



Carbono orgânico e nitrogênio total nas frações granulométricas e húmicas em solos sob diferentes texturas

Gisele Cristina de CASTRO¹, Cristiane Ramos VIEIRA^{2*}, Oscarlina Lúcia dos Santos WEBER³

¹Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso, Diamantino, MT, Brasil.

²Faculdade de Agronomia, Universidade de Cuiabá, Cuiabá, MT, Brasil.

³Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil.

*E-mail: cris00986@hotmail.com

Recebido em julho/2017; Aceito em abril/2018.

RESUMO: A decomposição e distribuição dos componentes da matéria orgânica são influenciados diretamente pela textura do solo e podem se dar de forma diferenciada ao longo do perfil de solo. Diante disso, desenvolveu-se experimento para avaliar o teor de carbono orgânico (CO) e de nitrogênio total (NT) nas frações granulométricas e húmicas de solos sob diferentes texturas. Foram coletadas amostras em cinco quadrantes, nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm. Essas amostras foram secas e passadas em peneira de 2,0 mm para os fracionamentos físico e químico. O fracionamento físico foi realizado por meio de ultrassom e as frações húmicas através da extração alcalina. O teor de CO foi determinado pela digestão sulfocrômica a quente seguida de titulação com sulfato ferroso amoniacal, enquanto o teor de nitrogênio foi obtido pela digestão seguida de destilação e titulação. Os teores de CO foram maiores na fração > 53 µm e os de NT na fração < 53 µm. A fração ácido húmico (FAH) teve o maior teor de carbono e a fração húmica (FHum) teve o menor teor. A relação extrato alcalino (EA/Hum) variou de 22,09 a 24,76 g Kg⁻¹ indicando predomínio da fração húmica na camada superficial.

Palavras-chave: fracionamento físico e químico, matéria orgânica, granulometria do solo.

Organic carbon and total nitrogen in granulometric and humic fractions in soils under different textures

ABSTRACT: The decomposition and distribution of the organic matter components are directly influenced by the soil texture and can occur differently along the soil profile. Therefore, an experiment was developed to evaluate the organic carbon (OC) and total nitrogen (TN) content of the granulometric and humic fractions of soils under different textures. Samples were collected on five quadrants, at depths of 0-20, 20-40, 40-60 and 60-100 cm. These samples were dried and passed through a 2.0 mm sieve to be submitted to the physical and chemical fractionations. The physical fractions were obtained by means of ultrasound and the humic fractions through the alkaline extraction. The OC content was determined by hot sulfocromic digestion followed by titration with ammoniacal ferrous sulfate, while the nitrogen content was obtained by digestion followed by distillation in semi-microdistiller and titration. The OC contents were higher in the fraction > 53 µm and TN in the fraction < 53 µm. The humic acid fraction (HAF) had the highest carbon content and the humic fraction (HUMF) had the lowest content. The alkaline extract ratio (AE /HUM) ranged from 22.09 to 24.76 g Kg⁻¹ indicating predominance of the humic fraction in the surface layer.

Keywords: physical and chemical fractionation, organic matter, soil granulometry.

1. INTRODUÇÃO

O teor de matéria orgânica do solo (MOS) influencia nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Porém, também pode ser influenciada pelas características deste solo.

As taxas de decomposição da matéria orgânica (MO) podem variar de acordo com a textura do solo, contribuindo para o aumento ou redução da quantidade de carbono (C) e de nitrogênio (N) ao longo do perfil.

De acordo com Reichardt; Timm (2012), isso acontece porque a textura é fator determinante das propriedades de retenção e capacidade de armazenamento de água e nutrientes, da distribuição de poros e, conseqüentemente, das propriedades de condução de água e gases. Solos com maiores teores de argila têm a propriedade de favorecer a formação de aglomerados de partículas unitárias, que se formam por causa de atrações físicas entre partículas ou

através de agentes cimentantes, como óxidos de ferro e MO (FREITAS et al., 2013).

A textura do solo afeta a estabilidade e a própria formação de agregados, e solos com maior teor de argila favorecem a agregação (SILVA et al., 2014). Enquanto o elevado teor de areia afeta a formação de agregados estáveis (SANTOS et al., 2011). Portanto, em geral, quanto maiores as partículas do solo, menor sua compressibilidade e agregação (MACEDO et al., 2010).

Barros et al. (2016) ao estudar a distribuição da porosidade textural e estrutural em solos de Terra Preta Arqueológica na região Amazônica concluíram que, um melhor entendimento das propriedades físicas dos solos da região pode fornecer informações importantes para o manejo sustentável dos seus solos, visto que, apesar do seu uso contínuo, estes apresentam uma alta capacidade de

resiliência. Portugal et al. (2010) estudando solos sob mata, seringueira e laranja verificaram que a estabilidade de agregados está relacionada aos maiores teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, humina, carbono microbiano e matéria orgânica leve, enquanto na pastagem degradada está principalmente relacionada a ciclos de umedecimento e secagem. Ao estudar os estoques de C e N em frações lábeis e estáveis da MO, Pulrolnik et al. (2009) observaram que as frações da MOS que mais contribuíram para o estoque de C e N nos solos estudados foram a humina, o ácido húmico, o ácido fúlvico e a matéria orgânica leve. A biomassa microbiana do solo teve pouca contribuição para os estoques de C e N do solo.

