

Atributos do solo sob milho-safra consorciado recém-Implantado II: Carbono orgânico e estabilidade de agregados

Juliana Gimenes de Moraes^{(1*)(2)}; Lucas Augusto de Assis Moraes⁽³⁾; Alex Figueiredo⁽³⁾;
Thadeu Rodrigues de Melo⁽³⁾; Duan Catharino de Carvalho⁽²⁾; Gabriel Pastore de
Macedo⁽²⁾; João Tavares Filho⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Universidade Estadual de Londrina; Londrina-PR, Brasil, 86057-970 (*apresentadora, juliana.gmuel@gmail.com)

^{(2); (3); (4)} Universidade Estadual de Londrina (UEL); Londrina – PR, Brasil, 86057-970;

⁽²⁾Graduação; ⁽³⁾Pós-graduação; ⁽⁴⁾Professor Dr.

RESUMO: Atualmente práticas de manejo que visem adoção a utilização de adubos verdes tem demonstrado vantagens no que diz respeito ao aumento nos teores de carbono e agregação do solo, em relação manejos ausentes destas práticas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi analisar se o consórcio do milho safra com uso de adubos verdes, associados a doses crescentes de nitrogênio eleva os teores de carbono e agregação do solo. Para isto, foi realizado um experimento em blocos casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial (4 x 3); sendo 4 forma de consórcios (milho + braquiária; milho + *crotalaria spectabilis*; milho + braquiária + *crotalaria*; e, milho ausente de adubo verde), e três doses de nitrogênio (0, 120 e 240 kg ha⁻¹). Coletaram-se amostras nas camadas de 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m. Foram determinados os teores de carbono orgânico total (COT), Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA). Concluiu-se que após seis meses de implantação do sistema, os maiores teores de COT são atingidos no milho solteiro (ausente de adubação verde), e que o diâmetro médio ponderado e geométrico, não são alterados pelos diferentes consórcios. Já o IEA, apresenta melhores resultados no consórcio MIX e MS, respectivamente, nas camadas de 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m.

Termos de indexação: agregação do solo, matéria orgânica, adubo verde.

INTRODUÇÃO

Formas de manejo que contemplem ações direcionadas a melhoria da qualidade do solo são de suma importância para o desenvolvimento de uma agricultura de alta produtividade e sustentável. Sendo assim, iniciativas como a implementação de consórcios, torna-se uma prática viável a fim de promover melhorias ao solo, que logo retrata-se em benefícios a cultura comercial.

O milho consorciado com diferentes gramíneas promove o aumento do volume da biomassa do sistema radicular, eleva a relação C/N e a presença resíduos orgânicos no solo; os quais induzem atividade microbiana influenciando diretamente na formação de

agregados maiores e estáveis. A floculação das partículas primárias, juntamente com a cimentação, primordialmente realizada pelo carbono orgânico total (COT), permitem a estabilidade dos agregados no solo, aumentam o espaço poroso, otimizam infiltração de água e diminuem a erosão.

Para Six et al (2004) agregados são associações de partículas primárias em unidades secundárias com formação natural. Podendo formar microagregados (diâmetro < 0,25mm) e/ou macroagregados (diâmetro > 0,25 mm) (TAVARES FILHO, 2014). Seu tamanho pode ser obtido através de valores de Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA).

Avaliando o uso de adubos verdes após dois anos, Torres et al. (2015) verificaram que adição de carbono por estas culturas influenciam positivamente os índices de agregação, diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG). Também, Nascente et al. (2015) observou correlação positiva entre a estabilidade dos agregados e o carbono para as camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

Já Calonego e Rosolem (2008) verificaram que a prática de rotação de culturas associado a adubos verdes (milheto, *crotalaria* e sorgo), foram benéficas para agregação do solo, elevando o DMP e IEA, depois de três safras consecutivas sob este sistema. Tais autores atribuíram estes resultados ao sistema de semeadura direta e a adição de carbono pelos adubos verdes.

