

DIEGO ANICETO DOS SANTOS OLIVEIRA

**GÊNESE DE SOLOS EM TOPOLITOSSEQUÊNCIA NO SINCLINAL
MOEDA - QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção de título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

O48g
2013

Oliveira, Diego Aniceto dos Santos, 1981-
Gênese de solos em topolitossequência no Sinclinal
Moeda – Quadrilátero Ferrífero (MG) / Diego Aniceto dos
Santos Oliveira. - Viçosa, MG, 2013.
viii, 96f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador : João Carlos Ker.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f.67-75.

1. Solos - classificação. 2. Gênese.
3. Topolitossequência. 4. Quadrilátero Ferrífero.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.
Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas.
II. Título.

CDD 22. ed. 595.7

DIEGO ANICETO DOS SANTOS OLIVEIRA

**GÊNESE DE SOLOS EM TOPOLITOSSEQUÊNCIA NO SINCLINAL
MOEDA - QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção de título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 30 de setembro de 2013.

Maurício Paulo Ferreira Fontes
(Coorientador)

Carlos Ernesto G. Reynauld Schaefer
(Coorientador)

Cristiane Valéria de Oliveira

João Carlos Ker
(Orientador)

“É na dificuldade e na curiosidade que se constroem os grandes feitos.”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por sempre se mostrar ao meu lado e me iluminar nas horas difíceis.

Aos meus pais pelo apoio incondicional e pelo incentivo constante na busca do conhecimento.

Ao meu orientador, João Carlos Ker, pela confiança, pela compreensão e por sempre mostrar o caminho mais simples na busca do saber.

Aos meus coorientadores Maurício Fontes e Carlos Ernesto e à Cristiane Valéria pelo apoio técnico e pela cordial disponibilidade e orientações.

Aos professores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, pelos ensinamentos.

Ao Prof. Allaoua Saadi pelas intensas discussões e ensinamentos acerca do Quadrilátero Ferrífero.

Aos funcionários do Departamento de Solos pelo trato sempre cordial e pelo companheirismo e colaboração.

Aos meus amigos, que mesmo diante das dificuldades, sempre estiveram dispostos a ajudar com disposição fraternal. Em especial à Mateus de Moraes e Luís Felipe pelo crescimento acadêmico e pessoal e pelas inúmeras contribuições a este trabalho. Extensivo a Mário e João Reis pelo auxílio com as análises laboratoriais.

À Amplo Engenharia e Gestão de Projetos, em especial à Jackson Campos, Tiago Dornas, Samir Rolim e Eugênio Tameirão pelo incentivo e compreensão; e à Pedro Barbosa e João Porteirinha pelo apoio.

À Universidade Federal de Viçosa que durante todos estes anos sempre me recebeu com as portas abertas e me fez cada dia mais ciente do nosso papel como agentes multiplicadores do conhecimento para a sociedade.

BIOGRAFIA

DIEGO ANICETO DOS SANTOS OLIVEIRA, filho de Edson Aniceto de Oliveira e Maria do Carmo Neiva dos Santos Oliveira, nasceu em 19 de abril de 1981, em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Em 1999 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa vindo a graduar-se em 2004.

Em 2006 iniciou o curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Geoprocessamento e Análise Espacial pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas concluindo em 2007. No mesmo ano iniciou a Pós-Graduação *Lato Sensu* em Gestão de Projetos Empresariais, também pela PUC Minas, concluindo em 2008.

Em julho de 2011 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), defendendo sua dissertação em setembro de 2013.

Atua no mercado de trabalho desde 2004 em projetos ambientais relacionados a empreendimentos hidrelétricos e minerários.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1 O Quadrilátero Ferrífero	4
3.1.1 Litoestratigrafia	4
3.1.2 O Sinclinal Moeda	8
3.1.3 Geomorfologia.....	8
3.1.4 Cobertura vegetal.....	11
3.2 Estudos dos Solos no Quadrilátero Ferrífero.....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 Área de estudo	16
4.1.1 Localização.....	16
4.1.2 Geoprocessamento.....	17
4.1.3 A Topolitossequência Estudada.....	18
4.2 Trabalhos de Campo.....	20
4.3 Laboratório	20
4.3.1 Análises Físicas	20
4.3.2 Análises Químicas	20
4.3.3 Digestão Sulfúrica	21
4.3.4 Digestão Semi-Total.....	21
4.3.5 Óxidos de Fe e Mn extraídos pelo Oxalato de Amônio.....	21
4.3.6 Óxidos de Fe e Mn extraídos pelo Ditionito-Citrato-Bicarbonato de Sódio (DCB)	21
4.3.7 Caracterização Mineralógica	22
4.3.8 Análises Micromorfológicas.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5.1 Distribuição dos Solos na Paisagem.....	23
5.2 Características Morfológicas e Físicas	28
5.3 Características Químicas	34

5.4	Características Mineralógicas.....	38
5.4.1	Digestão Sulfúrica	38
5.4.2	Difração de Raios-X.....	41
5.4.3	Extração de Fe e Mn por Ditionito-Citrato-Bicarbonato (DCB) e Oxalato de Amônio	49
5.4.4	Digestão Semi-Total.....	52
5.5	Micromorfologia.....	54
5.5.1	Lâmina 1 – Perfil 7 – Latossolo Vermelho Acriférrico – horizonte Bwc (55-75 cm)	54
5.5.2	Lâmina 2 – Perfil 8 – Latossolo Vermelho Acriférrico – horizonte Bwc (75-150 cm)	57
5.5.3	Lâmina 3 – Perfil 1 III RCC – Latossolo Vermelho Distroférrico – horizonte Bw1 (80-115 cm).....	60
6.	CONCLUSÕES.....	66
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
8.	APÊNDICES	76

RESUMO

OLIVEIRA, Diego Aniceto dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2013. **Gênese de solos em topolitossequência no Sinclinal Moeda – Quadrilátero Ferrífero (MG)**. Orientador: João Carlos Ker. Coorientadores: Maurício Paulo Ferreira Fontes e Carlos Ernesto G. Reynauld Schaefer.

O conhecimento das características químicas, físicas e mineralógicas dos solos que ocorrem no Quadrilátero Ferrífero contribui para a evolução da ciência do solo e auxilia na tomada de decisão sobre diversas ações mitigatórias relacionadas ao melhor aproveitamento e conservação deste recurso. Com este objetivo, foram estudados nove perfis de solo associados a diferentes materiais de origem e condições de relevo e paisagem no flanco oeste do Sinclinal Moeda, a saber: um Neossolo Regolítico Distrófico (P1) e um Cambissolo Háptico Tb Distrófico (P2) originados de xisto; um Gleissolo Háptico Tb Distrófico (P3) originado de filito da Formação Moeda; um Neossolo Litólico Distrófico (P4) e um Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico (P5) derivados de quartzitos; um Cambissolo Háptico Tb Distrófico (P6) originado de filito da Formação Batatal; dois Latossolos Vermelhos Acriférricos (P7 e P8) e um Cambissolo Háptico Perférico (P9) relacionados ao itabirito. Após a realização dos trabalhos de campo onde foram feitas as descrições morfológicas dos perfis e a coleta das amostras, foram realizadas análises químicas (pH em água e em KCl, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , H+Al, P, P-rem, C.O.), físicas (granulometria, ADA, densidade de partículas), mineralógicas (difração de raios-X), digestão sulfúrica (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , MnO_2), digestão semi-total (As, Cr, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, V e Zn), extração de óxidos por DCB e oxalato, além da micromorfologia de horizontes Bw complementada com técnicas de EDS (*Energy Dispersive X-Ray Detector*). Os solos desenvolvidos de xisto apresentaram textura argilosa e teores elevados de Cr ($> 500 \text{ mg kg}^{-1}$). A xistosidade do material de origem sugere relação direta com a dissecação da paisagem e com a vegetação predominante. No domínio das rochas pertencentes à Formação Moeda (quartzitos e filitos), a textura dos solos associada ao comportamento hidrogeológico dos materiais de origem propicia a ocorrência de processos pedogenéticos distintos, levando à ocorrência de Gleissolos e Espodossolos. Os Latossolos desenvolvidos de itabirito ou de materiais a ele relacionados apresentaram textura muito argilosa e tendência de valores positivos de ΔpH em profundidade (intemperismo isoelétrico). A mineralogia destes solos é composta por quartzo, caulinita, hematita, magnetita, goethita e gibbsita. Nas encostas itabiríticas voltadas para o interior do sinclinal ocorrem Cambissolos Hápticos Perféricos com atração magnética e teores elevados de Fe_2O_3 obtidos pelo ataque sulfúrico ($> 528 \text{ g kg}^{-1}$). A ocorrência dos solos na área de estudo é fortemente influenciada pelo material de origem e pelo relevo. As análises com EDS permitiram analisar diferenças na composição química dos Latossolos sugerindo estarem relacionadas tanto com a mistura do itabirito com materiais de origem mais aluminosos quanto com a maior mobilidade do Fe em relação ao Al ao longo da encosta.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Diego Aniceto dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, september, 2013. **Genesis of soils in the topolithosequence on Moeda Syncline – Quadrilátero Ferrífero (MG)**. Adviser: João Carlos Ker. Co-advisers: Maurício Paulo Ferreira Fontes and Carlos Ernesto G. Reynauld Schaefer.

The knowledge of chemical, physical and mineralogical characteristics of soils that occur in the Quadrilátero Ferrífero contributes to the soil science evolution and also helps in decision-making over many mitigation actions related to superior exploitation and preservation of this resource. With this goal, nine soil profiles associated with different parent materials and topography and landscape conditions on the western flank of the Moeda Syncline were studied: one Arenic Entisol (P1) and Inceptisol (P2) originated from shale, a Aquic Entisol (P3) originated from phyllite of Moeda Formation; Udorthent Lithic (P4) and an Orthic Spodosol (P5) derived from quartzite, a Inceptisol (P6) originated from phyllite of Batatal Formation, two Red Oxisols (P7 and P8) and one Inceptisol (P9) related to itabirito. After field work, where the morphological descriptions of profiles and sample collection were made, chemical analyzes were performed (pH in water and KCl, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , H+Al, P, P-rem, C.O.), physical (particle size, ADA, particle density), mineralogical (X-ray diffraction), sulfuric acid digestion (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , MnO_2), semi-total digestion (As, Cr, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, V e Zn), extraction of oxides by DCB and oxalate, furthermore, the micromorphology of Bw horizons complemented with techniques of EDS (*Energy Dispersive X-Ray Detector*). The soils developed from shale, are clayey and presented high levels of Cr ($> 500 \text{ mg kg}^{-1}$). The foliation of the parent material suggests a direct relationship with the landscape dissection and the predominant vegetation. Among the Moeda Formation rocks (quartzite and phyllite), the soil texture, associated with hydrogeological behavior of parent materials, creates conditions for the occurrence of distinct pedogenic processes, leading to the occurrence of Aquic Entisols and Spodosols. Oxisols developed from itabirito or related materials are clayey and trend to positive values of ΔpH in depth (isoelectric weathering). The mineralogy of these soils is composed of quartz, kaolinite, hematite, magnetite, goethite and gibbsite. In itabirite slopes facing the interior of the syncline, Inceptisols occur with high magnetic attraction and high contents of Fe_2O_3 obtained by sulfuric acid attack ($> 528 \text{ g kg}^{-1}$). Soil occurrence in the study area is strongly influenced by the parent material, topography and landscape position. The analyzes with EDS allowed us verifying differences in the chemical composition of Oxisols suggesting they are related to both the mix of itabirito with more aluminous parent materials and also with the increased mobility of Fe relative to Al along the hillside.

1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos remotos o homem procurou entender a distribuição dos solos na paisagem com o objetivo de extrair ao máximo suas potencialidades, seja para seu sustento ou mesmo para otimizar sua forma de ocupação do território.

Somente na segunda metade do século XIX, com o avanço de ciências como a química e a geologia, que deram base para a evolução da Pedologia, é que os solos foram reconhecidos como um corpo natural organizado, por meio das teorias propostas pelo russo Vasily Vasili'evich Dokuchaev. Na busca de um modelo que explicasse as relações entre os fatores ambientais e a distribuição geográfica dos diferentes tipos de solos, Dokuchaev, como geólogo, aplicou seus conhecimentos de estratigrafia à descrição de perfis de solos identificando a sucessão vertical das diferentes camadas na forma de horizontes, o que vem sendo utilizado até os dias atuais. Esta diferenciação dos solos proposta por Dokuchaev foi a mola propulsora para o início dos mapeamentos de solos que, naquela época, tinham como objetivo avaliar a qualidade dos solos e a produtividade potencial visando a produção de alimentos (Kämpf & Curi, 2012).

Com a intensificação dos mapeamentos e, conseqüentemente, com a descoberta de solos antes nunca vistos, associados à evolução dos conhecimentos dos processos de formação do solo, surgiu a necessidade de se criar uma sistematização que permitisse classificar os solos em diferentes grupos. Esta sistematização, baseada em atributos diagnósticos, foi fundamental na elaboração dos atuais sistemas morfogenéticos de classificação de solos, como o *Soil Taxonomy*, o WRB (*World Reference Base for Soil Resource*) e o SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos).

A classificação pedológica no Brasil teve seu início na década de 1950 e, por ser baseada na classificação americana que trazia premissas nos processos de formação característicos de climas temperados, foi, ao longo de décadas, evoluindo em razão da necessidade de se ajustá-la às condições tropicais (Jacomine, 2005). Na década de 1960, a intensificação dos levantamentos pedológicos no Brasil se deu principalmente nas áreas com maior intensidade de uso e expansão agrícola, como nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Posteriormente, já com um cunho exploratório e objetivando conhecer melhor os domínios ecogeográficos do Brasil (Ab'Sáber, 2003) houve grande esforço do governo brasileiro para mapear os recursos naturais de todo o território nacional, no intitulado Projeto RADAMBRASIL. Desde então os mapas do Projeto RADAMBRASIL têm sido a base para os mapeamentos mais detalhados de solos em todo o território nacional,

mapeamentos estes, em grande parte, realizados por empresas privadas para fins agrícolas ou ambientais.

Os mapeamentos de solos para fins ambientais aumentaram de forma significativa nas últimas décadas com o advento dos processos de licenciamento ambiental. Por ser o solo uma importante variável na análise de impactos ambientais em decorrência da implantação de vários empreendimentos, o conhecimento de suas características assim como da delimitação das diferentes classes de ocorrência, torna-se ferramenta imprescindível na gestão ambiental. Entretanto, como já exposto anteriormente, a maioria dos mapeamentos existentes teve seu foco em áreas de maior potencial agrícola, deixando uma lacuna em áreas com aptidões diferentes daquela, como é o caso do Quadrilátero Ferrífero.

No Quadrilátero Ferrífero, a expressividade da tectônica resultou na ocorrência de diferentes litologias o que, associado às variações altimétricas e diferentes condições climáticas, condiciona a ocorrência de solos com características bem diferenciadas entre si a curta distância. Para áreas como esta, o estudo de solos em topossequências torna-se importante uma vez que fornece subsídios para o entendimento das diversas relações pedogenéticas que ocorreram ao longo da vertente, embora as variações litológicas a curtas distâncias dificultem em parte o entendimento destas relações. O conhecimento de como se organiza o solo, sobretudo em escala de vertente, fornece instrumentos para avaliar as condições pelas quais se dá a evolução do relevo e, conseqüentemente, as atividades mais adequadas à utilização do terreno, de acordo com suas limitações e potencialidades (Ávila, 2009).

Neste contexto, o estudo ora proposto objetivou analisar solos de uma topolitossequência no flanco oeste do Sinclinal Moeda, nos municípios de Nova Lima e Brumadinho – MG, visando melhor compreender a gênese dos solos do Quadrilátero Ferrífero e assim contribuir para uma gestão mais efetiva deste recurso nos empreendimentos que ali se instalam.

2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

O Quadrilátero Ferrífero é uma conhecida província aurífera e ferrífera e foi ao longo de décadas objeto de estudos geológicos aprofundados visando sua exploração minerária. Entretanto, os estudos de solos não acompanharam esta tendência, sendo possível enumerar em poucas linhas os estudos pedológicos existentes nesta província.

Justifica-se, portanto, a realização de estudos mais aprofundados sobre os solos presentes no Quadrilátero Ferrífero, uma vez que suas características químicas, físicas e mineralógicas são ainda pouco conhecidas. Além disso, a escassez de dados de solos em uma província com marcante aptidão minerária leva a um mau aproveitamento deste recurso por ocasião da implantação de empreendimentos de grande porte e que movimentam grandes quantidades de solo, tornando ainda mais grave as perdas de solo por erosão hídrica e eólica e maximizando diversos impactos oriundos desta atividade.

O maior conhecimento das características químicas, físicas e mineralógicas dos solos do Quadrilátero Ferrífero pode contribuir na tomada de decisão sobre diversas ações mitigatórias relacionadas a este recurso, subsidiando gestores ambientais na adoção de medidas mais eficazes nos sítios impactados, bem como na destinação de áreas prioritárias para conservação.

Este estudo teve como objetivo geral aumentar o conhecimento dos solos que ocorrem no Quadrilátero Ferrífero visando contribuir com a evolução da Pedologia no Brasil e subsidiar gestores ambientais na adoção de práticas que promovam um melhor aproveitamento do recurso solo.

Os objetivos específicos deste estudo foram: 1) classificar, descrever e analisar as características físicas, químicas e mineralógicas de solos de uma topossequência no flanco oeste do Sinclinal Moeda; 2) correlacionar a ocorrência destes solos com os aspectos geológicos e morfodinâmicos da paisagem.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O Quadrilátero Ferrífero

3.1.1 Litoestratigrafia

O Quadrilátero Ferrífero (QF) compreende um terreno granito-*greenstone* coberto por seqüências supracrustais proterozóicas. A sua litoestratigrafia pode ser subdividida em cinco unidades principais (Dorr 1969, Marshak e Alkmim 1989, Alkmim e Marshak, 1998) as quais incluem, da base para o topo, os terrenos granito-gnáissicos (idade de 3,2 - 2,9 Ga, Carneiro et al. 1994), o Supergrupo Rio das Velhas (3,0 - 2,7 Ga, Machado et al., 1989), o Supergrupo Minas (< 2,6 - 2,4 Ga, Babinski et al., 1991, Machado et al., 1996), o Grupo Itacolomi (2,1 Ga, Machado et al., 1993) e o Supergrupo Espinhaço (~1,7 Ga, Machado et al., 1989 e 1996), recobertos por rochas sedimentares mais recentes. A forma quadrangular da região, da qual originou o nome Quadrilátero Ferrífero, é delineada pela distribuição das rochas metassedimentares do Supergrupo Minas.

3.1.1.1 Supergrupo Rio das Velhas

O Supergrupo Rio das Velhas (SGRV) (3,0 - 2,7 Ga, Machado et al., 1989, 1993) representa uma seqüência do tipo *greenstone belt* subdividida nos Grupos Nova Lima e Maquiné. Na área de estudo ocorrem as rochas do Grupo Nova Lima descrito a seguir.

Grupo Nova Lima

O Grupo Nova Lima ocorre na porção oeste da topolitosseqüência estudada. Representa a unidade inferior do Supergrupo Rio das Velhas e é formado por rochas vulcânicas máficas e ultramáficas, rochas plutônicas subordinadas, sedimentos químicos, rochas vulcânicas félsicas e sedimentos clásticos e vulcanoclásticos.

A partir de trabalhos de detalhe em áreas de distritos auríferos, várias divisões informais foram propostas para o Grupo Nova Lima, (Ladeira, 1980; Oliveira et al., 1983, Vieira & Oliveira, 1988 e Vieira, 1991). Com base no mapeamento realizado na escala 1:25.000 pela CPRM (Baltazar e Da Silva, 1996) e no estudo integrado das rochas vulcânicas e sedimentares, Baltazar e Pedreira (1996), modificados por Baltazar & Zuchetti (2005), agruparam as rochas do Supergrupo Rio das Velhas em associações de litofácies geneticamente relacionadas. Estas associações serviram de base para a divisão litoestratigráfica do Grupo Nova Lima. Na área de estudo ocorrem xisto metassedimentar (Figura 1A), xisto metavulcânico e filito.

3.1.1.2 Supergrupo Minas

O Supergrupo Minas (SGM) (<2,6 - 2,4 Ga, Babinski et al. 1991, Machado et al. 1996) é caracterizado por uma sucessão de rochas metassedimentares de origem fluvial a marinha plataformal composta, subdividido, da base para o topo, nos grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará. Na área de estudo ocorrem rochas dos grupos Caraça e Itabira.

Grupo Caraça

O Grupo Caraça foi descrito por Dorr II et al. (1957) como um conjunto de rochas clásticas situadas entre a discordância regional do Supergrupo Rio das Velhas e os metassedimentos químicos do Grupo Itabira. O Grupo Caraça corresponde à seqüência terrígena inferior da bacia sedimentar e é constituído por metassedimentos clásticos (metaconglomerados, metarenitos e metapelitos) depositados na fase inicial de abertura do *rift* (depósitos aluviais a deltáicos), em discordância angular e erosiva sobre as rochas do Grupo Nova Lima. Muitas feições discordantes foram obliteradas pela deformação, porém são ainda visíveis em alguns locais. O contato das rochas do Grupo Caraça com as rochas do Grupo Itabira são concordantes e localmente gradacionais (Dorr, 1969; Marshak e Alkmim, 1989; Silva et al., 2005). O Grupo Caraça é subdividido nas formações Moeda, na base, e Batatal, no topo.

A Formação Moeda (PP1mcm) é composta por quartzito (Figura 1B), quartzo-sericitaxisto com lentes de filito intercaladas (Figura 1D), quartzito filítico, quartzo-mica xisto e conglomerado. A espessura máxima atribuída a esta formação é de 1.200 m e a média é cerca de 200 m. Caracteriza-se também pela sua rápida e extrema variação de espessura em certos locais do Quadrilátero Ferrífero (Wallace, 1958 e Dorr et al. 1969).

A Formação Batatal (PP1mcb) é constituída de filitos sericíticos (Figura 1C), filitos grafitosos; localmente, contém quantidades significativas de clorita e material carbonático representado por lentes de marga dolomítica de espessura reduzida. Ocorrem intercalações de metacherts e delgadas lentes de quartzito hematítico, do tipo itabirítico, no topo desta formação. Tem espessura de cerca de 30 m na área de estudo, no entanto, sua espessura é normalmente superior a 50 m. Seu contato com a Formação Cauê é gradacional (Maxwell, 1958; Dorr, 1969; Silva et al., 2005).

Grupo Itabira

O Grupo Itabira foi definido por Dorr II et al. (1957) como sendo constituído por uma sequência metassedimentar predominantemente química, imediatamente superior ao Grupo Caraça. Foi subdividido em: Formação Cauê (Dorr II, 1958a) e Formação Gandarela (Dorr, 1958b). Corresponde à sedimentação química plataformar da bacia sedimentar. Na área de estudo ocorre apenas a Formação Cauê.

A Formação Cauê (PP1mic) é constituída por formações ferríferas bandadas (FFB) com lentes subordinadas de dolomito, níveis de hematita compacta e friável, filitos e mármore ferruginoso (Dorr II, 1958a; Dorr II e Barbosa, 1963). Seu principal litotipo é o itabirito (Figura 1E) que, na definição de Dorr (1969), corresponde a uma formação ferrífera bandada fácies óxido, perfeitamente laminada e afetada por metamorfismo, motivando a recristalização do *chert*, ou jaspe original, em quartzo granular e o ferro em hematita; por espessura aparente na área estudada atinge em torno de 1.000 m. As partes mais intemperizadas da unidade são friáveis e liberam os constituintes mineralógicos com relativa facilidade, contrastando com a rocha fresca, muito dura e compacta (Dorr, 1969; Silva et al., 2005). Em grande parte, as rochas da Formação Cauê estão cobertas por lateritas do tipo canga.

3.1.1.3 Formações Superficiais

Canga, colúvio e elúvio de minério de ferro, areia limonítica, argila, terraços fluviais, linhito, bauxita e aluvião são alguns dos depósitos terciários e quaternários que constituem as formações superficiais presentes no QF (CPRM, 2005). Na área de estudo ocorrem depósitos elúvio-colúviais descritos a seguir:

Depósitos elúvio-colúviais

A canga (Figura 1F) é um produto de alteração que consiste de fragmentos de formação ferrífera, hematita compacta e minoritariamente outros minerais, cimentados por óxido de ferro hidratado. Seu conteúdo de ferro varia em média de 40 a 60 %. Ocorre, no Quadrilátero Ferrífero, na maior parte das serras formadas pela Formação Cauê. cobre os topos das serras e as encostas e pode estender-se por vários quilômetros sobre formações não ferruginosas, incluindo Complexos Ortognáissicos. Pode, ainda, ocorrer sobreposta e até interstratificada com sedimentos terciários e quaternários. Sua espessura varia de 2 a 10 m (CPRM, 2005).

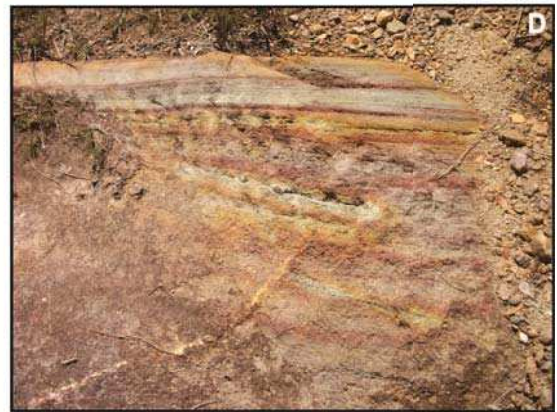


Figura 1 - Principais litotipos constatados na área de estudo: xisto do Grupo Nova Lima (A); quartzito da Formação Moeda (B); filito da Formação Batatal (C); filito da Formação Moeda (D); itabirito da Formação Cauê (E); fragmento de carapaça ferruginosa - canga (F).

3.1.2 O Sinclinal Moeda

A principal estrutura relacionada à área de estudo é o Sinclinal Moeda que limita a borda oeste do Quadrilátero Ferrífero (Dorr, 1969). Apresenta-se como uma dobra regional, assimétrica e vergente para W e SW, que envolve todas as unidades metassedimentares presentes na área. O flanco oeste possui mergulhos, em geral, moderados, em torno de 35° a 50° para E e NE, enquanto o flanco leste está invertido, exibindo mergulhos altos para E e NE. O eixo axial do Sinclinal Moeda orienta-se na direção N-S e, na medida em que se avança para norte, inflete-se para oeste, atingindo zona da junção com o Homoclinal Serra do Curral com a orientação praticamente E-W.

3.1.3 Geomorfologia

3.1.3.1 Platô do Sinclinal Moeda

O Platô do Sinclinal Moeda consiste de uma extensa superfície suspensa, disposta na direção norte-sul e exibe uma configuração morfológica que pode ser subdividida em duas unidades: as abas externas e o platô do interior do sinclinal. Essas abas do sinclinal estão alçadas a altitudes que variam entre 1.500 e 1.600 m e são sustentadas por quartzitos da Formação Moeda (Grupo Caraça) e itabiritos da Formação Cauê (Grupo Itabira). No topo das abas, notam-se cristas ou platôs, estes muitas vezes capeados por canga, atingindo larguras entre 500 e 1.300 m. Assim sendo, as abas do sinclinal ressaltam topograficamente por erosão diferencial. Essas estão delimitadas por escarpamentos abruptos que apresentam amplitudes de relevo muito elevadas, invariavelmente, superiores a 400 m, com vertentes muito íngremes e paredões rochosos. Essas feições de relevo recebem denominação local de Serra da Moeda (borda Oeste) e Serra de Itabirito (borda Leste), representando os relevos mais elevados da unidade.

