



**MARLA ALESSANDRA DE ARAUJO**

**RETENÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO DO  
SOLO NO SUL DE MINAS GERAIS: EFEITO DA  
ROCHA DE ORIGEM?**

**LAVRAS - MG**

**2015**

**MARLA ALESSANDRA DE ARAUJO**

**RETENÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO NO SUL DE  
MINAS GERAIS: EFEITO DA ROCHA DE ORIGEM?**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de Concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Yuri Lopes Zinn

Co-orientador

Dr. Rattan Lal

**LAVRAS - MG**

**2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Araujo, Marla Alessandra de.

Retenção de carbono orgânico do solo no sul de Minas Gerais :  
efeito da rocha de origem? / Marla Alessandra de Araujo. – Lavras :  
UFLA, 2014.

112 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Yuri Lopes Zinn.

Bibliografia.

1. Matéria orgânica do solo. 2. Litologia. 3. Textura do solo. 4.  
Mineralogia da argila. 5. Solos florestais. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

CDD – 631.422

**MARLA ALESSANDRA DE ARAUJO**

**RETENÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO NO SUL DE  
MINAS GERAIS: EFEITO DA ROCHA DE ORIGEM?**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de Concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 5 de dezembro de 2014.

Dr. Carlos Alberto Silva	DCS/UFLA
Dr. Douglas Ramos Guelfi Silva	DCS/UFLA
Dr. Francisco Dias Nogueira	EPAMIG
Dr. Antônio Carlos Vargas Motta	DSEA/UFPR

Dr. Yuri Lopes Zinn  
Orientador

Dr. Rattan Lal  
Co-orientador

**LAVRAS - MG**

**2014**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda força concedida durante esta etapa.

Aos meus pais, Jurema e Renato, que mesmo distante sempre estiveram presentes, me apoiando e dando suporte em todos os sentidos.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Ciência do Solo, seus professores e funcionários pelo apoio e ensinamentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de doutorado e doutorado sanduíche (Programa Doutorado Sanduíche do Exterior - PDSE, Processo n. 2929/12-0) na instituição The Ohio State University, em Columbus-OH, EUA.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo apoio financeiro contínuo para realização deste trabalho, nos projetos CAG-APQ 1352-09 e APQ-720-12.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido durante a realização do doutorado.

Ao meu orientador e professor Dr. Yuri Lopes Zinn, pelos ensinamentos e confiança, um exemplo de profissional.

À professora Dra. Janice Guedes de Carvalho (*in memoriam*), pela primeira acolhida quando ingressei nesta instituição.

Ao professor Dr. Rattan Lal, por gentilmente “abrir as portas” da instituição The Ohio State University (OSU), fornecendo orientação, apoio e pleno acesso aos laboratórios, o que foi imprescindível para a concretização deste trabalho.

Ao professor Dr. João José Granate de Sá e Melo Marques (PPGCS/UFLA), pelo auxílio na classificação dos solos.

A Paulo Siqueira Júnior, pelos modelos digitais de elevação e inclinação da figura 3.

Ao professor Dr. Jerry Bigham (OSU), pelos ensinamentos e auxílio na interpretação de dados deste trabalho.

A Basant Rimal e Sandy Jones, pela confiança, prestatividade, amizade e toda contribuição com as análises laboratorias na OSU.

A todos os integrantes do *Carbon Management and Sequestration Center* (C-MASC), na OSU, especialmente Jennifer Donovan, Richard Liu, Atanu Mukherjee, Josh Beniston, Gerald Allen, Vincent Obade, Toru Nakajima, Jose Gusman, Hailin Zhang, Yanru Liang, Upender Somireddy, pelo exemplo, excelente convivência e amizades.

A André B. Andrade, pelo auxílio com análises na OSU e amizade.

A Alessandro Pedroso e Adriano Guerra, pelo auxílio com a coleta das amostras deste trabalho.

A Dirce de Cássia Corrêa Macedo, secretária do PPGCS/UFLA, por todo o auxílio e eficiência.

À Universidade Federal do Paraná, em nome de Rosângela Aparecida Galvão Cordeiro, por todo suporte concedido.

Aos colegas de departamento Jordana Castro, Lauana Santos, Franciane Cogo, Eduane Pádua, Gonçalves Marrenjo, Nilma Oliveira, Carla Carducci, Alba Skorupa, Andressa Guerra, Clério Hickmann, Ediu Silva Jr, Gabriel Martins, entre tantos outros, pela convivência e amizade.

A Roberta Ferreira, Fabíola Jara, Saha Saadati, Simone Silva e Kamila Dázio, parceiras em Columbus.

Às minhas queridas Ester, Renata, Elaine Vivian, Elisa, Vanessa, Andréa e Daniele Souza, pessoas que guardo no meu coração.

A Hologma, Janaína, Lucinéia, Rafaela, Andiará, Fátima, Gabriela, Lázara, Andressa, Valéria, Rogério, Rodrigo, Clairton, Gleison e demais colegas do Grupo da Prece, pelo convívio, apoio e amizade.

## RESUMO

Dentre os fatores de formação do solo, a rocha de origem destaca-se por controlar fortemente propriedades do solo como estrutura, textura e mineralogia. A retenção do carbono orgânico no solo (COS) é provavelmente controlada pelos mesmos fatores, mas pouco se sabe sobre o papel da rocha de origem sobre teores e estoques de COS no trópico úmido. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da rocha de origem na retenção do COS na região de Lavras-MG. Foram selecionados e descritos oito solos sob florestas nativas, formados sob o mesmo clima e em meia-encosta, derivados do quartzito, sericita-xisto, gabro, itabirito, serpentinito, metacalcário, gnaisse e filito. Amostras deformadas e indeformadas foram coletadas em triplicata, nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 30-40 cm, 50-60 cm, 90-100 cm. Foram realizadas análises de densidade do solo e de partículas, granulometria, química de rotina, área de superfície específica (ASE), mineralogia da argila, micromorfologia, óxidos de Fe totais e Fe e Al amorfos, e determinação de C e N totais por combustão seca no solo e nas frações (areia, silte e argila). O Cambissolo sobre quartzito e o Latossolo sobre gabro apresentaram, respectivamente, os menores e maiores teores médios de COS ao longo do primeiro metro do perfil. Os Latossolos sobre gabro e metacalcário e o Plintossolo sobre serpentinito apresentaram altos teores de COS (>1%) mesmo a 1 m de profundidade. O COS associado à fração argila compreende ca. 62-89% do COS total em todos os solos. O Latossolo sobre gabro apresentou os maiores estoques de COS frente aos demais solos, nas camadas de 0-40 cm e 0-100 cm. Não houve correlações significativas entre teores de COS e argila, óxidos de Fe totais e Fe e Al amorfos e ASE. Concluiu-se que a rocha de origem exerce influência limitada na retenção de COS na região de estudo, provavelmente por mecanismos que não puderam ser plenamente elucidados neste trabalho. Propõe-se que o controle textural e mineralógico da retenção de COS na região de estudo é menor do que o exercido pelas relativamente baixas temperaturas médias anuais, resultado da grande altitude local (>900 m), que pode favorecer altas concentrações de COS.

Palavras-chave: Matéria orgânica do solo. Litologia. Textura do solo. Mineralogia da argila. Solos florestais.

## ABSTRACT

Among the state factors of soil formation, the parent rock plays an important role by strongly controlling soil properties such as soil structure, texture and mineralogy. The retention of soil organic carbon (SOC) is probably controlled by the same factors, but there is a lack of information about the specific role of the parent rock on SOC contents and stocks in the humid tropics. This work aimed to study the influence of the parent rock on SOC retention near Lavras, Minas Gerais, Brazil. Eight soils formed from quartzite, sericite-schist, gabbro, itabirite, serpentinite, metalimestone, gneiss and phyllite, were selected and described, all under native vegetation and similar climate conditions, and located on midslopes. Bulk and undisturbed soil samples were taken in triplicate from the 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 30-40 cm, 50-60 cm, 90-100 cm layers. Soils were characterized by analyses of bulk and particle density, particle-size distribution, fertility, specific surface area (SSA), clay mineralogy, micromorphology, total Fe and amorphous Fe and Al oxides, and total C and N by dry combustion in the bulk soil and the sand, silt and clay fractions. An Inceptisol over quartzite and an Oxisol over gabbro presented, respectively, the lowest and highest medium SOC content over the first meter of the soil profile. The Oxisols over gabbro and metalimestone and the Plinthosol over serpentinite showed high SOC contents (> 1%) even at a depth of 1 m. SOC associated with the clay fraction comprised ca. 62-89% of the SOC in all soils. Among the eight soils, the Oxisol over gabbro had the highest SOC stocks in the 0-40 cm and 0-100 cm layers. There were no significant correlations between SOC and clay contents, SSA, total Fe and amorphous Fe and Al oxides. In conclusion, the parent rock seems to have limited influence on the SOC retention in the studied region, and probably by mechanisms that could not be fully understood in this work. It is proposed that the textural and mineralogical controls of the SOC retention in the studied region is weaker than that exerted by the relatively lower mean annual temperatures, resulting from the high local elevations (> 900 m), which can favor high SOC concentrations

**Keywords:** Soil organic matter. Lithology. Soil texture. Clay mineralogy. Forest soils.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fatores que determinam o estoque de COS.....	19
Figura 2	Localização dos pontos amostrais no mapa geológico – Folha Lavras.....	28
Figura 3	Modelo digital de elevação (a) e inclinação (b) da região amostrada, com a localização georreferenciada dos pontos amostrados.....	31
Figura 4 a	Valores médios dos teores de C, N e da densidade do solo (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas.....	47
Figura 4 b	Valores médios dos teores de C, N e da densidade do solo (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas.....	48
Figura 5 a	Valores médios das relações C/N das frações areia, silte e argila e do solo (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas.....	52
Figura 5 b	Valores médios das relações C/N das frações areia, silte e argila e do solo (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas.....	53
Figura 6	Análise de regressão (modelo linear) entre ASE vs teor de argila dos solos estudados nas profundidades: (a) 0 - 5 cm, (b) 30 - 40 cm e (c) 90 - 100 cm.....	56
Figura 7 a	Análise de regressão (modelo logarítmico) entre teor de C no solo vs teor de argila, nas profundidades: (a) 0 - 5 cm, (b) 5 - 10 cm, (c) 10 - 20 cm.....	57

Figura 7 b	Análise de regressão (modelo logarítmico) entre teor de C no solo vs teor de argila, nas profundidades: (a) 30 - 40 cm, (b) 50 - 60 cm, (c) 90 - 100 cm.....	58
Figura 8	Análise de regressão (modelo logarítmico) entre teor de C no solo vs ASE nas diferentes profundidades estudadas.....	59
Figura 9 a	Análise de regressão (modelo logarítmico) entre teor de C no solo vs: (a) teor de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> oxalato, (b) teor de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> oxalato.....	60
Figura 9 b	Análise de regressão (modelo logarítmico) entre teor de C no solo vs: (c) teor de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> DCB e (d) relação Fe <sub>ox</sub> /Fe <sub>DCB</sub> ; nas diferentes profundidades estudadas.....	61
Figura 10	Análise de regressão (modelo logarítmico) entre teor de C nas frações areia, silte e argila vs teor da respectiva fração na profundidade de 0 - 5 cm.....	63
Figura 11	Seção delgada do horizonte A do Cambissolo sobre quartzito.....	82
Figura 12	Seção delgada do horizonte B do Cambissolo sobre quartzito.....	82
Figura 13	Difratograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Cambissolo sobre quartzito.....	83
Figura 14	Seções delgadas do horizonte A do Argissolo sobre sericita-xisto.....	86
Figura 15	Seção delgada do horizonte B do Argissolo sobre sericita-xisto.....	87
Figura 16	Difratograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Argissolo sobre sericita-xisto.....	88

Figura 17	Seções delgadas do horizonte A do Latossolo sobre gabro.....	91
Figura 18	Difratograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Latossolo sobre gabro.....	92
Figura 19	Seção delgada do horizonte A do Argissolo sobre itabirito.....	95
Figura 20	Seção delgada do horizonte B do Argissolo sobre itabirito.....	95
Figura 21	Difratograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Argissolo sobre itabirito.....	96
Figura 22	Seção delgada do horizonte A do Plintossolo sobre serpentinito.....	99
Figura 23	Seção delgada do horizonte B do Plintossolo sobre serpentinito.....	99
Figura 24	Difratograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Plintossolo sobre serpentinito.....	100
Figura 25	Seção delgada do horizonte A do Latossolo sobre metacalcário.....	103
Figura 26	Seção delgada do horizonte B do Latossolo sobre metacalcário.....	103
Figura 27	Difratograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Latossolo sobre metacalcário.....	104
Figura 28	Seção delgada do horizonte A do Argissolo sobre gnaisse....	107
Figura 29	Seção delgada do horizonte B do Argissolo sobre gnaisse....	107
Figura 30	Difratograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Argissolo sobre gnaisse.....	108

Figura 31	Seção delgada do horizonte A do Argissolo sobre filito.....	111
Figura 32	Seção delgada do horizonte B do Argissolo sobre filito.....	111
Figura 33	Difratograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Argissolo sobre filito.....	112

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Localização das formações geológicas e pontos amostrais.....	29
Tabela 2	Temperaturas médias mensais e totais médios das precipitações pluviiais da região de Lavras-MG, nos períodos de 1961-1990 e 1991-2004.....	30
Tabela 3 a	Caracterização física das camadas dos solos estudados (média de três repetições).....	40
Tabela 3 b	Caracterização física das camadas dos solos estudados (média de três repetições).....	41
Tabela 4	Valores médios de ASE e dos teores de $Fe_2O_3$ e $Al_2O_3$ obtidos por diferentes extratores (média de três repetições).....	44
Tabela 5	Valores médios dos teores de C, N e da relação C/N do solo (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas.....	46
Tabela 6	Valores médios dos teores de C, N e da relação C/N das frações granulométricas areia, silte e argila (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas.....	50
Tabela 7	Estoques médios de C e N do solo (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas.....	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
<b>2.1 O carbono orgânico do solo</b> .....	17
<b>2.2 Controles da retenção de COS</b> .....	19
<b>2.3 Efeito do material de origem do solo na retenção de COS</b> .....	22
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	25
<b>4 HIPÓTESES</b> .....	26
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	27
<b>5.1 Determinação e localização da área experimental e amostragem</b> .....	27
<b>5.2 Preparo das amostras e análises laboratoriais</b> .....	32
<b>5.2.1 Análises granulométrica e química</b> .....	32
<b>5.2.2 Mineralogia da fração argila dos horizontes</b> .....	33
<b>5.2.3 Área de superfície específica do solo</b> .....	33
<b>5.2.4 Concentrações totais de C e N</b> .....	34
<b>5.2.4.1 No solo (&lt; 2mm)</b> .....	34
<b>5.2.4.2 Fracionamento de C e N por tamanho de partículas</b> .....	35
<b>5.2.5 Extração de Fe e Al amorfos</b> .....	35
<b>5.2.6 Extração de Fe total</b> .....	36
<b>5.2.7 Micromorfologia dos horizontes principais</b> .....	37
<b>5.3 Análise dos dados</b> .....	38
<b>6. RESULTADOS</b> .....	39
<b>6.1 Caracterização física dos solos</b> .....	39
<b>6.2 Caracterização mineralógica e geoquímica dos solos</b> .....	41
<b>6.3 Carbono e nitrogênio totais</b> .....	44
<b>6.4 Relações entre as características estudadas</b> .....	54
<b>7. DISCUSSÃO</b> .....	64

<b>7.1 Teores e estoques de COS e razão C/N .....</b>	<b>64</b>
<b>7.2 Controle textural e mineralógico da retenção de COS.....</b>	<b>68</b>
<b>8 CONCLUSÕES .....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>80</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O solo e, por extensão, qualquer uma de suas características, é produto da interação de cinco fatores de formação independentes: clima, organismos, topografia, material de origem e tempo. Dentre estes fatores, o material de origem refere-se ao substrato inorgânico, seja ele rocha ou sedimento, cuja alteração comporá a maior parte da massa e volume dos solos aeróbicos. Em consequência, características fundamentais do solo como textura, estrutura e mineralogia, entre outras, são fortemente controladas pela natureza e grau de intemperização do material de origem.

O carbono orgânico do solo (COS) é o principal componente da fração orgânica do solo, que embora compreenda apenas cerca de 5% da massa da maioria dos solos, exerce influência desproporcionalmente grande nas propriedades físicas, químicas e atividade biológica do solo. A concentração de COS é geralmente considerada o principal indicador da qualidade do solo, e é resultado da interação simultânea de fatores ligados aos resíduos orgânicos aportados (qualidade, quantidade, alocação), ao solo (biota edáfica, textura, fertilidade, mineralogia, estrutura, profundidade, diâmetro de poros) e ao ambiente externo (clima, pluviosidade, temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar, topografia, sistema de manejo). O COS ocorre como um contínuo de frações de tamanho e graus de alteração química, geralmente de modo que frações grosseiras são pouco decompostas e, por isso, identificáveis ao resíduo-fonte, enquanto as menores frações já foram intensamente alteradas. As frações de tamanho coloidal são comumente mais estáveis, porque tendem a estabilizar-se por sorção à fração argila, ao passo que frações mais grosseiras e ainda alteráveis tendem a ocorrer junto à silte e especialmente à areia em uma separação granulométrica. Como resultado, há um controle textural da retenção de COS, de modo que, em condições similares, solos mais argilosos tendem a

reter mais COS humificado e assim apresentar teores de COS totais maiores do que os arenosos. Por outro lado, uma vez que a retenção de COS se dá por mecanismos diversos de sorção entre as moléculas orgânicas e a superfície das argilas, que por sua vez possuem área e cargas variáveis com sua mineralogia, existe também um controle mineralógico da retenção de COS, que parece atuar no sentido de maiores teores em solos mais ricos em óxidos de Fe e Al.

A textura e mineralogia são considerados por alguns autores como os principais controles edáficos da retenção de COS. Por outro lado, a textura e mineralogia são altamente dependentes do material de origem do solo. Por conseguinte, é altamente provável que o material de origem do solo apresente relação causal indireta na retenção de COS em uma determinada região. O objetivo central deste trabalho é estudar a influência da rocha de origem na retenção de COS no primeiro metro do perfil de solos sob vegetação nativa, na região sul de Minas Gerais.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 O carbono orgânico do solo**

A matéria orgânica do solo (MOS) é um componente complexo do solo, constituída por resíduos orgânicos de origem principalmente vegetal, em um contínuo de diversos estágios de decomposição, compreendido entre resíduo fresco e matéria humificada. Humificação, por sua vez, consiste no processo multiestágios em que ocorre a alteração do C anteriormente encontrado em formas bem definidas (ex. lignina, carboidratos) nos materiais orgânicos adicionados ao solo (BRADY, 1983). Em grande parte, estas são rapidamente consumidas e mineralizadas, mas também existem moléculas mais complexas e com maior recalcitrância, cuja decomposição resulta na sua conversão em substâncias húmicas com alto grau de alteração, complexidade e longo tempo de residência no solo.

As substâncias húmicas são portanto constituídas de macromoléculas amorfas e consistem na maior parte da MOS. Elas constituem talvez o mais reativo compartimento que compõe a MOS, participando da maioria das reações químicas edáficas. Por apresentar alta complexidade química e forte interação com a fração coloidal inorgânica do solo, essas substâncias não são facilmente lixiviadas ou atacadas pelos microrganismos do solo, decompondo-se lentamente e, às vezes, acumulando-se no solo.

Os compostos que constituem a MOS variam em complexidade e não apresentam uma unidade estrutural ou conjunto de unidades que se repetem regularmente ou que possam mesmo ser consideradas características, de forma que não é possível encontrar duas moléculas idênticas de substâncias húmicas. Assim, a MOS possui composição e massa molar indefinidas, e portanto

estabilidade química variável e diferente daquelas dos biopolímeros encontrados em organismos vivos.

Em termos de composição química da MOS, Pribyl (2010) relatou que a utilização de um fator fixo para converter C em MOS pode inicialmente parecer interessante, mas pode resultar em erros grosseiros de interpretação. O autor ainda relatou que o valor clássico de 58% de C na MOS pode ser aplicado a ácidos húmicos, contudo, essa porcentagem pode variar muito, atingindo valores de 42 a 60%, dependendo do material, grau de decomposição, profundidade, entre outros fatores. Ainda, a MOS em solos ricos em carvão podem ter 70 a 78% de sua composição representada por C.

Devido ao C ser o constituinte majoritário da MOS, é comum a utilização da expressão carbono orgânico do solo (COS) ao invés de MOS, que não pode ser quantificada diretamente com acurácia. Apesar de constituir apenas 3 a 8 % da massa total do solo (BRADY, 1983), o COS está diretamente ligado à maioria dos atributos indicadores que definem a *qualidade do solo*, que em sua acepção mais simples, reflete a capacidade deste em manter uma produção vegetal sustentável (COSTA; GOEDERT; SOUSA, 2006). De fato, o COS afeta praticamente todas as propriedades do solo, como a cor, regime térmico, densidade global e de partículas, agregação, plasticidade, erodibilidade, infiltração e retenção de água. Em termos químicos, o COS responde por grande parte da capacidade de troca de cátions (CTC) e tamponamento do pH, especialmente em solos tropicais, pois apresenta densidade de cargas duas a trinta vezes maior que a das partículas minerais (CIOTTA et al., 2003). Adicionalmente, o COS atua no fornecimento de C e energia à biota edáfica, na neutralização ou complexação de elementos tóxicos, na formação de quelatos que conferem maior mobilidade de elementos no perfil e no suprimento de nutrientes em formas mais lábeis pela mineralização (BRADY, 1983; BAYER; MIELNICZUK, 2008; LAL, 2008).

Além de seu efeito nas condições edáficas, o COS imobiliza, por tempo variável, mas relativamente longo, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico, constituindo-se em um importante reservatório global de C ( $1500 \times 10^9$  toneladas a 0-1 m de profundidade) (LAL, 2004). Se o teor de COS aumenta, isto pode anular parte das emissões de  $\text{CO}_2$  antropogênicas, provenientes da queima de combustíveis fósseis, da conversão do uso do solo para agrícola, etc., mitigando, assim, os efeitos do aquecimento global (LAL, 2008).

## 2.2 Controles da retenção de COS

A concentração e o estoque de COS são funções da ação simultânea de fatores relativos aos resíduos orgânicos, ao solo e ao ambiente externo (ZINN; LAL; RESCK, 2005b; ZINN et al., 2007a,b; RESCK et al., 2008). A figura 1 apresenta esquematicamente esta relação:

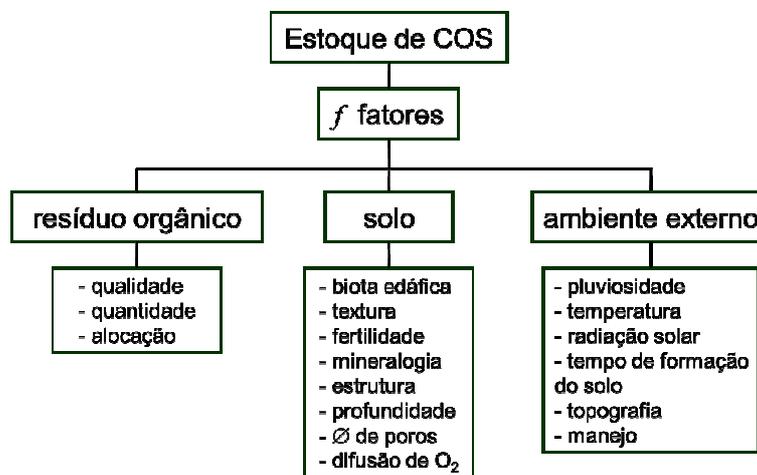


Figura 1 Fatores que determinam o estoque de COS (Adaptado de SILVA; MENDONÇA, 2007; RESCK et al., 2008)

A entrada de C no solo ocorre, principalmente, pelo aporte de resíduos adicionados pela biomassa aérea e radicular, exudação radicular, lixiviação de constituintes solúveis das plantas e pela síntese e ressíntese de compostos pela biota edáfica (SILVA; MENDONÇA, 2007). A adição de resíduos e sua conversão em material humificado varia de acordo com a “qualidade bioquímica” de cada resíduo e, dentro da mesma espécie vegetal, a quantidade de resíduos aportada vai depender de todos os fatores que determinam a produtividade da cultura e sua partição de biomassa. Resíduos com maior teor de N geralmente decompõem-se mais rápido e produzem menos húmus do que resíduos mais pobres em N, os quais tendem a decompor-se mais lentamente e resultar em mais COS. A alocação da biomassa afeta o acúmulo de COS, de forma que plantas com alocação preferencial de biomassa no sistema radicular, como as gramíneas, tendem a acumular mais COS (RESCK et al., 2008).

