

## Atributos do Solo sob Milho-Safra Consorciado Recém-Implantado: Qualidade Física do Solo

Duan Catharino de Carvalho<sup>(1\*) (2)</sup>; Lucas Augusto de Assis Moraes<sup>(3)</sup>; Alex Figueiredo<sup>(3)</sup>; Gabriel Pastore de Macedo<sup>(2)</sup>; Juliana Gimenes de Moraes<sup>(2)</sup>; João Tavares Filho<sup>(4)</sup>; Maria de Fátima Guimarães<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade Estadual de Londrina; Londrina-PR, Brasil, 86057-970 (\*apresentador, [duan.carvalho@hotmail.com](mailto:duan.carvalho@hotmail.com));  
<sup>(2)</sup>: <sup>(3)</sup>: <sup>(4)</sup> Universidade Estadual de Londrina (UEL); Londrina – PR, Brasil, 86057-970; <sup>(2)</sup> Graduação; <sup>(3)</sup> Pós-graduação; <sup>(4)</sup> Professor Dr.

**RESUMO:** A melhoria da qualidade solo concerne da redução da densidade do solo, aumento do espaço poroso e também da menor resistência a penetração das raízes. Assim, opções de manejo com adubos verdes podem ser uma alternativa para tais questões. O objetivo deste trabalho foi analisar o consórcio do milho safra com uso de adubos verdes, associados a doses crescentes de nitrogênio na qualidade física do solo. Sendo assim, foi realizado um experimento em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial (4 x 3); sendo quatro formas de consórcios (três com adubos verdes: braquiária; *crotalaria spectabilis*; e, braquiária + *crotalaria*; e, milho solteiro), associados a três doses de nitrogênio: 0, 120 e 240 kg ha<sup>-1</sup>. Coletaram-se amostras nas camadas de 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m de solo, para determinação da densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade do mesmo. Além disso, a resistência a penetração foi determinada com uso de um penetrômetro de impacto até 0,40 m. Os resultados permitiram concluir que, considerando o curto espaço de tempo do experimento (seis meses), não se manifestaram efeitos dos diferentes consórcios nas variáveis estudadas.

**Termos de indexação:** compactação; adubo verde; cultura de cobertura.

### INTRODUÇÃO

Uma vez que os sistemas agrícolas podem provocar a melhoria ou acelerar a degradação do solo, práticas de manejo que tenham por objetivo elevar a qualidade do solo são pilares para o alcance de uma agricultura sustentável de alta rentabilidade econômica. Neste contexto, a implementação do manejo de consórcios na cultura do milho, concerne de uma prática que tende a elevar a qualidade do solo em razão de promover o aumento da matéria orgânica e atividade biológica (PITOL et al., 2006).

A associação simultânea do milho com diferentes adubos verdes (isto é, a prática de consorciação), a citar o uso de braquiárias, crotalárias e leguminosas (SOUZA et al., 2012), promove o aumento do volume da biomassa da parte aérea e do sistema radicular; resíduos vegetais estes, que agem simultaneamente nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo

(STONE; SILVEIRA, 2010). Isso porque, a decomposição de tais resíduos promove desde o aumento de minerais disponíveis as culturas, até mesmo a elevação do volume poroso pela criação de bioporos, como o aumento da estabilidade agregados pela ação de polímeros orgânicos excretados tanto pelas raízes como pela atividade microbiana (BALOTA, 2017).

Assim sendo, observa-se que a diversificação de espécies vegetais presentes na prática da consorciação na cultura do milho apresenta-se como uma alternativa na rápida melhoria da qualidade do solo. Dessa maneira, o que abre a necessidade de pesquisas que relacionem diferentes consórcios na cultura do milho, a melhoria da qualidade do solo.

A respeito da avaliação da qualidade do solo por diferentes práticas de manejo, Torres et al. (2015), discorrem que tal análise não pode ser medida diretamente, mas sim, estimada a partir de algumas propriedades, as quais são sensíveis as variações de manejo e correlacionadas as funções do solo; como fluxo de ar e água (DORAN; ZEISS, 2000). Neste sentido a porosidade e a densidade estão entre os atributos do solo mais importantes para estimar a sua qualidade, devido estarem diretamente relacionados com a aeração, infiltração de água no solo e menor resistência à penetração de raízes. Logo, propriedades que denotam relação direta com a produtividade das culturas e suscetibilidade do solo a erosão.

Em trabalho desenvolvido sob Latossolo Vermelho Distrófico, em sistema de semeadura direta (SSD), Andrade et al. (2009) tendo como objetivo determinar o efeito de culturas de cobertura (braquiárias, feijão-guandu e crotalárias) na qualidade física do solo, observaram que as culturas de cobertura, em especial as gramíneas, favoreceram a agregação do solo na camada superficial. Além disso, os autores mencionam que, mesmo sob o manejo do SSD, somado ao uso de adubos verdes, o cultivo agrícola eleva a densidade do solo, por conseguinte, reduzindo a porosidade total, com reflexos a diminuição da macroporosidade, quando comparado ao solo de mata nativa.

Face ao exposto, a hipótese deste trabalho respalda-se que a maior diversificação de espécies no consórcio do milho safra, eleva a qualidade do solo, denotando redução da resistência a penetração e



densidade do solo e aumento do espaço poroso (macroporos e microporos), já no período de uma safra. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar quais os efeitos a qualidade física do solo, de diferentes consórcios no milho safra associado a doses crescentes de nitrogênio, em sistema 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 (Embrapa, 2013). 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 (dias de 4 a 11/10/17), área foi submetida ao preparo convencional, com aplicação superficial de calcário dolomítico ( $2 \text{ ton ha}^{-1}$ ) e posterior operações, nesta ordem, escarificação (a 0,30 m de profundidade) e grade aradora + grade niveladora (0,20 m de profundidade). Após estas operações, iniciou-se a implantação do experimento.

### Delineamento Experimental

O experimento foi realizado em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial  $4 \times 3$ , sendo os fatores constituídos por quatro tipos de consórcios: MS, Milho Solteiro; MC, Milho + *Crotalaria spectabilis*; MB, Milho + Braquiária (*Urochloa ruziziensis*); e, MIX, Milho + Braquiária + *Crotalaria spectabilis*; e três doses de nitrogênio ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ): 0, 120 e 240  $\text{kg ha}^{-1}$ . A semeadura do experimento ocorreu no dia 14 de novembro de 2017, sem revolvimento do solo, dez dias após a dessecação das plantas daninhas.

Foi utilizado o espaçamento de 0,9 m para cultura do milho, distribuída 7 sementes  $\text{m}^{-1}$ , com uma população estimada em 70.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . A braquiária foi semeada na entrelinha do milho (a 0,45 m), a taxa de 5  $\text{kg ha}^{-1}$ . Para *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  $\text{kg ha}^{-1}$  do formulado 10-15-15. Já a adubação de cobertura, foi realizada 40 dias após a semeadura, em V4, sob utilização das três doses de nitrogênio citadas. Entre os dias 13 e 14 de abril de 2018, foi realizada a colheita.

### Coletas de Solo e Análises de Estrutura

Foram coletadas amostras nas camadas de 0,0 –

0,10 m e 0,10 – 0,20 m de solo; com uso de anel volumétrico, com diâmetro e altura de 5 cm. A umidade volumétrica, densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo foram determinadas conforme metodologia da Embrapa (1997). A resistência do solo à penetração, foi determinada com penetrômetro de impacto (STOLF et al., 1983).

### Análise Estatística

Inicialmente os dados de umidade volumétrica, densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, 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 dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade). Para tais, utilizou-se o software Sisvar 5.6 (Ferreira, 2011). Já os dados de resistência a penetração foram comparados utilizando o erro padrão da média.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme resultados da análise de variância (Tabela 1), observa-se que não houve efeito significativo das fontes de variação (consórcios, doses e interação entre fatores) sobre nenhuma das variáveis analisadas. Da mesma maneira, verifica-se igualdade estatística nos resultados de resistência a penetração (RP) em função dos diferentes consórcios testados (Figura 1, F).

A respeito da ausência de efeitos significativos para as propriedades físicas avaliadas (Figura 1, de A a F) é necessário considerar efeitos promovidos no solo pelas operações de preparo (escarificação + grade aradora + grade niveladora) 30 dias antes da semeadura do experimento. Assim, estas operações acarretam abertura de fissuras e o fracionamento dos agregados do solo, por conseguinte, elevando a porosidade e reduzindo a compactação (SEVERIANO et al., 2010). Desse modo, estas mudanças na estrutura do solo em razão do preparo de solo, homogêneo a todos os consórcios testados, talvez tenha atenuado os efeitos dos diferentes consórcios nas variáveis analisadas.

Resultado importante que releva a atenuação dos efeitos dos consórcios nas propriedades físicas avaliadas, tange a igualdade estatísticas de valores de RP na camada 0,00 – 0,20 m (Figura 1, F). Observa-se que os valores de RP na referida camada são  $< 4$  Mpa, o que segundo Tavares Filho et al. (2001) é adequado para cultura do milho. Logo, se por um lado a baixa RP indica uma pouca resistência a penetração das raízes, por outro, pode evidenciar a presença de agregados de baixa coesão, de pouca resistência a forças externas de deformação do solo; sendo este,



possivelmente, reflexo dos efeitos do fracionamento do solo pelas operações agrícolas.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância (valores de p-valor) para as propriedades físicas avaliadas, nas camadas de 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m, sendo: Umidade Volumétrica (Umid); Densidade do Solo (Ds); Porosidade Total (Pt); Macroporosidade (Macro) e Microporosidade (Micro).

FV	Umid.	Ds	Pt	Macro	Micro
<b>0 a 10</b>					
Blocos	0,7003	0,9856	0,7210	0,2380	0,5378
Consórc.	0,6613	0,3245	0,9427	0,3883	0,6105
Doses N	0,8914	0,1330	0,9674	0,5393	0,8337
INT.	0,9023	0,8287	0,7574	0,4536	0,5477
CV(%)	25,16	9,99	11,69	36,70	23,30
<b>10 a 20</b>					
Blocos	0,2390	0,5625	0,7296	0,4090	0,4610
Consórc.	0,2628	0,1619	0,5510	0,4760	0,3494
Doses N	0,5138	0,8664	0,6960	0,4937	0,6866
INT.	0,5374	0,5447	0,6640	0,6147	0,3202
CV(%)	26,08	10,86	18,41	41,14	18,27

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

Outro aspecto relevante, concerne ao tempo de coleta de amostras: sete meses após as operações de preparo e semeadura do experimento. Isso porque, talvez, este período tenha sido insuficiente para recuperação da estrutura do solo pós preparo, em função dos consórcios testados. Tal hipótese é reforçada pelos resultados obtidos por Gonçalves e Moraes (2012). Estes autores em trabalho conduzido em Latossolo argiloso e com uso de adubos verdes, semelhantes a presente pesquisa, encontraram resultados significativos as propriedades físicas do solo, somente em condições experimentais com mais de 10 anos de implantação de diferentes práticas de manejo, como preparo de solo e culturas de cobertura.

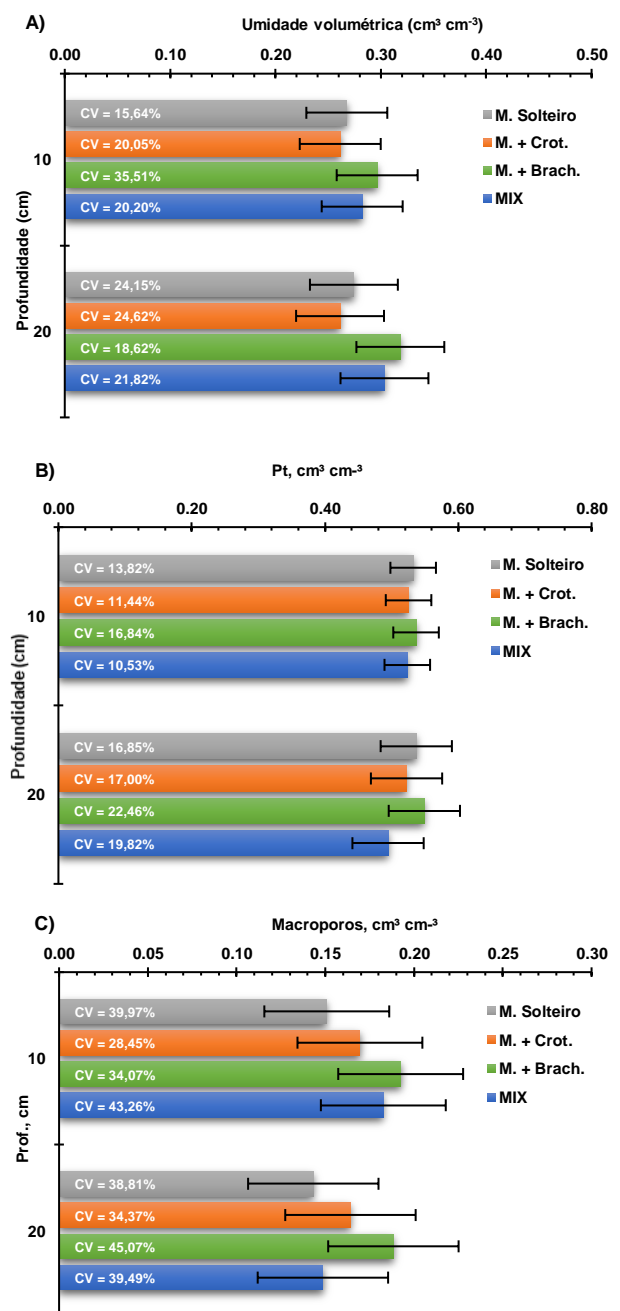
Para Sá (2011) respostas significativas as propriedades do solo, em sistemas de manejos que induzem a diversificação de espécie de adubos verdes, como o milho consorciado, tendem a ocorrer, após, no mínimo, seis anos. Lal (1993), menciona que a recuperação da estrutura do solo, depende em maior grau, além do tempo, sobretudo da capacidade de resiliência da classe de solo, o que está mais relacionada a fatores pedogenéticos do que ao próprio manejo exercido. Sendo assim, o que reforça a importância do tempo nos efeitos as propriedades físicas do solo.

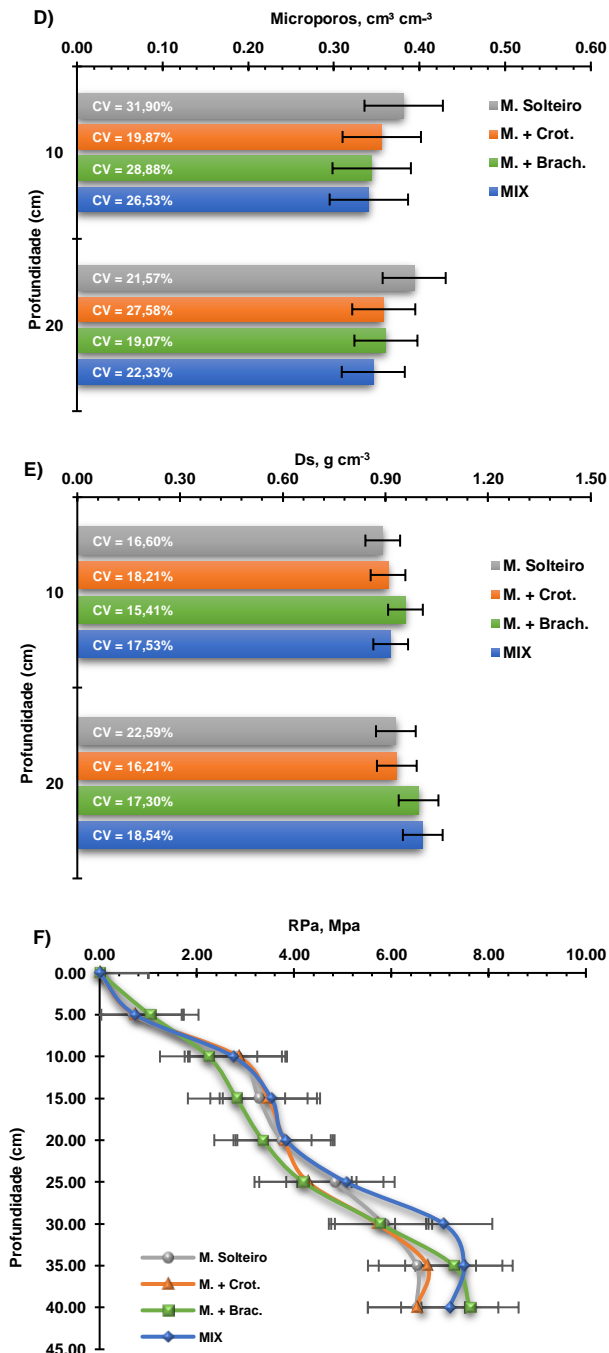
Em suma, os resultados não corroboraram com a hipótese deste trabalho, demonstrando que a maior diversificação de espécies e o período de uma safra são insuficientes para melhoria da qualidade física do solo. Assim, o que expõe a necessidade de avaliação em um maior espaço de tempo.

## CONCLUSÃO

Não há incrementos a qualidade física do solo no período de uma safra, sob quaisquer tipos de consórcio testados na cultura do milho.

**Figura 1.** Resultados das propriedades físicas avaliadas: A) Umidade volumétrica; B) Porosidade Total; C) Macroporos; D) Microporos; E) Densidade do Solo; e, F) Resistência a Penetração. Barras nas figuras de A a E, referem-se a diferença média significativa, enquanto na figura F, refere-se ao erro padrão da média; para este, a interposição de barras discorre de ausência de diferença significativa.





## REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Rev. bras. eng. agric. ambient.**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 411-418, Aug. 2009.

BALOTA, L. E. **Manejo e qualidade biológica do solo.** 1ed. Londrina: Mecenias, 2017. 288p.

DORAN, J.W.; ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. **Appl. Soil Ecol.**, 15:3-11, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos.** – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p.

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

GONÇALVES, F. C.; MORAES, M. H. Porosidade e infiltração de água do solo sob diferentes sistemas de manejo. **IRRIGA**, v. 17, p. 337, 2012

LAL R. Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and sustainability. **Soil and Tillage Research**, Volume 27, Issues 1–4, October 1993, Pages 1-8

PITOL, C.; BROCH, L.D.; CARVALHO, A. M.; SPERA, T.S. (2006). **Uso de adubos verdes nos sistemas de produção no Bioma Cerrado.** In: Carvalho AM & Ambile RF (Eds.) Cerrado: adubação verde. Planaltina, Embrapa Cerrados. p.301-330.

SÁ, J. C. M. Dinâmica da matéria orgânica do solo no sistema plantio direto. In: DA FONSECA, A.F.; CAIRES, E.F.; BARTH, G. (Org.). **Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto.** 1ed. Ponta Grossa: UEPG, 2011, 2011, v. 1, p. 69-80.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; CASTRO, M. B.; OLIVEIRA, L. F. C.; COSTA, K. A. P. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: II -quantificação das restrições às funções edáficas do solo em decorrência da compactação prejudicial. **Engenharia Agrícola**, 30(3), 414-423, 2010.

SILVEIRA, P. M. (Org.); STONE, L. F. (Org.). **Plantas de cobertura dos solos do Cerrado.** Santo Antônio, de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. v. 1. 218p

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

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR/STOLF;. **STAB - Açúç.Alcool Subprod.**, 3:18-23, 1983.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (Zea mays) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** Viçosa, v. 25, n.3, p. 725-730, 2001.

TORRES JLR, Pereira MG, Assis RL, Souza ZM. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho cultivado com plantas de cobertura, em semeadura direta. **Rev. Bras. Cienc Solo.** 2015; 39:428-43.