Essa unidade morfoestrutural é ligada à serra do Curral, na sua parte norte, em um complexo falhamento de empurrão, estando representada por um sinclinal suspenso, o que influi de forma significativa na distribuição da rede hidrográfica do Quadrilátero Ferrífero. A aba ocidental do sinclinal é o divisor de águas das bacias dos rios das Velhas e Paraopeba e exibe a preservação da própria estrutura do sinclinal por meio de cristas e escarpas quartzíticas (Figura 2A).

Nas bordas internas do sinclinal, mormente na borda oeste, foram identificadas feições relacionadas à elaboração de complexos de rampas (Figura 2B), que refletem diferentes episódios de erosão e deposição demonstrando a natureza descontínua dos processos de evolução das encostas para a área de estudo. Em certos trechos do platô,

observam-se extensos topos aplainados (Figura 2C) sugerindo que essas feições de topos sejam remanescentes de um pediplano gerado no Terciário Superior (King, 1956).

3.1.3.2 Depressão Marginal do Alto Rio Paraopeba

Essa unidade ocorre na parte oeste da área de estudo apresentando relevo ondulado, com altitudes máximas em torno de 1.000 m. As formas de relevo predominantes são colinas dissecadas e morros baixos de geometria convexa ou convexo-côncava e topos arredondados, com expressiva sedimentação aluvial, frequentemente interdigitada com rampas de colúvios nas cabeceiras de drenagem. Os desnivelamentos variam de 60 a 120 m, com declividades variando entre 10 e 20°. Esse relevo apresenta densidade de drenagem com padrão dendrítico a sub-dendrítico. São unidades com áreas rebaixadas, topograficamente, em relação àquelas sustentadas pelos metassedimentos circundantes dos Supergrupos Minas e Rio das Velhas.

A Depressão Marginal do Alto Paraopeba apresenta, no sopé da escarpa da serra da Moeda, um relevo transicional de esporões exibindo uma morfologia de morros alinhados e posicionados, topograficamente, um pouco acima do nível das colinas da depressão. Essa unidade morfoestrutural é suportada por rochas granitóides do complexo ortognáissico (Complexo do Bonfim). A transição do relevo entre a escarpa da unidade Sinclinal Moeda e as colinas do embasamento se faz através de um abrupto escarpamento, por vezes dissecado sob a forma de morros e/ou espigões com cobertura coluvial contendo fragmentos de itabirito sobre rochas granito-gnáissicas alteradas.



Figura 2 - Cristas e escarpas quartzíticas na aba ocidental do Sinclinal Moeda (A); Rampas de colúvio voltadas para o interior do sinclinal (B); Topos aplainados (C).

3.1.3 Degrau do Ribeirão Catarina

O Degrau do Ribeirão Catarina consiste numa subunidade da depressão marginal do rio Paraopeba e representa uma importante unidade transicional entre o platô da Sinclinal Moeda e o vale do rio Paraopeba. Caracteriza-se por imponentes espigões de vertentes íngremes e arredondadas (Figura 3) que mergulham do platô Moeda em direção ao vale do ribeirão Catarina. Apresenta desnivelamentos variados entre 200 e 350 m e com declividades variando entre 30 e 50°.



Figura 3 - Espigões de vertente na subunidade Degrau do Ribeirão Catarina

3.1.4 Cobertura vegetal

As terras altas ao sul do Quadrilátero Ferrífero limitam uma extensa cadeia de montanhas denominada Cadeia do Espinhaço, que atravessa de norte a sul os Estados da Bahia e de Minas Gerais (Giulietti et al., 1997; Harley, 1995). Esta cadeia de montanhas delinea um importante divisor fitogeográfico caracterizado, a leste, pelo bioma Mata Atlântica e, a oeste, pelos biomas Cerrado e Caatinga, recebendo influência de várias regiões fitogeográficas (Viana & Filgueiras, 2008). O Quadrilátero Ferrífero insere-se dentro dos limites legais do “bioma Mata Atlântica”, definidos no artigo 2º da Lei Federal nº 11.428/2006. Entretanto, trata-se da área limite do bioma, onde ocorre a transição com o bioma Cerrado, de acordo com o mapa de vegetação elaborado pelo IBGE.

Segundo Jacobi & Carmo (2008), a flora do Quadrilátero Ferrífero distribui-se em diversas formações vegetais, caracterizadas por um mosaico de influências biogeográficas que evidencia o caráter ecotonal da região, apresentando formações florestais (floresta semidecidual, floresta ombrófila), savânicas (Cerrado *sensu stricto*, campos sujos, campos

limpos) e rupestres (campo rupestre sobre quartzito, campo rupestre sobre canga e, mais raramente, campos sobre afloramento granítico).

Especificamente na área de estudo, as formações florestais do tipo floresta semidecidual ocorrem associadas tanto às linhas de drenagem quanto aos anfiteatros originados da dissecação das encostas, sendo mais densas quando associadas aos domínios das rochas itabiríticas e menos quando associadas aos xistos do Grupo Nova Lima (Figura 4A e 4B). Os ambientes savânicos caracterizados por campos limpos e campos sujos ocupam diferentes litologias, sendo o grau de alteração do substrato e o relevo os principais fatores que governam a ocorrência de uma ou outra formação savânica (Figura 4C e 4D). Já os ambientes rupestres estão associados às partes mais elevadas da paisagem, sendo denominados de campos rupestres quartzíticos quando associados aos afloramentos rochosos quartzíticos da Formação Moeda (Figura 4E), e campos rupestres sobre canga ou ferruginosos associados às crostas limoníticas cretáceas amplamente distribuídas na área de estudo (Figura 4F).

Vale ressaltar o alto grau de endemismo e a riqueza biológica presente nos campos rupestres sobre canga, o que têm levado diversos pesquisadores a estudarem sua flora de forma intensa, já que tais áreas encontram-se associadas às principais jazidas de minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero e têm sido paulatinamente suprimidas com o avanço dos empreendimentos minerários.

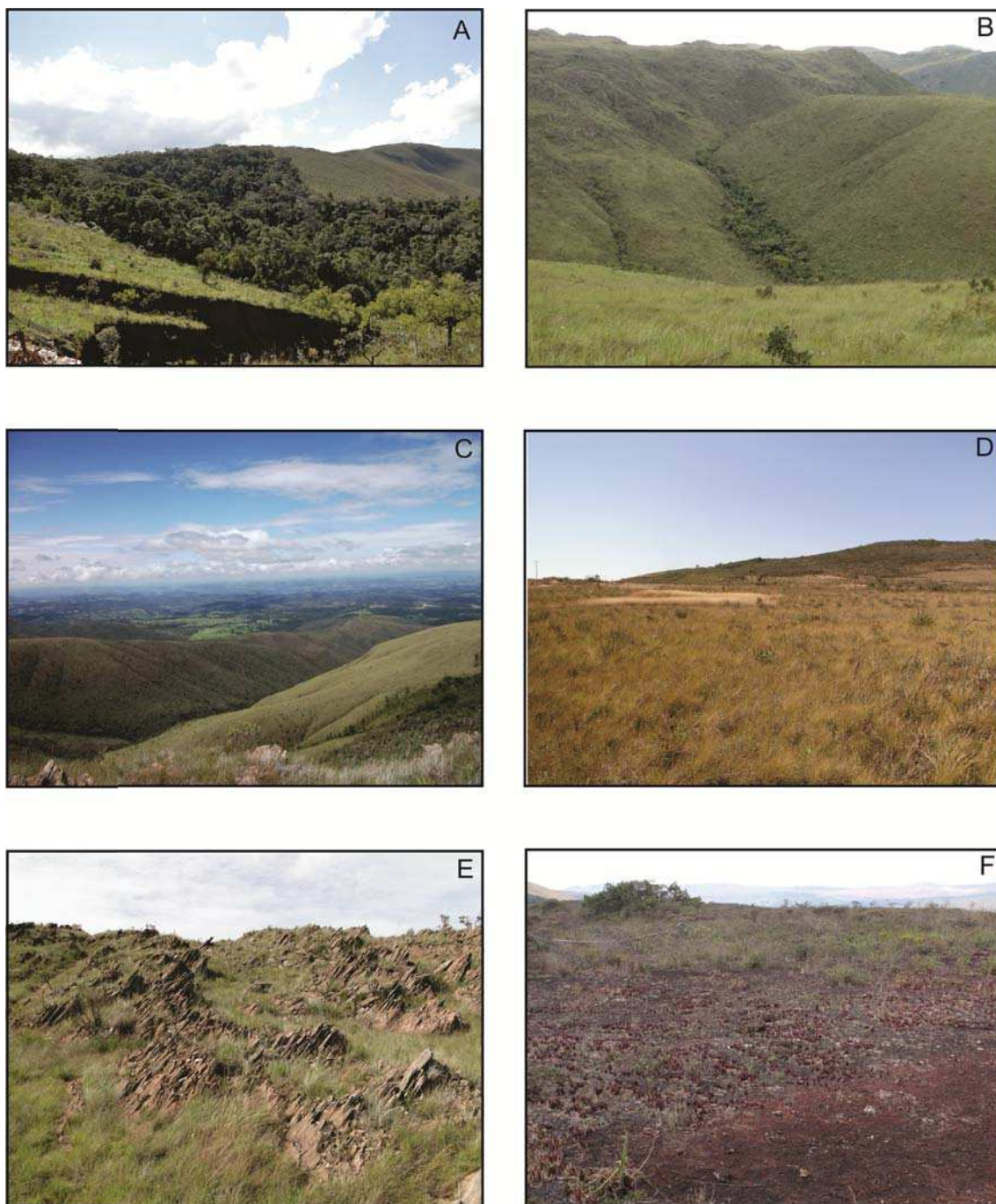


Figura 4 - Formações vegetais presentes na área de estudo. Floresta estacional semidecidual em anfiteatro sobre itabiritos da Formação Cauê (A). Floresta estacional semidecidual ripária no contato dos xistos do Grupo Nova Lima com os quartzitos da Formação Moeda (B). Campo sujo (à esquerda na foto) e campo limpo (à direita) ocupando os espigões sobre rochas xistosas na unidade geomorfológica Degrau do Ribeirão Catarina (C). Campo limpo sobre Latossolo Vermelho e crosta laterítica no topo em segundo plano (D). Campo rupestre sobre quartzitos da Formação Moeda (E). Campo rupestre sobre canga (F).

3.2 Estudos dos Solos no Quadrilátero Ferrífero

Por ocasião do Zoneamento Ecológico Econômico da APA Sul RMBH, Shinzato & Carvalho Filho (2005), realizaram levantamento de solos em uma área representativa do Quadrilátero Ferrífero, avaliando os principais componentes do meio natural e sua inter-relação com os solos, com a finalidade de contribuir para o conhecimento dos solos desta província e fornecer subsídios para avaliações ambientais. Na Parte I deste trabalho foram analisados materiais de solos coletados em 51 pontos de amostragem em sete grandes ambientes do Quadrilátero Ferrífero, assim denominados: Serras Itabiríticas, Depressão do Paraopeba, Platô da Moeda, Vale do Rio das Velhas, Gandarela, Vale do Conceição e Serra do Caraça. Dos 51 pontos de amostragem analisados no referido trabalho, 15 ocorrem em áreas próximas à área objeto do trabalho ora proposto, inseridos nos ambientes Serras Itabiríticas e Platô da Moeda, servindo como importante fonte de comparação com os perfis que se pretende analisar.

Diferentemente da Parte I do trabalho realizado por Shinzato & Carvalho Filho (2005), que se caracterizou num levantamento de reconhecimento de solos de alta intensidade e possibilitou a confecção de um mapa na escala 1:50.000, naquela época inédito para a região do Quadrilátero Ferrífero, o estudo ora proposto está focado mais na gênese dos solos que ocorrem em uma topolitossequência específica do Sinclinal Moeda. Segundo Silva & Gomes (2001) o Sinclinal Moeda engloba praticamente todas as unidades litoestratigráficas do Quadrilátero Ferrífero e possui, em seu flanco oeste, caimentos variáveis entre 40° e 50° para leste.

Próximo à área estudada, Souza (2006) analisou sequências pedológicas em nível de vertente contribuindo assim para o conhecimento da gênese dos solos do Quadrilátero Ferrífero no contexto da topossequência. As sequências analisadas por aquele autor estão inseridas na Serra dos Três Irmãos e na Serra da Moeda, sendo esta última voltada para a Depressão do Paraopeba. Nesta pesquisa priorizou-se a caracterização das classes de solos buscando-se estabelecer uma possível relação material de origem – solo e as influências topográficas neste processo, o que em muito se assemelha ao estudo ora proposto, porém em área, materiais de origem e condições topográficas diferentes daquelas analisadas por Souza (2006).

No Quadrilátero Ferrífero, a presença de materiais ricos em ferro, em especial aqueles pertencentes à Formação Cauê do Supergrupo Minas, com destaque para o itabirito, levou diversos autores a estudarem a gênese de solos de constituição ferrífera dentre os quais se

destacam os trabalhos realizados por Camargo (1982), Kämpf e Schwertmann (1982), Resende et. al (1988), Ker et. al (1993), Ker (1995), Costa (2003) e Shinzato & Carvalho Filho (2005). No trabalho realizado por Costa (2003), foram caracterizados diferentes solos desenvolvidos a partir ou com influência de itabiritos no Quadrilátero Ferrífero objetivando conhecer mais sobre suas características físicas, químicas e mineralógicas. Ainda neste trabalho aprofundou-se os estudos de gênese na busca de atributos diagnósticos que permitissem um melhor refinamento taxonômico dentro do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), o que mais tarde foi reforçado em outro trabalho intitulado “Solos de Constituição Ferrífera” realizado por Carvalho Filho (2008).

No trabalho intitulado “Latosolos do Brasil: Uma revisão”, Ker (1998) destaca que os teores de alguns elementos-traço tais como Zn, Ni e Cu poderiam ser utilizados como critério de distinção entre Latossolos Ferríferos originados de itabirito e Latossolos Roxos derivados de basalto. Além destes elementos, outros autores (Curi, 1983; Curi & Franzmeier, 1984; Resende et. al, 1988) observaram que os teores de Ti também podem ser utilizados como critério de distinção entre solos do Quadrilátero Ferrífero e solos desenvolvidos de rochas básico-ultrabásicas. Já Moukarika et. al. (1991), analisando dolomitos ferruginosos de ocorrência no Quadrilátero Ferrífero, identificaram associação direta entre estas rochas e materiais de solo de constituição ferrífera, evidenciando forte magnetização.

Varajão (2009), procurando compreender a evolução do Quadrilátero Ferrífero por meio das taxas de erosão e da pedogênese, analisou diversos perfis de alteração sob diferentes materiais de origem, confrontando os dados químicos, micromorfológicos e mineralógicos destes perfis com análises químicas das nascentes e estimou as taxas de erosão por meio do isótopo radioativo ^{10}Be , chegando à taxa média de 7 m Ma^{-1} .

Com intuito de contribuir ainda mais na gênese de solos ferríferos foi escopo deste estudo a análise micromorfológica de horizontes pré-selecionados de Latossolos de ocorrência na área de estudo com o intuito de melhor compreender a dinâmica de alteração de grãos, agregados e concreções ferruginosas e de que forma este processo interage com a matriz do solo. A técnica do EDX ou EDS (*Energy Dispersive X-Ray Detector*) tem se mostrado uma importante ferramenta no estudo de caracterização microscópica de materiais, pois permite determinar quais elementos químicos estão presentes em um determinado ponto da amostra. Utilizado em conjunto com o MEV é possível elaborar o

mapeamento dos elementos químicos em seções pré-determinadas e auxiliar na compreensão dos processos pedogenéticos em curso.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

4.1.1 Localização

A área de estudo está localizada no Estado de Minas Gerais, na província geológica do Quadrilátero Ferrífero, entre a rodovia BR 040, que dá acesso à região metropolitana de Belo Horizonte, e o Vale do Paraopeba a oeste, passando pela crista da serra denominada localmente como Serra da Calçada, no flanco oeste do Sinclinal Moeda (Figura 5).

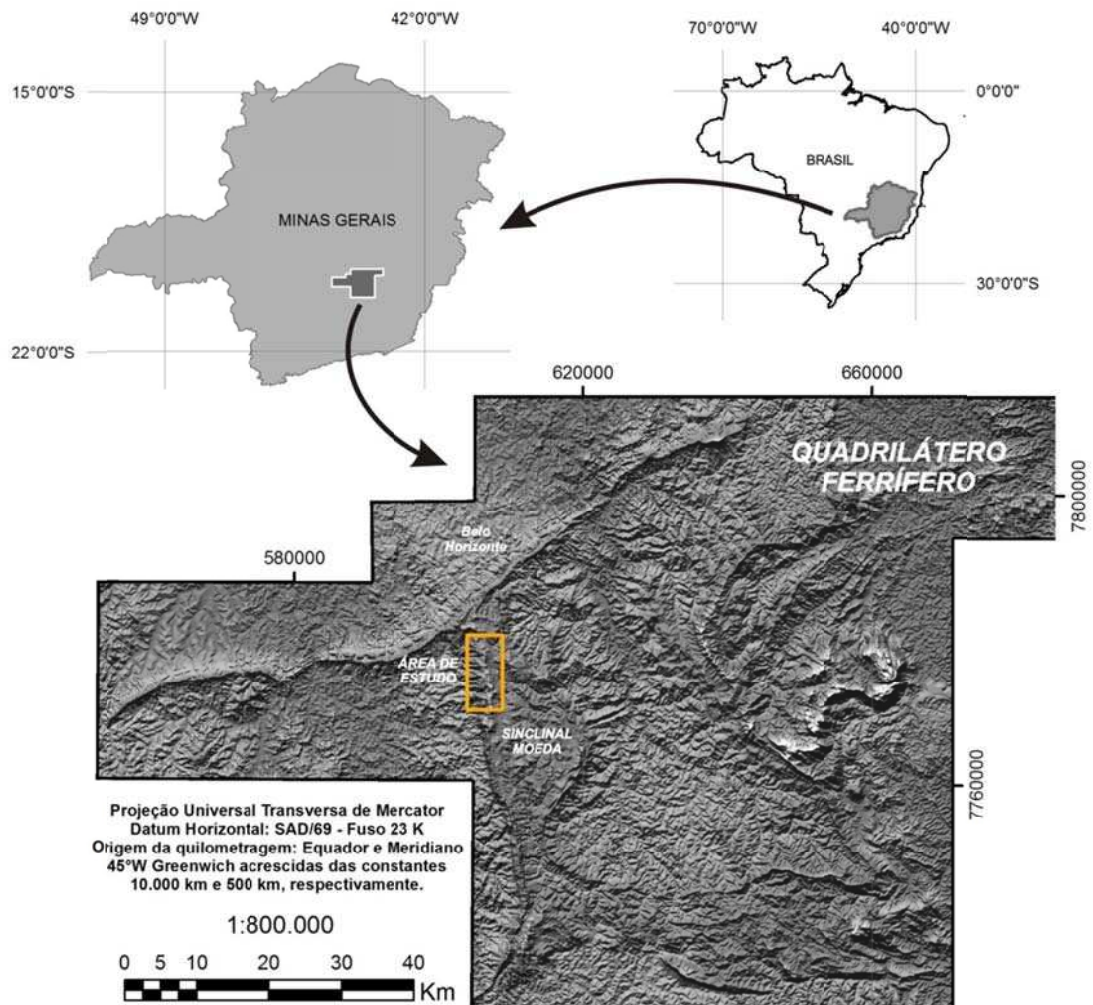


Figura 5 - Localização da área de estudo

4.1.2 Geoprocessamento

Para o desenvolvimento da pesquisa foi necessário apoiar-se em uma base de dados cartográfica confiável e em escala de detalhe uma vez que as variações no relevo e na geologia da área ocorrem a curtas distâncias.

A geologia da área de estudo (Figura 33 - Apêndice) foi caracterizada considerando como base de informações os mapas produzidos no âmbito dos projetos “APA Sul RMBH – Estudos do Meio Físico” (CPRM, 2005) e “Geologia do Quadrilátero Ferrífero – Integração e correção cartográfica em SIG” (CPRM, 2005), Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG), em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (Baltazar et al., 2005).

Utilizando-se o software ArcGIS 9.3 foi gerado o Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir de curvas de nível equidistantes em 5 metros, originadas de levantamentos por perfilhamento à laser aerotransportado. O MDE (Figura 34 - Apêndice) permitiu analisar com detalhe as diferentes feições do relevo da área de estudo e definir, com o complemento das observações de campo, os locais para abertura e amostragens dos perfis no contexto da toponímia.

Imagens do satélite IKONOS com resolução de 0,60 m, datadas de fevereiro de 2009 também foram utilizadas e auxiliaram em diversas análises com destaque para aquelas voltadas à interpretação das formas de relevo, da densidade e homogeneidade da cobertura vegetal em áreas chave voltadas ao entendimento da distribuição dos diferentes litotipos presentes na área de estudo. Como exemplo, citam-se a exposição de cavas profundas de mineração onde as camadas das rochas expõem suas diferentes cores e espessuras, e os extensos platôs lateríticos que delimitam os campos rupestres sobre canga.

4.1.3 A Topolitossequência Estudada

A sequência de solos selecionada para este estudo inicia-se na subunidade Depressão do Ribeirão Catarina onde predominam xistos metassedimentares do Grupo Nova Lima. Nesta subunidade foram amostrados dois perfis de solo que correspondem a um Neossolo Regolítico Distrófico (P1) no topo da encosta onde o relevo apresenta-se plano e um Cambissolo Háptico Tb Distrófico (P2) na meia encosta em local de relevo forte ondulado.

Seguindo no sentido oeste-leste, a sequência estudada adentra as rochas metamórficas pertencentes ao Supergrupo Minas, já na aba ocidental externa do Sinclinal Moeda. Nesta unidade foi amostrado um perfil de Gleissolo Háptico Tb Distrófico (P3) originado dos filitos da Formação Moeda em campo altimontano de surgência com relevo suave ondulado, um perfil de Neossolo Litólico Distrófico (P4) e um perfil de Espodossolo Ferrihumilúvico Órtico (P5) originados dos quartzitos da Formação Moeda em local de relevo ondulado, um perfil de Cambissolo Háptico Tb Distrófico (P6) originado dos filitos da Formação Batatal em local de relevo ondulado. Originados dos itabiritos da Formação Cauê, foram amostrados dois perfis de Latossolos Vermelhos Acriférricos, estando o primeiro em um platô onde o relevo é plano (P7) e o segundo na meia encosta em local de relevo ondulado (P8) e um perfil de Cambissolo Háptico Perférrico (P9) em relevo forte ondulado.

Além dos perfis descritos acima foram utilizados dados de análises químicas e físicas de rotina e do ataque sulfúrico do perfil nº 1 da III RCC (Latosolo Ferrífero – na classificação antiga) publicados por Melo & Johas (1988) e Lima (1988) para fins de correlação.

A Figura 6 a seguir apresenta o corte esquemático da topolitossequência estudada com a localização dos perfis de solos analisados.

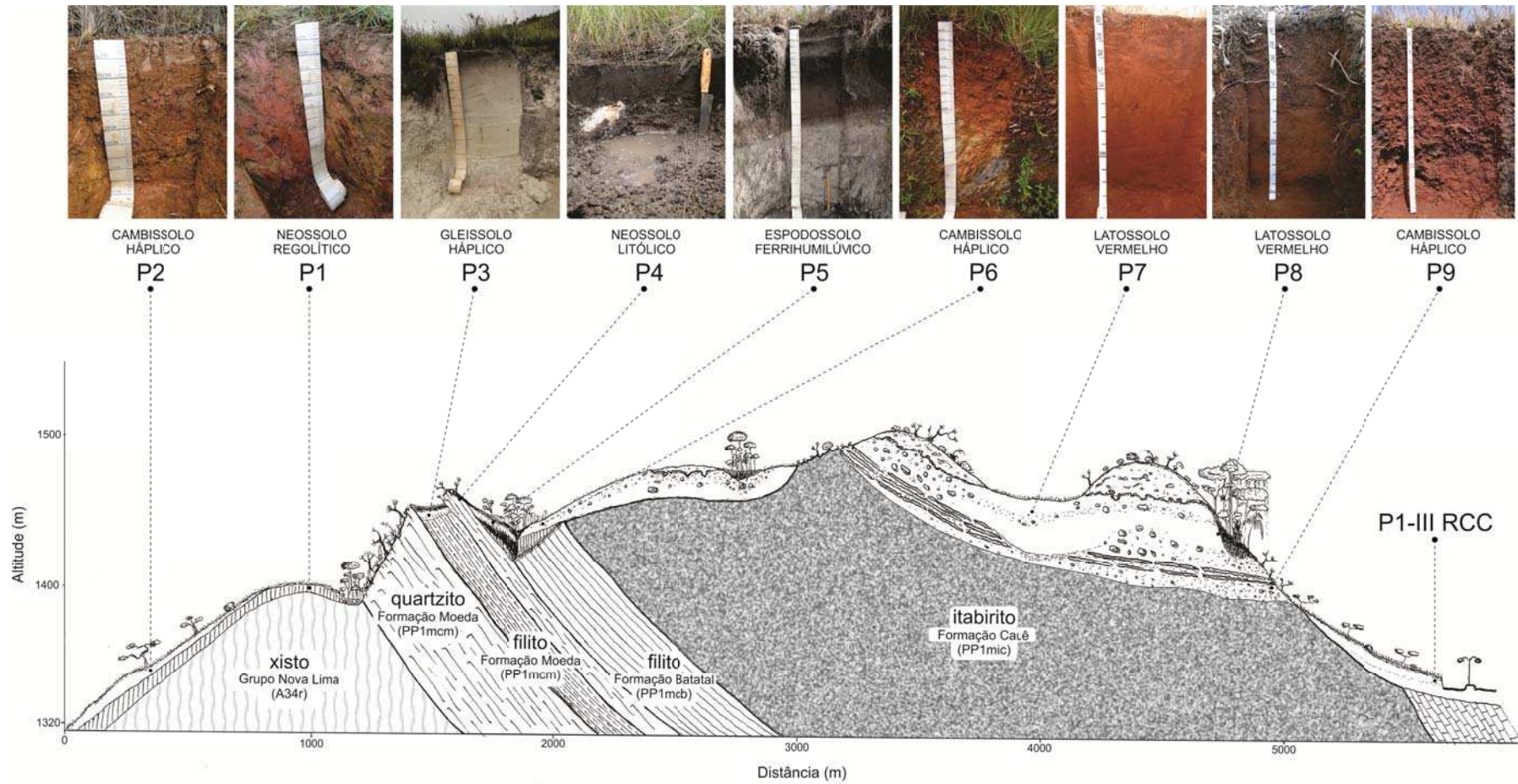


Figura 6 - Corte esquemático representativo da topositossequência estudada evidenciando a localização dos perfis analisados

4.2 Trabalhos de Campo

Foram realizadas duas campanhas de campo com objetivos distintos. Na primeira foi percorrida toda a área de estudo por meio de acessos e trilhas já existentes, com o objetivo de se conhecer a área e definir os pontos de amostragem dos perfis e coleta dos solos a serem analisados, considerando-se para tanto as características geológicas e morfológicas da área de estudo.

Na segunda campanha foram abertos perfis nos locais pré-definidos na primeira campanha. A separação dos horizontes assim como a caracterização morfológica dos perfis e a coleta do material foram realizadas de acordo com Santos et. al, 2005.

4.3 Laboratório

No laboratório, as amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de abertura de 2 mm para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) que foi utilizada na realização das análises físicas, químicas e mineralógicas.

4.3.1 Análises Físicas

As análises físicas foram realizadas segundo os métodos constantes no Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 2011) incluindo as adaptações de Ruiz (2005). Na fração menor que 2 mm (TFSA), foi feita a separação das frações areia, silte e argila, levando em consideração a densidade de partículas e o tempo de sedimentação de acordo com a Lei de Stokes. Também foram determinadas a Argila Dispersa em Água (ADA), o Grau de Floculação (GF), a Densidade de partículas (Dp) e a relação silte/argila.

