfologia

Resultados e discussão

Distribuição dos solos na paisagem

Características morfológicas e físicas

Características químicas

Digestão sulfúrica

Difração de raio-X

Digestão semi-total

Micromorfologia

Conclusões

Agradecimentos

Referências

RESUMO - O objetivo do trabalho foi estudar os atributos dos solos de uma litossequência no flanco oeste da Serra da Moeda, Quadrilátero Ferrífero, visando contribuir para o entendimento da distribuição dos solos na paisagem, bem como a evolução da ciência básica sobre o tema na região. Foram descritos e coletados nove perfis de solo de diferentes materiais de origem e condições de relevo, e realizadas análises físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas. Os resultados demonstraram a distrofia dos solos e sua estreita relação com o material de origem. Em dois solos, o comportamento hídrico condicionou em grande parte a pedogênese, sobretudo os processos de podzolização e hidromorfismo. Os teores dos elementos traço mostraram diferenciação em relação às rochas de origem, com teores elevados de Cr para os solos originados de xistos do Grupo Nova Lima, e de V para aqueles originados ou influenciados pelo itabirito ou canga. Foi evidenciada a ocorrência de minerais litogenéticos nas frações grossas, como a hematita e magnetita, sendo este último mineral o principal reservatório dos elementos traço medidos. Por outro lado, a análise microquímica realizada também revelou o papel dos óxidos de titânio como reservas importantes desses elementos traço. Os Latossolos estudados apresentam estrutura microgranular típica, associada à intensa e prolongada ação pedobiológica, cujo grau de desenvolvimento e arredondamento dos agregados são influenciados pela mineralogia do solo.

Palavras-chave: Solos ferríferos. Couraça ferruginosa (canga). Elementos traço. Micromorfologia.

ABSTRACT - The aim of this work was to study the soil attributes of a litosequence on the western flank of Serra da Moeda, Quadrilátero Ferrífero, aiming to contribute to the understanding of the distribution of soils across the landscape, as well as the evolution of pedological science in the region. Nine soil profiles of different parent materials and landforms were described and collected, followed by physical, chemical, mineralogical and micromorphological analyzes. The results showed the general soil dystrophy and its close relationship with the parent material, in which the water dynamics in soils largely affect pedogenesis, especially the podzolization and hydromorphism processes. The trace element contents showed a contrasting behavior between the studied rocks, with high levels of Cr for soils originated from shales of the Nova Lima Group, and of V for those originated or influenced by itabirite or canga. The occurrence of lithogenic minerals in the coarse fractions was evidenced, such as hematite and magnetite, the latter being the main reservoir of the trace elements observed. On the other hand, the microchemical analysis performed also revealed the role of titanium oxides as important reserves of these trace elements. The Oxisols (Latosols) studied have a typical microgranular structure, associated with intense and prolonged pedobiological action, whose degree of development and roundness of the aggregates are influenced by soil mineralogy.

Keywords: Iron-rich soils. Ferruginous duricrust (canga). Trace elements. Soil micromorphology.

INTRODUÇÃO

O Quadrilátero Ferrífero representa uma das paisagens mais complexas do território brasileiro, destacando-se tanto nas questões ambientais, quanto nos aspectos sociais, culturais e de São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 40, n. 4, p. 1063 - 1080, 2021

produção mineral.

Do ponto de vista geomorfológico, é uma região conspícua, onde raízes de estruturas metassedimentares proterozoicas, apresentando feições de um relevo jovem, encontram-se em destaque sobre um mar de colinas de rochas cristalinas do Arqueano (King, 1956; Barbosa & Rodrigues, 1965; Dorr, 1969; Varajão, 1991; Chemale Jr. et al., 1994; Varajão et al., 2009; Carvalho Filho et al., 2015).

O relevo é controlado pela litoestrutura e por processos de erosão diferencial, cujas áreas com substratos quartzíticos e itabiríticos (terras altas) são muito mais resistentes à erosão do que aquelas moldadas sobre xistos-filitos (altitudes medianas) e granito-gnaisses (terras baixas) (Barbosa & Rodrigues, 1965; Barbosa, 1980; Varajão et al., 2009).

Esse conjunto de relevos altos, compartimentados, guardou algumas das mais antigas superfícies de erosão do Brasil. Conhecer esses aplainamentos tem interesse na medida em que, praticamente, todas as litologias foram truncadas pela erosão e muitas jazidas de enriquecimento supergênico estão relacionados aos níveis de erosão (Barbosa, 1980).

Associada a uma dinâmica geoestrutural, que repercute na dificuldade em se estudar as coberturas pedológicas no Quadrilátero, Varajão et al. (2009) apontam que a questão da evolução da paisagem no Quadrilátero Ferrífero sempre foi motivo de grandes controvérsias.

Barbosa (1980) afirmou que as correlações de dados obtidos nas cartas topográficas, geológicas e nos trabalhos de campo, indicam uma impossibilidade de se constatar níveis de aplainamentos regionais capazes de serem seguramente mapeados e datados, devendo, os aplainamentos serem interpretados como fases erosivas diferentes e intercaladas por períodos de dissecação.

De acordo com o autor, as grandes estruturas dobradas do Quadrilátero Ferrífero estão em posição geomorfológicamente invertida, isto é, as anticlinais foram desmontadas e as sinclinais estão elevadas, fazendo com que no interior e nas abas sinclinais algumas das mais antigas superfícies de erosão pudessem ser conservadas.

Segundo Machado et al. (2021), uma grande extensão de couraças ferruginosas (cangas) protegeu e preservou parte destas superfícies.

A Sinclinal da Moeda, representada pela serra de Itabirito e Serra da Moeda, é uma das estruturas geológicas com menor grau de

complicação do Quadrilátero Ferrífero (Barbosa, 1980). Suspensa na paisagem, a sinclinal pode preservar restos de aplainamentos no seu interior, sendo a sua atividade erosiva, até certo ponto, controlada pela estrutura.

Assim, poucos níveis de erosão capazes de serem analisados são relíquias de superfícies mais antigas e conservadas por circunstâncias diferentes, principalmente pelos concrecionamentos ferruginosos ou litologias especiais (Barbosa, 1980; Machado et al., 2021). Em contrapartida, na maior parte do Quadrilátero Ferrífero, predomina uma dissecação generalizada.

Devido à trama envolvendo o relevo e as rochas na região, poucos estudos correlacionaram a formação dos solos com a evolução da paisagem.

Neste local, a expressividade tectônica associada às variações altimétricas e climáticas condiciona a ocorrência de solos com características bem diferenciadas entre si a curtas distâncias.

Em complemento, Varajão et al. (2009) e Carvalho Filho et al. (2010) apontam que, independentemente do tipo litológico, há um domínio de solos pouco evoluídos (Neossolos e Cambissolos), de baixa fertilidade natural, devido a um intenso e constante processo erosivo em consonância com a pobreza química das rochas, sendo não obstante a acentuada diferenciação da vegetação nativa, representada por formações campestres lado a lado às florestas.

Santos et al. (2004) demonstraram que depósitos coluvionares na sinclinal Moeda, criados por eventos neotectônicos, foram responsáveis pela ocorrência de solos superpostos, sendo o perfil inferior formado localmente e o superior invertido, formado a partir dos sedimentos lateríticos trazidos do entorno.

Na mesma linha, Carvalho Filho et al. (2010 e 2015) evidenciaram que a ocorrência de LATOSSOLOS VERMELHOS Perféricos, desprovidos de pedregosidade, está associada principalmente a formações sedimentares nas adjacências das serras itabiríticas.

Assim, devido à dinâmica ambiental imposta pelo Quadrilátero Ferrífero, em especial a Serra da Moeda, o estudo de solos em litossequência torna-se importante uma vez que fornece subsídios para o entendimento das diversas relações pedogenéticas que ocorreram ao longo da vertente, mesmo que as variações litológicas a curtas distâncias dificultem, em parte, o entendimento destas relações.

O objetivo do trabalho foi estudar os atributos

dos solos de uma litossequência no flanco oeste da Serra da Moeda, Quadrilátero Ferrífero, visando contribuir para o entendimento da

distribuição dos solos na paisagem, bem como a evolução da ciência básica sobre o tema na região.

MATERIAIS E MÉTODOS

A litossequência estudada

A área de estudo está localizada no Estado de Minas Gerais, na província geológica do

Quadrilátero Ferrífero, ocorrendo parcialmente no flanco oeste da Serra da Moeda (Figura 1), ao lado do Sinclinal da Moeda.

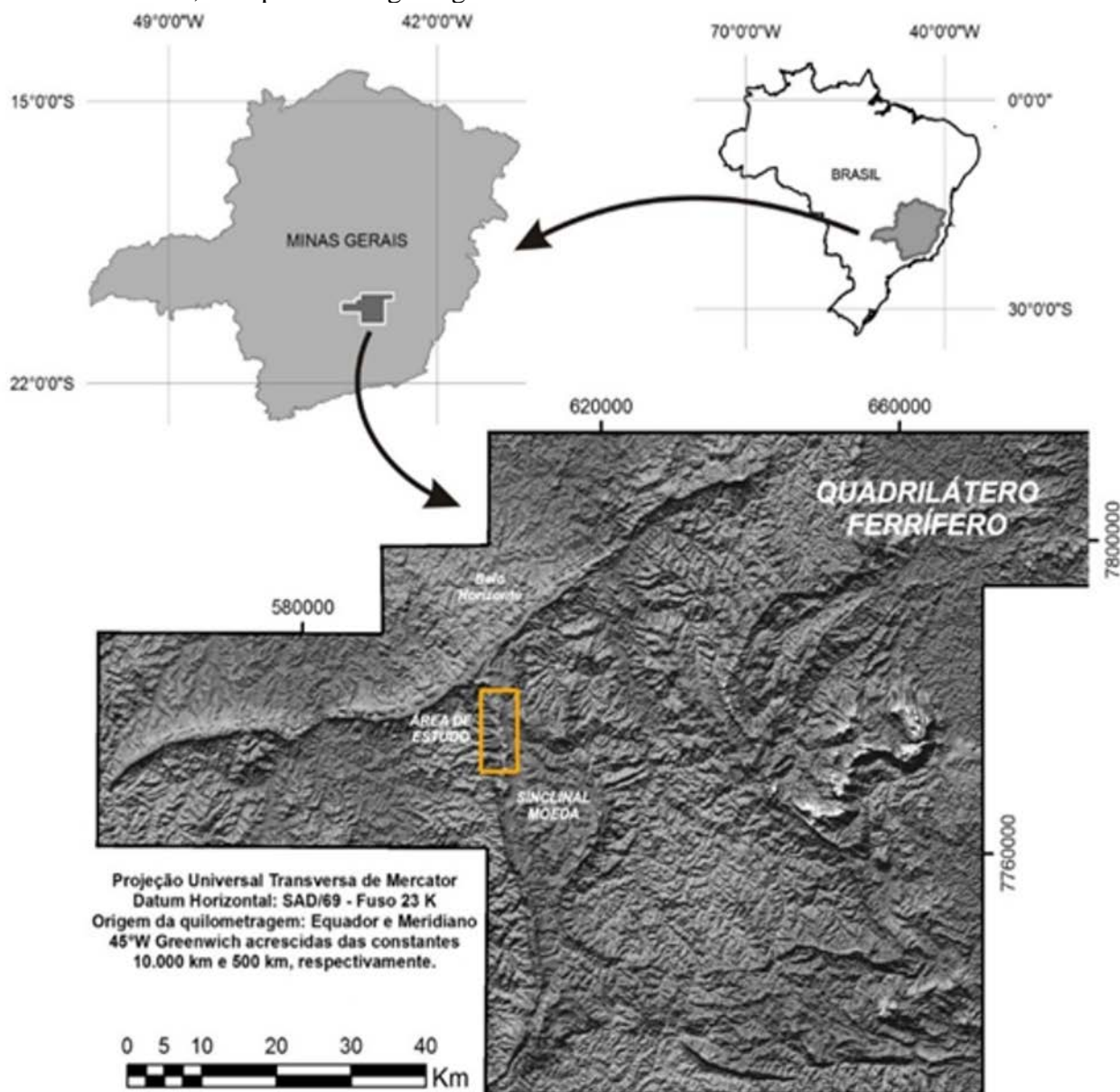


Figura 1 - Localização da área de estudo.

