

PLANTIO DIRETO, SUBSOLAGEM E EQUIPAMENTOS DE MANEJO DA PALHADA NA COMPACTAÇÃO DO SOLO E PRODUTIVIDADE DA SOJA

Jorge Wilson Cortez¹, José Lucas Gonçalves Greiter², Matheus Anghinoni³, Matheus Pereira de Jesus⁴, Maurício Vieiro Rufino⁵ e Diandra Pinto Della Flora⁶

RESUMO

Objetivou-se avaliar o manejo de palhada da cultura antecessora com rolo-faca, triturador, segadora, grade niveladora, herbicida e sem manejo; e o manejo do solo com subsolagem anual, subsolagem de longo prazo e um sistema de plantio direto de mais de 10 anos para resistência à penetração e produtividade da soja nas safras de 2015/2016 e 2016/2017. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos, no esquema de parcela subdividida, sendo, nas parcelas, alocados os manejos da palhada e, nas subparcelas, os sistemas de manejo do solo. O sistema plantio direto proporcionou maior resistência à penetração. A subsolagem reduziu a RP nas camadas e seu efeito foi verificado ainda após um ano, nas camadas de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. A produtividade da soja com melhores resultados foi no plantio direto e subsolagem anual, já para o manejo de palhada, foi com a segadora.

Palavras-Chave: Resistência do solo; Subsolador; Segadora.

1 Engenheiro Agrônomo. Professor da UFGD. E-mail: jorgecortez@ufgd.edu.br.

2 Engenheiro Agrônomo. Egresso do Curso de Agronomia da UFGD. E-mail: joselucas.greiter@gmail.com; matheus.anghinoni@gmail.com; matheus.jesus@unicampo.coop.br ; mauricioviero@gmail.com

3 Engenheiro Agrônomo. Egresso do Curso de Agronomia da UFGD. E-mail: matheus.anghinoni@gmail.com.

4 Engenheiro Agrônomo. Egresso do Curso de Agronomia da UFGD. E-mail: matheus.jesus@unicampo.coop.br.

5 Engenheiro Agrônomo. Egresso do Curso de Agronomia da UFGD. E-mail: mauricioviero@gmail.com.

6 Engenheira Agrônoma. Doutoranda da UFGD. E-mail: diandradellaflora@gmail.com.

STRAW MANAGEMENT EQUIPMENT FOR SOIL COMPACTION AND SOYBEAN YIELD

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the straw management of the previous crop using knife-roller, rotary tiller, mower, offset disk harrow, herbicide, or without any treatment and to compare with soil management (annual subsoiler, long-term subsoiler, and no-tillage system for more than 10 years) for penetration resistance and soybean yield in the 2015/2016 and 2016/2017 harvests. The experiment was carried out in a block design in a split-plot scheme, with straw management in the plots, and the soil management systems in the subplots. The no-tillage system provided greater resistance to penetration. The subsoiler reduced RP in layers and its effect was verified after one year in the 0.20-0.30 and 0.30-0.40 m layers. The best results were obtained for the soybean productivity in the no-tillage and annual subsoiler, while the mower presented the best results for the straw management.

Keywords: Soil resistance; Subsoiler; Mower.

INTRODUÇÃO

A soja é a principal *commodity* cultivada no Brasil, ocupando uma área com aproximadamente 33,9 milhões de hectares na safra 2015/2016, atingindo 114 milhões de toneladas. A região Centro-Oeste, principal produtora da oleaginosa, contribuiu com 15,2 milhões de hectares (CONAB, 2017). A soja é semeada, na sua maior parte, em sistema de plantio direto, que se caracteriza pela manutenção da palha na superfície do solo sem ou com o mínimo de revolvimento.

As desvantagens do plantio direto são mínimas e contornáveis, dessa forma, esse sistema, quando bem-empregado, pode oferecer maior sustentabilidade ao agroecossistema, aliando-se a altos índices de produtividade (PRAGANA *et al.*, 2012). Por sua vez, a subsolagem envolve mobilização de solo, além de maior tráfego de máquinas e implementos agrícolas e maior custo de produção (BERTOLINI; GAMERO, 2010). Portanto, em áreas sob plantio direto, é importante avaliar a duração dos efeitos da subsolagem a fim de evitar restrições ao desenvolvimento radicular das plantas, pois os efeitos positivos dessa prática sobre as propriedades físicas do solo não foram perceptíveis depois de 18 meses da operação (NUNES *et al.*, 2014).