4.3.2 Análises Químicas

Em todas as amostras coletadas foram analisados o pH em água e em KCl 1 mol L⁻¹ e determinados os teores de Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ trocáveis, por extração com KCl 1 mol L⁻¹ e determinação por espectrofotometria de absorção atômica. A acidez potencial (Al³⁺ + H⁺) foi avaliada por titulometria após extração com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 e o P disponível foi determinado por colorimetria usando ácido ascórbico como redutor. Todos os procedimentos foram realizados de acordo com Embrapa (2011).

O carbono orgânico total foi determinado pelo método Walkley-Black (1934) e o fósforo remanescente (P-rem) pela quantificação do P da solução de equilíbrio após

agitação durante 1 h da TFSA com solução de CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, contendo 60 mg L^{-1} de P, na relação de 1:10 (Alvarez et al., 2000).

4.3.3 Digestão Sulfúrica

Foi realizada na TFSA 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 SiO_2 e no filtrado Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO, P_2O_5 . Em seguida foram calculadas as relações moleculares $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki), $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$ (Kr) e $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ conforme Embrapa (2011). A dosagem dos elementos foi feita por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (*Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* - ICP-OES).

4.3.4 Digestão Semi-Total

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 de água régia preparada a partir dos ácidos nítrico (HNO_3) e clorídrico (HCl).

A dosagem dos elementos foi feita por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) após a preparação das curvas padrão apropriadas para cada elemento.

4.3.5 Óxidos de Fe e Mn extraídos pelo Oxalato de Amônio

Para determinação dos óxidos mal cristalizados foram colocados 200 mg de argila em contato com 40 mL de oxalato de amônio $0,2 \text{ mol L}^{-1}$, pH ajustado a 3,0 (McKeague, 1978), procedendo-se à agitação por duas horas, na ausência de luz. Após esse tempo o material foi centrifugado e o Fe e Mn contidos no sobrenadante foram determinados por espectroscopia de absorção atômica.

4.3.6 Óxidos de Fe e Mn extraídos pelo Ditionito-Citrato-Bicarbonato de Sódio (DCB)

Foram realizadas 5 extrações de óxidos por meio do contato de 0,5 g de argila, com 10 mL de solução tampão de citrato de sódio/bicarbonato de sódio e 0,2 g de ditionito de sódio, por 15 minutos, em banho Maria a $70 \text{ }^\circ\text{C}$ (Mehra & Jackson, 1960). Após este tempo, o material foi centrifugado por 5 minutos a 2500 rpm e o extrato transferido para balão de

100 mL. Em cada extração foram determinados Fe e Mn extraídos por espectroscopia de absorção atômica.

4.3.7 Caracterização Mineralógica

A caracterização mineralógica das frações areia, silte e argila foi realizada em amostras de horizontes A e B e de horizontes pré-selecionados em função do material de origem. Na caracterização da fração argila foi também realizado tratamento específico para caracterizar a mineralogia de amostras desferrificadas. O método utilizado para a caracterização mineralógica das amostras foi a difratometria de raios-X por meio da varredura das amostras utilizando-se tubo de radiação $\text{CoK}\alpha$, operado a 40 kV e 25 mA. Varredura passo a passo com $0,02^\circ 2\theta$ de intervalo e tempo de parada em cada passo de 0,5 segundo.

4.3.8 Análises Micromorfológicas

Em horizontes Bw de Latossolos Vermelhos férricos e perférricos presentes ao longo da topossequência foram coletadas amostras indeformadas as quais foram impregnadas com resina Revopal T-208. Lâminas polidas (seções-finas) foram confeccionadas nas dimensões de 3 x 6 cm e analisadas em microscópio petrográfico conforme as recomendações de Stoops (2003), com ênfase na microestrutura, em observações sobre feições micropedológicas e na atividade biológica.

Após as análises feitas em microscópio petrográfico, as lâminas foram revestidas por um filme condutor de carbono e montadas em suporte metálico para posterior análise em microscópio eletrônico de varredura (MEV). No MEV foram selecionados microtransectos partindo do plasma para o interior de grãos, agregados e concreções ferruginosas visando determinar sua composição química utilizando a técnica do EDX ou EDS (*Energy Dispersive X-Ray Detector*).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Distribuição dos Solos na Paisagem

A influência do material de origem na ocorrência dos solos da área de estudo é superior à do relevo, porém não mais importante uma vez que a escala em que se procederam os estudos, associada aos levantamentos detalhados de campo, permitiram comprovar a forte influência do relevo na distribuição dos solos.

Por se tratar de área em 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 um horizonte Bi, originando 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 (Figura 7).

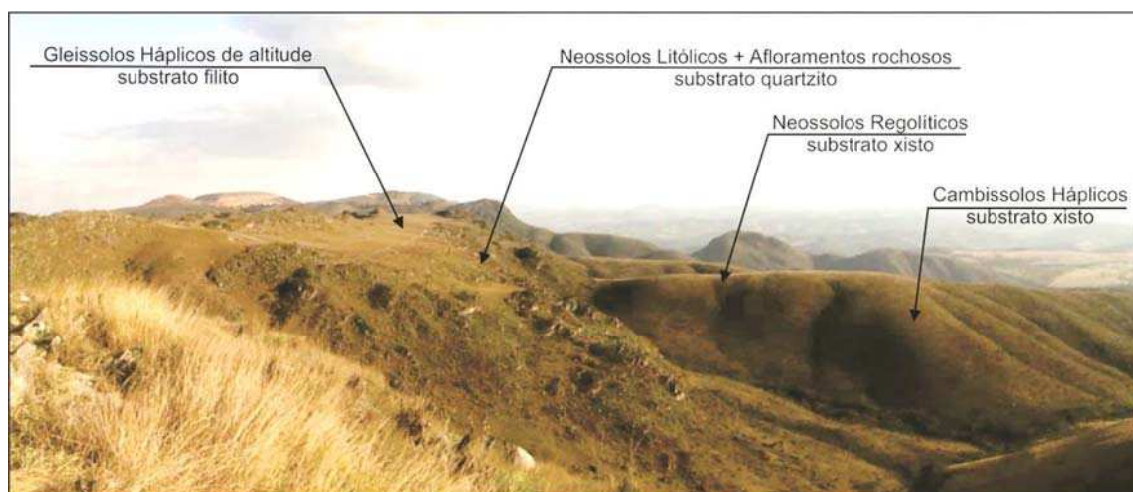


Figura 7 - Paisagem de ocorrência de Neossolos Regolíticos e Cambissolos Háplicos nos espigões de vertente da unidade Degrau do Ribeirão Catarina (à direita) e contato com os afloramentos rochosos quartzíticos da Formação Moeda.

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 (Figura 8) 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 (Figura 4C) onde a xistosidade encontra-se perpendicular à face da encosta, facilitando a penetração de água e o desenvolvimento de raízes.



Figura 8 - Padrão de dissecação das faces voltadas ao sul nos espigões de vertente da unidade geomorfológica Degrau do Ribeirão Catarina.

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) (Figura 9).

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 através das drenagens superficiais, regulando a dinâmica hídrica local.

Nos pedimentos arenosos formados 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 grosseira 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 pedimentos arenosos também terem sido observados sobre os filitos da Formação Moeda, estes são mais delgados que os anteriores e misturados 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 (Figura 9).

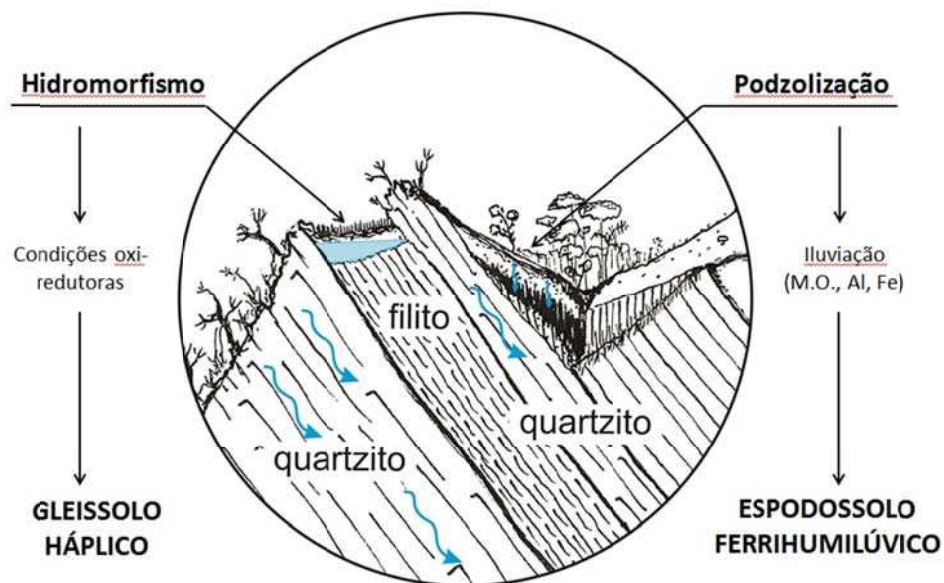


Figura 9 – Processos pedogenéticos que atuam para formar Gleissolos Háplicos e Espodossolos Ferrihumilúvicos na área de estudo.

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 (Figura 10) 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.



Figura 10 - Paisagem de ocorrência de Cambissolos Háplicos sobre filitos da Formação Batatal com predomínio de vegetação do tipo campo limpo.

Já nos domínios dos Platôs Lateríticos três pedoambientes caracterizam a paisagem: o terço superior é amplamente dominado por carapaças de canga ora contínuas, ora 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 se 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 talvegues presentes na aba interna do sinclinal, o recuo das cabeceiras de drenagem atingem 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 do 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 do Sinclinal Moeda e ocorrem muitas vezes associados com carapaças de canga e Neossolos Litólicos nos terços superior e médio das encostas e com pedimentos argilosos no terço inferior (Figura 11). 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 (2009) como savana metalófito caracterizada por campos limpos com arbustos esparsos comumente dominados por velozíáceas (*Vellozia* sp.)



Figura 11 - Paisagem de ocorrência de Cambissolos Háplicos Perféricos sobre itabiritos da Formação Cauê formando extensas rampas que se conectam com pedimentos argilosos à jusante.

Ao final da topolitossequência analisada, Latossolos Vermelhos Distróféricos (P1-III RCC) 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 forte muito pequena e pequena granular muito desenvolvida (comumente conhecida como “pó de café”) se tornam muito pulverulentos durante movimentações de terra oriundas de ações antrópicas.

5.2 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 (Quadro 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 grosseira 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 topossequências no Quadrilátero.

As amostras coletadas nos perfis originados de xistos (P1 e P2) apresentaram quantidades elevadas de material grosseiro (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 Achá Panoso et al. (1978) e Almeida (1979) 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 à 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 perfil 1, 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.

Quadro 1. Características físicas dos horizontes dos solos estudados

Horizonte		Cor	Amostra total			Análise Granulométrica da TFSA						Dp	Silte/Argila	Classe Textural
Símbolo	Profund. (cm)		>4mm	>2mm	TFSA	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF			
			-----	%-----		-----	g kg ⁻¹	-----		-----	%	g/cm ³	%	
P1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (xisto - Grupo Nova Lima)														
A	0-7	3YR 4/4	0,0	28,2	71,8	60	80	200	660	9	99	2,63	0,30	Muito Argilosa
Cr	7-70	5YR 5/6	71,3	9,9	18,8	70	90	290	550	2	100	2,90	0,53	Argila
P2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (xisto - Grupo Nova Lima)														
A	0-15	3YR 4/4	17,8	26,4	55,7	110	110	170	610	12	98	2,66	0,28	Muito Argilosa
Bi	15-40	5YR 4/6	46,2	21,9	31,9	130	90	250	530	13	98	2,66	0,47	Argila
BC	40-60	5YR 5/6	32,3	23,3	44,4	60	60	520	360	1	100	2,61	1,44	Franco-Argilo-Siltosa
P3 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (filito - Formação Moeda)														
A	0-7	GLE Y 1 4/N	0,0	0,0	100,0	0	620	280	100	1	99	2,87	2,80	Franco-Arenosa
AC	7-25	GLE Y 1 7/N	0,0	0,0	100,0	0	640	290	70	1	99	2,98	4,14	Franco-Arenosa
Cg1	25-50	GLE Y 1 8/N	0,0	0,0	100,0	0	530	360	110	4	96	2,84	3,27	Franco-Arenosa
Cg2	50-75	5Y 8/1	0,0	0,0	100,0	10	460	320	210	10	95	2,95	1,52	Franco
Cr	75+	GLE Y 1 8/N	0,0	0,0	100,0	0	250	440	310	16	95	2,88	1,42	Franco-Argilosa
P4 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico (quartzito - Formação Moeda)														
A	0-15	10YR 3/1	3,2	8,7	88,1	440	360	120	80	1	99	2,90	1,50	Areia-Franca
P5 - ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico (quartzito - Formação Moeda)														
A	0-6	10YR 2/1	-	-	-	200	420	320	60	-	-	-	5,33	Franco-Arenosa
E	6-22	7,5YR 3/1	-	-	-	520	240	200	40	-	-	-	5,00	Areia-Franca
Bh	22-41	5YR 2,5/1	-	-	-	30	400	440	130	-	-	-	3,38	Franco
Bhs1	41-70	10YR 2/1	-	-	-	240	330	310	120	-	-	-	2,58	Franco-Arenosa
Bhs2	70-80	2,5Y 3/2	-	-	-	900	0	90	10	-	-	-	9,00	Areia
2C	80+	5Y 6/1	-	-	-	70	10	780	140	-	-	-	5,57	Franco-Siltosa
P6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (filito - Formação Batatal)														
A	0-7	5YR 4/4	38,1	6,8	55,2	130	30	310	530	19	96	2,88	0,58	Argila
AB	7-25	5YR 4/4	65,8	15,2	19,0	280	30	230	460	19	96	2,86	0,50	Argila
Bi	25-45	5YR 4/6	56,5	17,6	26,0	240	30	220	510	20	96	2,74	0,43	Argila
C	45+	variegada	61,9	13,9	24,1	40	10	710	240	12	95	2,69	2,96	Franco-Siltosa

- não determinado

(continua...)

Quadro 1. Características físicas dos horizontes dos solos estudados (continuação)

Horizonte		Cor	Amostra total			Análise Granulométrica da TFSA						Silte/Argila	Classe Textural	
Símbolo	Profund. (cm)		>4mm	>2mm	TFSA	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF			Dp
			-----	%-----		-----	g kg ⁻¹	-----		-----	%	g/cm ³	%	
P7 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito - Formação Cauê)														
A	0-10	2,5YR 2,5/3	0,0	0,0	100,0	80	40	120	760	14	98	3,12	0,16	Muito Argilosa
BA	10-25	2,5YR 2,5/4	0,0	0,0	100,0	110	30	150	710	13	98	3,18	0,21	Muito Argilosa
Bw1	25-55	2,5YR 2,5/4	0,0	0,0	100,0	90	30	110	770	16	98	3,06	0,14	Muito Argilosa
Bwc	55-75	2,5YR 3/6	2,4	3,4	94,2	110	20	130	740	1	100	3,25	0,18	Muito Argilosa
Bw2	75-130	2,5YR 3/6	1,3	1,6	97,0	70	40	100	790	28	96	3,28	0,13	Muito Argilosa
Bw3	130+	2,5YR 3/6	0,0	1,8	98,2	70	30	90	810	23	97	3,15	0,11	Muito Argilosa
P8 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito - Formação Cauê)														
A	0-20	2,5YR 2,5/2	0,0	0,0	100,0	150	40	170	640	7	99	3,25	0,27	Muito Argilosa
AB	20-50	2,5YR 2,5/4	0,0	0,0	100,0	110	50	110	730	2	100	3,08	0,15	Muito Argilosa
Bw1	50-75	2,5YR 2,5/4	0,0	0,0	100,0	100	50	130	720	9	99	3,17	0,18	Muito Argilosa
Bwc	75-150	2,5YR 3/6	11,5	6,9	81,7	90	50	130	730	6	99	2,96	0,18	Muito Argilosa
Bw2	150+	2,5YR 3/6	0,0	3,5	96,5	100	50	120	730	23	97	3,02	0,16	Muito Argilosa
P9 - CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico (itabirito - Formação Cauê)														
A1	0-10	5YR 3/3	72,9	4,7	22,4	270	500	110	120	2	98	4,49	0,92	Franco-Arenosa
A2	10-25	2,5YR 2,5/4	69,5	8,5	22,0	220	520	140	120	3	98	4,84	1,17	Franco-Arenosa
AB	25-50	2,5YR 3/6	71,3	8,6	20,1	140	500	150	210	2	99	4,83	0,71	Franco-Argilo-Arenosa
Bi1	50-110	2,5YR 3/4	72,5	9,9	17,6	180	250	220	350	5	99	4,78	0,63	Franco-Argilosa
2Bi1	110-135	2,5YR 4/4	74,0	12,0	14,1	170	240	220	370	4	99	4,25	0,59	Franco-Argilosa
2Bi2	135-190	2,5YR 3/4	63,1	19,7	17,2	100	240	220	440	0	100	4,28	0,50	Argila

No perfil 3, Gleissolo Háptico Tb Distrófico de altitude (P3), os teores de areia fina até 75 cm de profundidade variaram de 460 a 640 g kg⁻¹ e os teores de silte de 280 a 360 g kg⁻¹ caracterizando-os como solos de textura franco-arenosa. Ao analisar o gradiente textural em profundidade observa-se que os teores de areia fina diminuem ao contrário dos teores de silte, o que sugere uma 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 permita o acúmulo de água durante no mínimo 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 aquífero¹, 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 neste perfil (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 com teores de 440 e 360 g kg⁻¹, respectivamente. 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 Háptico Tb Distrófico (P6) originado de filito da Formação Batatal, apresenta quantidades significativas de material grosseiro na forma de cascalhos e calhaus em sua composição, podendo chegar a 81 % no horizonte AB. Na fração TFSA dos horizontes AB e Bi, que apresentaram maior evolução pedogenética, os teores de argila de 460 g kg⁻¹ no horizonte AB e 510 g kg⁻¹ no horizonte Bi caracteriza-os como de textura argilosa. A contribuição da fração silte nos horizontes amostrados denota a estreita relação

¹Aquífero - formação geológica semipermeável, delimitada no topo e/ou na base por camadas de permeabilidade muito maior (Feitosa & Manoel Filho, 2000).

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 apresentou teores de argila que variaram de 710 a 810 g kg⁻¹ ao longo do perfil caracterizando-o 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 microagregados de alta estabilidade, como já relatado por Moura Filho & Buol (1972), Netto (1996) e Donagema 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, 2006) apresentando inclusive valores muito baixos variando entre 0,11 e 0,21, 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 conferindo-lhe a classificação de vermelho em nível de subordem e corroborando com a natureza de solos desenvolvidos a partir de materiais de origem ricos em ferro, como o itabirito.

O segundo Latossolo Vermelho Acriférico (P8) amostrado em encosta florestada a 1.408 m de altitude, também apresentou teores elevados de argila variando de 640 a 730 g kg⁻¹ caracterizando-o como de 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 apresentou matiz 2,5YR conferindo-lhe a classificação de vermelho em nível de subordem, mas o poder anti-hematítico da matéria orgânica, que apresentou teores de 11,69 e 6,99 % nos horizontes A e AB respectivamente, se expressou em cromas mais baixos.

O perfil 9, 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 a teores que chegam a 440 g kg⁻¹ 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, mas 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 grosseira 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 de partículas variou entre 2,61 e 2,98 g/cm³ e a densidade média de partículas foi de 2,80 g/cm³. 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/cm³, respectivamente. Nos Latossolos (P7 e P8) a densidade média de partículas foi de 3,14 g/cm³ e no Cambissolo Háptico Perférico (P9) foi de 4,58 g/cm³, valores estes dentro do intervalo de 3,0 a 5,3 g/cm³ 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.

Os horizontes pedogenéticos do Cambissolo Háptico Tb Distrófico (P6), desenvolvido de filito da Formação Batatal, não apresentaram variações expressivas no grau de flocculação em profundidade, variando de 59 a 64 %.

A constituição oxidica conferiu aos Latossolos Vermelhos Acriféricos (P7 e P8) valores elevados de grau de flocculação chegando a 100 % nos horizontes Bwc (55-75 cm) do perfil 7 e no horizonte AB (20-50 cm) do perfil 8. Os valores de grau de flocculação obtidos para o Cambissolo Háptico Perférico (P9) também se mostraram elevados (75 a 100 %) resultado da constituição química do material de origem (itabirito) que leva à formação direta de óxidos de ferro.

5.3 Características Químicas

Todos os solos estudados são distróficos ($V < 50\%$) - Quadro 2 - sendo o valor máximo 19,9 % observado no horizonte A do Neossolo Regolítico Distrófico (P1) e valor mínimo 1,2 % observado no horizonte Cg2 do Gleissolo Háplico Tb Distrófico (P3).

Os valores de pH em H₂O variaram entre 4,31 no horizonte A do Gleissolo Háplico Tb Distrófico (P3) e 6,74 no horizonte 2Bi2 do Cambissolo Háplico Perférico (P9); os valores de pH em KCl variaram entre 3,67 no horizonte A do Gleissolo Háplico Tb Distrófico (P3) e 6,77 no horizonte Bw2 do Latossolo Vermelho Acriférico (P8). Com exceção dos horizontes Bwc, Bw2 e Bw3 do perfil 7 e Bwc e Bw2 do perfil 8 todos os demais horizontes analisados são eletronegativos.

A partir do horizonte Bwc dos dois perfis (P7 e P8) de Latossolo Vermelho Acriférico analisados os valores de pH em H₂O passam a ser menores do que pH em KCl (Δ pH positivo) evidenciando um predomínio de cargas positivas no solo. Esta inversão de cargas em profundidade nos Latossolos argilosos e oxidicos, denominada por Mattsom (1932) como “intemperismo isoelétrico”, pode ser explicada pela tendência do pH do solo em acompanhar o PCZ dos óxidos de ferro.

A afinidade aniônica se reflete na maior fixação do íon fosfato (PO_4^{3-}) reduzindo sua disponibilidade e tornando sua adsorção praticamente irreversível (forma não lábil) (Novais et al., 1991). Isto explica os baixos teores de fósforo remanescente (P-rem) obtidos para os Latossolos estudados, com exceção do horizonte A do perfil 7 (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 (SB) + Al^{3+} inferiores a 1,5 cmol_c dm⁻³, valores de pH em KCl superiores a 5,0 e Δ pH positivo, conforme Embrapa (2006).

Os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ 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 num ambiente marcado por clima tropical semiúmido associado a relevos acidentados.

O valores de CTC efetiva (t) variaram de 0,05 cmol_c dm⁻³ no horizonte BC do Cambissolo Háplico Tb Distrófico (P6) a 2,46 cmol_c dm⁻³ no horizonte A1 do Cambissolo

Háplico Perférico evidenciando 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 (t) dos perfis P3, P4 e P6 encontra-se saturada por Al^{3+} (valor m) contribuindo para a geração de acidez no solo e refletindo os baixos valores de pH em H_2O observados.

O Gleissolo Háplico Tb Distrófico (P3), em especial, apresentou valores de m superiores a 90 % indicando a influência do material de origem (filito, rico em Al) na disponibilidade de Al^{3+} , como já relatado por Pereira et al. (2010). Já para os 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 capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (T) variaram de $1,59 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no horizonte Bw2 do Latossolo Vermelho Acriférico (P7) a $19,65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no horizonte A do Latossolo Vermelho Acriférico (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 Latossolo Vermelho Acriférico (P8), com destaque para os teores de $1,57 \text{ dag kg}^{-1}$ no horizonte Bwc (55 a 75 cm) do Latossolo Vermelho Acriférico (P7) e de $1,72 \text{ dag kg}^{-1}$ no horizonte Bwc (75 a 150 cm) do Latossolo Vermelho Acriférico (P8), os quais nestas profundidades podem estar relacionados à alta atividade pedobiológica (Schaefer, 2001; Rolim Neto et al., 2009).

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, 1967; Ker, 1998; Costa, 2003; Carvalho Filho, 2008) principalmente em abas de sinclinais onde, em geral, predominam quartzitos, filitos e itabiritos.

Quadro 2. Características químicas dos horizontes dos solos estudados

Horizonte	Profund. (cm)	pH			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Soma de Bases	CTC (t)	CTC (T)	CTCr	Al ³⁺	H ⁺	H+Al	V	m	P	P-rem	C.O.
		H ₂ O	KCl	ΔpH																
P1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (xisto - Grupo Nova Lima)																				
A	0-7	5,32	4,29	-1,03	1,14	0,42	0,33	0,00	1,89	2,28	9,49	14,38	0,39	7,21	7,60	19,9	17,1	0,50	12,1	4,15
Cr	7-70	5,59	4,68	-0,91	0,09	0,02	0,05	0,00	0,16	0,26	3,86	7,02	0,10	3,60	3,70	4,1	38,5	0,40	10,2	1,60
P2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (xisto - Grupo Nova Lima)																				
A	0-15	4,91	4,14	-0,77	0,46	0,13	0,10	0,00	0,69	1,56	8,19	13,43	0,87	6,63	7,50	8,4	55,8	0,90	11,0	3,28
Bi	15-40	5,13	4,33	-0,80	0,08	0,03	0,06	0,00	0,17	0,56	4,97	9,38	0,39	4,41	4,80	3,4	69,6	0,40	12,0	2,11
BC	40-60	5,60	5,01	-0,59	0,03	0,00	0,02	0,00	0,05	0,05	2,15	5,97	0,00	2,10	2,10	2,3	0,0	0,20	12,8	0,58
P3 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (filito - Formação Moeda)																				
A	0-7	4,31	3,67	-0,64	0,10	0,00	0,03	0,00	0,13	1,38	5,33	53,30	1,25	3,95	5,20	2,4	90,6	0,60	24,8	1,46
AC	7-25	4,53	3,95	-0,58	0,02	0,00	0,03	0,00	0,05	0,82	2,56	36,57	0,77	1,73	2,50	2,3	92,8	1,10	32,3	1,68
Cg1	25-50	4,77	4,21	-0,56	0,03	0,00	0,02	0,00	0,05	0,92	1,94	17,64	0,87	1,03	1,90	2,1	95,6	0,60	35,7	0,29
Cg2	50-75	4,89	4,33	-0,56	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,99	2,43	11,57	0,96	1,44	2,40	1,2	97,0	0,50	20,3	0,15
Cr	75+	4,90	4,33	-0,57	0,04	0,00	0,03	0,00	0,07	1,52	3,77	12,16	1,45	2,26	3,70	1,9	95,4	0,50	18,0	0,37
P4 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico (quartzito - Formação Moeda)																				
A	0-15	4,58	4,02	-0,56	0,24	0,02	0,05	0,00	0,31	1,18	4,41	55,13	0,87	3,23	4,10	7,0	73,7	1,00	31,4	1,02
P5 - ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico (quartzito - Formação Moeda)																				
A	0-6	4,31	3,85	-0,46	0,13	0,04	0,04	-	0,21	1,77	9,11	151,83	1,56	7,34	8,90	2,3	88,1	1,10	29,1	2,60
E	6-22	4,65	3,91	-0,74	0,01	0,03	0,01	-	0,05	1,42	7,25	181,25	1,37	5,83	7,20	0,7	96,5	1,80	34,7	1,45
Bh	22-41	4,45	4,02	-0,43	0,11	0,04	0,00	-	0,15	2,59	12,25	94,23	2,44	9,66	12,10	1,2	94,2	1,90	19,7	2,29
Bhs1	41-70	4,60	4,15	-0,45	0,05	0,03	0,01	-	0,09	2,14	9,09	75,75	2,05	6,95	9,00	1,0	95,8	2,50	22,4	1,68
Bhs2	70-80	5,00	4,50	-0,50	0,00	0,02	0,00	-	0,02	0,61	2,32	232,00	0,59	1,71	2,30	0,9	96,7	1,60	34,2	0,15
2C	80+	5,10	4,56	-0,54	0,00	0,02	0,01	-	0,03	0,52	1,63	11,64	0,49	1,11	1,60	1,8	94,2	0,80	45,2	0,15
P6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (filito - Formação Batatal)																				
A	0-7	4,84	4,26	-0,58	1,06	0,09	0,38	0,00	1,53	2,41	10,83	20,43	0,88	8,42	9,30	14,1	36,5	1,30	4,6	3,60
AB	7-25	4,73	4,21	-0,52	0,41	0,00	0,20	0,00	0,61	1,68	8,51	18,50	1,07	6,83	7,90	7,2	63,7	1,40	20,6	2,47
Bi	25-45	4,85	4,27	-0,58	0,43	0,00	0,16	0,00	0,59	1,47	7,99	15,67	0,88	6,52	7,40	7,4	59,9	1,00	19,5	2,02
C	45+	5,13	4,54	-0,59	0,31	0,00	0,05	0,00	0,36	0,95	2,46	10,25	0,59	1,51	2,10	14,6	62,1	0,60	19,2	0,52
P7 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférrico (itabirito - Formação Cauê)																				
A	0-10	5,11	4,58	-0,53	1,04	0,15	0,14	0,00	1,33	1,72	12,43	16,36	0,39	10,71	11,10	10,7	22,7	1,00	33,0	3,82
BA	10-25	5,01	4,68	-0,33	0,35	0,00	0,07	0,00	0,42	0,62	9,72	13,69	0,20	9,10	9,30	4,3	32,3	0,60	16,9	3,15
Bw1	25-55	5,37	5,24	-0,13	0,42	0,00	0,02	0,00	0,44	0,44	6,44	8,36	0,00	6,00	6,00	6,8	0,0	0,50	8,5	2,32
Bwc	55-75	5,72	6,08	0,36	0,28	0,00	0,00	0,00	0,28	0,28	3,48	4,70	0,00	3,20	3,20	8,0	0,0	0,40	7,0	1,57
Bw2	75-130	5,74	6,52	0,78	0,29	0,00	0,00	0,00	0,29	0,29	1,59	2,01	0,00	1,30	1,30	18,2	0,0	0,40	4,4	0,45
Bw3	130+	5,43	6,24	0,81	0,26	0,00	0,00	0,00	0,26	0,26	2,36	2,91	0,00	2,10	2,10	11,0	0,0	0,40	4,4	0,60

- não determinado

(continua...)

