

## **ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO SUBMETIDO A FONTES E DOSES DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS**

*Physical and chemical attributes of a oxisol submitted to sources and doses of agro-industrial waste*

Debora Curado Jardim<sup>1</sup>  
Ricardo Santos Silva Amorim<sup>2</sup>  
Oscarlina Lúcia dos Santos Weber<sup>3</sup>  
Edwaldo Dias Bocuti<sup>4</sup>

### **RESUMO**

Os resíduos orgânicos provenientes de subprodutos da agroindústria possuem efetiva capacidade de melhorias dos atributos físicos, químicos e biológicos dos solos, e desta forma, com reflexo na estabilidade e produtividade dos sistemas agrícolas. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa cultivado com soja e milho em sucessão após cinco anos da aplicação de resíduos agroindustriais. O experimento teve início em 2012, no qual fez-se a aplicação de três resíduos (torta de filtro de cana, serragem de madeira de peroba e cedrinho e, serragem de eucalipto), em três doses, 6, 12 e 18 t ha<sup>-1</sup>, em dois sistemas de manejo (com e sem incorporação dos resíduos), com três repetições e duas testemunhas (sem aplicação do resíduo com e sem revolvimento do solo). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, sendo os manejos as parcelas e os resíduos e doses as subparcelas. Cinco anos após a aplicação dos resíduos foram avaliados os atributos físicos e químicos do solo na camada de 0 a 20 cm. Os resultados demonstram que os atributos físicos (macroporosidade, microporosidade, densidade do solo, umidade do solo equivalente a capacidade de campo, capacidade de água disponível, índice S) e químico (carbono total) foram alterados somente pelo manejo do solo. O revolvimento do solo com a incorporação de resíduos de alta relação C/N e de baixa degradabilidade pode aumentar o teor de carbono a longo prazo e, portanto, melhorar os atributos físicos do solo.

**Palavras-chave:** manejo do solo, matéria orgânica, relação carbono/nitrogênio.

### **ABSTRACT**

Organic waste from agribusiness by-products has an effective capacity to improve the physical, chemical and biological attributes of soils, thus reflecting the stability and productivity of agricultural systems. Therefore, the present work aimed to evaluate the physical and chemical attributes of a Red-Yellow Oxisol with clay texture cultivated with soybean and corn in succession after five years of application of agro-industrial residues. The experiment began in 2012, in which three residues (sugarcane filter cake, peroba and cedar wood sawdust and eucalyptus sawdust) were applied in three doses, 6, 12 and 18 t ha<sup>-1</sup>, in two management systems (with and without residue incorporation), with three replications and two controls (without residue application with and without soil tillage). The experimental design was in randomized blocks with subdivided plots, being the management plots and the residues and doses the subplots. Five years after the application of the residues the physical and chemical attributes of the soil in the 0 to 20 cm layer were evaluated. The results

---

<sup>1</sup> Mestre e doutora em Agricultura Tropical e docente do curso de Agronomia do Univag

demonstrate that the physical (macroporosity, microporosity, soil density, soil moisture equivalent to field capacity, available water capacity, S index) and chemical (total carbon) attributes were altered only by soil management. Soil revolving with the incorporation of high C/N and low degradability residues can increase long-term carbon content and thus improve soil physical attributes.

**KEYWORDS:** organic matter, soil management, environmental sustainability.

## INTRODUÇÃO

Soja e milho são as culturas de grãos mais cultivadas no Brasil, sendo o estado Mato Grosso o maior produtor nacional. Na safra 2021/22 o estado produziu 123,8 milhões de toneladas de soja e 112,8 milhões de milho safrinha (CONAB, 2022). No entanto, segundo Siqueira Neto et al. (2009), os diferentes sistemas de manejos empregados nesta região vêm modificando as quantidades de matéria orgânica do solo, resultando em alterações nos atributos físicos e químicos do solo e, conseqüentemente, diminuindo a produtividade das culturas.