A sequência de solos selecionada para este estudo inicia-se na subunidade Depressão do Ribeirão Catarina onde predominam xistos metassedimentares do Grupo Nova Lima (Figura 2). Seguindo no sentido oeste-leste, a sequência estudada adentra as rochas metamórficas pertencentes ao Supergrupo Minas, já na aba ocidental externa da Serra da Moeda. Nove perfis de solos foram descritos e coletados conforme Santos et al. (2015).

As amostras coletadas foram secas ao ar,

destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), utilizada nas análises físicas, químicas e mineralógicas.

Análises Físicas e Químicas

A análise granulométrica, argila dispersa em água (ADA), grau de flocculação (GF), e densidade de partículas (Dp); assim como o pH em água e KCl 1 mol L⁻¹, P disponível, Na⁺ e K⁺, após extração com HCl 0,5 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ (Mehlich-1), Ca²⁺ e Mg²⁺ por espectroscopia de

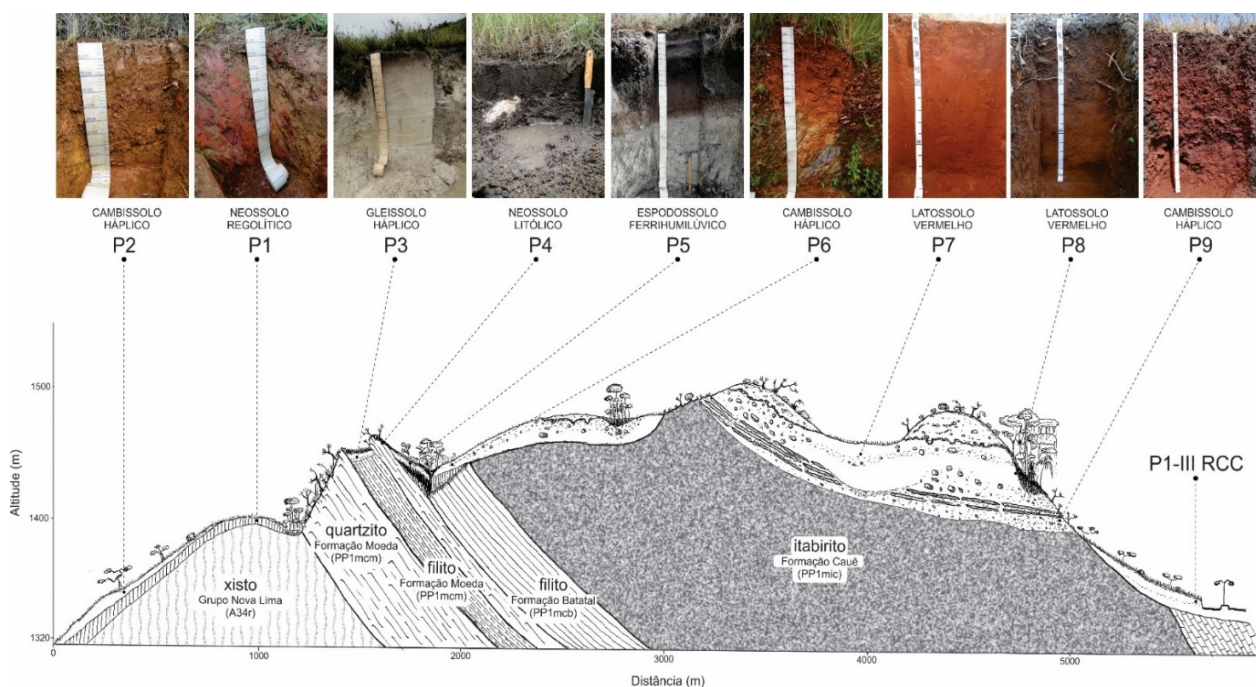


Figura 2 - Corte esquemático da litosssequência e perfis estudados.

absorção atômica e Al^{3+} por titulometria, após serem extraídos com KCl 1 mol L^{-1} , e acidez potencial ($H + Al$) por titulometria, após extração com $Ca(CH_3COO)_2$ $0,5\text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0 foram realizados conforme Embrapa (2017).

O carbono orgânico total foi determinado pelo método proposto por Walkley & Black (1934) e o fósforo remanescente (P-rem) por Alvarez V. et al. (2000). Na TFSA, o ataque sulfúrico foi utilizado para determinação dos teores de Si (SiO_2), Al (Al_2O_3), Fe (Fe_2O_3), Ti (TiO_2), P (P_2O_5) e Mn (MnO_2) após contato com H_2SO_4 1:1 (volume). No resíduo, foi determinado o SiO_2 e no filtrado os óxidos Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO e P_2O_5 . A relação molecular K_i foi realizada conforme Embrapa (2017). A dosagem dos elementos foi realizada por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

A digestão semi-total foi realizada para a determinação dos teores de As, Cr, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, V e Zn, por meio do contato das amostras de TFSA com solução de extração água régia ($HNO_3 + HCl$). A dosagem dos elementos foi realizada por ICP-OES.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição dos Solos na Paisagem

De modo geral, considerando os dois fatores de formação dos solos, o material de origem e o relevo, este primeiro representa uma maior influência sobre a ocorrência de solos na área estudada. No entanto, merece destaque o papel

Análises Mineralógicas

Os óxidos de Fe e Mn foram extraídos por oxalato de amônio $0,2\text{ mol L}^{-1}$ a pH 3,0 (McKeague, 1978) e ditionito-citrato-bicarbonato (Mehra & Jackson, 1960).

Os minerais presentes na TFSA foram identificados a partir da difratometria de raios-X. O difratômetro (PANalytical/X'Pert Pro) foi usado, contendo tubo de $CoK\alpha$, com tensão de 40 kV e corrente de 25 mA, com intervalo de $0,02\text{ }^\circ 2\theta$ a 1 passo S^{-1} .

Micromorfologia

Lâminas polidas (seções-finas de $30\mu m$) de horizontes Bw de LATOSSOLOS VERMELHOS Férricos e Perférricos foram confeccionadas nas dimensões de 3 x 6 cm e analisadas em microscópio petrográfico, conforme Stoops (2003). Em seguida, as lâminas foram revestidas por um filme condutor de carbono e montadas em suporte metálico para análise em microscópio eletrônico de varredura (MEV/EDS). Foram selecionados microtransectos, partindo do plasma para o interior de grãos, agregados e concreções ferruginosas visando determinar sua composição química.

do relevo na formação e distribuição destes solos, sobretudo em constatações de levantamentos mais detalhados na região.

Por se tratar de área na borda de sinclinal, onde certos materiais de origem muitas vezes encontram-se retrabalhados pelo metamorfismo

devido à tectônica a que foram submetidos, a orientação mineral se dá na forma de xistosidade (xisto do Grupo Nova Lima) e foliação (filito da Formação Batatal) sendo esta característica relevante na distribuição de alguns dos solos estudados (P1, P2 e P6).

Nos espigões de vertente da unidade geomorfológica Degrau do Ribeirão Catarina predominam solos rasos representados no topo das colinas por NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos (P1), os quais, submetidos a processos de transformação interna e adição de materiais ao longo da encosta, permitiram a formação de CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos (P2) em cotas inferiores. Esse acúmulo de solo em direção às linhas de drenagem entre os espigões é o que dá suporte ao desenvolvimento de matas de galeria com ocorrência restrita a poucos metros do talvegue principal.

A xistosidade do material de origem também parece exercer forte influência na dissecação da paisagem e na densidade da cobertura vegetal. Nas faces das encostas voltadas ao sul, notam-se padrões de dissecação diferentes daqueles observados nas faces voltadas ao norte, sugerindo que o ângulo de foliação do xisto esteja influenciando a erodibilidade da encosta. Essa diferenciação entre as faces sul e norte dos espigões de vertentes também é facilmente notada pelas fisionomias vegetais que as colonizam, predominando campos limpos nas faces sul e campos sujos (com maior incidência de arbustos) nas faces norte, onde a xistosidade encontra-se perpendicular à face da encosta, facilitando a infiltração de água e o desenvolvimento de raízes.

Nos domínios dos quartzitos da Formação Moeda ocorrem solos rasos caracterizados por NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos (P4) ocupando os espaços existentes em meio aos afloramentos rochosos, ou mesmo um pouco mais evoluídos, onde processos de podzolização em pacotes arenosos deram origem a ESPODOSSOLOS FERRIHUMILÚVICOS Órticos (P5).

Os NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos textura arenosa (P4) ocorrem associados aos afloramentos rochosos em áreas onde o relevo varia de forte ondulado a montanhoso. Estas áreas encontram-se colonizadas por gramíneas e arbustos típicos de campos rupestres quartzíticos, sendo também comum o epifitismo de orquídeas e bromeliáceas.

Nos períodos chuvosos estas áreas funcionam como verdadeiras “caixas d’água”, armazenando boa parte do volume precipitado seja no regolito ou no próprio aquífero, promovendo sua liberação gradativa a partir das drenagens superficiais, regulando a dinâmica hídrica local.

Em coberturas arenosas formadas sobre os filitos da Formação Batatal, as altitudes elevadas e as baixas temperaturas favorecem o acúmulo de matéria orgânica, a qual é iluviada em profundidade por processos de podzolização favorecidos pela textura grossa do solo. Lamelas cimentadas por sílica e ferro (*ortstein*) encontradas nas áreas de ocorrência de Espodossolos, indicam a presença de horizonte plácico, horizonte este associado aos processos de podzolização.

Apesar de coberturas arenosas também terem sido observadas sobre os filitos da Formação Moeda, estas são mais delgadas que as anteriores e misturadas com partículas de areia fina e silte provenientes do intemperismo do filito, diminuindo a macroporosidade do solo e favorecendo o hidromorfismo que deu origem aos GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos (P3) presentes no local.