Diante da importância que as frações texturais têm na decomposição e distribuição dos componentes da MO no solo, desenvolveu-se pesquisa para avaliar o teor de carbono orgânico (CO) e do nitrogênio total (NT) nas frações granulométricas e húmicas de solos sob diferentes texturas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na Fazenda São Nicolau, município de Cotriguaçu, região noroeste de Mato Grosso, cujas coordenadas são 58°19'38" N e 9°47'51" O. Segundo a classificação de Köppen (Brasil, 1982) o clima predominante na região é o tropical chuvoso do tipo Am, com período de seca e chuvas inferiores a 60 mm no mês mais seco. As temperaturas médias anuais permanecem entre 23° e 25°C, sendo os meses da primavera-verão os mais quentes, que coincide com o período mais chuvoso e precipitação abundante, com curto período seco no inverno (SILVA et al., 2008).

Os solos predominantes na área de estudo são os Argissolos Vermelho-Amarelo distrófico e álico, com textura argilosa, ocorrendo ainda, em menores proporções, os Neossolos Litólicos em relevo mais movimentado e Gleissolos ao longo da rede de drenagem. A cobertura vegetal nativa na propriedade é a Floresta Ombrófila Aberta, formação submontana com palmeiras (BRASIL, 1982).

2.2. Amostragem de solo

A área do estudo foi dividida em cinco quadrantes, Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5 (Figura 1), nos quais foram delimitados três pontos amostrais. A divisão da área em quadrantes foi realizada de acordo com a variação textural do solo em: média, argilosa, muito argilosa. Nesses pontos foram coletadas amostras de solos nas profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-100 cm para as determinações dos teores de C e de N nas frações granulométricas, utilizando o delineamento em blocos casualizados e três repetições.

Para o fracionamento das substâncias húmicas em ácidos fúlvicos, húmicos e humina, utilizaram-se amostras da camada de 0-20 cm. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 50°C até peso constante, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm e, em seguida, foram submetidas às determinações dos teores de C e de N nas frações granulométricas e substâncias húmicas (SHs).

2.3. Fracionamento físico granulométrico do solo

O fracionamento físico da matéria orgânica do solo (MOS) foi realizado pelo método de Cambardella; Elliott (1992) e envolveu dois processos: a dispersão em meio

aquoso a partir de 20 g de TFSA em ultrassom (240 Watts) durante seis minutos em temperatura controlada. Desse processo, a suspensão foi passada em peneira de malha de 53 µm, obtendo-se a fração areia (53 > 200 µm) e a fração silte/argila (< 53 µm), respectivamente.

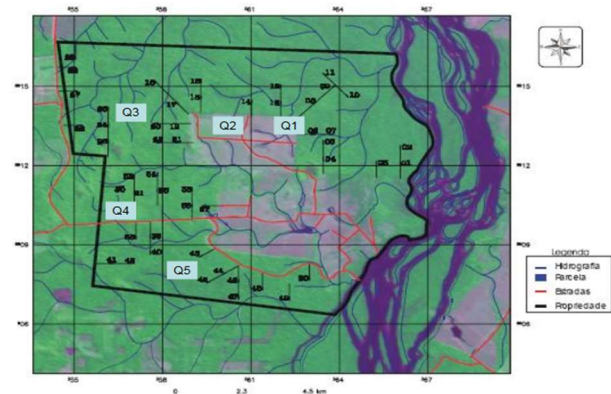


Figura 1. Localização das unidades amostrais. Fonte: Imagem CBERS-2(2005).

Figure 1. Localization of sample units. Source: Picture CBERS-2(2005).

As frações granulométricas foram levadas a secar em estufa de ventilação forçada de ar à temperatura de 50°C, até peso constante, para obtenção do percentual de cada fração em relação à massa total da amostra. As frações de cada repetição e de cada fração foram maceradas em graal, para posteriores determinações dos teores do C e de N.