Quadro 2. Características químicas dos horizontes dos solos estudados (continuação)

Horizonte	Profund. (cm)	pH		Δ pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Soma de Bases	CTC (t)	CTC (T)	CTCr	Al ³⁺	H ⁺	H+Al	V	m	P	P-rem	C.O.
		H ₂ O	KCl																	
P8 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito - Formação Cauê)																				
A	0-20	5,04	4,55	-0,49	0,78	0,09	0,08	0,00	0,95	1,83	19,65	30,70	0,88	17,82	18,70	4,8	48,1	6,80	6,7	6,78
AB	20-50	4,74	4,69	-0,05	0,30	0,00	0,09	0,00	0,39	1,27	17,60	24,11	0,88	16,32	17,20	2,3	68,8	2,80	2,9	4,05
Bw1	50-75	5,18	5,10	-0,08	0,27	0,00	0,02	0,00	0,29	0,49	12,19	16,93	0,20	11,70	11,90	2,4	40,8	1,70	2,3	2,81
Bwc	75-150	5,49	5,85	0,36	0,25	0,00	0,01	0,00	0,26	0,26	7,06	9,67	0,00	6,80	6,80	3,7	0,0	1,30	1,4	1,72
Bw2	150+	5,90	6,77	0,87	0,26	0,00	0,01	0,00	0,27	0,27	2,97	4,07	0,00	2,70	2,70	9,1	0,0	1,10	0,9	0,55
P9 - CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico (itabirito - Formação Cauê)																				
A1	0-10	5,02	4,25	-0,77	1,57	0,12	0,09	0,00	1,78	2,46	11,48	95,67	0,68	9,02	9,70	15,5	27,6	1,80	47,1	1,13
A2	10-25	5,39	4,18	-1,21	0,50	0,00	0,03	0,00	0,53	1,12	9,83	81,92	0,59	8,71	9,30	5,4	52,7	3,80	38,7	1,20
AB	25-50	5,17	4,35	-0,82	0,50	0,00	0,03	0,00	0,53	1,12	10,33	49,19	0,59	9,21	9,80	5,1	52,7	1,70	36,4	1,13
Bi1	50-110	5,66	5,57	-0,09	0,34	0,00	0,00	0,00	0,34	0,34	4,84	13,83	0,00	4,50	4,50	7,0	0,0	2,30	39,5	0,60
2Bi1	110-135	5,92	5,47	-0,45	0,30	0,00	0,01	0,00	0,31	0,31	7,51	20,30	0,00	7,20	7,20	4,1	0,0	3,40	6,3	0,31
2Bi2	135-190	6,74	5,90	-0,84	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	6,05	13,75	0,00	5,80	5,80	4,1	0,0	1,60	3,0	0,39

5.4 Características Mineralógicas

5.4.1 Digestão Sulfúrica

Os resultados da digestão sulfúrica (Quadro 3) indicaram, de forma geral, que a composição química diferenciada dos materiais de origem, guardadas as devidas precauções quanto às observações de campo no tocante às condições topográficas e presença de depósitos coluviais, apresentam estreita relação com os solos estudados na toplotossequência.

Os solos desenvolvidos de xisto apresentaram teores próximos de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 , relação $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ variando de 0,98 a 1,18 e valores baixos de Ki e Kr sugerindo constituição mineralógica oxidica. Os teores de MnO, TiO_2 e P_2O_5 são muito baixos nos dois perfis analisados.

A análise dos resultados da digestão sulfúrica obtidos para o perfil 3, Gleissolo Háplico Tb Distrófico, associado ao filito da Formação Moeda, devem 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 reagente. Os valores de Ki e Kr foram, juntamente com os do perfil 4, os maiores observados dentre todos os solos analisados refletindo seu estágio incipiente de intemperismo, estágio este que pode estar sendo retardado pela condição hidromórfica que atua durante parte do ano e pela condição de confinamento do pacote filítico em meio aos afloramentos quartzíticos, que impede a saída de elementos químicos desse geossistema.

As relações $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ nos horizontes do perfil 3 foram as maiores dentre todos os solos analisados indicando haver um aporte de Al no sistema proveniente do material de origem, uma vez que esta relação aumenta em profundidade.

Assim como já exposto para o perfil 3, o Neossolo Litólico Distrófico (P4) originado do quartzito também apresentou textura mais grosseira, sendo as frações areia grossa e areia fina responsáveis por cerca de 80 % da composição granulométrica do solo, o que dificulta, em parte, uma análise minuciosa dos resultados obtidos na digestão sulfúrica.

O Cambissolo Háplico Tb Distrófico (P6), também desenvolvido de filito, porém da Formação Batatal, por apresentar textura mais argilosa, se mostrou mais sensível ao ataque por H_2SO_4 , apresentando valores médios nos horizontes A, AB e Bi de 119,33 g kg^{-1} de SiO_2 , 228,57 g kg^{-1} de Al_2O_3 e 196,63 g kg^{-1} de Fe_2O_3 . A relação $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ se mostrou superior à unidade em todos os horizontes analisados. Os valores de Ki e Kr, relativamente

Quadro 3. Resultados da digestão sulfúrica em TFSA e relações moleculares das amostras dos horizontes dos solos estudados

Horiz.	Prof. (cm)	Ataque por H ₂ SO ₄ (1:1)						$\Sigma^{1/}$	K ^{2/}	Kr ^{3/}	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}^{4/}$	$\frac{Al_2O_3}{SiO_2}^{5/}$
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅					
----- g kg ⁻¹ -----												
P1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (xisto - Grupo Nova Lima)												
A	0-7	140,60	189,39	173,51	1,09	0,19	1,89	506,68	1,26	1,37	1,09	1,35
Cr	7-70	143,35	190,00	166,18	1,17	0,09	1,39	502,17	1,28	1,39	1,14	1,33
P2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (xisto - Grupo Nova Lima)												
A	0-15	146,13	185,87	167,04	1,09	0,11	1,33	501,57	1,34	1,44	1,11	1,27
Bi	15-40	160,58	184,46	187,98	1,02	0,08	1,51	535,63	1,48	1,60	0,98	1,15
BC	40-60	156,04	184,32	156,44	1,56	0,07	1,15	499,57	1,44	1,54	1,18	1,18
P3 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (filito - Formação Moeda)												
A	0-7	33,30	20,56	2,64	0,42	0,00	0,63	57,55	2,75	2,75	7,80	0,62
AC	7-25	17,74	17,46	0,65	0,39	0,00	0,48	36,73	1,73	1,73	26,75	0,98
Cg1	25-50	40,43	32,24	1,19	0,72	0,00	0,37	74,96	2,13	2,13	27,05	0,80
Cg2	50-75	72,39	59,26	3,19	1,29	0,00	0,26	136,39	2,08	2,08	18,57	0,82
Cr	75+	120,57	93,45	4,44	1,90	0,00	0,26	220,62	2,19	2,20	21,05	0,78
P4 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico (quartzito - Formação Moeda)												
A	0-15	20,18	14,49	2,90	0,19	0,01	0,11	37,88	2,37	2,37	4,99	0,72
P5 - ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico (quartzito - Formação Moeda)												
A	0-6	30,80	16,40	15,00	0,08	1,59	2,01	65,88	3,19	3,20	1,09	0,53
E	6-22	30,00	13,80	7,10	0,06	1,37	1,65	53,98	3,70	3,70	1,94	0,46
Bh	22-41	58,90	46,60	7,90	0,07	2,29	1,90	117,66	2,15	2,15	5,90	0,79
Bhs1	41-70	62,10	46,30	7,90	0,07	2,28	1,83	120,48	2,28	2,29	5,86	0,75
Bhs2	70-80	31,30	20,30	7,00	0,06	1,30	1,79	61,75	2,62	2,63	2,90	0,65
2C	80+	214,90	154,50	11,70	0,06	2,65	1,66	385,47	2,36	2,37	13,21	0,72
P6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (filito - Formação Batatal)												
A	0-7	126,50	227,30	179,30	3,70	1,10	2,30	540,20	0,95	1,06	1,27	1,80
AB	7-25	108,90	221,50	201,80	2,40	1,00	2,50	538,10	0,84	0,96	1,10	2,03
Bi	25-45	122,60	236,90	208,80	2,00	1,00	2,50	573,80	0,88	1,01	1,13	1,93
C	45+	172,90	233,60	60,20	0,20	0,80	1,30	469,00	1,26	1,30	3,88	1,35
P7 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférrico (itabirito - Formação Cauê)												
A	0-10	25,80	266,90	256,70	1,40	2,30	2,70	555,80	0,16	0,32	1,04	10,34
BA	10-25	24,60	266,80	255,90	1,10	2,50	2,90	553,80	0,16	0,32	1,04	10,85
Bw1	25-55	26,30	279,70	297,50	1,20	3,00	2,70	610,40	0,16	0,35	0,94	10,63
Bwc	55-75	28,10	290,10	268,10	1,10	3,10	2,60	593,10	0,16	0,33	1,08	10,32
Bw2	75-130	32,40	292,30	249,50	1,40	2,80	2,10	580,50	0,19	0,34	1,17	9,02
Bw3	130+	77,70	294,30	227,30	1,90	2,50	2,00	605,70	0,45	0,59	1,29	3,79
P8 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférrico (itabirito - Formação Cauê)												
A	0-20	51,20	178,00	296,20	5,50	4,90	4,40	540,20	0,49	0,67	0,60	3,48
AB	20-50	49,20	196,70	276,10	5,60	5,50	4,10	537,20	0,43	0,60	0,71	4,00
Bw1	50-75	48,40	207,30	304,20	6,40	6,40	4,40	577,10	0,40	0,59	0,68	4,28
Bwc	75-150	41,80	217,70	349,60	4,50	6,50	4,60	624,70	0,33	0,54	0,62	5,21
Bw2	150+	43,00	218,60	316,60	3,90	6,90	3,80	592,80	0,33	0,53	0,69	5,08
P9 - CAMBISSOLO HÁPLICO Perférrico (itabirito - Formação Cauê)												
A1	0-10	5,00	32,70	559,50	1,40	0,50	4,50	603,60	0,26	0,61	0,06	6,54
A2	10-25	5,20	34,00	550,30	1,30	0,50	4,20	595,50	0,26	0,60	0,06	6,54
AB	25-50	4,50	35,90	541,60	1,20	0,50	4,20	587,90	0,21	0,55	0,07	7,98
Bi1	50-110	2,10	65,30	591,20	1,60	0,70	5,00	665,90	0,05	0,42	0,11	31,10
2Bi1	110-135	1,50	64,70	538,80	1,70	0,60	4,70	612,00	0,04	0,38	0,12	43,13
2Bi2	135-190	2,30	77,60	528,60	2,10	0,60	4,20	615,40	0,05	0,38	0,15	33,74

^{1/} Soma dos teores de Si, Al, Fe, Mn, Ti e P na forma de óxidos pela digestão sulfúrica;

^{2/} $Ki = (SiO_2/Al_2O_3) \cdot 1,7$; ^{3/} $Kr = [SiO_2/Al_2O_3 + 0,64 \cdot Fe_2O_3] \cdot 1,7$.

baixos para Cambissolos, apontam para uma composição mineralógica oxidica. Porém o baixo valor de Fe_2O_3 ($60,20 \text{ g kg}^{-1}$) observado no horizonte C sugere a natureza alóctone dos materiais subjacentes, possivelmente de constituição ferruginosa. Ao analisar a posição deste perfil (P6) no contexto da toplotossequência, é difícil identificar a origem do material alóctone uma vez que o solo distribui-se 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 Latossolo Vermelho Acriférico (P7), localizado nas partes mais altas da paisagem e desenvolvido a partir do itabirito, apresentou teores médios de $35,82 \text{ g kg}^{-1}$ de SiO_2 , $281,68 \text{ g kg}^{-1}$ de Al_2O_3 e $259,17 \text{ g kg}^{-1}$ de Fe_2O_3 ao longo de todo o perfil que resultaram em valores de K_i e K_r 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 (2006). 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 (Ramos, 1981; Embrapa, 1988; Camêlo, 2013).

Já para o Latossolo Vermelho Acriférico (P8) amostrado na encosta florestada, observou-se um ligeiro acréscimo nos teores médios de SiO_2 e Fe_2O_3 ($46,72 \text{ g kg}^{-1}$ e $308,54 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente) e um decréscimo nos teores médios de Al_2O_3 ($203,66 \text{ g kg}^{-1}$) quando comparados ao Latossolo amostrado no topo da paisagem. Os valores de K_i e K_r são, portanto, pouco superiores aos valores obtidos no perfil anterior (P7), haja vista a maior contribuição da sílica, porém ainda dentro dos limites estabelecidos para a ordem dos Latossolos, conforme discutido anteriormente. Os teores mais elevados de Fe_2O_3 observados neste solo contribuem para a diminuição da relação $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$, apresentando valores médios de 0,66.

Analisando os dois Latossolos amostrados e ainda, utilizando-se de informações do perfil IIRCC-1 MG localizado no sopé da encosta itabirítica ao final da toplotossequência analisada, nota-se um acréscimo nos teores de Fe_2O_3 e uma diminuição nos teores de Al_2O_3 no sentido topo-pedimento indicando uma composição mineralógica mais gibssítica para os Latossolos de topo e mais oxidica para os Latossolos de encosta e de pedimento. 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, 2008), 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 perfil 9, Cambissolo Háplico Perférico, revelam a pedogênese de um material que seria o mais próximo de um itabirito puro, com teores médios de SiO_2 e Al_2O_3 ($3,43 \text{ g kg}^{-1}$ e $51,70 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente) muito baixos em relação aos teores médios de Fe_2O_3 ($551,67 \text{ g kg}^{-1}$). Estes altos teores de Fe apontam que a utilização dos índices Ki e Kr nem sempre é apropriada 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.

5.4.2 Difração de Raios-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 composição diferenciada dos materiais de origem.

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 Na, Ca, Mg, Fe e K na solução do solo (Melo e Wypych, 2009), favorece a formação da caulinita, conforme picos ($d = 7,16$ e $3,58 \text{ nm}$) detectados nos difratogramas de raios-X (Figura 12A e 12B). Gibbsita e goethita também estão presentes.

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 maior umidade no perfil, juntamente com pH baixo e baixas taxas de liberação de ferro.

Se na parte inferior do perfil 3, Gleissolo Háplico Tb Distrófico, 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 fontes de minerais do tipo 2:1 como as micas ($d = 10,09 \text{ nm}$) constatadas nos difratogramas de raios-X (Figura 13A). As frações areia e silte são compostas basicamente por quartzo. Já na fração argila foram identificados picos característicos de minerais do grupo das micas ($d = 10,09$ e $4,97$) e da caulinita ($d = 7,16$ e $3,57$).

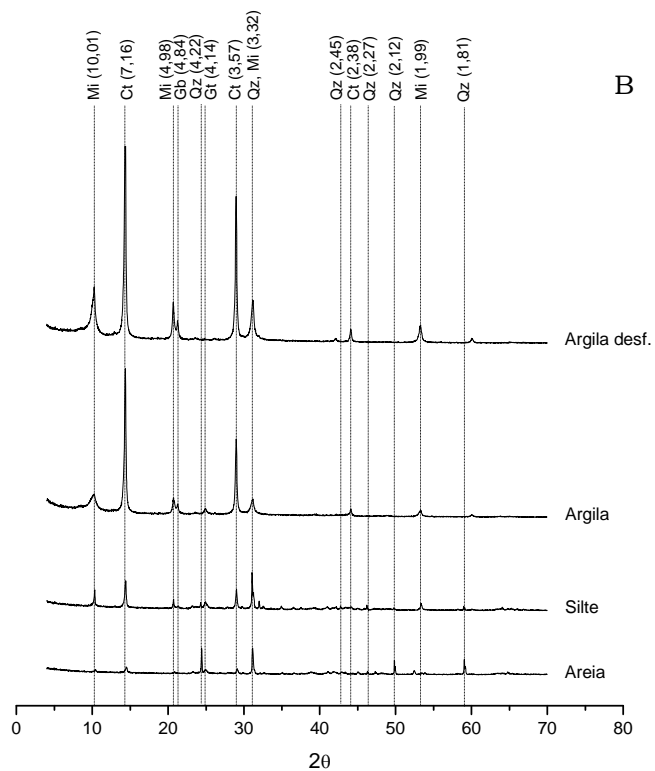
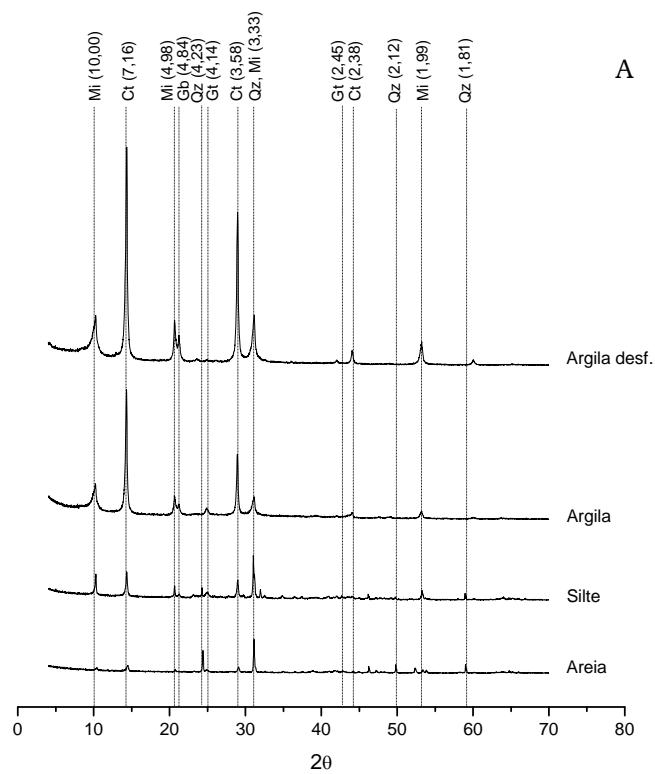


Figura 12 - Difratomogramas das frações areia, silte, argila e argila desferrificada dos solos desenvolvidos de xisto. Horizonte Cr (7-70 cm) do perfil 1 – Neossolo Regolítico Distrófico (A); Horizonte Bi (15-40) do perfil 2 – Cambissolo Háptico Tb Distrófico (B).

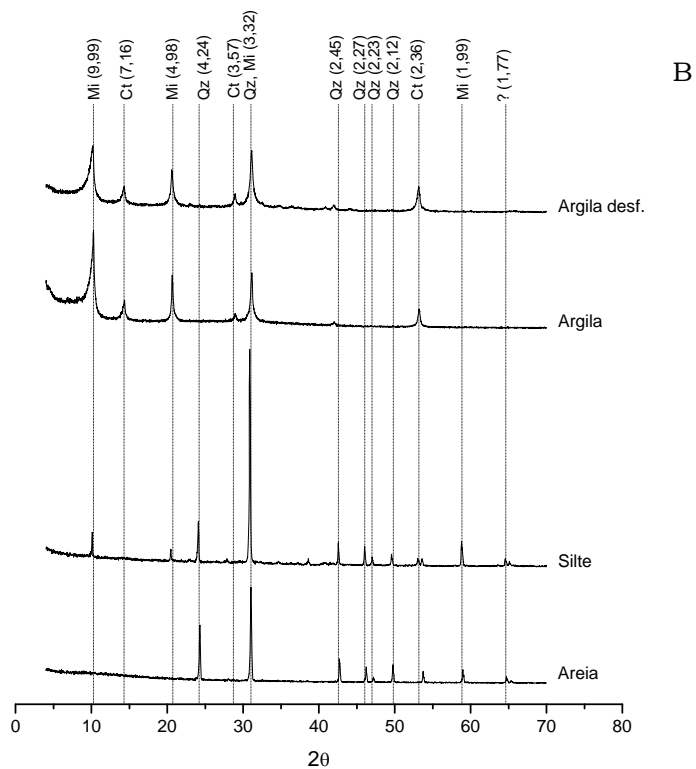
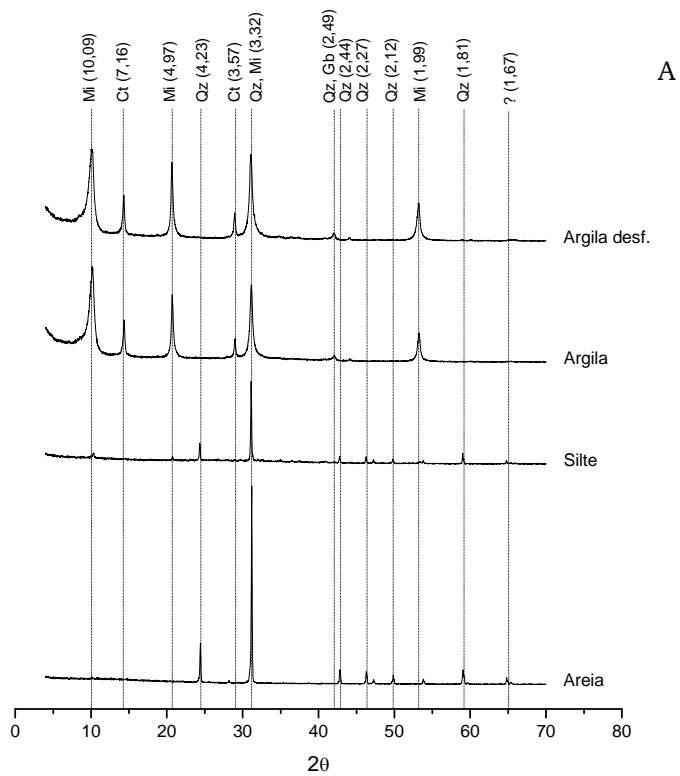


Figura 13 - Difratomogramas das frações areia, silte, argila e argila desferrificada dos solos desenvolvidos de filito e quartzito. Horizonte Cg1 (25-50) do perfil 3 - Gleissolo Háplico Tb Distrófico - desenvolvido de filito da Formação Moeda (A); Horizonte A (0-15) do perfil 4 - Neossolo Litólico Distrófico - desenvolvido de quartzito da Formação Moeda (B).

A própria composição química do material de origem do Neossolo Litólico Distrófico (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 (Figura 13B). Esta participação expressiva de SiO₂ no material de origem confirma os altos valores de Ki e Kr observados para o horizonte analisado.

Os óxidos de Fe goethita (d = 4,17, 2,69 e 2,49) e hematita (d = 2,69) foram detectados nos difratogramas de raios-X do Cambissolo Háptico Tb Distrófico (P6) (Figura 14A). Dentre os óxidos de Fe, a magnetita também se mostrou presente a inferir-se pela atração magnética detectada durante testes em nível de campo.

Os difratogramas de raios-X do horizonte Bwc (55-75 cm) do perfil 7 apresentaram picos característicos dos minerais quartzo e gibbsita na fração areia, gibbsita e hematita na fração silte e caulinita, gibbsita, hematita e goethita na fração argila (Figura 14B). 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.

Os difratogramas de raios-X do horizonte Bwc (75-150 cm) do perfil 8 indicam a ocorrência de quartzo (d = 3,32) e hematita/magnetita (d = 2,51) na fração areia, quartzo e gibbsita (d = 4,84) na fração silte e caulinita (d = 7,16 e 3,57) e gibbsita (d = 4,84 e 4,37) na fração argila (Figura 15A). Vale destacar a ocorrência de um pico de um mineral 2:1 nas amostras de argila desferrificada (d = 14,63) que pode estar relacionado à ocorrência de 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 15B). 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 1,4 para 1,0 nm, comportamento este não observado na amostra analisada.

A pedogênese do Cambissolo Háptico Perférico (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 como já apontado por Melfi et al. (1976).