Assim, face ao exposto, percebe que o uso de adubos verdes é uma prática de melhoria a agregação do solo. Desse modo, no presente trabalho, fomenta-se a hipótese que a consorciação do milho safra junto a adubos verdes melhora a agregação do solo. Sendo assim, objetivo desta pesquisa foi avaliar se o consórcio do milho associado a diferentes adubos verdes e a doses crescentes de nitrogênio, eleva agregação do solo em área sob milho safra recém-implantado.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e Histórico

O presente estudo foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR,



sob solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico, argiloso. A área contempla um histórico de manejo de sucessão entre soja e trigo, com pousio nos intervalos de semeadura das culturas comerciais, no período de setembro/2014 a setembro/2017. Além disso, a semeadura das culturas comerciais era realizada diretamente, isto é, sem revolvimento do solo, após a dessecação das plantas daninhas. Em outubro/2017 (de 4 a 11/10/17), área foi submetida ao preparo convencional, com aplicação superficial de calcário dolomítico (2 toneladas) e posterior operações, nesta ordem, de escarificação (a 0,30 m de profundidade), aração (a 0,25 m de profundidade) e grade niveladora. Após tais operações, iniciou-se a implantação do experimento.

Delineamento Experimental

O experimento foi executado sob blocos casualizados, com 4 repetições, em esquema fatorial 4 x 3, sendo os fatores constituídos por 4 tipos de consórcios: MS, Milho Solteiro; MC, Milho + *Crotalaria spectabilis*; MB, Milho + Braquiária (*Urochloa ruziziensis*); e, MIX, Milho + Braquiária + *Crotalaria spectabilis*. E, 3 doses de nitrogênio ((NH₄)₂SO₄): 0, 120 e 240 kg ha⁻¹. A semeadura do experimento ocorreu no dia 14 de novembro de 2017, de forma direta, ou seja, sem revolvimento do solo, após 10 dias de dessecação das plantas daninhas.

Foi utilizado o espaçamento de 0,9 m para cultura do milho, distribuída 7 sementes m⁻¹, com uma população estimada em 70.000 plantas ha⁻¹. A braquiária foi semeada na entrelinha do milho (a 0,45 m), a taxa de 5 kg ha⁻¹. Para a *Crotalaria spectabilis*, optou-se pela semeadura a 0,17 m da linha do milho. E quanto ao MIX, as espécies vegetais foram semeadas conforme espaçamento descrito anteriormente.

No que se refere as adubações, para adubação de semeadura aplicou-se 400 kg ha⁻¹ do formulado 10–15–15. Já adubação de cobertura, foi realizada após 40 dias da semeadura, em V4, sob utilização das 3 doses de nitrogênio testadas. E entre os dias 13 e 14 de abril de 2018, foi realizada a colheita.

Coletas de Solo e Análises de Agregados

Foram coletadas amostras indeformadas de solo, nas camadas de 0,0 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m. Após as amostras foram secas ao ar livre. Posteriormente, para cada amostra, foi determinada a distribuição das classes de agregados, em seis classes de peneiras 8, 4, 2, 1, 0,5 e 0,25 mm, por meio do tamisamento úmido, como proposto por Yoder et al. (1936), adaptado por Castro Filho et al. (1998).

Para os cálculos do Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA), utilizaram-se as formulas sugeridas por Castro Filho et al (1998): se

$$DMP = \sum_{i=1}^n (xi \cdot wi)$$

$$DMG = EXP \left(\frac{\sum_{i=1}^n wp \cdot \log(xi)}{\sum_{i=1}^n wi} \right)$$

$$IEA = \left(\frac{Massa\ de\ Solo\ Selo - wp25 - areia}{Massa\ de\ Solo\ Seco - areia} \right) \cdot 100$$

Em que: wi = proporção de cada classe em relação ao total; xi = diâmetro médio das classes (mm); wp = peso dos agregados de cada classe (g); wp25 = peso seco dos agregados da classe < 0.25 mm.