A temperatura do solo também merece destaque entre os fatores reguladores do estoque de COS, por meio da energia de ativação que vai determinar a atividade da biota edáfica. Desta forma, se a umidade não for restritiva, a elevação da temperatura resulta em redução do reservatório de COS, para entradas similares de material orgânico no sistema forem insuficientes. Além disso, produtos humificados de decomposição realizada sob altas temperaturas tendem a ser mais recalcitrantes e ter maior tempo médio de residência no solo que aqueles sintetizados sob baixas temperaturas (DALIAS et al., 2001).

A fertilidade do solo também poderia afetar os estoques de COS por ser um fator determinante, quando da ausência de restrições climáticas severas, do tipo e porte da vegetação, a qual está diretamente ligada à qualidade e quantidade de resíduos orgânicos aportados ao solo. A abundância de cátions multivalentes, como o  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , auxilia na estabilização de substâncias orgânicas na matriz do solo por meio da formação de “pontes” entre os colóides

orgânicos e as partículas de argila (QUIDEAU, 2001), assumindo-se que ambas possuem cargas superficiais negativas. Além disso, a baixa fertilidade pode contribuir com a manutenção dos estoques de COS por reduzir a atividade da biota edáfica.

Contudo, a retenção de COS é limitada e os estoques máximos de COS são determinados pela combinação dos fatores principais apresentados na figura 1. Em contrapartida, ressalta-se a influência antrópica no COS, pois as práticas de manejo com intenso revolvimento geralmente resultam na diminuição dos estoques de COS, em clima tropicais e subtropicais (ZINN; LAL; RESCK, 2005a), devido à quebra dos agregados, exposição do C protegido à mineralização e elevação da temperatura.

A textura do solo corresponde à proporção relativa das frações granulométricas (areia, silte e argila) da fração terra fina (<2 mm) do solo. De forma geral, quanto maior for a proporção de argila e materiais amorfos, maior será a área de superfície específica (ASE) potencialmente disponível para o estabelecimento de ligações com moléculas orgânicas, possibilitando a estabilização de compostos orgânicos derivados da atividade microbiana e evitando a perda destes por lixiviação (RESCK et al., 2008; THAYMUANG et al., 2013).

O mecanismo de controle textural da retenção de COS, proposto por Zinn, Lal e Resck (2005a) e Zinn et al. (2007b), atuaria pela formação de complexos argilo-orgânicos que estabilizam o COS mais alterado e recalcitrante nas frações mais finas, uma vez que o COS menos alterado ocorre associado às frações mais grosseiras sem estabelecer interações moleculares entre as partes orgânicas e minerais. Além disso, solos argilosos possuem maior quantidade de microporos do que solos arenosos, o que lhes asseguraria maior capacidade de retenção de água e, conseqüentemente, maior capacidade de produção de biomassa, favorecendo a formação e o acúmulo de COS (KOUTIKA et al.,

1997). Por apresentarem maior ASE, os solos argilosos também são, por consequência, mais eficientes em adsorver e inativar enzimas que degradam COS, o que poderia resultar em maiores concentrações de COS (BROADBENT, 1957; KAISER; GUGGENBERGER, 2006; SILVA; MENDONÇA, 2007). Ainda, a flocculação e cimentação das argilas possibilita proteção parcial não-seletiva de compostos orgânicos por oclusão no interior de agregados estáveis, capaz de retardar o ataque microbiano ao COS, acarretando a estabilização mesmo de formas mais lábeis de COS (ZINN et al., 2007a).

A sorção e estabilização dos compostos coloidais ou solúveis do COS são dependentes da interação destes compostos com a superfície e grupos reativos superficiais característicos dos minerais da fração argila, o que sugere também um controle mineralógico sobre a retenção de COS. De fato, há evidências que filossilicatos do tipo 2:1 adsorvem COS mais rápido e fortemente que os do tipo 1:1. Contudo, óxidos, hidróxidos e óxi-hidróxidos de  $Fe^{3+}$  e  $Al^{3+}$  parecem apresentar um controle ainda mais específico da retenção de COS quando comparados aos filossilicatos (RESCK et al., 2008), especialmente quando amorfos ou pouco cristalinos, por apresentarem maiores área de superfície específica e densidade de sítios sortivos capazes de estabilizar COS.

### **2.3 Efeito do material de origem do solo na retenção de COS**

Em 1870, o cientista russo Vassilii Dokuchaev, considerado o precursor da Pedologia em âmbito mundial, definiu o solo como um corpo natural, independente e organizado, desenvolvido sob a influência de cinco fatores de formação independentes: clima (cl), organismos (o), topografia (r), material de origem (p) e tempo (t) (FRANZMEIER, 1996), afirmando que:

“... se todos os elementos que formam o solo forem idênticos, então os solos também serão idênticos; e pelo contrário, a discrepância destes elementos (unicamente ou na totalidade) resulta em solos diferentes...”

Hans Jenny (1941) elucidou quantitativamente a função que relaciona os fatores de formadores, assumindo que o solo é um sistema físico e aberto, no qual substâncias podem ser adicionadas ou removidas, destacando que o efeito pedogenético de um fator isolado só pode ser avaliado se os demais forem mantidos constantes, princípio este denominado *ceteris paribus*. Em sua obra clássica, o autor definiu o material de origem como o estado inicial do sistema solo, bem como relatou que, com a evolução da pedogênese, a vegetação se desenvolve e se ajusta concomitantemente às mudanças no ambiente edáfico, variando quanto ao tipo, biomassa e composição química, o que também é refletido na produção, decomposição, acúmulo e composição do COS.

O material de origem constitui o substrato primário sobre o qual os demais fatores e processos de formação do solo irão atuar e promover a diferenciação de horizontes do solo até a estabilização da pedogênese. Assim, solos desenvolvidos sem deposição significativa de material alóctone terão suas características químicas e físicas, como fertilidade, CTC, textura e mineralogia, fortemente determinadas pela natureza do material de origem e seu grau de intemperização que, por consequência, tem grande influência sobre a capacidade de um solo em reter COS (CURI; FRANZMEIER, 1987; MARQUES JÚNIOR; CURI; LIMA, 1992; CARVALHO FILHO et al., 2011; ARAUJO et al., 2014).

Curi e Franzmeier (1987) destacaram que existe uma interdependência entre a composição química e mineralógica do material de origem e a textura e mineralogia do solo. Assim, rochas ricas em materiais mais finos e de fácil intemperização em sua composição originaram solos mais argilosos que aquelas ricas em materiais mais grosseiros e resistentes ao intemperismo. Adicionalmente, Phillips (2007) relatou que contrastes texturais observados em

solos podem ser herdados do material de origem. Isto é observado claramente em sedimentos fluviais, que quando mais grosseiros originam solos de textura mais grosseira que aqueles derivados de sedimentos fluviais mais finos (ZINN et al., 2007b).

Araujo et al. (2014) observaram que o controle exercido pela rocha de origem foi marcante ao ponto de restringir a atuação de certos processos pedogenéticos e inviabilizar a formação de algumas classes de solo a partir de determinado material de origem. Desta forma, rochas pobres em sílica tenderão a dar origem a solos de mineralogia predominantemente oxídica, enquanto rochas ricas em micas tendem a formar argilas com minerais 2:1 e caulinita, por exemplo. Assim, existe uma improbabilidade de originar-se um Plintossolo de rochas pobres em Fe, como quartzito ou calcário.

Assim, a textura e a mineralogia do solo, ao determinarem o nível de COS adsorvido em potencial, diminuem sua perda por lixiviação e degradação microbiana, de modo a alterar sua dinâmica e tempo médio de residência, seja sob vegetação natural ou em áreas cultivadas (KOUTIKA et al., 1997; ZINN et al., 2007b).

### 3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é analisar a influência de oito rochas de origem na retenção de COS em perfis de solo da região de Lavras - MG. Os objetivos específicos são:

1. Caracterizar química e fisicamente os solos amostrados;
2. Determinar os teores de COS ao longo do perfil do solo, bem como a partição deste COS pelas diferentes frações granulométricas em três profundidades selecionadas.
3. Buscar correlações matemáticas entre teores de COS no solo e em frações granulométricas com outras propriedades físicas e químicas que possam explicá-los.

#### **4 HIPÓTESES**

Neste trabalho serão testadas as seguintes hipóteses:

1. Para solos aeróbios sob mesmo clima, com relevo e vegetação similares, o material de origem controla a retenção e partição de COS, ao longo de 1 m de profundidade;
2. Esse eventual controle exercido pelo material de origem na retenção de COS é exercido indiretamente por mecanismos de controle texturais e mineralógicos, uma vez que a textura e mineralogia do solo são fortemente determinados pelo material de origem.

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1 Determinação e localização da área experimental e amostragem**

A região de Lavras, MG, possui grande diversidade litológica devido a variados processos ígneos, sedimentares e metamórficos desde o Proterozóico. De posse do mapa geológico local, foi realizada uma série de visitas a campo, onde foram selecionados oito pontos amostrais dispersos pelos municípios de Lavras, Ijaci, Bom Sucesso e Ibituruna, cada um correspondente a um solo desenvolvido a partir de rochas de origem. São elas: gabro, gnaisse, metacalcário, itabirito, serpentinito, filito, quartzito e sericita-xisto (Figura 2). A tabela 1 sumariza a localização e classificação dos perfis amostrados.

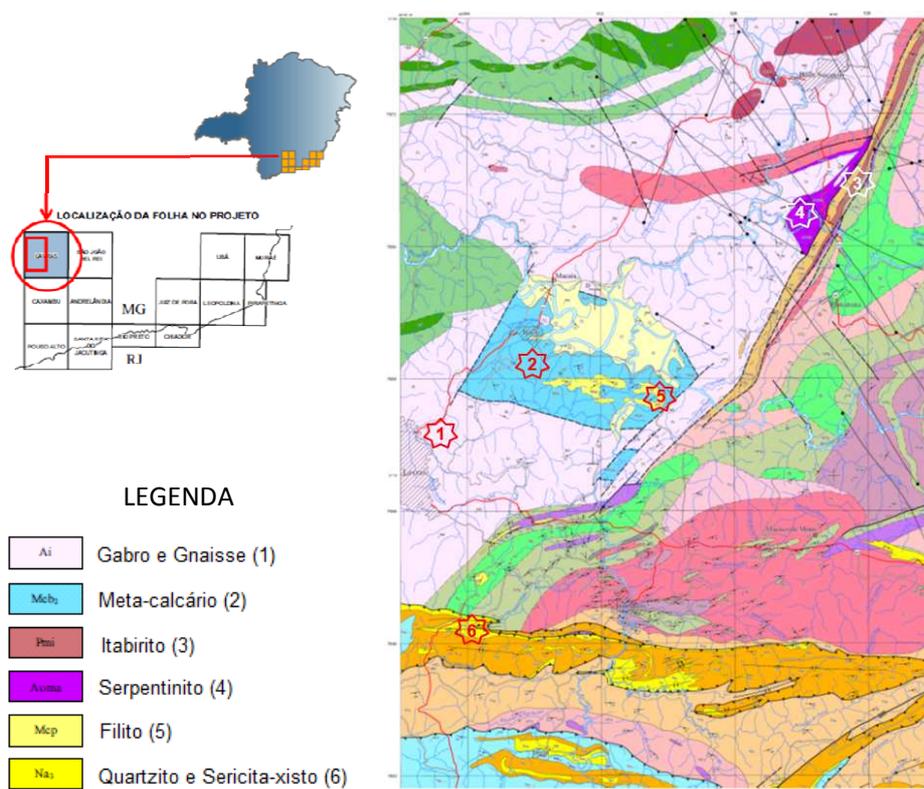


Figura 2 Localização dos pontos amostrais no mapa geológico – Folha Lavras  
(adaptado de QUÉMÉNEUR, 2002)

Tabela 1 Localização das formações geológicas e pontos amostrais

Rocha de origem <sup>(1)</sup>	Solo <sup>(2)</sup>	Decliv.	Lat.	Long.	Alt.
		graus	S	W	m
Quartzito	Cambissolo Háptico Ta distrófico latossólico	10	21°19'49"	44°58'39"	1.064
Sericita-xisto	Argissolo Bruno- Acinzentado alítico típico	21	21°19'49"	44°58'39"	1.064
Gabro	Latossolo Vermelho acriférrico típico	6	21°13'40"	44°58'07"	944
Itabirito	Argissolo Vermelho- Amarelo eutrófico típico	27	21°06'44"	44°45'11"	920
Serpentinito	Plintossolo Pétrico concrecionário típico	9	21°06'15"	44°45'20"	909
Metacalcário	Latossolo Vermelho- Amarelo ácrico típico	3	21°11'05"	44°56'46"	889
Gnaisse	Argissolo Vermelho- Amarelo distrófico típico	18	21°13'42"	44°59'10"	891
Filito	Argissolo Vermelho distrófico nitossólico	10	21°12'05"	44°51'15"	910

<sup>(1)</sup> Quéméneur et al. (2002). <sup>(2)</sup> Classificação conforme Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013)

As séries históricas das variáveis climáticas da região (Tabela 2) evidenciam que esta é caracterizada por possuir verão úmido e inverno seco, sendo o clima classificado como mesotérmico com inverno seco e verão chuvoso (Cwa), segundo classificação de Köppen. A vegetação da área experimental é constituída principalmente por florestas semidecíduais, apresentando pequenas variações entre os pontos amostrados (Anexo A).

Tabela 2 Temperaturas médias mensais e totais médios das precipitações pluviiais da região de Lavras-MG, nos períodos de 1961-1990 e 1991-2004 (adaptado de DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007)

<b>Mês</b>	<b>Temperatura média do ar</b>		<b>Precipitação total média</b>	
	1961 – 1990	1991 – 2004	1961 – 1990	1991 – 2004
Janeiro	21,7	22,6	272	321
Fevereiro	22,1	22,8	192	218
Junho	16,3	17,1	28	16
Julho	15,8	17,1	23	7
Anual	19,4	20,4	1530	1460

Os pontos amostrais foram alocados em terço médio de encosta, buscando maior representatividade e similaridade de condições topográficas, bem como evitar áreas de deposição de material alóctone, os quais poderiam interferir na interpretação dos resultados. A declividade foi registrada com o auxílio de um clinômetro. A figura 3 apresenta os modelos de elevação (a) e inclinação (b) da região, gerados a partir do sistema de coordenadas geográficas Datum Horizontal SAD 69.

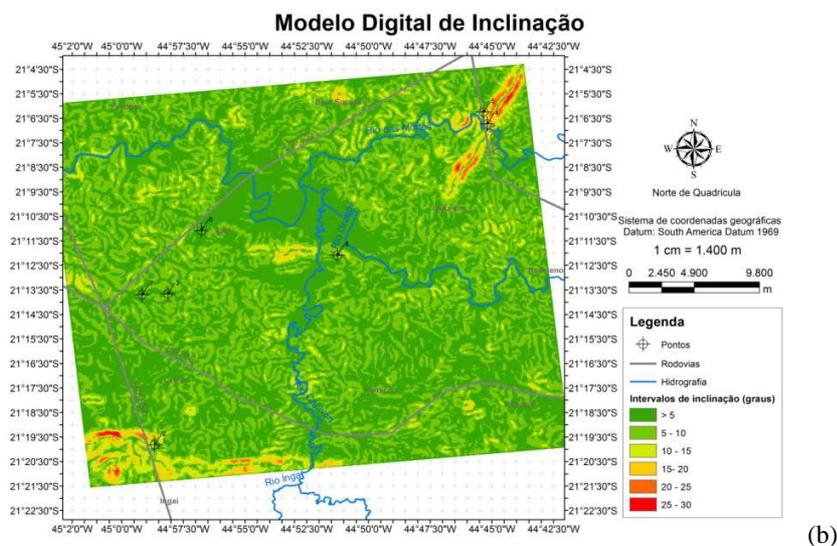
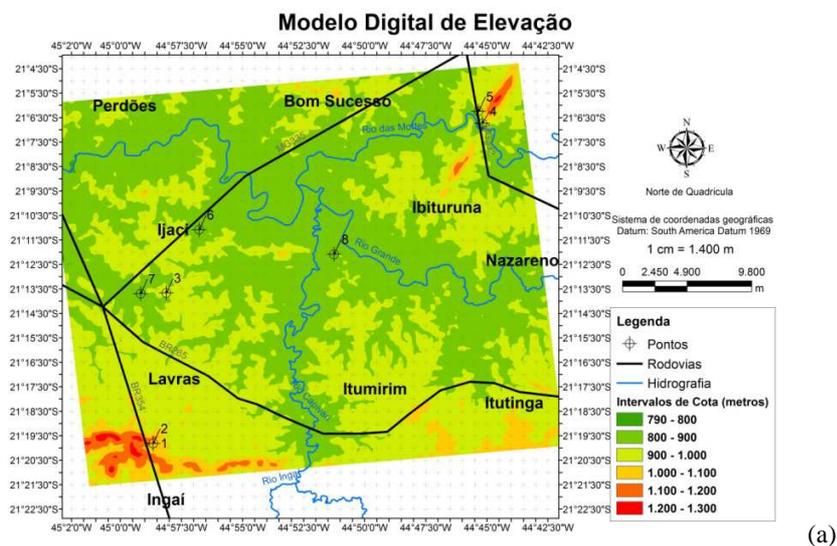


Figura 3 Modelo digital de elevação (a) e inclinação (b) da região amostrada, com a localização georreferenciada dos pontos amostrados (Tabela 1)

Foram abertos e descritos perfis com profundidade mínima de 1 m em cada ponto amostral. A serapilheira presente na superfície foi removida manualmente, com o cuidado de não remover solo durante este processo. Coletou-se amostras indeformadas para densidade do solo (anel) e deformadas de cada horizonte descrito e nas profundidades de 0 - 5 cm, 5 - 10 cm, 10 - 20 cm, 30 - 40 cm, 50 - 60 cm e 90 - 100 cm, em três repetições alocadas aleatoriamente. Adicionalmente, foram coletadas amostras indeformadas para análise da micromorfologia dos horizontes A e B em caixa de Kubiena de PVC, assim como, da respectiva rocha de origem em estado inalterado, na base do perfil ou em afloramentos próximos. A descrição pedológica completa dos perfis pode ser visualizada no anexo A.

## **5.2 Preparo das amostras e análises laboratoriais**

As amostras de solo foram secas ao ar e peneiradas em malha com abertura de 8 mm e 2 mm, obtendo-se terra fina seca ao ar (TFSA). Quando existente, foi calculada a porcentagem de cascalho com base em peso.

### **5.2.1 Análises granulométrica e química**

Foi realizada análise granulométrica pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997) em todas as amostras deformadas coletadas, utilizando NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> e agitação lenta (16 horas) para dispersão. A densidade de partículas das camadas foi mensurada pelo método do picnômetro (BLAKE; HARTGE, 1986). A análise química de rotina (fertilidade) dos horizontes mensurou os valores de pH em H<sub>2</sub>O (1:2,5); Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> foram extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, sendo Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> determinados por espectrofotometria de absorção atômica e Al<sup>3+</sup> por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>. Maiores

detalhes quanto aos procedimentos adotados podem ser encontrados em Araujo et al. (2014).

### **5.2.2 Mineralogia da fração argila dos horizontes**

A mineralogia da fração argila dos horizontes foi obtida em leituras realizadas em aparelho difratômetro de raios-X (PW1840, Philips), regulado a 35 kV e 25 mA, tendo o cobalto (Co) como fonte emissora de raios-X  $K\alpha$ , seguindo metodologia descrita por Klug e Alexander (1974). Para tanto, a fração argila foi separada do silte por sedimentação no interior de provetas seguindo os princípios da lei de Stokes, floculada com 5 ml de solução concentrada de  $MgCl_2$ . Foi depositado uma ou mais camadas, conforme necessidade, de 1 ml da suspensão de argila sobre uma lâmina de vidro com auxílio de uma pipeta, deixando secar durante 12 horas, procedendo-se, então, a leitura no difratograma no intervalo de 5 a  $45^\circ 2\theta$ , com leituras a cada  $0,01^\circ 2\theta$  de variação angular. Não foi possível obter lâminas orientadas da fração argila do solo derivado de serpentinito, de modo que a argila floculada foi seca a  $70^\circ C$ , macerada e acondicionada em navículas do tipo “janela” para leitura de pó, compactada por pressão mecânica seguida por encharcamento com água destilada até o ponto de formar um filme de tensão superficial sobre a amostra, deixando-se secar por 12 horas, e procedendo-se a análise no difratograma no intervalo de 5 a  $80^\circ 2\theta$ , com leituras a cada  $0,01^\circ 2\theta$  de variação angular.

### **5.2.3 Área de superfície específica do solo**

A área de superfície específica (ASE) das profundidades principais (0 - 5 cm, 30 - 40 cm e 90 - 100 cm) foi mensurada por adsorção/dessorção de  $N_2$ , utilizando a equação de Brunauer, Emmett e Teller (1938). Em resumo, foi

colocada uma pequena quantidade de solo no interior de tubos de vidro em formato de U previamente tarados, os quais foram deixados no interior de um dessecador sob vácuo por uma noite. Na sequência, os tubos foram acoplados ao aparelho Micromeritics Flowsorb 2300 (Norcross, GA), o qual submete novamente a amostra a vácuo e, posteriormente, a uma mistura de gás He e N<sub>2</sub>. A amostra é então mergulhada em N<sub>2</sub> líquido para possibilitar a formação de uma monocamada de N<sub>2</sub> que recubra toda a superfície exposta. Ao retirar a amostra do N<sub>2</sub> líquido, essa monocamada se desfaz e o N<sub>2</sub> liberado é lido pelo aparelho e convertido em um valor de área, que ao ser dividido pelo peso retornam o valor da ASE em m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>.

## **5.2.4 Concentrações totais de C e N**

### **5.2.4.1 No solo (< 2mm)**

Para obtenção das concentrações totais de C e N na TFSA, todas as amostras foram maceradas em almofariz com pistilo de porcelana até atingirem granulometria < 250 µm, homogeneizadas por rolagem em aparelho SampleTek 200 Vial Rotator por uma noite. Foram utilizados aproximadamente 300 mg de amostra para a leitura em aparelho Vario MAX CN (Elementar Americas, Hanau, Germany), que mensura C por combustão seca a 900 °C e, simultaneamente, o N por combustão de Dumas, retornando valores em porcentagem de C e N na amostra, os quais foram posteriormente corrigidos pela umidade a 105 °C.

Os estoques de COS foram calculados para as camadas padronizadas de 0 - 20 cm, 0 - 40 cm e 0 - 100 cm, seguindo a equação:

$$COS_{estoque} = \sum_i^n volume \times Ds \times \frac{COS_{concentração}}{100}$$

onde:  $COS_{estoque}$  é expresso em  $Mg\ ha^{-1}$ ;  $n$  é o número de camadas de solo envolvidas;  $volume$  corresponde ao volume total de solo por profundidade em  $m^3\ ha^{-1}$ ;  $Ds$  corresponde a densidade do solo em  $g\ cm^{-3}$ ;  $COS_{concentração}$  é expresso em % e já possui a correção para o teor de cascalho do solo.

#### 5.2.4.2 Fracionamento de C e N por tamanho de partículas

As frações areia, silte e argila foram obtidas após dispersão de 10 g das amostras das profundidades principais (0-5 cm, 30-40 cm e 90-100 cm), empregando-se 10 ml de NaOH 1 mol  $L^{-1}$  e agitação lenta por 16 horas. Por tamisamento do material disperso, a fração areia foi retida na peneira de 53  $\mu m$ , sendo assim separada da suspensão de silte e argila, as quais foram separadas por sifonações sucessivas da fração argila, que obedeceu os princípios da lei de Stokes, realizadas até que a suspensão do material no interior da proveta apresentar aparência translúcida após o período de sedimentação. As frações areia e silte foram secas em estufa a 50 °C por 48 horas, moídas em almofariz e pistilo de ágata, homogeneizadas e encaminhadas para determinação do C e N. A fração argila foi novamente floculada com solução concentrada de  $MgCl_2$ , congelada rapidamente por imersão em  $N_2$  líquido, liofilizada em aparelho Labconco Freeze Dryer 8 e também encaminhada para determinação do C e N.