Resultados demonstram que a subsolagem não origina efeito positivo na produtividade da soja, mesmo em plantio direto com longa duração (GIRARDELLO *et al.*, 2014), tal fato podendo estar associado à maior quantidade de palha na superfície do solo, resultando em menores valores de resistência à penetração (RP) e menor compactação (ROSIM *et al.*, 2012). No entanto a eficiência da subsolagem em destruir as camadas compactadas melhora as propriedades físicas do solo e, com isso, aumenta a produtividade das culturas (KLEIN *et al.*, 2011).

Desse modo, de acordo com o exposto, objetivou-se avaliar o manejo de palhada (rolo-faca, triturador, segadora, grade niveladora, herbicida e sem manejo) e o manejo do solo (subsolagem anual, subsolagem de longo prazo e um sistema de plantio direto de mais de 10 anos) para a resistência à penetração e quanto à produtividade da soja nas safras de 2015/2016 e 2016/2017.

METODOLOGIA

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias (FAECA), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados, MS. O local situa-se na latitude 22°14'S, longitude 54°59'O e altitude de 434 m. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, textura muito argilosa, com média de 62,22% de argila, 20,43% de silte e 17,34% de areia.

Na safra de 2013/2014, em um local com plantio direto (PD) de aproximadamente 10 anos, a área foi estaqueada para implantar as parcelas com PD e subsolagem, sendo, posteriormente, semeada a soja. Na safra 2014/2015, as parcelas com subsolagem anual foram preparadas sobre os restos culturais de milho e plantas daninhas, e, em outubro, foi semeada a soja. Ainda na segunda safra em 2015, a área recebeu a inserção do milho – intercalado com braquiária –, que, ao final do ciclo, foi dessecado e manejado com os equipamentos para início da safra de 2015/2016 e com semeadura da soja em outubro. A semeadura da soja em outubro, na safra 2016/2017, ocorreu em restos culturais de milho que havia sido dessecado e manejado conforme os tratamentos. Portanto, este trabalho utilizou-se dos dados das safras de verão da cultura da soja de 2015/2016 e 2016/2017.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, no esquema de parcela subdividida, sendo seis tratamentos principais e três secundários, com quatro repetições. Nas parcelas foram alocados os manejos da palhada: rolo-faca, segadora, roçadora, grade destorroadora-niveladora e manejo químico. Nas subparcelas foram instalados os sistemas de plantio direto (PD), subsolagem anual (SA) e subsolagem de longo prazo (SA1). Na safra 2016/2017, repetiu-se o mesmo delineamento, nas mesmas parcelas, sendo a subsolagem de longo prazo, nesta fase, com dois anos (SA2).

As parcelas possuíam área 20 x 19 m (380 m²). No sentido longitudinal, entre as parcelas, foi reservado um espaço de 15 m destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e estabilização dos conjuntos.

Para o preparo das parcelas, nos sistemas de mobilização do solo (tratamento com subsolagem), utilizou-se um subsolador de cinco hastes curvas, com disco de corte da palha e rolo destorroador, com profundidade de trabalho 0,35 m e largura da ponteira de 8 cm.

Os equipamentos de manejo da palhada foram: rolo-faca, que possui lâminas de corte distribuídas com ângulo de incidência que permite o corte; triturador de palhas tratorizado, com rotor de facas curvas de aço que trabalham em alta rotação; segadora, dotada de barra de corte com quatro rotores laminados; grade destorroadora-niveladora, tipo *offset*, de arrasto, com 20 discos de 0,51 m de diâmetro (20") em cada seção, tendo, na seção dianteira, discos recortados, e, na traseira, lisos, com profundidade de trabalho de 0,15 m. Para o manejo químico, utilizou-se um pulverizador com capacidade de 2000 L e 14 m de barra.

Na safra 2015/2016, uma semeadora-adubadora do tipo disco horizontal foi usada, com haste sulcadora para adubo e disco duplo para semente, com espaçamento de 0,45 m entre fileiras. Na semeadura da soja, na safra de 2016/2017, foi utilizada uma semeadora-adubadora do tipo pneumática com haste sulcadora para adubo e disco duplo para semente,

com espaçamento de 0,45 m entre fileiras. A profundidade de semeadura, em todas as safras, foi de 0,05 m.