No contato dos filitos da Formação Batatais com os itabiritos da Formação Cauê ocorrem CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos (P6) comumente apresentando horizontes superficiais alóctones de constituição oxidica e caráter epipedregoso. Nestas áreas, campos limpos predominam nas extensas rampas de relevo suave ondulado transicionando para uma vegetação de porte arbóreo nas proximidades dos talvegues e nas cabeceiras de drenagens e de anfiteatros de erosão. Nas pequenas depressões do terreno o aumento da espessura do material coluvionar, muitas vezes apresentando blocos de concreções ferruginosas que podem chegar a 40 cm de diâmetro, dá suporte a uma vegetação de porte arbustivo-arbóreo fitofisionomicamente denominada de capão.

Já nos domínios dos platôs lateríticos, três pedoambientes caracterizam a paisagem: o terço superior é amplamente dominado por carapaças de canga contínuas ou fraturadas; no terço inferior observam-se espessos pacotes latossólicos onde o relevo varia do plano ao suave ondulado; o terço médio é constituído de uma mistura de materiais dos terços superior e inferior com fragmentos de rocha e concreções ferruginosas imersos numa matriz oxidica. Essas diferenças edáficas refletem diretamente na composição

vegetacional destas áreas, com predomínio de espécies rupícolas de porte herbáceo colonizando as carapaças contínuas de canga e de espécies saxícolas de porte herbáceo e arbustivo se desenvolvendo entre as fendas dos blocos, mesmo perante as limitações do substrato. Já nas áreas com relevo plano e suave ondulado, onde predominam LATOSSOLOS VERMELHOS Acriférricos (P7), as limitações químicas do substrato superam suas qualidades físicas favorecendo o predomínio de uma vegetação rústica de porte herbáceo graminóide.

Em alguns talwegues presentes na aba interna da sinclinal, o recuo das cabeceiras de drenagem atinge essas coberturas latossólicas que extrapolam os platôs alcançando as bordas superiores da encosta. Nestas áreas, ocorrem LATOSSOLOS VERMELHOS Acriférricos (P8) associados a fragmentos de floresta estacional semidecidual.

Nas encostas voltadas para o interior da sinclinal, aqui denominadas encostas itabiríticas, predominam CAMBISSOLOS HÁPLICOS Perférricos (P9) com elevada atração magnética e caráter epi e endopedregoso, com os fragmentos de rocha posicionados de forma desordenada na massa do solo, sugerindo a ocorrência de coluvionamento.

Estes solos ocupam grandes extensões ao longo do toda a aba ocidental da sinclinal Moeda e ocorrem muitas vezes associados com carapaças de canga e NEOSSOLOS LITÓLICOS nos terços superior e médio das encostas e com colúvios argilosos no terço inferior. As limitações físicas do substrato associadas aos altos conteúdos de Fe provenientes da rocha matriz condicionam a ocorrência de uma vegetação singular denominada por Schaefer et al. (2009) como savana metalófito, caracterizada por campos limpos com arbustos esparsos comumente dominados por velozíaceas (*Vellozia* sp.).

Ao final da litossequência analisada, LATOSSOLOS VERMELHOS Distróféricos (Figura 2: P1 - III RCC - Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos) dominam as rampas de colúvio e formam extensos pacotes argilosos sobre os dolomitos da Formação Gandarela. Nestas áreas predominam campos limpos e cerrado. Por apresentarem textura muito argilosa e estrutura muito desenvolvida, forte, muito pequena e pequena granular (comumente conhecida como “pó de café”) se tornam muito pulverulentos durante movimentações de terra

oriundas de ações antrópicas.

Características morfológicas e físicas

Os solos estudados apresentam classes texturais que variam desde muito argilosa a franco arenosa, reflexo da composição diferenciada dos materiais de origem (Tabela 1). Por vezes, mesmo quando associados litologicamente a materiais de granulometria mais fina (como filitos e itabiritos, por exemplo), a condição topográfica resultante da tectônica transportou sedimentos de granulometria mais grossa ao longo do declive, criando rampas de colúvio de diferentes extensões e composições granulométricas. Este fenômeno dificulta os trabalhos de correlações de solos ao longo de toposse-quências no Quadrilátero.

As amostras coletadas nos perfis originados de xistos (P1 e P2) apresentaram quantidades elevadas de material grosso (cascalhos e calhaus) provenientes do próprio material de origem.

Na TFSA, os teores de silte + argila variaram de 780 g kg⁻¹ (P2) a 850 g kg⁻¹ (P1) resultados semelhantes àqueles apontados por Pereira et al. (2010) para Cambissolos derivados de rochas pelíticas do Grupo Bambuí, os quais destacaram a grande influência de materiais finos, principalmente silte, no adensamento desses solos.

Os horizontes subsuperficiais destes solos apresentam matiz 5YR, tendendo a tonalidades mais amareladas, indicando a presença de goethita. No horizonte Cr do NEOSSOLO REGOLÍTICO (P1) a cor foi aferida nas faixas onde o solo mostrou-se mais estruturado, uma vez que este horizonte apresentou bandas com comportamentos distintos de resistência ao intemperismo: bandas avermelhadas mais resistentes e bandas amareladas menos resistentes.

A gênese incipiente destes solos, bem como o próprio acamamento subhorizontalizado observado no horizonte Cr do P1, dificulta a penetração de água e de raízes, resultando no predomínio de uma vegetação herbácea nativa (campo limpo) em local de topografia plana. Na meia encosta, CAMBISSOLOS HÁPLICOS rasos (P2) são cobertos por campos limpos que predominam sobre os ambientes florestais, os quais se limitam a estreitas faixas ao longo dos talwegues onde parece haver maior acúmulo de solo e umidade.

No P3, GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico de altitude possuem textura franco-arenosa. Ao analisar o gradiente textural em profundidade, observa-se que os teores de areia fina diminuem,

Tabela 1 - Características físicas dos solos estudados.

Hor.	Cor	Ar.	Ar.	Silte	Argila	ADA	GF	Dp	Classe textural
cm		-----g kg ⁻¹ -----				-----%-----		g cm ⁻³	
		----				--			
P1 – NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (xisto do Grupo Nova Lima)									
A (0-7)	3YR 4/4	60	80	200	660	9	99	2,63	Muito argilosa
Cr (7-70)	5YR 5/6	70	90	290	550	2	100	2,90	Argila
P2 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (xisto do Grupo Nova Lima)									
A (0-15)	3YR 4/4	110	110	170	610	12	98	2,66	Muito argilosa
Bi (15-40)	5YR 4/6	130	90	250	530	13	98	2,66	Argila
P3 – GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico álico (filito da Formação Moeda)									
A (0-7)	Gley 1	0	620	280	100	1	99	2,87	Franco-Arenosa
AC (7-25)	Gley 1	0	640	290	70	1	99	2,98	Franco-Arenosa
Cg1 (25-	Gley 1	0	530	360	110	4	96	2,84	Franco-Arenosa
P4 – NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico álico (quartzito da Formação Moeda)									
A (0-15)	10YR 3/1	440	360	120	80	1	99	2,90	Areia-Franca
P5 – ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico álico (quartzito da Formação Moeda)									
A (0-6)	10YR 2/1	200	420	320	60	-	-	-	Franco-Arenosa
E (6-22)	7,5YR 3/1	520	240	200	40	-	-	-	Areia-Franca
Bh (22-41)	5YR 2,5/1	30	400	440	130	-	-	-	Franco
Bhs1 (41-	10YR 2/1	240	330	310	120	-	-	-	Franco-Arenosa
P6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico álico (filito da Formação Batatal)									
A (0-7)	5YR 4/4	130	30	310	530	19	96	2,88	Argila
AB (7-25)	5YR 4/4	280	30	230	460	19	96	2,86	Argila
Bi (25-45)	5YR 4/6	240	30	220	510	20	96	2,74	Argila
P7 – LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito da Formação Cauê)									
A (0-10)	2,5YR	80	40	120	760	14	98	3,12	Muito Argilosa
Bw1 (25-	2,5YR	90	30	110	770	16	98	3,06	Muito Argilosa
Bwc (55-	2,5YR 3/6	110	20	130	740	1	100	3,25	Muito Argilosa
Bw2 (75-	2,5YR 3/6	70	40	100	790	28	96	3,28	Muito Argilosa
P8 – LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito da Formação Cauê)									
A (0-20)	2,5YR	150	40	170	640	7	99	3,25	Muito Argilosa
AB (20-50)	2,5YR	110	50	110	730	2	100	3,08	Muito Argilosa
Bw1 (50-	2,5YR	100	50	130	720	9	99	3,17	Muito Argilosa
Bwc (75-	2,5YR 3/6	90	50	130	730	6	99	2,96	Muito Argilosa
P9 – CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico (itabirito da Formação Cauê)									
A1 (0-10)	5YR 3/3	270	500	110	120	2	98	4,49	Franco-Arenosa
A2 (10-25)	2,5YR	220	520	140	120	3	98	4,84	Franco-Arenosa
AB (25-50)	2,5YR 3/6	140	500	150	210	2	99	4,83	Franco-Argilo-
Bi1 (50-	2,5YR 3/4	180	250	220	350	5	99	4,78	Franco-Argilosa

- não determinado. ADA: argila dispersa em água; GF: grau de floculação; Dp: densidade da partícula.

ao contrário dos teores de silte, o que sugere um maior aporte de materiais coluvionares advindos das rochas quartzíticas adjacentes e maior influência do filito na composição granulométrica dos horizontes mais profundos.

A formação de solos hidromórficos denota uma condição fisiográfica que permite o acúmulo de água durante um mínimo de três meses ao ano. Em ambientes altimontanos, esta condição torna-se ainda mais difícil uma vez que a tendência da água é atingir valores mais baixos de potencial gravitacional.

Entretanto, na área estudada, esta condição parece intimamente relacionada com o comportamento hidráulico do material de origem, neste caso o filito, que se comporta como um aquitardo (formação geológica semipermeável, delimitada no topo e/ou na base por camadas de permea-

bilidade muito maior), além de sua disposição em relação às rochas encaixantes adjacentes, os quartzitos, que apesar de maciços, são muito fraturados e contribuem para o aporte de água na área de ocorrência dos filitos da Formação Moeda.

Essa presença de água no perfil durante parte do ano é responsável pela redução do Fe³⁺ em Fe²⁺, refletindo na geração de cores pálidas, gleizadas, como observado nestes solos (matiz GLEY 1). Pequenas pontuações avermelhadas foram observadas apenas ao redor de raízes finas, onde a respiração promoveu a re-oxidação do Fe. A textura do horizonte A do NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico substrato quartzito (P4) guarda estreita relação com o material de origem, em que 80 % da TFSA é composta pelas frações areia grossa e areia fina. Por se tratar de um solo

raso e com textura arenosa, a água dificilmente permanece no perfil e tende a ser infiltrar pelas fraturas da rocha.

O CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (P6) originado de filito da Formação Batatal, apresenta quantidades significativas de material grosso na forma de cascalhos e calhaus em sua composição, podendo chegar a 81 % no horizonte AB. Na fração TFSA, os horizontes AB e Bi são de textura argilosa. A contribuição da fração silte nos horizontes amostrados denota a estreita relação com o material de origem. Nestes horizontes, a cor do solo apresentou matiz 5YR, com croma igual a 4 no horizonte AB devido ao poder pigmentante da matéria orgânica e igual a 6 no horizonte Bi.

O LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (P7) amostrado no platô, a 1.457 m de altitude, foi caracterizado como de textura muito argilosa. Para minimizar os efeitos da baixa eficiência no processo de dispersão química e mecânica decorrentes da constituição oxidica dos Latossolos e que contribui para a formação de micro-agregados de alta estabilidade (Donagemma et al., 2003), foi considerada a densidade de partículas para o cálculo do tempo de sedimentação conforme princípios previstos na Lei de Stokes.

Os valores encontrados para a relação silte/argila encontram-se inferiores ao limite máximo de 0,7 estabelecido para o horizonte B latossólico (Embrapa, 2018) apresentando, inclusive, valores muito baixos variando entre 0,1 e 0,2, já indicando uma mineralogia mais oxidica. Apesar da aparente homogeneidade morfológica ao longo de todo o perfil, foi observada a presença de pequenas concreções e fragmentos de rocha a partir de 55 cm de profundidade. A cor do solo apresentou matiz 2,5YR em todos os horizontes, corroborando com a natureza vermelha de solos desenvolvidos a partir de rochas em ferro, como o itabirito.

O segundo LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (P8) amostrado em encosta florestada, a 1.408 m de altitude, também apresentou textura muito argilosa. Assim como no perfil anterior (P7), foi observada a presença de pequenas concreções e fragmentos de rocha a partir de 75 cm de profundidade. Em todos os horizontes, a cor vermelha apresentou cromas mais baixos devido ao efeito anti-hematítico da matéria orgânica, que apresentou teores de 11,7 % no horizonte A.

O P9, CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico,

comum nas encostas com relevo mais acentuado, apresentou teores elevados de areia fina até o limite superior do horizonte Bi1 (50 cm), onde a contribuição da fração argila passa a aumentar em profundidade, sugerindo descontinuidade litológica.

Cascalhos e calhaus constituem a maior parte do solo, conferindo-lhe o caráter epi e endopedregoso, frações estas compostas em sua maioria por fragmentos de itabirito imersos numa matriz oxidica aparentemente latossólica, com fragmentos de rocha > 4 mm representando, em média, 70 % da amostra coletada. Testes com ímã de mão evidenciaram forte magnetização em todos os horizontes deste perfil. A cor do solo (2,5YR) tem relação direta com sua mineralogia oxidica, principalmente pelos altos teores de óxidos de ferro constatados pelo ataque sulfúrico (variando de 528 a 591 g kg⁻¹) e pelos difratogramas de raios-X, que indicaram a presença de hematita em todas as frações analisadas. A textura grossa associada à quantidade expressiva de fragmentos de rocha ao longo do perfil facilitam a percolação de água e, conseqüentemente, o desenvolvimento de raízes em profundidade. Entretanto, por estar em condição de relevo forte ondulado, a água não permanece no perfil por muito tempo, impossibilitando a redução e mobilização do Fe do sistema.

Nos solos oriundos de xistos, filitos e quartzitos a densidade média de partículas foi de 2,80 g cm⁻³. Já para os solos provenientes de itabirito, a presença de óxidos de ferro contribuiu para elevar os valores de densidade de partículas, principalmente devido à presença dos minerais hematita e magnetita cujas densidades de partículas são 5,26 e 5,18 g cm⁻³, respectivamente. Nos Latossolos (P7 e P8), a densidade média de partículas foi de 3,14 g cm⁻³, e no CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico (P9), foi de 4,58 g cm⁻³, valores estes dentro do intervalo de 3,0 a 5,3 g cm⁻³ estabelecido por Schwertmann & Taylor (1989) para os óxidos de ferro. Tais valores levaram à adoção de diferentes tempos de sedimentação durante a separação granulométrica das frações silte e argila. A constituição oxidica conferiu aos LATOSSOLOS VERMELHOS Acriféricos (P7 e P8) valores elevados de grau de floculação, chegando a 100 % nos horizontes Bwc do P7 e no horizonte AB do P8. Os valores de grau de floculação obtidos para o CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico (P9) também se mostraram elevados (75 a 100 %), resultado da composição química do material de

origem (itabirito) que leva à formação direta de óxidos de ferro.

Características químicas

Todos os solos estudados são distróficos (Tabela 2). Em relação ao ΔpH , com exceção dos horizontes Bwc e Bw2 do P7 e Bwc do P8 todos os demais horizontes estudados são eletronegativos.

A partir do horizonte Bwc do P7 e P8, a inversão de cargas em profundidade (eletropositivos) nos Latossolos argilosos e oxidados foi denominada por Mattson (1932) como intemperismo isoeletrico, que pode ser explicada pela tendência do pH do solo em acompanhar o PCZ dos óxidos de ferro.

Tabela 2 - Características químicas dos solos estudados.

Hor.	ΔpH	SB	Al ³⁺	H+Al	t	T	CTCr	V	m	CO	P	P-
cm		-----cmolc dm ⁻³ -----						-----%-----			mg dm ⁻³	mg L ⁻¹
		-----						-----				
P1 – NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (xisto do Grupo Nova Lima)												
A (0-7)	-1,03	1,89	0,39	7,60	2,28	9,49	14,38	19,9	17,1	4,15	0,50	12,1
Cr (7-	-0,91	0,16	0,10	3,70	0,26	3,86	7,02	4,1	38,5	1,60	0,40	10,2
P2 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (xisto do Grupo Nova Lima)												
A (0-15)	-0,77	0,69	0,87	7,50	1,56	8,19	13,43	8,4	55,8	3,28	0,90	11,0
Bi (15-	-0,80	0,17	0,39	4,80	0,56	4,97	9,38	3,4	69,6	2,11	0,40	12,0
P3 – GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico álico (filito da Formação Moeda)												
A (0-7)	-0,64	0,13	1,25	5,20	1,38	5,33	53,30	2,4	90,6	1,46	0,60	24,8
AC (7-	-0,58	0,05	0,77	2,50	0,82	2,56	36,57	2,3	92,8	1,68	1,10	32,3
Cg1	-0,56	0,05	0,87	1,90	0,92	1,94	17,64	2,1	95,6	0,29	0,60	35,7
P4 – NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico álico (quartzito da Formação Moeda)												
A (0-15)	-0,56	0,31	0,87	4,10	1,18	4,41	55,13	7,0	73,7	1,02	1,00	31,4
P5 – ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico álico (quartzito da Formação Moeda)												
A (0-6)	-0,46	0,21	1,56	8,90	1,77	9,11	151,83	2,3	88,1	2,60	1,10	29,1
E (6-22)	-0,74	0,05	1,37	7,20	1,42	7,25	181,25	0,7	96,5	1,45	1,80	34,7
Bh (22-	-0,43	0,15	2,44	12,10	2,59	12,25	94,23	1,2	94,2	2,29	1,90	19,7
Bhs1	-0,45	0,09	2,05	9,00	2,14	9,09	75,75	1,0	95,8	1,68	2,50	22,4
P6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico álico (filito da Formação Batatal)												
A (0-7)	-0,58	1,53	0,88	9,30	2,41	10,83	20,43	14,1	36,5	3,60	1,30	4,6
AB (7-	-0,52	0,61	1,07	7,90	1,68	8,51	18,50	7,2	63,7	2,47	1,40	20,6
Bi (25-	-0,58	0,59	0,88	7,40	1,47	7,99	15,67	7,4	59,9	2,02	1,00	19,6
P7 – LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito da Formação Cauê)												
A (0-10)	-0,53	1,33	0,39	11,10	1,72	12,43	16,36	10,7	22,7	3,82	1,00	33,0
Bw1	-0,13	0,44	0,00	6,00	0,44	6,44	8,36	6,8	0,0	2,32	0,50	8,5
Bwc	0,36	0,28	0,00	3,20	0,28	3,48	4,70	8,0	0,0	1,57	0,40	7,0
Bw2	0,78	0,29	0,00	1,30	0,29	1,59	2,01	18,2	0,0	0,45	0,40	4,4
P8 – LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito da Formação Cauê)												
A (0-20)	-0,49	0,95	0,88	18,70	1,83	19,65	30,70	4,8	48,1	6,78	6,80	6,7
AB (20-	-0,05	0,39	0,88	17,20	1,27	17,60	24,11	2,3	68,8	4,05	2,80	2,9
Bw1	-0,08	0,29	0,20	11,90	0,49	12,19	16,93	2,4	40,8	2,81	1,70	2,3
Bwc	0,36	0,26	0,00	6,80	0,26	7,06	9,67	3,7	0,0	1,72	1,30	1,4
P9 – CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico (itabirito da Formação Cauê)												
A1 (0-	-0,77	1,78	0,68	9,70	2,46	11,48	95,67	15,5	27,6	1,13	1,80	47,1
A2 (10-	-1,21	0,53	0,59	9,30	1,12	9,83	81,92	5,4	52,7	1,20	3,80	38,7
AB (25-	-0,82	0,53	0,59	9,80	1,12	10,33	49,19	5,1	52,7	1,13	1,70	36,4
Bi1 (50-	-0,09	0,34	0,00	4,50	0,34	4,84	13,83	7,0	0,0	0,60	2,30	39,5

SB: soma de bases (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺); t: CTC efetiva; T: CTC potencial; CTCr: atividade da argila; V: saturação de bases; m: saturação de alumínio; CO: carbono orgânico; P-rem: fósforo remanescente.

De acordo com Novais et al. (1991), a afinidade aniônica se reflete na maior fixação do íon fosfato (PO₄³⁻), reduzindo sua disponibilidade e tornando sua adsorção praticamente irreversível (forma não lábil). Isto explica os baixos teores de fósforo remanescente (P-rem) obtidos para os Latossolos estudados, com exceção do horizonte A do P7 (P-rem 33,0 mg L⁻¹) onde a matéria orgânica pode estar atuando na estabilização dos óxidos de ferro e diminuindo

sua capacidade de adsorção. Ainda em relação aos Latossolos, os dois perfis analisados foram classificados como ácidos por apresentarem valores de soma de bases mais Al³⁺ inferiores a 1,5 cmolc dm⁻³, valores de pH em KCl superiores a 5,0 e ΔpH positivo, conforme Embrapa (2018).

Os teores de bases trocáveis nos horizontes analisados foram muito baixos ou nulos, sendo os maiores valores observados nos horizontes superficiais dos perfis P1, P6, P7 e P9, indicando

maior relação com a ciclagem da matéria orgânica do que com a contribuição do material de origem.

Esses baixos teores também podem ser explicados pelas altas taxas de lixiviação e perda de elementos, já que o ambiente é marcado por clima tropical semiúmido associado a relevos acidentados.