O CO foi determinado pelo método descrito por Yeomans; Bremner (1988), que consistiu em digerir 0,5 g de TFSA, peneirado em malha de 0,297 mm, em 5 mL de K₂Cr₂O₇ 0,167 mol L⁻¹ e 7,5 mL de H₂SO₄ concentrado, por 30 minutos a 170°C, em bloco digestor. Após o resfriamento em temperatura ambiente, os extratos foram transferidos para erlenmeyers de 250 mL, utilizando-se água destilada suficiente para um volume final de até 80 mL. Em seguida, adicionou-se 0,3 mL de solução indicadora de ferroin em cada erlenmeyer, procedendo-se a titulação com solução de Fe(NH₄)₂(SO₄)₂.6H₂O 0,20 mol L⁻¹ (sal de Mohr). Paralelamente, foram realizadas provas em branco, com e sem aquecimento. O teor de CO no solo nas frações foram obtidas pela equação 1.

$$CO = \frac{[(V_{ba} - V_{am}) * \frac{V_{bn} - V}{V_{bn}}] + (V_{ba} - V_{am}) * [M] * (3) * (100)}{M_s} \quad (\text{Equação 1})$$

em que: CO = carbono orgânico (dag kg⁻¹); V_{ba} = volume gasto na titulação do branco aquecido; V_{bn} = volume gasto na titulação do branco sem aquecimento; V_{am} = volume gasto na titulação da amostra; [M] = molaridade do sulfato ferroso; M_s = massa da amostra de solo em miligrama.

Para a determinação do teor de NT, utilizou-se o método Kjeldhal, que envolveu o uso de uma solução digestora à base de Na₂SO₄, CuSO₄.5H₂O, Na₂SeO₃ e H₂SO₄ concentrado. O teor de N no solo e nas frações foram obtidas pela equação 2.

$$N = \frac{V_{am} * M[HCl] * 0,014 * 100}{M_s} \quad (\text{Equação 2})$$

em que: N = nitrogênio (em dag kg⁻¹); V_{am} = volume gasto na titulação; [HCl] = concentração da solução de ácido clorídrico; M_s = massa da amostra de solo, em gramas.

2.4. Extração das substâncias húmicas do solo

A extração das substâncias húmicas nas amostras de solos foi feita por meio do método de Kononova (1966), que consistiu em pesar 5 g de TFSA em tubo de centrífuga de 50 mL e adicionar 25 mL de H_3PO_4 2M. Em seguida, levou-se a agitar por 30 minutos em agitador orbital e a centrifugar a 3.000 rpm por 10 minutos para obtenção da fração ácido fúlvico livre (AFL). Esta operação foi repetida mais duas vezes. Logo após, o precipitado foi lavado com 25 mL de água destilada e centrifugado a 3.000 rpm por 10 minutos. O sobrenadante foi filtrado em papel filtro e descartado, procedimento que também foi repetido por três vezes. Os restos vegetais (RV) retidos no papel filtro serviram para determinar o teor de matéria orgânica livre (MOL).

A extração da fração do ácido fúlvico mais ácido húmico (FAF+FAH) foi realizada por meio alcalino. Após as lavagens anteriores com água destilada, juntou-se ao precipitado retido ao tubo da centrífuga, 25 mL de solução de pirofosfato de sódio + hidróxido de sódio, agitou-se por 5 minutos em agitador horizontal e deixou-se a mistura em repouso por 12 horas. Após o repouso a mistura foi centrifugada a 3.000 rpm por 10 minutos guardando o sobrenadante em frascos (essa operação foi repetida por três vezes), obtendo-se, dessa forma, a fração ácido fúlvico + fração ácido húmico (FAV+FAH) e o precipitado que foi a fração húmica (HUM).

A separação do ácido húmico (AH) ocorreu em um tubo de centrífuga de 50 mL onde pipetou-se 25 mL da solução FAV+FAH e adicionou-se H_2SO_4 concentrado até atingir pH $\pm 1,0$, deixando decantar em geladeira por 12 horas. O resultante foi centrifugado a 4.500 rpm por 15 minutos descartando o sobrenadante, em seguida, redissolveu-se o precipitado com 25 mL de NaOH 0,1 M para a obtenção da fração AH. Obtidas as separações procedeu-se às determinações do CO nas frações húmicas.

Para a determinação do CO das frações: Fração Ácido Fúlvico Livre (FAFL), Fração Ácido Fúlvico (FAF) e Fração Ácido Húmico (FAH), utilizou-se o método de Kononova (1966). Nesse caso, foram pipetados 5 mL do extrato para tubos de digestão de 100 mL, adicionados 10 mL da solução 0,033 $K_2Cr_2O_7$ com pipeta volumétrica e acrescentados 10 mL de H_2SO_4 . Os tubos foram colocados no bloco digestor pré-aquecido a 170°C por 30 minutos. O conteúdo foi deixado para esfriar por 15 minutos e, em seguida, transferido para erlenmeyers de 250 mL, completando com água destilada suficiente para atingir o volume final de 80 mL. A solução foi deixada em repouso até a temperatura ambiente, adicionando-se, posteriormente, três gotas de difenilamina (solução indicadora). O conteúdo foi titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,03 mol L^{-1} .