Na safra de 2015/2016 foram distribuídas sementes da cultivar Coodetec 2620, tendo como estande final 15,84 sementes por metro. E, na safra 2016/2017, foram distribuídas sementes da cultivar Monsoy 6410 com estande final de 9,11 sementes por metro. As adubações de semeadura foram de 270 kg ha⁻¹ de 8-20-20 (N-P-K) nas duas safras.

Os demais tratos culturais foram com base nos aspectos agronômicos e necessidades da cultura em cada safra.

Com intuito de verificar a compactação no perfil do solo após a semeadura, realizou-se a coleta de dados da resistência do solo à penetração (RP). Em 2015/2016 foram coletadas três replicações em cada subparcela; já em 2016/2017 foram sete replicações por subparcela, até 0,50 m de profundidade.

Utilizou-se, para a coleta dos dados, o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, adaptado pela KAMAQ (STOLF *et al.*, 2011), com as seguintes características: massa de 4 kg com impacto em curso de queda livre de 0,40 m; cone de 0,0128 m de diâmetro e ângulo sólido de 30°; e haste com diâmetro aproximado de 0,01 m. Para a determinação do teor de água no solo, utilizaram-se amostras coletadas nas camadas de 0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40 e 0,40-0,50 m de modo aleatório na área. Empregou-se o método gravimétrico a fim de caracterizar o teor de água, e detectou-se que, no momento de coleta dos dados de RP, o teor de água estava abaixo da capacidade de campo.

Para determinação da produtividade de grãos foram coletadas plantas de duas fileiras centrais de 5 m de comprimento de cada parcela. Elas foram trilhadas e seus valores aferidos separadamente, corrigindo-os para 13% de umidade.

Os dados foram examinados por meio da análise de variância; e,

quando significativo o teste de F a 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% e 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para entender o processo de compactação do solo por meio da resistência à penetração (RP) é preciso verificar os limites estabelecidos para cada sistema de cultivo. Nesse enfoque, Moraes *et al.* (2014) estabeleceram como limites de compactação o valor de 2,0 MPa para o preparo convencional; de 3,0 MPa para o sistema com escarificação/subsolagem; e de 3,5 MPa para o sistema de plantio direto. Assim, na safra 2015/2016, o sistema de manejo do solo SA apresentou valores de RP abaixo de 3,0 MPa até 0,30 m de profundidade; já para os demais sistemas de manejos de solo, em todas as profundidades, as RPs foram maiores que 4,0 MPa, assim, indicando que, na área, havia presença de compactação do solo (Tabela 1). A subsolagem, após um ano (SA1, safra 2015/2016), assemelhou-se ao PD até a camada de 0,20 m, contudo ainda se visualizava o efeito da subsolagem do ano anterior nas camadas de 0,20 a 0,40 m. Dessa forma, pequenos incrementos na resistência à penetração podem ocasionar acentuado decréscimo na produtividade da oleaginosa, alcançando redução de até 38% com 5,0 Mpa, conforme demonstrado por Girardello *et al.* (2014).

Os manejos de palha na safra 2015/2016, com rolo-faca (RF) e segadora (SG), apresentaram os maiores valores de RP nas camadas superficiais de 0,0-10 m; já nas camadas subsuperficiais (0,20 a 0,50 m), o manejo com uma gradagem (GR1) apresentou os maiores valores de RP. A partir das características dos equipamentos de manejo da palha (RF e TR), confirmou-se seus efeitos nas camadas superficiais do solo,

enquanto, na gradagem, verificou-se efeito/aumento da compactação nas camadas subsuperficiais. Os manejos de palha, na safra de 2016/2017, não apresentaram diferenças entre si, estatisticamente (Tabela 1).

Após dois anos da subsolagem (SA2, safra 2016/2017), os valores de RP restaram iguais, estatisticamente, aos do PD de 10 anos em todas as camadas, aumentando a RP conforme a profundidade aumentava (Tabela 1). Assim, pode-se afirmar que não se verificaram evidências de efeito da subsolagem após dois anos da realização da operação.

Tabela 1. Resistência do solo à penetração (MPa) após a semeadura na safra 2015/2016 e 2016/2017.