#### 5.2.5 Extração de Fe e Al amorfos

Foi realizada a extração de óxidos de ferro e alumínio amorfos das amostras das profundidades principais com oxalato de amônio, conforme Kämpf

e Schwertmann (1982). Utilizou-se uma solução extratora de oxalato de amônio  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  ajustada a pH 3 e preparada com  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  de ácido oxálico. Cada amostra foi macerada em almofariz e pistilo de ágata, até atingir granulometria  $<250 \text{ }\mu\text{m}$ , pesada e acondicionada em tubos de polipropileno para centrífuga, sendo adicionados 30 ml da solução extratora em cada tubo, o qual foi lacrado e imediatamente envolvido com papel alumínio para reação no escuro. Os tubos embalados foram então colocados em um agitador horizontal e submetidos por 16 horas a agitação de 120 oscilações por minuto. Os tubos foram removidos do agitador e centrifugados a 5000 rpm em centrífuga Beckman J2-21 por 10 minutos, sendo transferidos 10 ml do extrato translúcido sobrenadante para tubos cônicos de policarbonato (Falcon®) com capacidade total de 15 ml. O extrato original foi diluído 5x, utilizando-se diluidor automático Hamilton Microlab 500 series e analisado, quanto aos teores de Fe e Al, por absorção atômica em espectrofotômetro Varian SpectrAA 5, os quais foram posteriormente corrigidos pela umidade a  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### **5.2.6 Extração de Fe total**

A extração de óxidos de ferro totais por ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) foi realizada conforme Mehra e Jackson (1958) revisado por Jackson (1986). Amostras de solo referentes às profundidades principais foram maceradas em almofariz e pistilo de ágata, até obter-se granulometria  $<250 \text{ }\mu\text{m}$ , sendo as alíquotas pesadas em tubos para centrífuga. Adicionou-se 40 ml de solução tampão de citrato e bicarbonato em cada tubo, seguido por imersão dos tubos em banho maria a  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ , quando então foi adicionado 1 g de ditionito de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) em cada amostra, agitando-se periodicamente para facilitar a reação de redução e dissolução dos óxidos de Fe. Decorridos 5 minutos de aquecimento e agitação, foi adicionada uma nova alíquota de 1 g de ditionito de

sódio em cada tubo, mantendo-se a agitação. Após 10 minutos, os tubos foram retirados do banho maria e submetidos a 5 minutos de centrifugação a 1800 rpm, sendo o sobrenadante resultante transferido para balões volumétricos de 250 ml. A amostra na base do tubo foi então submetida a uma segunda extração, seguindo o mesmo padrão descrito para a primeira, sendo o sobrenadante resultante da segunda centrifugação misturado ao da primeira no balão volumétrico, cujo volume foi completado para 250 ml com a água deionizada, visto que o resíduo na base do tubo apresentava coloração acinzentada, indicativo que todo o Fe extraível da amostra foi removido, não sendo necessária uma nova etapa de extração. Por fim, o extrato presente no balão volumétrico foi diluído 20x em diluidor automático e analisado quanto aos teores de Fe por absorção atômica em um espectrofotômetro Varian SpectrAA 5, os quais foram posteriormente corrigidos pela umidade a 105 °C.

### **5.2.7 Micromorfologia dos horizontes principais**

O preparo das lâminas petrográficas para análise da micromorfologia dos horizontes A e B de cada solo consistiu na secagem ao ar, por um período de quatro meses, das amostras coletadas nas caixas de Kubiena, seguida por impregnação a vácuo com resina epóxi Silaex SQ-3182 Avipol® preparada na proporção 1:0,85 resina/endurecedor e cura em estufa por três horas a 100 °C, quando elevou-se a temperatura para 140 °C por um período de cinco horas. Após a cura, os blocos foram cortados em serra motorizada de disco metálico na face paralela à superfície do solo. Posteriormente, a superfície foi polida e colada em lâmina de vidro utilizando resina *thin section epoxy* Hillquist® para seções finas, preparada na proporção 7:3 resina/endurecedor, a qual foi desaerada e pré-aquecida para a colagem em chapa aquecedora a 90 °C por 30 segundos. Decorridas 24 horas de secagem da resina ao ar, foi realizado o corte

de ajuste da amostra à lâmina e desgaste até a espessura de 150  $\mu\text{m}$ , ambos em serra diamantada. O desgaste final da lâmina até a espessura máxima de 30  $\mu\text{m}$  foi realizado manualmente sobre placa de vidro aplainada, utilizando querosene e pó abrasivo de óxido de alumínio de 25  $\mu\text{m}$ . Finalizado o desgaste, as lâminas foram limpas em banho de querosene e ultrassom, sendo realizada a análise micromorfológica em microscópio petrográfico Zeiss®, segundo critérios estabelecidos em Stoops (2003). Imagens digitais com resolução mínima de 300 dpi foram obtidas utilizando um microscópio petrográfico Nikon® UFX-II acoplado a uma câmera digital Nikon® FX-35A.

### 5.3 Análise dos dados

O delineamento experimental é inteiramente casualizado, em que o solo derivado de cada rocha de origem consiste em um tratamento. Utilizando linguagem R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012), os estoques de C e N foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk ( $P < 0,05$ ), visando verificar se os dados seguem uma distribuição normal, e ao teste de Bartlett ( $P < 0,05$ ), a fim de verificar a homogeneidade de variâncias dentre os tratamentos. Em seguida, utilizando o programa JMP 5.1 (SAS Inst., Cary, NC), os dados foram submetidos a análise de variância ( $P < 0,05$  e  $P < 0,01$ ). De acordo com a significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), por profundidade amostrada ou em conjunto.

Análises de regressão linear, realizadas em planilha eletrônica, foram usadas para identificar relações entre teores de COS e outros fatores edáficos, que poderiam melhor explicar os níveis de COS.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Caracterização física dos solos

A caracterização física das camadas de cada solo estudado é apresentada na tabela 3 a,b. Todos os solos apresentaram aumento da densidade do solo (Ds) da camada de 0 - 5 cm para a camada de 5 - 10 cm, quando então este aumento passou a ser mais discreto até 1 m de profundidade. O Argissolo sobre sericita-xisto e os Latossolos sobre gabro e metacalcário apresentaram os menores valores médios de Ds até 40 cm de profundidade. Adicionalmente, destacam-se o Latossolo sobre metacalcário, que apresentou valores médios de Ds inferiores a  $1,0 \text{ g dm}^{-3}$  até 1 m e o Plintossolo sobre serpentinito, cuja Ds manteve-se igual ou superior a  $1,2 \text{ g dm}^{-3}$  em todas as profundidades estudadas. Este solo ainda apresentou os maiores valores médios de densidade de partículas (Dp), nunca inferiores a  $3,69 \text{ g cm}^{-3}$ , seguido pelo Argissolo sobre itabirito, cuja menor valor médio de Dp registrado foi  $2,83 \text{ g cm}^{-3}$ , referente à camada 0 - 5 cm, permanecendo as demais sempre superiores a  $3,0 \text{ g cm}^{-3}$ . Foi registrada a presença de cascalho nos solos desenvolvidos sobre quartzito, sericita-xisto, itabirito, serpentinito e gnaisse. Esse cascalho é constituído por materiais relativamente resistentes ao intemperismo ou, no caso do Plintossolo sobre serpentinito, por petroplintita, a qual chega a constituir aproximadamente 55% da massa deste solo na camada de 50 - 60 cm. Os solos sobre quartzito, itabirito e serpentinito são classificados como de textura média, enquanto aqueles sobre gnaisse, filito e sericita-xisto são argilosos e os sobre gabro e metacalcário são muito argilosos. Entre os solos estudados, o Argissolo sobre itabirito apresentou o maior teor de silte, sempre superior a 45% de sua massa em todas as camadas; o Cambissolo sobre quartzito o menor teor de argila, cujo maior valor médio

registrado foi de 172,7 g kg<sup>-1</sup> a 0 - 5 cm; e os menores teores de areia ocorreram nos Latossolos sobre gabro e metacalcário e Argissolo sobre filito.

Tabela 3 a Caracterização física das camadas dos solos estudados (média de três repetições)

Solo / Rocha de origem	Ds	Dp <sup>(1)</sup>	Casc. <sup>(2)</sup>	Areia <sup>(3)</sup>	Silte <sup>(3)</sup>	Argila <sup>(3)</sup>
	--- g cm <sup>-3</sup> ---		----- g kg <sup>-1</sup> -----			
----- 0 - 5 cm -----						
Cambissolo / Quartzito	1,05	2,59	63	497	330	173
Argissolo / Sericita-xisto	0,69	2,54	126	234	279	487
Latossolo / Gabro	0,68	2,60	0	158	95	747
Argissolo / Itabirito	0,86	2,83	86	213	484	303
Plintossolo / Serpentinó	1,20	3,69	72	461	283	256
Latossolo / Metacalcário	0,79	2,62	0	110	112	778
Argissolo / Gnaíse	1,08	2,80	6	408	199	392
Argissolo / Filito	1,05	2,43	0	129	433	438
----- 5 - 10 cm -----						
Cambissolo / Quartzito	1,31	2,59	67	510	330	160
Argissolo / Sericita-xisto	0,91	2,83	144	271	336	393
Latossolo / Gabro	0,88	2,75	0	155	113	732
Argissolo / Itabirito	0,89	3,20	80	212	503	285
Plintossolo / Serpentinó	1,33	3,95	103	446	321	233
Latossolo / Metacalcário	0,94	2,66	0	100	131	768
Argissolo / Gnaíse	1,17	2,39	25	426	211	363
Argissolo / Filito	1,28	2,59	0	140	431	429
----- 10 - 20 cm -----						
Cambissolo / Quartzito	1,33	2,61	87	487	363	150
Argissolo / Sericita-xisto	0,82	2,57	106	255	359	386
Latossolo / Gabro	0,98	2,62	0	154	131	715
Argissolo / Itabirito	1,01	3,09	54	192	500	308
Plintossolo / Serpentinó	1,34	3,77	79	428	348	224
Latossolo / Metacalcário	0,89	2,69	0	89	132	778
Argissolo / Gnaíse	1,28	2,45	22	406	222	372
Argissolo / Filito	1,34	2,51	0	149	413	438

<sup>(1)</sup> Dados sem repetição; <sup>(2)</sup> g cascalho / kg solo total; <sup>(3)</sup> Fração terra fina seca ao ar

Tabela 3 b Caracterização física das camadas dos solos estudados (média de três repetições)

Solo / Rocha de origem	Ds	Dp <sup>(1)</sup>	Casc. <sup>(2)</sup>	Areia <sup>(3)</sup>	Silte <sup>(3)</sup>	Argila <sup>(3)</sup>
	--- g cm <sup>-3</sup> ---		----- g kg <sup>-1</sup> -----			
----- 30 - 40 cm -----						
Cambissolo / Quartzito	1,32	2,57	63	483	359	158
Argissolo / Sericita-xisto	0,91	2,73	148	244	385	371
Latossolo / Gabro	1,01	2,55	0	136	148	716
Argissolo / Itabirito	1,02	3,14	66	178	500	321
Plintossolo / Serpentinó	1,23	3,94	255	405	358	237
Latossolo / Metacalcário	0,78	2,80	0	77	132	792
Argissolo / Gnaíse	1,39	2,74	32	374	258	368
Argissolo / Filito	1,32	2,61	0	168	308	524
----- 50 - 60 cm -----						
Cambissolo / Quartzito	1,34	2,65	66	490	347	163
Argissolo / Sericita-xisto	1,13	2,76	189	244	386	369
Latossolo / Gabro	1,03	2,82	0	127	151	722
Argissolo / Itabirito	1,10	3,11	123	200	477	322
Plintossolo / Serpentinó	1,36	3,73	548	412	342	246
Latossolo / Metacalcário	0,74	2,73	0	78	125	797
Argissolo / Gnaíse	1,24	2,63	20	362	322	316
Argissolo / Filito	1,28	2,77	0	141	292	567
----- 90 - 100 cm -----						
Cambissolo / Quartzito	1,28	2,56	71	497	345	158
Argissolo / Sericita-xisto	1,39	2,74	309	328	370	302
Latossolo / Gabro	1,00	2,82	0	123	139	737
Argissolo / Itabirito	1,24	3,44	126	231	458	311
Plintossolo / Serpentinó	1,32	3,80	432	394	333	272
Latossolo / Metacalcário	0,77	2,78	0	77	96	827
Argissolo / Gnaíse	1,15	2,77	6	379	395	226
Argissolo / Filito	1,29	2,71	0	125	238	636

<sup>(1)</sup> Dados sem repetição; <sup>(2)</sup> g cascalho / kg solo total; <sup>(3)</sup> Fração terra fina seca ao ar

## 6.2 Caracterização mineralógica e geoquímica dos solos

De acordo com os difratogramas de raios-X (Anexo A), os minerais gibbsita e goethita ocorreram na fração argila de todos os solos. A caulinita e hematita foram registradas em sete e seis dos oito solos estudados, respectivamente, enquanto a magnetita ocorreu apenas no Plintossolo derivado do serpentinito. Dentre os minerais 2:1, vermiculita com cátions hidroxilados

entre camadas (VHE), as quais não registraram expansão após solvatação por etileno glicol, também foram observadas em três solos dos oito solos estudados (Anexo A). Araujo et al. (2014) sugeriram que os solos estudados podem ser genericamente agrupados em caulíníticos (Argissolos sobre gnaiss e filito), caulíníticos com minerais 2:1 (Argissolos sobre sericita-xisto e itabirito, Cambissolo sobre quartzito), gibbsítico (Latossolo sobre metacalcário), hematítico (Plintossolo sobre serpentinito) e gibbsítico-hematítico (Latossolo sobre gabro). Contudo, parece mais razoável classificar o último como misto, por conter proporções aparentemente homogêneas de hematita, gibbsita e caulinita, esta altamente cristalina e capaz de formar domínios orientados (Figuras 18 e 19).

Foi observado aumento da área de superfície específica (ASE) com o aumento da profundidade em todos os solos estudados, tendo os Latossolos sobre metacalcário e gabro registrado os maiores valores médios para este parâmetro (Tabela 4). O Argissolo sobre itabirito, o Plintossolo sobre serpentinito e o Latossolo sobre gabro registraram os maiores teores de  $Fe_2O_3$  extraídos por oxalato e DCB, i.e. de óxidos de Fe amorfos e totais, em todas as profundidades estudadas. Por outro lado, o Argissolo sobre sericita-xisto e os Latossolos sobre gabro e metacalcário apresentaram os maiores teores de  $Al_2O_{3ox}$  (óxidos de Al amorfos). Contudo, à exceção dos Argissolos sobre sericita-xisto, itabirito e filito, mesmo quando utilizado o DCB, conseguiu-se extrair apenas cerca de 1/3 dos teores totais de Fe quantificados por espectrometria de energia dispersiva de raios-X (EDS), realizada em microscópio eletrônico de varredura (Araujo et al., 2014). Ainda, é possível observar que os teores de  $Fe_2O_{3DCB}$  apresentaram elevação da camada de 0 - 5 cm para as mais profundas. Por outro lado, os teores de  $Fe_2O_{3ox}$  e  $Al_2O_{3ox}$  apresentaram comportamento inverso, com redução dos valores em profundidade, com exceção do Latossolo sobre metacalcário para o  $Al_2O_{3ox}$ , e do

Latossolo sobre gabro e do Argissolo sobre filito, para ambos os óxidos. A relação  $Fe_{ox}/Fe_{DCB}$ , concomitantemente, também apresentou redução em profundidade, com exceção do Argissolo sobre itabirito e do Plintossolo sobre serpentinito. Os Argissolos sobre itabirito e filito e o Plintossolo sobre serpentinito apresentaram maior teor de  $Fe_2O_{3ox}$  em relação ao de  $Al_2O_{3ox}$  em todas as profundidades estudadas, enquanto o Latossolo sobre gabro apresentou esse comportamento apenas na profundidade de 0 - 5 cm. Estes resultados estão de acordo com Rodrigues e Klamt (1978) que observaram o decréscimo da proporção de óxidos de ferro amorfos com a profundidade, em resposta à redução dos teores de COS, visto que os compostos orgânicos tendem a reter óxidos de ferro, prevenindo ou retardando a sua cristalização, o que explicaria tal distribuição. Demais informações sobre a descrição pedológica e fertilidade dos solos estudados podem ser consultadas em Araujo et al. (2014).

Tabela 4 Valores médios de ASE e dos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  obtidos por diferentes extratores (média de três repetições)

Solo / Rocha de origem	ASE	$\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{DCB}}$	$\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{ox}}$	$\text{Al}_2\text{O}_{3\text{ox}}$	$\text{Fe}_{\text{ox}}/\text{Fe}_{\text{DCB}}$
	$\text{m}^2 \text{g}^{-1}$	g $\text{kg}^{-1}$			-
----- 0 - 5 cm -----					
Cambissolo / Quartzito	4,2	25,1	2,14	2,50	0,09
Argissolo / Sericita-xisto	17,4	102,4	5,74	9,70	0,06
Latossolo / Gabro	26,3	175,1	8,56	6,91	0,05
Argissolo / Itabirito	11,3	305,8	8,58	4,36	0,03
Plintossolo / Serpentinó	14,8	190,8	11,4	4,46	0,07
Latossolo / Metacalcário	37,0	67,3	3,86	8,83	0,08
Argissolo / Gnaisse	12,8	33,5	2,31	3,23	0,08
Argissolo / Filito	17,7	109,1	3,31	2,33	0,03
----- 30 - 40 cm -----					
Cambissolo / Quartzito	7,0	27,2	2,09	2,43	0,08
Argissolo / Sericita-xisto	23,7	110,4	4,66	8,39	0,05
Latossolo / Gabro	35,5	187,5	6,79	7,92	0,04
Argissolo / Itabirito	16,0	306,6	10,7	3,59	0,04
Plintossolo / Serpentinó	21,7	215,4	9,85	4,23	0,05
Latossolo / Metacalcário	43,2	71,5	2,80	9,45	0,05
Argissolo / Gnaisse	15,9	34,9	1,56	3,20	0,05
Argissolo / Filito	25,2	128,8	3,42	3,00	0,03
----- 90 - 100 cm -----					
Cambissolo / Quartzito	7,6	26,7	1,92	2,42	0,07
Argissolo / Sericita-xisto	23,4	123,5	3,98	7,10	0,04
Latossolo / Gabro	36,0	189,3	6,07	8,08	0,03
Argissolo / Itabirito	17,7	385,9	11,3	2,84	0,04
Plintossolo / Serpentinó	23,6	205,0	11,6	3,72	0,07
Latossolo / Metacalcário	43,3	69,9	2,70	9,51	0,05
Argissolo / Gnaisse	11,1	26,5	0,46	1,68	0,02
Argissolo / Filito	32,4	148,5	3,38	2,71	0,02

### 6.3 Carbono e nitrogênio totais

O Cambissolo sobre quartzito e o Latossolo sobre gabro foram os solos que apresentaram os menores e maiores teores médios de COS ao longo do primeiro metro do perfil (Tabela 5). Os Latossolos sobre gabro e metacalcário e o Plintossolo sobre serpentinito apresentaram altos teores ( $>10 \text{ g kg}^{-1}$ ) de COS mesmo a 1 m de profundidade. Ainda, destacam-se os Argissolos derivados do itabirito e sericita-xisto, os quais, em conjunto com o Latossolo sobre gabro,

registraram os maiores teores médios de COS nos primeiros 10 cm do perfil. Apesar da relação direta entre os teores de COS e N nos solos, os teores de N não apresentaram o mesmo padrão de distribuição do COS entre os solos. De fato, o Cambissolo sobre quartzito registrou o menor teor médio de N ao longo do primeiro metro do perfil, porém os maiores teores variaram entre os solos estudados. Isto se refletiu também na flutuação da relação C/N entre as profundidades, para a qual não foi viável atribuir um padrão de elevação ou redução, com os menores valores observados no Argissolo sobre itabirito, que é o solo com maior fertilidade dentre os estudados (Anexo A).

Tabela 5 Valores médios dos teores de C, N e da relação C/N do solo (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas

Solo / Rocha de origem	Profundidade (cm)					
	0-5	5-10	10-20	30-40	50-60	90-100
----- C (g kg <sup>-1</sup> solo) -----						
Cambissolo / Quartzito	31,4	19,3	14,2	8,8	6,9	6,3
Argissolo / Sericita-xisto	62,3	47,5	42,0	30,7	18,5	6,7
Latossolo / Gabro	69,4	58,4	43,5	36,6	24,7	20,4
Argissolo / Itabirito	55,4	32,3	24,1	15,4	10,8	6,3
Plintossolo / Serpentinó	35,4	26,1	21,7	15,1	18,9	12,7
Latossolo / Metacalcário	41,3	27,8	22,3	15,7	13,6	11,9
Argissolo / Gnaíse	33,3	26,5	16,3	14,2	9,2	5,4
Argissolo / Filito	30,9	22,3	17,7	12,3	9,0	4,7
----- N (g kg <sup>-1</sup> solo) -----						
Cambissolo / Quartzito	2,29	1,50	1,12	0,64	0,50	0,42
Argissolo / Sericita-xisto	4,35	3,24	2,95	2,21	1,31	0,51
Latossolo / Gabro	4,46	3,68	2,70	2,26	1,41	1,09
Argissolo / Itabirito	5,85	3,30	2,42	1,48	1,03	0,58
Plintossolo / Serpentinó	2,55	1,90	1,62	1,04	1,34	0,90
Latossolo / Metacalcário	2,80	1,92	1,53	0,97	0,79	0,64
Argissolo / Gnaíse	2,66	2,22	1,39	1,26	0,71	0,44
Argissolo / Filito	2,52	1,86	1,47	0,98	0,71	0,40
----- C/N solo -----						
Cambissolo / Quartzito	13,8	12,9	12,8	13,7	13,9	14,8
Argissolo / Sericita-xisto	14,3	14,6	14,2	13,9	14,1	13,2
Latossolo / Gabro	15,6	15,9	16,1	16,2	17,6	18,7
Argissolo / Itabirito	9,5	9,8	10,0	10,4	10,8	11,0
Plintossolo / Serpentinó	13,8	13,8	13,4	14,5	14,8	16,2
Latossolo / Metacalcário	14,8	14,4	14,7	16,2	17,2	18,4
Argissolo / Gnaíse	12,5	12,0	11,7	11,5	12,9	12,0
Argissolo / Filito	12,3	12,0	12,0	12,5	12,6	11,8

A figura 4 a,b facilita a visualização do comportamento dos teores médios de COS, N e valores médios de Ds ao longo do primeiro metro do perfil. As variáveis apresentaram pequenos valores de erro padrão da média, sendo os maiores erros registrados para o COS e mais comumente nas três primeiras profundidades estudadas. De maneira geral, os teores de C e N tenderam a diminuir, e a Ds a aumentar com a profundidade. Os valores sofreram acentuada redução até 20 cm para o COS e N, ou elevação até 10 cm para a Ds, quando então reduz-se a inclinação da curva, refletindo-se em redução da variação

destes valores entre as profundidades. Contudo, destacam-se os Argissolos sobre itabirito e sericita-xisto e o Latossolo derivado do gabro, os quais apresentaram altos teores de COS em superfície, que sofreram uma queda acentuada a medida que se aprofundou no perfil.