Para a determinação do CO na HUM, pesou-se $\pm 0,5$ g do precipitado do fundo do tubo da centrífuga de 50 mL, para tubos de digestão de 100 mL, adicionou-se 5 mL da solução 0,167 mol L^{-1} $K_2Cr_2O_7$ e 7,5 mL de H_2SO_4 . Os procedimentos seguintes foram semelhantes aos descritos para as frações húmicas anteriores com diferença na titulação em que se utilizou sulfato ferroso amoniacal 0,2 mol L^{-1} .

Para as análises estatísticas dos dados, utilizou-se o programa computacional Sisvar com a aplicação da análise de variância e do teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade. Outro teste realizado foi o de correlação entre as variáveis estudadas.

3. RESULTADOS

As análises texturais em cada um dos locais (quadrantes) de coleta de solo e em suas respectivas profundidades estão apresentadas na Tabela 1. A massa de solo, os teores de CO e de NT na fração $> 53 \mu m$ estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 1. Granulometria e grupamento textural dos solos estudados.
Table 1. Granulometry and textural grouping of the studied soils.

Quadr./T ext.	Prof. cm	Argila	Silte $g\ kg^{-1}$	Areia	Textura
Q1 Média	0-20	153	68	778	Média
	20-40	225	85	690	Média
	40-60	342	74	584	Média
	60-100	470	52	478	Argilosa
Q2 Argilosa	0-20	284	14	702	Média
	20-40	406	30	564	Argilosa
	40-60	573	23	405	Argilosa
	60-100	589	14	397	Argilosa
Q3 Muito Argilosa	0-20	361	20	619	Argilosa
	20-40	487	34	479	Argilosa
	40-60	611	33	356	M. argilosa
	60-100	665	27	308	M. argilosa
Q4 Argilosa	0-20	309	63	628	Média
	20-40	413	76	511	Argilosa
	40-60	505	55	440	Argilosa
	60-100	322	76	602	Média
Q5 Argilosa	0-20	368	153	479	Argilosa
	20-40	401	148	451	Argilosa
	40-60	562	48	390	Argilosa
	60-100	606	59	335	M. argilosa

Quadr. = quadrante; Text. = textura; Prof. = profundidade; M. argilosa = muito argilosa.

Tabela 2. Percentagem de massa do solo, teores de CO, NT e C/N nas frações granulométricas de solos sob diferentes texturas, fração $> 53 \mu m$.

Table 2. Percentage of soil mass, CO, NT and C/N contents in the granulometric fractions of soils under different textures, fraction $> 53 \mu m$.

Quadrante	Fração $> 53 \mu m$				
	Prof. cm	Massa %	CO	NT $g\ kg^{-1}$	C/N
1	0-20	70,76	14,40	32,20	0,45
	20-40	65,33	17,53	39,55	0,44
	40-60	51,99	16,22	39,55	0,41
	60-100	40,46	17,42	31,15	0,56
	Média do perfil	0-100	57,13	16,39	35,61
2	0-20	71,35	21,02	32,90	0,64
	20-40	60,93	17,26	60,55	0,29
	40-60	47,36	16,38	23,45	0,70
	60-100	43,60	15,80	40,25	0,39
	Média do perfil	0-100	55,81	17,62	39,29
3	0-20	64,11	18,87	42,35	0,45
	20-40	50,88	17,31	45,85	0,38
	40-60	43,10	16,03	61,25	0,26
	60-100	40,99	21,04	32,20	0,65
	Média do perfil	0-100	49,77	18,31	45,11
4	0-20	69,73	11,59	24,50	0,47
	20-40	65,76	21,84	39,20	0,56
	40-60	61,14	19,78	20,65	0,96
	60-100	57,63	17,86	47,95	0,37
	Média do perfil	0-100	63,56	17,77	33,08
5	0-20	69,21	22,12	35,70	0,62
	20-40	58,80	17,54	29,75	0,59
	40-60	44,50	15,48	47,25	0,33
	60-100	37,49	17,54	37,10	0,47
	Média do perfil	0-100	52,50	18,17	37,45

Prof. = profundidade.

A massa de solo, os teores de CO e de NT na fração < 53 µm estão apresentados na Tabela 3. Os teores de CO na fração resíduo vegetal, em relação aos quadrantes analisados estão apresentados na Figura 2. Os teores de CO nas frações húmicas estão na Figura 3.

Tabela 3. Percentagem de massa do solo, teores de CO, NT e C/N nas frações granulométricas de solos sob diferentes texturas, fração < 53 µm.

Table 3. Percentage of soil mass, CO, NT and C/N contents in the granulometric fractions of soils under different textures, fraction 53 µm.