A manutenção e/ou melhoria dos atributos físicos e químicos do solo em sistemas de cultivo contínuo é fundamental para garantir a produtividade agrícola e manter a sustentabilidade do meio ambiente (BEUTLER et al., 2008). Nesse sentido, a matéria orgânica do solo desempenha um papel importante, sendo considerada a principal indicadora da qualidade do solo (COSTA et al., 2013). Segundo Bayer e Mielniczuk (2008), a manutenção ou recuperação dos teores de matéria orgânica do solo pode ser alcançada com a utilização de métodos de preparo com pequeno ou sem nenhum revolvimento e por sistemas de manejo que proporcione alta adição de resíduos vegetais.

Um das alternativas para o aumento no aporte de matéria orgânica em solos do Cerrado pode ser a utilização de resíduos da agroindústria (bagaço da cana de açúcar, a torta de filtro, serragem de madeira, maravalha, pó de serra, dentre outros). Normalmente, esses não são reaproveitados, apresentando uma disposição ambientalmente inadequada, com potenciais riscos de contaminação dos solos e água (CHINCHORRO e BATISTA, 2017). Logo, o uso desses resíduos na agricultura pode ser uma estratégia importante para aumentar o aporte de matéria orgânica e, conseqüentemente, melhorar os atributos físicos e químicos dos solos, além de uma solução para a disposição adequada pelos órgãos responsáveis.

Do ponto de vista físico-hídrico, a utilização de resíduos agroindustriais no solo podem proporcionar, aumento no teor de matéria orgânica (MANGIERI e FILHO, 2015);

maior porosidade e menor densidade do solo (DALCHIAVON et al., 2013); maior estabilidade de agregados (COSTA et al., 2008); modifica o tamanho e forma dos agregados (CREMON et al., 2011); maior retenção de água (REICHERT et al., 2011).

Logo, considerando a hipótese de que a utilização de resíduos agroindustriais possa promover melhorias os atributos do solo e, conseqüentemente, favorecer a produtividade das culturas de soja e milho, o presente trabalho teve como objetivo avaliar atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa cultivados com soja e milho em sucessão após cinco anos da aplicação de resíduos agroindustriais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado na fazenda Rio Engano, localizada no município de Campo Verde, na Região Sudeste do Mato Grosso, situada nas coordenadas geográficas de 15° 33' 60'' de latitude Sul e 55° 10' 08'' de longitude Oeste, e altitude média de 730 m. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura argilosa, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

O experimento teve início em 25 de fevereiro de 2012 com a aplicação de três resíduos (torta de filtro de cana – TFC, serragem de madeira de peroba e cedrinho – SPC e serragem de eucalipto – SE) no solo, em três doses, 6, 12 e 18 t ha<sup>-1</sup>, em dois sistemas de manejo (com incorporação do material com grade niveladora antes da semeadura e sem incorporação - semeadura direta), com três repetições para cada tratamento e duas testemunhas (sem aplicação do resíduo e sem revolvimento do solo; sem aplicação do resíduo e com revolvimento do solo). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas, sendo os manejos as parcelas e os tratamentos (resíduos e doses) as subparcelas. A área total era constituída de 0.88 hectares dividida em parcelas de 8 x 15 metros.

Os resíduos foram aplicados a lanço e incorporados a 20 cm de profundidade com uma grade niveladora uma única vez (fevereiro de 2012). Os atributos físicos e químicos do solo foram avaliados em fevereiro de 2017 (cinco anos após a implantação do experimento) na camada de 0 a 20 cm.

Para a determinação do carbono e o nitrogênio total do solo (CT e NT) foram coletadas amostras semi-deformadas com auxílio de uma pá reta e, em seguida, os mesmos foram determinados por combustão via seca empregando-se o analisador de carbono da marca

LECO CHN 628 Series com padrão EDTA 41,06% de C e 9,56% de N, o qual possui um software para registro digital dos resultados. Os atributos físicos porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), densidade do solo (Ds), curva de retenção de água (CRA), capacidade de água disponível (CAD) e índice S foram determinados utilizando-se amostras indeformadas coletadas com auxílio do amostrador de Köpeck, em cilindros metálicos (volume de 100 cm<sup>3</sup>). Amostras deformadas também foram coletadas com auxílio de um trado holandês, para determinação da umidade nos potenciais menores que -0,5 Mpa.