Os valores de CTC efetiva (t) evidenciam a baixa capacidade de troca catiônica para os solos estudados.

Os maiores valores observados encontram-se nos horizontes superficiais, onde a presença da matéria orgânica contribui para a geração de cargas negativas aumentando a CTC. Ainda assim, a maior parte da CTC efetiva encontra-se saturada por Al^{3+} , contribuindo para a geração de acidez no solo.

O GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (P3), em especial, apresentou valores de Al^{3+} superiores a 90 %, indicando a influência do filito na liberação deste elemento, como relatado por Pereira et al. (2010). Nos solos originados de itabirito (P7, P8 e P9), os valores observados de saturação por Al^{3+} estão restritos aos horizontes sob influência da matéria orgânica, indicando a possível ocorrência de complexos organometálicos.

Os valores da CTC a pH 7,0 (T) variaram de $1,59 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no horizonte Bw2 do P7 a $19,65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no horizonte A do P8, caracterizando o predomínio de argilas de atividade baixa em todos os horizontes dos solos estudados.

Os teores de carbono orgânico mais elevados ($6,78 \text{ dag kg}^{-1}$) foram observados no horizonte A do P8, com destaque para os teores encontrados em profundidade, que podem estar relacionados alta atividade pedobiológica (Schaefer, 2001).

A baixa fertilidade de todos os solos estudados limita sobremaneira a sua utilização agrícola, justificando o predomínio de formações naturais ao longo de toda a área estudada. A própria natureza dos materiais de origem não contribui para a formação de solos férteis no Quadrilátero Ferrífero (Barbosa & Rodrigues, 1965 e Carvalho Filho et al., 2010) principalmente em abas de sinclinais onde, em geral, predominam quartzitos, filitos e itabiritos.

Digestão sulfúrica

Os resultados da digestão sulfúrica indicaram, de forma geral, que a composição química diferenciada dos materiais de origem, guardadas as devidas precauções quanto às observações de

campo, referentes às condições topográficas e presença de depósitos coluviais, apresentam estreita relação com os solos estudados na litossequência (Tabela 3).

Os solos desenvolvidos de xisto apresentaram teores próximos de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 , relação Al_2O_3/Fe_2O_3 variando de 0,98 a 1,18 e valores baixos de Ki, sugerindo constituição mineralógica oxidica. Os teores de MnO , TiO_2 e P_2O_5 são muito baixos nos dois perfis analisados.

No P3 e P4, a discussão do resultado da digestão sulfúrica deve considerar a textura do solo, uma vez que as frações areia fina e silte representam cerca de 80 % da composição granulométrica dos horizontes analisados, frações estas não totalmente atacadas pelo H_2SO_4 .

Os valores de Ki foram, assim como no P4, os maiores observados dentre todos os solos analisados, refletindo seu estágio incipiente de intemperismo, estágio este que pode estar sendo atrasado pela condição hidromórfica e de confinamento do filito em meio aos afloramentos quartzíticos, que dificulta a lixiviação de elementos químicos desse geossistema.

As relações Al_2O_3/Fe_2O_3 nos horizontes do P3 foram as maiores dentre todos os solos analisados indicando um aporte de Al proveniente do material de origem, uma vez que esta relação aumenta em profundidade.

O P6, também desenvolvido de filito, porém da Formação Batatal, por apresentar textura mais argilosa, se mostrou mais sensível ao ataque por H_2SO_4 .

A relação Al_2O_3/Fe_2O_3 foi superior à de todos os horizontes analisados. Os valores de Ki, relativamente baixos para Cambissolos, apontam para uma composição mineralógica oxidica. Porém a diminuição do valor de Fe_2O_3 com a profundidade sugere a natureza alóctone dos materiais sobrejacentes, possivelmente de constituição ferruginosa.

No entanto, ao analisar a posição deste perfil no contexto da litossequência, é difícil identificar a origem do material alóctone uma vez que o solo se distribui em partes elevadas da paisagem, sendo necessário, portanto inferir que a adição deste material possa ter ocorrido em épocas nas quais as condições topográficas eram diferentes das atuais.

O P7, localizado nas partes mais altas da paisagem e desenvolvido a partir do itabirito, apresentou valores de Ki muito baixos, comprovando o avançado grau de intemperismo destes solos e corroborando com um dos critérios de

classificação para a ordem dos Latossolos ($K_i < 0,7$) conforme Embrapa (2018). Entretanto, é importante destacar que a análise isolada deste índice não reflete necessariamente intemperização intensa uma vez que o material de origem já é pobre em sílica (Camêlo et al., 2018).

No P8, amostrado na encosta florestada, os

valores de K_i foram pouco superiores aos obtidos no P7, haja vista a maior contribuição da sílica, porém ainda dentro dos limites estabelecidos para a ordem de classificação dos Latossolos. Os teores mais elevados de Fe_2O_3 observados neste solo contribuem para a diminuição da relação Al_2O_3/Fe_2O_3 , apresentando valores médios de 0,66.

Tabela 3 - Resultados da digestão sulfúrica em TFSA e relações moleculares dos solos estudados.

Hor.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	K _i
cm	-----g kg ⁻¹ -----						
P1 – NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (xisto do Grupo Nova Lima)							
A (0-7)	140,60	189,39	173,51	1,09	0,19	1,89	1,26
Cr (7-70)	143,35	190,00	166,18	1,17	0,09	1,39	1,28
P2 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (xisto do Grupo Nova Lima)							
A (0-15)	146,13	185,87	167,04	1,09	0,11	1,33	1,34
Bi (15-40)	160,58	184,46	187,98	1,02	0,08	1,51	1,48
P3 – GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico álico (filito da Formação Moeda)							
A (0-7)	33,30	20,56	2,64	0,42	0,00	0,63	2,75
AC (7-25)	17,74	17,46	0,65	0,39	0,00	0,48	1,73
Cg1 (25-50)	40,43	32,24	1,19	0,72	0,00	0,37	2,13
P4 – NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico álico (quartzito da Formação Moeda)							
A (0-15)	20,18	14,49	2,90	0,19	0,01	0,11	2,37
P5 – EPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico álico (quartzito da Formação Moeda)							
A (0-6)	30,80	16,40	15,00	0,08	1,59	2,01	3,19
E (6-22)	30,00	13,80	7,10	0,06	1,37	1,65	3,70
Bh (22-41)	58,90	46,60	7,90	0,07	2,29	1,90	2,15
Bhs1 (41-70)	62,10	46,30	7,90	0,07	2,28	1,83	2,28
P6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico álico (filito da Formação Batatal)							
A (0-7)	126,50	227,30	179,30	3,70	1,10	2,30	0,95
AB (7-25)	108,90	221,50	201,80	2,40	1,00	2,50	0,84
Bi (25-45)	122,60	236,90	208,80	2,00	1,00	2,50	0,88
P7 – LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito da Formação Cauê)							
A (0-10)	25,80	266,90	256,70	1,40	2,30	2,70	0,16
Bw1 (25-55)	26,30	279,70	297,50	1,20	3,00	2,70	0,16
Bwc (55-75)	28,10	290,10	268,10	1,10	3,10	2,60	0,16
Bw2 (75-130)	32,40	292,30	249,50	1,40	2,80	2,10	0,19
P8 – LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito da Formação Cauê)							
A (0-20)	51,20	178,00	296,20	5,50	4,90	4,40	0,49
AB (20-50)	49,20	196,70	276,10	5,60	5,50	4,10	0,43
Bw1 (50-75)	48,40	207,30	304,20	6,40	6,40	4,40	0,59
Bwc (75-150)	41,80	217,70	349,60	4,50	6,50	4,60	0,33
P9 – CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico (itabirito da Formação Cauê)							
A1 (0-10)	5,00	32,70	559,50	1,40	0,50	4,50	0,26
A2 (10-25)	5,20	34,00	550,30	1,30	0,50	4,20	0,26
AB (25-50)	4,50	35,90	541,60	1,20	0,50	4,20	0,21
Bi1 (50-110)	2,10	65,30	591,20	1,60	0,70	5,00	0,05

K_i: (SiO₂/Al₂O₃).1,7.

Analisando os dois Latossolos amostrados, nota-se um acréscimo nos teores de Fe_2O_3 e uma diminuição nos teores de Al_2O_3 no sentido topocolúvio, indicando uma composição mineralógica mais gibssítica para os Latossolos de topo e mais oxidica para os Latossolos de encosta e de colúvio. Tal hipótese pode estar associada tanto à impureza do itabirito nas áreas de topo, devido à sua maior proximidade com outras rochas mais aluminosas como os filitos (Carvalho Filho et al., 2010), quanto à maior saída de Fe do sistema para as partes mais baixas da paisagem, tornando os

teores de Al proporcionalmente maiores em relação aos de Fe, dada sua baixa mobilidade.

Os resultados obtidos com a digestão sulfúrica da TFSA do P9 revelam a pedogênese de um material que seria o mais próximo de um itabirito puro, com teores médios de SiO₂ e Al₂O₃ muito baixos em relação aos teores médios de Fe_2O_3 . Estes altos teores de Fe apontam que a utilização dos índices K_i nem sempre são apropriados na determinação do grau de intemperismo destes solos, pois a pobreza em Si é uma característica intrínseca do material de origem e não de perda

deste elemento ao longo do tempo.

Difração de raio-X

Os difratogramas de raios-X das frações areia, silte, argila e argila desferrificada de horizontes diagnósticos dos solos estudados sugerem certa heterogeneidade mineralógica, reflexo da complexidade dos materiais de origem (Tabela 4).

A sílica presente no material de origem dos solos desenvolvidos de xisto (P1 e P2), além de participar na constituição de micas comuns em rochas xistosas, em condições de pH baixo e virtual ausência de bases e Fe na solução do solo, favorece a formação da caulinita. No entanto, gibbsita e goethita também foram detectadas.

Tabela 4 - Composição mineralógica (raios-X) das frações granulométricas dos solos estudados.