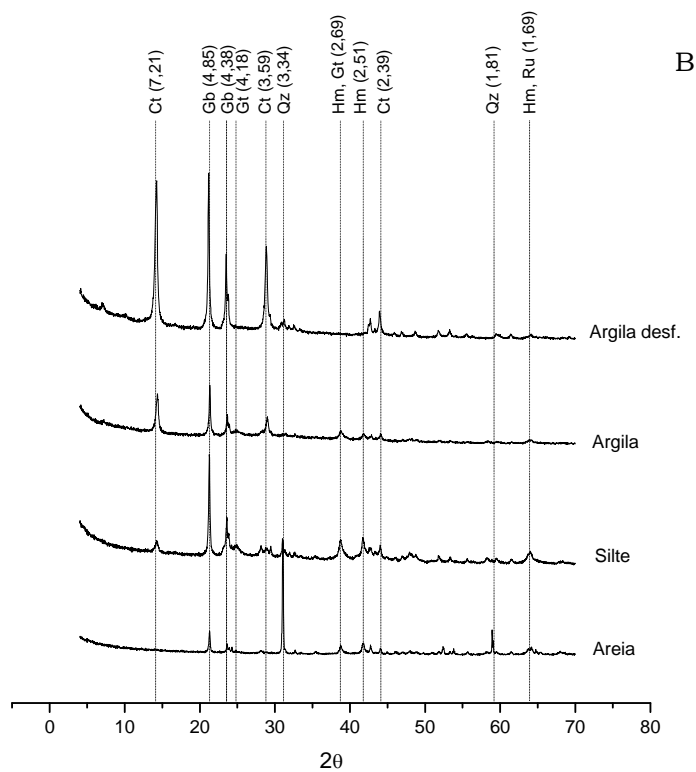
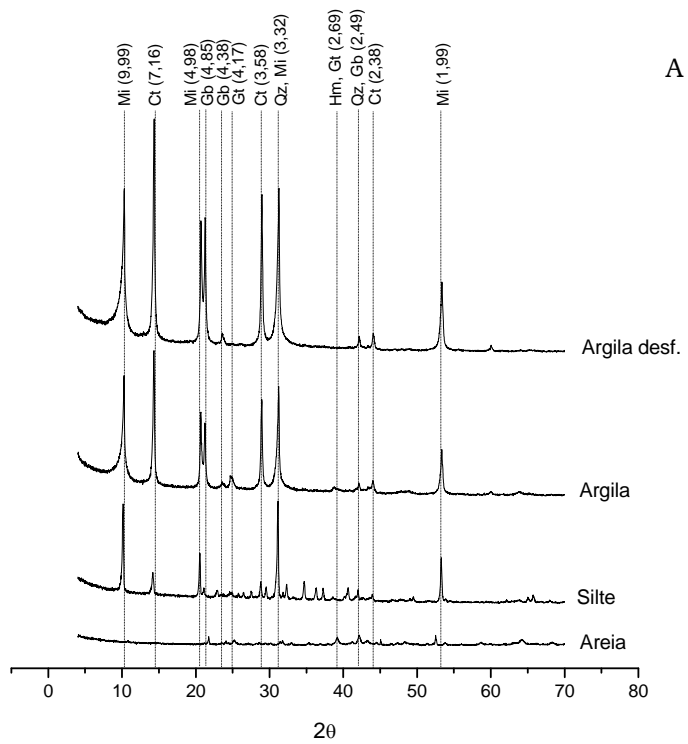


Figura 14 - Difratoformas das frações areia, silte, argila e argila desferrificada dos solos desenvolvidos de filito e itabirito. Horizonte Bi (25-45) do perfil 6 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico - desenvolvido de filito da Formação Batatal (A). Horizonte Bwc (55-75 cm) do perfil 7 – Latossolo Vermelho Acriférico - desenvolvido de itabirito da Formação Cauê (B).

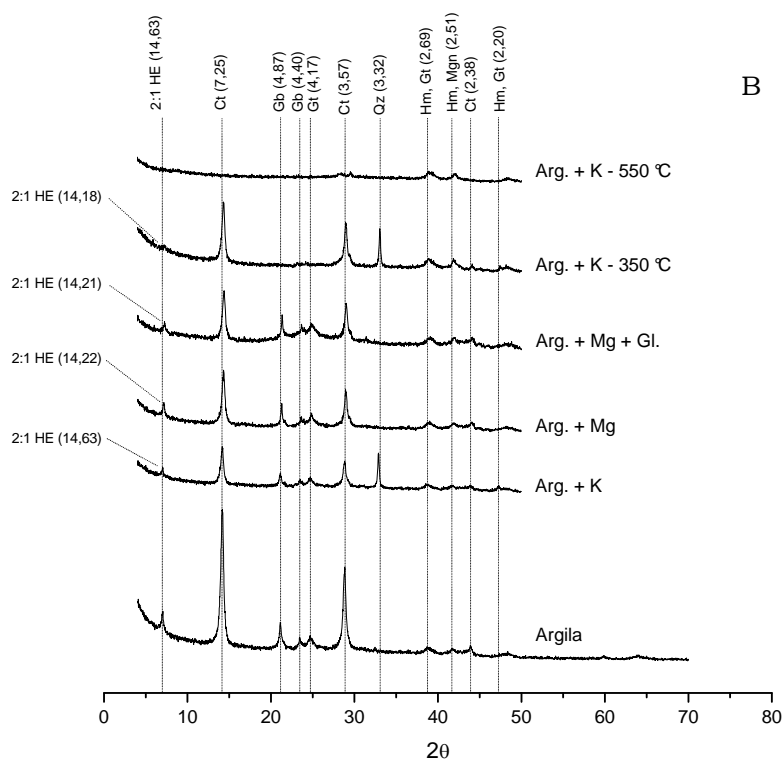
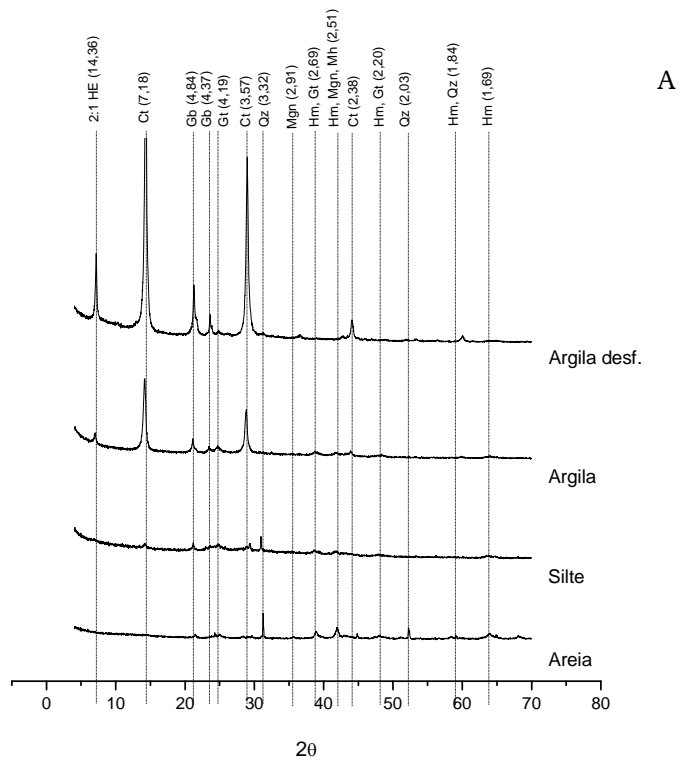


Figura 15 - Difratoformas das frações areia, silte, argila e argila desferificada do horizonte Bwc (75-150) do perfil 8 – Latossolo Vermelho Distroférico desenvolvido de itabirito (A); Difratoformas da fração argila com os respectivos tratamentos aplicados visando a identificação do mineral 2:1 detectado no difratoformas anterior (B).

Conforme constatado nos difratogramas de raios-X do perfil 9, é evidente a ocorrência de minerais litogenéticos nas frações grosseiras 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 picos ($d = 4,85$ e $4,37$) detectados nos difratogramas das frações argila e argila desferriçada (Figura 16).

A presença de alguns minerais nas frações mais grosseiras 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. O Quadro 4 apresenta de forma sucinta a composição mineralógica das frações granulométricas dos horizontes selecionados dos solos estudados.

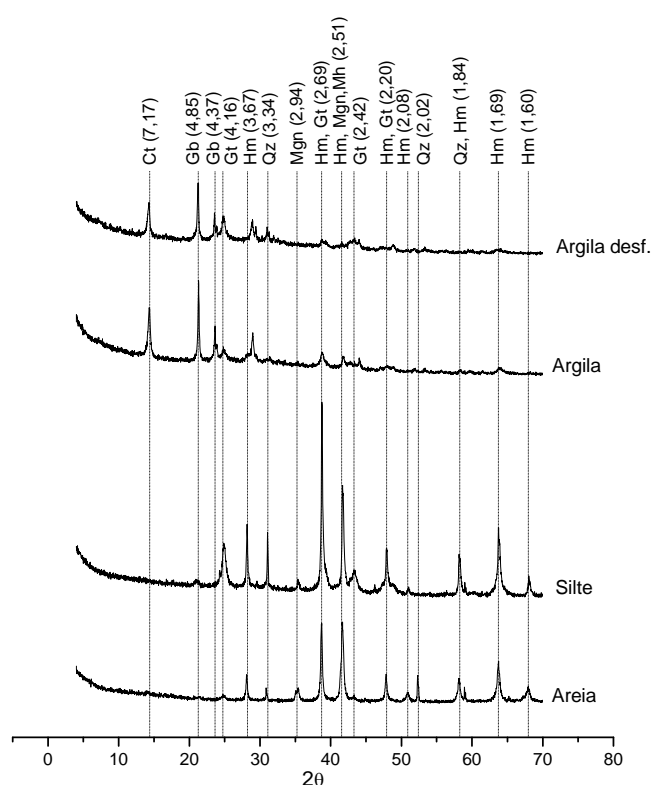


Figura 16 - Difratogramas das frações areia, silte, argila e argila desferriçada do horizonte Bi1 (50-110) do perfil 9 - Cambissolo Háplico Perférico - desenvolvido de itabirito.

Quadro 4. Composição mineralógica (raios-X) das frações granulométricas de horizontes selecionados dos solos estudados

Horizonte			Minerais			
Símbolo	Profund. (cm)	Cor	Areia	Silte	Argila	Argila desferrificada
P1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (xisto - Grupo Nova Lima)						
A	0-7	3YR 4/4	Qz, Mi	Qz, Mi	Mi, Ct, Gb, Gt	Mi, Ct, Gb
Cr	7-70	5YR 5/6	Qz, Mi	Qz, Mi	Mi, Ct, Gb, Gt	Mi, Ct, Gb
P2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (xisto - Grupo Nova Lima)						
A	0-15	3YR 4/4	Qz, Mi	Qz, Mi, Ct	Mi, Ct, Gb	Mi, Ct, Gb
Bi	15-40	5YR 4/6	Qz, Mi	Qz, Mi, Ct	Mi, Ct, Gb, Gt	Mi, Ct, Gb
BC	40-60	5YR 5/6	Qz, Mi	Qz, Mi, Ct	Mi, Ct, Gb, Gt	Mi, Ct, Gb
P3 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (filito - Formação Moeda)						
A	0-7	GLEYS 1 4/N	Qz, Mi	Qz, Mi	Mi, Ct, Gt	Mi, Ct
Cg1	25-50	GLEYS 1 8/N	Qz, Mi	Qz, Mi	Mi, Ct, Gt	Mi, Ct
P4 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico (quartzito - Formação Moeda)						
A	0-15	10YR 3/1	Qz, Mi	Qz, Mi	Mi, Ct	Mi, Ct
P6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (filito - Formação Batatal)						
A	0-7	5YR 4/4	Qz, Hm, Mgn	Mi, Ct, Qz	Mi, Ct, Gb, Hm, An	Mi, Ct, Gb, An
Bi	25-45	5YR 4/6	Qz, Hm, Mgn	Mi, Ct, Qz	Mi, Ct, Gb, Gt, Hm	Mi, Ct, Gb
C	45+	variegada	Qz, Hm	Mi, Ct, Qz	Mi, Ct, Gb, Gt	Mi, Ct, Gb
P7 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférrico (itabirito - Formação Cauê)						
A	0-10	2,5YR 2,5/3	Qz, Gb, Hm, Mgn	Ct, Gb, Gt, Hm	Ct, Gb, Gt, Hm, Mh	Ct, Gb
Bwc	55-75	2,5YR 3/6	Qz, Gb, Hm, Mgn	Ct, Gb, Gt, Hm, Ru	Ct, Gb, Gt, Hm, Mh	Ct, Gb
P8 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférrico (itabirito - Formação Cauê)						
A	0-20	2,5YR 2,5/2	Qz, Gt, Hm, Mgn	Qz, Ct, Gb, Hm	2:1 HE, Ct, Gb, Hm, Mh	2:1 HE, Ct, Gb
Bwc	75-150	2,5YR 3/6	Qz, Hm, Mgn	Qz, Ct, Gb	2:1 HE, Ct, Gb, Gt, Hm, Mh	2:1 HE, Ct, Gb
P9 - CAMBISSOLO HÁPLICO Perférrico (itabirito - Formação Cauê)						
A1	0-10	5YR 3/3	Qz, Hm, Mgn	Qz, Gt, Hm, Mgn	Ct, Gb, Gt, Hm, Mh	Ct, Gb
Bi1	50-110	2,5YR 3/4	Qz, Hm, Mgn	Qz, Gt, Hm, Mgn	Ct, Gb, Gt, Hm, Mh	Ct, Gb
2Bi1	110-135	2,5YR 4/4	Qz, Ct, Hm, Mgn	Qz, Ct, Gt, Hm, Mgn	Ct, Gb, Gt, Hm, Mh	Ct, Gb
2Bi2	135-190	2,5YR 3/4	Qz, Ct, Hm, Mgn	Ct, Gb, Gt, Hm, Mgn	Ct, Gb, Gt, Hm, Mh	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.

5.4.3 Extração de Fe e Mn por Ditionito-Citrato-Bicarbonato (DCB) e Oxalato de Amônio

Em todas as amostras foram realizadas 5 extrações sucessivas com ditionito-citrato-bicarbonato (DCB) na fração argila visando a completa dissolução dos óxidos de ferro cristalinos, conforme recomendam vários autores (Curi, 1983, Barbosa et al., 1991; Bognola, 1995; Motta, 1999) e uma extração com oxalato ácido de amônio (Quadro 5).

Os teores de ferro extraídos pelo DCB (Fe_d) apresentaram comportamento diferenciado entre os perfis analisados no que diz respeito à sua correlação com os teores obtidos pelo ataque sulfúrico (Fe_s). Para os solos desenvolvidos de xistos (P1 e P2), de filitos da Formação Batatal (P6) e de itabiritos (P7, P8 e P9), os teores de Fe_d foram sempre inferiores aos de Fe_s , ao contrário daqueles desenvolvidos dos quartzitos (P4) e filitos (P3) da Formação Moeda.

Todos os perfis analisados indicaram predomínio de formas de Fe cristalinas com valores da relação Fe_o/Fe_d variando de 0,01 a 0,63. Os maiores valores desta relação foram observados nos perfis desenvolvidos de materiais de origem da Formação Moeda (quartzitos e filitos) muito pobres em Fe e com valores de Ki elevados denotando a baixa evolução pedogenética condizente com os teores de óxidos de Fe de pior cristalinidade.

Analisando especificamente o perfil 3 (Gleissolo Háptico Tb Distrófico), observam-se os maiores valores da relação Fe_o/Fe_d , principalmente nos horizontes A e AC. Isto indica que as condições de hidromorfismo e a presença da matéria orgânica podem estar favorecendo o predomínio de formas de pior cristalinidade. No horizonte Cg1 deste solo os difratogramas indicaram a presença de goethita (Figura 13A) corroborando os dados de outros autores (Peña & Torrent, 1984; Schwertmann, 1985; Schwertmann & Taylor, 1989; Macedo & Bryant, 1987) que observaram que os processos de oxidação/redução favorecem a formação preferencial da goethita sobre a hematita.

Em contrapartida, no perfil 9 (Cambissolo Háptico Perférico), mesmo se tratando de um solo de desenvolvimento pedogenético incipiente onde se esperariam formas menos cristalinas de óxidos de ferro, a relação Fe_o/Fe_d nos horizontes analisados foi de 0,01, valores muito próximos daqueles obtidos por Carvalho Filho (2008) para solos relacionados ao itabirito, indicando ser a cristalinidade uma herança do próprio material de origem.

Para os solos de desenvolvimento pedogenético mais avançado (P7 e P8) os teores de $Fe_d + Fe_o$ obtidos foram inferiores aos de Fe_s , indicando uma possível subestimação daqueles teores atribuída à baixa eficiência do processo de dispersão química durante a separação da

fração argila; associado ao fato de o ataque sulfúrico ter sido realizado na fração menor que 2mm (TFSA) dissolvendo concreções de ferro e magnetita presentes nas frações areia e silte, frações estas não utilizadas nas análises com DCB.

No horizonte A do perfil 8, observou-se que a relação Mn_o/Mn_d apresentou valor superior à unidade, evidenciando o predomínio de formas de Mn menos cristalinas no horizonte superficial, tendência também observada por outros autores (Ross et al., 1976; Kämpf et al., 2009). Kämpf e Schwertmann (1983) relatam o efeito da matéria orgânica no favorecimento de formas menos cristalinas de ferro, o que ainda foi pouco estudado para as formas de óxidos de Mn. Por apresentar mineralogia muito variada e complexa, estudos sobre a estrutura dos óxidos de Mn bem como de sua cristalinidade e concentração nos solos constituem o grande desafio para sua caracterização (Kämpf et al., 2009).

Quadro 5. Teores de Fe, Al e Mn obtidos por 5 extrações sucessivas pelo ditionito-citrato-bicarbonato e extração única com oxalato de amônio na fração argila de horizontes selecionados dos solos estudados

Horiz.	Prof. (cm)	Fe _d				Fe _o	Fe _o /Fe _d	Mn _d				Mn _o	Mn _o /Mn _d
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	Σ ^{1/}			1 ^a	2 ^a	3 ^a	Σ ^{1/}		
		dag.kg ⁻¹				ppm							
P1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (xisto - Grupo Nova Lima)													
A	0-7	3,55	2,91	1,73	10,71	0,30	0,03	34,5	18,5	7,0	66,5	30,0	0,45
Cr	7-70	3,84	3,71	1,69	12,30	0,25	0,02	21,5	14,5	10,5	56,5	4,0	0,07
P2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (xisto - Grupo Nova Lima)													
A	0-15	2,60	3,39	1,98	10,74	0,24	0,02	30,5	19,0	7,5	65,5	15,5	0,24
Bi	15-40	3,71	4,46	2,10	12,61	0,23	0,02	16,5	13,0	10,5	52,5	5,5	0,10
BC	40-60	3,90	5,61	2,15	14,80	0,18	0,01	18,0	21,5	15,0	75,0	3,0	0,04
P3 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (filito - Formação Moeda)													
A	0-7	1,29	0,45	0,28	2,29	1,06	0,46	17,5	7,5	2,5	33,50	16,0	0,48
AC	7-25	0,60	0,29	0,20	1,33	0,84	0,63	14,5	9,0	4,0	35,50	17,0	0,48
Cg1	25-50	0,35	0,20	0,13	0,85	0,25	0,29	10,5	2,5	2,5	23,00	9,0	0,39
Cg2	50-75	0,52	0,36	0,20	1,29	0,19	0,14	11,0	7,0	3,5	29,00	7,0	0,24
Cr	75 ⁺	0,43	0,26	0,19	1,12	0,13	0,11	7,5	3,5	5,0	22,00	6,0	0,27
P4 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico (quartzito - Formação Moeda)													
A	0-15	1,05	0,74	0,40	2,49	0,73	0,29	26,5	16,0	6,5	56,5	26,0	0,46
P6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (filito - Formação Batatais)													
A	0-7	6,75	2,15	2,53	13,61	0,18	0,01	240,5	62,5	29,5	361,5	67,5	0,19
Bi	25-25	4,87	4,46	1,89	12,98	0,16	0,01	112,0	98,0	23,5	250,5	22,5	0,09
C	45 ⁺	5,55	1,58	2,12	10,09	0,10	0,01	83,0	19,0	7,5	119,0	13,0	0,11
P7 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito - Formação Cauê)													
A	0-10	8,10	3,66	3,17	19,04	0,35	0,02	77,5	41,0	39,5	196,0	12,5	0,06
Bwc	55-75	9,20	5,17	2,79	20,35	0,31	0,01	72,0	57,0	34,0	191,0	6,5	0,03
P8 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférico (itabirito - Formação Cauê)													
A	0-20	7,27	5,72	1,96	18,12	0,44	0,02	107,5	75,5	21,5	219,0	375,0	1,71
Bwc	75-150	9,29	6,15	3,27	21,15	0,47	0,02	89,0	63,5	28,0	194,0	38,5	0,20
P9 - CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico (itabirito - Formação Cauê)													
A1	0-10	10,12	7,66	5,61	31,05	0,31	0,01	167,0	99,5	63,0	415,00	154,0	0,37
Bi1	50-110	15,43	8,53	5,82	38,41	0,47	0,01	135,0	85,5	44,5	324,00	9,0	0,03
2Bi1	110-135	12,84	6,59	6,31	34,68	0,20	0,01	118,0	67,0	93,0	394,50	9,0	0,02
2Bi2	135-190	11,63	7,80	6,22	33,83	0,18	0,01	132,5	118,0	96,5	554,50	10,5	0,02

^{1/} Somatório de 5 extrações sucessivas.

5.4.4 Digestão Semi-Total

Os teores totais dos elementos As, Cr, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, V e Zn obtidos na fração TFSA são apresentados no Quadro 6. Apesar da aparente heterogeneidade, tendências são observadas ao se correlacionar o conteúdo total desses elementos nos solos estudados e o material de origem, conforme já verificado também em outros trabalhos (Curi & Franzmeier, 1987; Ker, 1995; Costa, 2003; Carvalho Filho, 2008; Rolim Neto et al., 2009; Camêlo, 2013). Em alguns horizontes dos solos estudados, a concentração de determinados elementos foi superior a 100 mg kg^{-1} , concentração esta considerada por Hooda (2010) como máxima para caracterizar um determinado elemento como “elemento traço”.

As concentrações de cádmio apresentaram-se muito baixas ou estiveram abaixo do limite de detecção do método, resultados estes similares àqueles encontrados por Carvalho Filho (2008) para solos do Quadrilátero Ferrífero.

Os solos desenvolvidos de xisto (P1 e P2) apresentaram conteúdos elevados de cromo (658 mg kg^{-1} no horizonte Bi do P2) e conteúdos de níquel e vanádio 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.

Para os solos desenvolvidos de itabirito ou sob alguma influência deste, os conteúdos dos elementos analisados foram baixos, com exceção do cromo no Latossolo Vermelho Acriférrico (P7) e nos horizontes A e Bi do Cambissolo Háplico Tb Distrófico (P6) que apresentaram valores acima de 100 mg kg^{-1} ; e do manganês com teores da ordem de 700 mg kg^{-1} nos horizontes superficiais do P6 e P8. No que se referem ao cromo, os teores encontrados foram próximos daqueles obtidos por Carvalho Filho (2008) que sugere estarem relacionados a uma tendência de acumulação residual desse metal, em provável associação com os óxidos de ferro (Cornell & Schwertmann, 1996; Kabata-Pendias & Pendias, 2001). Quanto ao manganês, 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 (Dowding & Fey, 2007; Carvalho Filho, 2008). No local de amostragem do P8 a proximidade do itabirito com os dolomitos ferruginosos da Formação Gandarela indica uma possível mistura destes materiais, já que teores elevados de Mn foram observados neste solo.

Os teores de vanádio 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 vanádio 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 traços obtidos nestes solos, uma vez que é, há muito, conhecida a afinidade entre elementos traços e estruturas minerais como a magnetita (Curi, 1983; Curi e Franzmeier, 1987).

Quadro 6. Resultados da digestão total em TFSA das amostras de horizontes selecionados dos solos estudados

Horizonte	Profund. (cm)	As	Cr	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	V	Zn	Σ
----- mg Kg ⁻¹ -----											
P1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico (xisto - Grupo Nova Lima)											
A	0-7	21	515	1	99	140	110	25	162	57	1129
Cr	7-70	nd	12	nd	nd	nd	nd	nd	3	nd	15
P2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (xisto - Grupo Nova Lima)											
A	0-15	nd	552	0	99	84	117	25	155	57	1089
Bi	15-40	nd	658	nd	116	51	136	28	168	68	1224
BC	40-60	nd	633	nd	141	69	216	21	168	123	1371
P3 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (filito - Formação Moeda)											
A	0-7	33	552	nd	108	63	112	nd	167	48	1083
AC	7-25	nd	14	nd	nd	nd	nd	nd	3	nd	17
Cg1	25-50	nd	20	nd	nd	nd	nd	nd	5	nd	25
Cg2	50-75	18	50	1	nd	nd	4	nd	12	nd	84
Cr	75+	41	87	nd	nd	nd	5	nd	nd	nd	133
P4 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico (quartzito - Formação Moeda)											
A	0-15	nd	12	nd	nd	nd	3	nd	3	nd	17
P6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico (filito - Formação Batatal)											
A	0-7	50	116	0	43	764	41	57	102	52	1226
Bi	25-45	52	113	nd	41	278	32	47	94	39	694
C	45+	21	49	nd	42	32	14	22	33	14	226
P7 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférrico (itabirito - Formação Cauê)											
A	0-10	17	121	nd	15	217	7	35	220	48	680
Bwc	55-75	nd	118	nd	12	176	5	32	236	50	628
P8 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférrico (itabirito - Formação Cauê)											
A	0-20	nd	25	nd	97	755	7	52	225	74	1235
Bwc	75-150	nd	21	nd	88	386	4	49	220	61	828
P9 - CAMBISSOLO HÁPLICO Perférrico (itabirito - Formação Cauê)											
A1	0-10	nd	12	nd	nd	318	3	120	110	121	684
Bi1	50-110	nd	17	nd	nd	314	nd	119	125	129	704

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

5.5 Micromorfologia

Para os solos com avançado grau de desenvolvimento pedogenético presentes na área de estudo (P7, P8 e P1-III RCC) foram confeccionadas lâminas delgadas de horizontes Bw pré-selecionados nas quais foram feitas descrições sucintas da microestrutura, feições pedológicas e identificação de grãos minerais. Análises em MEV/EDS de áreas representativas das seções finas destes horizontes (como microtransectos partindo do interior para a borda de agregados, concreções e grãos de magnetita e quartzo) também foram realizadas como forma de complementar as descrições, verificar possíveis diferenças na composição química destes solos e estabelecer relações com o material de origem e com sua a posição na paisagem.

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 permitisse elucidar a dinâmica dos elementos Si, Al e Fe em parte da toplotossequência analisada.

5.5.1 Lâmina 1 – Perfil 7 – Latossolo Vermelho Acriférico – horizonte Bwc (55-75 cm)

A lâmina do horizonte Bwc do Latossolo Vermelho Acriférico do platô (P7) apresenta um plasma predominantemente gibbsítico ocupando a maior porção do volume total de material do solo (Figura 17A). Nódulos gibbsíticos de aspecto amarelado intenso são comuns na matriz plásmica que apresenta-se descontínua, remodelada por canais biológicos (Figura 17B) e com micropeds arredondados, mas também subangulares, sugerindo tanto feições de formação quanto de destruição (Figura 17C). Essa intensa atividade pedogenética nos Latossolos acaba por favorecer a microagregação fazendo com que ao longo do tempo prevaleça uma assembléia de agregados mais resistentes.

Fragmentos de itabirito, grãos de magnetita e de quartzo, em sua maioria angulosos, estão presentes assim como concreções ferruginosas, comumente capeados por uma lamela ferruginosa de constituição goethítica/hematítica (Figura 17D). Marcelino et al. (2010) relata a ocorrência destes revestimentos argilosos em Latossolos (*Oxisols*) de outras partes

do mundo, sendo mais comuns aqueles de constituição gibbsítica, diferentemente dos observados neste trabalho.