Quadrante	Fração < 53µ m				
	Prof.	Massa	CO	NT	C/N
	cm	%		g kg ⁻¹	
1	0-20	27,88	20,56	2,80	7,34
	20-40	34,45	20,56	3,15	6,53
	40-60	48,50	20,49	3,15	6,51
	60-100	57,01	20,49	2,80	7,32
	Média do perfil	0-100	41,96	20,52	2,98
2	0-20	26,40	23,80	3,15	7,56
	20-40	38,39	23,80	2,80	8,50
	40-60	51,38	18,84	3,15	5,98
	60-100	55,50	18,84	3,50	5,38
	Média do perfil	0-100	42,92	21,32	3,15
3	0-20	34,06	25,65	3,85	6,66
	20-40	47,90	25,65	2,80	9,16
	40-60	55,64	20,87	3,15	6,63
	60-100	60,09	20,87	3,50	5,96
	Média do perfil	0-100	49,42	23,26	3,33
4	0-20	29,95	27,62	3,50	7,89
	20-40	31,98	27,62	3,50	7,89
	40-60	36,05	22,15	3,15	7,03
	60-100	39,29	22,15	3,15	7,03
	Média do perfil	0-100	34,32	24,88	3,33
5	0-20	27,04	24,76	3,85	6,43
	20-40	37,34	24,76	2,45	10,10
	40-60	51,73	21,57	3,15	6,85
	60-100	61,39	21,57	3,15	6,85
	Média do perfil	0-100	44,37	23,16	3,15

Prof. = profundidade.

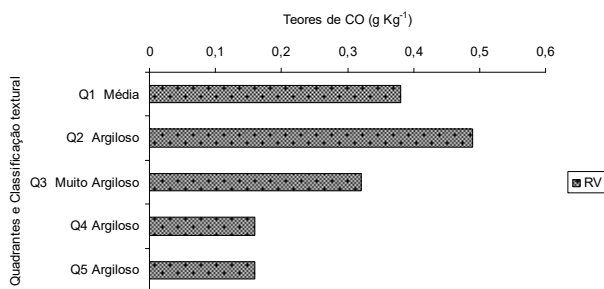


Figura 2. Teor de CO na fração resíduo vegetal.
Figure 2. CO content in the vegetal residue fraction.

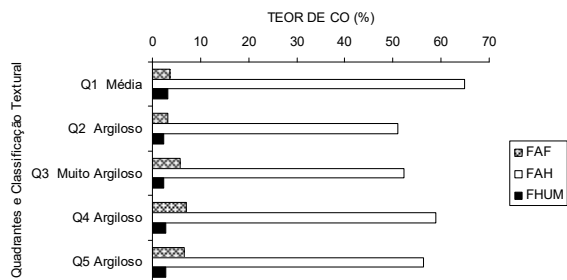


Figura 3. Teor de CO nas frações húmicas.
Figure 3. CO content in humic fractions.

A Figura 4 apresenta os dados para as frações húmicas em relação ao COT.

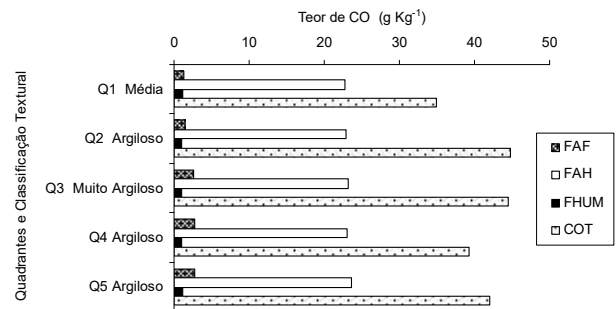


Figura 4. Relações entre as frações húmicas e COT (g kg⁻¹).
Figure 4. Relationship between humic fractions and TOC (g kg⁻¹).

Os teores de CO nas relações AH/AF e EA/HUM podem ser observados na Figura 5.

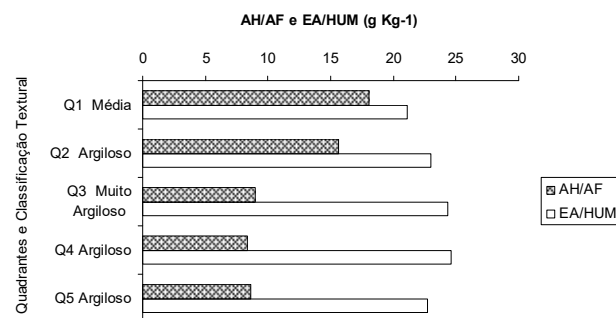


Figura 5. Teor de CO na relação AH/AF e EA/HUM.
Figure 5. CO content in AH / AF and EA / HUM ratio.

4. DISCUSSÃO

Nos quadrantes 1, 2, 3 e 5, o teor de argila aumentou da profundidade de 0-20 cm até 60-100 cm (Tabela 1). Apesar da maior deposição de material orgânico na camada de 0-20 cm, esta apresentou, em geral, maior teor de areia dentre as demais camadas analisadas, independentemente do local de coleta, demonstrando que ocorreu translocação de material coloidal para camadas mais profundas.