Hor. cm	Minerais			
	Areia	Silte	Argila	*Argila desferrificada
P1 – NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (xisto do Grupo Nova Lima)				
A (0-7)	Qz, Mi	Qz, Mi	Mi, Ct, Gb, Gt	Mi, Ct, Gb
Cr (7-70)	Qz, Mi	Qz, Mi	Mi, Ct, Gb, Gt	Mi, Ct, Gb
P2 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (xisto do Grupo Nova Lima)				
A (0-15)	Qz, Mi	Qz, Mi, Ct	Mi, Ct, Gb	Mi, Ct, Gb
Bi (15-40)	Qz, Mi	Qz, Mi, Ct	Mi, Ct, Gb, Gt	Mi, Ct, Gb
P3 – GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico álico (filito da Formação Moeda)				
A (0-7)	Qz, Mi	Qz, Mi	Mi, Ct, Gt	Mi, Ct
Cg1 (25-50)	Qz, Mi	Qz, Mi	Mi, Ct, Gt	Mi, Ct
P4 – NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico álico (quartzito da Formação Moeda)				
A (0-15)	Qz, Mi	Qz, Mi	Mi, Ct	Mi, Ct
P6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico álico (filito da Formação Batatal)				
A (0-7)	Qz, Hm, Mgn	Mi, Ct, Qz	Mi, Ct, Gb, Hm, An	Mi, Ct, Gb, Na
Bi (25-45)	Qz, Hm, Mgn	Mi, Ct, Qz	Mi, Ct, Gb, Gt, Hm	Mi, Ct, Gb
P7 – LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito da Formação Cauê)				
A (0-10)	Qz, Gb, Hm, Mgn	Ct, Gb, Gt, Hm	Ct, Gb, Gt, Hm, Mh	Ct, Gb
Bwc (55-75)	Qz, Gb, Hm, Mgn	Ct, Gb, Gt, Hm, Ru	Ct, Gb, Gt, Hm, Mh	Ct, Gb
P8 – LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito da Formação Cauê)				
A (0-20)	Qz, Gt, Hm, Mgn	Qz, Ct, Gb, Hm	2:1 HE, Ct, Gb, Hm, Mh	2:1 HE, Ct, Gb
Bwc (75-150)	Qz, Hm, Mgn	Qz, Ct, Gb	2:1 HE, Ct, Gb, Gt, Hm, Mh	2:1 HE, Ct, Gb
P9 – CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico (itabirito da Formação Cauê)				
A1 (0-10)	Qz, Hm, Mgn	Qz, Gt, Hm, Mgn	Ct, Gb, Gt, Hm, Mgn	Ct, Gb
Bi1 (50-110)	Qz, Hm, Mgn	Qz, Gt, Hm, Mgn	Ct, Gb, Gt, Hm, Mgn	Ct, Gb

An: anatásio; Ct: caulinita; Gb: gibbsita; Gt: goethita; Hm: hematita; Mgn: magnetita; Mh: maghemita; Mi: mica; Qz: quartzo; Ru: rutilo; 2:1 HE: argilomineral 2:1 com hidróxi entre camadas; *Extracção de Fe e Mn por ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) e oxalato de amônio.

Apesar do saprolito apresentar coloração avermelhada herdada de outros minerais constituintes da rocha de origem, a pedogênese destes solos (P1 e P2) demonstra um direcionamento na formação de goethita em detrimento à hematita, comprovado pela cor dos horizontes subsuperficiais com matizes 5YR e croma 6. Esta tendência talvez esteja relacionada à dificuldade de percolação da água em profundidade devido à xistosidade, mantendo sua maior atividade no perfil, juntamente com pH baixo e baixas taxas de liberação de ferro.

Se na parte inferior do P3 a rocha fornece Al ao sistema, na parte superior ocorre o aporte de sílica por meio de depósitos coluviais arenosos provenientes dos afloramentos quartzíticos adjacentes, que são fontes de minerais do tipo 2:1 como as micas (Tabela 4). As frações areia e silte são compostas basicamente por quartzo. Já na fração argila foram identificados picos característicos de minerais do grupo das micas e da caulinita.

A própria composição química do material de origem do P4, contendo basicamente Si e O, conduz a uma mineralogia composta, em sua maioria, por quartzo nas frações areia e silte, e mica e caulinita na fração argila (Tabela 4). Esta participação expressiva de SiO₂ no material de origem confirma o alto valor de Ki para o horizonte analisado.

A goethita e hematita foram detectados nos difratogramas de raios-X do P6. Dentre os óxidos de Fe, a magnetita também se mostrou presente, devido à atração magnética do solo detectada durante testes em campo.

O P7 apresentou os minerais quartzo e gibbsita na fração areia, gibbsita e hematita na fração silte e caulinita, gibbsita, hematita e goethita na fração argila.

A presença da caulinita neste ambiente, mesmo com valores de pH menos ácidos, encontra-se condizente com os altos valores observados da relação Al₂O₃/SiO₂.

No horizonte Bwc do P8, foram detectados o

quartzo e hematita/magnetita na fração areia, quartzo e gibbsita na fração silte e caulinita e gibbsita na fração argila.

Foi detectado nas amostras de argila desferrificada, possivelmente, um mineral 2:1 com hidróxi entre camadas. Com os tratamentos saturação com Mg, saturação com Mg e solvatação com glicerol, saturação com K e posterior aquecimento a 350 e 550 °C realizados na fração argila, verificou-se pouca variação do pico do mineral, passando de $d = 14,63$ para $d = 14,22$, com exceção do último tratamento (Figura 3).

Segundo Whittig & Allardice (1986), o aquecimento da amostra a 550 °C por quatro horas promove a destruição das ilhas de hidróxi-Al e o colapso do mineral, onde o espaçamento basal passa de 14,0 para 10,0 Å, comportamento este não observado na amostra analisada.

A pedogênese do P9 indica a formação direta de óxidos de ferro a partir do material de origem, sem passar pelas fases intermediárias de formação de minerais do tipo 2:1 e 1:1, já que a pouca sílica presente pode sofrer dissolução seletiva em ambientes ricos em Fe.

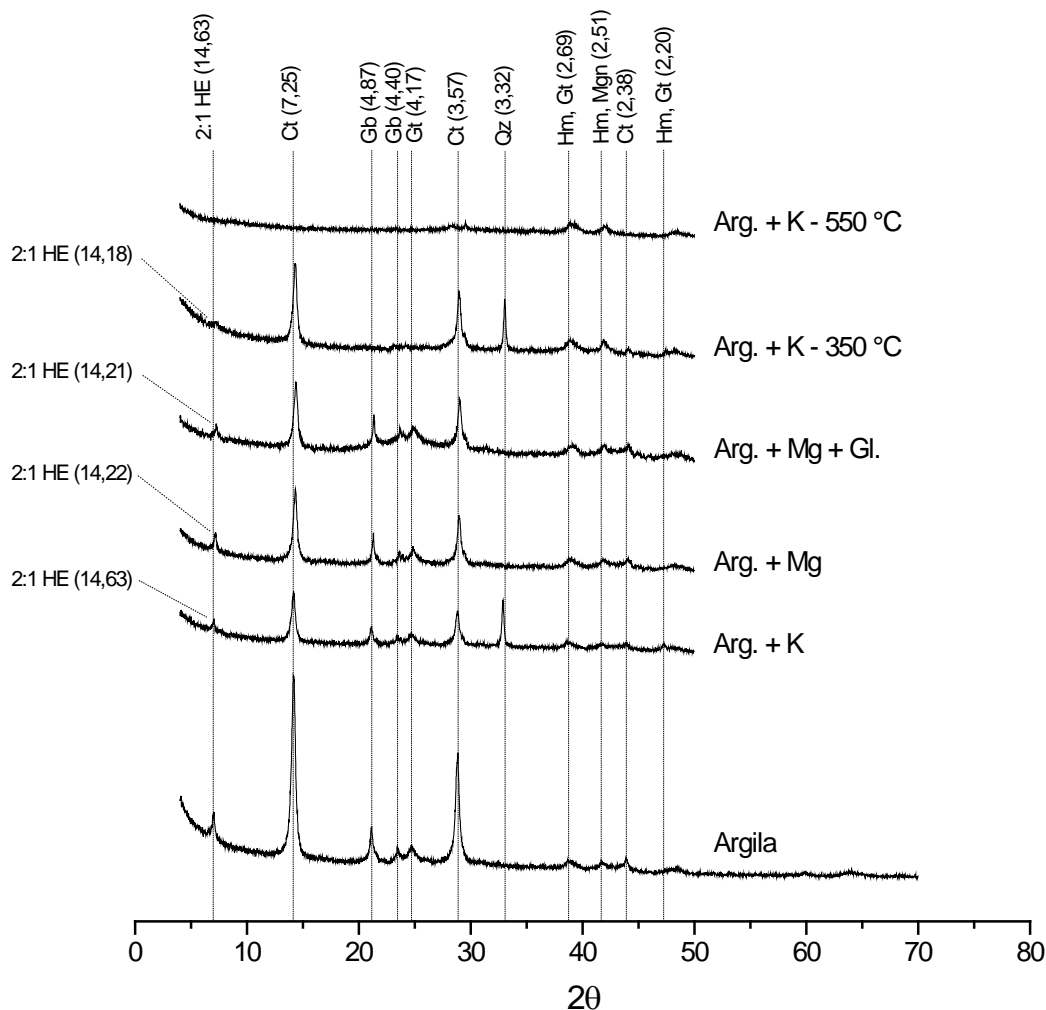


Figura 3 - Difratomogramas da fração argila do horizonte Bwc do P8 com os respectivos tratamentos. “d” em angstrom.

Conforme constatado no P9 (Tabela 4), é evidente a ocorrência de minerais litogenéticos nas frações grossas como a hematita e magnetita, além de quartzo. A magnetita parece ocorrer em quantidades significativas, a inferir-se pela forte atração magnética verificada nos testes com ímã de mão. Apesar de apresentar teores baixos de Al_2O_3 , o baixo potencial de sílica do meio faz com que grande parte do Al liberado pelo intemperismo se precipite na forma de gibbsita, conforme detectado. A presença de alguns minerais nas frações mais

grossas sugere a ocorrência de outros minerais nas frações mais finas, como é o caso da presença de magnetita na fração areia, que sugere a presença de maghemita na fração argila, e de hematita nas frações areia e silte, que sugere a presença de hematita também na fração argila.

Digestão semi-total

Os teores semi-totais dos elementos As, Cr, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, V e Zn obtidos na fração TFSA são apresentados no Tabela 5. Apesar da aparente heterogeneidade, tendências são observadas ao se correlacionar o conteúdo desses

elementos nos solos estudados e o material de origem, conforme verificado na literatura (Curi & Franzmeier, 1987; Carvalho Filho et al., 2010; Camêlo et al., 2018). Em alguns horizontes, a concentração de determinados elementos foi superior a 100 mg kg⁻¹, considerada por Hooda (2010) como máxima para caracterizar um determinado elemento como “elemento traço”.

As concentrações de Cd se apresentaram muito baixas ou estiveram abaixo do limite de detecção do método, resultados estes similares

àqueles encontrados por Carvalho Filho et al. (2010) para solos do Quadrilátero Ferrífero.

Os solos desenvolvidos de xisto (P1 e P2) apresentaram teores elevados de Cr (658 mg kg⁻¹ no horizonte Bi do P2), e teores de Ni e V acima de 100 mg kg⁻¹ (exceto horizonte Cr do P1), sugerindo uma possível pré-disponibilidade destes elementos no ambiente geológico de formação do xisto. Para os elementos analisados, os solos desenvolvidos de xisto apresentaram os maiores teores totais por horizonte.

Tabela 5 - Resultados da digestão semi-total em TFSA dos solos estudados.