Já a determinação do Carbono Orgânico Total foi realizada em amostra de terra fina seca ao ar, peneirada em malha de 2 mm, e submetida a metodologia de Walkley-Black, descrita por Embrapa (2009).

Análise Estatística

Inicialmente os dados, por camadas, foram submetidos aos Testes de Hartley e Shapiro Wilk, a fim de verificar-se, respectivamente, a presença de homocedasticidade e normalidade entre os dados. Posteriormente, seguiu-se a realização do Teste F (p-valor < 0,05), desdobrando-se os fatores quando significativos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%). Para tais, utilizou-se o software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estatísticos podem ser observados na tabela 1. Nota-se que não houve interação significativa entre os fatores principais (Consórcios X Doses), independente da variável e camada analisada.

Por outro lado, foi verificado efeitos de tratamentos para os teores de COT na camada de 0,00 – 0,10 m, com maiores teores no tratamento MS (Tabela 1; Figura 1, A). Da mesma forma, para o IEA, houve efeito significativo dos consórcios testados, sendo o MIX e MS, os tratamentos com melhores IEA, nas camadas 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m, respectivamente (Tabela 1; Figura 1, B). Quanto ao DMP e DMG, seus resultados (Tabela 1; Figuras 1, C e D) foram independentes dos tipos de consórcios testados

Para os maiores teores de COT no MS, na camada 0,00 – 0,10 m, em relação ao MB (Figura 1, A), sugere-se que ação conjunta de três fatores possam ter influência nestes resultados, sendo eles: operações de revolvimento do solo (escarificação + aração + grade niveladora); maior infestação de plantas daninhas; e, uso de adubos nitrogenados. Dessa maneira, a incorporação de resíduos vegetais somada uma maior aeração, em razão do revolvimento do solo, pode ter acelerado a taxa de decomposição dos resíduos vegetais; o que logo



aceleraria a taxa de incremento de carbono no solo.

Além disso, conforme Souza et al (2012), a ausência de adubos verde eleva a infestação de plantas daninhas. Sendo assim, por estas possuírem geralmente um ciclo mais rápido que as culturas comerciais, sua decomposição pode ser fonte de carbono no solo. Segundo Stewart et al (2007) taxas aceleradas de incrementos de carbono podem ser atingidas quando na presença de resíduos vegetais de baixa relação C:N, o que ocorre com algumas espécies de plantas daninhas.

Ademais, tal decomposição poderia ter sido catalisar pela adição dos adubos nitrogenados aplicados durante o experimento.

Tabela 1. Resumo da análise de variância (valores de p-valor) para os atributos avaliados, nas camadas de 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m, sendo: Carbono Orgânico Total (COT); Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) Diâmetro Médio Ponderado (DMP); e, Diâmetro Médio Geométrico (DMG).

FV	COT	DMP	DMG	IEA
0-10 cm				
Bloco	0,1641	0,9291	0,7129	0,2001
Trat	0,0252	0,7798	0,5649	0,0054
Dose	0,6347	0,3985	0,3942	0,8544
Inter.	0,9862	0,8627	0,6693	0,2030
CV(%)	20,11	28,65	9,80	4,84
10-20 cm				
Bloco	0,7169	0,4808	0,8534	0,0945
Trat	0,2963	0,1172	0,3129	0,0111
Dose	0,7313	0,5339	0,4839	0,7998
Inter.	0,3734	0,1475	0,0632	0,5223
CV(%)	21,78	25,49	10,19	4,97

Valores < 0,05 são significativos ao Teste F (p-valor < 0,05). FV = Fontes de Variação; Trat = Tratamentos; Dose; Int = Interação; Trat X Doses; CV (%) = Coeficiente de variação.