No quadrante 4 (Tabela 1), o teor de argila aumentou nas profundidades de 20-40 cm e de 40-60 cm, porém, voltou a reduzir na profundidade de 60-100 cm. A maior quantidade de areia presente na camada superficial de 0-20 cm pode ter permitido a translocação da argila para camadas mais profundas, sem atingir, no entanto, a camada de 60-100 cm de forma significativa para ter sua textura alterada.

Em geral, o quadrante 1 apresentou textura média; os quadrantes 2, 4 e 5 textura argilosa; e o quadrante 3 textura muito argilosa, de acordo com Embrapa (1999). Segundo Wendling et al. (2005) a predominância da fração argila pode estar relacionada à forte interação dessas frações com a matéria orgânica humificada, o que contribui para a estruturação do solo pela formação de agregados. Além disso, pode ocorrer maior perda do material orgânico das partículas da fração areia, que se deve à maior instabilidade, à suscetibilidade à oxidação e à desintegração dos resíduos vegetais e hifas de fungos presentes nessa fração, a qual se intensifica quando da adoção de cultivo (NEVES et al., 2004).

A massa de solo foi reduzida com a profundidade nos cinco quadrantes analisados quando avaliada na fração > 53

μm (Tabela 2), cuja média foi maior no quadrante 4 com 63,56%.

Na fração menor que $53 \mu\text{m}$ (Tabela 3) houve aumento da porcentagem de massa com a profundidade em todos os quadrantes analisados. Porém, com média superior no quadrante 3.

Os teores de CO foram maiores na fração $< 53 \mu\text{m}$ (Tabela 3) em todos os quadrantes analisados quando comparados com a fração $> 53 \mu\text{m}$ (Tabela 2). Segundo Wendling et al. (2005) a predominância da MO na fração argila pode estar relacionada à forte interação dessas frações com a MO humificada, o que contribui para a estruturação do solo pela formação de agregados. Isso contribuiu para manter o maior teor de CO nas frações mais finas do solo.

Na fração $< 53 \mu\text{m}$ (Tabela 3) houve redução nos teores de CO com a profundidade nos cinco quadrantes analisados e a menor média foi observada no quadrante 4, portanto, assim, solos argilosos apresentaram menores taxas de decomposição da MO e consequentemente maior estabilidade química.

Na fração $> 53 \mu\text{m}$ (Tabela 2) houve aumento no teor de CO da profundidade de 0-20 cm para a camada mais profunda nos quadrantes 1 e 4. O que pode ser explicado pelo fato do sistema radicular das espécies florestais nativas atingirem camadas mais profundas, com a morte dessas raízes em profundidade, a sua decomposição libera nutrientes nessas camadas.

De acordo com Denardin et al. (2014) outra explicação é o fato da degradação da MO ser maior em superfície, influenciando nos teores de carbono, ficando evidente que as maiores perdas de carbono ocorrem nas camadas superficiais devido a maior presença de microrganismos. Isso pode ter ocorrido devido à presença de MO e as condições de decomposição nessas camadas, que pode ter possibilitado a translocação de material orgânico para as camadas mais profundas.

No quadrante 2 o teor de CO reduziu com a profundidade e, nos quadrantes 3 e 5 houve redução até a profundidade de 40-60 cm com posterior aumento em 60-100 cm. Em geral, os teores de CO foram maiores no quadrante 3. Resultados que demonstram que a maior quantidade de material orgânico fica na superfície do solo, aumentando o acúmulo de MO em superfície. Consequentemente, o teor de CO presente também pode ser maior em relação às camadas mais subsuperficiais.

Os maiores teores de NT foram observados na fração $> 53 \mu\text{m}$ (Tabela 2), nesse caso, houve aumento no teor da profundidade de 0-20 cm a 40-60 cm nos quadrantes 1 e 3. Nos quadrantes 2 e 4 o aumento também ocorreu, porém, nas profundidades de 20-40 e de 60-100 cm.

Os teores encontrados nesta fração indicam que a maior parte do N está ligada a compostos orgânicos. Os teores de NT dos quadrantes analisados estão relativamente homogêneos indicando que, essas áreas têm acúmulos semelhantes desse elemento.

No quadrante 5 houve redução no teor de NT da profundidade de 0-20 cm para a de 20-40 cm, com posterior aumento na de 40-60 cm e, queda na de 60-100 cm.

A maior média para o teor de NT na fração $> 53 \mu\text{m}$ (Tabela 2) foi observada no quadrante 3, como ocorreu para os teores de CO.

Na fração $< 53 \mu\text{m}$ (Tabela 3) houve aumento no teor de NT nas profundidades de 20-40 cm e de 40-60 cm no quadrante 1. Nos quadrantes 2, 3 e 5 observou-se redução da

profundidade de 0-20 cm para a de 20-40 cm e posterior aumento para as demais profundidades. No quadrante 4 houve redução da profundidade de 20-40 cm para 60-100 cm. Sendo que, esses teores foram maiores nos quadrantes 3 e 4, coerente com o observado para os teores de CO.