A determinação da Pt, Ma, Mi e Ds foi realizada seguindo a metodologia descrita por Teixeira et al. (2017). Para determinação da CRA as amostras indeformadas foram saturadas por capilaridade por 24 horas, pesadas e submetidas aos potenciais matriciais de -0,002, -0,004, -0,006 e -0,01 MPa em coluna de areia e -0,03, -0,05 e -0,1 MPa em Câmara de Richards. A determinação da umidade nos potenciais de -0,5, -1,0, -1,5 MPa, foram determinadas em psicrômetro (WP4 – Dewpoint Potential Meter). Com os valores de umidade volumétrica (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>) obtidos em cada potencial matricial, para descrever a curva de retenção de água utilizou-se o modelo de Van Genuchten (1980), com a restrição m=1-1/n (Equação 1), sendo que os parâmetros empíricos (n e α) foram obtidos utilizando o software SWRC (DOURADO NETO et al., 2000).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha \cdot \theta_m)^n]^{1-1/n}} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:  $\theta$  = umidade volumétrica (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>);  $\theta_m$  = o potencial matricial da água no solo (MPa);  $\theta_s$  = conteúdo de água no solo na condição de solo saturado (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>);  $\theta_r$  = conteúdo de água no solo na tensão de 1,5 MPa (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>); n e α = parâmetros empíricos da equação.

A partir da CRA foi determinado a capacidade de água disponível no solo para as plantas (CAD), sendo este o conteúdo volumétrico de água entre a capacidade de campo (CC = 0,001 MPa) e o ponto de murcha permanente (PMP = 1,5 MPa). O índice S também foi determinado a partir da CRA, coincidindo com o valor de sua inclinação no ponto de inflexão. Esta inclinação foi obtida por meio da equação proposta por Dexter (2004) que se baseia nos parâmetros do modelo de Van Genuchten (1980) da CRA.

$$S = -n (\theta_s - \theta_r) \left( 1 + \frac{1}{m} \right)^{-(1+m)} \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde: m e n = são parâmetros da equação de Van Genuchten (1980);  $\theta_s$  e  $\theta_r$  = umidade de saturação e a umidade residual, respectivamente. Apesar da equação resultar em um valor de S negativo, convencionou-se usar seu módulo para discussão dos resultados.

As variáveis diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA) e micromorfometria de agregados foram determinadas utilizando-se amostras semi-deformadas coletadas com auxílio de uma pá reta, para isso foram abertas mini trincheiras com dimensões aproximadas de 40 x 40 cm por tratamento. Para determinação do DMG, DMP e IEA utilizou-se o método por via úmida segundo metodologia descrita por Teixeira et al. (2017), empregando-se o agitador Yoder programado para uma frequência de 32 oscilações por minuto durante 4 minutos. Os índices DMP, DMG e IEA foram calculados de acordo com o método proposto por Kemper e Rosenau (1986) por meio das equações:  $DMP = \frac{\sum_{i=1}^n (xi \cdot wi)}{\sum_{i=1}^n wi}$ , em que  $wi$  = proporção (%) de cada classe de agregados em relação ao total de classes,  $xi$  = diâmetro médio das classes (mm) e  $n$  = o número de classe;  $DMG = EXP \frac{\sum_{i=1}^n (wi \cdot \log xi)}{\sum_{i=1}^n wi}$ ; e  $IEA = (Ms - wp_{0,25} - \text{areia}) / (Ms - \text{areia}) \cdot 100$ , em que,  $ms$  = massa da amostra seca (g),  $wp_{0,25}$  = massa de agregados da classe < 0,25 (g).

Para análise de micromorfometria dos agregados, as amostras foram destorroadas manualmente. Em seguida, os agregados foram então separados mediante peneiramento, com movimentos leves de vai e vem, por dez vezes, sendo coletados aqueles agregados com diâmetro variando entre 4,76 - 8,00 mm, posteriormente secos ao ar, antes de serem submetidos a análise, conforme metodologia proposta por Cremon et al. (2011).

O estudo dos agregados foi realizado após a obtenção de imagens dos mesmos com o uso de um scanner (HP Scanjet 3770, com capacidade de resolução ótica de 1.200 dpi) e o posterior tratamento destas imagens pelo software QUANTPORO (VIANA et al., 2004). As características micromorfométricas obtidas de cada agregado foram: a) área (cm<sup>2</sup>) - medida com o número de pixel do polígono; b) perímetro (cm) - é o comprimento da projeção do limite exterior do agregado; c) aspecto - fornece o resultado entre 0 e 1, e, quanto maior o valor, maior o grau de arredondamento. É calculado a partir da seguinte equação ( $4 \times \pi \times \text{área} / \text{perímetro}^2$ ); d) rugosidade - expressa as estrias do agregado, cujos valores variam entre 0 a 1, sendo que, quanto mais liso mais próximo de 1.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância em esquema de parcela subdividida, tendo como parcelas os sistemas de manejo e subparcelas os tratamentos. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os atributos químicos CT e NT não houve interação significativa entre manejo e tratamentos. Porém, houve efeito significativo apenas para o CT no fator manejo, onde os maiores valores de CT foram obtidos com a incorporação dos resíduos no solo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Carbono total (CT) na camada de 0 a 20 cm de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa submetido a fontes e doses de resíduos agroindustriais.

Fator de variação	CT	NT
Manejo (M)	40,454 *	1,6552 <sup>ns</sup>
Tratamentos (T)	0,406 <sup>ns</sup>	1,012 <sup>ns</sup>
M x T	0,601 <sup>ns</sup>	0,560 <sup>ns</sup>
CV <sub>1</sub> %	2,97	11,03
CV <sub>2</sub> %	8,51	9,85
Manejo	CT (g kg <sup>-1</sup> )	
Incorporado	23,6 a	
Sem incorporação	22,4 b	

\*Significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>ns</sup> Não significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV<sub>1</sub>%- coeficiente de variação para o fator 1 (manejo). CV<sub>2</sub>%- coeficiente de variação para o fator 2 (tratamentos). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

A incorporação dos resíduos, principalmente, as serragens de madeira que possuem granulometria mais grosseiras e, são constituídos de materiais de alta relação C/N (482:1) (OLIVEIRA et al., 2002) e de baixa degradabilidade, passam por processo de mineralização mais lento no solo, mas sua incorporação associada com adição de uma fonte mineral de nitrogênio, pode ter acelerado a sua decomposição e, conseqüentemente, aumentou o teor de carbono no solo.

Além disso, segundo Oliveira et al. (2002) e Costa et al. (2008), a atividade decompositora dos microrganismos atinge seu ápice com o revolvimento do solo seguida de decréscimo devido à redução das frações orgânicas de fácil decomposição (açúcares, amido e proteínas), assim como, redução da aeração do solo ao longo do tempo, pois há reacomodação

das partículas, de forma que a emissão de C-CO<sub>2</sub> para a atmosfera diminui (Souza Neto et al. 2008).

A torta de filtro quando incorporada pode ter proporcionado o “efeito priming” no solo, ou seja, por constituir de um material mais finamente moído, de baixa relação C/N (20:1) (ROSETTO et al., 2010) e com compostos facilmente biodegradáveis (SEGATTO et al., 2012), possibilitou sua rápida decomposição e interação com as partículas do solo, o que provavelmente estimulou a decomposição da matéria orgânica nativa do solo e, conseqüentemente, aumentou o teor de C (MARTINES et al., 2006).

A Pt do solo não foi afetada pelo manejo e pelos tratamentos. Enquanto a Ma, Mi e Ds houve diferença significativa apenas para o fator manejo, sendo os maiores valores de Ma, assim como, os menores valores de Ds foram obtidos no manejo sem incorporação dos resíduos. Entretanto, o manejo com incorporação dos resíduos proporcionou maiores valores de Mi (Tabela 2).

**Tabela 2.** Macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e densidade do solo (Ds), na camada de 0 a 20 cm, de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa submetido a fontes e doses de resíduos agroindustriais.

Fator de variação	Ma	Mi	PT	Ds
Manejo (M)	5,245 *	24,434 *	0,713 <sup>ns</sup>	139,65 *
Tratamentos (T)	1,139 <sup>ns</sup>	1,794 <sup>ns</sup>	0,779 <sup>ns</sup>	1,500 <sup>ns</sup>
M x T	1,345 <sup>ns</sup>	1,264 <sup>ns</sup>	0,929 <sup>ns</sup>	0,684 <sup>ns</sup>
CV <sub>1</sub> %	10,54	1,42	2,05	0,52
CV <sub>2</sub> %	19,41	4,32	3,29	4,06
Manejo	Ma	Mi	Ds	
	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>		kg m <sup>-3</sup>	
Incorporado	0,13 b	0,36 a	1104 b	
Sem incorporação	0,14 a	0,35 b	1089 a	

\*Significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>ns</sup> Não significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV1%- coeficiente de variação para o fator 1 (manejo). CV2%- coeficiente de variação para o fator 2 (tratamentos). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

A incorporação dos resíduos com o uso de grade niveladora causa a destruição dos agregados e, como consequência, reduz o volume de macroporos, aumenta a microporosidade

e a densidade do solo (SOUZA NETO et al., 2008). Contudo, os valores de  $M_a$  e  $M_i$ , independente do manejo adotado, ficaram dentro dos valores considerados adequados por Kiehl (1979), de 1/3 e 2/3 do volume de total de poros, respectivamente. Dessa forma, considerando que a  $M_a$  e  $M_i$  são responsáveis, respectivamente, pelo fluxo de gases e água e pela retenção de água no solo, fica evidenciado a garantia da oxigenação radicular bem como a infiltração, redistribuição e armazenamento de água no solo, mesmo sendo alterados pelos manejos adotados, os mesmos não apresentam restrições para o crescimento e produção das culturas.

Os valores de  $D_s$ , independente do manejo adotado, também se encontram abaixo daqueles relatados por Torres e Saraiva (1999) como limitantes ou com potencial de causar dificuldades ao crescimento radicular e, conseqüentemente, ao pleno desenvolvimento das culturas, ou seja,  $<1,45 \text{ Mg dm}^{-3}$  para solos de textura argilosa.

A umidade equivalente à capacidade de campo (CC), capacidade de água disponível (CAD) e índice S tiveram efeito significativo apenas para manejo. Sendo que, os maiores valores de CC, CAD e índice S do solo foram obtidos para o manejo com incorporação dos resíduos (Tabela 3). Já o atributo PMP não foi afetado pelo manejo e pelos tratamentos.

**Tabela 3.** Umidade do solo na capacidade de campo (CC), capacidade de água disponível (CAD) e índice S, na camada de 0 a 20 cm, de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa submetido a fontes e doses de resíduos agroindustriais.

Fator de variação	PMP	CC	CAD	Índice S
Manejo (M)	1,930 <sup>ns</sup>	4,885 <sup>*</sup>	27,493 <sup>*</sup>	15,131 <sup>*</sup>
Tratamentos (T)	1,974 <sup>ns</sup>	1,228 <sup>ns</sup>	1,143 <sup>ns</sup>	1,322 <sup>ns</sup>
M x T	1,196 <sup>ns</sup>	0,836 <sup>ns</sup>	1,360 <sup>ns</sup>	0,771 <sup>ns</sup>
CV <sub>1</sub> %	7,81	4,46	13,16	6,84
CV <sub>2</sub> %	9,86	6,20	24,74	17,57
Manejo	CC	CAD	Índice S	
	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$			
Incorporado	0,28 a	0,07 a	0,052 a	
Sem incorporação	0,27 b	0,06 b	0,048 b	

\*Significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>ns</sup> Não significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV1%- coeficiente de variação para o fator 1 (manejo). CV2%- coeficiente de variação para o fator 2 (tratamentos). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Os maiores valores de CC e CAD com a incorporação dos resíduos se deve à maior microporosidade e teor de carbono encontrado para esse manejo, pois quanto maior a proporção de microporos e teor de matéria orgânica, maior é capacidade de retenção de água, uma vez que, aumenta a força de retenção de água com força maior do que a gravidade proporcionando dessa forma maior disponibilidade de água às plantas (DALMAGO et al., 2009; BRAIDA et al., 2011).

O manejo com incorporação dos resíduos ocasionou a redução da macroporosidade e, conseqüentemente, aumentou a densidade do solo, entretanto, proporcionou maiores valores de índice S. Dexter (2004) relata que quando o solo passa pelo processo de compactação os poros inter-agregados tendem a reduzir de tamanho, formando microporos e, como consequência, serão capazes de reter mais água, o que resulta em um aumento do valor do índice S, ou seja, o aumento na densidade do solo, às vezes, pode melhorar o valor do índice S nos solos, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Além disso, os valores de índice S independente do manejo ficaram acima do limite considerado crítico para o desenvolvimento das raízes das plantas ( $S \leq 0,020$ ) estabelecido por Dexter (2004). Segundo o mesmo autor valores de  $S \geq 0,035$  são considerados favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, ou seja, indica forte presença de poros estruturais e revela a boa qualidade física do solo.

Os atributos diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA) na camada de 0 a 20 cm não foram afetados pelo manejo e pelos tratamentos (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores de F calculados pela análise de variância para diâmetro médio ponderado (DMP- mm), diâmetro médio geométrico (DMG- mm) e índice de estabilidade de agregados (IEA- %) na camada de 0 a 20 cm, de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa submetido a fontes e doses de resíduos agroindustriais.

Fator de variação	DMP	DMG	IEA
Manejo (M)	1,461 <sup>ns</sup>	2,578 <sup>ns</sup>	0,395 <sup>ns</sup>
Tratamentos (T)	1,902 <sup>ns</sup>	1,549 <sup>ns</sup>	1,353 <sup>ns</sup>
M x T	0,834 <sup>ns</sup>	0,753 <sup>ns</sup>	1,499 <sup>ns</sup>
CV <sub>1</sub> %	21,49	23,60	3,06
CV <sub>2</sub> %	10,24	14,38	3,14
Média Geral	1,72	1,28	90,12

\*Significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>ns</sup> Não significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV<sub>1</sub>%- coeficiente de variação para o fator 1 (manejo). CV<sub>2</sub>%- coeficiente de variação para o fator 2 (tratamentos).

O valor médio de DMP ficou superior a 0,50 mm, valor esse considerado por Kiehl (1979) como limite entre baixa e alta estabilidade. Segundo Hickmann et al. (2011), quanto maior o DMP maior é a proporção de agregados de maior tamanho retidos nas peneiras de malhas maiores. Logo, obteve-se valor médio de DMP acima de 1,00 mm o que indica que o solo da área experimental, independente do tratamento e manejo utilizado, é relativamente resistente à erosão. Essa inferência é reforçada por Dexter (1988), onde relata que quanto maior o agregado, maiores são os espaços porosos entre eles e, conseqüentemente, maior a aeração, infiltração de água e menor o processo de erosão do solo.

Para o valor de IEA do solo quanto mais próximo 100% maior é a quantidade de agregados estáveis em água (KLEIN, 2014), o que pode ser observado no valor médio obtido neste experimento (90,12%), tornando o solo da área experimental com uma adequada resistência ao processo de erosão. Logo, infere-se que em detrimento do enriquecimento de carbono, o período de não revolvimento do solo, aliado à textura argilosa na área experimental, com provável presença de sesquióxidos de Fe e Al na mineralogia da fração argila favoreceram para maior agregação do solo e, conseqüentemente, para maior estabilidade dos agregados.

Os atributos micromorfométricos área, perímetro, aspecto e rugosidade dos agregados do solo na camada de 0 a 20 cm não foram afetados pelo manejo e tratamentos (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores de F calculados pela análise de variância para área (cm<sup>2</sup>), perímetro (cm), aspecto e rugosidade de agregados do solo, na camada de 0 a 20 cm, de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura argilosa submetido a fontes e doses de resíduos agroindustriais.

Fator de variação	Área	Perímetro	Aspecto	Rugosidade
Manejo (M)	0,160 <sup>ns</sup>	0,083 <sup>ns</sup>	0,1430 <sup>ns</sup>	0,772 <sup>ns</sup>
Tratamentos (T)	0,816 <sup>ns</sup>	0,642 <sup>ns</sup>	1,058 <sup>ns</sup>	1,132 <sup>ns</sup>
M x T	0,577 <sup>ns</sup>	0,865 <sup>ns</sup>	0,949 <sup>ns</sup>	0,947 <sup>ns</sup>
CV <sub>1</sub> %	7,32	3,72	1,19	0,82
CV <sub>2</sub> %	7,75	3,88	1,19	4,25
Média Geral	0,35	2,59	0,86	0,65

\*Significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. <sup>ns</sup> Não significativo a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV<sub>1</sub>%- coeficiente de variação para o fator 1 (manejo). CV<sub>2</sub>%- coeficiente de variação para o fator 2 (tratamentos).

O valor médio de rugosidade ficou em 0,65 valor esse menor que 1,0 o que caracteriza em agregados mais rugosos, ou seja, com mais estrias externas. Por ser uma variável mais sensível à detecção de mudanças na estrutura externas dos agregados com a mudança de uso e manejo do solo pode-se inferir que, mesmo não apresentando efeito significativo entre os manejos adotados, os agregados apresentaram tendência à maior rugosidade externa em função da maior agregação do solo. Isso pode ser reflexo da maior estabilidade de agregados (DMP, DMG e IEA) em detrimento do provável enriquecimento de carbono, período de não revolvimento do solo e mineralogia da fração argila.

O valor médio do atributo aspecto ficou em 0,86 valor esse menor que 1,0 o que caracteriza em agregados quadrados. Entretanto, Cremon et al. (2011) relatam que valores de aspecto que variam entre 0,83 – 0,90 caracterizam em agregados de forma preponderantemente quadrados, tendendo ao arredondamento ou com vértices arredondados.

Logo, infere-se pelo valor médio do atributo aspecto obtida na área experimental que existe uma certa tendência ao arredondamento dos agregados, independente do manejo e

tratamentos adotados, isso ocorre devido à quebra das arestas dos agregados em função de sistemas de manejos mais agressivos (OLSZEWSKI et al. 2004).

De maneira geral, o efeito não significativo para os atributos micromorfométricos dos agregados entre os manejos e tratamentos aplicados na área experimental pode estar relacionado com a classe de solo e com o tempo de condução do experimento pois, segundo Olszewski et al. (2004), os Latossolos são solos muito intemperizados e com estrutura granular considerada estável e homogênea, conferindo ao solo resistência e/ou alta resiliência em função do uso e manejo.

## **CONCLUSÃO**

Os atributos físicos macroporosidade, microporosidade, densidade do solo, umidade do solo equivalente a capacidade de campo, capacidade de água disponível, índice S e o teor de carbono total foram alterados pelo manejo.

O revolvimento do solo com a incorporação de resíduos de alta relação C/N e de baixa degradabilidade pode aumentar o teor de carbono a longo prazo e, portanto, melhorar os atributos físicos do solo.

## REFERÊNCIAS

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, GABRIEL ARAÚJO; SILVA, LEANDRO S.; CANELLAS, LUCIANO P.; CAMARGO, FLÁVIO A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. rev. atualizada. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p. 10-25.

BEUTLER, A.N. FREDDI, O.S.; LEONE, C.L.; CENTURION, J.F. Densidade do solo relativa e parâmetro “S” como indicadores da qualidade física para culturas anuais. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.8, p.27-36, 2008.

BRAIDA, J.A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M. Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. In: KLAUBERG FILHO, O.K.; MAFRA, A.L.; GATIBONI, L.C. (Ed). **Tópicos em ciência do solo: volume 7**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2011. p.221-228.

CHICHORRO, J.F.; BATISTA, T.R. Aproveitamento de resíduos de pequenos empreendimentos madeireiros em Jerônimo Monteiro-ES. **Nativa**, v.5, p.66-72, 2017.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira safra 2022/2023**. 1º Levantamento. v. 10, n.1, 2022.

COSTA, A.M.; RIBEIRO, B.T.; SILVA, A.A.; BORGES, E.N. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho tratado com cama de peru. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.73-79, 2008.

COSTA, E.M.; SILVA, H.F.; RIBEIRO, P.R.A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**. v.9, p.1842-1860, 2013.

CREMON, C. SACCO, D.; GRIGNANI, C.; ROSA JÚNIOR, E.J.; MAPELI, N.C. Micromorfometria de agregados do solo sob diferentes sistemas de cultivo de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, p.370-377, 2011.

DALCHIAVON, F.C.; DAL BEM, E.A.; SOUZA, M.F.P.; RIBEIRO, R.; ALVES, M.C.; COLODRO, G. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico degradado em resposta à aplicação de bio sólidos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.205-210, 2013.

DALMAGO, G.A.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I.; KRUGER, C.A.M.B.; COMIRAN, F.; HEVKLER, B.M.M. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.855-864, 2009.

DEXTER A.R. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v.120, p.201-214, 2004.

DEXTER, A.R. Advances in Characterização of Soil Structure. **Soil & Tillage Research**, v.11, p.199-238, 1988.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2,00). **Scientia Agricola**, v.57, p.191-192, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

HICKMANN, C.; COSTA, L.M.; SHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES, R.B.A. Morfologia e estabilidade de agregados superficiais de um Argissolo vermelho amarelo sob diferentes manejos de longa duração e mata atlântica secundária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.2191-2198, 2011.

KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods**. Madison, WI: Soil Science Society of America, 1986. p. 425-442. (Agronomy Monograph N. 9).

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relação solo-água-planta**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KLEIN, V.A. **Física do Solo**. 3ª ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014, 263 p.

MANGIERI, V.R.L.; TAVARES FILHO, J. Disposição de resíduos sólidos no solo: efeito nos atributos físicos, químicos e na matéria orgânica. **Semina**, v.36, p.747-764, 2015.

MARTINES, A.M.; ANDRADE, A.A.; CARDOSO, E.J.B. Mineralização do carbono orgânico em solos tratados com lodo de curtume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1149-1155, 2006.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R.; ROSSETTO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p. 505-519, 2002.

OLSZEWSKI, N.; COSTA, L.M.; FERNANDES FILHO, E.I.; RUIZ, H.A.; ALVARENGA, R.C.; CRUZ, J.C. Morfologia de agregados do solo avaliada por meio de análise de imagens. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.901-909, 2004.

REICHERT, J.M.; ALBUQUERQUE, J.A.; GUBIANI, P.I.; KAISER, D.R.; MINELLA, J.P.G.; REINERT, D.J. Hidrologia do solo, disponibilidade de água as plantas e zoneamento agroclimático. In: KLAUBERG FILHO, O. K.; MAFRA, A. L.; GATIBONI, L. C. (Ed). **Tópicos em ciência do solo: volume 7**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2011. p.1-54

ROSSETO, R.; CANTARELLA, H.; DIAS, F.L.; VITTI, A.C.; TAVARES, S. Cana-de-açúcar. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas Práticas para uso eficiente de fertilizantes: culturas**. v.3, Piracicaba: IPNI –Brasil, 2010. 467p.

SEGATTO, M.P.; ANDREAZZA, R.; BORTOLON, L.; SANTOS, V.P.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. Decomposição de resíduos industriais no solo. **Revista Ciência e Natureza**, v.34, n.1, p.49-62, 2012.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M.C.; SCOPEL, E.; DA COSTA JÚNIOR, C.; CLEMENTE, C.; BEMOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum**. v.31, n.4, p. 709-717, 2009.

SOUZA NETO, J.P.; SOUZA, N.M.; OLIVEIRA, S.R. Estabilidade de agregados em água em solos do cerrado do oeste baiano em função do manejo adotado. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 9., **Anais...** Brasília, DF, 2008.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª ed. ver. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p. (Embrapa Soja. **Circular Técnica**, 23).

VAN GENUCHTEN, M.T. A. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-897, 1980.

VIANA, J.H.M.; FERNANDES FILHO, E.I.; SHARFER, C.E.G.R. Efeitos de ciclos de umedecimento e secagem na reorganização da estrutura microgranular de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.11-19, 2004.