

Sistemas de preparo do solo e seus efeitos no desenvolvimento da cultura da soja

Soil tillage systems and their effects on soybean crop development

Yara Karine de Lima Silva^{1*}, Maria Elisa Paraguassu¹, Thaisa Fernanda Oliveira¹, Mariana Cecília Melo¹, Alberto Carvalho Filho¹ e Pedro Ivo God Good¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Ciências Agrárias. Viçosa, MG, Brasil.

RESUMO

Sistemas de preparo do solo podem influenciar o desenvolvimento das culturas. Com o objetivo de avaliar os efeitos de equipamentos de preparo na física do solo e desenvolvimento da soja, foram avaliados cinco sistemas de preparo do solo (arado de aivecas, arado de discos, grade aradora intermediária, escarificador e enxada rotativa) e seu efeito nos agregados de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os sistemas de preparo do solo influenciaram na altura média das plantas na cultura da soja. O preparo do solo com os arados de discos e aivecas ocasionam maior tamanho de plantas em comparação ao escarificador. Os sistemas de preparo periódico do solo não influenciam no desenvolvimento e a produtividade da cultura da soja.

Palavras-chave: atributos agrônômicos, preparo convencional, preparo periódico primário do solo.

ABSTRACT

Soil tillage systems can influence crop development. In order to evaluate the effects of tillage equipment on soil physics and soybean development, five soil tillage systems were evaluated (mouldboard plow, disc plow, intermediate harrow, scarifier and rotary hoe) and their effect on aggregates of a dystrophic Red Yellow Latosol. A completely randomized design with four replications was used. The tillage systems influenced the average height of the plants in the soybean crop. Soil preparation with disc plows and moldboards cause larger plant sizes compared to the scarifier. Periodic soil tillage systems do not influence the development and productivity of the soybean crop.

Keywords: agronomic attributes, conventional tillage, primary periodic soil preparation.

*Autor para correspondência:

josycantuarria@yahoo.com.br

Conflitos de Interesse:

Os autores declaram não ter conflito de interesse

Licença:

Artigo publicado em acesso aberto sob uma licença Creative Commons CC-BY

Contribuição do autor:

Todos os autores fizeram contribuições substanciais para a concepção e desenho deste estudo, para a análise e interpretação dos dados, revisão do manuscrito e aprovação da versão final. Todos os autores assumem responsabilidade pelo conteúdo do manuscrito.

Histórico:

Recebido: 24/03/2020;
Aceito: 10/12/2021

Período de publicação:

Julho-dezembro de 2021

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é a principal *commoditie* agrícola do Brasil, destacando-se como a oleaginosa mais cultivada mundialmente (Rocha et al., 2018). As áreas de cultivo de soja são caracterizadas pelo uso intenso de insumos e mecanização (Fachin et al., 2014). Entretanto, a utilização intensiva de máquinas e implementos para a realização das atividades agrícolas na cultura da soja tem modificado os

atributos físicos dos solos (Nagahama, Granja, Cortez, Ramos e Arcoverde, 2016).

O preparo mecanizado do solo tem como função diminuir o nível de agregação, melhorar a infiltração de água e a aeração, criar condições favoráveis à germinação e o desenvolvimento de plantas (Júnior, Nagahama, Zevski, Cortez e Souza, 2016). Entretanto há alterações negativas provocadas pelo preparo convencional são a redução da estabilidade

dos agregados, a desagregação entre partículas, a compactação, o aumento da velocidade de degradação de matéria orgânica e a diminuição do acúmulo de carbono (Sales, Portugal, Moreira, Kondo e Pegoraro, 2016). Dessa forma, avaliar as relações máquina-solo-planta são importantes para a manutenção da qualidade dos solos, evitando quedas na produtividade (Lima, León e Silva, 2013).

Dentre as características físicas do solo, os agregados são os principais componentes estruturais (Pragana, Ribeiro, Nóbrega, Ribeiro Filho e Costa, 2012; Safadoust et al., 2014). A presença de agregados que resistem à ação da água é importante para o desempenho do solo sob uso agrícola (Safadoust et al., 2014). Os solos com agregados maiores conferem maior estruturação, porosidade, condutividade hidráulica e resistência à compressão com inegáveis vantagens para a sustentabilidade dos sistemas de produção (Llanillo et al., 2006). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de equipamentos de preparo do solo na agregação de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico e no desenvolvimento da cultura da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

O trabalho foi realizado na área experimental da Universidade Federal de Viçosa, *Campus* Rio Paranaíba, nas coordenadas 19° 12' 43" S e 46° 07' 56" W. O clima da região é classificado como Cwa segundo Köppen. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico típico com horizonte A moderado, textura muito argilosa, fase cerrado, relevo plano (Embrapa, 2013), com 31,0 g dm⁻³ de matéria orgânica, 440 g kg⁻¹ de argila e densidade média na camada arável igual a 0,99 kg dm⁻³.

O experimento foi instalado em novembro de 2014. A área foi previamente cultivada com aveia (*Avena sativa*) em sucessão a pastagem de braquiária degradada, implantada há mais de 6 anos, sem renovação e em pousio.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais com dimensão de 100 m² (10 x 10 m). Os tratamentos utilizados no preparo primário do solo foram: T1 – arado de aivecas reversível, equipado com três aivecas recortadas, com largura de corte de 1350 mm, com massa de 570 kg, trabalhando a 300 mm de profundidade; T2 – arado de discos, equipado com três discos côncavos lisos (Ø 28" x 6,0 mm), com ângulo vertical de 20°, com ângulo horizontal de 50°, com largura de corte de 900 mm, com massa de 402 kg, trabalhando a 200 mm de profundidade; T3 – grade aradora intermediária, tipo off set, equipado com 14 discos côncavos recortados (Ø 30" x 6,0 mm), com largura de corte de 1920 mm, com massa de 1690 kg, trabalhando a 150 mm de profundidade; T4 – escarificador, com discos de corte e rolo destorroador nivelador, equipado com cinco hastes parabólicas e ponteiros sem asa, com largura de trabalho de 2000 mm, com massa de 645 kg, trabalhando até 200 mm de profundidade; T5 – enxada rotativa, equipado com oito flanges e quarenta e oito lâminas velozes, com massa de 443

kg, com largura de corte de 2000 mm, regulada com a tampa abaixada, trabalhando até 100 mm de profundidade.

Todos implementos foram utilizados com uma de velocidade de trabalho de 5,0 km h⁻¹. Em todas as operações mecanizadas utilizou-se o trator New Holland TL85E, 4x2 TDA, com potência de 88 cv e transmissão 12x12 Power Shuttle.

O preparo secundário adotou-se duas gradagens utilizando a grade aradora intermediária (a mesma utilizada no T3) para destorroamento e nivelamento após o preparo primário apenas para T1 e T2 e T3. Nos tratamentos T4 e T5 não foi utilizado o preparo secundário.

A umidade do solo pelo método da estufa de secagem (Embrapa, 1997) no momento dos preparos primário e secundário foi, respectivamente, de 21 e 27%. Os resultados da fertilidade do solo foram: pH (H₂O) = 6,0, pH (CaCl₂) = 5,4; M.O. = 31,0 g dm⁻³; P (Mehlich) = 14,4 mg dm⁻³; P (Resina) = 15,0 mg dm⁻³; K⁺ = 0,10 cmol dm⁻³; Ca⁺⁺ = 3,1 cmol dm⁻³; Mg⁺⁺ = 1,00 cmol dm⁻³; V = 57,5%, bem como 48, 512 e 440 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente na camada de 0 a 20 cm.

Atributos físicos do solo na camada de 0 a 20 cm

Nas camadas mobilizadas, após os preparos primários e após o secundário do solo, foram avaliados a porcentagem de agregados retidos por classe de tamanho (Pa), o módulo de finura (MF), o diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados.

Foram retiradas em cada parcela três amostras simples com auxílio de uma armação retangular de ferro para serem analisadas e compor a média de cada unidade experimental.

As amostras foram cuidadosamente colocadas e transportadas em sacos de papel para serem secadas ao ar até a estabilização da umidade. Foram usadas sub amostras de 100 cm³ de cada amostra simples para serem peneiradas imersas em água em um agitador para separação dos agregados, da marca MARCONI®, modelo MA148/3, com peneiras de 60 aberturas de 4,75; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,106 mm, por um período de 10 minutos e reostato na posição 8, com rotação de 30 ciclos por minuto (Embrapa, 1997). O sistema de agitação é pendular com três suportes para o jogo de peneiras, do tipo perpendicular e amplitude de oscilação de aproximadamente 4 cm.

As frações obtidas em cada malha foram secadas em estufa a 105°C até obtenção da massa constante e pesadas em balança de precisão de 0,01 g. Uma amostra dos agregados secos ao ar foi usada para determinar a umidade residual do solo e corrigir a massa total seca para massa total úmida dos agregados.

Os valores da porcentagem de agregados retidos por classe de tamanho (Pa) foi obtida por meio da Equação 1:

$$Pa = \frac{Mt}{\sum Mt} \times 100 \quad (1)$$

em que:

Pa - percentagem de agregados retidos por classe de tamanho (%);

Mt - massa retida por classe de tamanho (g).

O módulo de finura (MF) foi obtido pela Equação 2:

$$MF = \frac{\sum \text{percentagens}}{100} \quad (2)$$

em que:

MF - Módulo de finura.

Os valores de diâmetro médio ponderado (DMP) foram determinados de acordo com Vieira (1992), Equação 3.

$$DMP = \frac{\sum (Mt \cdot Xt)}{\sum Mt} \quad (3)$$

em que:

DMP - diâmetro médio ponderado (mm) Mi - massa do solo retirada com cada peneira (g);

Xt - diâmetro da abertura da peneira correspondente a cada Mt (mm).

Os valores do diâmetro médio geométrico (DMG) foram determinados de acordo com Gupta & Larson (1982), Equação 4:

$$DMG = \left[\frac{\sum (Mt \cdot \log di)}{\sum Mt} \right] \quad (4)$$

em que:

DMG - diâmetro médio geométrico (mm);

Mt - massa do solo retirada em cada peneira (g);

di - tamanho médio da classe (mm).

Avaliação e desenvolvimento da soja

A avaliação da soja foi realizada na safra de 2014/2015, com plantio no início de dezembro. Foram utilizadas sementes da variedade TMG 1264 RR, tratadas e inoculadas pela empresa fornecedora. A adubação foi promovida de acordo com resultados da análise do solo Embrapa (2010).

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi determinado por meio da contagem diária de todas as plântulas emergidas em três linhas de plantio, com 0,2 m de comprimento, dentro de cada parcela. Foi considerada como plântula emergida aquela que germinou e emergiu sobre o solo, podendo ser vista de algum ângulo qualquer. A contagem foi realizada até o número total de plântulas se tornar constante em cada parcela por três dias consecutivos, de

acordo com a equação proposta por Edmond & Drapala (1958), Equação 5:

$$IVE = \frac{(N1 \cdot G1) + (N2 \cdot G2) + \dots + (Nn \cdot Gn)}{G1 + G2 + \dots + Gn} \quad (5)$$

em que:

IVE - índice de velocidade de emergência (dias);

N1 - número de dias decorridos entre a semeadura e a primeira contagem de plântulas;

G1 - número de plântulas emergidas na primeira contagem;

N2 - número de dias decorridos entre a semeadura e a segunda contagem de plântulas;

G2 - número de plântulas emergidas na segunda contagem;

Nn - número de dias decorridos entre a semeadura e a última contagem de plântulas;

Gn - número de plântulas emergidas na última contagem.

A população inicial foi obtida através da conversão do valor da última contagem de plântulas em cada parcela para número de plantas por hectare, enquanto que a determinação da população final foi obtida imediatamente antes da colheita. O índice de sobrevivência (IS) foi determinado pela razão entre a população final e a população inicial Equação 6:

$$IS = \frac{PF}{PI} \times 100 \quad (6)$$

Em que:

IS - índice de sobrevivência (%);

PF - população final (plantas ha⁻¹);

PI - população inicial (plantas ha⁻¹).

Para a determinação da altura média das plantas, foi medida a distância entre a superfície do solo e a inflexão da última folha superior de 25 plantas na linha mais central da parcela após a cultura entrar na fase de florescimento. A altura média de inserção da primeira vagem foi obtida tomando-se a distância entre a superfície do solo e a primeira vagem das 25 primeiras plantas na linha mais central de cada parcela e foi realizada na época da colheita. O número médio de vagens também foi obtido através da avaliação destas plantas em cada parcela.

A avaliação da produtividade foi efetuada realizando-se a colheita manual de três linhas de plantas com 2,0 m de comprimento em cada parcela. Após a colheita, os grãos foram pesados e deles retirada

uma amostra para avaliação da umidade. Foi feita a correção da produtividade para 14% de umidade.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância. Quando significativos, foram comparados por meio do teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SPEED Stat (Carvalho & Mendes, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância constou-se que os dados atendem os pressupostos de normalidade e homocedasticidade.

Não houve diferença significativa na percentagem média de agregados do solo entre os equipamentos utilizados no primeiro e no segundo preparo (Tabela 1).

Não houve diferença significativa entre as médias de agregados entre os equipamentos de preparo após o primeiro e após o segundo preparo devido o tempo de preparo do solo (Tabela 1). Como as avaliações foram feitas no primeiro ano de preparo ainda não foi possível se identificar diferenças na estrutura do solo. Diferentes usos e manejos do solo podem causar alterações nos atributos físicos (Torres et al., 2015a) e cada sistema de preparo de solo apresenta diferença quanto à época de preparo implicando efeitos na estrutura do solo (Silva, Sousa, Scivittaro, Buss e Silva, 2014). A intensidade de preparo causa quebra de agregados do solo que protegem a MOS contra

a ação microbiana, tornando-a mais susceptível a mineralização (Schwartz, Baumhardt & Evett, 2010). Assis e Lanças (2010), observaram em seu trabalho que a percentagem de agregados maiores que 2,00 mm na profundidade de 0-5 cm aumentou ao longo do tempo no sistema de plantio direto pois nesse preparo há a ausência de mecanização frequente e a proteção da palhada sobre o solo (Silva et al., 2018).

Bortolini, Albuquerque, Mafra, Filho & Pértile (2016), observou em seu trabalho com diferentes níveis de intensidade que para as classes de tamanho de 1,0 e 0,25 mm na camada de solo de 0,1 e 0,2 m houve maior percentagem de agregados no tratamento sem pastejo do que nos demais com pastejo. Os agregados maiores atendem a um dos requisitos do manejo conservacionista do solo (Bortolini et al., 2016). Soares et al. (2018b), verificaram em seu experimento que a percentagem de agregados na classe > 2,00 mm apresentou valores superiores a 80%, indicando assim maior resistência à desagregação.

A cobertura do solo é outro fator que surte efeito em todas as propriedades do solo, sejam físicas, na estrutura do solo, estabilidade de agregados, compactação e densidade, como nas propriedades químicas e/ou biológicas (Oliveira, 2014). Como a área se encontrava anteriormente com pastagem os resultados podem não terem surtido efeito dos preparos devido a agregação do solo pelo sistema radicular desta gramínea que por apresentarem maior densidade e distribuição de raízes favorece a formação da estrutura do solo e estabilidade (Cunha et al., 2011).

Tabela 1. Percentagem média de agregados (%) retidos por classes de tamanho, após os preparos primário e secundário, em função dos equipamentos usados em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico

Classes (mm)	Após o preparo primário do solo (CV= 17,06%)				
	Arado de Discos	Arado de Aiveca	Grade Aradora	Escarificador	Enxada Rotativa
>4,75	14,75	19,31	18,47	17,92	10,38
2,00 a 4,75	21,94	22,20	26,94	27,60	22,22
1,00 a 2,00	13,20	14,76	12,35	11,56	14,13
0,50 a 1,00	40,19	29,54	35,21	35,96	43,83
0,25 a 0,50	9,92	14,20	7,02	6,96	9,43
Médias de agregados	20,96 a	20,78 a	20,02 a	17,42 a	23,02 a
Classes (mm)	Após o preparo secundário do solo (CV= 14,45%)				
	Arado de Discos	Arado de Aiveca	Grade Aradora	Escarificador	Enxada Rotativa
>4,75	15,29	22,08	16,62	-	-
2,00 a 4,75	26,11	29,75	30,00	-	-
1,00 a 2,00	13,39	11,31	11,39	-	-
0,50 a 1,00	39,64	33,07	38,80	-	-
0,25 a 0,50	5,57	3,78	3,19	-	-
Médias de agregados	20 a	20 a	20 a	-	-

Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 2. Desenvolvimento da soja em função do sistema de preparo periódico do solo

Variáveis	Sistemas de Preparo do Solo					C.V. (%)
	Arado de Discos	Arado de Aivecas	Grade Aradora	Escarificador	Enxada Rotativa	
Altura média das plantas (cm)	80,4 a	80,2 a	78,7 ab	75,5 b	76,5 ab	2,5

Médias seguidas por mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Além disso, em áreas intensamente mecanizadas há maior concentração de agregados nas classes de diâmetro inferiores a 1,0 mm pois estes são mais instáveis que há umedecimento e são destruídos pelas práticas agrícolas convencionais (Soares et al., 2018a).

Os tratamentos também não causaram diferença significativa no DMP, DMG e MF após os preparos primário e secundário do solo. Os coeficientes de variação do DMG e MF após o preparo primário foram 0,7 e 7,3, e após o secundário foi de 1,1 e 6,6% respectivamente. Os baixos valores de DMG e MF encontrados em todos os sistemas de preparo é um fator positivo no desenvolvimento das culturas, pois melhoram o contato solo-semente sendo desejáveis para várias culturas (Braunack & Dexter, 1989). O efeito cumulativo do tráfego mecanizado ao longo do tempo e associado ao não revolvimento do solo, pode causar restrição ao crescimento das culturas (Torres et al., 2015b).

Quanto menores os valores de DMP, DMG e MF, maior será a predisposição do solo à erosão pluvial ou antrópica (Soares et al., 2018a). Os valores de DMG elevados indicam que os agregados são estáveis, entretanto, isso pode ocorrer em consequência da compactação, resultando em agregados de qualidade inferior (Luciano, Bertol, Barbosa, Kurtz & Fayad, 2010; Soares et al., 2018b).

A ausência de significância na diferença do DMP, DMG e MF em função dos equipamentos usados no preparo periódico do solo pode estar relacionada novamente com o período de tempo relativamente curto de condução do experimento. Para que haja diferença em maior magnitude sugere-se a condução do experimento ao longo de anos consecutivos.

Os sistemas de preparo periódico do solo não influenciaram no número médio de dias para emergência de plântulas, população inicial, população final, índice de sobrevivência, altura de inserção da primeira vagem, número médio de vagens por planta e produtividade da soja. Somente houve diferenças significativas na altura média das plantas entre os sistemas de preparo do solo avaliados (Tabela 2).

Carvalho Filho, Carvalho, Centurion, Rouverson & Furlani (2006), utilizando os mesmos tipos de equipamentos de preparo do solo, em Latossolo Vermelho distrófico com textura média, também não encontraram diferenças significativas no número médio de dias para emergência das plântulas, população final, altura de inserção da primeira vagem

e produtividade da soja. Porém, esses autores, encontraram diferenças ao avaliarem a população inicial e índice de sobrevivência da soja.

A altura média das plantas foi maior nos tratamentos com arado de discos e arado de aiveca, comparados com o escarificador (Tabela 2). Provavelmente, essa diferença foi ocasionada pelo maior grau de mobilização do solo proporcionada pelo arado de discos e aivecas, possibilitando que as raízes das plantas explorassem a área mobilizada com maior facilidade. Carvalho Filho et al. (2006) concluíram que o arado de aivecas é o equipamento que proporciona o melhor crescimento na cultura da soja e do milho, respectivamente. Também não observaram diferença na altura média das plantas ocasionada pelo arado de aivecas e o escarificador, observando menor altura média das plantas na enxada rotativa.

A inserção da primeira vagem é uma característica importante e varia entre os genótipos de soja e sua plasticidade diante às alterações ambientais (Franchini, Balbinot Junior, Debiasi e Procópio, 2014). Tal característica é essencial para determinar a regulação da altura da barra de corte da colhedora, visando obter a máxima eficiência durante esse processo (Assis, 2019) e menores perdas na colheita (Júnior et al., 2010).

Pode-se verificar que o número médio de vagens por plantas não foi afetado pelos equipamentos usados no preparo do solo, cuja média foi de 42,8 vagens por planta, que esta de acordo com o número médio de vagens por planta encontrado por Assis (2019).

A produtividade média de grãos foi de 3.224 kg ha⁻¹ e não variou em função dos equipamentos usados no preparo do solo, conforme também verificado por Gavotti, Centurion e Centurion (2003) e Carvalho Filho et al. (2006). A produtividade da cultura pode ter sido prejudicada devido ao atraso na época de semeadura recomendada pela empresa fornecedora da cultivar. Brown, Barbosa, Bertol, Mafra & Muzeka (2018), em seu trabalho verificou que as culturas soja e o milho em sistema de plantio direto apresentaram maior rendimento e massa de grãos que no preparo convencional do solo em um ano agrícola do total de dois avaliados.

CONCLUSÕES

No primeiro ano de preparo de solo com diferentes equipamentos não há diferença entre as classes de tamanhos de agregados.

Os baixos valores de diâmetro médio geométrico, do diâmetro médio ponderado e do módulo de finura encontrados em todos os sistemas de preparo no primeiro ano de preparo são favoráveis para o desenvolvimento das culturas.

Os sistemas de preparo periódico do solo não influenciam o número médio de dias para emergência de plântulas, a população inicial, a população final, o índice de sobrevivência, a altura de inserção da primeira vagem, o número médio de vagens por planta e a produtividade da cultura da soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assis, L. F. A. (2019). *Produtividade da soja sob a biomassa de forrageiras em sistema de integração lavoura pecuária e do milho*. Rio Verde: Instituto Federal Goiano, 37 p.
- Assis, R. L. De & Lanças, K. P. (2010) *Agregação de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto, preparo convencional e mata nativa*. Engenharia Agrícola, 30, 58- 66.
- Bortolini, D., Albuquerque, J. A., Mafra, C. R., Filho, A. L. H. M. N. R. & Pértile, P. (2016). Propriedades físicas do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em Cambissolo Húmico. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 15 (1), 60-67.
- Braunack, W. A. & Dexter, A. R. (1989) Soil aggregation in the seedbed: a review. II. Effect of aggregate sizes on plant growth. *Soil & Tillage Research*, 14 (3), 281-98.
- Brown, V., Barbosa, F. T., Bertol, I., Mafra, A. L. & Muzeka, I. M. (2018) Efeitos no solo e nas culturas após vinte anos de cultivo convencional e semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 13(1), 1-7.
- Carvalho Filho, A., Carvalho, L. C. C., Centurion, J. F., Rouverson, P. S. & Furlani, C. E. A. (2006) Efeitos de sistemas de preparo do solo na cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill). *Engenharia Agrícola*, 26(3), 777-786.
- Carvalho, A. M. X. & Mendes, F. Q. (2017). Speed Stat: a minimalist and intuitive spreadsheet program for classical experimental statistics. Em *Anais da 62ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria*, 24 - 28 de julho. Lavras, Minas Gerais: R.B.R.A.S., 333 p.
- Coan, O. (1995) Sistemas de preparo de solo: efeitos sobre a camada mobilizada e no comportamento das culturas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e do milho (*Zea mays* L.), conduzidas em rotação. (Tese Livre-Docência). Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 138 p.
- Cunha, E. Q., Stone, L. F., Moreira, J. A. A., Ferreira, E. P. B., Didonet, A. D. & Leandro, W. M. (2011). Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: I - atributos físicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, 35(2), 589-602. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n2/v35n2a28.pdf>.
- Edmond, J. B. & Drapala, W. J. (1958) *The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed*. *Proceedings of the American Society Horticultural Science*, 71, 428-434.
- Embrapa (2013) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2a ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Solos.
- Embrapa (2010). *Tecnologia de Produção de Soja Região Central do Brasil*. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 255 p.
- Embrapa. (1997). *Manual de métodos de análises de solo*. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Solos, 212 p.
- Fachin, G. M., Júnior, J. B. D., Glier, C. A. S., Mrozinski, C. R., Costa, A. C. T. & Guimarães, V. F. (2014). Características agrônomicas de seis cultivares de amendoim cultivadas em sistema convencional e de semeadura direta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18 (2), 165-172.
- Franchini, J. C., Balbinot Junior, A. A., Debiasi, H. & Procópio, S. de O. (2014). Intercropping of soybean cultivars with Urochloa. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44, 119-126.
- Gavotti, F. S. M., Centurion, M. A. P. C. & Centurion, J. F. (2003) Comportamento da soja, cultivar IAC FOSCARIM 31, em quatro sistemas de preparo do solo. In *Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil*, 25. Pelotas, Brasil: Embrapa Soja /EPAMIG/ Fundação Triângulo, 254-255.
- Gupta, S. C. & Larson, W. E. (1982) Modeling soil mechanical behavior during tillage. In *American society of agronomy. Predicting tillage effects on soil physical properties and processes*. Madison: Soil Science Society of America, 151-78.
- Júnior, M. A. D., Nagahama, H. De J., Zevski, N., Cortez, J. W. & Souza, E. B. (2016). Influência De Implementos De Preparo E De Níveis De Compactação Sobre Atributos Físicos Do Solo E Aspectos Agrônomicos Da Cultura Do Milho. *Revista Engenharia Agrícola*, 36, 2, 367-376.
- Júnior, P. P., Rezende, P. M., Malfitano, S. C., Lima, K. L., Corrêa, L. V. T. & Carvalho, E. R. (2010) Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônomicas da soja [glycine max (L.) merrill]. *Ciência e Agrotecnologia*, 34 (4), 908- 913.
- Lima, R. P., León, M. J. & Silva, A. R. (2013). Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. *Revista Ceres*, 60 (4), 577-581.
- Llanillo, R. F., Richart, A., Tavares Filho, J., De Fátima Guimarães, M. & Ferreira, R. R. M. (2006). Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. *Ciências Agrárias*, 27 (2), 205-220.
- Luciano, R. V., Bertol I., Barbosa F. T., Kurtz, C. & Fayad, J. A. (2010). Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 9 (1), 09-19.
- Nagahama, H. J., Granja, G. P., Cortez, J. W., Ramos, R. L. & Arcoverde, S. N. S. (2016). Efeitos da escarificação mecânica nos atributos físicos do solo e agrônomicos do capim elefante. *Revista*

- Ceres*, 63 (5), 741-746.
- Oliveira, L. E. Z. (2014) *Plantas de cobertura: características, benefícios e utilização*. Disponível em: bdm.unb.br/bitstream/10483/10471/1/2014_LuizEduardoZancanarodeOliveira.pdf
- Pragana, R. B., Ribeiro, M. R., Nóbrega, J. C. A., Ribeiro Filho, M. R. & Costa, J. A. (2012). Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36 (5), 1591-1600.
- Rocha, B. G., Amaro, H. T., Porto, E., Gonçalves, C. C., David, A. M. & Lopes, E. B. (2018). Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. *Revista de Ciências Agrárias*, 41 (2), 91-100.
- Safadoust, A., Feizee, P., Mahboubi, A. A., Gharabaghi, B., Mosaddeghi, M. R. & Ahrens, B. (2014). Least limiting water range as affected by soil texture and cropping system. *Agricultural Water Management*, 131 (6), 34-41.
- Sales, R. P., Portugal, A. F., Moreira, J. A. A., Kondo, M. K. & Pegoraro, R. F. (2016) Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. *Revista Ciência Agrônômicas*, 47 (3), 429-438.
- Schwartz, R. C., Baumhardt, R. L. & Evett, S. R. (2010). Tillage effects on soil water redistribution and bare soil evaporation throughout a season. *Soil Till. Res.*, 110, 221- 229.
- Silva, J. T. da, Sousa, R. O. de, Scivittaro, W. B., Buss, G. L. & Silva, J. B. da (2014). Emissões de metano no período de cultivo do arroz irrigado sob diferentes sistemas de preparo do solo. In: *Reunião Sul-Brasileira de ciência do solo fatos e mitos em ciência do solo*, 10. Pelotas : Sociedad Brasileira de Ciência do Solo, 50 - 53.
- Silva, R. F., Santos, G. G., Nóbrega, J. C. A., Santos, P. D., Júnior, J. P. S., Filho, J. P. L., Oliveira, G. C. & Dias, B. O. (2018). Soil use and management systems, time since adoption, and their impacts over aggregation. *Revista Brasileira Ciências Agrárias*, 13 (3), 5544 p.
- Soares, M. D. R., Campos, M. C. C., Cunha, J. M., Weckner, F. C., Brito Filho, E. L. I. S. O. N., Mantovaneli, B. C. & Leite, A. F. L. (2018b). Variabilidade espacial da estabilidade dos agregados e matéria orgânica do solo em terra preta arqueológica sob pastagem. *Gaia Scientia*, 12 (2), 125-133.
- Soares, R., Maddock, J. E. L., Campos, D. V. B., Madari, B. E., Machado, P. L. O. A. & Santelli, R. E. (2018a). Avaliação da estabilidade de agregados em marcadores ambientais terrestres do antropoceno submetidos a diferentes períodos de pousio. *Revista Virtual de Química*, 10 (6), 1693-1718.
- Torres, J. L. R., Angelotti Netto, A., Souza, Z. M. de & Assis, R. L. de. (2015a). Alterações causadas nos atributos físicos após preparo do solo com arado escarificador e enxada rotativa. *Magistra, Cruz das Almas*, 27 (3), 316-325.
- Torres, J. L. R., De Almeida Costa, D. D., Silva Neto, O. F., Araújo, A. S., Silva, V. R. & Silva Vieira, D. M. (2015b). Avaliação da resistência à penetração e densidade do solo num latossolo sob semeadura direta há doze anos. *Global Science and Technology*, 8 (1). Disponível em: <https://rv.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/gst/article/view/694>. Doi: <http://dx.doi.org/10.14688/1984-3801/GST.V8N1P131-140>.
- Vieira, L. B. (1992) *Análisis de los factores que influyen en el comportamiento de un motocultor con apero rotativo en el laboreo del suelo*. (Tese Doutorado). Madrid: Escuela Técnica Superior e Ingenieros Agrónomos, 221 p.