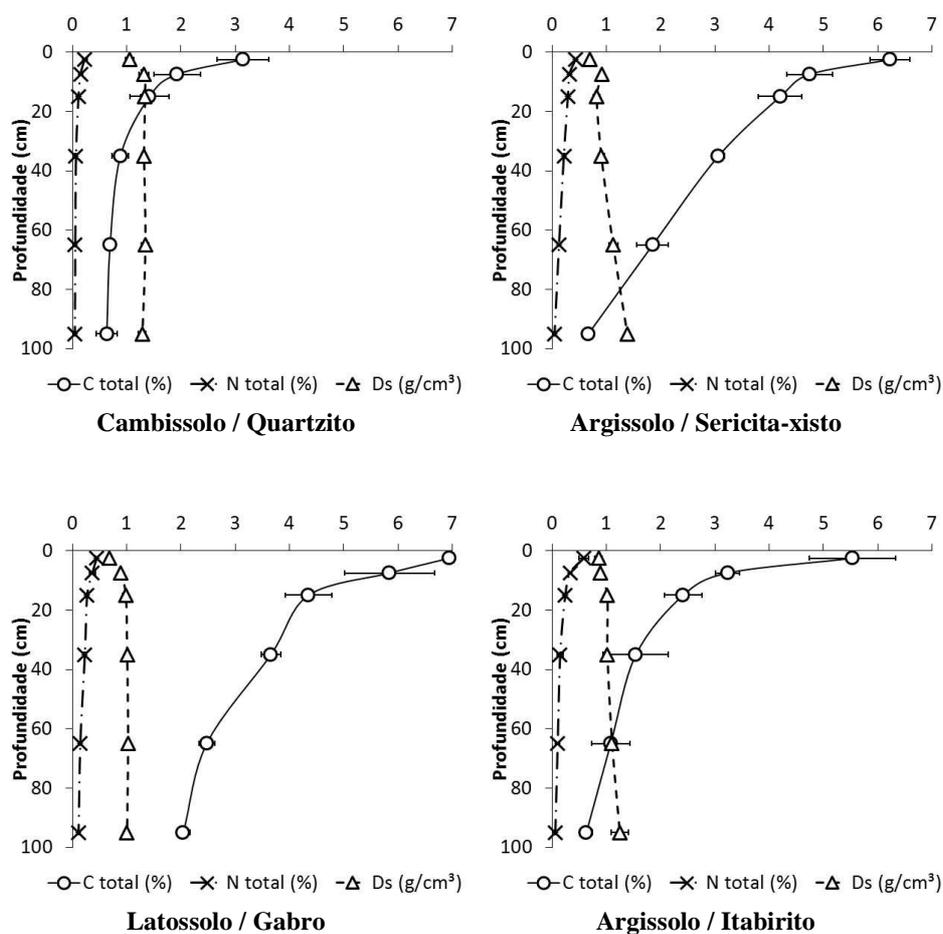


Figura 4 a Valores médios dos teores de C, N e da densidade do solo (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas

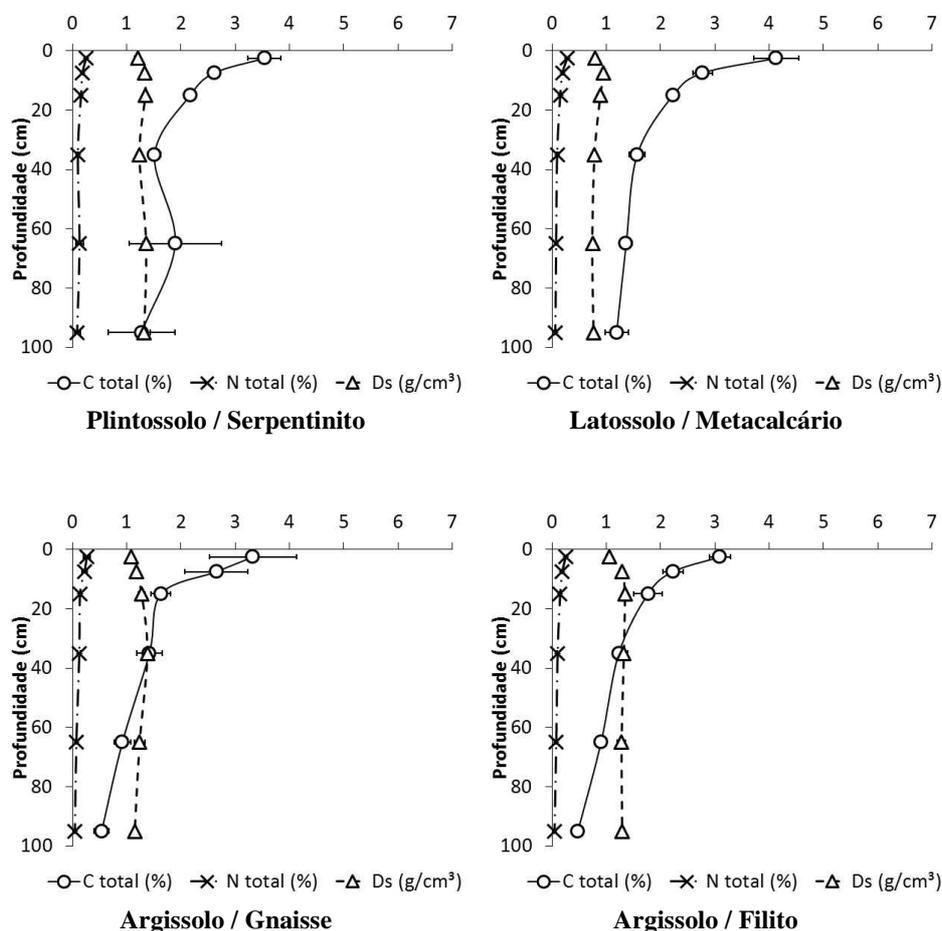


Figura 4 b Valores médios dos teores de C, N e da densidade do solo (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas

Na tabela 6 é possível observar que os teores de COS nas frações granulométricas areia, silte e argila tenderam a diminuir em profundidade, conforme esperado. O Cambissolo sobre quartzito apresentou os menores teores de COS nas frações areia e silte até 40 cm de profundidade, e a 90 - 100 cm o Argissolo derivado do gnaiss passou a registrar o menor teor de COS nestas

frações. Os maiores teores de COS na fração areia foram registrados pelos Latossolos sobre metacalcário e gabro e Argissolo sobre sericita-xisto. Os maiores teores de COS associados à fração silte foram observados no Latossolo derivado do gabro. O COS associado à fração areia compreende principalmente resíduos orgânicos pouco decompostos, em especial raízes (ver seções finas no Anexo A). Não houve nítida diferenciação entre solos mais ricos ou mais pobres em COS associado à fração argila nas três profundidades estudadas.

Para apreciar a partição do COS pelas diferentes frações granulométricas, foram calculados os reservatórios percentuais em cada uma (Tabela 6). A maior parte do COS total (entre 62% e 89% do COS total) está associada à fração argila em todos os solos e profundidades estudadas.

As maiores relações C/N das frações areia e silte foram registradas no Latossolo sobre gabro, e da fração argila no Cambissolo sobre quartzito em todas as profundidades estudadas. O Argissolo sobre itabirito apresentou as menores relações C/N em todas as frações nos primeiros 5 cm de profundidade. A fração argila apresentou relação C/N menor ou semelhante àquela registrada no solo e frações granulométricas mais grosseiras, com destaque aos Argissolos sobre filito, gnaisse e itabirito, com valores abaixo de 10 em todas as profundidades estudadas (Tabela 6).

Tabela 6 Valores médios dos teores de C, N e da relação C/N das frações granulométricas areia, silte e argila (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas

Solo / Rocha de origem	C (g kg <sup>-1</sup> fração)			C presente na fração (%C total)			C/N (adimensional)		
	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila
----- 0 - 5 cm -----									
Cambissolo / Quartzito	4,6	12,7	90,5	7,3	13,5	79,2	16,4	16,9	13,9
Argissolo / Sericita-xisto	33,9	30,5	57,9	12,7	13,6	73,7	19,9	15,7	12,5
Latossolo / Gabro	37,6	77,2	51,8	8,6	10,6	80,8	22,6	18,7	11,4
Argissolo / Itabirito	30,7	29,2	69,0	11,6	25,5	62,8	14,1	10,2	6,8
Plintossolo / Serpentinó	11,5	24,4	73,8	14,8	19,5	65,7	17,9	14,9	11,8
Latossolo / Metacalcário	44,1	51,7	29,5	11,5	13,6	74,9	21,6	15,9	13,1
Argissolo / Gnaisse	6,3	17,3	34,4	7,6	10,5	81,9	16,0	13,6	7,6
Argissolo / Filito	39,2	14,8	35,0	13,3	19,7	66,9	14,3	14,1	8,6
----- 30 - 40 cm -----									
Cambissolo / Quartzito	1,1	3,9	34,5	6,2	15,6	78,2	13,4	17,7	14,0
Argissolo / Sericita-xisto	16,2	14,2	36,8	12,4	17,8	69,7	30,9	15,4	12,7
Latossolo / Gabro	8,7	24,9	21,6	3,2	9,9	86,8	45,4	20,4	12,1
Argissolo / Itabirito	7,0	7,4	22,3	7,6	24,7	67,6	36,7	15,4	5,8
Plintossolo / Serpentinó	2,6	9,4	34,8	6,7	21,9	71,4	35,4	16,4	12,3
Latossolo / Metacalcário	4,6	14,3	14,5	2,2	12,1	85,7	45,2	17,1	13,0
Argissolo / Gnaisse	1,5	5,6	14,2	4,2	10,5	85,2	14,9	15,2	6,9
Argissolo / Filito	3,1	7,7	14,8	4,3	19,2	76,5	23,6	13,7	7,7
----- 90 - 100 cm -----									
Cambissolo / Quartzito	1,3	2,4	26,8	10,6	13,3	76,1	13,3	15,3	17,6
Argissolo / Sericita-xisto	2,8	2,6	13,2	13,7	14,5	71,8	20,5	10,6	15,9
Latossolo / Gabro	3,9	11,9	14,9	2,3	8,0	89,7	58,6	21,5	8,9
Argissolo / Itabirito	2,5	2,9	11,4	8,9	22,3	68,8	25,9	14,8	6,0
Plintossolo / Serpentinó	3,0	9,0	32,3	8,7	22,2	69,1	15,4	15,8	14,1
Latossolo / Metacalcário	2,7	11,8	11,6	1,8	10,5	87,7	15,8	19,6	15,9
Argissolo / Gnaisse	0,9	1,8	8,3	7,6	14,9	77,5	10,2	12,5	3,4
Argissolo / Filito	2,8	3,6	5,2	7,4	19,2	73,4	18,3	11,5	8,3

Na figura 5 a,b é possível observar o comportamento da relação C/N das frações granulométricas e do solo no primeiro metro de cada perfil. Nota-se que, da profundidade de 0 - 5 cm para a de 30 - 40 cm, houve um aumento abrupto da relação C/N da fração areia, seguida de redução abrupta para a de 90 - 100 cm, para valores semelhantes aos observados na camada de 0 - 5 cm, excetuando-se o Latossolo sobre gabro, Argissolo sobre gnaisse e Cambissolo sobre quartzito, que mantiveram a tendência de aumento em profundidade. De maneira geral, as relações C/N das frações silte e argila apresentaram um comportamento semelhante ao da terra fina, mantendo-se em torno de 15 e variando pouco em profundidade.

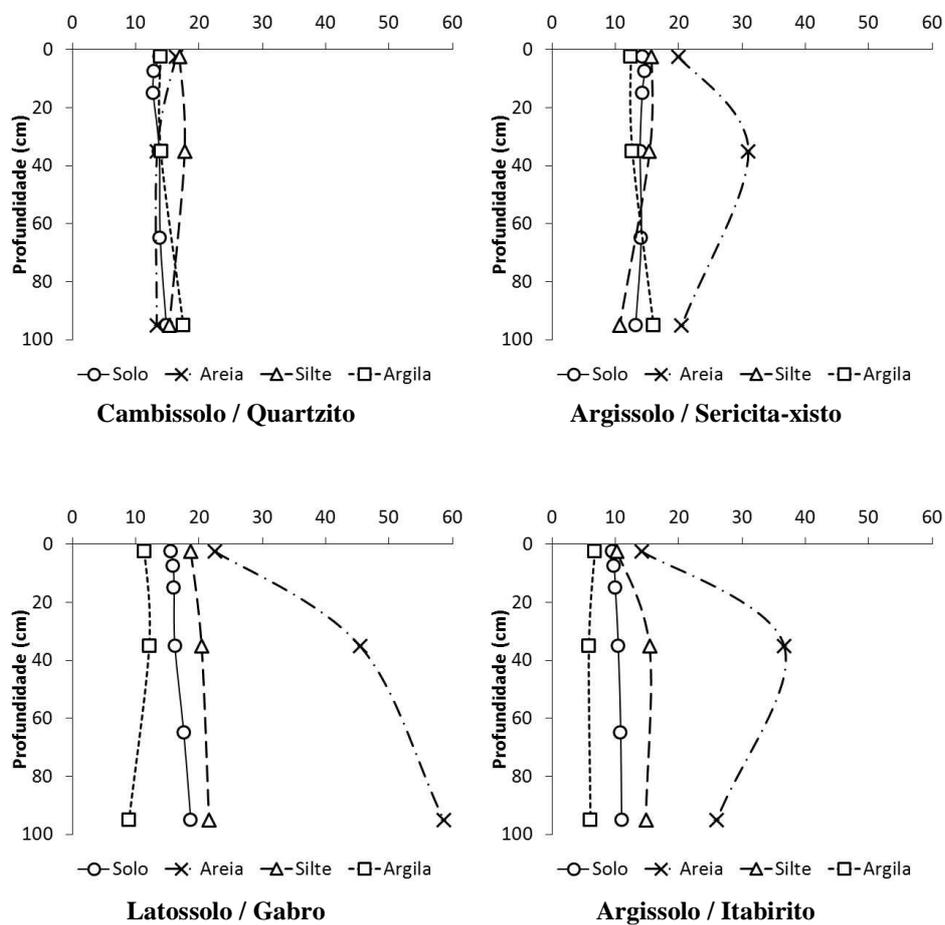


Figura 5 a Valores médios das relações C/N das frações areia, silte e argila e do solo (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas

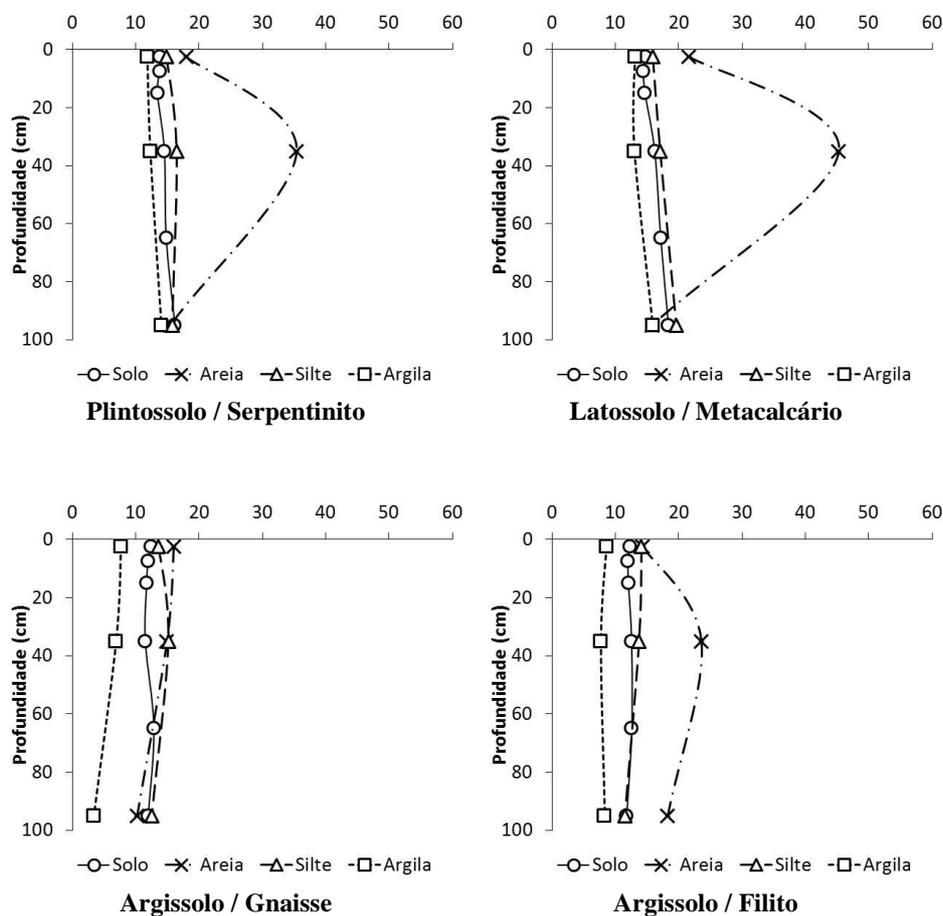


Figura 5 b Valores médios das relações C/N das frações areia, silte e argila e do solo (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas

O Latossolo sobre gabro apresentou maior estoque de COS do solo nos primeiros 20 cm do perfil quando comparado ao Latossolo sobre metacalcário, Cambissolo sobre quartzito e Argissolos sobre itabirito, gnaiss e filito. Já nas camadas de 0 - 40 cm e 0 - 100 cm, o Latossolo sobre gabro registrou os maiores estoques de COS frente aos demais solos estudados (Tabela 7). Os estoques de

N, por sua vez, foram maiores no Latossolo sobre gabro e Argissolo sobre itabirito com relação ao Argissolo sobre gnaiss e ao Cambissolo sobre quartzito na camada de 0 - 20 cm. Nas camadas de 0 - 40 cm e 0 - 100 cm, apenas o Latossolo sobre gabro registrou os maiores estoques de N com relação ao Argissolo sobre gnaiss e ao Cambissolo sobre quartzito. É notável que a amplitude entre o maior e o menor estoque entre os solos é maior para o COS que para o N, e tendeu a aumentar com o incremento em profundidade. Os coeficientes de variação oscilaram de 14,5% a 23,5% e evidenciam que houve variação razoável entre os solos.

Tabela 7 Estoques médios de C e N do solo (média de três repetições) nas diferentes profundidades estudadas

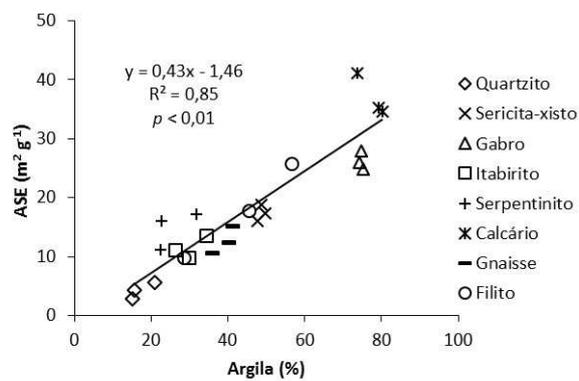
Solo/Rocha de origem	----- Estoques (Mg ha <sup>-1</sup> ) -----					
	0 - 20 cm		0 - 40 cm		0 - 100 cm	
	C	N	C <sup>(1)</sup>	N	C	N
Cambissolo/Quartzito	43,4b	3,3 b	68,0 c	5,1 bc	117,4 b	8,6 b
Argissolo/Sericita-xisto	67,5 ab	4,7 ab	118,4 b	8,4 abc	198,9b	14,2 ab
Latossolo/Gabro	91,4 a	5,8 a	167,9 a	10,5 a	313,8 a	18,7a
Argissolo/Itabirito	57,6 b	5,9 a	91,4 bc	9,2 ab	148,1 b	14,6 ab
Plintossolo/Serpentinito	61,9 ab	4,5 ab	96,0 bc	6,9 abc	160,9 b	11,5 ab
Latossolo/Metacalcário	49,0 b	3,4 b	77,2 bc	4,8 c	136,3 b	8,5 b
Argissolo/Gnaiss	55,3 b	4,6 ab	93,6 bc	7,9 abc	155,7 b	12,9 ab
Argissolo/Filito	52,4 b	4,3 ab	89,4 bc	7,3 abc	144,7 b	11,8 ab
Coef. de variação (%)	14,5	15,7	17,1	19,8	20,2	23,5

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk ao nível de 5% de probabilidade de erro, os dados apresentam distribuição normal; Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro; <sup>(1)</sup> Dados transformados por  $(n)^{1,65}$  pelo teste de Bartlett ao nível de 5% de probabilidade de erro.  $n$  = dado amostrado

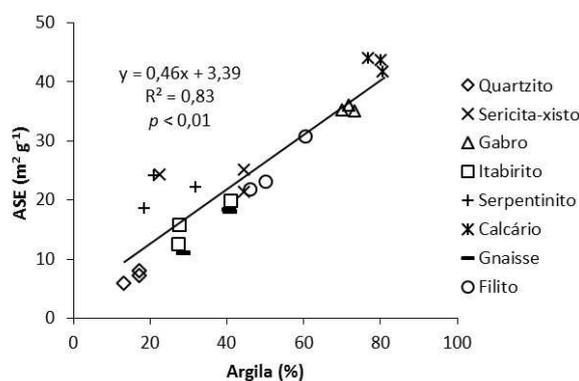
#### 6.4 Relações entre as características estudadas

Com o intuito de melhor descrever os perfis estudados e compreender os resultados obtidos, foram testadas diversas correlações entre as variáveis pedológicas analisadas. Não foram observadas correlações significativas (dados não apresentados) entre: ASE vs Fe<sub>2</sub>O<sub>3 ox</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3 DCB</sub>; ASE vs Al<sub>2</sub>O<sub>3 ox</sub>; Fe<sub>2</sub>O<sub>3 ox</sub> e

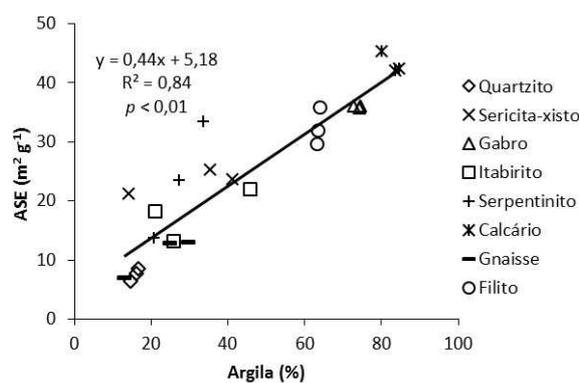
$\text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{DCB}}$  vs teor de argila e  $\text{Al}_2\text{O}_3_{\text{ox}}$  vs teor de argila. Por outro lado, foi verificada a existência de uma relação direta e positiva ( $R^2 > 0,72$ ) entre os teores de COS e N nos solos (dados não apresentados), em cinco das seis profundidades estudadas, embora os teores de N não apresentem o mesmo padrão de distribuição do C entre os solos. A figura 6 evidencia a existência de uma relação linear e positiva entre a ASE e o teor de argila dos solos, conforme registrado por Zinn et al. (2007b) para solos caulíníticos da bacia do São Francisco, MG. Nota-se que os perfis cuja mineralogia é caulínítica apresentaram melhor ajuste, com os pontos localizados mais próximos ou sobre as linhas de regressão. Para as três profundidades, o declive das funções é similar (0,43 a 0,46), enquanto o intercepto aumenta em profundidade, em acordo com os maiores valores de ASE para solos com menores teores de COS.