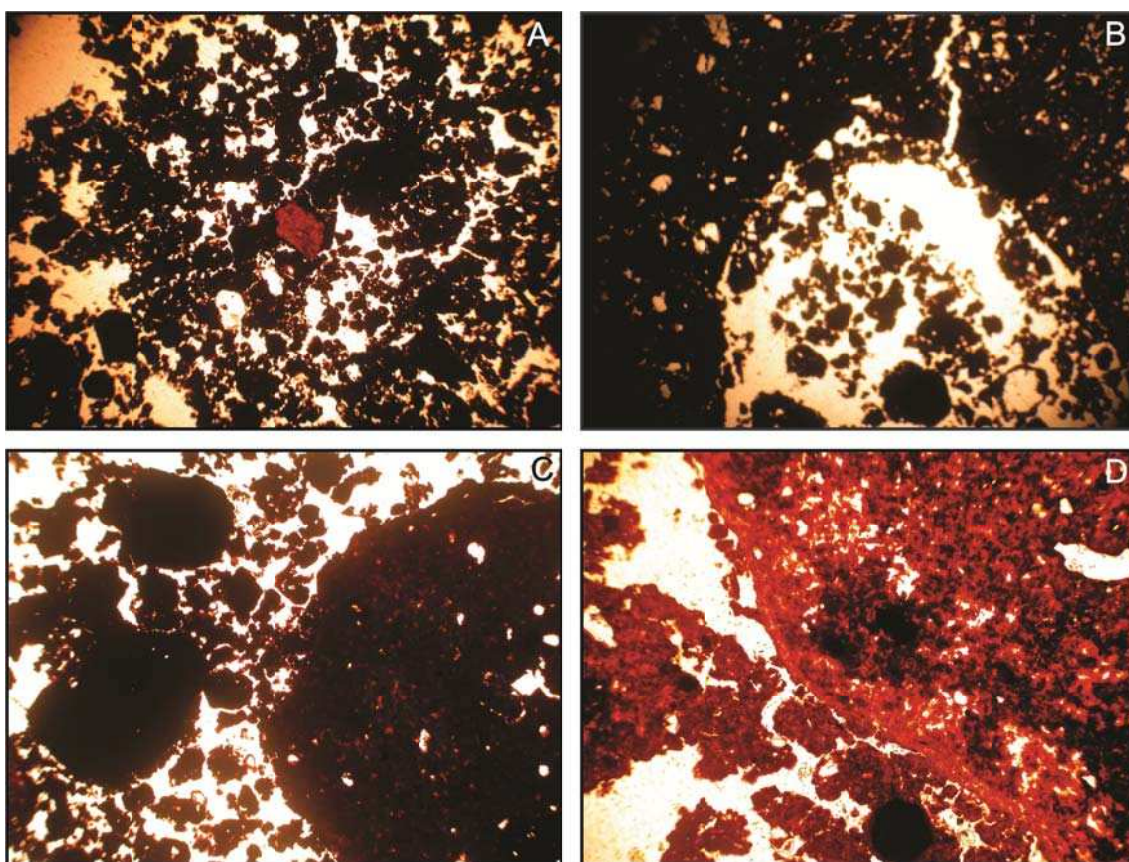


Figura 17 - Fotomicrografias em luz polarizada de feições observadas em lâmina do horizonte Bwc do P7: (A) plasma apresentando nódulo gibbsítico ao centro; (B) plasma alterado por canal biológico; (C) feição de destruição na borda do agregado; (D) lamela ferruginosa capeando agregado.

O elevado grau de estruturação da matriz plásmica é evidenciado pela densidade de microporos e canais pedobiológicos que, associados à constituição oxidica, conferem drenagem livre ao solo. As análises por EDS (Quadro 7) realizadas na região do plasma indicaram teores de Al superiores aos de Fe sugerindo uma constituição majoritariamente gibbsítica e/ou com alto grau de substituição isomórfica de Fe por Al nos óxidos de ferro presentes. Pontuações de titânio observadas nos mapas químicos (Figura 18) ocorrem associadas a partículas grosseiras imersas no plasma, possivelmente provenientes de fragmentos diminutos de titano magnetita.

Os capeamentos observados em grãos minerais e agregados também foram analisados por EDS e indicaram composição química constituída em sua maioria por Fe e Al, mesmo quando capeando partículas minerais ricas em Si como grãos de quartzo (Figura 18B – ponto 12).

Dentre os elementos traço analisados, teores mais elevados foram observados para Cu, Zn e Zr. O cobre pela sua afinidade com óxidos de Fe conforme já relatado por Gomes et al. (1997).

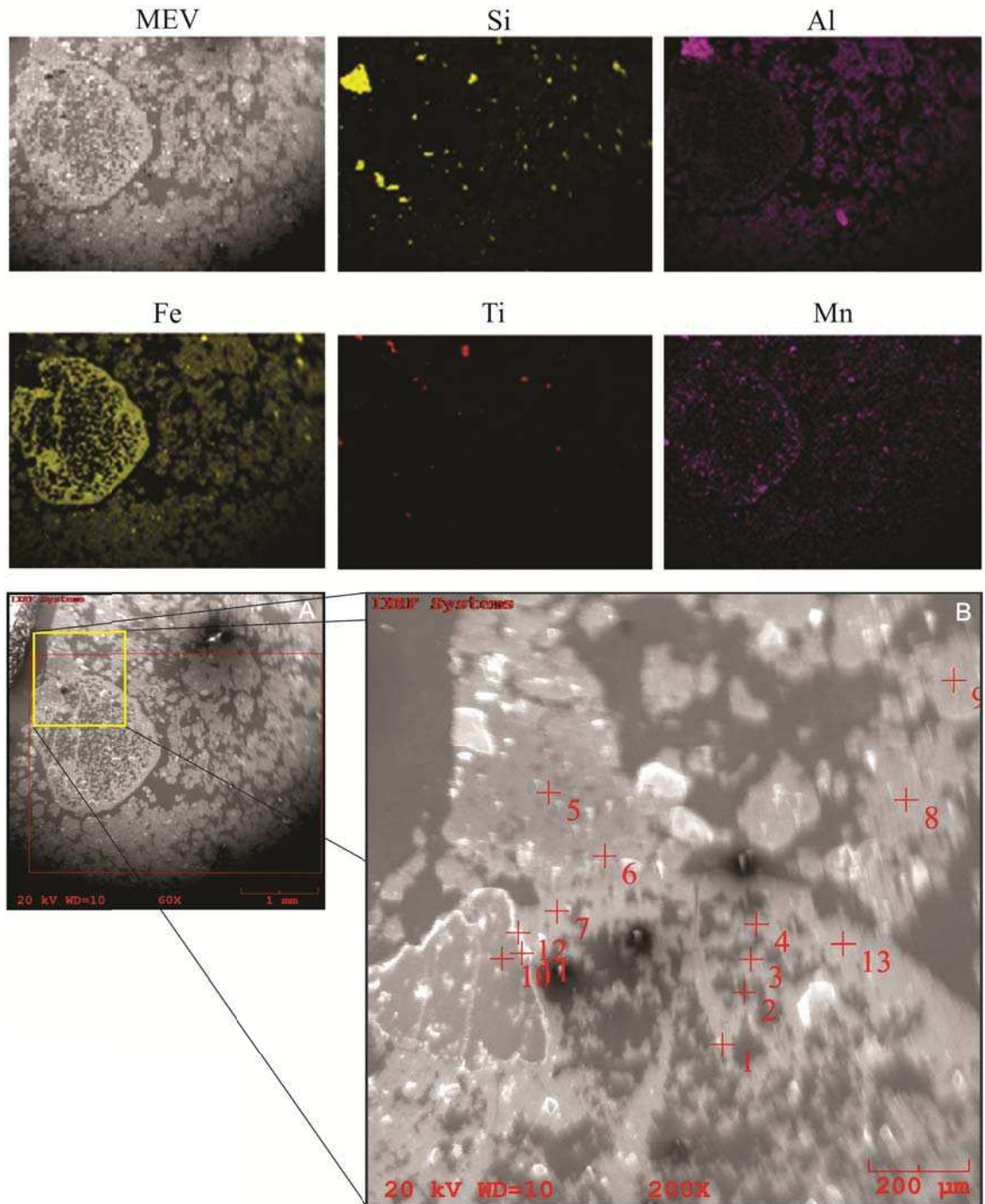


Figura 18 - Fotomicrografias em MEV (“retroespalhamento eletrônico”) e mapas da emissão de raios X de elementos selecionados do horizonte Bwc (55-75 cm) do P7 – Latossolo Vermelho Acriférico. Área selecionada para microanálise (A); mapa de pontos onde se realizou a leitura dos elementos (B).

Quadro 7. Teores de alguns elementos, obtidos por meio de análises pontuais de raios X de áreas selecionadas na lâmina do horizonte Bwc (55-75 cm) do P7 – Latossolo Vermelho Acriférrico conforme pontos indicados na Figura 18.

Amostra	Nº do ponto	Si	Al	Fe	Ti	Mn	P	K	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Zr
		----- % -----												
Agregado ferruginoso	1	5,04	17,13	34,08	0,79	0,17	0,28	0,16	0,09	0,04	0,04	0,26	0,15	0,35
	2	3,99	15,43	27,44	0,35	0,27	0,33	0,05	0,08	0,02	0,03	0,18	0,33	0,98
	3	3,67	16,91	39,66	0,74	0,20	0,34	0,08	0,12	0,05	0,02	0,22	0,28	0,45
	4	3,50	16,42	37,93	0,99	0,18	0,31	0,05	0,11	0,01	0,05	0,24	0,16	0,50
Nódulo gibbsítico	5	3,82	36,55	4,66	1,03	0,13	0,40	0,16	0,04	0,03	0,02	0,13	0,07	0,00
	6	10,80	24,76	19,05	1,58	0,17	0,71	0,09	0,16	0,00	0,03	0,22	0,08	0,25
Plasma típico	8	18,98	20,25	16,36	2,18	0,18	0,28	0,25	0,15	0,00	0,03	0,22	0,07	0,42
	9	10,71	23,61	19,41	2,98	0,88	0,39	0,11	0,18	0,00	0,01	0,19	0,09	0,27
Grão de quartzo	10	53,37	0,53	0,05	0,02	0,02	0,00	0,89	0,03	0,01	0,04	0,03	0,05	1,56
	11	48,34	2,20	5,21	0,15	0,08	0,01	0,61	0,08	0,04	0,05	0,25	0,07	0,90
Capeamento ferruginoso	12	4,05	17,63	40,62	0,87	0,19	0,48	0,16	0,18	0,01	0,01	0,16	0,14	0,43
	7	4,48	16,61	30,39	1,39	0,16	0,48	0,16	0,12	0,01	0,01	0,17	0,20	0,49
	13	4,23	18,78	36,38	0,64	0,31	0,55	0,06	0,13	0,06	0,06	0,22	0,12	0,15

5.5.2 Lâmina 2 – Perfil 8 – Latossolo Vermelho Acriférrico – horizonte Bwc (75-150 cm)

A lâmina do horizonte Bwc do Latossolo Vermelho Distroférrico da encosta (P8) sob vegetação florestal, apresenta um plasma parcialmente contínuo, com menor densidade de canais biológicos por vezes alojando nódulos de gibbsita (Figura 19A e 19B). Os pedis são em sua maioria angulosos sugerindo um estágio de reconstrução plásmica. A presença de caulinita, conforme detectado nos difratogramas de raios-X deste solo, pode estar influenciando na estruturação de um plasma mais contínuo.

O esqueleto é composto por fragmentos de itabirito e litorelíquias nodulares de canga densas, opacas com núcleos internos sendo degradados. Assim como na lâmina do P6, observou-se o mesmo capeamento ferruginoso revestindo tanto nódulos de canga e gibbsita (Figura 19C e 19D) 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 20) evidenciaram uma tendência de aumento dos teores de Al e Si em direção ao plasma que sugerem sua constituição mais gibbsítica/caulinítica.

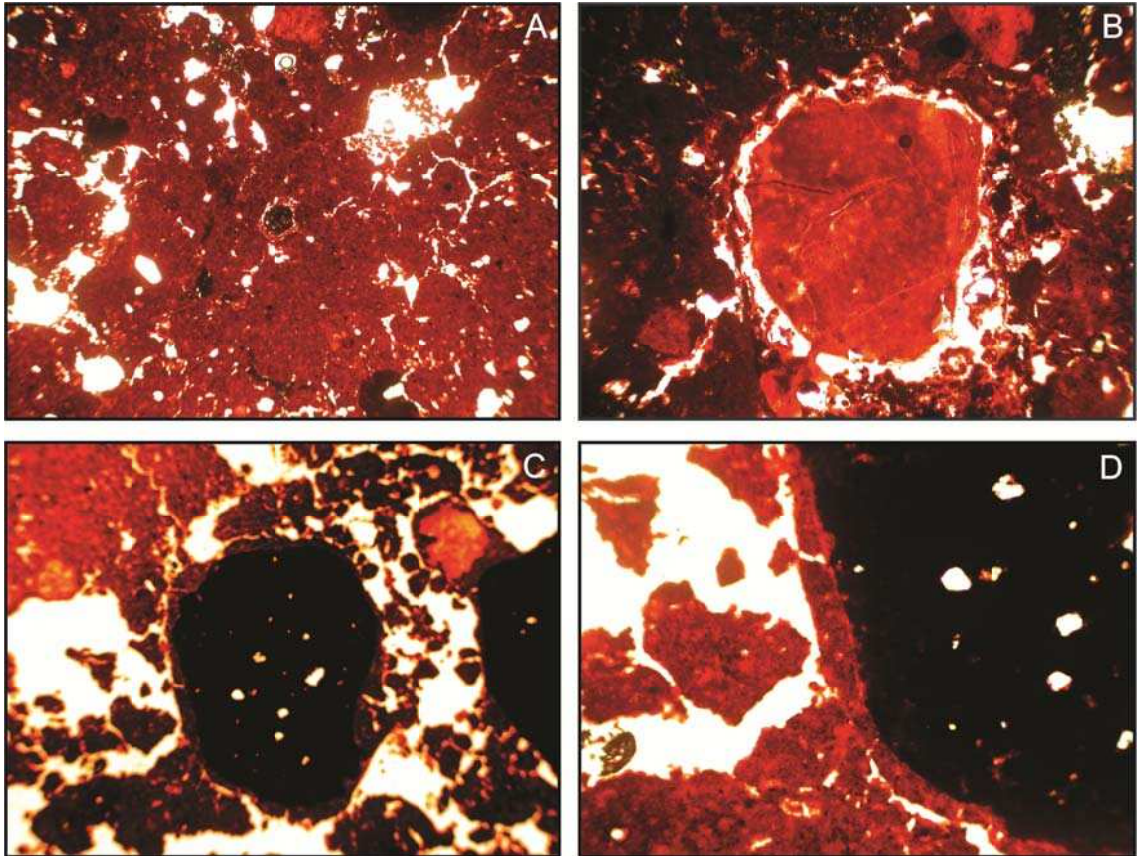


Figura 19 - Fotomicrografias em luz polarizada de feições observadas em lâmina do horizonte Bwc do P8: (A) plasma parcialmente contínuo; (B) nódulo gibbsítico ocupando canal biológico; (C) concreção ferruginosa sendo capeada por lamela goethítica/hematítica; (D) detalhe do capeamento envolvendo a concreção ferruginosa.

Analisando o microtransecto (Figura 20D) 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, tendência esta que 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 o cobre foi o que apresentou os maiores teores seguindo a mesma tendência do Al e Si em direção ao plasma (Quadro 8).

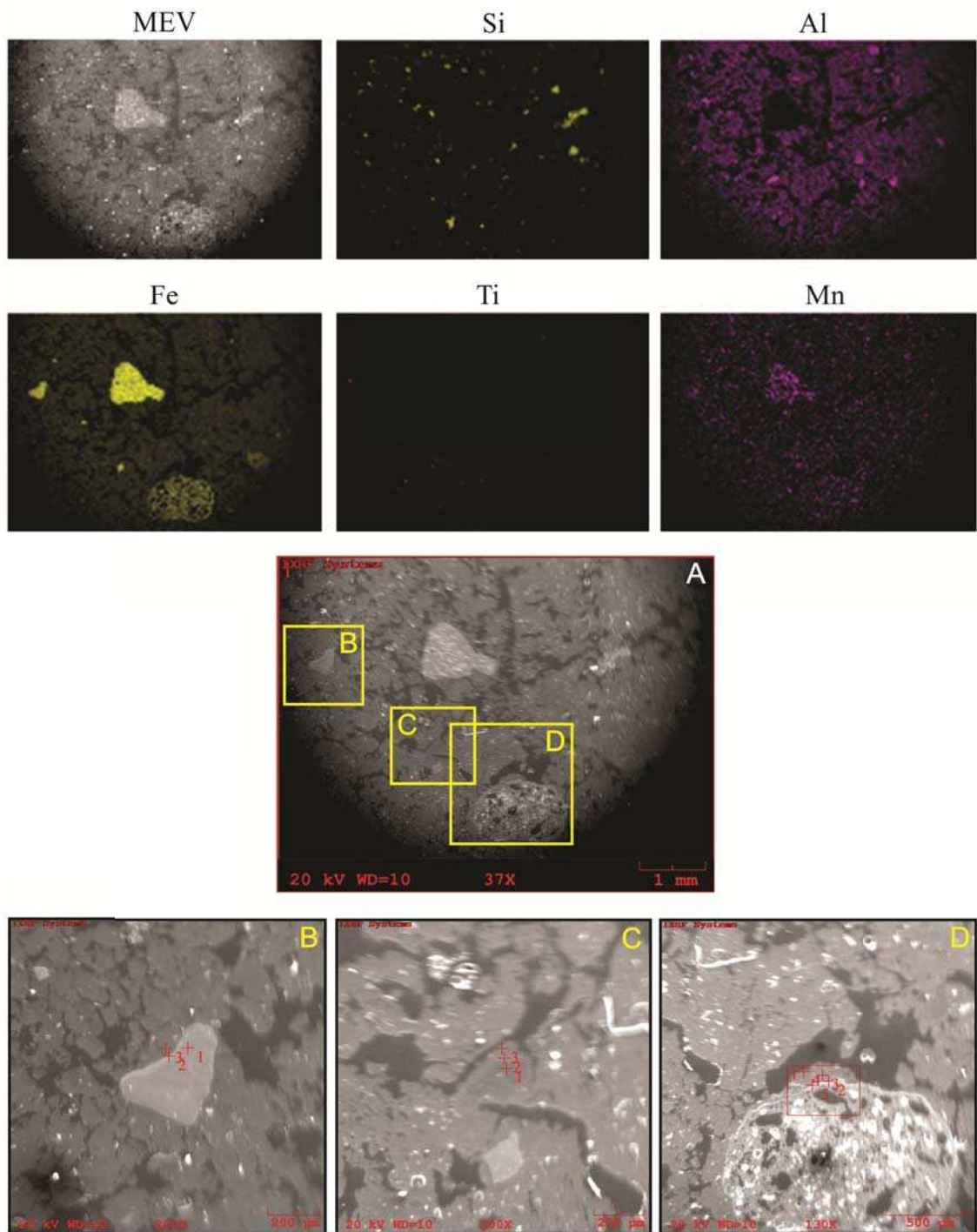


Figura 20 - Fotomicrografias em MEV (“retroespalhamento eletrônico”) e mapas da emissão de raios X de elementos selecionados do horizonte Bwc (75-150 cm) – Perfil 8 – Latossolo Vermelho Acriférrico. Mapa das áreas selecionadas para microanálise (A); área selecionada em grão de magnetita (B); área selecionada em nódulo gibbsíticos (C); área selecionada em concreção ferruginosa (D).

Quadro 8. Teores de alguns elementos, obtidos por meio de análises pontuais de raios-X de áreas selecionadas na lâmina do horizonte Bwc (75-150 cm) do P8 – Latossolo Vermelho Acriférrico conforme pontos indicados nas Figura 20B, 20C e 20D.

Amostra	Nº do 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	28,90	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

5.5.3 Lâmina 3 – Perfil 1 III RCC – Latossolo Vermelho Distroférrico – horizonte Bw1 (80-115 cm)

O plasma do Latossolo do pedimento apresenta-se descontínuo, com micropeds arredondados, em menor proporção subangulares, que tendem a se aglutinar em pedes maiores, características também já descritas por Lima (1988). A descontinuidade do plasma assim como a presença de canais pedobiológicos evidenciam intensa atividade da pedofauna (Figura 21A) contribuindo ainda mais para a estruturação do solo e para o aumento da sua permeabilidade. Nódulos gibbsíticos são menos comuns na matriz plásmica indicando haver predomínio de formas minerais constituídas de Fe em relação àquelas constituídas por Al.

O esqueleto é composto por grãos de quartzo alterados (Figura 21B) e, em maior proporção, por nódulos ferro-argilosos, grãos de magnetita e concreções ferruginosas apresentando halos concêntricos, todos eles capeados pela mesma lamela ferruginosa evidenciada nos outros solos descritos acima, porém aparentando ser mais espessas neste (Figura 21C e 21D). As concreções ferruginosas se mostram mais arredondadas e concêntricas, algumas apresentando elevada porosidade interna devido ao avançado grau de deterioração.

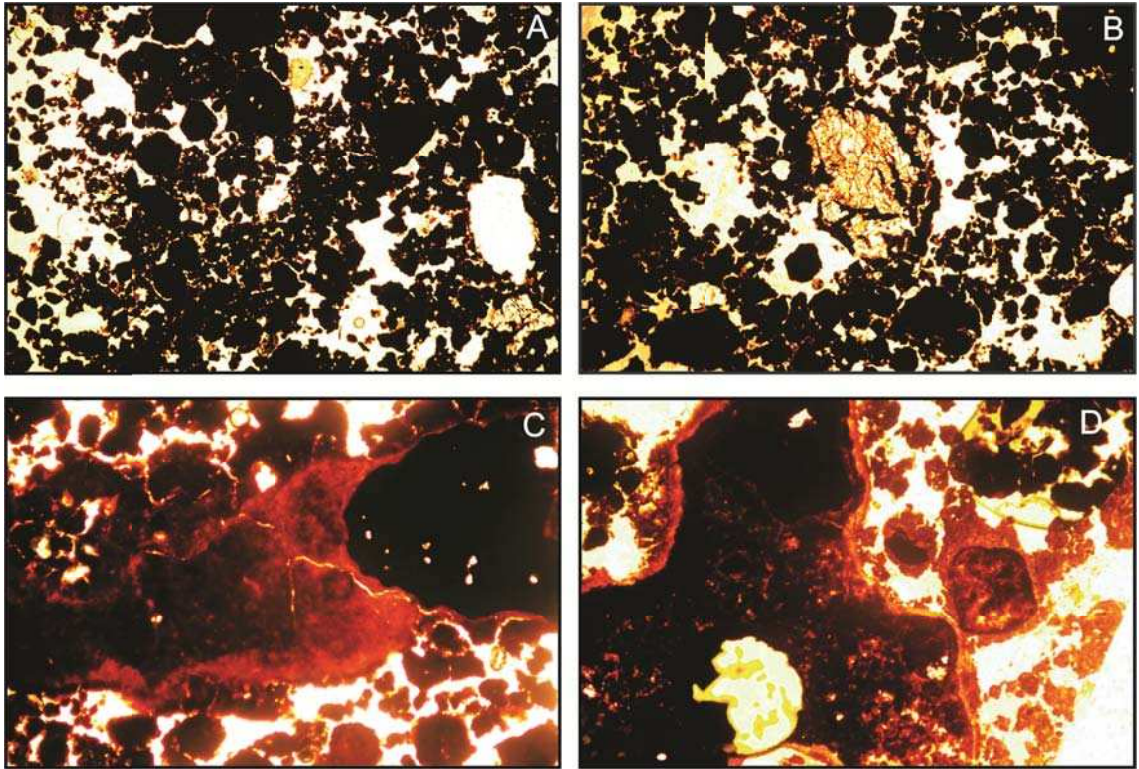


Figura 21 - Fotomicrografias em luz polarizada de feições observadas em lâmina do horizonte Bw1 do P1- III RCC: Plasma descontínuo apresentando micropeds arredondados (A); grão de quartzo severamente alterado com esqueleto preservado ao longo da clivagem (B); concreção ferruginosa imersa no plasma (C); detalhe do capeamento envolvendo o agregado (D).

Análises em EDS realizadas em microtransectos partindo do plasma para o interior de agregados e concreções apresentaram relativo aumento dos teores de Fe, teores estes também superiores aos de Al no plasma (Quadro 9), contrastando com aqueles observados para os solos do topo e da encosta. Analisando os mapas químicos da Figura 22 observa-se também que a densidade de formas minerais contendo Al são maiores no interior do agregado do que no plasma. Tais dados sugerem a hipótese de maior mobilidade do Fe para as partes mais baixas da paisagem, predominando nas áreas de topo e de encosta teores mais elevados de Al, seja pela proximidade com materiais de origem mais aluminosos como os filitos (Carvalho Filho, 2008) ou mesmo pela baixa mobilidade deste elemento nas condições climáticas atuais.

Diferentemente do Fe, os teores de Si obtidos pelas análises com EDS na matriz plásmica apresentaram valores muito baixos que podem estar relacionados com a baixa concentração deste elemento no próprio material de origem, o itabirito.

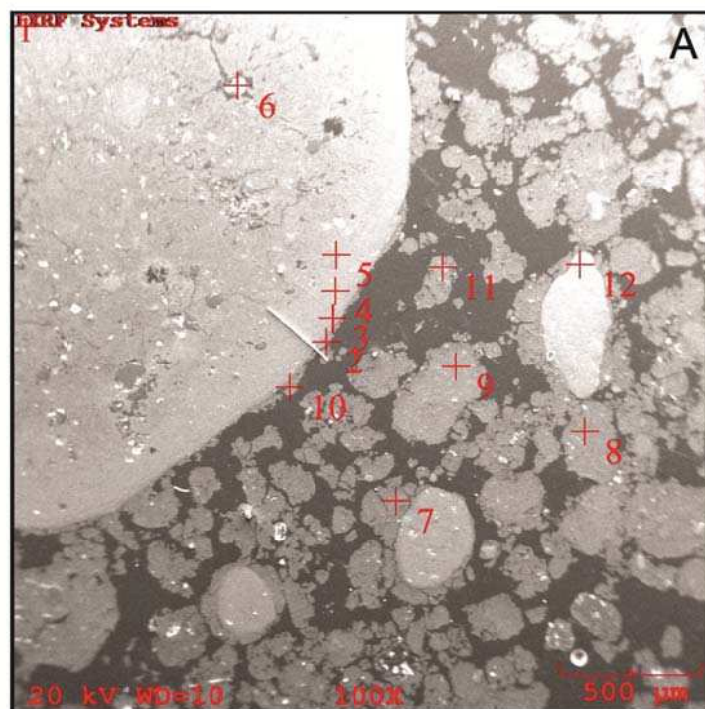
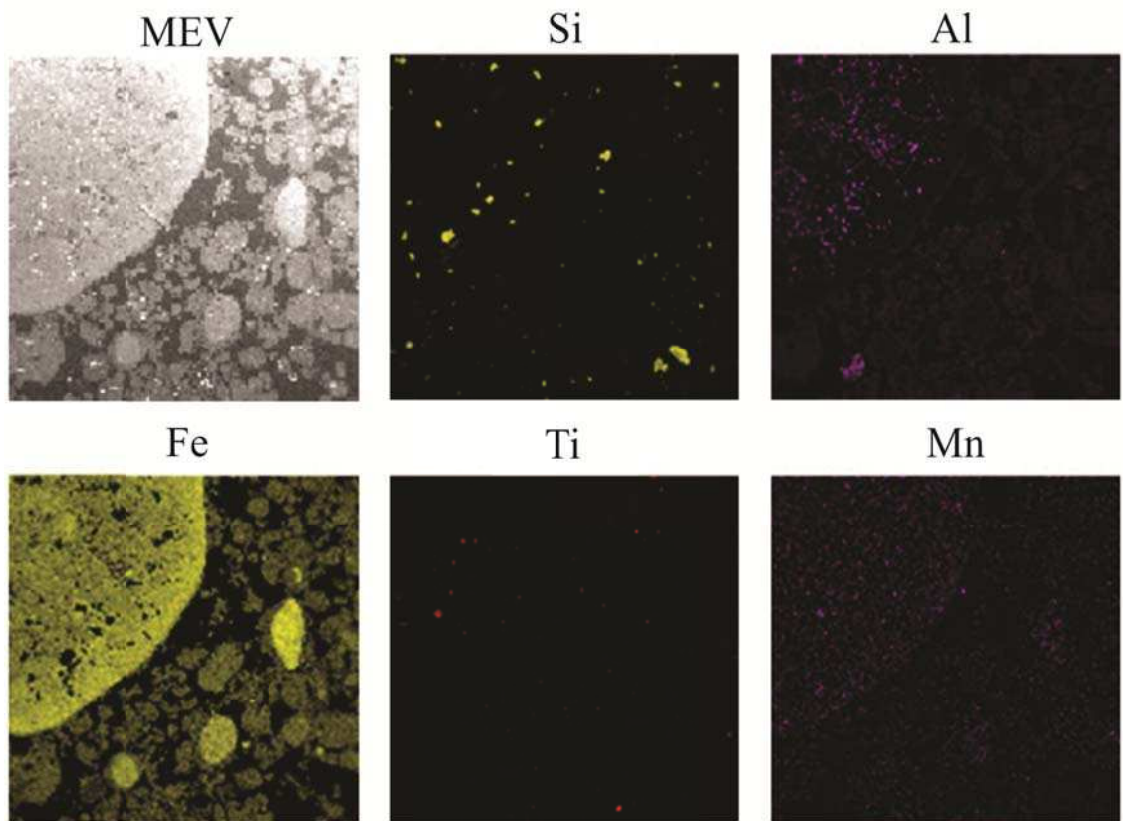


Figura 22 - Fotomicrografias em MEV (“retroespalhamento eletrônico”) e mapas da emissão de raios X de elementos selecionados do horizonte Bw1 (80-115 cm) – P1 III RCC – Latossolo Vermelho Distroférrico. Mapa dos pontos selecionados para microanálise (A).