Hor.	As	Cr	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	V	Zn
cm	-----mg kg ⁻¹ -----								
P1 – NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (xisto do Grupo Nova Lima)									
A (0-7)	21	515	1	99	140	110	25	162	57
Cr (7-70)	nd	12	nd	nd	nd	nd	nd	3	nd
P2 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (xisto do Grupo Nova Lima)									
A (0-15)	nd	552	0	99	84	117	25	155	57
Bi (15-40)	nd	658	nd	116	51	136	28	168	68
P3 – GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico álico (filito da Formação Moeda)									
A (0-7)	33	552	nd	108	63	112	nd	167	48
AC (7-25)	nd	14	nd	nd	nd	nd	nd	3	nd
Cg1 (25-50)	nd	20	nd	nd	nd	nn	nd	2	nd
P4 – NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico álico (quartzito da Formação Moeda)									
A (0-15)	nd	12	nd	nd	nd	3	nd	3	nd
P6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico álico (filito da Formação Batatal)									
A (0-7)	50	116	0	43	764	41	57	102	48
Bi (25-45)	52	113	nd	41	278	32	47	94	39
P7 – LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito da Formação Cauê)									
A (0-10)	17	121	nd	15	217	7	35	220	48
Bwc (55-75)	nd	118	nd	12	176	5	32	236	50
P8 – LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito da Formação Cauê)									
A (0-20)	nd	25	nd	97	755	7	52	225	74
Bwc (75-150)	nd	21	nd	88	386	4	49	220	61
P9 – CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico (itabirito da Formação Cauê)									
A1 (0-10)	nd	12	nd	nd	318	3	120	110	121
Bi1 (50-110)	nd	17	nd	nd	314	nd	119	125	129

nd: não detectável (valores abaixo do limite de detecção para o elemento analisado).

Para os solos desenvolvidos de itabirito ou sob alguma influência deste, os conteúdos dos elementos analisados foram baixos, com exceção do Cr no P7 e nos horizontes A e Bi do P6, que apresentaram valores acima de 100 mg kg⁻¹; e do Mn, com teores de 700 mg kg⁻¹ nos horizontes superficiais do P6 e P8. Em relação ao Cr, os teores encontrados foram próximos daqueles obtidos por Carvalho Filho et al. (2010), que sugere estarem relacionados a uma tendência de acumulação residual desse metal, em provável associação com os óxidos de ferro (Kabata-Pendias & Pendias, 2001).

Quanto ao Mn, os teores obtidos destoam perante aos demais elementos, corroborando os dados de outros autores, que destacam a elevada concentração deste elemento em alguns solos do

Quadrilátero Ferrífero, principalmente naqueles relacionados aos dolomitos da Formação Gandarela (Carvalho Filho et al., 2010). No local de amostragem do P8, a proximidade do itabirito com os dolomitos ferruginosos da referida formação indica uma possível mistura destes materiais, já que teores elevados de Mn foram observados neste solo.

Os teores de V obtidos também foram superiores a 100 mg kg⁻¹ na maioria dos horizontes dos perfis analisados, com destaque para os Latossolos originados de itabirito, nos quais estes teores superaram 200 mg kg⁻¹. Segundo Hooda (2010), a concentração média de V nos solos é de 108 mg kg⁻¹, apesar de concentrações de até 460 mg kg⁻¹ já terem sido reportadas em solos derivados de rochas máficas.

A presença da magnetita em alguns dos solos estudados (P6, P7, P8 e P9), constatada por meio de testes com ímã de mão, pode estar relacionada ao conteúdo de elementos traço obtidos nestes solos, uma vez que é, há muito, conhecida a afinidade entre elementos traço e estruturas minerais como a magnetita (Curi & Franzmeier, 1987).

Micromorfologia

De forma geral, os Latossolos presentes na área de estudo apresentam características micromorfológicas típicas daquelas já descritas para Latossolos: estrutura microgranular pedobiológica, com grau de desenvolvimento e arredondamento dos agregados influenciados pela mineralogia do solo; apresentando grãos de

quartzo, titano-minerais, nódulos e concreções de Fe e gibbsita distribuídos aleatoriamente num plasma argiloso. Diferenças na composição química das lâminas estudadas, mensuradas a partir das análises em EDS e apoiadas nos resultados da caracterização mineralógica e do ataque sulfúrico, auxiliaram na construção de um modelo que permitiu elucidar a dinâmica dos elementos Si, Al e Fe em parte da litossequência analisada.

A lâmina do horizonte Bwc do LATOSSOLO VERMELHO Distroférico da encosta (P8) sob vegetação florestal apresentou um plasma parcialmente contínuo, com menor densidade de canais biológicos por vezes alojando nódulos de gibbsita (Figuras 4A e 4B).

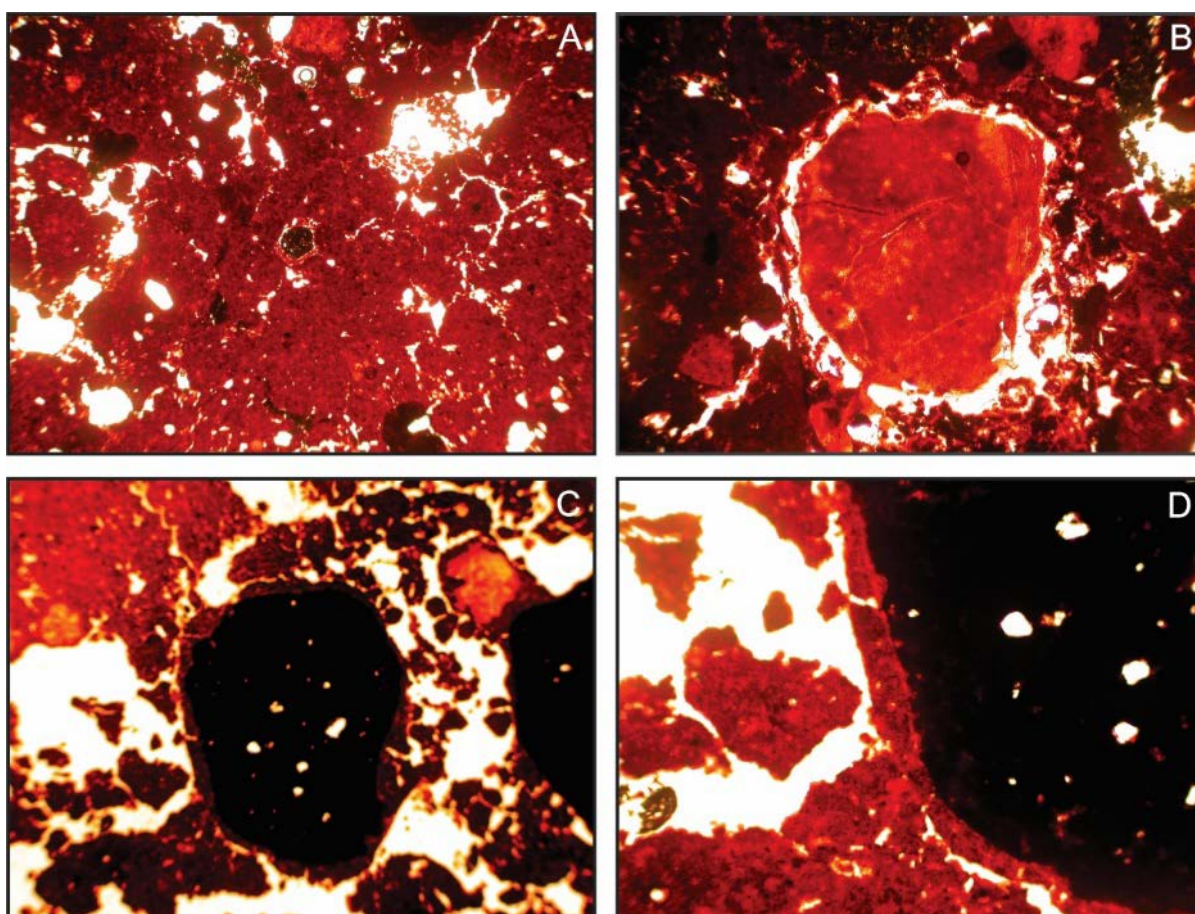


Figura 4 - Fotomicrografias em luz polarizada de feições observadas em lâmina do horizonte Bwc do P8: (A) plasma parcialmente contínuo; (B) nódulo gibbsítico ocupando canal biológico; (C) concreção ferruginosa sendo capeada por lamela goethítica/hematítica; (D) detalhe do capeamento envolvendo a concreção ferruginosa.

Os peds são em sua maioria angulosos, sugerindo um estágio de reconstrução plásmica. A presença de caulinita, conforme detectado nos difratogramas de raios-X, pode estar influenciando na estruturação de um plasma mais contínuo. O esqueleto é composto por fragmentos de itabirito e lito relíquias nodulares de canga, opacas e com núcleos internos degradados. Observou-se um capeamento ferruginoso revestindo tanto nódulos

de canga e gibbsita (Figuras 4C e 4D), quanto fragmentos de rocha e agregados.

As análises em EDS realizadas em microtransectos, partindo do interior de grãos de magnetita, de nódulos gibbsíticos e de agregados ferruginosos para a matriz plásmica (Figura 5), evidenciaram uma tendência de aumento dos teores de Al e Si em direção ao plasma, que sugerem sua constituição mais gibbsítica/caulinítica.