(a)



(b)



(c)

Figura 6 Análise de regressão (modelo linear) entre ASE vs teor de argila dos solos estudados nas profundidades: (a) 0 - 5 cm, (b) 30 - 40 cm e (c) 90 - 100 cm

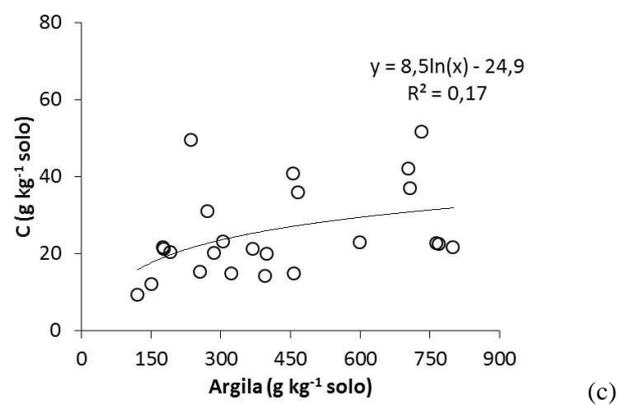
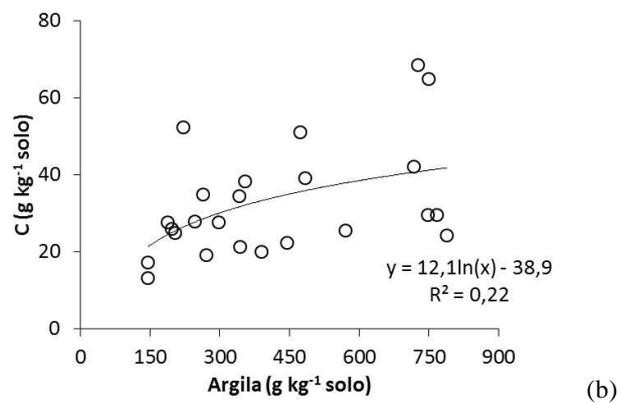
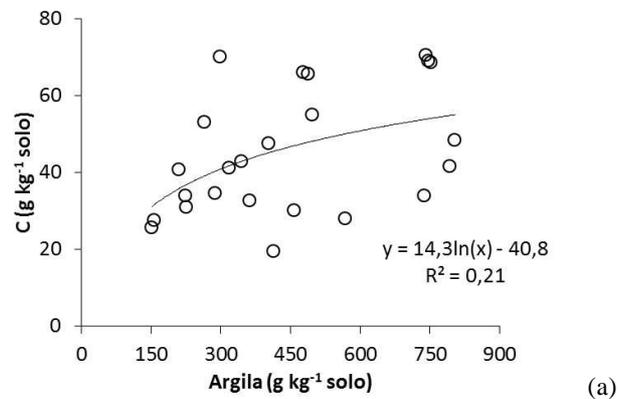


Figura 7 a Análise de regressão (modelo logarítmico) entre teor de C no solo vs teor de argila, nas profundidades: (a) 0 - 5 cm, (b) 5 - 10 cm, (c) 10 - 20 cm

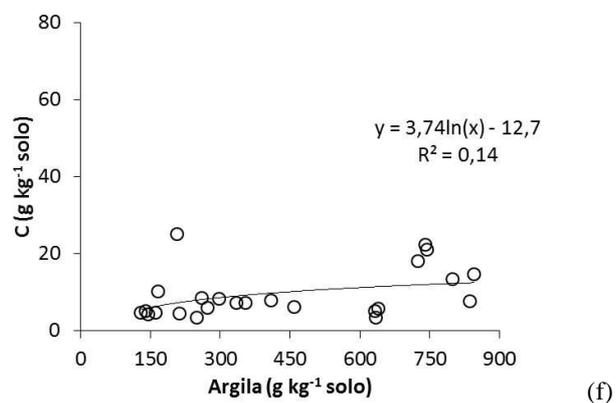
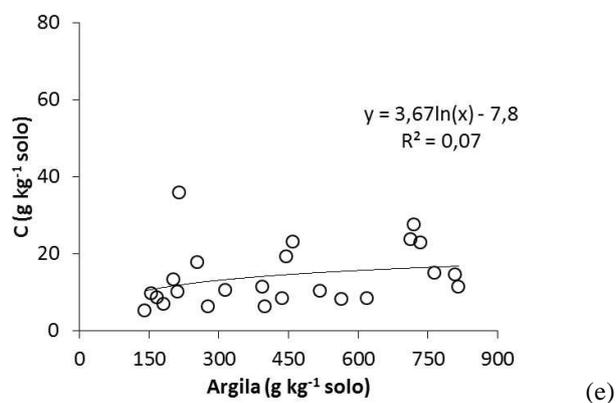
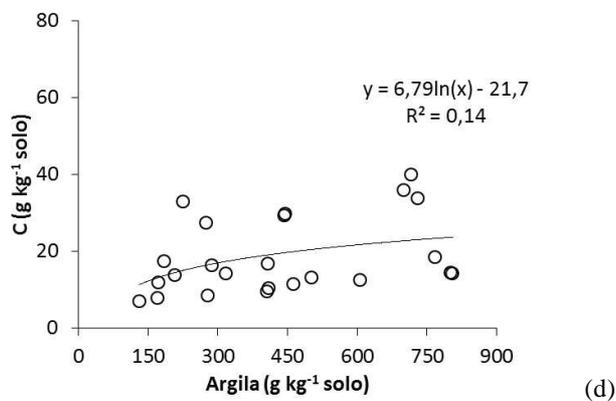


Figura 7 b Análise de regressão (modelo logarítmico) entre teor de C no solo vs teor de argila, nas profundidades: (d) 30 - 40 cm, (e) 50 - 60 cm e (f) 90 - 100 cm

A figura 7 a,b apresenta as correlações obtidas entre os teores de COS e os da fração argila, as quais mostraram-se irrelevantes. A tentativa de se obter correlações entre os teores de COS vs teores de argila + silte revelou coeficientes ainda menores. Os baixos valores sugerem que, na região de estudo, a textura do solo não pode ser apontada como um controle principal da retenção de COS, em contraposição aos dados de Feller et al. (1991) e Zinn, Lal e Resck (2005b). Concomitantemente, também parece não haver efeito da ASE sobre a retenção de COS, independente da profundidade estudada (Figura 8), em contradição a Zinn et al. (2007b).

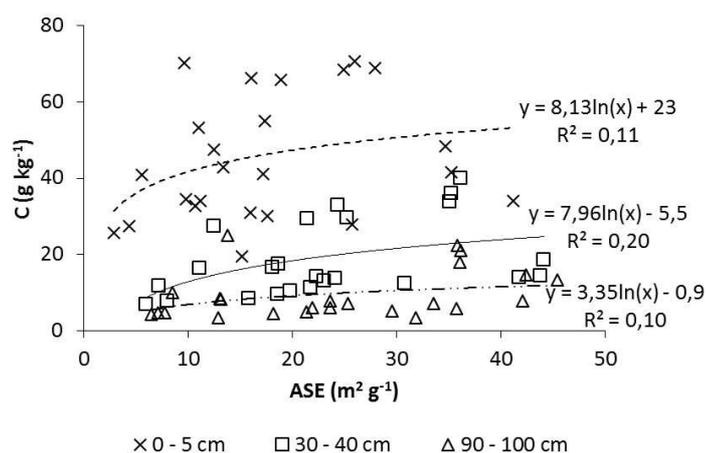


Figura 8 Análise de regressão (modelo logarítmico) entre teor de C no solo vs ASE nas diferentes profundidades estudadas

Uma vez que a retenção de COS não foi explicada por controle textural, cogitou-se que a mineralogia do solo poderia ser o principal fator no controle desta retenção. Embora os teores de COS sejam melhor correlacionados a  $Al_2O_{3ox}$  e  $Fe_2O_{3ox}$  (Figura 9a), os coeficientes de determinação são baixos ( $<0,4$ ) e os baixos teores dessas fases amorfas, acrescidos dos valores ainda menores de  $R^2$  registrados entre COS e  $Fe_2O_{3DCB}$  e  $Fe_{ox}/Fe_{DCB}$  (Figura 9b), não dão suporte à

hipótese do controle mineralógico. Este resultado contrasta com os obtidos por Thaymuang et al. (2013), que reportaram o controle efetivo exercido pela mineralogia na estabilização do COS em 12 Latossolos e Argissolos subtropicais dispersos pelo norte, nordeste e leste da Tailândia.

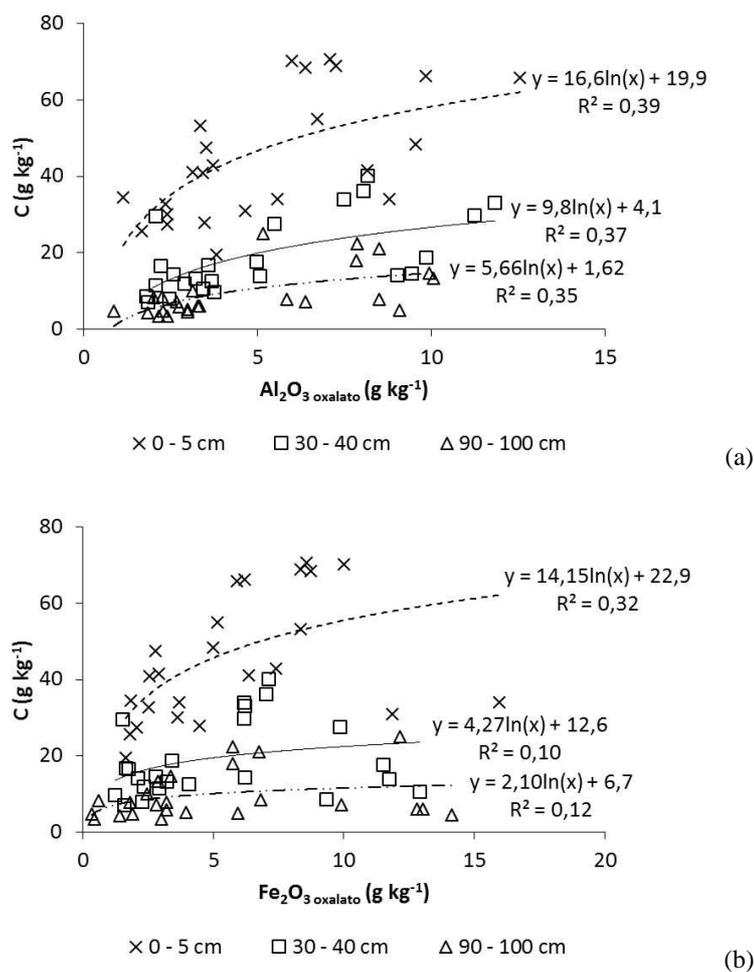


Figura 9 a Análise de regressão (modelo logarítmico) entre teor de C no solo vs: (a) teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  oxalato, (b) teor de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oxalato

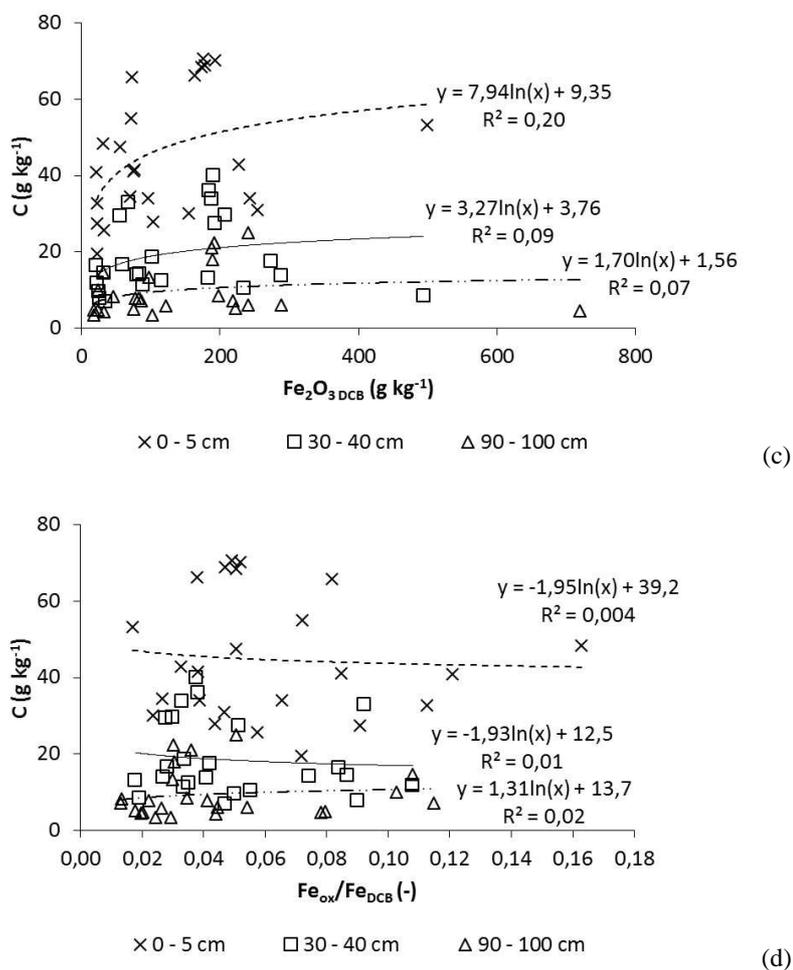


Figura 9 b Análise de regressão (modelo logarítmico) entre teor de C no solo vs: (c) teor de  $Fe_2O_{3 \text{ DCB}}$  e (d) relação  $Fe_{ox}/Fe_{DCB}$ ; nas diferentes profundidades estudadas

A possibilidade de haver um controle textural ou mineralógico sobre os estoques de COS ( $Mg \text{ ha}^{-1}$ ) também foi descartada, visto que não obteve-se boas relações ( $R^2 < 0,49$ ) entre os estoques de COS vs teor de argila, ASE,  $Fe_2O_{3 \text{ DCB}}$  e  $Fe_2O_{3 \text{ ox}}$  e  $Al_2O_{3 \text{ ox}}$ .

Embora o teor de COS total seja pouco influenciado pela textura do solo, o teor de COS em cada fração granulométrica (areia, silte e argila) se mostrou dependente do teor da respectiva fração no solo, na camada de 0 - 5 cm. A figura 10 ilustra o chamado “efeito de diluição” (AMELUNG et al., 1998), no qual o COS tende a diluir-se ou concentrar-se com o aumento ou diminuição do teor da fração correlata, sendo considerado o responsável pela dificuldade em interpretar o papel de cada fração na retenção de COS (ZINN et al., 2007b). O efeito de diluição de COS não é um artefato do método de fracionamento do solo, e sim um processo que ocorre espontaneamente na matriz do solo em condições de campo. Segundo a figura 10, os solos com menor teor de argila são aqueles em que esta fração possui o maior teor de COS. Isto pode ser visualizado na tabela 6 e nas figuras apresentadas no Anexo A, na qual observa-se a cor escura pronunciada do material fino na matriz do horizonte A do Cambissolo sobre quartzito (Figura 11), em contrapartida, o material fino da matriz do Latossolo sobre metacalcário (Figura 25) mostra coloração muito clara, devida aos baixos teores de COS na fração argila, que permeia domínios muito mais volumosos de argila, e, por isso, torna-se relativamente diluído. Tendência similar foi observada por Zinn et al. (2007a) nas frações areia, silte e argila.

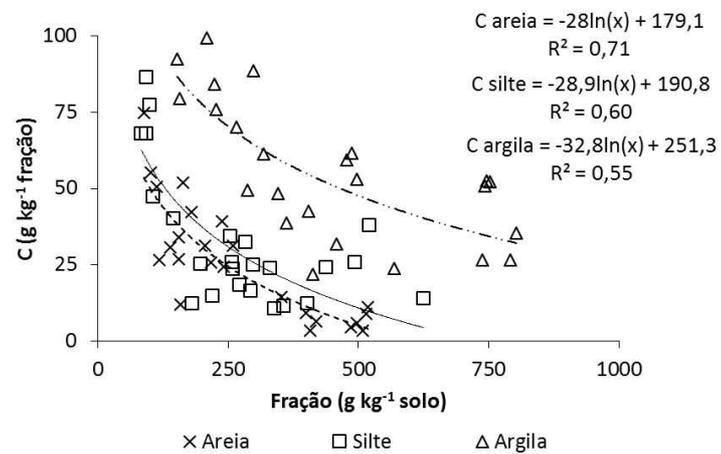


Figura 10 Análise de regressão (modelo logarítmico) entre teor de C nas frações areia, silte e argila vs teor da respectiva fração na profundidade de 0 - 5 cm

## 7. DISCUSSÃO

### 7.1 Teores e estoques de COS e razão C/N

Os teores médios reportados no presente trabalho mostraram-se superiores aos apresentados por parte considerável dos estudos realizados em solos sob vegetação nativa constantes na literatura. O menor teor médio de COS (média ponderada, referente a camada de 0 - 20 cm, Tabela 5), foi de 19,8 g kg<sup>-1</sup>, registrado pelo Cambissolo sobre quartzito, é superior ao teor médio (por combustão seca) de 16,2 g kg<sup>-1</sup> registrado por Thaymuang et al. (2013) sob floresta plantada ou vegetação nativa na Tailândia. Ainda, o maior teor registrado por estes autores, foi mensurado em 26,9 g kg<sup>-1</sup> em um Argissolo sobre rocha metamórfica. Tal valor corresponde à metade do maior teor médio de COS da camada de 0 - 20 cm do presente trabalho, que foi 53,7 g kg<sup>-1</sup>, referente ao Latossolo sobre gabro, e é menor que o próprio teor médio de COS na mesma camada dos oito solos aqui estudados (32 g kg<sup>-1</sup>). É interessante notar que os relativamente baixos teores de COS registrados por Thaymuang et al. (2013) ocorreram em solos com área de superfície específica (ASE) cerca de 10 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> maior que os valores obtidos para a camada de 0 - 5 cm no presente estudo, o que é devido ao efeito do alto teor de COS revestindo superfícies minerais (ZINN et al., 2007b) e selando os domínios minerais dos microporos, considerados sítios preferenciais de adsorção (KAISER; GUGGENBERGER, 2003), diminuindo, assim, a ASE. Tal efeito é notado também nos maiores valores de ASE em subsuperfície, registrados no presente estudo (Tabela 4).

Em Minas Gerais, a maioria dos dados disponíveis corrobora a percepção de maiores teores de COS no presente trabalho. Skorupa (2013) mensurou, pelo método da combustão úmida, dados referentes a camada de 0 - 20 cm, de 336 solos sob vegetação nativa, amostrados no Inventário Florestal

de Minas Gerais. O menor teor médio de COS desta camada no presente estudo ( $19,8 \text{ g kg}^{-1}$ ) é equivalente ao teor médio ( $18,8 \text{ g kg}^{-1}$ ) e 17% maior que a mediana ( $16,9 \text{ g kg}^{-1}$ ) reportado por aquela autora. Ainda, o teor médio de COS de  $32 \text{ g kg}^{-1}$  de solo do presente trabalho é 70% e 89% superior à média e mediana reportados por Skorupa (2013), respectivamente.

Em contrapartida, Silva, Anderson e Vale (1999) trabalharam com dois solos (0 - 10 cm) sob floresta e cerrado, com texturas muito argilosa e argilosa, em altitudes de 668 m e 1175 m, obtendo teores médios (combustão seca) de COS  $>40 \text{ g kg}^{-1}$  para floresta e  $<25 \text{ g kg}^{-1}$  para cerrado, os quais são, respectivamente, equivalente e correspondente a metade do teor médio de  $38,7 \text{ g kg}^{-1}$  de solo para a mesma camada do presente estudo.

As diferenças encontradas entre os trabalhos podem ser atribuídas, em parte, às diferentes metodologias utilizadas para mensurar o COS. Contudo é mais provável que os maiores teores aqui reportados sejam devidos a diferenças de altitude entre as áreas amostradas, visto que o solo de menor altitude no presente estudo é 889 m (Latosolo sobre metacalcário). Diversos autores (DALMOLIN et al., 2006; CUNHA et al., 2009; MANOJLOVIĆ, ČABILOVSKI; SITAULA, 2011; VIEIRA et al., 2011; MCFARLANE et al., 2013) constataram que locais de maior altitude tendem a registrar temperaturas menores e maior umidade, o que pode resultar em maior produtividade primária, menor atividade da biota edáfica, menores taxas de decomposição orgânica e maior tempo médio de ciclagem do COS. Com efeito, Zinn et al. (2012) compilando os teores de COS (combustão úmida) em 100 perfis de solo, no sul de Minas Gerais, constaram que solos em altitude de até 800 m tendem a apresentaram menor teor de COS no horizonte A e valores nulos a cerca de 1,5 m de profundidade, ao passo que solos sob altitudes maiores que 800 m tendem a registrar teores de COS entre 1 e  $4 \text{ g kg}^{-1}$  até 2 m de profundidade, reforçando

a noção de que, no presente trabalho, pode haver o efeito desse controle exercido pela altitude na retenção de COS, resultando em teores relativamente altos.

Estudos referentes ao particionamento de COS pelas frações granulométricas do solo possibilitam melhor avaliar o grau de alteração e verificar a existência de um possível controle exercido pela textura sobre a retenção de COS. Os reservatórios de COS na fração argila (Tabela 6) variaram entre 63% e 82% do C total mensurado na camada de 0 - 5 cm, e entre 69 % e 90% na camada de 90 - 100 cm. Para três solos de diferentes texturas, sob Cerrado no Vale do São Francisco, os reservatórios na fração argila foram relativamente menores, variando entre 50 e 62% (0 - 5 cm) e 62% e 82% (90 - 100 cm) (ZINN et al., 2007b). Também na região Sul de Minas Gerais, em altitudes acima de 800 m, os reservatórios de COS particulado (tamanho areia) foram próximos a somente 10% do COS total (FIALHO, 2012; SANTOS, 2012). Desta forma, pode-se interpretar esses resultados como evidência de um mais avançado grau de humificação do COS região Sul de Minas Gerais, posto que os reservatórios de COS particulado são menos expressivos nos oito solos estudados.

A razão C/N do solo <2 mm variou entre 9,5-15,6 nos primeiros 5 cm do perfil, e entre 10,9-18,7 na camada de 90 - 100 cm (Tabela 5), uma variação maior que a observada por Zinn et al. (2007b) no Vale do São Francisco, que reportou os valores de 13-14 (0 - 5 cm) e 10-12 (90 - 100 cm). É possível que parte da maior variabilidade reportada no presente estudo seja devido à maior variabilidade na fração argila, que compreende a maior parte do COS total. Segundo a tabela 6, a razão C/N da fração argila variou entre 6,8-13,9 (0 - 5 cm) e 3,4-17,6 (90 - 100 cm), enquanto que os valores reportados por Zinn et al. (2007b) para a fração argila de qualquer profundidade variaram 9,9-12,5. Os baixos valores de relação C/N da argila no presente estudo divergiram do

esperado para esta fração, constituindo uma complexidade que merece ser melhor explorada em estudos posteriores.

Tal como os teores, os estoques de COS até 1 m de profundidade mostraram-se altos e constituem uma base de dados para futuras pesquisas, visto que a maioria dos estudos sobre estoques de COS no Brasil restringem-se aos primeiros 20 cm do perfil. Zinn, Lal e Resck (2005a) e Fialho e Zinn (2014) compilaram uma série de dados de estoques de COS (a maioria obtida por combustão úmida) em áreas sob mata nativa nos diversos biomas brasileiros. A média geral dos 62 solos, compilada dos dois trabalhos, resulta em  $46,6 \text{ Mg ha}^{-1}$  de COS para a camada de 0 - 20 cm, valor ca. 25% inferior ao valor médio de  $59,8 \text{ Mg ha}^{-1}$  obtido no presente estudo para a mesma profundidade amostrada. Quando considerados apenas os 19 solos do bioma Cerrado para a mesma camada (ZINN; LAL; RESCK, 2005a; FIALHO; ZINN, 2014), os valores foram ainda menores, correspondente a  $39,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ , ou  $\sim 20 \text{ Mg ha}^{-1}$  inferior ao presente estudo. Para a camada de 0 - 40 cm, as médias compiladas das duas meta-análises são de  $67 \text{ Mg ha}^{-1}$  e  $69,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  de COS, referentes ao Cerrado (15 solos) e todos os biomas juntos (46 solos), valores estes que são cerca de  $30 \text{ Mg ha}^{-1}$  inferiores ao valor médio de  $100,2 \text{ Mg ha}^{-1}$  de COS obtido para a mesma camada no presente estudo.

Assim como apresentado para os teores de COS, estes altos resultados podem ser atribuídos à diferença de altitude entre os pontos amostrados neste e nos demais estudos, que possibilitou maiores estoques de COS. A literatura para condições brasileiras pode reforçar esta conclusão: Villela et al. (2012) apresentaram dados de um estudo realizado no primeiro metro do perfil de solos sob Mata Atlântica litorânea em gradiente de elevação, com altitudes de 100 m, 400 m e 1000 m, observando estoques de COS respectivos em  $187 \text{ Mg ha}^{-1}$ ,  $234 \text{ Mg ha}^{-1}$  e  $281 \text{ Mg ha}^{-1}$  de COS. O fato de que esses estoques são 8%, 36% e 63% maiores que o estoque médio de COS de  $172 \text{ Mg ha}^{-1}$  (0 - 1 m) no presente

estudo pode ser explicado pela condição de maior umidade no bioma litorâneo de Mata Atlântica, que proporcionou maior acúmulo de COS mesmo em altitudes menores que 800 m.

