

AGREGADOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO AVALIADOS POR MEIO DE MÉTODO SECO E ÚMIDO

Fabricio Tomaz Ramos¹, Denis Tomás Ramos¹, Emílio Carlos de Azevedo² João Carlos de Souza Maia², Márcio William Roque²

1. Doutorandos em Agricultura Tropical do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil (fabricio.tomaz@hotmail.com).
2. Professores Doutores da Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil.

Recebido em: 30/09/2014 – Aprovado em: 15/11/2014 – Publicado em: 01/12/2014

RESUMO

A estabilidade de agregados do solo constitui-se um importante indicador estrutural, quando contrastados diferentes sistemas de manejos agrícolas. O procedimento usual para determinar o nível de agregação de um solo em laboratório é o tamisamento úmido, mas outro método é sugerido e é o tamisamento seco. Entretanto, na literatura não está claro sob quais condições deve ser usada e não se fez ainda comparações entre esses métodos. Assim, objetivou-se verificar a possibilidade se a análise de estabilidade de agregados obtidos via seco pode substituir a análise via úmida em amostras de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo coletadas sob diferentes sistemas de manejo. Verificou-se que: (i) não houve concordância entre os métodos de tamisamento via úmido versus via seco em estimar a quantidade de agregados retidos nas diferentes classes de tamanho; (ii) com o método via seco não foi possível diferenciar os manejos quanto a estabilidade dos agregados do solo, porque esse método homogeneizou os agregados durante agitação eletromagnética. Assim, esse método não é indicado, mesmo que diminua a amplitude do equipamento para descobrir qual se correlaciona mais com o método via úmido. Isso o tornaria inviável, devido o maior tempo de análise e de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: atributos físicos do solo, diâmetro médio ponderado, diâmetro médio geométrico, estabilidade de agregados.

AGGREGATES OF AN OXISOL VALUED BY THE METHOD DRY AND WET

ABSTRACT

The stability of soil aggregates constitutes an important structural indicator, when contrasted different agricultural management systems. The most common procedure to determine the level of aggregation of a soil in the laboratory is the wet sieving, but another method is suggested, which is the dry sieving. However, the literature is not clear under what conditions should be used and there is no comparison between these methods. Thus, the objective was to verify the possibility of the analysis of aggregate stability obtained via dry replace the wet method analysis in samples of aggregates of an Oxisol collected under different management systems. It was found that: (i) there was no agreement between the methods of sieving wet versus dry method in estimating the amount of aggregates in the different size classes; (ii) using

the dry method, it was not possible to differentiate of managements, as the stability of soil aggregates, because this method homogenized aggregates during electromagnetic stirring. Thus, this method is not suitable even to decrease the amplitude of equipment to discover which correlates more to the method via wet. This would make it unviable due to higher analysis time and work.

KEYWORDS: aggregate stability, mean weight diameter, mean geometric diameter, soil physical attributes.

INTRODUÇÃO

A agregação do solo ocorre devido à organização e ligação de partículas orgânicas e inorgânicas do solo em unidades distintas, que podem ser rarefeitas ou rompidas pela aplicação de uma energia externa como, a tráfegabilidade excessiva de maquinários ou animais no solo, aliados à baixa área de contato de rodados ou patas de animais no solo, em condição de umidade inadequada (HAMZA & ANDERSON, 2005). Além disso, quando são sobrepostos níveis crescentes de energia externa, os agregados do solo podem subdividir-se (RAMOS et al., 2013).

Diferentes componentes no solo determinam a agregação em diferentes níveis de organização. Em níveis complexos, como macroagregados (> 2 mm), raízes e hifas fúngicas parecem ser os principais fatores agregadores (PIOTROWSKI et al., 2004). No entanto, existe a influência dos centros de aglutinação de excretas e células mortas de bactérias, fungos e actinomicetos, que se aderem a partículas de argila e silte, além da atividade de minhocas (TISDALL, 1994); cupins (BATISTA et al., 2013); ciclos de umedecimento-secagem e congelamento-descongelamento no solo (DAGESSE, 2013) e sesquióxidos de ferro e alumínio, abundantes em solos tropicais altamente intemperizados (FERREIRA et al., 1999).

Em níveis como microagregados, a matéria orgânica humificada e os componentes inorgânicos são responsáveis por ligações entre as partículas de argila (EMERSON & GREENLAND, 1990). Além disso, são os argilominerais como, caulinita, montmorilonita e illita, que determinam em grande parte a estrutura base de um solo (FERREIRA et al., 1999). Portanto, processos físicos, químicos e biológicos desempenham funções importantes na agregação e, conseqüente, na estabilidade dos mesmos.

O desenvolvimento e a conservação de macroagregados dependem do uso e manejo do solo (WENDLING et al., 2005; SALTON et al., 2008). Comumente, os microagregados são mais resistentes à desintegração pelo impacto das gotas de chuva e mobilização do solo (SALTON et al., 2008). Portanto, a resistência à ruptura dos agregados é altamente sensível às mudanças na estrutura do solo (FONTENELE et al., 2009; CAJAZEIRA & ASSIS JÚNIOR, 2011; PEREIRA et al., 2013); e, assim, constitui um indicador dinâmico e importante para análise estrutural de um solo e, conseqüentemente, para o desenvolvimento de plantas (PORTELA et al., 2010; SANTI et al., 2012).

A quantificação e qualificação da agregação do solo avaliada por meio da estabilidade de agregados determinada em laboratório pode ser controversa, uma vez que as condições necessárias para a ruptura de agregados precisam ser semelhantes às que atuam no campo (SÁ et al., 2000; SILVA et al., 1995; RIBEIRO et al., 2009). O procedimento mais usual para determinar o percentual de agregados estáveis de um solo em laboratório é o tamisamento úmido (EMBRAPA, 1997). Todavia, outro método é recomendado e refere-se a determinação via tamisamento

seco (EMBRAPA, 1997). No entanto, dados quantitativos, que demonstrem a avaliação desse método são poucos, além disso, na literatura não está claro sob quais condições deve ser usado e não há comparações entre os métodos via úmido e seco. Nos estudos que usaram apenas esse método via seco encontrou-se menor discriminação entre diferentes manejos agrícolas (SILVA & MIELNICZUK, 1998; SILVA et al., 2006; MATOS et al., 2008).

Do pressuposto, objetivou-se verificar a possibilidade da análise de estabilidade de agregados obtidos via seco substituir a análise via úmida em amostras de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo coletadas sob diferentes sistemas de manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostragens foram realizadas em abril de 2011, final do período chuvoso, no município de Cáceres, região Sudoeste do Estado de Mato Grosso, (latitude 16°03'39" S, longitude 58°19'21" W e altitude de 184 m). O clima, segundo Köppen, é tropical úmido, com temperatura média do mês mais frio superior a 18,0°C. Apresenta inverno seco e chuvas no verão, com temperatura máxima anual de 31,5°C e mínima de 20,1°C, podendo ocorrer temperaturas de 41°C. A pluviosidade anual é de 1317 mm, concentrando 76% nos meses de novembro a abril (RAMOS et al., 2013).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013). Enquadra-se na classe textural argilo-arenoso e apresenta relevo plano. Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado sendo três manejos (pastagem, vegetação nativa - Cerrado e cultivo mínimo de soja) e três camadas de amostragem (0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m) e cinco repetições. Para cada tratamento demarcou-se uma área aproximada de 2.500 m² para proceder a amostragem casualizada, sendo as três áreas adjacentes (Figura 1).

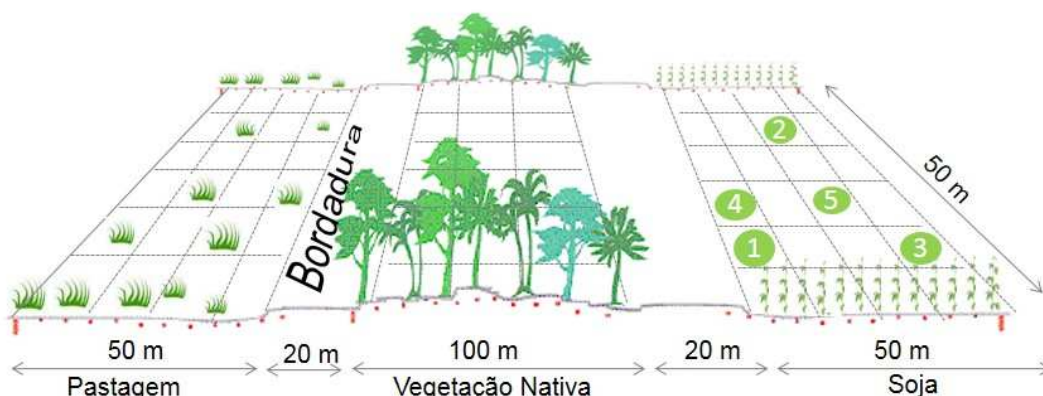


FIGURA 1. Esquema de amostragem sob pastagem, Cerrado nativo e cultivo mínimo com soja, respectivamente.

Os níveis de manejo e seus respectivos históricos foram: (i) Bioma cerrado, vegetação primária que, conforme critérios da EMBRAPA (2006) se enquadra na fase cerrado, tipologia Cerradão Tropical Subcaducifólio, tomado como área controle, com serapilheira em superfície e grande quantidade de raízes finas nos primeiros centímetros do solo; (ii) monocultivo de soja, manejada em cultivo mínimo com remanescentes de resíduos culturais. Após a abertura da área seguiram-se aração e gradagem com plantio de arroz (2002/03). Até a safra 2006/07 foi plantada soja

convencional, com safrinha de soja precoce e, em seguida, até 2010/11, milho (safrinhas). Em 2009, foram feitas escarificações na área até 0,30 m para amenizar a compactação do solo, seguida de gradagem leve superficial, conforme diagnóstico de estandes desuniformes, raízes tortuosas, murchamento por veranicos, competição por plantas daninhas e queda na produtividade; (iii) pastagem implantada com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, por oito anos, manejada extensivamente com bovinos da raça nelore para engorda, com capacidade média de suporte de 1,5 U.A. ha⁻¹, sem controle de lotação e de reentrada animal. A implantação foi feita sem correção química do solo e a semeadura, a lanço, com incorporação por meio de correntão, após duas gradagens. No dia da amostragem, a pastagem apresentava crescimento vigoroso com ausência de solo descoberto.

A agregação do solo foi avaliada conforme dois métodos: (i) tamisamento úmido, que se refere à repartição de agregados em classes de diâmetro (EMBRAPA, 1997). As amostras coletadas no campo consistiram de blocos (monólitos) com estrutura preservada, que após secos ao ar foram destorroados em suas superfícies de fraqueza e peneiradas em malha de 4,00 mm, utilizando a massa de agregados retidos na peneira de 2,00 mm. Testes preliminares não detectaram partículas inertes (cascalho) maiores que 2,00 mm nos agregados. Em seguida, 50 g de agregados foram esparramados de “forma homogênea” sobre a peneira superior do conjunto com abertura de 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,125 mm e submetidos ao tamisamento úmido com uma frequência de 32 oscilações por minuto. Foi modificado neste método, conforme BEUTLER et al. (2001) e RAMOS et al. (2013): o pré-umedecimento foi realizado sem a colocação do papel filtro na peneira superior, pois quando se retirava esse papel depois de 4 minutos para umedecimento dos agregados por capilaridade, alguns se desintegravam na inclinação do papel e, principalmente, na “limpeza” dos remanescentes aderidos ao papel usando a água jorrada com a pisseta. Isso formava uma massa de solo mal distribuída na peneira superior para ser tocada com água. Também foi modificado o tempo de oscilação de 4 min para 15 min, contabilizando os 4 min de pré-umedecimento mais 11 min de oscilação. Isso teve que ser feito, porque o tempo de 8 min (4 min de pré-umedecimento mais 4 min de oscilação) não foi suficiente para “amolecer” a massa de agregados na peneira superior e, assim, prolongando o tempo de oscilação tinha-se maior evidência da influência do método e manejo do solo na percentagem de agregados retidos em cada peneira. Em seguida, após 15 min, retirava-se a massa de agregados de cada peneira, colocava-se em lata de alumínio e levava-se em estufa (105°C por 48 h) para, por fim, contabilizar a massa seca dos agregados retida em cada peneira; (ii) quanto ao tamisamento seco, fez o procedimento semelhante, usando um conjunto de peneiras com malhas idênticas colocadas em um agitador eletromagnético (Endecotts Octagon Digital) com amplitude mediana de vibração por 15 min (EMBRAPA, 1997). Os resultados foram calculados conforme EMBRAPA (1997) e expressos em estabilidade de agregados (%), Eq. 1:

$$EA(\%) = \frac{m_i}{m} \cdot 100$$

(1)

em que: EA = estabilidade de agregados (%); m_i = massa de cada classe de tamanho de agregados (g); m_{total} = massa referente a soma de cada classe de tamanho de agregados (g).

Com base nos resultados de estabilidade de agregados, conforme FONTENELE et al. (2009), calcularam-se, para os testes via úmido e seco, o diâmetro médio ponderado (DMP), Eq. 2, e o diâmetro médio geométrico (DMG), Eq. 3:

$$DMP = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{m} \cdot \overline{X}_i$$

(2)

em que: n = número de classes de tamanho de agregados, m_i é a massa de classe i , m é massa total e \overline{X}_i é a média aritmética dos limites inferior e superior da classe.

$$DMG = e^{\sum_{i=1}^n \frac{m_i}{m} \cdot \ln(\overline{X}_i)}$$

(3)

Por fim, analisou os resultados da análise de estabilidade de agregados pela relação DMPu/DMPs e DMGu/DMGs (SILVA & MIELNICZUK, 1998); além do teor de matéria orgânica do solo por oxidação com bicromato de potássio e determinação colorimétrica (EMBRAPA, 1997).

Os valores obtidos para estabilidade de agregados apresentaram erros com distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) e assim, em seguida, analisou-se o resultado em cada manejo por meio do erro padrão da média ($p < 0,05$). Além disso, foram construídas curvas de “estabilidade de agregados acumulada” com base nas classes de agregados para cada manejo, em que o ajuste foi feito por meio de modelos estatísticos que melhor ajustaram aos dados. Os dados obtidos para DMP e DMG foram submetidos à análise de variância pelo teste de F e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para verificar a possibilidade da análise de estabilidade de agregados obtidos via seco (EAs) de substituir a análise via úmida (EAu) os dados foram submetidos a regressão linear: $EAs = y_0 + b \cdot (EAu)$, em que y_0 e b foram os coeficientes estimados. A acurácia desse ajuste foi avaliada pela significância dos coeficientes y_0 e b ; por meio dos coeficientes de correlação de Pearson (r) e de determinação da regressão (R^2), e pelo erro padrão da estimativa do ajuste, em que valores próximos de 1 e 0 são os desejados, respectivamente (LARSON & FARBER, 2010). Além disso, como os coeficientes determinísticos e de correlação, na maioria dos casos, não avaliam concordância e sim associação, para verificar se os valores de EAs e pelo método padrão, isto é, EAu, foram equivalentes, a acurácia desse ajuste também foi avaliada pela bissetriz e pelos limites de concordância de Bland-Altman (ZAKI et al., 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação à análise de estabilidade de agregados, observou-se discernimento entre os manejos avaliados, principalmente em relação declínio da agregação no solo sob cultivo mínimo de soja, sobretudo, quando os agregados foram avaliados pelo método do tamisamento úmido (Figura 2A, 2B e 2C) em comparação ao tamisamento seco, em que se encontrou diferenciação imprecisa entre os manejos e para ambas as classes de agregados (Figura 2D, 2E e 2F).

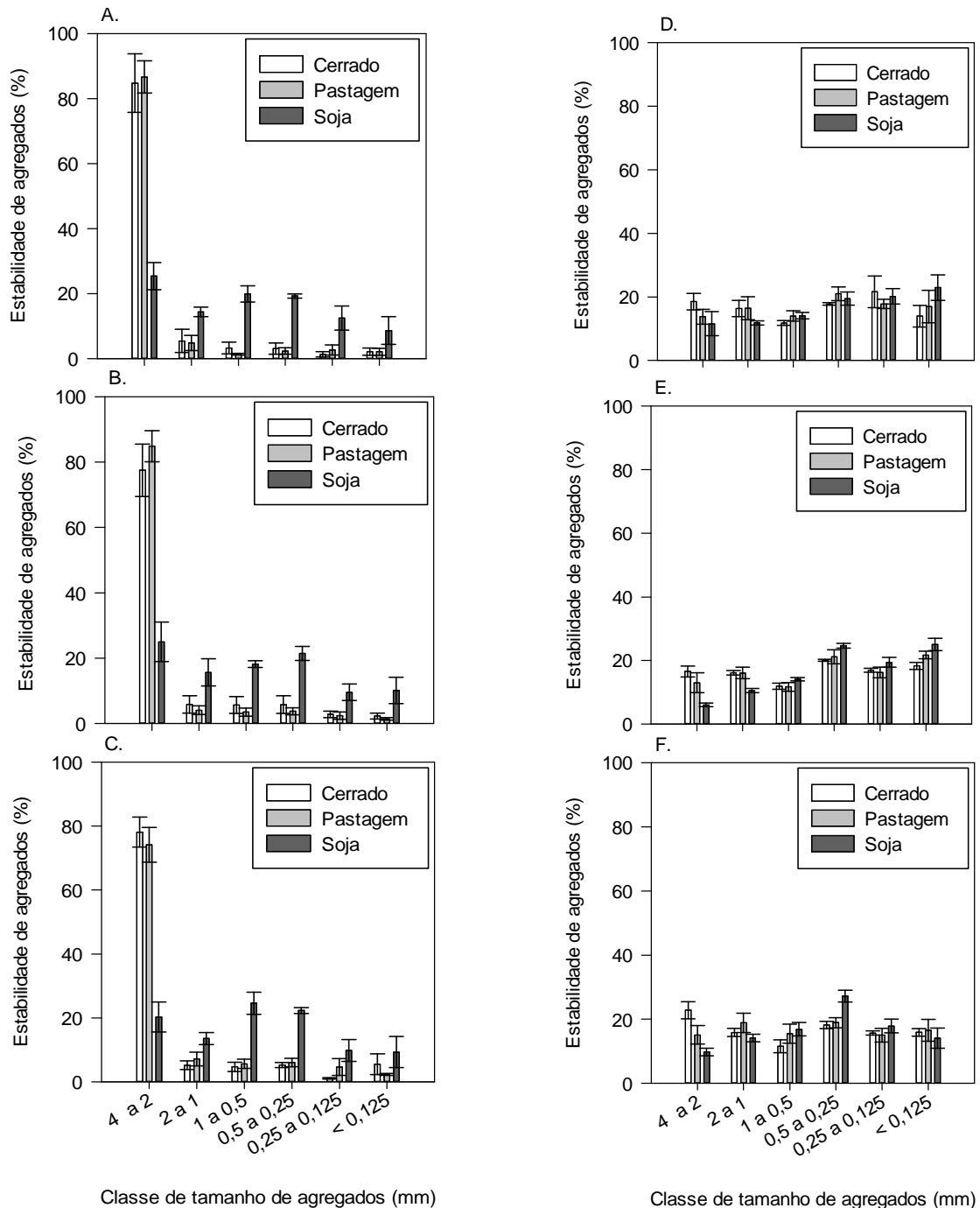


FIGURA 2. Estabilidade de agregados (%) retidos via tamisamento úmido: 0- 0,10 (A), 0,10- 0,20 (B) e 0,20- 0,30 m (C), e via tamisamento seco: 0- 0,10 (D), 0,10- 0,20 (E) e 0,20- 0,30 m (F). As barras indicam os valores de erro padrão da média e a sobreposição destas denota a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos.

Além disso, ao verificar a possibilidade da análise de estabilidade de agregados obtidos via seco (EAs) de substituir o método padrão, que é a análise via úmida (EAu), observou-se ausência de concordância (Figura 3). Primeiro, porque o ajuste do modelo estatístico linear não foi significativo ($p > 0,05$) com coeficiente determinístico (R^2) com explicação próxima a zero e, portanto, culminou em uma discordância entre os métodos, (Figura 3A, 3C). Segundo, porque mesmo

removendo os dados discrepantes do método via úmido, relativos à classe de tamanho de agregados de 4 a 2 mm (Figura 2A, 2B e 2C), também não houve qualquer melhoria na concordância.

A explicação desse desempenho insatisfatório pode ser compreendida por meio do método Bland-Altman (ZAKI et al., 2012). Neste gráfico, a concordância dos métodos é avaliada, levando em consideração o viés (o quanto as diferenças se afastam do valor zero), o erro (a dispersão dos pontos das diferenças ao redor da média), além de outliers e tendências (Figura 3B, 3D). Assim, viés próximo de zero, intervalos de confiança estreitos e ausência de outliers notificam boa concordância entre os métodos. A vantagem do método de Bland-Altman em complementar os resultados da regressão linear entre os métodos é que inclui os limites de concordância e, assim, pode-se inferir se os limites encontrados são aceitáveis do ponto de vista técnico.

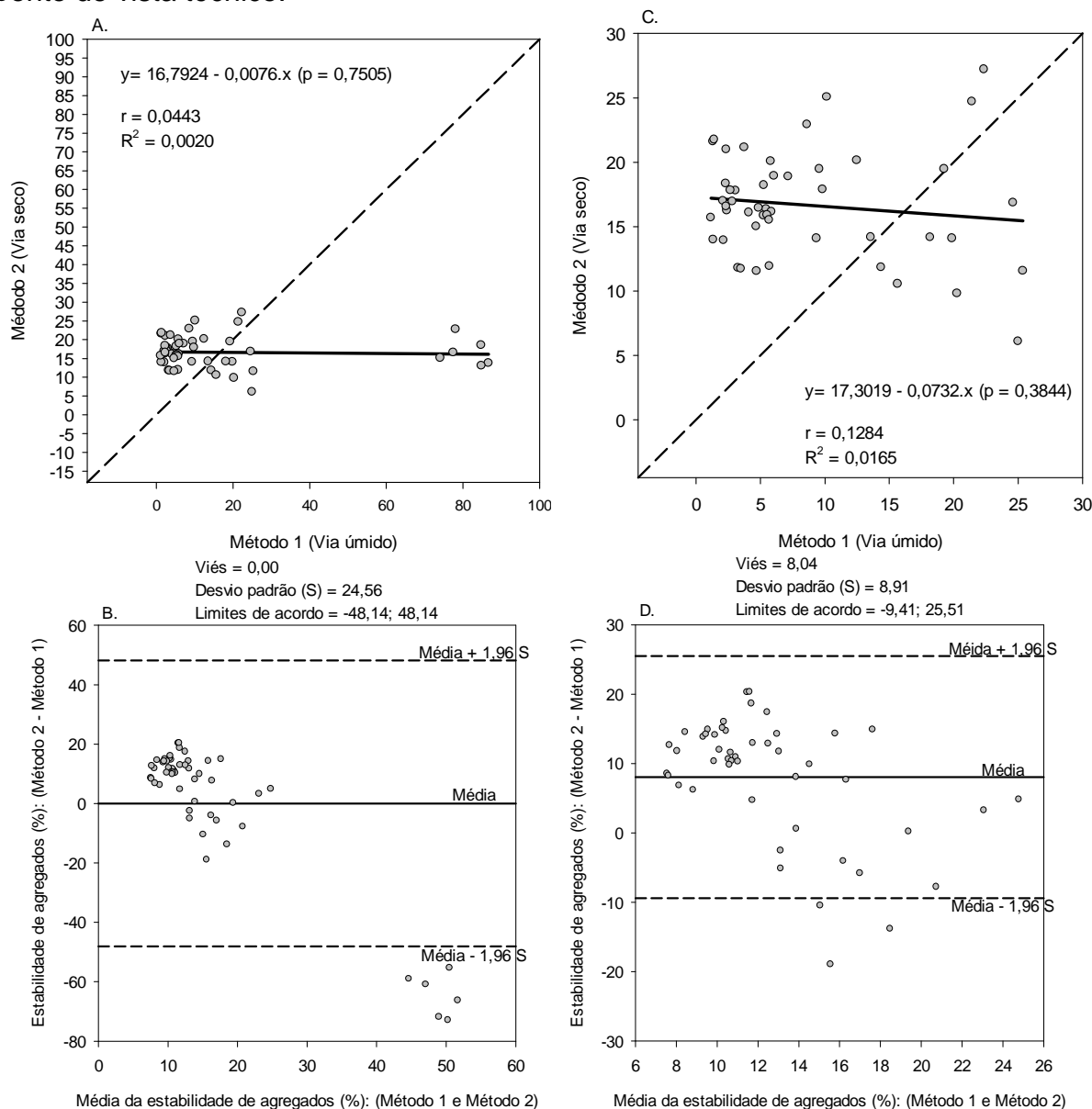


FIGURA 3. Regressão linear de todos os dados de estabilidade de agregados (%) determinados via úmido e via seco: sem remoção de dados discrepantes (A) e com remoção de dados discrepantes (C); Análise de concordância de Bland-Altman entre os métodos: sem remoção de dados discrepantes (B) e com remoção de dados discrepantes (D).

Desse modo, observa-se que embora no primeiro caso (sem remoção de dados discrepantes) (Figura 3B), os métodos apresentaram viés, que é a diferença das médias, de 0,00 (valor zero no eixo Y significa perfeita concordância). Entretanto verifica-se tendência da diferença entre os dois métodos em diminuir sob condições de maior estabilidade de agregados do solo, devido aquela maior proporção de retenção de agregados na classe de tamanho de 4 a 2 mm no teste via úmido (Figura 2A, 2B e 2C). Além disso, com a remoção destes dados, o viés aumentou (indicativo de discordância) e verificou-se uma superestimativa para agregados menos estáveis e subestimativa para os mais estáveis (Figura 3D). Assim trata-se de um ponto negativo, porque o comportamento esperado é uma distribuição aleatória das diferenças em torno da média dos métodos. Também, verificou-se que o intervalo de confiança dos limites de concordância para a estabilidade via seca (Figura 3B, 3D) é um intervalo de probabilidade considerado elevado, que pode variar em relação ao método via úmido aproximadamente de 9 a 48% e 25 a 48% para mais e para menos.

Sabe-se que a estruturação do solo depende de características intrínsecas (textura, mineralogia) (EMERSON & GREENLAND, 1990; FERREIRA et al., 1999) e extrínsecas, que se referem aos agentes condicionadores (material orgânico e microrganismos) (TISDALL, 1994; PIOTROWSKI et al., 2004), embora possa ser degradada, dependendo do uso, manejo, intensidade e do tempo de utilização (WENDLING et al., 2005). Além disso, a ruptura de agregados do solo em condições naturais sob cultivo acontecem a partir de um conteúdo de umidade pelo impacto das gotas de chuva (RAMOS et al., 2011b) ou conforme HAMZA & ANDERSON (2005) por operações de revolvimento do solo, que também ocorrem na maioria dos casos após algumas horas ou dias, dependendo da textura do solo, após a chuva. Portanto, devido a isso, as condições necessárias para a ruptura de agregados precisam ser semelhantes às que atuam no campo, ou seja, usando a água.

Além disso, buscando o melhor o tipo de distribuição da massa de agregados retidos nas diferentes malhas, encontrou-se nas amostras de agregados sob Cerrado e pastagem uma curva acumulada do tipo exponencial crescente no método de tamisamento via úmido (Figura 4A, 4B e 4C), mas independentemente do método úmido ou seco, no manejo do solo sub cultivo mínimo de soja teve a mesma distribuição, isto é, linear para ambos os métodos (Figura 4).

Nesse sentido, ao analisar a curva acumulada de agregados (Figura 4A, 4B, 4C), observa-se na classe de tamanho de agregados de 4 a 2 mm uma maior inclinação da curva sob Cerrado nativo e pastagem, justamente devido a maior proporção de macroagregados obtidos via tamisamento úmido (4 a 2 mm). Assim, tem-se que, na conversão do Cerrado nativo para sistemas antropizados pode ocorrer modificações benéficas na qualidade física do solo, no caso da pastagem; ou não, quando o solo sofre mobilização, a exemplo do cultivo mínimo com soja.

Também, observou-se que o procedimento de tamisamento via seco parece romper grande parte das “forças de coesão” entre as partículas, de tal forma que durante a agitação eletromagnética não é possível diferenciar agregados recentemente formados daqueles formados ou que sofreram um processo de estabilização. Assim, comparando os métodos de tamisamento, infere-se que o procedimento via seco não é indicado para a análise em laboratório, levando em consideração todas as classes, tanto pela ausência de significância na distribuição dos agregados (Figura 2D, 2E, 2F); quanto pela não distinção de agregados já estabilizados (Figura 4).

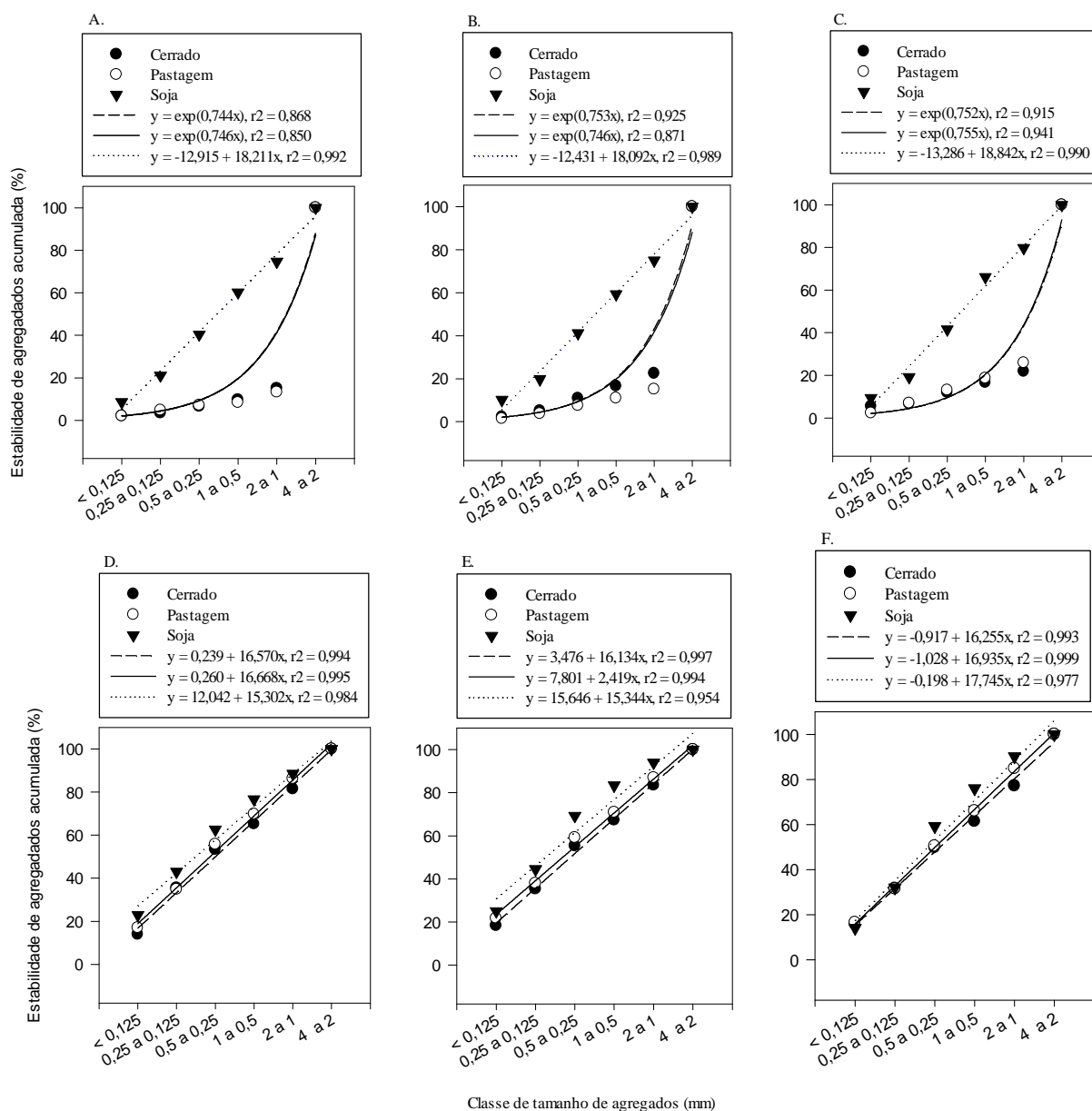


FIGURA 4. Curva acumulada da estabilidade de agregados (%) retidos via tamisamento úmido: 0- 0,10 (A), 0,10- 0,20 (B) e 0,20- 0,30 (C), e via tamisamento seco: 0- 0,10 (D), 0,10- 0,20 (E) e 0,20- 0,30 (F).

Além disso, com base nos dados referentes ao diâmetro médio ponderado e geométrico dos agregados obtidos por via úmida (DMPu) (DMGu) e via seca (DMPs) (DMGs), respectivamente, observou-se menor discriminação para a camada 0 a 0,10 m e, no geral, também verificou-se maior coeficiente de variação dos valores por tamisamento seco, tanto entre os manejos, quanto entre as camadas (Tabela 1).

TABELA 1. Diâmetro médio ponderado e geométrico de agregados obtidos por tamisamento úmido e seco, em um Latossolo Vermelho-Amarelo.

Manejo	Métodos de tamisamento								
	Via úmido			Via seco			Relação		
	Camadas (m)								
	DMP ¹						DMPu/DMPs		
	0,1- 0,2	0,1- 0,2	0,2- 0,3	0,1- 0,2	0,1- 0,2	0,2- 0,3	0,1- 0,2	0,1- 0,2	0,2- 0,3
Cerrado	2,66a	2,48a	2,47a	0,99a	0,93a	1,10a	2,87ab	2,64ab	2,85a
Pasto	2,69a	2,65a	2,40a	0,87a	0,83a	0,95ab	3,38a	3,33a	2,62ab
Soja	1,22b	1,21b	1,09b	0,74a	0,57b	0,76b	1,88a	2,11b	1,50b
	DMG ²						DMGu/DMGs		
Cerrado	2,44a	1,98ab	2,41a	1,20a	1,25a	1,40a	2,42a	1,57a	1,73a
Pasto	2,08ab	2,46a	1,81ab	1,17a	1,18a	1,29ab	1,90a	2,14a	1,45a
Soja	1,47b	1,45b	1,43b	1,26a	0,87b	1,01b	1,32a	1,64a	1,46a

Obs. Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical (profundidades), não se diferenciam pelo teste Tukey ($p < 0,05$); ¹ DMP= Diâmetro médio ponderado; ² Diâmetro médio geométrico.

Essa menor discriminação para o tamisamento seco também foi relatada por MATOS et al. (2008) e deve-se, provavelmente, conforme já discutido, ao fato desse método não distinguir agregados recentemente formados, daqueles formados ou que sofreram um processo de estabilização. Com base nisso, independente do tratamento e camada avaliada, no tamisamento via seco percebe-se uma maior concentração de agregados, especialmente, nas classes inferiores a 0,5 mm (Figura 4), justamente a faixa compreendida por aproximadamente 90% das partículas do solo (Figura 5).

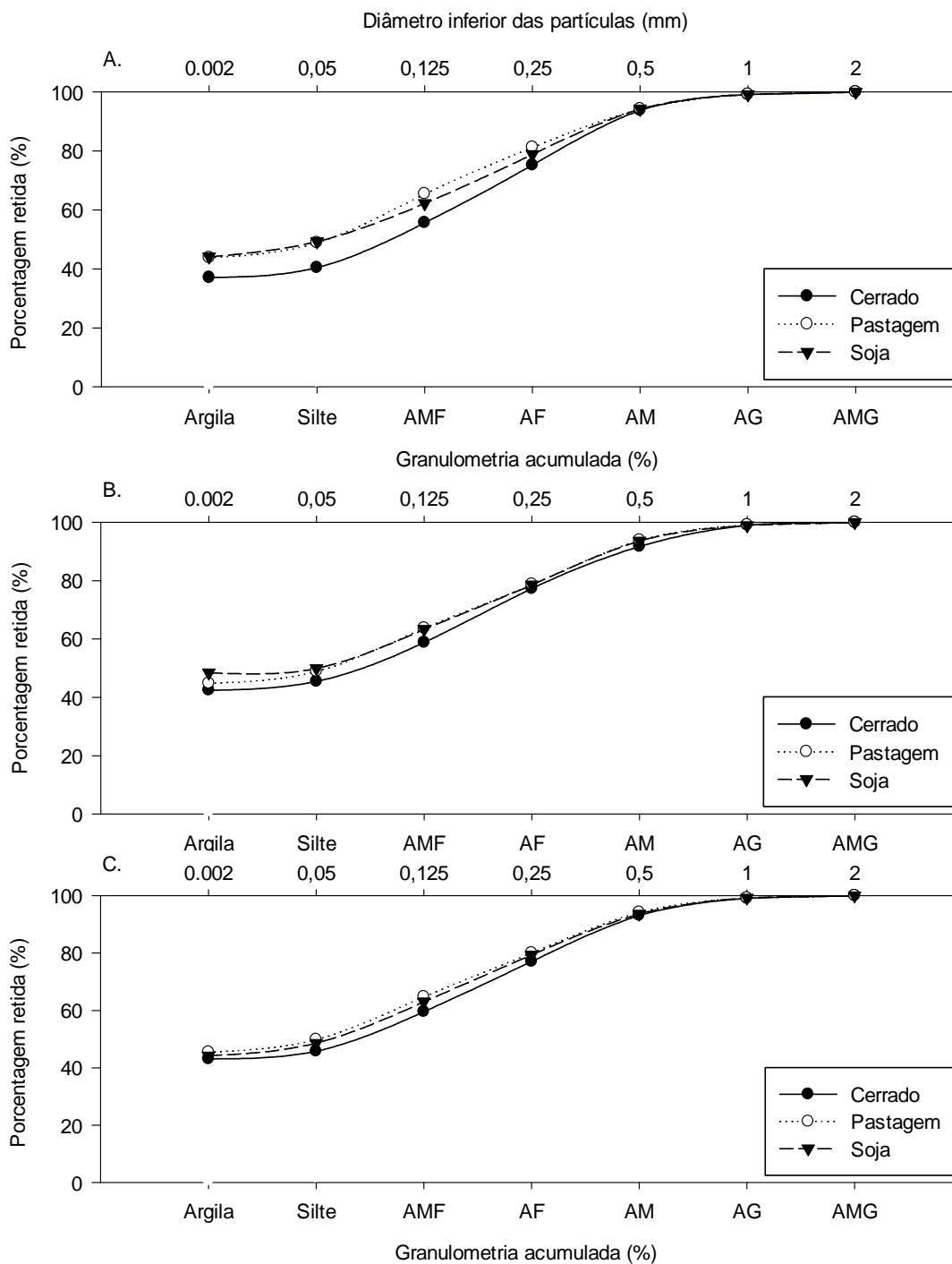


FIGURA 5. Curva granulométrica de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob Cerrado, pastagem e cultivo mínimo com soja, nas camadas 0-0,10 (A), 0,10-0,20 (B) e 0,20-0,30 m (C), respectivamente.

Além dessas interpretações, as relações DMP_u/DMP_s e DMG_u/DMG_s representam índices de estabilidade dos agregados em água. Assim, segundo SILVA & MIELNICZUK (1998), quanto maior o valor dessas relações, maior a estabilidade dos agregados em água (Tabela 1). No entanto, não houve diferenciação na relação DMG_u/DMG_s , ao contrário na DMP_u/DMP_s em que observou-se maior relação no cerrado e a pasto, que ao longo dos anos não sofreram mobilização do solo, provando ser esta condição, que melhor contribuiu

para a estabilização dos agregados (Figura 6). Esses resultados estão de acordo com FONTENELE et al. (2009), que avaliando sistemas de manejos como, semeadura direta e cultivo convencional com soja com mobilização do solo em relação às áreas de cerrado nativo e recém-desmatada, observaram queda na agregação, que refletiu em menores valores de DMPu, DMGu e no índice de estabilidade de agregados em profundidade no perfil do solo. Portanto, sob determinado manejo do solo, as condições físicas do solo reagem a um equilíbrio, que pode ser propício ou não à conservação do solo como, a desestruturação do solo sob cultivo mínimo com soja.

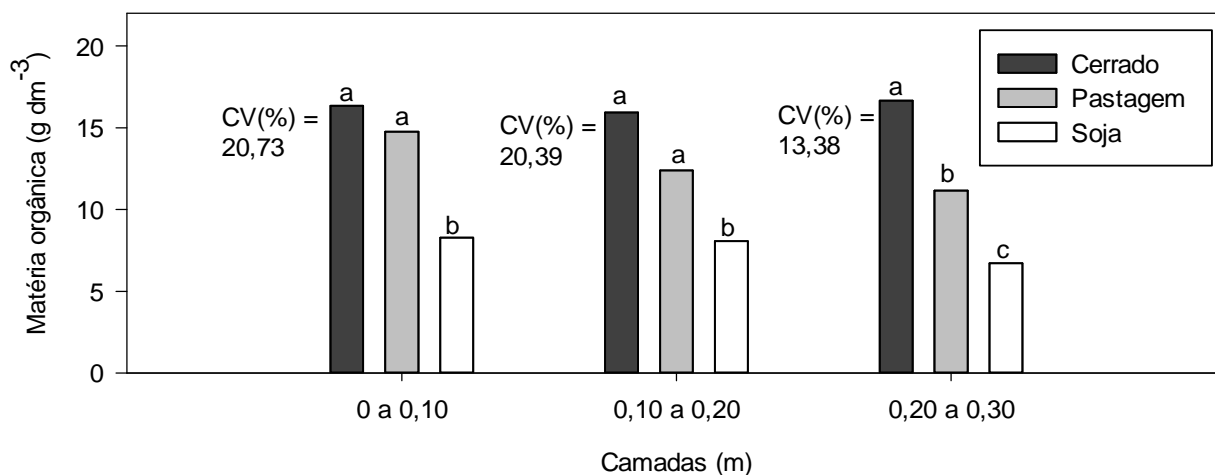


FIGURA 6. Teor de matéria orgânica de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob Cerrado, pastagem e cultivo mínimo de soja, nas camadas 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m.

Diante disso, a *B. brizantha* propiciou a preservação dos agregados no tempo em relação à soja. Esse comportamento também foi descrito por WENDLING et al. (2005), que encontraram em solo sob gramínea com igual teor de matéria orgânica maior agregação. Esse resultado deve-se, provavelmente, ao tipo fasciculado, denso e profundo do sistema radicular daquela gramínea que promove, conforme descrito TISDALL (1994), a agregação física do solo. Além disso, esse fator associado a hifas fúngicas e a liberação de substâncias orgânicas na rizosfera favoreceriam a macro agregação físico-química do solo (TISDALL, 1994; SALTON et al., 2008). Também, conforme RAMOS et al. (2011a), o estabelecimento de sistemas de cultivo, sobretudo, com perturbação em superfície ocasiona fracionamento de macroagregados e perdas de carbono da biomassa microbiana como, o solo sob cultivo mínimo com soja do presente estudo. A matéria orgânica exerce função importante na aglutinação das partículas e estabilização dos agregados do solo, devido às ligações entre polímeros orgânicos e superfícies inorgânicas.

Esse efeito condicionador da matéria orgânica pode ser ratificado com base na análise de correlação. A matéria orgânica correlacionou-se forte e positivamente com a classe de tamanho de agregados de 4 a 2 mm (macroagregados) e negativamente para as classes inferiores (Tabela 2). DEMARCHI et al. (2011) e HICKMANN et al. (2012) também encontraram que os fatores que influenciaram a agregação dependem do uso e manejo do solo, os quais têm relação direta com a cobertura vegetal e com o aporte e manutenção da matéria orgânica. Portanto,

comparado ao Cerrado nativo, a pastagem favoreceu a manutenção da matéria orgânica em superfície e, ao mesmo tempo, a matéria orgânica se correlacionou positivamente com a estabilidade de macroagregados do solo, ao contrário sob manejo mínimo do solo com soja houve redução da matéria orgânica e aumento de microagregados. A cobertura com *B. brizantha* manteve a preservação dos macroagregados do solo.

TABELA 2. Correlações obtidas entre a matéria orgânica do solo e as classes de tamanho de agregados via tamisamento úmido e seco.

	MO	Areia	Silte	Argila
MO	1			
Areia	0,28	1		
Silte	-0,13	-0,14	1	
Argila	-0,21	-0,89**	-0,32**	1
2_Tu	0,76**	0,09	-0,12	-0,03
1_Tu	-0,61**	-0,08	0,13	0,02
0,5_Tu	-0,79**	-0,13	0,15	0,06
0,25_Tu	-0,78**	-0,08	0,12	0,02
0,125_Tu	-0,50**	0,03	0,14	-0,09
<0,125_Tu	-0,25**	-0,05	-0,05	0,07
2_Ts	0,57**	0,00	-0,26	0,12
1_Ts	0,29	0,03	-0,02	-0,02
0,5_Ts	-0,26	0,09	0,24	-0,19
0,25_Ts	-0,49**	-0,13	0,23	0,02
0,125_Ts	-0,03	0,25	0,10	-0,29
<0,125_Ts	-0,29	-0,17	-0,07	0,19

**($p < 0,01$); *($p < 0,05$) pelo teste t, em que $0 < r_{xy} < 0,3$ (correlação fraca); $0,3 \leq r_{xy} < 0,6$ (correlação moderada); $r_{xy} \geq 0,6$ (correlação forte) (Callegari-Jacques, 2003); ns = não significativo.

CONCLUSÕES

Não houve concordância entre os métodos de tamisamento via úmido *versus* via seco em estimar a quantidade de agregados retidos nas diferentes classes de tamanho.

Com o método via seco não foi possível diferenciar os manejo quanto a estabilidade dos agregados do solo, porque esse método homogenizou os agregados durante agitação eletromagnética. Assim, esse método não é indicado, mesmo que diminua a amplitude do equipamento para descobrir qual correlaciona mais com o método via úmido. Isso o tornaria inviável, devido o maior tempo de análise e de trabalho.

REFERÊNCIAS

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p.129-136, 2001.

BATISTA, I.; CORREIA, M.E.F.; PEREIRA, M.G.; BIELUCZYK, W.; SCHIAVO, J.A.; **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 2947 2014

MELLO, N.A. de. Caracterização dos agregados em solos sob cultivo no Cerrado, MS. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1535-1548, 2013.

CAJAZEIRA, J.P.; ASSIS JÚNIOR, R.N. Variabilidade espacial das frações primárias e agregados de um Argissolo no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 258-267, 2011.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artemed, 2003. 256 p.

DAGESSE, D.F. Freezing cycle effects on water stability of soil aggregates. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 93, n. 4, p. 473-483, 2013.

DEMARCHI, J.C.; PERUSI, M.C.; PIROLI, E.D. Análise da estabilidade de agregados de solos da microbacia do Ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo – SP, sob diferentes tipos de uso e ocupação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.4, n.2, 2011.

EMERSON, W.W.; GREENLAND, D.J. Soil aggregates-formation and stability. In: DE BOODT, M.F.; HAYES, M.; HERBILLON, A., Eds. **Soil Colloids and Their Association in Aggregates**. Plenum Press: New York, 1990, p.485-511.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (BRASIL). **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2ª ed. rev., 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (BRASIL). **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 3 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

FERREIRA, F.P.; AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S.D.; GIRELLI, D. Carbono orgânico, óxidos de ferro e distribuição de agregados em dois solos derivados de basalto no Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 381-388, 2007.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p.515-524, 1999.

FONTENELE, W.; SALVIANO, A.A.C.; MOUSINHO, F.E.P. Atributos físicos de um Latossolo Amarelo sob sistemas de manejo no cerrado piauiense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 194-202, 2009.

HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, v. 82, p. 121-145, 2005.

HICKMANN, C.; COSTA, L.M. da; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES, R.B.A.; ANDRADE, C. de L. T. Atributos físico-hídricos e carbono orgânico de um Argissolo após 23 anos de diferentes manejos. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 128-136,

2012.

LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística Aplicada**. 4 ed. Pearson Prentice Hall: São Paulo, 2010. 640p.

MATOS, E.S.; MENDONÇA, E.S.; LEITE, L.F.C.; GALVÃO, J.C.C. Estabilidade de agregados e distribuição de carbono e nutrientes em Argissolo sob adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 9, p. 1221-1230, 2008.

PEREIRA, B.L. da S. CERQUEIRA NETO, J. da S. Avaliação da influência da cobertura do solo na estabilidade estrutural em Latossolo Amarelo do tabuleiro costeiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 340 - 351, 2013.

PIOTROWSKI, J.S.; DENICH, T.; KLIRONOMOS, J.N.; GRAHAM, J.M.; RILLIG, M.C. The effects of arbuscular mycorrhizas on soil aggregation depend on the interaction between plant and fungal species. **New Phytologist**, v. 164, n. 2, p. 365–373, 2004.

PORTELA, J.C.; COGO, N.P.; BAGATINI, T.; CHAGAS, J.P.; PORTZ, G. Restauração da estrutura do solo por sequências culturais implantadas em semeadura direta, e sua relação com a erosão hídrica em distintas condições físicas de superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1353-1464, 2010.

RAMOS, F.T.; NUNES, M.C.M.; CAMPOS, D.T. da S.; RAMOS, D.T.; MAIA, J.C. de S. Interação físico-microbiológica em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob cerrado nativo e monocultivo de soja. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 79-91, 2011a.

RAMOS, F.T.; RAMOS, D.T.; CREMON, C., ROQUE, M.W. Erosão por salpicamento sob diferentes sistemas de manejo em um Neossolo Quartzarênico em Cáceres (MT). **Global Science and Technology**, v. 4, n. 1, p.38 – 50, 2011b.

RAMOS, F.T.; RAMOS, D.T.; MAIA, J.C. de S.; SERAFIM, M.E.; AZEVEDO, E.C. de; ROQUE, M.W. Curvas de compactação de um Latossolo Vermelho-Amarelo: com e sem reuso de amostras. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.2, p.129–136, 2013.

RIBEIRO, B.T.; LIMA, J.M.; MELLO, C.R.; SÁ, M.A.C; OLIVEIRA, G.C. Relationship between raindrops and ultrasonic energy on the disruption of a Haplic Cambisol. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 814-823, 2009.

SÁ, M.A.C.; LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N.; DIAS JUNIOR, M.S. Comparação entre métodos para o estudo da estabilidade de agregados em solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 9, p. 1825-1834, 2000.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de

agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

SANTI, A.L.; CHERUBIN, M.R.; EITELWEIN, M.T.; SIMON, D.H.; CASTRO PIAS, O.H. de. Evolução da agregação do solo em áreas com diferentes potenciais produtivos manejadas com agricultura de precisão. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 2132 - 2141, 2012.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 311-317, 1998.

SILVA, M.A.S.; ALBUQUERQUE, A.; MAFRA, A.L.; ROSA, J.D.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 329-337, 2006.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MARQUES, J.J.G.; LIMA, L.A.; FERREIRA, M.M.; LIMA, J.M. Resistência ao salpico provocado por impacto de gotas de chuva simulada em Latossolos e sua relação com características químicas e mineralógicas. **Ciência e Prática**, v. 19, n. 2, p. 348-354, 1995.

TISDALL, J.M. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. **Plant and Soil**, v. 159, p. 115-121, 1994.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONGA, E.S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados em um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005.

ZAKI, R.; BULGIBA, A.; ISMAIL, R.; ISMAIL, N.A. Statistical Methods Used to Test for Agreement of Medical Instruments Measuring Continuous Variables in Method Comparison Studies: A Systematic Review. **PLoS ONE**, v. 7, n. 5, p. 1 - 7, 2012.