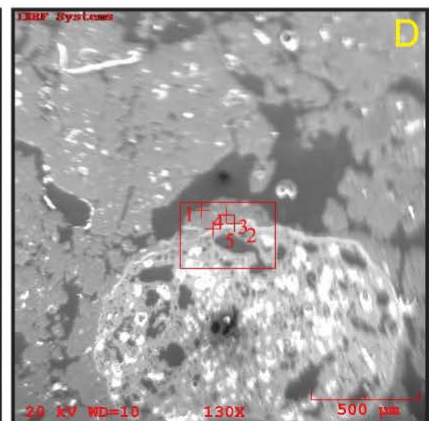
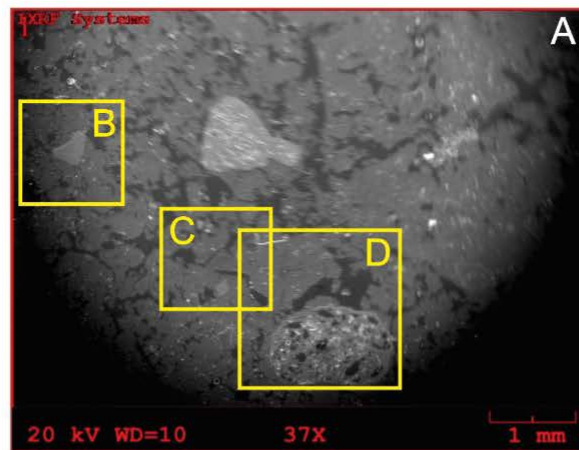
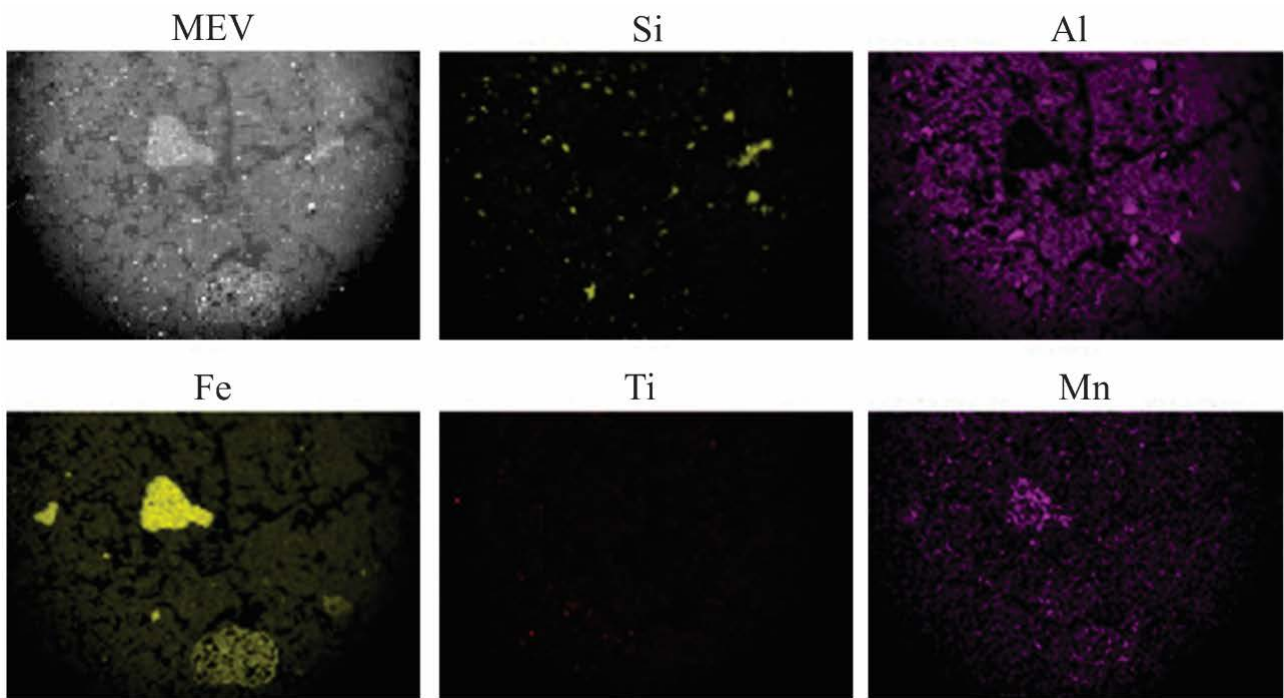


Figura 5 - Fotomicrografias em MEV (“retroespalhamento eletrônico”) e mapas da emissão de raios X de elementos selecionados do horizonte Bwc, P8. Mapa das áreas selecionadas para microanálise (A); área selecionada em grão de magnetita (B); área selecionada em nódulo gibbsíticos (C); área selecionada em concreção ferruginosa (D).

Analisando o microtransecto (Figura 5D e Tabela 6), observa-se que os pontos D2, D3 e D4, localizados no plasma diretamente aderido ao agregado, apresentaram teores de Al muito superiores aos de Fe. Esta tendência se inverte ao analisar o ponto aferido sobre o capeamento

ferruginoso, que envolve o agregado no qual os teores de Fe foram aproximadamente 50 % maiores que os de Al. Dentre os elementos traço analisados (Tabela 6), o Cu foi o que apresentou os maiores teores, seguindo a mesma tendência do Al e Si em direção ao plasma.

Tabela 6 - Teores obtidos por análise pontual (EDS) em áreas selecionadas na lâmina do horizonte Bwc, P8, conforme pontos indicados na Figura 5B, 5C e 5D.

Amostra	Ponto	Si	Fe	Al	Ti	Mn	P	K	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Zr
		-----%-----												
Grão de Magnetita	B1	0,57	52,29	4,43	0,63	0,18	0,29	0,06	0,11	0,13	0,11	0,08	0,14	0,64
	B2	1,80	41,87	9,18	0,82	0,14	0,52	0,03	0,13	0,09	0,06	0,14	0,16	0,15
	B3	6,62	16,32	27,67	1,79	0,13	0,31	0,07	0,13	0,04	0,06	0,23	0,11	0,53
Nódulo gibbsítico	C1	0,69	0,35	41,07	0,05	0,03	0,82	0,02	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,00
	C2	14,08	16,61	23,19	0,86	0,16	0,29	0,17	0,11	0,04	0,03	0,21	0,09	0,08
	C3	8,33	16,31	27,80	1,71	0,20	0,39	0,14	0,14	0,05	0,05	0,23	0,10	0,31
Agregado ferruginoso	D2	6,56	15,05	28,61	1,63	0,13	0,37	0,09	0,11	0,00	0,06	0,25	0,07	0,18
	D3	6,56	16,26	29,21	1,09	0,14	0,34	0,09	0,08	0,02	0,02	0,26	0,08	0,07
	D4	6,88	17,37	29,90	1,28	0,16	0,31	0,13	0,07	0,08	0,02	0,14	0,11	0,15
	D5	2,40	31,37	20,37	1,71	0,27	0,14	0,03	0,15	0,06	0,02	0,23	0,08	0,00

CONCLUSÕES

Os solos são distróficos e possuem relação intrínseca com o material de origem, sendo que em dois deles, o comportamento hídrico condicionou em grande parte a pedogênese, sobretudo os processos de podzolização e hidromorfismo.

Os teores dos elementos traço mostraram diferenciação em relação às rochas de origem, com teores elevados de Cr para os solos originados de xistos do Grupo Nova Lima, e de V para aqueles originados ou influenciados pelo itabirito ou canga.

Foi evidenciada a ocorrência de minerais

litogênicos nas frações grossas, como a hematita e magnetita, sendo este último mineral o principal reservatório dos elementos traço medidos. Por outro lado, a análise microquímica realizada também revelou o papel dos óxidos de titânio como reservas importantes desses elementos traço.

Os Latossolos estudados apresentam estrutura microgranular típica, associada à intensa e prolongada ação pedobiológica, cujo grau de desenvolvimento e arredondamento dos agregados são influenciados pela mineralogia do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da UFV pelo desenvolvimento do trabalho e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - Fapemig pela concessão da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V.V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. Viçosa: **Boletim Informativo/SBCS**. p. 27-32, 2000.
- BARBOSA, G.V. & RODRIGUES, D.M.S. O Quadrilátero Ferrífero e seus problemas geomorfológicos. **Boletim Mineiro de Geografia**, n. 10 e 11, 1965.
- BARBOSA, G.V. Superfícies de erosão no Quadrilátero Ferrífero. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 10, p. 89-101, 1980.
- CAMÊLO, D.L.; KER, J.C.; FONTES, M.P.F.; COSTA, A.C.S.; CORRÊA, M.M.; LEOPOLD, M. Mineralogy, magnetic susceptibility and geochemistry of Fe-rich Oxisols developed from several parent materials. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 5, p. 410-419, 2018.
- CARVALHO FILHO, A.; CURTI, N.; SHINZATO, E. Relações solo-paisagem no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 903-916, 2010.
- CARVALHO FILHO, A.; INDA, A.V.; FINK, J.R.; CURTI, N. Iron oxides in soils of different lithological origins in Ferriferous Quadrilateral (Minas Gerais, Brazil). **Applied Clay Science**, v. 118, p. 1-7, 2015.
- CHEMALE JR., F.; ROSIÈRE, C.A.; ENDO, I. The tectonic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Precambrian Research**, v. 65, n. 1-4, p. 25-54, 1994.
- CURTI, N. & FRANZMEIER, D.P. Effect of parent rocks on chemical and mineralogical properties of some oxisols in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 51, p. 153-158, 1987.
- DONAGEMMA, G.K.; RUIZ, H.A.; FONTES, M.P.F.; KER, J.C.; SCHAFFER, C.E.G.R. Dispersão de Latossolos em resposta à utilização de pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 765-772, 2003.
- DORR, J.V.N. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. USGS. **Professional Papers**, n. 641-A, 110 p., 1969.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 3ª. ed. Brasília: Embrapa Sede, 574 p., 2017.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 356 p., 2018.
- HOODA, P. Trace elements in soils. Oxford: Wiley Blackwell, 618 p., 2010.
- KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. **Trace Elements in Soils and Plants**, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, USA, 2001.
- KING, L.C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956.
- MACHADO, H.A.; OLIVEIRA, F.S.; OLIVEIRA, C.V. Gênese e inserção na paisagem das couraças ferruginosas (cangas) no maciço da Pedra Rachada, Quadrilátero Ferrífero, MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 1, p. 79-102, 2021.

- MATTSON, S. The laws of soil colloidal behavior; pt. 9 - Amphoteric reactions and isoelectric weathering. *Soil Sci.*, v. 34, p. 209-240, 1932.
- McKEAGUE, J.A. **Manual on soil sampling and methods of analysis**. Ottawa: Canadian Society of Soil Science, v. 212 p., 1978.
- MEHRA, J.P. & JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.*, v. 7, p. 317-327, 1960.
- NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Aspectos físico-químicos envolvidos na fixação de fósforo no solo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 5, 1991, São Paulo. *Anais...São Paulo*, 1991, p. 133-177.
- PEREIRA, T.T.C.; KER, J.C.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; ALMEIDA, C.C. Gênese de latossolos e cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do grupo Bambuí - Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 1283-1295, 2010.
- SANTOS, M.C.; VARAJÃO, A.F.D.C.; YVON, J. Genesis of clayey bodies in Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Catena*, v. 55, p. 277-291, 2004.
- SANTOS, R.D.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 102 p., 2015.
- SCHAEFER, C.E.G.R. The B horizon microstructure of Brazilian Latosols as long-term biotic constructs. *Austr. J. Soil Res.*, v. 39, p. 909-926, 2001.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; MENDONÇA, B.A.F.; FERREIRA JÚNIOR, W.G.; VALENTE, E.; CORREA, G.R. Relações solo-vegetação em alguns ambientes brasileiros: fatores edáficos e florísticos. In: MARTINS, S.V. (Org.), **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. Viçosa: Editora UFV, p. 143-184. 2009.
- SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. Iron Oxides. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B. (Eds.) **Minerals in soil environments**. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, p. 379-438, 1989.
- STOOPS, G. **Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections**. Madison: SSSA, 184 p., 2003.
- VARAJÃO, C.A.C. A questão da correlação das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 21, p. 138-145, 1991.
- VARAJÃO, C.A.C.; SALGADO, A.A.R.; BRAUCHER, R.; COLIN, F.; VARAJÃO, A.F.D.C.; NALINI JR., H.A. Estudo da paisagem do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão (¹⁰Be) e da pedogênese. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v.33, p. 1409-1425, 2009.
- WALKLEY, A. & BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, v. 37, p. 29-38, 1934.
- WHITTIG, L.D. & ALLARDICE, W.R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A. (Ed.), *Methods of soil analysis*. Madison: **American Society of Agronomy**, p. 331-362, 1986.

Submetido em 7 de setembro de 2021

Aceito para publicação em 18 de outubro de 2021