Ainda, é interessante comparar o estoque médio de COS de  $172 \text{ Mg ha}^{-1}$ , para 0 - 1 m do presente estudo, com valores reportados sob clima temperado úmido, onde supostamente as menores temperaturas poderiam acarretar maiores estoques de COS. No Japão, Morisada, Ono e Hidesato (2004) encontraram valores (combustão úmida) equivalentes em Podzóis sob mata nativa, solos conhecidos por seus altos teores de COS em subsuperfície. Adicionalmente, a média de  $172 \text{ Mg ha}^{-1}$  de COS do presente trabalho é, pelo menos, 25% e 91% maior que os estoques de Cambissolos húmicos e Háplicos, 25% maior que os estoques de Acrissolos e 109% maior que os estoques de Neossolos obtidos pelo mesmo autor naquele país.

## **7.2 Ausência de controles textural e mineralógico da retenção de COS**

Embora tenha havido diferenças significativas nos estoques de COS nos solos formados a partir de diferentes rochas na região de Lavras, aceitando a primeira hipótese estipulada no presente trabalho, os mecanismos envolvidos nessa diferenciação não foram claramente identificados.

As relações apresentadas nas figuras 7 a,b, 8, 9 a,b e 10 não permitem aceitar a hipótese de que o eventual efeito da rocha de origem na retenção de COS é exercido por meio de controles texturais ou mineralógicos. Não somente as correlações entre teores de COS e argila e ASE não foram lineares (Figura 7 a,b), como a grande dispersão dos pontos resultou em baixos coeficientes de determinação ( $R^2 \leq 0,22$ ), tornando-os essencialmente irrelevantes. Tais tendências estão em contraste com  $R^2 > 0,53$  reportados por Zinn et al. (2005b), bem como com a correlação estreita e positiva entre

argila+silte fino e teores de COS totais e nas frações apresentados por Barthès et al. (2008), nos primeiros 10 cm de 18 solos sob clima tropical. Igualmente, baixas relações foram observadas entre teores de COS e teores de óxidos de Fe totais e amorfos, bem como teores de óxidos de Al amorfos, novamente em contraste com o reportado por Zinn et al. (2007b), Barthès et al. (2008) e Zinn et al. (2012).

Pode-se somente especular os motivos mais prováveis pelos quais os controles textural e mineralógico não foram efetivos. No presente trabalho, as diferenças em mineralogia do solo são muito mais pronunciadas do que nas literaturas citadas, incluindo grandes diferenças não somente nos teores de óxidos, mas na presença ou ausência de filossilicatos 2:1, 1:1 e dos próprios óxidos. Araujo et al. (2014) agruparam os oito solos do presente estudo em caulíníticos (Argissolos sobre gnaïsse e filito), caulíníticos com minerais 2:1 (Argissolos sobre sericita-xisto e itabirito, Cambissolo sobre quartzito), gibbsítico (Latossolo sobre metacalcário), hematítico (Plintossolo sobre serpentinito) e gibbsítico-hematítico (Latossolo sobre gabro). Tal variabilidade é muito superior à reportada por Zinn et al. (2007b), que trabalhou com três solos caulíníticos com teores apenas acessórios de óxidos de Fe, formados sobre sedimentos do Vale do São Francisco. Assim, as condições para sorção de compostos orgânicos variam consideravelmente entre solos, resultando em retenção altamente variável de diferentes compostos orgânicos, conforme evidenciado por Jagadama et al. (2014), por estudos de sorção de quatro compostos orgânicos em oito solos formados sobre clima tropical úmido a subpolar.

Ainda, no presente trabalho a amplitude de teores de óxidos foi pronunciada, variando entre teores médios de 2,5% a 38,5% de  $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{DCB}}$  (Tabela 4), denotando condições experimentais diversas daquelas das literaturas supracitadas, o que pode ter contribuído para ultrapassar as condições limítrofes

do controle mineralógico da retenção de COS por sorção a óxidos. Com efeito, para solos da Austrália, Spain (1990) reportaram correlações positivas entre teor de COS e óxidos de Fe em solos australianos, exceto para aqueles formados sobre basalto, que possuíam teores mais altos de óxidos de Fe. Em outras palavras, embora o efeito dos óxidos de Fe na sorção de compostos de COS (inclusive compostos apolares, segundo Jagadama et al. (2014)) seja bem conhecido, parece haver evidências de que há um limite dessa capacidade sorativa, a partir do qual outros fatores se passam a controlar a retenção de COS.

É provável que haja um controle, não-modelável no presente trabalho, da altitude como fator de retenção de COS. A diferença máxima de altitude entre os solos aqui estudados foi de 175 m (Anexo A). Embora diferenças similares de altitudes possam ser suficientes para causar grandes diferenças na retenção de COS nessa região (ANDRADE, 2014), é improvável que isto tenha ocorrido no presente trabalho, visto que não houve correlação entre altitude e estoques de COS até 1 m de profundidade ( $R^2 < 0,01$ , dados não apresentados). Sanchez e Buol (1975) definiram o conceito de “terras altas tropicais” (*tropical highlands*) como aquelas situadas acima de 900 m de altitude. Eze, Udeigwe e Meadows (2014), em sua revisão sobre plintitas, propõem este como o limite inferior para a ocorrência provável de acúmulos proeminentes de óxidos de Fe e Mn, o que, em todo caso, parece sugerir a existência de processos diferenciados de formação do solo, e, conseqüentemente, retenção de COS. Uma evidência independente disto é apontada por Calazans (2014), que não encontrou correlação entre estoques de N total (0 - 1 m) e altitude média sob fragmentos florestais situados entre 350 m e 985 m, em Minas Gerais, embora tenha encontrado efeito dramático para altitudes  $>1700$  m. Neste sentido, é sintomático que o controle textural e mineralógico da retenção de COS em solos do Cerrado tenha sido descrito para solos com altitude média de 550 m (ZINN et al., 2007b), o mesmo ocorrendo para o trabalho de Barthès et al. (2008). Assim,

parece provável que os controles texturais e mineralógicos da retenção de COS no trópico úmido parecem encontrar suas condições de validade no domínio das altitudes inferiores à aproximadamente 800 - 900 m, a partir dos quais controles relacionados a menores temperaturas e maior pluviosidade passam a ser predominantes. Tais mecanismos não podem ser demonstrados com base no presente estudo ou referências supracitadas, e podem constituir o tema de futuras investigações.

Por fim, pode-se aventar que a fertilidade do solo é também um controle da retenção de COS, uma vez que pode-se esperar uma maior produtividade primária em solos mais férteis. Ainda, Chen et al. (2014) encontraram forte correlação ( $r \geq 0,87$ ) entre teores de Ca e COS da fração argila da camada de 0 - 15 cm de solos sob pastagem em Delaware, apontando a importância do Ca nas interações organo-metal-minerais, e, por consequência, na retenção e estabilização de COS no solo. Contudo, isso também é improvável no presente trabalho, uma vez que o solo mais fértil (Argissolo sobre itabirito, Anexo A) apresentou estoques de COS próximos a média dos oito solos, e os solos com o maior e menor estoque de COS (Latosolo sobre gabro e Cambissolo sobre quartzito, respectivamente) apresentam valores igualmente muito baixos de soma e saturação por bases. Desta forma, a fertilidade do solo não parece ser um controle efetivo da retenção de COS nas condições estudadas.

## 8 CONCLUSÕES

Foram avaliados os teores e estoques de COS em oito solos formados sobre diferentes rochas de origem na região de Lavras-MG, que apresentaram grande variação em textura, mineralogia e demais propriedades. Foram encontradas grandes e significativas diferenças na retenção de COS entre estes solos, variando entre 117,4 e 313,8 Mg ha<sup>-1</sup> para a profundidade de 1 m, i.e. diferenças na ordem de 267%. Desta forma, aceita-se a primeira hipótese formulada no presente trabalho, visto que a rocha de origem apresentou efeito significativo retenção e partição de COS. Contudo, não houve correlação aparente entre teores de COS e de argila, área de superfície específica ou óxidos de Fe e Al, levando à rejeição da segunda hipótese, que estipulava a prevalência de controles texturais e mineralógicos sobre a retenção de COS como o mecanismo pelo qual o efeito da rocha de origem atuaria.

Os teores e estoques de COS são relativamente elevados em comparação à literatura pertinente em Minas Gerais e no Brasil. É provável que isto seja devido a altitude relativamente elevada da região amostrada, a qual varia entre 889 m e 1064 m, resultando em condição de temperatura relativamente baixa, que pode favorecer o acúmulo de COS nas condições amostradas. Tal mecanismo pode não somente explicar a alta retenção de COS em relação a altitudes menores, documentadas na literatura nacional, como proporcionar um controle adicional da retenção de COS, que se sobrepõe àqueles exercidos pela textura e mineralogia. Assim, pode-se concluir que o material de origem efetivamente exerce um controle sobre a retenção de COS, embora isto se deva por mecanismos que não puderam ser positivamente aferidos no presente trabalho. Não obstante, este trabalho sugere o potencial de mapeamento de estoque de COS, em escala local, a partir de mapas geológicos, uma vez que se

conheça a variação de solos que podem desenvolver-se destas rochas nas diferentes posições da paisagem.

## REFERÊNCIAS

AMELUNG, W. et al. Carbon, nitrogen, and sulfur pools in particle-size fractions as influenced by climate. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 62, n. 1, p. 172–181, 1998.

ANDRADE, A.B. **Retenção do carbono orgânico do solo em floresta semidecidual**: efeito da altitude e textura. 2014. 66 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

ARAÚJO, M.A. et al. Paragênese mineral de solos desenvolvidos de diferentes litologias na região sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 11-25, jan./fev. 2014.

BARTHÈS, G.B. et al. Texture and sesquioxide effects on water-stable aggregates and organic matter in some tropical soils. **Geoderma**, Amsterdam, v. 143, n. 1-2, p. 14-25, 2008.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.O. (Eds.). **Fundamentos de matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.7-18.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Particle density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. Part 1. p.377-382.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 6.ed. Rio de Janeiro: Biblioteca Universitária Freitas Bastos, 1983. 647p.

BROADBENT, F. E. Organic matter. In: KELLOG, C.E.; ALLAWAY, W.H.; BARNES, C.P. et al. (Eds.). **The yearbook of agriculture**: soil part 1 - principles. Washington: United States Department of Agriculture (USDA), 1957. Acessado em: 02/11/2010. Disponível em: <http://science-in-farming.library4farming.org/Soil-Principles-Practices/Fertility/Organic-Matter.html>.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P.H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of the American Chemical Society**, Washington, v. 60, n. 2, p. 309-319, Feb. 1938.

CALAZANS, S.O.L. **Nitrogênio do solo sob vegetação nativa em Minas Gerais**: teores, estoques e modelagem. 2014. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

CARVALHO FILHO, A. et al. Óxidos de manganês em solos do Quadrilátero Ferrífero (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 793-804, mai./jun. 2011.

CIOTTA, M.N. et al. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p.1161-1164, nov./dez. 2003.

CHEN, C. et al. Soft X-ray spectromicroscopy study of mineral-organic matter associations in pasture soil clay fractions. **Environmental Science and Technology**, Washington, v. 48, n. 12, p. 6678-6686, 2014.

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, jul. 2006.

CUNHA, G.M. et al. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da Mata Atlântica na região norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1175-1185, set./out. 2009.

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**, Madison, v. 51, n. 1, p. 153-158, 1987.

DALIAS, P. et al. Long-term effects of temperature on carbon mineralisation processes. **Soil Biology and Biochemistry**, Exeter, v. 33, n. 7-8, p. 1049-1057, 2001.

DALMOLIN, R.S.D. et al. Organic matter characteristics and distribution in Ferralsol profiles of a climosequence in southern Brazil. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 57, n. 5, p. 644-654, Oct. 2006.

DANTAS, A.A.A.; CARVALHO, L.G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Beijim, v. 31, n. 6, p. 1862-186, nov./dez. 2007.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p.

EZE, P.N.; UDEIGWE, T.K.; MEADOWS, M.E. Plinthite and its associated evolutionary forms in soils and landscapes: a review. **Pedosphere**, Beijing, v. 24, n. 2, p. 153-166, Apr. 2014.

FELLER, C. et al. Effet de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferralitiques (Afrique de l'Ouest, en particulier). **Cah. Orstom Série Pedologie**, Paris, v. 26, p. 25-36, 1991.

FIALHO, R.C. **Carbono, física e química de solos sob reflorestamento em clima tropical de altitude**. 2012. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FIALHO, R.C.; ZINN, Y.L. Changes in soil organic carbon under *Eucalyptus* plantations in Brazil: a comparative analysis. **Land Degradation and Development**, Oxford, v. 25, n. 5, p. 428-437, Sep./Oct. 2014.

FRANZMEIER, D.P. The American system of soil classification: a general view and the recent modifications. In: ALVAREZ, V.V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS, 1996. p. 661-673.

JACKSON, M.L.; LIM, C.H.; ZELAZNY, L.W. Oxides, hydroxides, and aluminosilicates. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 1: Physical and mineralogical methods. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 101-150.

JAGADAMMA, S. et al. Sorption of organic carbon compounds to the fine fraction of surface and subsurface soils. **Geoderma**, Amsterdam, v. 213, n. 1, p. 79-86, 2014.

JENNY, H. **Factors of soil formation: a system of quantitative pedology**. New York and London: McGraw-Hill Book Company, 1941. 279p.

KAISER, K.; GUGGENBERGER, G. Mineral surfaces and soil organic matter. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 54, n. 2, p. 219-236, Jun. 2003.

KÄMPF, N.; SCHWERTMANN, U. The 5 M NaOH concentration treatment for iron oxides in soils. **Clays and Clay Minerals**, Chantilly, v.30, n. 6, p.401-408, 1982.

KLUG, H.P.; ALEXANDER, L.E. **X-ray diffraction procedures for polycrystalline and amorphous materials**. New York: J: Wiley e Sons, 1974. 716 p.

KOUTIKA, L.S. et al. Organic matter dynamics and aggregation in soils under rain forest and pastures of increasing age in the Eastern Amazon basin. **Geoderma**, Amsterdam, v. 76, n. 1-2, p. 87-112, 1997.

LAL, R. Sequestration of atmospheric CO<sub>2</sub> in global carbon pools. **Energy and Environmental Science**, Cambridge, v. 1, n. 1, p. 86-100, 2008.

LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climatic change. **Geoderma**, Amsterdam, v. 123, n. 1-2, p. 1-22, 2004.

MANOJLOVIĆ, M.; ČABILOVSKI, R.; SITAULA, B. Soil organic carbon in Serbian mountain soils: effects of land use and altitude. **Polish Journal of Environmental Studies**, Olsztyn, v. 20, n. 4, p. 977-986, 2011.

MARQUES JÚNIOR, J.; CURI, N.; LIMA, J.M. Evolução diferenciada de Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho em função da litologia gnáissica na região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 235-240, jan./fev. 1992.

MCFARLANE, K.J. et al. Comparison of soil organic matter dynamics at five temperate deciduous forests with physical fractionation and radiocarbon measurements. **Biogeochemistry**, Missoula, v. 112, n. 1-3, p. 457-476, Mar. 2013.

MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays and Clay Minerals**, Chantilly, v. 7, n. 1, p. 317-327, 1958.

MORISADA, K.; ONO, K.; HIDESATO, K. Organic carbon stock in forest soils in Japan. **Geoderma**, Amsterdam, v. 119, n. 1-2, p. 21-32, 2004.

PHILLIPS, J.D. Development of texture contrast soils by combination of bioturbation and translocation. **Catena**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 92-104, 2007.

PRIBYL, D.W. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. **Geoderma**, Amsterdam, v. 156, n. 3-4, p. 75-83, 2010.

QUÉMÉNEUR, J.J.G. et al., 2002. **Mapa geológico - Folha Lavras SF 23-X-C-I, escala 1:100.000**. Lavras: COMIG.

QUIDEAU, S.A. Organic matter accumulation. In: LAL, R. (Ed.). **Encyclopedia of Soil Science**. New York: Marcel Dekker Inc., 2002. p.1-4.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2011.

RESCK, D.V.S. et al. Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.O. (Eds.). **Fundamentos de matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 359-417.

RODRIGUES, T.E.; KLAMT, E. Mineralogia e gênese de uma sequência de solos do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 132-139, mai./ago. 1978.

SANCHEZ, P.A.; BUOL, S.W. Soils of the tropics and world food crisis. **Science**, Washington, v. 188, n. 4188, p. 598-603, May 1975.

SANTOS, L.L. **Carbono orgânico do solo: efeito da posição na paisagem e do reflorestamento em sucessão ao cafeeiro no oeste de Minas Gerais**. 2012. 116 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SILVA, C.A.; ANDERSON, S.J.; VALE, F.R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois Latossolos submetidos à calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 593-602, jul./set. 1999.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V, V.H.; BARROS, N.F. et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2008. p. 275-374.

SKORUPA, A.L.A. **Distribuição especial de chumbo, zinco e propriedades de solos sob vegetação nativa em Minas Gerais**. 2013. 187 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SPAIN, A.V. Influence of environmental conditions and some soil chemical properties on the carbon and nitrogen contents of some tropical Australian rainforest soils. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 28, n. 6, p. 825-839, 1990.

STOOPS, G. **Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections**. Madison: Soil Science Society of America, 2003. 184 p. 1 CD-ROM.

THAYMUANG, W. et al. The role of mineralogy in organic matter stabilization in tropical soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 178, n. 6, p. 308-315, 2013.

VIEIRA, S.A. et al. Stocks of carbon and nitrogen and partitioning between above-and belowground pools in the Brazilian coastal Atlantic Forest elevation range. **Ecology and Evolution**, London, v. 1, n. 3, p. 421-434, Nov. 2011.

VILLELA, D.M. et al. Carbon and nitrogen stock and fluxes in coastal Atlantic Forest of southeast Brazil: potential impacts of climate change on biogeochemical functioning. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 72, n. 3, p. 633-642, Aug. 2012.

ZINN, Y.L. et al. Perfis de carbono orgânico do solo nas regiões Sul e Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais: modelagem em profundidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1395-1406, out./nov. 2012.

ZINN, Y.L. et al. Edaphic controls on soil organic carbon retention in the Brazilian Cerrado: soil structure. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 71, n. 4, p. 1215-1224, 2007a.

ZINN, Y.L. et al. Edaphic controls on soil organic carbon retention in the Brazilian Cerrado: texture and mineralogy. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 71, n. 4, p. 1215-1224, 2007b.

ZINN, Y.L.; LAL, R.; RESCK, D.V.S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 84, n. 1, p. 28-40, 2005a.

ZINN, Y.L.; LAL, R.; RESCK, D.V.S. Texture and organic carbon relation described by a profile pedotransfer function in Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, Amsterdam, v. 127, n. 1-2, p. 168-173, 2005b.

**ANEXO****ANEXO A – DESCRIÇÃO DOS PERFIS****PERFIL QUARTZITO****DESCRIÇÃO GERAL**

DATA – 11.03.2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – Cambissolo Háplico Ta distrófico latossólico A moderado textura média fase floresta semidecidual relevo montanhoso.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, MGT 354, km 09. Lavras – MG 21°19'49" S e 44°58'39" W Gr.

SITUAÇÃO DO PERFIL – Descrito e coletado em trincheira aberta em terço médio de encosta, sob vegetação de floresta com árvores entre 5 a 8 metros de altura.

ALTITUDE – 1064 metros.

DECLIVIDADE – 18%.

LITOLOGIA – Quartzito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Megassequência Andrelândia. Sequência Carrancas.

CRONOLOGIA – Neoproterozóico (1,0 a  $0,54 \times 10^9$  anos).

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE – Pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Montanhoso.

EROSÃO – Laminar moderada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta semidecidual concentrada nas linhas de drenagem.

USO ATUAL – Reserva de vegetação nativa.

CLIMA – Tropical com inverno seco.

DESCRITO E COLETADO POR - Marla A. Araujo, Yuri L. Zinn e Alessandro V. Pedroso

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 18 cm, bruno escuro (7,5 YR 4/4, úmido); franco arenoso; fraca pequena grãos simples e média blocos subangulares; duro, friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

Bi 18 – 100 cm+, bruno forte (7,5 YR 4/6, úmido); franco; fraca pequena grãos simples e média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

RAÍZES – comuns finas e comuns médias no horizonte A; poucas finas e poucas médias no horizonte Bi.

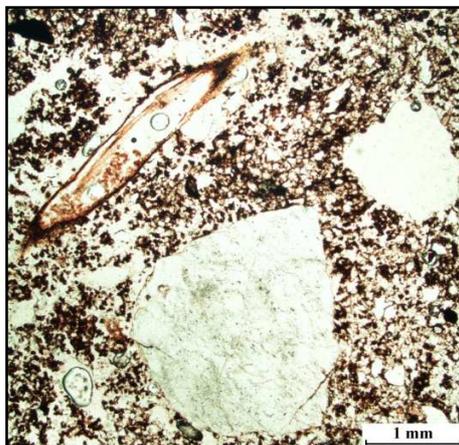


Figura 11 Seção delgada do horizonte A do Cambissolo sobre quartzito. Notar fragmento de raiz parcialmente decomposta, com excrementos no interior, e cor escura dos microagregados causada por alto teor de COS. Luz polarizada planar

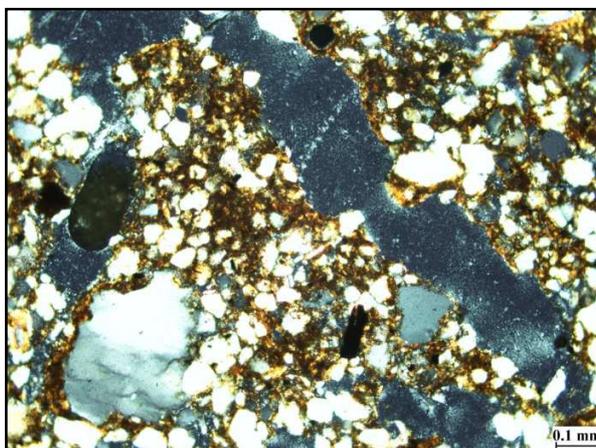


Figura 12 Seção delgada do horizonte B do Cambissolo sobre quartzito. Notar microestrutura em bloco, abundância de quartzo grosseiro, trama birrefringente salpicada e cristalítica, com grãos alongados de mica. Luz polarizada cruzada

## ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

Horiz.	pH <sub>água</sub>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	T	V	Areia	Argila	
	1:2,5	-----	cmol kg <sup>-1</sup>	-----	-	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-	%	-----	g kg <sup>-1</sup>
A	4,6	1,7	0,1	0,1	0,3	12,2	2,3	517	116	
Bi	4,9	0,9	0,1	0,1	0,2	5,4	3,7	502	131	

## MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA

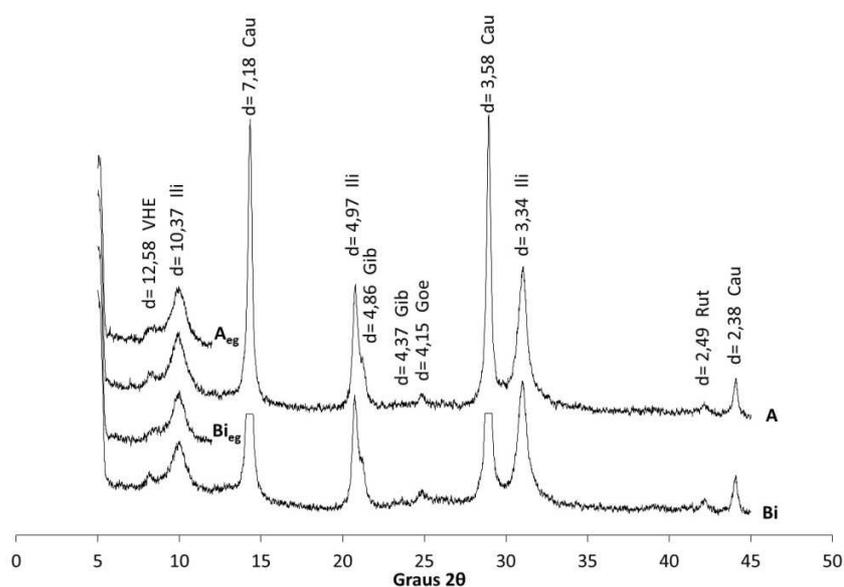


Figura 13 Difratoograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Cambissolo sobre quartzito. Xeg: amostra solvatada com etilenoglicol, Cau: caulinita, Gib: gibbsita, Goe: goethita, Ili: Illita, Rut: rutilo, VHE: vermiculita com hidróxi entre camadas

## PERFIL SERICITA-XISTO

## DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 11.03.2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS - Argissolo Bruno-Acinzentado alítico típico Tb A húmico argiloso fase floresta semidecidual relevo montanhoso.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, MGT 354, km 09. Lavras – MG 21°19'49" S e 44°58'39" W Gr.