Quadro 9. Teores de alguns elementos, obtidos por meio de análises pontuais de raios-X de áreas selecionadas na lâmina do horizonte Bw1 (80-115 cm) do P1 III RCC – Latossolo Vermelho Distroférico conforme pontos indicados na Figura 22.

Amostra	Nº do ponto	Si	Al	Fe	Ti	Mn	P	K	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Zr
		----- % -----												
Agregado ferruginoso	10	0,65	17,23	36,38	1,25	0,19	0,23	0,09	0,14	0,08	0,11	0,36	0,14	0,49
	2	4,00	5,26	4,11	0,53	0,43	0,05	0,16	0,26	0,37	0,81	1,46	0,60	5,07
	3	0,65	14,18	39,21	0,82	0,18	0,31	0,04	0,16	0,05	0,05	0,12	0,20	0,50
	4	0,64	6,34	49,58	0,31	0,28	0,13	0,05	0,14	0,09	0,01	0,11	0,22	0,48
	5	0,71	6,86	51,19	0,48	0,20	0,17	0,08	0,12	0,13	0,06	0,15	0,31	0,31
	6	8,00	29,56	1,96	0,22	0,06	0,08	0,09	0,09	0,04	0,14	0,05	0,08	0,27
Plasma típico	7	0,75	15,01	37,72	5,27	0,25	0,17	0,07	0,22	0,11	0,09	0,25	0,19	0,30
	8	0,74	18,12	33,91	2,67	0,26	0,10	0,09	0,16	0,07	0,04	0,17	0,20	0,76
	9	0,65	16,24	38,29	1,29	0,18	0,25	0,17	0,11	0,04	0,06	0,10	0,10	0,48
	11	0,74	19,88	34,67	1,65	0,18	0,11	0,07	0,15	0,03	0,16	0,18	0,21	0,83
Concreção ferruginosa	12	0,86	1,98	54,56	0,15	0,27	0,03	0,08	0,11	0,02	0,01	0,15	0,15	1,16

Em outra área da lâmina 3 analisada por EDS os teores de Fe e Al seguiram a mesma tendência, com os teores do primeiro sendo sempre superiores aos do segundo (Quadro 10). Mesmo em concreções parcialmente degradadas (ponto 4 - Figura 23), onde se esperariam menores teores de Fe, estes foram relativamente altos, ao contrário dos teores de Al e Si que, nas condições de pH em que o solo se encontra (pH~6,0) associado às altas taxas de liberação de Fe no sistema, se tornam mais reativos podendo se precipitar e serem seletivamente removidos.

Os teores muito elevados de Ti (37,41 %), possivelmente associados à ocorrência de ilmenita ou titano-magnetita, também foram observados proporcionalmente para o vanádio indicando haver correlação positiva entre o conteúdo de titânio e este elemento. Esta observação encontra-se condizente com resultados obtidos por outros autores para Latossolos Brasileiros (Resende et al., 1988; Ker, 1995), sugerindo que os óxidos de titânio constituem importante reserva de elementos traço.

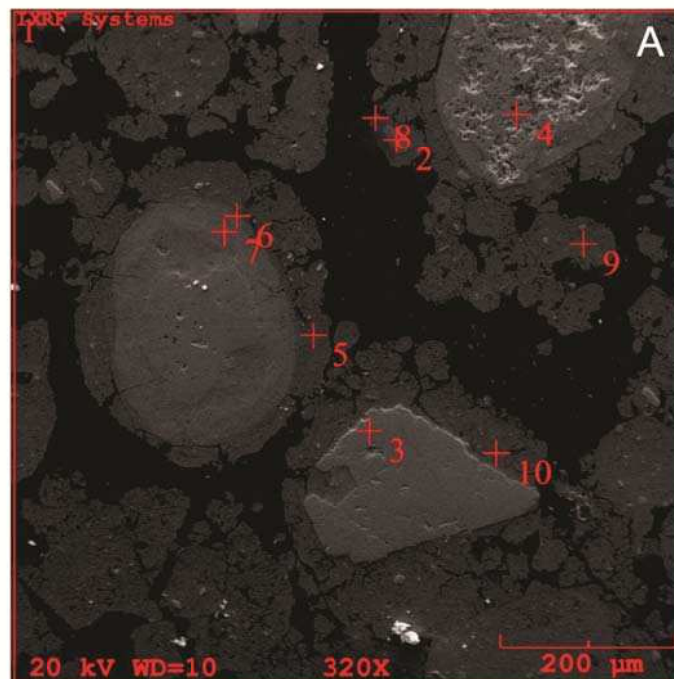
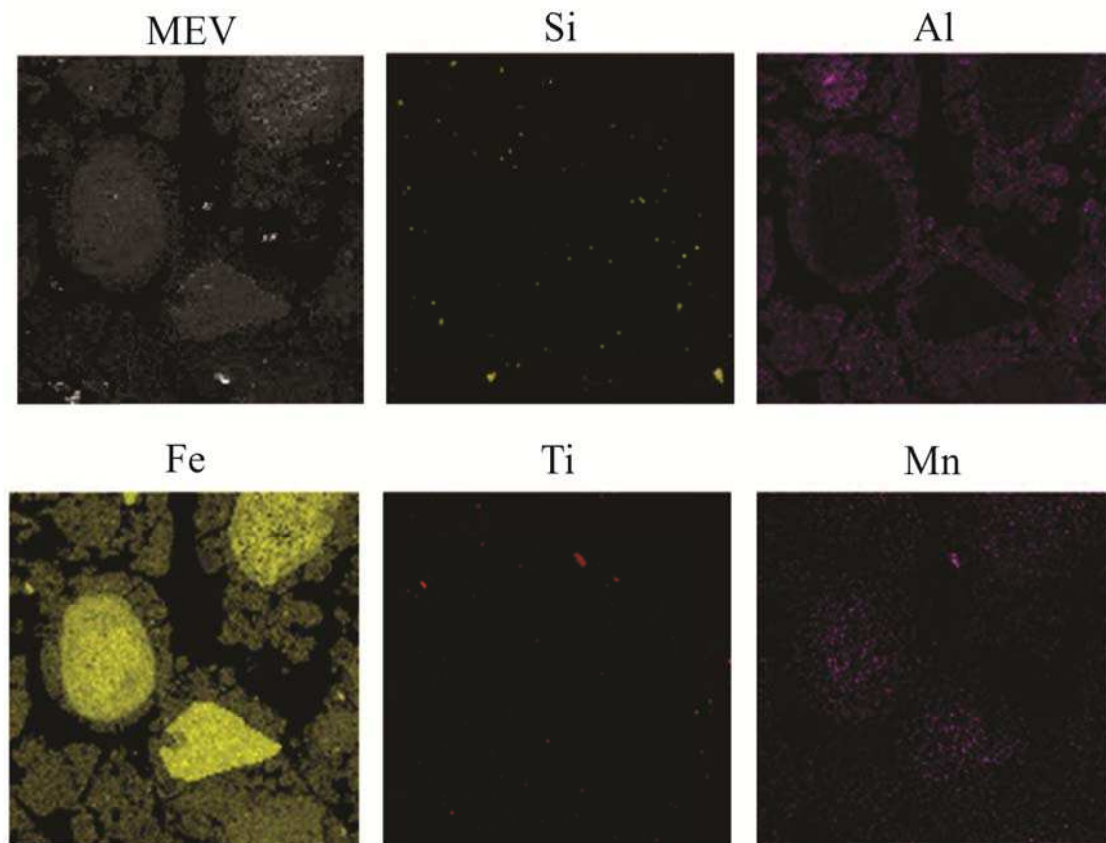


Figura 23 - Fotomicrografias em MEV (“retroespalhamento eletrônico”) e mapas da emissão de raios X de elementos selecionados do horizonte Bw1 (80-115 cm) – P1 III RCC – Latossolo Vermelho Distroférico. Mapa dos pontos selecionados para microanálise (A).

Quadro 10. Teores de alguns elementos, obtidos por meio de análises pontuais de raios-X de áreas selecionadas na lâmina do horizonte Bw1 (80-115 cm) do P1 III RCC – Latossolo Vermelho Distroférico conforme pontos indicados na Figura 23.

Amostra	Nº do ponto	Si	Fe	Al	Ti	Mn	P	K	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Zr
		----- % -----												
Borda de pisólito (do plasma p/ o interior)	5	0,71	35,79	18,72	1,05	0,20	0,18	0,17	0,16	0,03	0,06	0,20	0,10	0,51
	6	0,95	43,66	12,82	1,54	0,26	0,15	0,03	0,11	0,08	0,05	0,22	0,17	0,34
	7	0,46	50,42	5,22	1,19	0,16	0,12	0,06	0,07	0,13	0,04	0,19	0,20	0,50
Grão de magnetita	3	0,68	54,43	0,83	0,16	0,27	0,10	0,05	0,06	0,05	0,08	0,29	0,23	0,84
Concreção parcialmente degradada	4	1,11	53,48	1,16	0,17	0,16	0,16	0,09	0,05	0,06	0,03	0,12	0,16	1,65
Titano magnetita	2	0,39	16,27	2,25	37,41	1,91	0,00	0,04	2,14	0,00	0,04	0,11	0,10	0,86
Plasma típico	8	1,08	22,99	15,34	1,11	0,28	0,23	0,89	0,15	0,05	0,08	0,34	0,35	0,50
	9	0,51	30,80	22,95	1,30	0,18	0,13	0,08	0,14	0,03	0,13	0,11	0,23	0,43
	10	0,59	35,45	18,79	1,81	0,19	0,27	0,09	0,11	0,06	0,07	0,16	0,09	0,19

6. CONCLUSÕES

Os solos estudados apresentam forte influência do material de origem e do relevo na área estudada. Destaca-se a ocorrência de solos rasos e pouco profundos (Cambissolos Háplicos, Neossolos Litólico e Regolítico, Espodossolo Ferrihumilúvico e Gleissolo Háptico) nas áreas de topografia mais movimentada, e de solos profundos (Latosolos Vermelhos) em áreas de topografia mais aplainada.

Todos os solos estudados foram descritos em cotas altimétricas superiores a 1.380 m, sendo todos distróficos. Os Latossolos além de distróficos são ácidos, mas não álicos.

A variação de textura observada nos solos analisados sugere relação com o material de origem, sendo os solos mais argilosos provenientes do xisto e do itabirito e os solos de textura mais grosseira originados de quartzitos e filitos.

As características físicas, morfológicas e mineralógicas dos solos, associadas ao comportamento hidráulico do material de origem, condicionam em grande parte sua gênese ora contribuindo para a manutenção de processos pedogenéticos específicos como podzolização (Espodossolo Ferrihumilúvico) e hidromorfismo (Gleissolo Háptico), ora favorecendo a lixiviação de elementos e a estruturação de horizontes mais bem desenvolvidos (Latosolos Vermelhos). A difração de raios-X das amostras dos solos relacionados ao itabirito comprovaram a presença dos minerais magnetita e maghemita, inferidos no campo pela atração magnética observada em testes com ímã de mão.

Os teores de elementos traço apresentaram comportamento diferenciado em relação aos materiais de origem, com teores elevados de cromo para os solos originados de xisto do Grupo Nova Lima e de vanádio para aqueles originados de itabirito ou sob influência deste.

A ocorrência de Latossolos gibbsíticos nas partes mais elevadas da topossequência estudada e de Latossolos ferríferos nas partes baixas pode ser explicada pela proximidade daqueles com materiais de origem mais aluminosos, sobretudo filito. Neste contexto as análises com EDS se constituíram em importante ferramenta que, em complementação às outras análises realizadas, auxiliaram no entendimento da composição química dos diversos constituintes que compõem a fase mineral do solo.

O conhecimento das características dos solos estudados bem como de sua inter-relação com os outros atributos da paisagem é de extrema importância não só para a Ciência do Solo, mas para toda a comunidade afetada direta ou indiretamente pela utilização deste recurso, num contexto econômico atual em que a exploração de recursos minerais avança sobre novas áreas para atender as demandas do mercado externo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades e limites. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ACHÁ PANOSO, L.; SANTANA, D.P.; BARUQUI, A.M.; BARUQUI, F.M.; ALMEIDA, J.R.; FERREIRA, M.B. & SOUZA, C.C. Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos da área sob a influência do reservatório de Três Marias. Belo Horizonte, EPAMIG (Boletim Técnico SNLCS, 57). 236p., 1978.
- ALKMIM, F.F., MARSHAK, S. Transamazonian orogeny in the southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, v. 90, p.29-58, 1998.
- ALMEIDA, J.R. Cronocromossequência de solos originários de rochas pelíticas do Grupo Bambuí. (Tese de Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 150p., 1979.
- ALVAREZ V.; V.H., NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. *Boletim Informativo – SBCS*. Viçosa, MG. v.25, n.1, p.27-32, 2000.
- ÁVILA, F. F. de. Análise da cobertura pedológica em uma topossequência na Bacia do Córrego dos Pereiras - Depressão de Gouveia/MG. (Dissertação de mestrado) Belo Horizonte, MG, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 133p. 2009.
- BABISNKI, M., CHEMALE, Jr. F., VAN SHMUS, W.R. Geocronologia Pb/Pb em rochas carbonáticas do Supergrupo Minas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil (Ext Abstr). In: 3º Congresso Brasileiro de Geoquímica. Soc. Brasileira de Geoquímica, São Paulo, Brasil, vol 2, pp 628-631, 1991.
- BALTAZAR, O.F., DA SILVA, S.L. (eds) Projeto Rio das Velhas – Mapa geológico integrado, escala 1:100.000. CPRM, Belo Horizonte, Brasil, 1996.
- BALTAZAR, O.F., PEDREIRA, A.J. Associações Litofaciológicas. In: ZUCHETTI, M., BALTAZAR, O.F.(eds) Projeto Rio das Velhas – Texto explicativo do mapa geológico integrado, escala 1:100.000. CPRM, Belo Horizonte, Brasil, pp 43-48, 1996.
- BALTAZAR, O.F., ZUCCHETTI, M. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: A review of the setting of gold deposits. *Ore Geology Reviews*, no prelo. 2005.
- BALTAZAR, O.F.; BAARS F.J.; LOBATO, L.M.; REIS, L.B.; ACHTSCHIN, A.B.; BERNI, G.V.; SILVEIRA, V.D. Mapa Geológico na Escala 1:50.000 com Nota Explicativa. In: Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção

- Cartográfica em SIG com Nota Explicativa. Lobato et al. (2005) CODEMIG. Belo Horizonte, 2005.
- BARBOSA, G.V & RODRIGUES, D.M.S. Quadrilátero Ferrífero. Belo Horizonte: UFMG, 126p., 1967.
- BARBOSA, L.C.A.; FABRIS, J.D.; RESENDE, M.; COEY, J.M.D.; GOULART, A.T.; CADOGAN, J. & SILVA, E.G. Mineralogia e química de um Latossolo Câmbico desenvolvido de rocha pelítica do grupo bambuí, MG. R. Bras. Ci. Solo, 15:259-266, 1991.
- BOGNOLA, I.A. Caracterização química, física e mineralógica de solos intermediários entre Latossolos Brunos e Latossolos Roxos. (Tese de Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 205f, 1995.
- CAMARGO, M.N. Proposição preliminar de conceituação de Latossolos ferríferos. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Conceituação sumária de algumas classes de solos recém-reconhecidas nos levantamentos e estudos de correlação do SNLCS. (Circular Técnica, 1) Rio de Janeiro, p.29-31, 1982.
- CAMÊLO, D. L. Mineralogia, suscetibilidade magnética e teores de fósforo e de elemento traço em Latossolos férricos e perférricos de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 108p., 2013.
- CARNEIRO, M.A.; JORDT-EVANGELISTA, H.; TEIXEIRA, W.; CUNHA, E.M. Tonalito Arqueano com textura ígnea preservada nos terrenos granito-greenstone do Quadrilátero Ferrífero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., Camboriú, 1994. Boletim de Resumos Expandidos. Camboriú, SBG, v.1, p.81-82, 1994.
- CARVALHO FILHO, A.. Solos e ambientes do Quadrilátero Ferrífero (MG) e aptidão silvicultural dos Tabuleiros Costeiros. (Tese de Doutorado) Lavras: UFLA, 245p., 2008.
- CORNELL RM, SCHWERTMANN U. The iron oxides. Weinheim: VCH Verlag. 570 p. 1996.
- COSTA, S.A.D. Caracterização de solos desenvolvidos de itabirito no Quadrilátero Ferrífero, MG. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 71p., 2003.
- CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. MONTEIRO, E.A., BALTAZAR, O.F., ZUCCHETTI, M. Projeto APA Sul RMBH: geologia, mapa geológico, escala 1:50.000 em 3 partes. Sérgio L. da Silva (Org.) – Belo Horizonte: SEMAD/CPRM, 2005.

- CURI, N. Lithosequence and toposequence of Oxisols from Goiás and Minas Gerais State, Brazil. West Lafayette, Purdue University, (Tese de Doutorado) 158p., 1983.
- CURI, N. & FRANZMEIER, D.P. Toposequence of Oxisols from the Central Plateau of Brazil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:341-346, 1984.
- CURI, 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. et al. Dispersão de latossolos em resposta à utilização de pré-tratamentos na análise textural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 04, p. 765-772, 2003.
- DORR II, J.V.N.; GAIR, J.E.; POMERENE, J.B.; REYNEARSON, G.A. Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero. Rio de Janeiro, DNPM. (DFPM, Avulso, 81). Trad. A. L. M. Barbosa. p. 7-58, 1957.
- DORR II, J. VAN N. The Cauê Itabirite. In: *Simposium of the stratigraphy of the Minas Series in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Boletim da Sociedade Brasileira de Geociências, São Paulo, v.7,n.2, p.63-64, 1958a.
- DORR II, J. VAN N. The Gandarela Formation. Boletim da Sociedade Brasileira de Geociências, São Paulo, v.7,n.2. p.63-64, 1958b.
- DORR II, J. V. N.; BARBOSA, A. L. M. Geology and ore deposits of the Itabira district, Minas Gerais, Brazil. U. S. Geol. Survey Prof. Paper 341-C, 110p., 1963.
- 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.
- DOWDING, C. E. & FEY, M. V. Morphological, chemical and mineralogical properties of some manganese-rich oxisols derived from dolomite in Mpumalanga province, South Africa. *Geoderma* 141: 23-33. 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Reunião de classificação, correlação de solos e interpretação de aptidão agrícola, 3, Rio de Janeiro, 1988. Anais... Rio de Janeiro, EMBRAPA - SNLCS/SBCS, 425p., 1988.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2ª. ed. rev. – Rio de Janeiro, 230p., 2011.

- FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 2ª ed., CPRM, UFP, LABHID: Fortaleza, 2000.
- GIULIETTI, A.M.; PIRANI, J.R. & HARLEY, R.M. Espinhaço Range region. Pp. 397-404. 1997. In: S.D. Davis, V.H. Heywood; O. Herrera-MacBryde; J. Villa-Lobos & A. Hamilton (eds.). Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation. Volume 3: The Americas. Cambridge, IUCN Publications Unit.
- GOMES, P.C.; FONTES, M.P.F.; COSTA, L.M. & MENDONÇA, G.S. Extração fracionada de metais pesados em Latossolo Vermelho Amarelo. R. Bras. Ci. Solo, 21:543-551, 1997.
- HARLEY, R.M. Introduction. In: B.L. Standard (ed). Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. Royal Botanic Gardens, Kew, Reino Unido. pp. 1-42. 1995.
- HOODA, P. Trace elements in soils. Wiley Blackwell : Oxford, 618p., 2010.
- JACOBI, C.M. & CARMO, F.F. Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. Megadiversidade 4: 24-32, 2008.
- JACOMINE, P. K. T. Origem e evolução dos conceitos e definições de atributos, horizontes diagnósticos e das classes de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Tópicos Ciências do Solo, Viçosa, v. 4, p.193-231. 2005.
- KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS, H. Trace Elements in Soils and Plants, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, USA. 2001.
- KÄMPF, N. & SCHWERTMANN, U. The 5 M-NaOH concentration treatment for iron oxides in soil. Clays Clay Miner., 30:401-408, 1982.
- KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. Goethite and hematite in a climosequence in southern Brazil and their application in classification of kaolinitic soils. Geoderma, v. 29, p. 27-39, 1983.
- KÄMPF, N.; CURI, N. & MARQUES, J.J. Óxidos de alumínio, silício, manganês e titânio. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F., eds. Química e mineralogia do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1. p.573-610, 2009.
- KÄMPF, N. & CURI, N. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: KER, J.C., CURI, N., SCHAEFER, C.E.G.R., TORRADO, P.V. Pedologia: Fundamentos. Viçosa, 343p., 2012.
- KER, J.C.; MOTTA, P.E.F.; RESENDE, M.; CARVALHO FILHO, A. & ARAÚJO, W.S. Elementos traços em Latossolos Roxos desenvolvidos de diferentes materiais de origem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., Goiânia,

1993. Resumo. Goiânia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.319-320, 1993.
- KER, J.C. Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de latossolos do Brasil. (Tese de Doutorado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 181p., 1995.
- KER, J.C. Latossolos do Brasil: Uma revisão. *Geonomos*, 5:17-40, 1998.
- KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, 18(2): 147–265, 1956.
- LADEIRA, E. A. Metallogenesis of gold of the Morro Velho Mine and in the Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Tese (Doutorado) - Ontario: University Of Western Ontario. 272 p., 1980.
- LIMA, P.C. Micromorfologia de “horizonte B” de Latossolos do Sudeste e Sul do Brasil. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., Rio de Janeiro, 1988. Anais... Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – SNLCS/SBCS, p.391-411, 1988.
- MACEDO, J.; BRYANT, R.B. Morphology, mineralogy and genesis of a hydrosequence of oxisols in Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.51, p.690-698, 1987.
- MACHADO N., SCHRANK A., ABREU F.R., KNAUER L.G., ALMEIDA-ABREU P.A. Resultados preliminares da geocronologia U/Pb na Serra do Espinhaço Meridional. In: SBG, Simp. Geol. MG., 5, Anais, p. 1-4. 1989.
- MACHADO, N.; NOCE, C.M.; FENG, R. Idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ de zircões detriticos de rochas metassedimentares da região do Quadrilátero Ferrífero, sul do Cráton do São Francisco: Considerações sobre áreas-fonte e idades de sedimentação. II SIMPÓSIO DO CRÁTON SÃO FRANCISCO, 2, 1993, Salvador, Anais...Salvador: SBG-BA, SE/SGM, p. 149-151, 1993.
- MACHADO, N.; SCHRANK, A.; NOCE, C. M.; GAULTIER G. Ages of detrital zircon from Archean-Paleozoic: Implications for Greenstone Belt setting an evolution of a Transamazonian foreland basin. Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth and Planetary Science Letters* n. 41p.259-276, 1996.
- MARCELINO, V., STOOPS, G., SCHAEFER, C.E.G.R. Oxic and related materials. In: STOOPS, G.; MARCELINO, V.; MEES, F. (Eds.). Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths. Amsterdam:Elsevier, p. 305-327, 2010.

- MARSHAK, S., ALKMIM, F.F. Proterozoic contraction/extension tectonics of the Southern São Francisco Region, Minas Gerais, Brazil. *Tectonics*, v. 8, n. 3, p.555-571, 1989.
- MATTSON, S. The laws of soil colloidal behaviour; IX. Amphoteric reactions and isoelectric weathering. *Soil Sci.*, 2:209-240, 1932.
- MAXWELL, C.H. The Batatal Formation. In: SBG, Bol. Soc. Bras. Geoc. São Paulo. v.7. p.60-61, 1958.
- McKEAGUE, J.A. Manual on soil sampling and methods of analysis. Ottawa, Canadian Society of the Soil Science, 212p. 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.*, 7:317-327, 1960.
- MELFI, A.J., PEDRO, G., NALOVIC, L., QUEIROZ NETTO, J.R. Etude sur l'altération géochimique des itabirites du Brésil. *Cah. ORSTOM, S6r. Pédologie*, XIV 3:179-192. 1976.
- MELO, M.E.C.C.M. & JOHAS, R.A.L. Teores de ferro na terra fina e na argila por ataques sulfúrico e triácido e extração pelo DCB. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., Rio de Janeiro, 1988. Anais... Rio de Janeiro, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – SNLCS/SBCS, p.211-233, 1988.
- MELO, V. F. e WYPYCH, F. Caulinita e Haloisita. In: MELO, V. F. e ALLEONI, L. R. F., eds. *Química e Mineralogia do Solo: Conceitos básicos*. Viçosa, MG. SBCS. Parte I. p.427- 504. 2009.
- MOTTA, P.E.F. Fósforo em Latossolos com diferentes mineralogias, cultivados e não cultivados: Fracionamento, sorção e disponibilidade para soja e braquiária com e sem micorriza. (Tese de Doutorado) Lavras, Universidade Federal de Lavras, 157p. 1999.
- MOUKARIKA, A., O'BRIEN, E., COEY J.M.D., RESENDE M. Development of magnetic soil from ferroan dolomite. *Geophys Res Lett* 18:2043-2045, 1991.
- MOURA FILHO, W. & BUOL, S.W. Studies of a Latosol Roxo (Eustrustox) in Brazil. *Experientiae*, 13:201-234. 1972.
- NETTO, A.R. Influência da mineralogia da fração argila sobre propriedades físico-químicas de solos brasileiros. (Tese de Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 144p. 1996.