A relação C/N foi menor na fração $> 53 \mu\text{m}$ (Tabela 2) devido ao maior teor de NT em comparação com a fração $< 53 \mu\text{m}$ (Tabela 3). Algumas áreas podem apresentar maior relação C/N devido à sua maior acumulação de COT e de N no perfil do solo, em razão da estabilidade das frações húmicas e menor grau de mineralização da MOS (CAMPOS et al., 2013). A maior relação C/N acarreta degradação mais lenta e favorece o acúmulo de COT e N nos agregados do solo (LOSS et al., 2011). A maior relação C/N na fração $> 53 \mu\text{m}$ foi observada no quadrante 4, com média de 0,59. Nesse caso, houve aumento na relação C/N até a profundidade de 40-60 cm e redução na de 60-100 cm.

Nos quadrantes 1, 3 e 5 (Tabela 2) houve redução na relação C/N da profundidade 0-20 cm até 40-60 cm e, posterior aumento devido aos teores de CO e de NT nessas profundidades. Nesse caso, a qualidade dos resíduos influenciou a incorporação da MO, indicando menor transformação de N orgânico para N mineral. Além disso, houve favorecimento para perda de N em forma de gases. O que pode ter ocorrido no presente caso.

No quadrante 2 (Tabela 2) houve redução na profundidade de 20-40 cm, aumento na de 40-60 cm e posterior redução na de 60-100 cm devido às variações nos teores de CO e de NT nessas camadas.

Para a relação C/N na fração $< 53 \mu\text{m}$ (Tabela 3) observou-se as maiores médias em comparação com a fração $> 53 \mu\text{m}$ (Tabela 3), por causa dos teores de NT que foram menores e, consequentemente, do maior teor de CO. Nesse caso, as maiores médias foram verificadas nos quadrantes 4 (7,46) e 5 (7,56).

No quadrante 1 (Tabela 3) houve redução até a profundidade de 40-60 cm e posterior aumento. Enquanto no quadrante 2 houve aumento na profundidade de 20-40 cm e posterior redução.

Os teores de CO na fração resíduo vegetal, em relação aos quadrantes analisados estão apresentados na Figura 2 e foi maior no quadrante 2, cujo solo foi classificado como argiloso. Esse resultado, provavelmente, está relacionado com o tipo de vegetação presente no local. Rajj (2011) afirma que normalmente, quanto maior o teor de argila do solo mais alto é o teor de MO.

De acordo com Rangel; Silva (2007), nos sistemas florestais, as fontes de substâncias orgânicas estão associadas à deposição natural de resíduos de plantas, que alcançam o solo na forma de folhas, galhos e outros fragmentos orgânicos, bem como de substâncias orgânicas derivadas da decomposição das raízes. O que contribuiu para os resultados observados para os teores de COT e de NT ao longo do perfil do solo.

Com relação ao teor de CO nas frações húmicas (Figura 3) verificou-se que a maior fração foi a de ácido húmico (FAH), destacando-se no quadrante 1, que também apresentou a maior fração de humina (FHUM). Enquanto o quadrante 4 apresentou a maior fração de ácido fúlvico (FAF). Estudando a composição das substâncias húmicas em solos da Amazônia, Cunha et al. (2007) também verificaram

predominância de FAH e atribuíram os resultados à formação de complexos MO-cálcio de alta estabilidade.

O somatório das frações húmicas representou, em média, 65% do COT, estabelecendo correlação linear positiva ($r = 0,99$). Os teores de C na FHum (Figura 4) foram menores que as demais frações, variando de 1,05 a 1,16 g kg⁻¹, não tendo diferença entre os quadrantes. Este fato pode ocorrer devido à textura média na camada superficial, que provavelmente retarda a formação da humina.

De acordo com Fontana et al. (2010) em solos sob floresta, os ácidos húmicos são mais atuantes na agregação do que a fração humina.

A relação AH/AF (ácido húmico/ácido fúlvico) nos quadrantes variou entre 8,37 e 18,02. Santos et al. (2013) observaram valores para a relação AH/AF entre 0,02 e 6,55, com redução em profundidade, provavelmente, devido à perda da fração de ácido fúlvico.

A relação EA/HUM (extrato alcalino/humina) variou de 22,09 a 24,76 g kg⁻¹ indicando predomínio do extrato alcalino-solúveis. Este fato pode ter sido causado pelo grande volume de restos vegetais na camada superficial. Nesta camada, devido ao elevado teor de fibras, há predomínio de MO pouco decomposta na FHum, tendo relação maior que 1, indicando predomínio de compostos orgânicos alcalino-solúveis (VALLADARES et al., 2008).

A FAH constituiu-se de 26 a 59% do COT em todos os quadrantes, o que pode estar relacionado à interação da sua estrutura com a fração mineral do solo. Por outro lado, a FAF apresentou menor estabilidade, e a FHum evidenciou processos de movimentação no perfil, polimerização, ou mineralização, que diminuiu sua composição percentual no solo.

5. CONCLUSÕES

A fração textural predominante dentre os quadrantes estudados foi argila, cujos teores aumentaram com a profundidade, devido a translocação de material coloidal.

Os teores de CO foram maiores na fração mais fina do solo devido a sua maior capacidade de retenção, o que foi observado, principalmente, na fração ácido húmico e contribuiu para a maior relação C/N.

Os teores de NT foram maiores na fração mais grosseira, provavelmente, devido à maior percentagem de massa de solo e, conseqüentemente de MO.

A maior relação apresentada foi entre EA/Hum com valores acima de 20, indicando predomínio de MO em estado de baixa decomposição, comum em ambientes nativos.

6. REFERÊNCIAS

BARROS, K. R. M.; LIMA, H. V.; RODRIGUES, S.; KERN, D. C. Distribuição da porosidade textural e estrutural em solos de Terra Preta Arqueológica. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 609-615, out./dez. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160073>

BRASIL_Ministério das Minas e Energia. Departamento de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Levantamento de Recursos Naturais Volume 20 – Folha SC 21 - Juruena. 1982.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, n. 3, p. 777-783, mar. 1992. DOI:

<https://dx.doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600030017x>

CAMPOS, L. P.; LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; BRASIL, E. L.; IWATA, B. F. Estoque e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 3, p. 304-312, mar. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000300009>

CUNHA, T. J. F.; MADRI, B. E.; BENITE V. M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. O.; TROMPOWSKY, P. M.; SANTOS, G. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da Amazônia (Terra Preta). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 1, p. 91-98, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000100010>

DENARDIN, R. B. N.; MATTIAS, J. L.; WILDNER, L. P.; NESI, C. N.; SORDI, A.; KOLLING, D. F.; BUSNELLO, F. J.; CERUTTI, T. Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó – SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 59-69, jan./mar. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509813323>

EMBRAPA EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FONTANA, A.; BRITO, R. J.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Índices de agregação e a relação com as substâncias húmicas em Latossolos e Argissolos de tabuleiros costeiros, Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 291-297, jul./set. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v5i3a461>

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; MORETI, T. C. F.; CARMO, D. A. B. Avaliação de atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 9, n. 17, p. 362-374, 2013.

KONONOVA, M. M. **Soil organic matter**. Oxford: Pergamon Press, 1966. 272 p.

LOSS, A.; MORAES, A. G. L.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; ANJOS, L. H. C. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob diferentes sistemas de produção orgânica. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 1, n. 1, p. 57-64, 2010.

MACEDO V. R. M.; SILVA A. J. N.; CABEDA M. S. V. Influência de tensões compressivas na pressão de pré-compactação e no índice de compressão do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 856-862, ago. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000800010>

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistema agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, set./out. 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542004000500010>

PORTUGAL, A. F.; JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C. E. R. G.; NEVES, J. C. L. Estabilidade de agregados em Argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p. 545-553, jul./ago.

2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2010000400018>
- PULROLNIK, K.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BRANDANI, C.B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1125-1136, jul./ago. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000500006>
- RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.
- RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, nov./dez. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000600037>
- REICHARDT, R.; TIMM, L. C. **Solo Planta Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2012. 524 p.
- SANTOS, D. C.; PILLON, C. N.; FLORES, C. A.; LIMA, C. L. R.; CARDOSO, E. M. C.; PEREIRA, B. F.; MANGRICH, A. S. Agregação e frações físicas da matéria orgânica de um Argissolo vermelho sob sistemas de uso no bioma Pampa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1735-1744, set./out. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000500028>
- SANTOS, L. L.; LACERDA, J. J. J.; ZINN, Y. L. Partição de substâncias húmicas em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 955-968, jul./ago. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000400013>
- SILVA, V. S. M.; TRAVAGIN, D.P.; COLPINI, C. **Avaliação das potencialidades florestais e destinação de uso**. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, 2008. 60 p. (Comunicado técnico)
- SILVA, A. S.; SILVA, I. F.; BANDEIRA, L. B.; DIAS, B. O.; SILVA NETO, L. F. Argila e matéria orgânica e seus efeitos na agregação em diferentes usos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 10, p. 1783-1789, out. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130789>
- VALLADARES, G. S.; GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C. B. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; EBELING, A. G.; BENITES, V. M. Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 285-296, jan./fev. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100027>
- WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, maio 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000500010>
- YEOMANS, J. O.; BREMMER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Journal Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, nov. 1988. DOI: <https://dx.doi.org/10.1080/00103628809368027>