SITUAÇÃO DO PERFIL – Descrito e coletado em trincheira aberta em terço médio de encosta, sob vegetação de floresta com árvores entre 5 a 10 metros de altura.

ALTITUDE – 1064 metros.

DECLIVIDADE – 38%.

LITOLOGIA – Sericita-xisto.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Megassequência Andrelândia. Sequência Carrancas.

CRONOLOGIA – Neoproterozóico (1,0 a  $0,54 \times 10^9$  anos).

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE – Muito pedregosa.

ROCHOSIDADE – Moderadamente rochosa.

RELEVO LOCAL – Montanhoso.

EROSÃO – Laminar moderada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta semidecidual concentrada nas linhas de drenagem.

USO ATUAL – Reserva de vegetação nativa.

CLIMA – Tropical com inverno seco.

DESCRITO E COLETADO POR - Marla A. Araujo, Yuri L. Zinn e Alessandro V. Pedroso

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0 – 26 cm, bruno avermelhado escuro (5 YR 3/2, úmido); franco argiloso; fraca média blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; dura, firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

A2 26 – 62 cm, bruno avermelhado escuro (5 YR 3/4, úmido); franco argilo siltoso; fraca média blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; dura, friável; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt 62 – 100 cm+, bruno avermelhado (5 YR 4/4, úmido); franco argiloso; fraca pequena blocos subangulares; cerosidade moderada e comum; ligeiramente dura, friável; plástica e pegajosa.

RAÍZES – comuns finas e comuns médias no horizonte A1 e A2; comuns finas no horizonte Bt. Presença de uma raiz pivotante no horizonte A2.

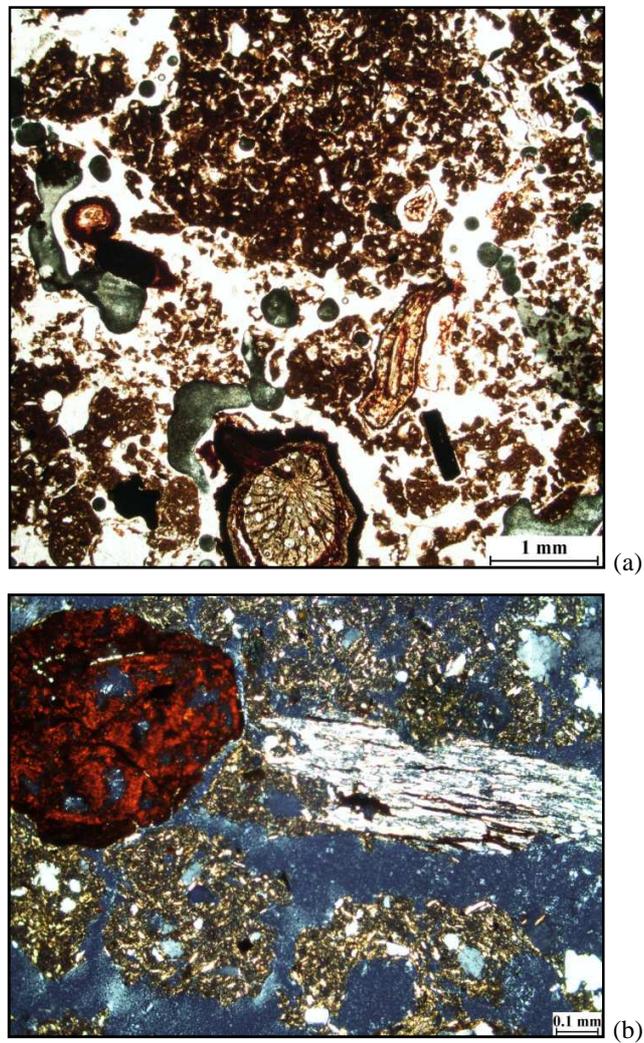


Figura 14 Seções delgadas do horizonte A do Argissolo sobre sericita-xisto. Notar: (a) abundância de COS particulado e cor escura do material fino (luz polarizada planar); e (b) restos intemperizados da sericita-xisto e de um cristal de granada e trama cristálfica (luz polarizada cruzada)

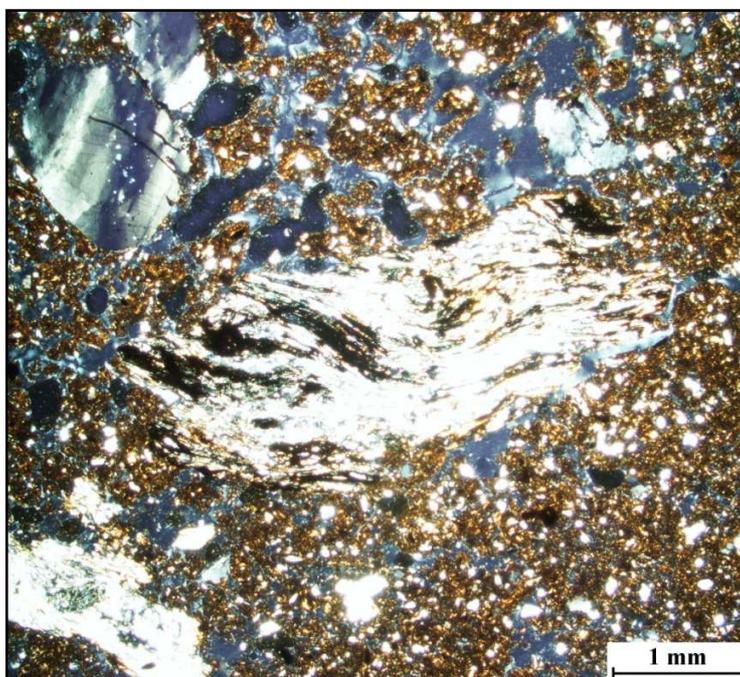


Figura 15 Seção delgada do horizonte B do Argissolo sobre sericita-xisto. Notar trama salpicada cristalítica, fragmento de xisto e grãos grosseiros de quartzo. Luz polarizada cruzada

#### ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

Horiz.	pH <sub>água</sub> 1:2,5	Al <sup>3+</sup> ----- cmol kg <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> ----- cmol kg <sup>-1</sup>	Mg <sup>2+</sup> ----- cmol kg <sup>-1</sup>	SB - cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -	T %	V %	Areia ----- g kg <sup>-1</sup>	Argila ----- g kg <sup>-1</sup>
A1	4,9	4,0	0,1	0,1	0,4	24,5	1,7	207	457
A2	4,9	2,4	0,1	0,1	0,3	15,7	1,8	186	423
Bt	4,9	1,8	0,1	0,1	0,2	10,7	2,5	220	415

## MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA

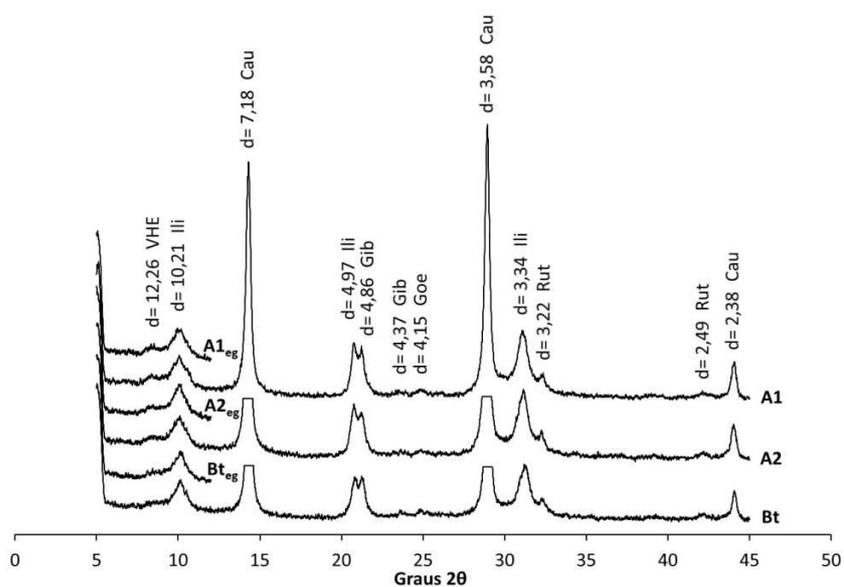


Figura 16 Difratoograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Argissolo sobre sericita-xisto. Xeg: amostra solvatada com etilenoglicol, Cau: caulinita, Gib: gibbsita, Goe: goethita, Ili: Illita, Rut: rutilo, VHE: vermiculita com hidróxi entre camadas

## PERFIL GABRO

## DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 02.02.2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – Latossolo Vermelho acriférrico típico Tb A moderado muito argiloso fase floresta semidecidual estacional relevo ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Campus da Universidade Federal de Lavras, próximo ao setor de cafeicultura. Lavras – MG 21°13'40" S e 44°58'07" W Gr.

SITUAÇÃO DO PERFIL – Descrito e coletado em trincheira aberta em terço médio de encosta, sob vegetação de floresta com árvores maiores que 20 metros.

ALTITUDE – 944 metros.

DECLIVIDADE – 10%

LITOLOGIA – Gabro.

CRONOLOGIA – Paleoproterozóico (2,5 a 1,6 x 10<sup>9</sup> anos).

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta semidecidual estacional.

USO ATUAL – Reserva de vegetação nativa.

CLIMA – Tropical com inverno seco.

DESCRITO E COLETADO POR – Adriano R. Guerra, Yuri L. Zinn e Alessandro V. Pedroso

## DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O 10 – 0 cm, composto de folhas em decomposição.

A1 0 – 12 cm, bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); muito argiloso; moderada média e grande grumos; cerosidade fraca e pouca; firme, plástico e ligeiramente pegajosa, transição plana e clara.

A2 12 – 22 cm, bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); muito argiloso; moderada pequena e média blocos subangulares e muito pequena e pequena granular; cerosidade fraca e pouca; firme; plástico e ligeiramente pegajosa, transição plana e gradual.

AB 22 – 42 cm, bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); muito argiloso; moderada pequena e grande blocos subangulares e muito pequena e pequena granular; cerosidade fraca e pouca; friável; plástico e ligeiramente pegajosa, transição plana e gradual.

B1 42 – 65 cm, vermelho escuro acinzentado (10 R 3/4, úmido); muito argiloso; moderada pequena e média blocos subangulares e muito pequena e pequena granular; cerosidade fraca e moderada; friável; plástico e ligeiramente pegajosa, transição plana e gradual.

B2 65 – 90 cm, vermelho escuro acinzentado (10 R 3/3, úmido); muito argiloso; moderada pequena blocos subangulares e muito pequena e pequena granular; cerosidade fraca e moderada; friável; plástico e ligeiramente pegajosa, transição plana e gradual.

B3 90 – 100 + cm, vermelho escuro acinzentado (10 R 3/4, úmido); muito argiloso; moderada muito pequena e pequena granular; friável; plástico e ligeiramente pegajosa, transição plana e gradual.

RAÍZES - muitas finas, comuns médias e poucas grossas nos horizontes A1 e A2; comuns finas, poucas médias e poucas grossas no horizonte AB; poucas

finas, poucas médias e comuns grossas no horizonte B1; poucas finas, raras médias e raras grossas no horizonte B2 e poucas finas, raras médias e comuns grossas no horizonte B3.

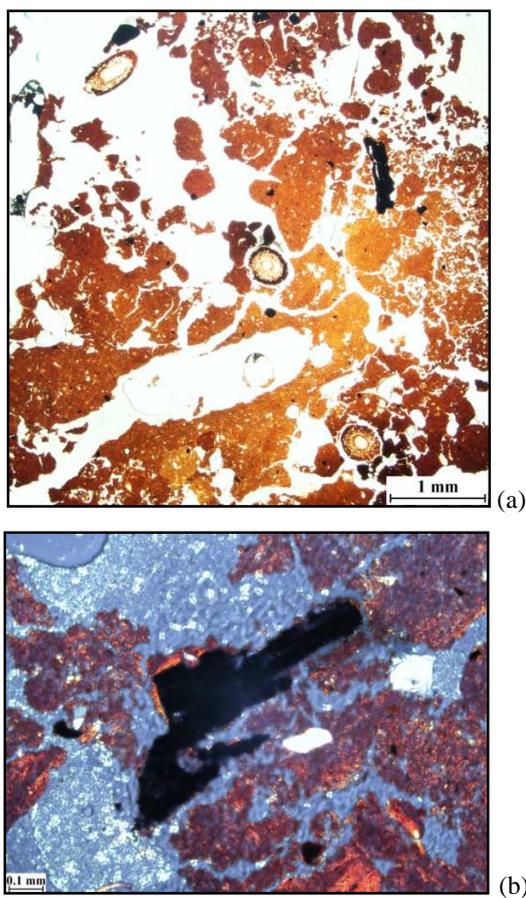


Figura 17 Seções delgadas do horizonte A do Latossolo sobre gabro. Notar: (a) restos de raiz, microestrutura granular grosseira e fina coalescida e poros do tipo canal biológico, (luz polarizada planar); e (b) grão grosseiro, opaco, provavelmente de hematita ou magnetita primária, trama salpicada e granoestriada, por orientação de caulinita e/ou gibbsita, grãos de quartzo angulares (luz polarizada cruzada)

## ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

Horiz.	pH <sub>água</sub>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	T	V	Areia	Argila	
	1:2,5	-----	cmol kg <sup>-1</sup>	-----	-	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-	%	-----	g kg <sup>-1</sup>
A1	4,2	2,7	0,1	0,1	0,3	15,5	2,2	149	749	
A2	3,9	2,3	0,1	0,1	0,3	16,6	1,9	145	721	
AB	4,4	1,5	0,1	0,1	0,3	10,5	2,3	145	707	
B1	4,2	0,9	0,1	0,1	0,2	10,0	2,5	131	724	
B2	4,1	0,4	0,1	0,1	0,2	7,8	3,1	126	729	
B3	4,3	0,2	0,1	0,1	0,2	5,6	4,3	132	747	

## MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA

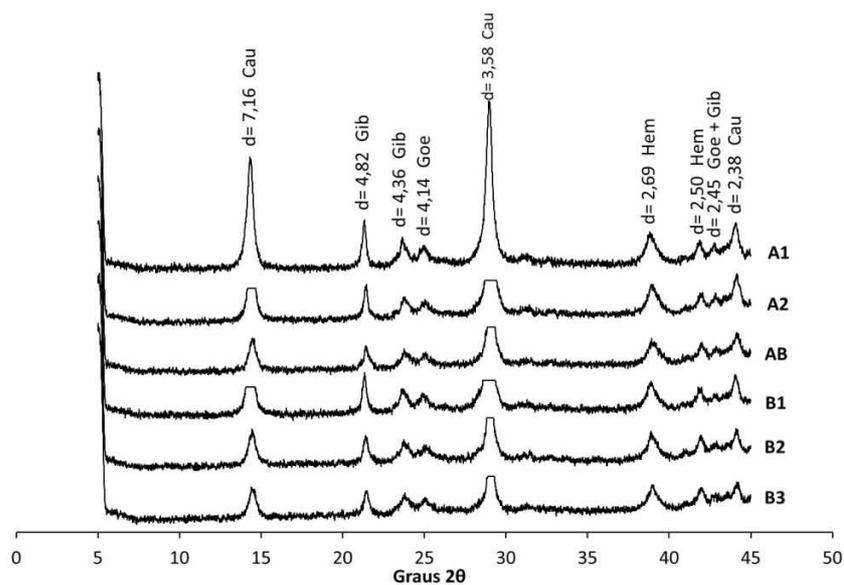


Figura 18 Difratoograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Latossolo sobre gabro. Cau: caulinita, Gib: gibbsita, Goe: goethita, Hem: hematita

## PERFIL ITABIRITO

## DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 11.7.2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS - Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico Ta A moderado textura média fase floresta semidecidual estacional relevo montanhoso.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Rodovia MG-332, trecho Bom Sucesso-Ibituruna. Bom Sucesso – MG 21°06'44" S e 44°45'11" W Gr.

SITUAÇÃO DO PERFIL – Descrito e coletado em trincheira aberta em terço médio de encosta, sob vegetação de floresta com árvores maiores que 20 metros.

ALTITUDE – 920 metros.

DECLIVIDADE – 51%.

LITOLOGIA – Itabirito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Serra de Bom Sucesso. Supergrupo Minas.

CRONOLOGIA – Paleoproterozóico (2,5 a  $1,6 \times 10^9$  anos).

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE – Pedregosa.

ROCHOSIDADE – Moderadamente rochosa.

RELEVO LOCAL – Montanhoso.

EROSÃO – Laminar fraca.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta semidecidual estacional de alto porte.

USO ATUAL – Reserva de vegetação nativa.

CLIMA – Tropical com inverno seco.

DESCRITO E COLETADO POR - Marla A. Araujo, Yuri L. Zinn e Alessandro V. Pedroso

## DESCRICÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 8 cm, bruno avermelhado escuro (5 YR 3/4, úmido); franco-siltoso; não coerente pequena granular; muito dura a extremamente dura, firme; não plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

AB 8 – 34 cm, bruno avermelhado (2,5 YR 4/4, úmido); franco-siltoso; moderada pequena e média blocos subangulares e pequena granular; cerosidade fraca e comum; muito dura a extremamente dura, friável a firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e abrupta.

Bt 34 – 90 cm, vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido); franco-siltoso; moderada média blocos subangulares; cerosidade fraca e comum; muito dura a extremamente dura, firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição plana e gradual.

BC 90 – 100 cm+, vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido); franco-siltoso; moderada média blocos subangulares; muito dura a extremamente dura (seco), firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa.

RAÍZES - muitas finas, comuns médias e poucas grossas no horizonte A; comuns finas e raras grossas no horizonte AB; raras finas no horizonte Bt.

OBSERVAÇÕES – horizonte C pedregoso com calhaus imersos na matriz do horizonte, conferindo aspecto mosqueado; presença de matacões, calhaus e cascalhos ao longo do perfil.

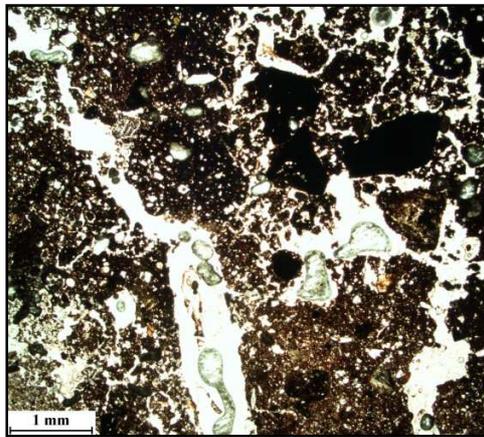


Figura 19 Seção delgada do horizonte A do Argissolo sobre itabirito. Notar grandes poros do tipo canal, cor escura do material fino e grosseiro, causada respectivamente por alto teor de COS e composição hematítica (opaca), microestrutura complexa em bloco e granular fina coalescida. Luz polarizada planar

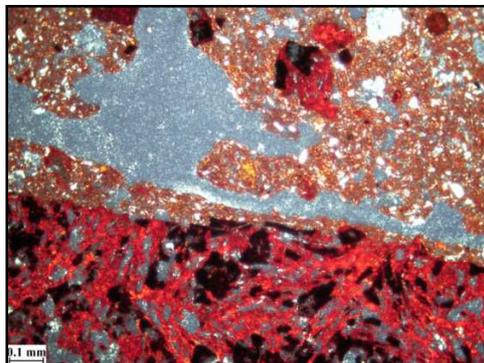


Figura 20 Seção delgada do horizonte B do Argissolo sobre itabirito. Notar fragmento grosseiro de itabirito em decomposição, gerando agregados em bloco na parte superior, trama salpicada cristalítica, presença de quartzo fino e grosseiro. Luz polarizada cruzada

## ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

Horiz.	pH <sub>água</sub>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	T	V	Areia	Argila
	1:2,5	-----	cmol kg <sup>-1</sup>	-----	-	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-	%	----- g kg <sup>-1</sup> -----
A	5,7	0,0	13,4	4,1	17,9	21,4	83,3	211	263
AB	5,6	0,1	4,2	2,2	6,4	12,3	52,2	179	266
Bt	5,6	0,1	4,8	0,6	5,4	10,3	53,2	169	299
C	5,7	0,1	3,2	0,5	3,7	6,4	58,2	185	234

## MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA

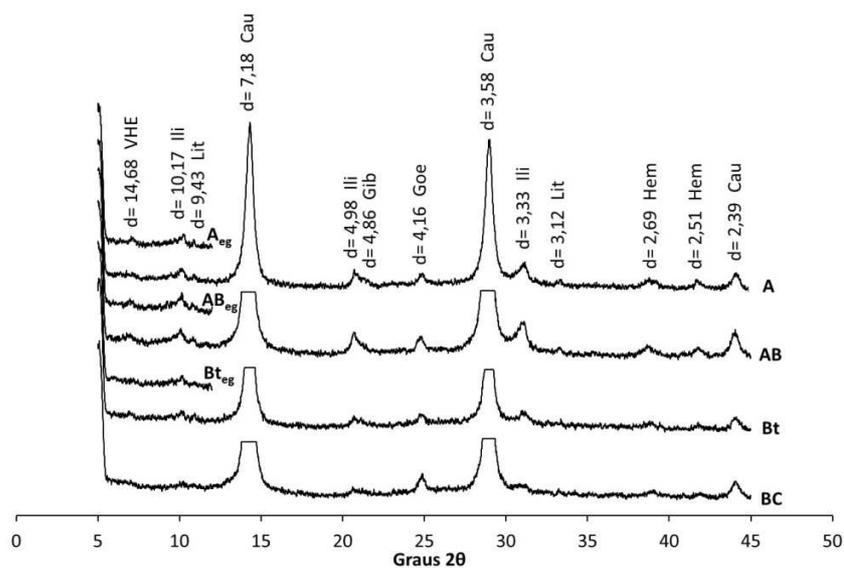


Figura 21 Difratoograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Argissolo sobre itabirito. Xeg: amostra solvatada com etilenoglicol, Cau: caulinita, Gib: gibbsita, Goe: goethita, Hem: hematita, Ili: Illita, Lit: litioforita, VHE: vermiculita com hidróxi entre camadas

## PERFIL SERPENTINITO

## DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 13.7.2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – Plintossolo Pétrico concrecionário típico Tb A moderado textura média fase vegetação savânica conjugada a floresta semidecidual estacional relevo montanhoso.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Localidade de Aureliano Mourão. Bom Sucesso – MG, 21°06'15" S e 44°45'20" W Gr.

SITUAÇÃO DO PERFIL – Descrito e coletado em trincheira aberta em terço médio de encosta, sob vegetação de floresta com árvores entre 4 e 6 metros de altura.

ALTITUDE – 909 metros.

DECLIVIDADE – 16%.

LITOLOGIA – Serpentinito.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Maciço Ultramáfico do Morro das Almas. Serra de Bom Sucesso. Supergrupo Minas.

CRONOLOGIA – Arqueano (mais de  $2,5 \times 10^9$  anos).

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE – Muito pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Montanhoso.

EROSÃO – Laminar fraca.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Vegetação savânica conjugada a floresta semidecidual estacional.

USO ATUAL – Reserva de vegetação nativa.

CLIMA – Tropical com inverno seco.

DESCRITO E COLETADO POR - Marla A. Araujo, Yuri L. Zinn e Alessandro V. Pedroso

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 8 cm, vermelho muito escuro acinzentado (10 R 2,5/2, úmido); franco-siltoso; não coerente pequena granular; solta, muito friável; cerosidade fraca e rara; não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual.

B 8 – 100 cm+, vermelho muito escuro acinzentado (5 R 2,5/3, úmido); franco; não coerente pequena granular; solta, muito friável; ligeiramente plástica e não pegajosa; transição plana e gradual.

RAÍZES - muitas finas, comuns médias e poucas grossas no horizonte A; poucas finas no horizonte B, tornando-se raras finas a partir de 60 cm.

OBSERVAÇÕES – Muito cascalho e calhaus ao longo do perfil.