- 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, São Paulo, 1991. Anais..., São Paulo, p. 133-177. 1991.
- OLIVEIRA, G. A. I.; CLEMENTE, P. L. C.; VIAL, D. S. Excursão à mina de ouro de Morro Velho. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2, 1983, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBG/MG, boletim 3, p. 497-505. 1983.
- PEÑA, F. & TORRENT, J. Relationships between phosphate sorption and iron oxides in alfisols from a river terrace sequence of Mediterranean Spain. *Geoderma.*, 33:283-296, 1984.
- 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*, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v.34, n.04, p. 1283-1295, jul. / ago. 2010.
- RAMOS, D. P. Latossolos brasileiros: um novo enfoque para o reconhecimento de características diferenciais. (Tese de doutoramento) Piracicaba, ESALQ-USP, 184p., 1981.
- RESENDE, M.; SANTANA, D.P.; FRANZMEIER, D.P. & COEY, J.M.D. Magnetic properties of Brazilian Oxisols. In: CAMARGO, M.N. & BEINROTH, F.H., eds. *INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP*, 8., Rio de Janeiro, 1986. Anais. Brasília, Embrapa-SNLCS /USDA-SCS/SMSS, p.78-108. 1988.
- ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; CORRÊA, M. M.; COSTA, L. M.; PARAHYBA, R. B. V.; GUERRA, S. M. S.; HERK, R. Topossequência de solos do Alto Paranaíba: atributos físicos, químicos e mineralógicos. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:1795-1809, 2009.
- ROSS, S.J.; FRANZMEIER, D.P. & ROTH, C.B. Mineralogy and chemistry of manganese oxides in some Indiana soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40:137-143, 1976.
- RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 297-300, 2005.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência de Solos, 100p., 2005.
- 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: SEBASTIÃO VENÂNCIO MARTINS - Editor. (Org.). ECOLOGIA DE FLORESTAS TROPICAIS DO BRASIL. 1ª ed. Viçosa: Editora UFV, v. 01, p. 143-184. 2009.
- SCHAEFER, C.E.G.R. The B horizon microstructure of Brazilian Latosols as long-term biotic constructs. *Austr. J. Soil Res.*, 39:909-926, 2001.
- 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.
- SCHWERTMANN, U. The effect of pedogenic environments on iron oxide minerals. *Adv. Soil Sci.*, 1:171-200, 1985.
- SHINZATO, E.; CARVALHO FILHO, A. de. Pedologia. In: PROJETO APA sul RMBH: estudos do meio físico. Belo Horizonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Série programa informações básicas para a gestão territorial - GATE, 5). v.5, pt. A-B, 53p. 2005.
- SILVA, R. G. e GOMES, C.J.S. Análise da deformação na porção centro-sul do Sinclinal Moeda, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Geo.br Revista Eletrônica* (www.degeo.ufop.br/geobr/), 1-2. 2001.
- SILVA, S.L. (Org.), MONTEIRO, E.A., BALTAZAR, O.F. Geologia. In.: Projeto Apa Sul RMBH Estudos do Meio Físico. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, v.1. 2005.
- SOUZA, C. G. Caracterização de solos nos arredores da Serra Três Irmãos e Serra da Moeda - Quadrilátero Ferrífero/MG. (Dissertação de mestrado) Belo Horizonte, MG, Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 96p. 2006.
- STOOPS, G. Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. SSSA. Madison, WI., 184 pp. 2003.
- 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.
- VIANA, P.L. & FILGUEIRAS, T.S. Inventário e distribuição geográfica das gramíneas (Poaceae) na Cadeia do Espinhaço, Brasil. *Megadiversidade* 4: 71-88. 2008.
- VIEIRA, F. W. R., OLIVEIRA, G. A. I. Geologia do distrito aurífero de Nova Lima, Minas Gerais. In: SCHOBENHAUS, C.; COELHO, C. S., (COORD) Principais Depósitos Minerais do Brasil. Brasília, DNPM/CVRD, v.3, p. 377-391. 1988.

- VIEIRA, F.W.R. Textures and processes of hydrothermal alteration and mineralization in the Nova Lima Group, Minas Gerais, Brazil. In: LADEIRA, E.A. (eds) Brazil Gold 91 The economics, geology, geochemistry and Genesis of gold deposits. Balkema, Rotterdam, PP 319-325. 1991.
- 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, Baltimore, v. 37, p. 29-38, 1934.
- WALLACE, H. M. The Moeda formation. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, v.7, n.2, p. 59-60, 1958.
- 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.

8. APÊNDICES

DESCRIÇÃO DOS PERFIS E MAPAS DA ÁREA DE ESTUDO

PERFIL 1

DATA - 31/01/2013

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO REGOLÍTICO DISTRÓFICO A moderado textura muito argilosa fase campo limpo relevo plano.

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Brumadinho, MG. Coordenadas UTM - 7775067 N / 604798 E, fuso 23 sul.

ALTITUDE: 1.400 m.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL - Trincheira aberta no topo do espigão com aproximadamente 2 % de declividade, sob vegetação de porte herbáceo.

LITOLOGIA – Xisto metassedimentar.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Grupo Nova Lima (Arqueano).

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE - Não Pedregosa.

ROCHOSIDADE - Ligeiramente Rochosa.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo limpo.

USO ATUAL – Vegetação natural.

CLIMA – Cwa segundo a classificação de Köppen.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-7 cm, bruno-avermelhado-escuro (3YR 4/4, úmido), moderada pequena a média granular, ligeiramente dura, friável, irregular;
- Cr 7-70 cm, cor variegada com tons avermelhados a amarelados, maciça preservando as características do material de origem, dura, firme, irregular.

RAÍZES - abundantes médias e finas no A e poucas e finas no Cr, restritas às camadas mais friáveis.



Figura 24 - Perfil 1 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico

PERFIL 2

DATA - 01/02/2013

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO A moderado textura muito argilosa fase campo limpo relevo forte ondulado.

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Brumadinho, MG. Coordenadas UTM 7775015 N / 604868 E, fuso 23 sul.

ALTITUDE - 1.385 m.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL - Trincheira aberta no terço médio da encosta em local com aproximadamente 25 % de declividade, sob vegetação de porte herbáceo.

LITOLOGIA – Xisto metassedimentar.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Grupo Nova Lima (Arqueano).

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE - Não Pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não Rochosa.

RELEVO LOCAL - Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo limpo.

USO ATUAL – Vegetação natural.

CLIMA - Cwa segundo a classificação de Köppen.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-15 cm, bruno-avermelhado-escuro (3YR 4/4, úmido), moderada pequena a média granular, macia, friável, plana e gradual;
- Bi 15-40 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido), fraca pequena em blocos subangulares, ligeiramente dura, firme, plana e gradual;
- BC 40-60 cm, vermelho-amarelado (5YR 5/6, úmido), fraca pequena em blocos subangulares, ligeiramente dura, firme, plana e gradual.

RAÍZES - abundantes médias e finas no A, poucas médias e finas no Bi e muito poucas e finas no BC.



Figura 25 - Perfil 2 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico

PERFIL 3

DATA - 31/01/2013

CLASSIFICAÇÃO - GLEISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO A moderado textura franco-arenosa fase campo higrófilo altimontano relevo suave ondulado.

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Brumadinho, MG. Coordenadas UTM 7775005 N / 604844 E, fuso 23 sul.

ALTITUDE - 1.445 m.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL - Trincheira aberta na trilha em local com aproximadamente 5 % de declividade, sob vegetação de porte herbáceo.

LITOLOGIA – Filito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Moeda - Grupo Caraça (Paleoproterozóico)

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE - Não Pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não Rochosa.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Mal drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo higrófilo altimontano.

USO ATUAL – Vegetação natural.

CLIMA - Cwa segundo a classificação de Köppen.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-7 cm, (GLEY 1 4/N, úmido), fraca pequena em blocos subangulares, solta friável, transição plana e gradual;
- AC 0-25 cm, (GLEY 1 7/N, úmido), maciça, solta, friável, plana e gradual;
- Cg1 25-50 cm, (GLEY 1 8/N, úmido), maciça, solta, friável, plana e gradual;
- Cg2 50-75 cm, (5Y 8/1, úmido), maciça, solta, friável, plana e gradual;
- Cr 75⁺ cm, (GLEY 1 8/N, úmido), maciça, solta, friável, plana e gradual, presença de pequenos mosqueados.

RAÍZES - abundantes e finas no A, poucas e finas no AC, muito poucas e finas no Cg1 e ausentes no Cg2 e Cr.



Figura 26 - Perfil 3 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico

PERFIL 4

DATA - 01/02/2013

CLASSIFICAÇÃO - NEOSSOLO LITÓLICO DISTRÓFICO, A moderado, textura areia franca, fase campo rupestre quartzítico relevo ondulado.

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Brumadinho, MG. Coordenadas UTM 7774322 N / 605834 E, fuso 23 sul.

ALTITUDE - 1.445 m.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL - Trincheira aberta em meio aos afloramentos rochosos em local com aproximadamente 20 % de declividade, sob vegetação de porte herbáceo e arbustivo.

LITOLOGIA – Quartzito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Moeda - Grupo Caraça (Paleoproterozóico).

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE - Pouco Pedregosa.

ROCHOSIDADE - Muito Rochosa.

RELEVO LOCAL – Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado a escarpado.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Vegetação de porte arbustivo e herbáceo graminóide.

USO ATUAL - Área natural.

CLIMA - Cwa segundo a classificação de Köppen.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-15 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido), moderada pequena em blocos subangulares.

RAÍZES – abundantes e finas.



Figura 27 - Perfil 4 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico

PERFIL 5

DATA - 05/04/2011

CLASSIFICAÇÃO - ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO ÓRTICO A moderado
textura franco-arenosa fase campo limpo úmido relevo suave ondulado.

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Brumadinho, MG. Coordenadas UTM
7774097 N / 605974 E, fuso 23 sul.

ALTITUDE - 1.420 m.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL - Trincheira aberta em voçoroca
localizada na média vertente, declividade de aproximadamente 8 %, sob vegetação de porte
predominantemente herbáceo, com influência do lençol freático.

LITOLOGIA – Quartzito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Moeda - Grupo Caraça (Paleoproterozóico).

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração de materiais coluvionares quartzíticos.

PEDREGOSIDADE - Não Pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não Rochosa.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado.

RELEVO REGIONAL – Ondulado.

EROSÃO - Muito forte.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo limpo úmido.

USO ATUAL - Vegetação natural.

CLIMA - Cwa segundo a classificação de Köppen.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-6 cm, preto (10YR 2/1, úmido), fraca pequena em blocos subangulares, friável, não plástica, não pegajosa, plana e gradual;
- E 6-22 cm, bruno-escuro (7,5YR 3/1, úmido), fraca pequena em blocos subangulares, friável, não plástica, não pegajosa, plana e clara;
- Bh 22-41 cm, preto (5YR 2,5/1, úmido), fraca pequena em blocos subangulares, friável, não plástica, não pegajosa, irregular e difusa;
- Bhs1 41-70 cm, preto (10YR 2/1, úmido), fraca pequena em blocos subangulares, solta, não plástica, não pegajosa, plana e abrupta;
- Bhs2 70-80 cm, bruno-acinzentado muito escuro (2,5Y 3/2, úmido), fraca pequena em blocos subangulares, solta, não plástica, não pegajosa, plana e abrupta;
- 2C 80+ cm, cinzento (5Y 6/1, úmido), maciça, friável, pegajosa, ligeiramente plástica.

RAÍZES – abundantes e finas no A e E, comuns e finas no Bh, poucas e muito finas no Bhs1 e ausentes no Bhs2 e 2C.

OBSERVAÇÕES - Bem drenado até 80 cm a partir da superfície e mal drenado quando encontra o horizonte 2C. Presença de lençol freático a partir de 140 cm da superfície do solo.



Figura 28 - Perfil 5 - ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO Órtico

PERFIL 6

DATA - 08/09/2012

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb DISTRÓFICO A moderado textura argilosa fase campo limpo relevo ondulado.

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: Brumadinho, MG. Coordenadas UTM 7775238 N / 605981 E, fuso 23 sul.

ALTITUDE - 1.473 m.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL - Trincheira aberta no terço superior da encosta com aproximadamente 20 % de declividade, sob vegetação de porte herbáceo.

LITOLOGIA – Filito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Batatal - Grupo Caraça (Paleoproterozóico).

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE – Pedregosa.

ROCHOSIDADE - Ligeiramente Rochosa.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado a ondulado.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo limpo.

USO ATUAL - Vegetação natural.

CLIMA - Cwa segundo a classificação de Köppen.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-7 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido), moderada pequena granular, macia, friável, pouco pegajosa, ligeiramente plástica, transição plana e gradual;
- AB 7-25 cm, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido), moderada pequena granular, macia, friável, pouco pegajosa, não plástica, transição plana e gradual;
- Bi 25-45 cm, vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido), moderada pequena blocos subangulares, ligeiramente dura, ligeiramente pegajosa, não plástica, transição plana e gradual;
- Cr 45⁺ cm, cores variegadas, estrutura maciça.

RAÍZES - abundantes médias e finas no A, comuns e finas no AB e Bi, ausentes no Cr.

OBSERVAÇÕES - Horizonte AB muito cascalhento.



Figura 29 - Perfil 6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico

PERFIL 7

DATA - 08/09/2012

CLASSIFICAÇÃO - LATOSSOLO VERMELHO ACRIFÉRRICO A moderado textura muito argilosa fase campo limpo relevo plano.

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Nova Lima, MG. Coordenadas UTM 7776196 N / 606342 E, fuso 23 sul.

ALTITUDE - 1.457 m.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL - Trincheira aberta em área plana, sob vegetação de porte herbáceo.

LITOLOGIA - Itabirito com mistura de materiais adjacentes.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Cauê – Grupo Itabira (Mesoproterozóico).

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE - Não Pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não Rochosa.

RELEVO LOCAL – Plano a suave ondulado.

RELEVO REGIONAL – Forte ondulado.

EROSÃO - Não aparente.

DRENAGEM - Acentuadamente drenado. Umidade mais expressiva a partir de 75 cm de profundidade.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo limpo.

USO ATUAL - Vegetação natural.

CLIMA - Cwa segundo a classificação de Köppen.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-10 cm, vermelho muito escuro-acinzentado (2,5YR 2,5/3, úmido), bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, seco), forte pequena e muito pequena granular, macia, muito friável, ligeiramente plástica e pegajosa, transição plana e clara;
- BA 10-25 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, seco e úmido), forte pequena e muito pequena granular, macia, muito friável, ligeiramente plástica e pegajosa, plana e clara;
- Bw1 25-55 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, úmido), bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, seco), moderada média em blocos subangulares que se desfaz em forte pequena e muito pequena granular, macia, friável, ligeiramente plástica e pegajosa, plana e gradual, concreções frequentes, pequenas, duras, angulares, de cor preta e constituídas de Fe;
- Bwc 55-75 cm, vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco e úmido), moderada média em blocos subangulares que se desfaz em forte pequena e muito pequena granular, macia, friável, ligeiramente pegajosa, não plástica, plana e gradual, concreções frequentes, pequenas, duras, angulares, de cor preta e constituídas de Fe;
- Bw2 75-130⁺ cm, vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco e úmido), moderada média em blocos subangulares, macia, friável, pegajosa, não plástica, plana e gradual.

RAÍZES – abundantes médias e finas no A. comuns e finas no BA, poucas e muito finas no Bw1 e muito poucas e muito finas no Bwc e Bw2.



Figura 30 - Perfil 7 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférico

PERFIL 8

DATA - 09/09/2012

CLASSIFICAÇÃO - LATOSSOLO VERMELHO ACRIFÉRRICO A moderado textura muito argilosa fase floresta estacional semidecidual relevo forte ondulado.

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Nova Lima, MG. Coordenadas UTM 7769091 N / 607567 E, fuso 23 sul.

ALTITUDE - 1.408 m.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL - Trincheira aberta em área declivosa, sob vegetação de porte arbóreo.

LITOLOGIA – Itabirito com mistura de materiais adjacentes.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Cauê – Grupo Itabira (Mesoproterozóico).

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE - Não Pedregosa.

ROCHOSIDADE - Não Rochosa.

RELEVO LOCAL - Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL - Forte ondulado.

EROSÃO - Laminar.

DRENAGEM - Bem drenado. Umidade mais expressiva a partir de 75 cm de profundidade.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta estacional semidecidual.

USO ATUAL - Vegetação natural.

CLIMA - Cwa segundo a classificação de Köppen.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A 0-20 cm, vermelho muito escuro-acinzentado (2,5YR 2,5/2, úmido), vermelho-escuro-acinzentado (2,5YR 3/2, seco), forte pequena e muito pequena granular, solta, muito friável, plana e gradual;
- AB 20-50 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, seco e úmido), moderada a forte pequena e muito pequena granular, macia, friável a muito friável, plana e gradual;
- Bw1 50-75 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, úmido) vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco), forte pequena e muito pequena granular, macia, friável, ligeiramente pegajosa, pouco plástica, plana e gradual;
- Bwc 75-150⁺ cm, vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco e úmido), forte pequena e muito pequena granular, macia, friável, ligeiramente pegajosa, pouco plástica, plana e gradual, concreções comuns, pequenas, duras, angulares, de cor preta e constituídas de Fe;
- Bw2 150⁺ cm (trado), vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco e úmido), forte pequena e muito pequena granular, macia, friável, ligeiramente pegajosa, pouco plástica, plana e gradual.

RAÍZES – abundantes médias e finas no A. frequentes médias e finas no AB, comuns e finas no Bw1 e poucas e finas no Bwc e Bw2.



Figura 31 - Perfil 8 - LATOSSOLO VERMELHO Acriférico

PERFIL 9

DATA - 09/09/2012

CLASSIFICAÇÃO - CAMBISSOLO HÁPLICO PERFÉRRICO A moderado textura franco-arenosa fase campo limpo sobre itabirito relevo forte ondulado.

MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - Nova Lima, MG. Coordenadas UTM 7777178 N / 606475 E, fuso 23 sul.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL - Trincheira aberta na média vertente com aproximadamente 20 % de declividade.

ALTITUDE - 1.419 m.

LITOLOGIA – Itabirito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Formação Cauê – Grupo Itabira (Mesoproterozóico).

MATERIAL ORIGINÁRIO - Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE - Muito pedregosa.

ROCHOSIDADE - Moderadamente rochosa.

RELEVO LOCAL - Forte ondulado.

RELEVO REGIONAL - Forte ondulado.

EROSÃO – Ligeira.

DRENAGEM - Bem Drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Campo Limpo.

USO ATUAL - Campo natural.

CLIMA - Cwa segundo a classificação de Köppen.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1 0-10 cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, úmido), fraca pequena granular, macia, friável, não plástica, não pegajosa, plana e gradual;
- A2 10-25 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, úmido), moderada pequena granular, macia, friável, não plástica, não pegajosa, plana e gradual;
- AB 25-50 cm, vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido), moderada pequena e média granular, ligeiramente dura, friável, não plástica, não pegajosa, plana e gradual;
- Bi1 50-110 cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido), moderada pequena e média granular, ligeiramente dura, friável, não plástica, pouco pegajosa, plana e gradual;
- 2Bi1 110-135 cm, bruno-avermelhado (2,5YR 4/4, úmido), moderada pequena granular, ligeiramente dura, friável, não plástica, pouco pegajosa, plana e gradual;
- 2Bi2 135-190 cm, bruno-avermelhado (2,5YR 3/4, úmido), moderada pequena granular, ligeiramente dura, friável, não plástica, pouco pegajosa, plana e gradual.

RAÍZES – abundantes médias e finas no A1 e A2, frequentes e finas no AB, comuns e finas no Bi1, poucas e finas no 2Bi1 e muito poucas e finas no 2Bi2.

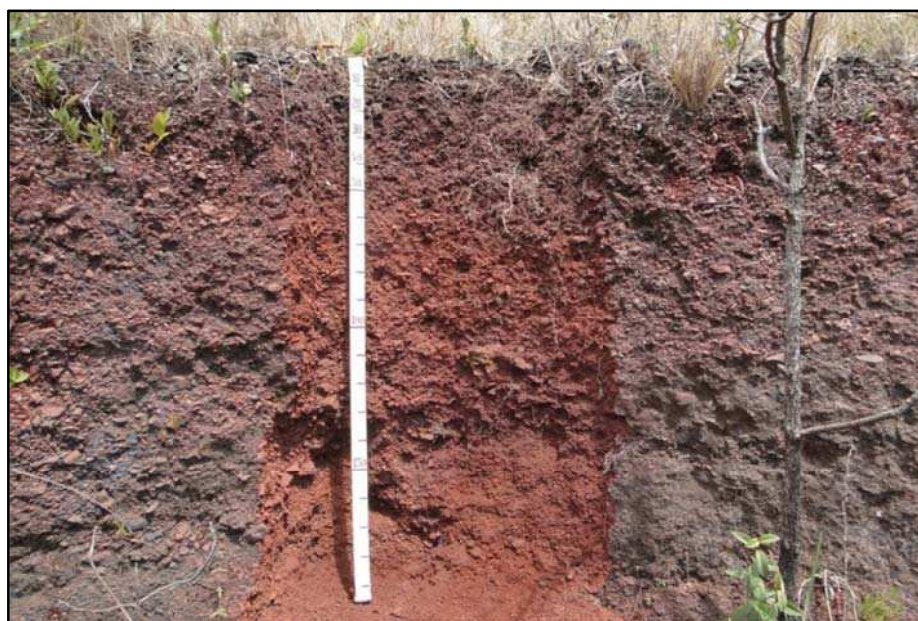


Figura 32 - Perfil 9 - CAMBISSOLO HÁPLICO Perférico

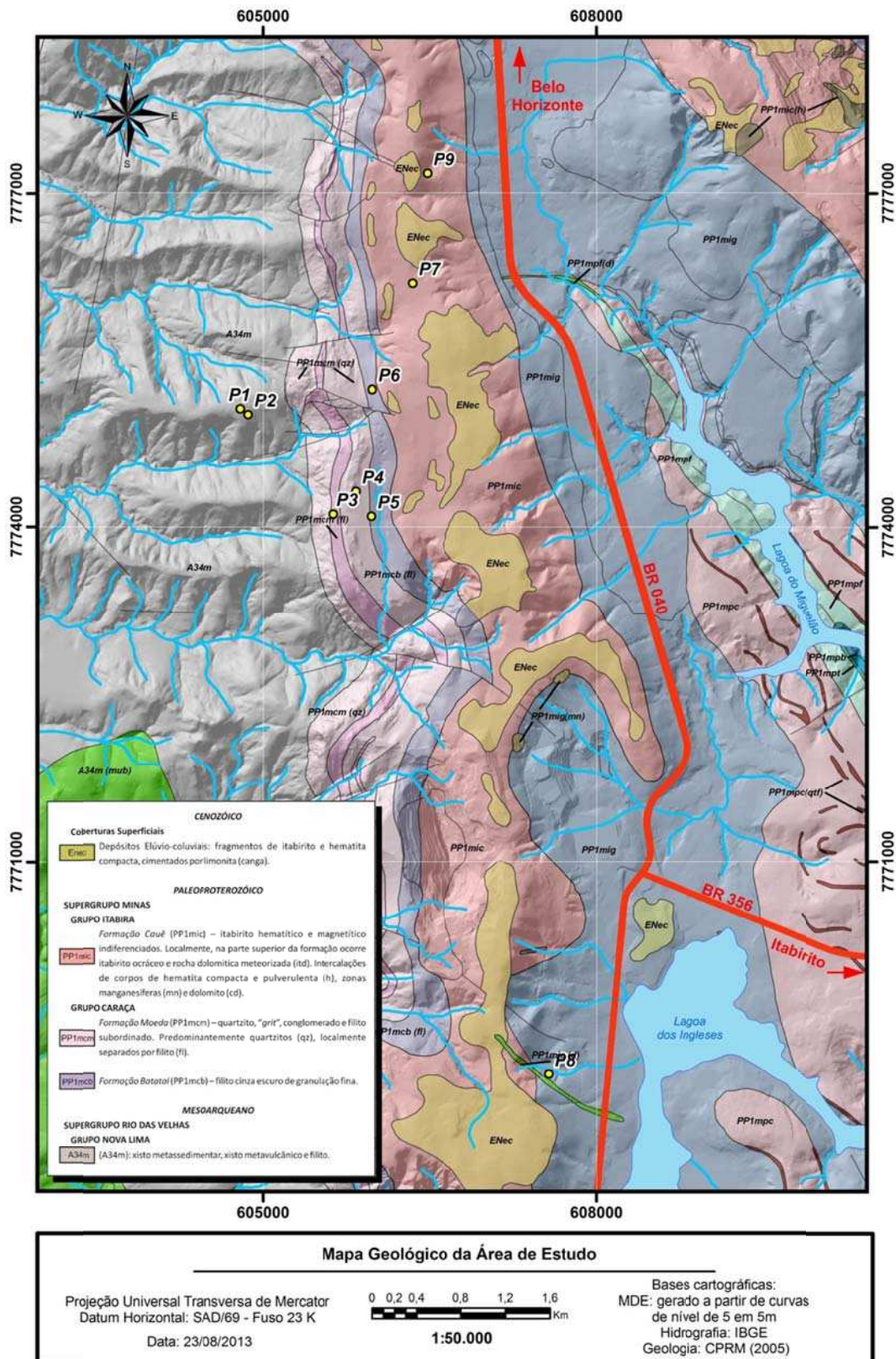


Figura 33 - Mapa Geológico da área de estudo

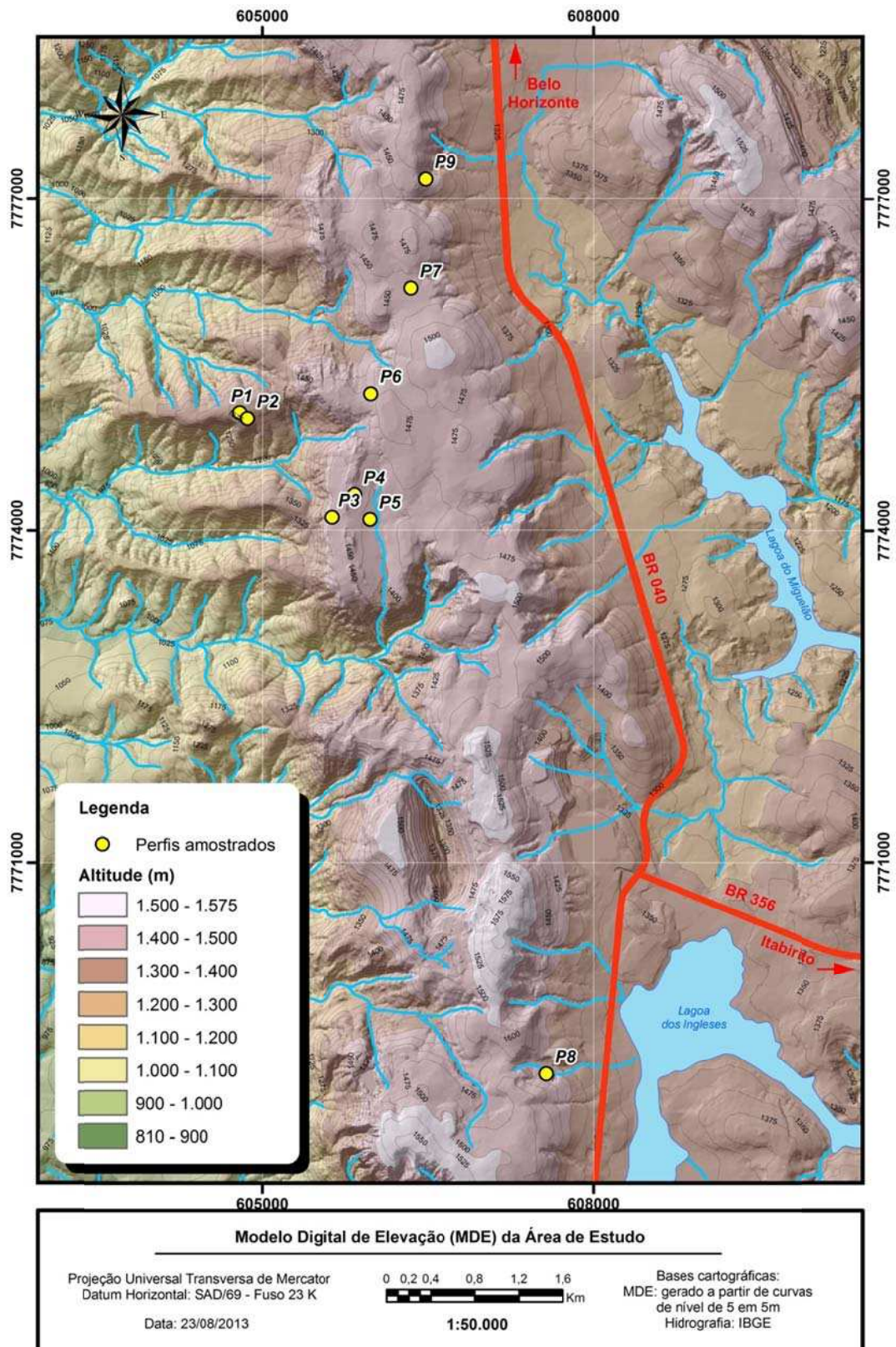


Figura 34 - Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo