

## Caracterização da influência inicial do manejo do solo sobre a estabilidade de agregados

Characterization of the initial influence of soil management on aggregates stability

Caracterización de la influencia inicial del manejo del suelo en la estabilidad de los agregados

Recebido: 07/11/2022 | Revisado: 22/11/2022 | Aceitado: 23/11/2022 | Publicado: 30/11/2022

**Paulo Otávio Aldaves dos Santos Guedes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8423-7715>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: pauloaldavesufmt@gmail.com

**Aloisio Bianchini**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1225-453X>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: aloisio.bianchini@gmail.com

**João Carlos de Souza Maia**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6204-8112>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: jotace@terra.com.br

**Laurene Gabriely Vieira Ferraz Vieira Ferraz**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6526-4160>

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

E-mail: laurene\_gabriely13@hotmail.com

### Resumo

O uso da terra tem impacto profundo no solo sendo o uso inadequado responsável pela degradação, uma das alternativas de contenção são as práticas de manejo, que são necessárias para sustentar as culturas, conservando ou melhorando a qualidade do solo. A estabilidade de agregados é um atributo físico importante para o estudo da qualidade física dos solos, sendo este afetado pelo desenvolvimento de sistemas agrícolas, visando uma alternativa eficiente para melhorar a estabilidade dos agregados, o objetivo do trabalho foi identificar a influência dos manejos avaliados sobre as características da estabilidade dos agregados, em relação aos valores do diâmetro médio ponderado, DMP, diâmetro médio geométrico, DMG, e índice de estabilidade de agregados, IEA. O experimento foi implantado em Campo Novo do Parecis, Mato Grosso, Brasil, em um latossolo vermelho distrófico, onde o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, DBC (4X8), implantados em fevereiro de 2020, com colheita do milho e dessecação das plantas de cobertura em junho de 2020 e a coleta das amostras de solo em novembro de 2020, sendo os manejos avaliados: tratamento 1, T1- milho solteiro com adubação convencional; tratamento 2, T2 – milho solteiro com apenas adubação orgânica; tratamento 3, T3- milho com adubação organomineral; tratamento 4, T4- milho com biocarvão; tratamento 5, T5- mix de plantas de cobertura (crotalaria spectabilis+nabo forrageiro+braquiária ruziziensis); tratamento 6, T6- milho consorciado com braquiária ruziziensis; tratamento 7, T7- milho consorciado com crotalaria breviflora; tratamento 8, T8- mix de plantas de cobertura+ biocarvão. Os resultados demonstraram não haver diferença significativa entre os tratamentos em relação aos valores de DMP, DMG e IEA, por meio da ineficiência dos tratamentos na alteração destas variáveis, isso devido ao tempo de interação curto para alterações em propriedades físicas, sendo necessário um período maior.

**Palavras-chave:** Uso; Solo; Diâmetro; Estabilidade; Estrutura.

### Abstract

Land use has a profound impact on the soil and inappropriate use is responsible for degradation, one of the alternatives for containment is management practices, which are necessary to sustain cultures, conserving or improving soil quality. Aggregate stability is an important physical attribute for the study of soil physical quality, which is affected by the development of agricultural systems, aiming at an efficient alternative to improve aggregate stability. aggregate stability characteristics, in relation to weighted average diameter, DMP, geometric mean diameter, DMG, and aggregate stability index, IEA. The experiment was implemented in Campo Novo do Parecis, Mato Grosso, Brazil, in a dystrophic red oxisol, where the experimental design used was in randomized blocks, DBC (4X8), implanted in February 2020, with corn harvest and plant desiccation coverage in June 2020 and the collection of soil samples in November 2020, with the evaluated managements: treatment 1, T1- single corn with conventional fertilization; treatment 2, T2 – single maize with only organic fertilizer; treatment 3, T3- corn with organomineral fertilization; treatment 4, T4- corn with biochar; treatment 5, T5- mix of cover crops (crotalaria spectabilis+forage radish+brachiaria ruziziensis); treatment 6, T6- maize intercropped with brachiaria ruziziensis; treatment 7, T7- maize

intercropped with *crotalaria breviflora*; treatment 8, T8- mix of cover crops + biochar. The results showed that there was no significant difference between the treatments in relation to the values of DMP, DMG and IEA, due to the inefficiency of the treatments in changing these variables, due to the short interaction time for changes in physical properties, requiring a longer period.

**Keywords:** Use; Soil; Diameter; Stability; Structure.

### Resumen

El uso de la tierra tiene un impacto profundo en el suelo y el uso inadecuado es responsable de la degradación, una de las alternativas de contención son las prácticas de manejo, las cuales son necesarias para sostener los cultivos, conservando o mejorando la calidad del suelo. La estabilidad de los agregados es un atributo físico importante para el estudio de la calidad física del suelo, que se ve afectada por el desarrollo de los sistemas agrícolas, buscando una alternativa eficiente para mejorar la estabilidad de los agregados características de la estabilidad de los agregados, en relación con el diámetro promedio ponderado, DMP, media geométrica diámetro, DMG, e índice de estabilidad de agregados, IEA. El experimento fue implementado en Campo Novo do Parecis, Mato Grosso, Brasil, en un oxisol rojo distrófico, donde el diseño experimental utilizado fue en bloques al azar, DBC (4X8), implantado en febrero de 2020, con cosecha de maíz y cobertura de desecación de plantas en junio. 2020 y la toma de muestras de suelo en noviembre de 2020, con los manejos evaluados: tratamiento 1, T1- maíz sencillo con fertilización convencional; tratamiento 2, T2 – maíz simple con solo fertilizante orgánico; tratamiento 3, T3- maíz con fertilización organomineral; tratamiento 4, T4- maíz con biocarbón; tratamiento 5, T5- mezcla de cultivos de cobertura (*crotalaria spectabilis*+rábano forrajero+*brachiaria ruziziensis*); tratamiento 6, T6- maíz intercalado con *brachiaria ruziziensis*; tratamiento 7, T7- maíz intercalado con *crotalaria breviflora*; tratamiento 8, T8- mezcla de cultivos de cobertura + biocarbón. Los resultados mostraron que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en relación a los valores de DMP, DMG e IEA, debido a la ineficiencia de los tratamientos para cambiar estas variables, debido al corto tiempo de interacción para cambios en las propiedades físicas, que requiere un período más largo.

**Palabras clave:** Uso; Suelo; Diámetro; Estabilidad; Estructura.

## 1. Introdução

As partículas unitárias no solo podem se organizar em compostos, formados a partir de interações entre processos físicos, químicos e biológicos, definido como agregação, e o produto são os agregados do solo (Lepsch, 2021). Os agregados são um conjunto de partículas do solo com forma e tamanho definidos, comportando-se como uma unidade estrutural. Sua morfologia e presença variam tanto lateral como verticalmente no perfil do solo, podendo ocorrer diferentes tipos de agregados dentro de um horizonte (Guerra et al., 2005).

Os agregados, em geral, são formados em duas etapas que podem ocorrer simultaneamente no solo, a primeira é a aproximação das partículas individualizadas ocorrendo por forças mecânicas ou físicas, por meio de ciclos de umedecimento e secagem no solo; crescimento de raízes no solo; o movimento de organismos edáficos; pontes catiônicas ou atrações eletrostáticas. A segunda etapa consiste na estabilização dessa primeira aproximação, chamada de cimentação, e pode ter como cimentantes: matéria orgânica, argilas de silicato, óxidos de ferro e alumínio e carbonatos, e outros (Oades & Waters, 1991; Six et al., 2002).

A origem dos agregados está diretamente relacionada ao manejo adotado, pois este promove modificações na agregação, mudanças na formação de agregados (Pulleman et al., 2005; Loss et al., 2014).

O uso da terra e as práticas de manejo têm um impacto profundo no solo, estrutura e fertilidade (Bossuyt et al., 2004), as propriedades internas e inter-relacionadas do solo (biológicas, químicas e físicas) são significativamente afetadas pela redução do preparo do solo (Thomas et al., 2007).

As práticas de manejo do solo são consideradas necessárias para sustentar o rendimento das culturas para conservar ou melhorar a qualidade do solo (Aziz et al., 2009). A ação antrópica provoca alterações relevantes na estrutura do solo, uma vez que as diferentes práticas de manejo provocam a quebra de agregados em diferentes magnitudes. Assim, a adoção de práticas mais conservacionistas, como o sistema plantio direto, favorece a adição e acúmulo de carbono orgânico do solo, o que beneficia o aumento do diâmetro e a estabilidade dos agregados (Marasca et al., 2013; Almeida et al., 2018). Os usos e sistemas de manejo inadequados da terra levam à erosão do solo, esgotamento da matéria orgânica e outros nutrientes que

resultam na degradação permanente do solo e perdas de produtividade (Ramos et al., 2011).

A estabilidade de agregados é um atributo físico importante para o manejo e o estudo da qualidade física dos solos, uma vez que está relacionada a diversos atributos físicos, químicos e biológicos, e exerce influência direta sobre a movimentação de água, a transferência de calor, a aeração, a densidade e a porosidade do solo, bem como a resistência à penetração de raízes e o selamento e encrostamento superficial do solo (Sá et al., 2000; Calegari et al., 2006; Tavares Filho & Tessier, 2009). Esse atributo é afetado pelo manejo do solo no desenvolvimento de sistemas agrícolas (Dexter & Youngs, 1992). Portanto, o objetivo foi identificar a influência de cada manejo avaliado sobre características dos agregados, valores do diâmetro médio ponderado, DMP, diâmetro médio geométrico, DMG, e índice de estabilidade de agregados, IEA.

## 2. Metodologia

O estudo foi realizado na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Campo Novo do Parecis, o local encontra-se à 572 m de altitude, com as coordenadas geográficas de 13°40'31" de latitude Sul e 57°53'31" de longitude Oeste. Segundo Köppen, o clima da região é classificado como tropical quente e úmido. O solo utilizado é um latossolo vermelho distrófico, cuja caracterização textural de 0 a 20 cm é de 506 g.kg<sup>-1</sup> de argila, 134 g kg<sup>-1</sup> de silte e de 360 g kg<sup>-1</sup> de areia.

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos casualizados, DBC, que consiste em quatro blocos separados dentro da área de estudo com todos os oito tratamentos repetidos e casualizados dentro de cada um dos blocos, sendo quatro repetições e oito tratamentos implantados anterior ao cultivo da soja, sendo estes:

**Tabela 1** - Manejos avaliados, oito tratamentos implantados em fevereiro de 2020 anterior ao cultivo da soja.

Tratamentos implantados anterior ao cultivo da soja
T1- milho solteiro com adubação convencional;
T2- milho solteiro com apenas adubação orgânica, cama de aves (perua + galinha poedeira);
T3- milho com adubação organomineral;
T4- milho com biocarvão;
T5- mix de plantasde cobertura ( <i>Crotalaria spectabilis</i> + <i>Raphanus sativus</i> + <i>Braquiária ruziziensis</i> );
T6- milho consorciado com <i>Braquiária ruziziensis</i> ;
T7- milho consorciado com <i>Crotalaria breviflora</i> ;
T8- mix de plantasde cobertura ( <i>Crotalaria spectabilis</i> + <i>Raphanus sativus</i> + <i>Braquiária ruziziensis</i> ) + biocarvão.

Fonte: Autores.

Os tratamentos foram implantados em fevereiro de 2020 com colheita do milho e dessecação das plantas de cobertura em junho de 2020 e implantação de soja e avaliação em novembro de 2020. Cada parcela experimental é constituída por uma área de 6,3 x 10 m.

O adubo orgânico utilizado nos tratamentos T2 e T3 foi proveniente de cama de aves (perua + galinha poedeira) na dose de 1,0 Mg ha<sup>-1</sup>. O resíduo de cama de aves após compostado e estabilizado, passa por um processo de seleção onde são separadas as partículas de matéria orgânica. Após esse processo, o resíduo passa por um processo de industrialização e estabilização sendo aplicado na forma pelletizado. O T3 é diferente do T2 por ter adubação mineral na dose 350 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 05-30-10. O adubo orgânico foi aplicado a lanço em superfície após a semeadura do milho. A descrição química do adubo encontra-se na Tabela 2.

O biocarvão testado no estudo é produzido a partir de torta de filtro, importante resíduo da indústria sucroalcooleira proveniente da filtração do caldo extraído das moendas no filtro rotativo. Esse resíduo é abundante na região pois é resíduo das

indústrias de açúcar e álcool no município, por tanto, sendo matéria prima de baixo custo e sustentável. Para obtenção do biocarvão, a torta de filtro foi submetida a queima a 600°C em mufla por seis horas. O biocarvão foi aplicado na dose de 1,0 Mg ha<sup>-1</sup>, quantidade suficiente para aumentar o carbono orgânico segundo Carvalho, et al., (2021), distribuído a lanço em área total anterior a semeadura das culturas. Os tratamentos T1, T4, T6 e T7 receberam adubação de semeadura no sulco na dose 350 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 05-30-10. No estágio V4, planta apresentando quatro folhas maduras, de desenvolvimento do milho foi feita adubação nitrogenada de cobertura na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> utilizando sulfato de amônio (20% N) e a aplicação de um coquetel de micronutrientes na dose de 2,0 kg ha<sup>-1</sup> como prevenção da eventual deficiência desses nutrientes e atendendo a exigência nutricional da cultura.

**Tabela 2** - Descrição do adubo orgânico a base de cama de aves (cama de perua + galinha poedeira).

N	P	K	Ca	Mg	S	C
-----g kg <sup>-1</sup> -----						
24,1	59,3	40,9	53,1	11,1	6,7	253,4
MO	CTC	Cu	Mn	Fe	Zn	B
-----mg kg <sup>-1</sup> -----						
695	750	0,05	0,09	0,56	0,06	0,06

N, C e capacidade de troca de cátions (CTC): titulação; P, S, matéria orgânica (MO): gravimetria; K, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe, Zn: perclórico; B: espectrofotometria. Fonte: Autores.

Demais tratamentos culturais como controle de insetos-pragas, doenças e plantas daninhas foram feitos conforme incidência identificada por meio de monitoramento diário do experimento realizando o controle sempre que necessário.

Em cada parcela foram retiradas cinco sub amostras deformadas utilizando trado holandês, sendo tiradas quatro sub amostras: duas de cada lado da linha de semeadura e uma sub amostra (amostra central) na linha de semeadura. As sub amostras foram homogeneizadas formando uma amostra composta representativa da área. Após a coleta das amostras estas foram imediatamente colocadas em caixa de isopor, contendo gelo e encaminhadas ao laboratório para análise.

No laboratório, após peneiramento (4 mm) e secagem à sombra por 72h, procedeu-se à determinação da distribuição e estabilidade dos agregados em água, segundo o princípio descrito por Kemper e Chepil (1965), que utiliza o aparelho de oscilação vertical Yooder (1936), com conjunto de peneiras com malhas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,105 mm de diâmetro. Para a tamisação, foi realizado um pré-tratamento das amostras (25 g), por meio do umedecimento com água, via atomizador.

O conjunto de peneiras foi regulado de modo que a lâmina de água atingisse a porção superior da amostra na peneira de maior diâmetro. A tamisação foi realizada por um período de 15 minutos. Quantificou-se a proporção de solo seco (105°C por 24 horas) contida em cada peneira e, por diferença, o que ultrapassou a última peneira (< 0,105 mm). Os valores obtidos foram usados para cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG) e o índice de estabilidade dos agregados (IEA), variáveis que caracterizam os agregados do solo, demonstrando a forma como está sendo formada a agregação do solo e em que estágio está em decorrência dos tratamentos, estas variáveis foram calculadas segundo as equações abaixo:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$$

Onde:

W<sub>i</sub> = proporção de cada classe de agregados em relação ao total;

X<sub>i</sub> = diâmetro médio das classes (mm).

$$DMG = \frac{\sum_{i=1}^n wp \cdot \log xi}{\sum_{i=1}^n wi}$$

Onde:

Wp = peso dos agregados de cada classe (g).

$$IEA = \frac{(Ps - wp_{0,105} - areia)}{(Ps - areia)} \cdot 100$$

Onde:

Os = massa da amostra seca (g);

Wp = massa dos agregados da classe < 0,105mm (g).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk, ao teste homogeneidade das variâncias de Oneill e Mathews e ao quadro de ANOVA para o teste de F, significância ( $P < 0.05$ ), foi utilizado o software R para análises estatísticas através do pacote ExpDes.pt versão 1.2.1.

### 3. Resultados e Discussão

Após a análise dos dados pelo teste de anova, os resultados demonstram não haver diferença significativa entre os tratamentos em relação aos valores de DMG demonstrando a ineficiência dos tratamentos na alteração desta variável. Esta mesma resposta foi observada para a variável DMG, que também não obteve diferenças significativas entre os tratamentos e para a variável IEA. O tratamento 3, milho com adubação organomineral, obteve os maiores valores nas variáveis analisadas, porém essa diferença não foi significativa ao nível de 5% pelo teste F, Tabela 3.

Estes valores foram menores que os encontrados por Antunes et. al. (2019) em monocultivo de milho, DMG 1,84mm, em Muzambinho em Minas Gerais; e menores também que o menor DMG, 0,89 mm, e DMP, 1,46mm, encontrados em Chapadão do Sul – MS em Latossolo vermelho distrófico, em uma comparação da testemunha com aplicações de cama de frango em *Urochloa brizantha* (Troleis et. al., 2017); considerada essa uma característica de solo degradado pelo revolvimento do solo.

Estes resultados podem ainda retratar as qualidades físicas e o efeito do manejo anterior, que promovia maiores perturbações na estrutura do solo. Pois, os agregados do solo foram sensíveis ao uso de aração e gradagem que promoveram a ruptura dos agregados do solo, diminuindo os índices de DMP e DMG (Loss et. al; 2011). Segundo Bronick e Lal (2005) práticas que diminuem a perturbação do solo aumentam a agregação e o desenvolvimento estrutural. de acordo com Araújo et. al. (2007), a estabilidade de agregados diminui à medida que o manejo é intensificado.

**Tabela 3** - Estabilidade de agregados, DMP (diâmetro médio ponderado), DMG (diâmetro médio geométrico) e IEA (índice de estabilidade de agregados) de um Latossolo Vermelho distrófico em função do manejo.

Tratamentos	DMP (mm)	DMG (mm)	IEA (%)
T1- milho solteiro com adubação convencional	0,74 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	70,00 <sup>ns</sup>
T2- milho solteiro com apenas adubação orgânica	0,74 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	68,77 <sup>ns</sup>
T3- milho com adubação organomineral	0,85 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	76,81 <sup>ns</sup>
T4- milho com biocarvão	0,66 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	66,67 <sup>ns</sup>
T5- mix de plantas de cobertura	0,80 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	69,75 <sup>ns</sup>
T6- milho consorciado com <i>Braquiária ruziziensis</i>	0,67 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	69,12 <sup>ns</sup>
T7- milho consorciado com <i>Crotalaria breviflora</i>	0,58 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	57,30 <sup>ns</sup>
T8- mix de plantas de cobertura+ biocarvão	0,74 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	70,35 <sup>ns</sup>
Coefficiente de variação	26,06%	20,34%	13,07%

Médias seguidas por <sup>ns</sup> não diferem entre eles em nível de 5% de probabilidade pelo teste F. Fonte: Autores.

Os tratamentos foram implantados em fevereiro de 2020, dessecação das plantas de cobertura em junho 2020 e implantação da soja em novembro de 2020, um tempo restrito ao desenvolvimento e interação dos manejos para alterações nas propriedades físicas do solo. Sendo as variáveis respostas influenciadas pelo tempo e acúmulo de carbono no solo, o DMP aumenta ao longo do tempo independentemente da camada de cobertura do solo e do sistema de preparo, determinado pelo aumento no teor de carbono orgânico no solo (Debiasi, 2013).

Segundo Silva et. al (2008) e Spera et. al (2004) o maior tempo sobre cobertura vegetal promove intensa atividade biológica, resultando em maior formação e estabilização de agregados, quanto mais tempo a duração do plantio, maior o acúmulo de matéria orgânica em mais frações estáveis. Araújo et al. (2004) e Albuquerque et al. (2005) o manejo altera os valores de matéria orgânica do solo, a sua decomposição por microrganismos resulta na formação de inúmeros compostos importantes na cimentação e estabilização dos agregados (Souza, 2005).

Os sistemas de cultivo podem alterar os níveis de carbono orgânico no solo, afetando a quantidade e as características dos resíduos da cultura e a agregação do solo (Yang & Kay, 2001; Zuber et al., 2015). Os resíduos de culturas unem as partículas do solo em agregados e protegem o carbono orgânico no solo da mineralização (Stetson et al., 2012). A perturbação do solo rompe os agregados do solo e expõe carbono orgânico no solo fisicamente protegido (Six et al., 2000), promovendo sua decomposição e perda de carbono nos agregados, o que é essencial para o armazenamento de carbono orgânico no solo a longo prazo (Yoo et al., 2011).

Calegari et al. (2006) realizaram estudo com diferentes sistemas de manejo, sendo esses: plantio direto e convencional em área de Latossolo no Paraná. Não constataram diferenças significativas entre vegetação nativa e o sistema de plantio direto nos valores de DMP e DMG. Efeitos benéficos do acúmulo de resíduos orgânicos na superfície do solo. Os maiores valores de DMP e DMG foram observados em maiores teores de carbono orgânico (Loss et. al; 2014). Portanto, quanto mais tempo a duração do plantio, maior o acúmulo de matéria orgânica em mais frações estáveis.

Em trabalho de Volk et. al (2004) os valores do índice dos agregados do solo eram similares e baixos em todos os tratamentos, indicando o elevado grau de degradação física deste solo, situação encontrada no presente estudo. Porém, após 5,5 anos de experimentação, os valores de DMP encontravam-se relativamente altos nos três tratamentos com cultivo, mantendo-se baixo apenas no tratamento-testemunha. Com isso, experimentos de longa duração fornecem um indicativo de manejo mais sustentável comparado às condições originais de uso (Hickmann et. al., 2011). Ellsworth et. al., (1991), ao avaliarem a variabilidade temporal na estrutura do solo sob cultivo de milho e soja, ressaltam que tal influência das práticas de manejo

sobre a estrutura do solo é complexa e requer amostragem durante vários ciclos.

#### 4. Conclusão

Os valores de DMP (diâmetro médio ponderado), DMG (diâmetro médio geométrico) e IEA (índice de estabilidade de agregados) não foram afetados pelos manejos utilizados, não ocorrendo diferença significativa entre eles, pois o tempo de interação foi muito restrito para alterações em propriedades físicas, sendo necessário um período maior para maiores observações, sendo um período de monitoramento maior que cinco anos e coletas anuais para observar a dinâmica dos agregados com o acúmulo de carbono orgânico no solo fornecido pelos tratamentos. Propiciando entendimento do aumento da estabilidade dos agregados e qualidade do solo.

#### Agradecimentos

Agradecimento à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso, FAPEMAT, por propiciar a realização da pesquisa por meio de financiamento e as instituições Universidade Federal de Mato Grosso e o Instituto Federal de Mato Grosso por conceder infraestrutura para realização do estudo.

#### Referências

- Albuquerque, J. A., Argenton, J., Bayer, C., Wildner, L. D. P., & Kuntze, M. A. G. (2005). Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29, 415-424. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000300012>
- Almeida, A. C. D. S., Santos, H. H., Bortolo, D. P., Lourente, E. R., Cortez, J. W., & Oliveira, F. C. D. (2018). Soil physical properties and yield of soybean and corn grown with wastewater. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22, 843-848. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n12p843-848>
- Antunes, C. H. D. S., Portugal, L., Maia, J. P., Moreira, R. A., Silva, B. M., & Santos, W. J. R. D. (2019). Diagnóstico da qualidade físico-química do solo sob diferentes usos e manejos no sul de Minas Gerais. *Revista Agrogeoambiental*. <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n420181225>
- Araújo, M. A., Tormena, C. A., Inoue, T. T., & Costa, A. C. S. (2004). Efeitos da escarificação na qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférrico após treze anos de semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28, 495-504. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000300011>
- Araújo, R., Goedert, W. J., & Lacerda, M. P. C. (2007). Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, 31, 1099-1108. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500025>
- Aziz, I., Mahmood, T., Raut, Y., Lewis, W., Islam, R., & Weil, R. R. (2009). Active organic matter as a simple measure of field soil quality. In *ASA International Meetings, Pittsburg, PA*.
- Bossuyt, H., Six, J., & Hendrix, P. F. (2005). Protection of soil carbon by microaggregates within earthworm casts. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(2), 251-258. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.07.035>
- Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>
- Calegari, A., de Castro Filho, C., Tavares Filho, J., Ralisch, R., & de Fátima Guimarães, M. (2006). Melhoria da agregação do solo através do sistema plantio direto. *Semina: Ciências Agrárias*, 27(2), 147-157. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744080001>
- Carvalho, M. D. M., Madari, B., & Santos, J. (2021). Biochar como condicionador de solo em sistemas agrícolas no Cerrado. In E. D. Sotta; F. G. Sampaio; K. Marzall; W. G. da Silva. *Estratégias de adaptação às mudanças do clima dos sistemas agropecuários brasileiros* (pp. 80-81). MAPA, DF: Brasília.
- Debiasi, H., Franchini, J. C., Conte, O., Balbinot Junior, A. A., Torres, E., Saraiva, O. F., & de Oliveira, M. C. N. (2013). Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/970601/1/Doc342OL.pdf>
- Dexter, A. R., & Young, I. M. (1992). Soil physics towards 2000. *Soil and Tillage Research*.
- Ellsworth, T. R., Clapp, C. E., & Blake, G. R. (1991). Temporal variations in soil structural properties under corn and soybean cropping. *Soil Science*, 151(6), 405-416.
- Guerra, A. T., da Silva, A. S., & Botelho, R. G. M. (2009). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Kemper, W. D., & Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5, 425-442.
- Lepsch, I. F. (2021). *19 lições de pedologia*. Segunda edição. São Paulo: Oficina de textos.

- Loss, A., Pereira, M. G., Giácomo, S. G., Perin, A., & Anjos, L. H. C. D. (2011). Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46, 1269-1276. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000022>
- Loss, A., Pereira, M. G., Costa, E. M., & Beutler, S. J. (2014). Soil fertility, physical and chemical organic matter fractions, natural <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N abundance in biogenic and physycogenic aggregates in areas under different land use systems. *Soil Research*, 52(7), 685-697. <https://doi.org/10.1071/SR14045>
- Marasca, I., Gonçalves, F. C., Moraes, M. H., Ballarin, A. W., Guerra, S. P., & Lanças, K. P. (2013). Propriedades físicas de um Nitossolo Vermelho em função dos sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17, 1160-1166. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001100005>
- Oades, J. M., & Waters, A. G. (1991). Aggregate hierarchy in soils. *Soil Research*, 29(6), 815-828.
- Pulleman, M. M., Six, J., Uyl, A., Marinissen, J. C. Y., & Jongmans, A. G. (2005). Earthworms and management affect organic matter incorporation and microaggregate formation in agricultural soils. *Applied Soil Ecology*, 29(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.10.003>
- Ramos, M. E., Robles, A. B., Sanchez-Navarro, A., & Gonzalez-Rebollar, J. L. (2011). Soil responses to different management practices in rainfed orchards in semiarid environments. *Soil and Tillage Research*, 112(1), 85-91. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.11.007>
- da Silva, F. D. F., da Silva Freddi, O., Centurion, J. F., Aratani, R. G., Andrioli, F. F., & Andrioli, I. (2008). Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho cultivado no sistema plantio direto. *Irriga*, 13(2), 191-204. <https://doi.org/10.15809/irriga.2008v13n2p191-204>
- Sá, M. A. C. D., Lima, J., Silva, M. L. N., & Dias Junior, M. D. S. (2000). Comparação entre métodos para o estudo da estabilidade de agregados em solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35, 1825-1834. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X200000900015>
- Six, J., Callewaert, P., Lenders, S., De Gryze, S., Morris, S. J., Gregorich, E. G., & Paustian, K. (2002). Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation. *Soil science society of America journal*, 66(6), 1981-1987.
- Six, J. A. E. T., Elliott, E. T., & Paustian, K. (2000). Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(14), 2099-2103.
- Souza, E. D., Carneiro, M. A. C., & Paulino, H. B. (2005). Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40, 1135-1139. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005001100012>
- Spera, S. T., Santos, H. P., Fontaneli, R. S., & Tomm, G. O. (2004). Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28, 533-542. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000300014>
- Stetson, S. J., Osborne, S. L., Schumacher, T. E., Eynard, A., Chilom, G., Rice, J., & Pikul Jr (Retired), J. L. (2012). Corn residue removal impact on topsoil organic carbon in a corn-soybean rotation. *Soil Science Society of America Journal*, 76(4), 1399-1406. <https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0420>
- Tavares Filho, J., & Tessier, D. (2009). Characterization of soil structure and porosity under long-term conventional tillage and no-tillage systems. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33, 1837-1844. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000600032>
- Thomas, G. A., Dalal, R. C., & Standley, J. (2007). No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. *Soil and Tillage Research*, 94(2), 295-304. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.08.005>
- Troleis, M. J. B., Roque, C. G., Borges, M. C. R. Z., Nogueira, K. B., & Gouveia, N. A. (2017). Estabilidade de agregados e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho sob *Urochloa brizantha* após a aplicação de cama de peru. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(1), 83-87. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i1.1267>
- Volk, L. B. D. S., Cogo, N. P., & Streck, E. V. (2004). Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28, 763-774. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000400016>
- Yoo, G., Yang, X., & Wander, M. M. (2011). Influence of soil aggregation on SOC sequestration: a preliminary model of SOC protection by aggregate dynamics. *Ecological engineering*, 37(3), 487-495. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.12.016>
- Yoder, R. E. (1936). *A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses*.
- Yang, X. M., & Kay, B. D. (2001). Rotation and tillage effects on soil organic carbon sequestration in a typic Hapludalf in Southern Ontario. *Soil and Tillage Research*, 59(3-4), 107-114. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(01\)00162-3](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00162-3)
- Zuber, S. M., Behnke, G. D., Nafziger, E. D., & Villamil, M. B. (2015). Crop rotation and tillage effects on soil physical and chemical properties in Illinois. *Agronomy Journal*, 107(3), 971-978. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0465>