No que tange ao maior IEA no consórcio MIX, na camada 0,00 – 0,10 m (Figura 1, B), fomenta-se que em razão deste consórcio promover a maior diversificação de espécies, isto tenha possivelmente intensificado ação de agentes cimentantes biológicos (por exemplo, de polímeros orgânicos advindos do sistema radicular ou decomposição dos resíduos vegetais). Segundo Silva e Mielniczuk (1997) a abundância de diferentes sistemas radiculares tende a intensificar a estabilização de agregados em virtude da alta concentração e exsudação de compostos orgânicos que estas raízes produzem no solo.

Também, os maiores valores absolutos de DMP para o MIX, na camada 0,00 – 0,10 m (Figura 1, C) reforça a questão de maiores agregados estar presentes neste consórcio. Isso porque, conforme

Castro Filho et al (1998), o DMP representa a estimativa do tamanho da classe dos agregados de maior ocorrência.

Já o maior IEA no MS, na camada 0,10 – 0,20 m, diferente do MIX na camada de 0,00 – 0,10 m, talvez seja mais relacionado especificamente a ação floculante de cátions polivalentes, como Ca^{2+} e Mg^{2+} , adicionados pela incorporação de calcário. Pois, uma vez que tais operações (escarificação + aração + gradagem) tendem acarretar o fracionamento dos agregados maiores, as partículas menores em um processo de acomodação natural, podem ter sido beneficiadas pela ação floculante destes cátions – Ca^{2+} e Mg^{2+} . Conforme Tavares Filho (2014), cátions polivalentes tendem a ser agentes floculantes, uma vez que possuem um pequeno raio iônico hidratado; o que diminui a espessura da dupla camada difusa, promovendo maior atração entre as partículas do solo.

CONCLUSÃO

Considerando-se o curto espaço de tempo do sistema consórcio recém-implantado no milho safra (seis meses), concluiu-se que os maiores teores de COT são atingido no milho solteiro, e que o diâmetro médio ponderado e geométrico, não são alterados pelos diferentes consórcios. Já o IEA, apresenta melhores resultados no consórcio MIX e MS, respectivamente, nas camadas de 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m.

REFERÊNCIAS

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1399-1407, Aug. 2008.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 527-538, Sept. 1998.

Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2009. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, 2009.

FERREIRA, D.F., 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciênc. agrotec.** 35:6, 1039-1042.

NASCENTE, A. St.; LI, Y.; CRUSCIOL, C. A. C. Soil Aggregation, Organic Carbon Concentration, and Soil Bulk Density As Affected by Cover Crop Species in a No-Tillage System. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 871-879, June 2015.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e



características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Rev. Bras. Cienc Solo.**, v.22, p.311-317, 1998.

SIX J.; B. H.; DE GRYZE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil Till Res.** 2004; 79:7-31.

SOUZA, C. M.; PIRES, F. R.; PARTELLI, F. L.; ASSIS, R. L. **Adução Verde e Rotação de Culturas**. 1^o. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 108p.

Stewart, C.E., Paustian, K., Conant, R.T., Plante, A.F., Six, J., 2007. Soil carbon saturation: concept, evidence and evaluation. **Biogeochemistry**, 86, 19-31

TAVARES FILHO, JOÃO. **Física e Conservação do Solo e Água**. 1. ed. Londrina: EDUEL-Editora da Universidade de Londrina, 2014. v. 1. 255p.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; Assis, R.L.; Souza, Z. M. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta. **Rev. Bras. Cienc. Solo.** 2015; 39:428-437.

Figura 1. Resultados para os atributos avaliados, nas camadas de 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m, sendo: Carbono Orgânico Total (COT, A); Índice de Estabilidade de Agregados (IEA, B); Diâmetro Médio Ponderado (DMP, C); e, Diâmetro Médio Geométrico (DMG, D). As barras referem-se a diferença média significativa pelo teste de Tukey a 5%.