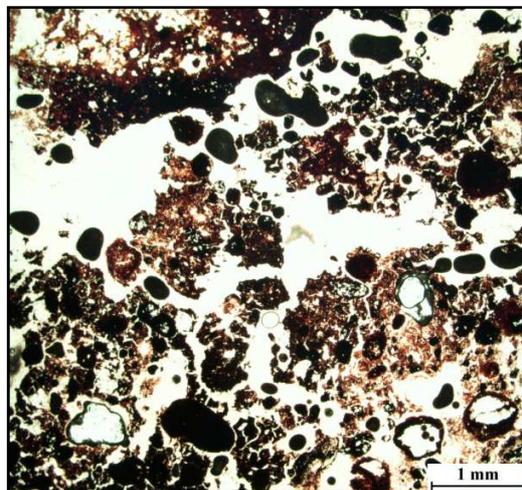


Figura 22 Seção delgada do horizonte A do Plintossolo sobre serpentinito. Notar cor escura do material fino e grosseiro, causada principalmente pela composição hematítica secundária opaca e microestrutura granular fina. Luz polarizada planar

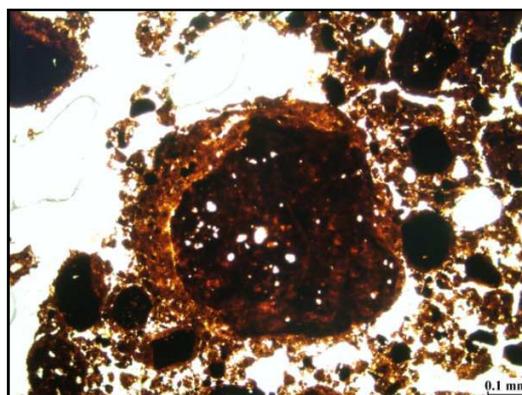


Figura 23 Seção delgada do horizonte B do Plintossolo sobre serpentinito. Notar grão de petroplintita poroso com anel de intemperismo externo imerso em microestrutura granular fina. Luz polarizada planar

## ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

Horiz.	pH <sub>água</sub>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	T	V	Areia	Argila		
	1:2,5	-----	cmol kg <sup>-1</sup>	-----	-	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-	%	-----	g kg <sup>-1</sup>	-----
A	5,1	0,2	0,3	1,3	1,7	6,7	26,2	510	183		
B	5,8	0,1	0,1	0,2	0,3	2,5	12,7	446	181		

## MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA

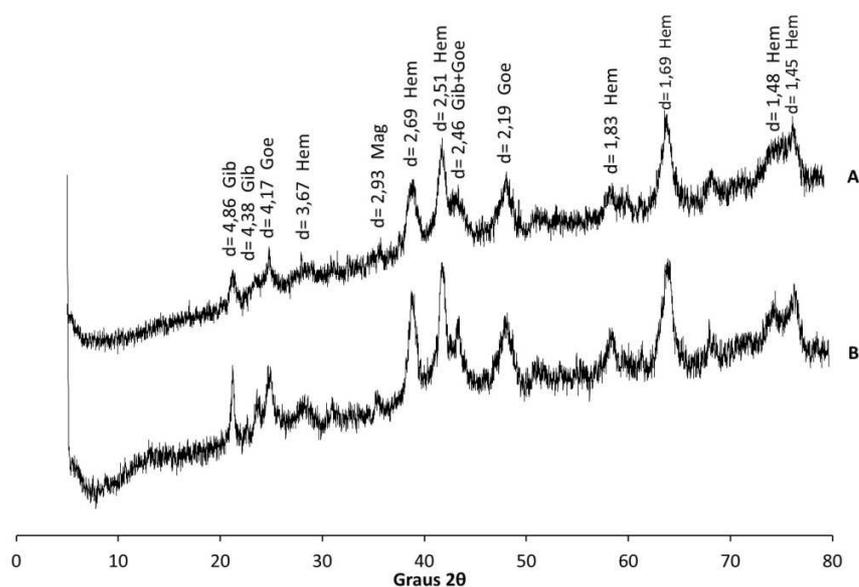


Figura 24 Difratoograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Plintossolo sobre serpentinito. Gib: gibbsita, Goe: goethita, Hem: hematita, Mag: magnetita

## PERFIL METACALCÁRIO

## DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 11.7.2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – Latossolo Vermelho-Amarelo ácrico típico Tb A moderado muito argiloso fase cerrado stricto sensu denso relevo ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Rodovia MG-335, trecho Lavras-Ijaci. Lavras – MG 21°11'05" S e 44°56'46" W Gr.

SITUAÇÃO DO PERFIL – Descrito e coletado em trincheira aberta em terço médio de encosta, sob vegetação de floresta com algumas espécies de Cerrado e árvores entre 4 e 6 metros de altura.

ALTITUDE – 889 metros.

DECLIVIDADE – 5%.

LITOLOGIA – Metacalcário.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Sequência Barroso. Megassequência Carandaí.

CRONOLOGIA – Mesoproterozóico (1,6 a 1,0 x 10<sup>9</sup> anos).

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

EROSÃO – Laminar fraca.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Cerrado stricto sensu denso.

USO ATUAL – Reserva de vegetação nativa.

CLIMA – Tropical com inverno seco.

DESCRITO E COLETADO POR - Marla A. Araujo, Yuri L. Zinn e Alessandro V. Pedroso

## DESCRIBÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 15 cm, vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido); muito argiloso; forte média e pequena blocos subangulares; muito dura, firme; plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

AB 15 – 50 cm, vermelho amarelado (5 YR 5/8, úmido); muito argiloso; moderada média blocos subangulares; muito dura, muito firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

B 50 – 100 cm+, vermelho amarelado (5 YR 5/8, úmido); muito argiloso; moderada média e grande blocos subangulares e muito pequena granular; ligeiramente dura, firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES – muitas finas, poucas médias e raras grossas no horizonte A; muitas finas e poucas médias no horizonte AB; poucas finas e raras médias nos primeiros 50 cm do horizonte B.

OBSERVAÇÕES – é provável que os blocos subangulares do horizonte Bw derivem da coalescência de grânulos (muito pequena). Presença de relíquias de coloração amarela brunada (10 YR 6/8, seco), forma e tamanho irregulares dispersas pelo horizonte B.

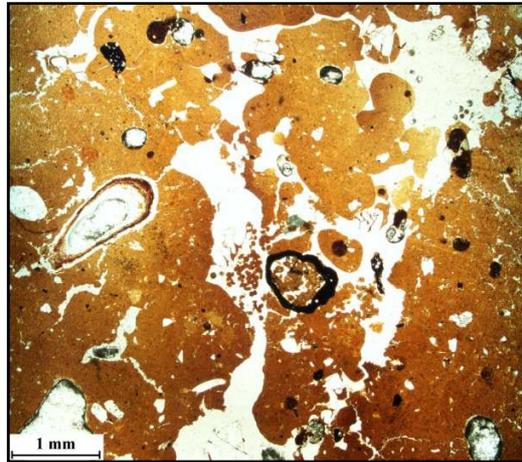


Figura 25 Seção delgada do horizonte A do Latossolo sobre metacalcário. Notar microestrutura granular grosseira coalescida compacta, presença de raízes decompostas e coloração clara do material gibbsítico fino. Luz polarizada planar

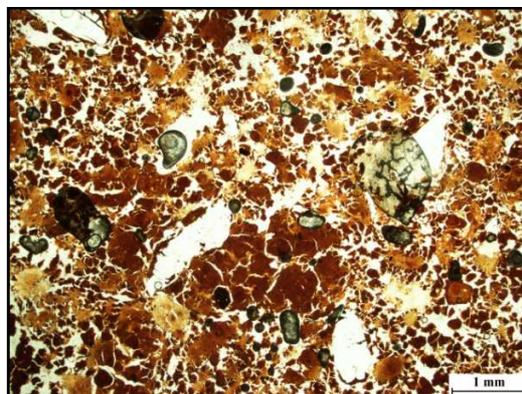


Figura 26 Seção delgada do horizonte B do Latossolo sobre metacalcário. Notar poros do tipo canal e microestrutura granular fina, em provável desintegração esferoidal ou irregular dos grânulos grosseiros, bem como prováveis grãos bauxíticos de cor clara. Luz polarizada planar

## ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

Horiz.	pH <sub>água</sub>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	T	V	Areia	Argila	
	1:2,5	-----	cmol kg <sup>-1</sup>	-----	-	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	-	%	-----	g kg <sup>-1</sup>
A	4,9	0,9	0,5	0,1	0,7	9,5	6,6	98	729	
AB	4,9	0,3	0,1	0,1	0,2	6,8	3,8	80	758	
B	4,9	0,2	0,1	0,1	0,2	6,3	3,9	76	790	

## MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA

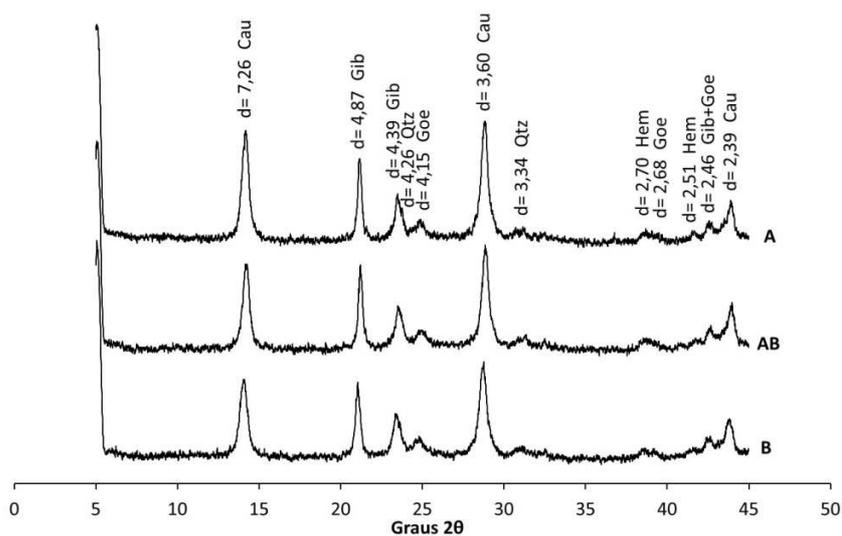


Figura 27 Difratoograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Latossolo sobre metacalcário. Cau: caulinita, Gib: gibbsita, Goe: goethita, Hem: hematita, Qtz: quartzo

## PERFIL GNAISSE

## DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 15.02.2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico Tb A moderado argiloso fase floresta semidecidual estacional relevo ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Campus da Universidade Federal de Lavras, próximo ao Centro de Integração Universitária (CIUNI/UFLA). Lavras – MG 21°13'42" S e 44°59'10" W Gr.

SITUAÇÃO DO PERFIL – Descrito e coletado em trincheira aberta em terço médio de encosta, sob vegetação de floresta com árvores maiores que 20 metros.

ALTITUDE – 891 metros.

DECLIVIDADE – 32%.

LITOLOGIA – Gnaiss TTG (tonalito, trondhjemitó, granodiorito).

CRONOLOGIA – Arqueano (mais de  $2,5 \times 10^9$  anos).

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

EROSÃO – Laminar moderada.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta semidecidual estacional.

USO ATUAL – Reserva de vegetação nativa.

CLIMA – Tropical com inverno seco.

DESCRITO E COLETADO POR – Adriano R. Guerra, Yuri L. Zinn e Alessandro V. Pedroso

## DESCRIBÇÃO MORFOLÓGICA

O 6 – 0 cm, composto de folhas em decomposição.

A 0 – 10 cm, bruno escuro (7,5 YR 4/2, úmido); argilo arenoso; moderada pequena e média blocos subangulares, cerosidade moderada e comum, firme, plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana e clara.

AB 10 - 24 cm, bruno (7,5 YR 5/4, úmido); argiloso; moderada média e grande blocos subangulares, cerosidade moderada e comum, firme, plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana e gradual.

Bt1 24 – 37 cm, bruno forte (7,5 YR 4/6, úmido); argiloso, moderada média e grande blocos subangulares, cerosidade moderada e abundante, firme, plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana e gradual.

Bt2 37 – 50 cm, bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido); argiloso, moderada média blocos subangulares, cerosidade moderada e abundante, firme, plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana e gradual.

BC 50 – 100 cm, amarelo avermelhado (5 YR 6/6, úmido); argilo siltoso, moderada média e grande blocos subangulares, cerosidade moderada e comum, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana e gradual.

C 100 – 120 cm+, amarelo (10 YR 8/6, úmido) mosqueado amarelo avermelhado (5 YR 6/8); areno siltoso, moderada média e grande blocos subangulares, cerosidade fraca e comum, firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana e gradual.

RAÍZES - muitas grossas e comuns médias no horizonte A; muitas grossas e poucas médias no horizonte AB; poucas grossas, poucas médias e poucas finas no horizonte Bt1; poucas médias e poucas finas no horizonte Bt2, poucas finas nos horizontes BC e C.

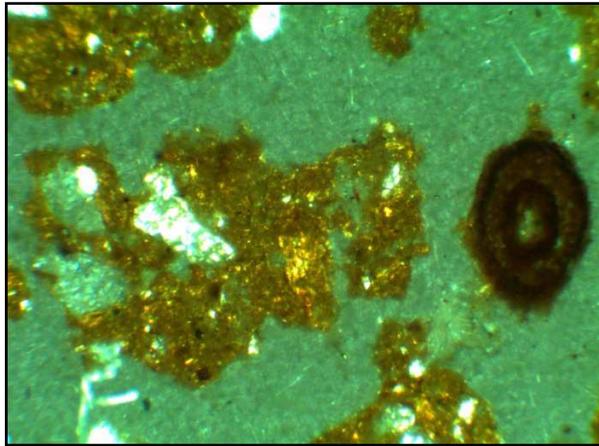


Figura 28 Seção delgada do horizonte A do Argissolo sobre gnaisse. Notar fragmento de raiz no centro de um grande poro, microestrutura em blocos angulares e trama cristalítica. Imagem com largura de 2,3 mm, luz polarizada cruzada parcial

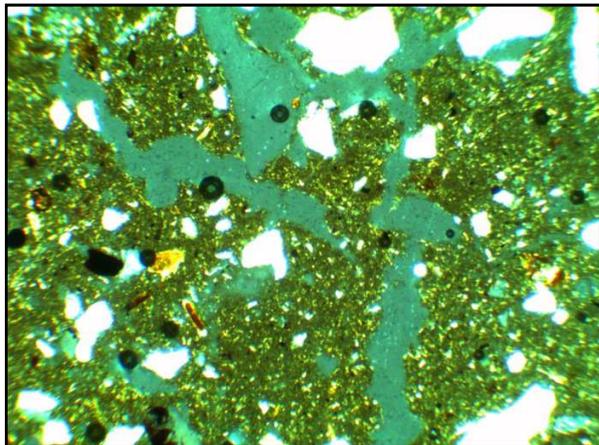


Figura 29 Seção delgada do horizonte B do Argissolo sobre gnaisse. Notar microestrutura em blocos angulares, trama salpicada cristalítica. Imagem com largura de 2,3 mm, luz polarizada cruzada parcial

## ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

Horiz.	pH <sub>água</sub>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	T	V	Areia	Argila
	1:2,5	-----	cmol kg <sup>-1</sup>	-----	- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -		%	-----	g kg <sup>-1</sup> -----
A	4,6	0,6	3,1	1,6	5,1	12,4	41,8	365	412
AB	4,6	1,4	0,2	0,3	0,8	7,6	10,3	388	379
Bt1	4,8	1,2	0,2	0,2	0,4	5,3	8,9	420	399
Bt2	4,6	1,1	0,1	0,1	0,3	4,9	5,7	430	388
BC	4,6	1,0	0,1	0,1	0,2	3,6	5,8	373	358
C	4,7	1,2	0,1	0,2	0,3	3,5	8,4	403	161

## MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA

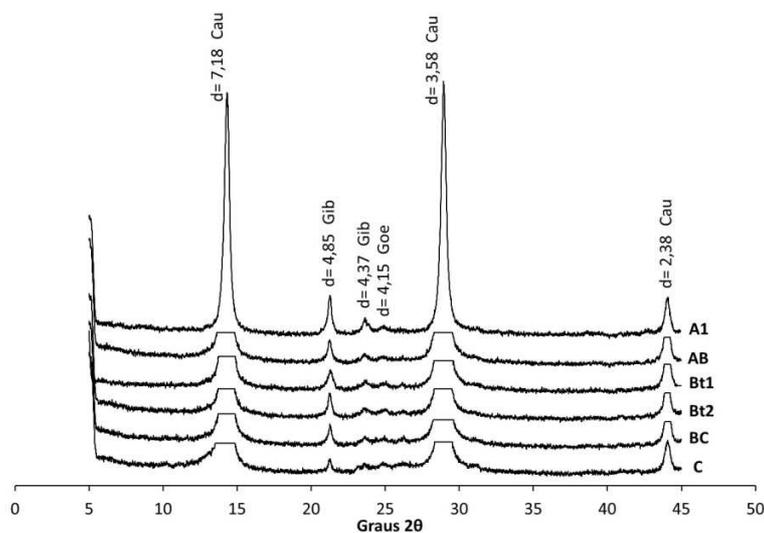


Figura 30 Difratoograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Argissolo sobre gnaisse. Cau: caulinita, Gib: gibbsita, Goe: goethita

## PERFIL FILITO

## DESCRIÇÃO GERAL

DATA – 01.11.2011

CLASSIFICAÇÃO SiBCS – Argissolo Vermelho distrófico nitossólico Tb A moderado argiloso fase floresta semidecidual estacional relevo ondulado.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Zona rural do município de Ijaci. Ijaci – MG 21°12'05" S e 44°51'15" W Gr.

SITUAÇÃO DO PERFIL – Descrito e coletado em trincheira aberta em terço médio de encosta, sob vegetação de floresta com algumas espécies de Cerrado e árvores entre 4 e 6 metros de altura.

ALTITUDE – 910 metros.

DECLIVIDADE – 18%.

LITOLOGIA – Filito (metapelito laminado).

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Sequência Prados. Megassequência Carandaí.

CRONOLOGIA – Mesoproterozóico (1,6 a 1,0 x 10<sup>9</sup> anos)

MATERIAL ORIGINÁRIO – Produto da alteração da rocha supracitada.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Ondulado.

EROSÃO – Laminar fraca.

DRENAGEM – Bem drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta semidecidual estacional.

USO ATUAL – Reserva de vegetação nativa.

CLIMA – Tropical com inverno seco.

DESCRITO E COLETADO POR – Marla A. Araujo, Yuri L. Zinn e Alessandro V. Pedroso

## DESCRIBÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 15 cm, vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido); franco argilo siltoso; fraca pequena blocos subangulares; cerosidade forte e abundante; macia, friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e gradual.

AB 15 - 27 cm, vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido); franco argilo siltoso; moderada média blocos subangulares; cerosidade forte e abundante; macia, firme; ligeiramente plástica a plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt1 27 – 80 cm, vermelho (2,5 YR 4/6); argiloso; moderada média blocos angulares; cerosidade forte e abundante; ligeiramente dura, firme; plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

Bt2 80 – 100 cm+, vermelho (10 R 4/6); argiloso; forte média e grande blocos subangulares; cerosidade fraca e rara; muito dura, muito firme; plástica e muito pegajosa.

RAÍZES – muitas finas, muitas médias e duas raízes pivotantes no horizonte A; poucas finas, poucas médias, muitas grossas e uma raiz pivotante no horizonte AB; raras médias no horizonte Bt1; raras finas no horizonte Bt2.

OBSERVAÇÕES – horizonte Bt1 com deposições claras em antigas superfícies de canais de raiz. Cascalhos e seixos rolados raros ao longo do perfil.

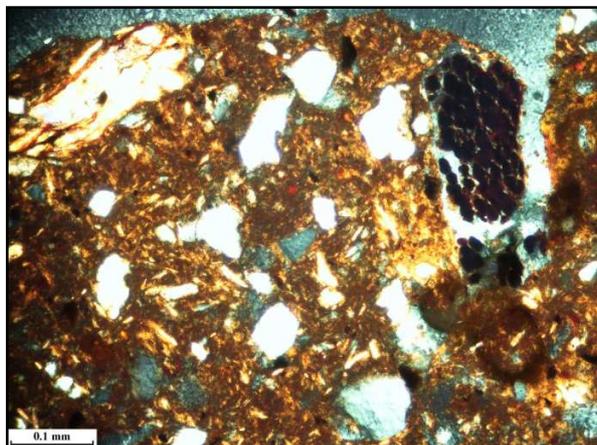


Figura 31 Seção delgada do horizonte A do Argissolo sobre filito. Notar microestrutura em bloco, trama cristalítica granoestriada e estriada cruzada, quartzo grosseiro angular, fragmento da rocha e aglomerado granular orgânico. Luz polarizada cruzada

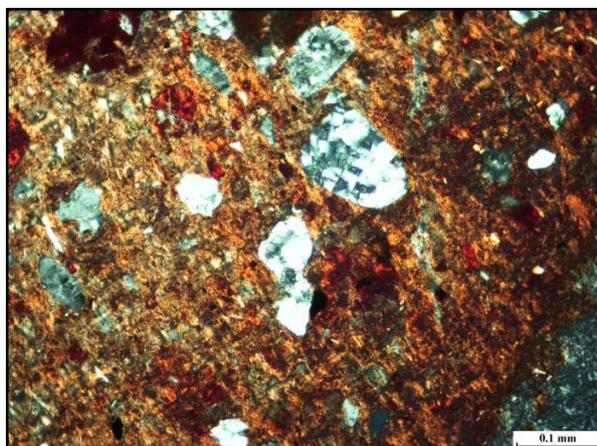


Figura 32 Seção delgada do horizonte B do Argissolo sobre filito. Notar microestrutura em bloco, trama cristalítica estriada cruzada. A tonalidade avermelhada sugere deposição incipiente de óxidos. Luz polarizada cruzada

## ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

Horiz.	pH <sub>água</sub>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	T	V	Areia	Argila
	1:2,5	-----	cmol kg <sup>-1</sup>	-----	- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -		%	-----	g kg <sup>-1</sup> -----
A	4,9	0,2	5,1	0,4	5,6	9,5	59,5	100	291
AB	4,9	0,3	2,4	0,1	2,6	6,5	39,6	138	316
Bt1	5,0	0,2	1,3	0,1	1,4	5,0	27,4	172	534
Bt2	5,0	0,3	0,1	0,1	0,2	3,7	5,3	135	596

## MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA

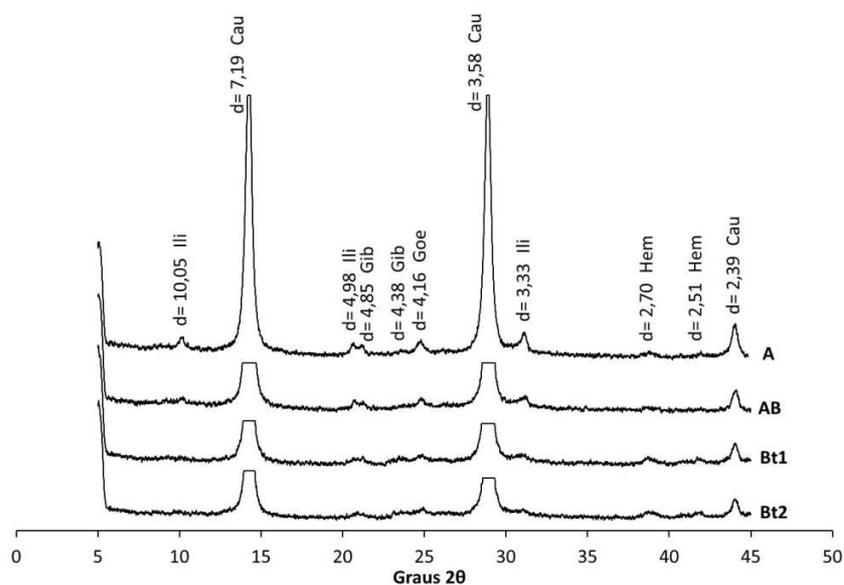


Figura 33 Difratoograma de raios-X de amostras orientadas de argila natural dos horizontes do Argissolo sobre filito. Cau: caulinita, Gib: gibbsita, Goe: goethita, Hem: hematita, Ili: Illita