Manejo de solo	Camadas (m)									
	0,0-0,10		0,10-0,20		0,20-0,30		0,30-0,40		0,40-0,50	
MS	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17	15/16	16/17
PD	4,38 a	1,83 a	5,52 a	3,27 a	5,66 a	4,13 a	5,38 a	5,26 a	5,85 a	6,72 a
SA	2,01 b	1,53 b	2,09 b	2,49 b	2,84 c	3,33 b	3,63 c	4,23 b	4,52 b	5,57 b
SA	4,19 a	1,85 a	4,67 a	2,97 a	4,57 b	4,22 a	4,89 b	5,13 a	5,57 a	6,60 a
MP										
RF	4,27 a	1,82 a	4,13 ab	2,91 a	3,83 b	3,97 a	3,41 d	4,79 a	3,30 d	6,23 a
TR	3,24 b	1,69 a	3,71 b	2,91 a	4,33 ab	3,79 a	4,49 bc	4,95 a	5,05 c	6,43 a
SG	4,16 a	1,82 a	4,55 a	3,19 a	4,60 a	4,05 a	5,08 b	5,14 a	5,93 b	6,25 a
GR1	2,97 b	1,45 a	3,74 b	2,58 a	4,80 a	3,57 a	6,19 a	4,46 a	7,66 a	5,83 a
GR2	3,24 b	1,54 a	4,71 a	2,81 a	4,80 a	3,99 a	4,38 bc	5,39 a	5,08 c	7,26 a
MQ	3,27 b	2,08 a	3,71 b	3,08 a	3,80 b	3,79 a	4,27 c	4,51 a	4,88 c	5,80 a
Teste F										
MS	50,18**	6,64 **	71,10**	14,34**	464,6**	11,90**	487,6**	8,16**	27,07**	6,45**
MP	19,13**	1,99 ns	7,40**	2,16 ns	12,11**	0,48 ns	29,40**	0,79 ns	82,82**	1,00 ns
MSxMP	10,45**	1,06 ns	3,39**	0,89 ns	7,17 **	1,05 ns	7,03 **	1,36 ns	13,87**	0,91 ns
CV 1	25,82	19,88	25,33	17,35	7,41	17,77	4,32	19,68	12,45	19,43
CV 2	12,27	32,13	13,91	17,07	10,42	23,31	12,80	28,67	10,25	29,29

NS: não significativo ($p > 0,05$); *: significativo ($p < 0,05$); **: significativo ($p < 0,01$); Letras minúsculas na coluna e iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de

probabilidade. CV 1: coeficiente de variação para manejo de solo; CV 2: coeficiente de variação para manejo de palha. Plantio direto (PD); Subsolagem anual (SA); Subsolagem em longo prazo (SA). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); ma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (MQ).

O aumento da compactação em profundidade observado, neste trabalho, tem sido verificado por outros autores, tais como Rosim *et al.* (2012), que detectaram, após o tráfego de máquinas sob diferentes quantidades de cobertura vegetal, em um Latossolo Vermelho, o incremento da RP abaixo da camada de 0,10 m, independentemente da quantidade de resíduo presente na superfície; e Nagahama *et al.* (2016), que também verificaram que a RP aumenta à medida que a profundidade aumenta. Fato este que se deve ao tráfego de máquinas e equipamentos e às pressões exercidas sobre o solo. O tráfego de máquinas no sistema de PD causa degradação estrutural do solo com redução da porosidade total e da macroporosidade, bem como aumento da densidade do solo e da RP, sendo uma consequência do acúmulo de tráfego de máquinas ao longo dos anos (TOIGO *et al.*, 2015; CORTEZ *et al.*, 2017). Contudo este sistema, por possuir constante material vegetal na superfície, pode contribuir para que haja mais capacidade de suporte frente às modificações impostas pelo tráfego de máquinas (MAZURANA *et al.*, 2013).

Quanto aos dados de RP da safra 2015/2016, ocorreu interação dos fatores de sistemas de manejo de solo x palha nas camadas estudadas (Tabela 2). Pode-se observar que o manejo de solo com SA, associado aos tratamentos de palha RF, TR e MQ, apresentou valores não limitantes ao desenvolvimento radicular da cultura da soja, conforme Moraes *et al.* (2014).

O manejo de solo com PD (Tabela 2), por possuir característica de não revolvimento, revelou valores de compactação acima de 3,58 MPa em todos os manejos de palhas e camadas estudadas, intensificando segundo o

aumento da profundidade com o uso do TR, GR1 e MQ, mas diminuindo a RP com o uso do RF. As operações de GR2 e da SG com o PD proporcionaram, na camada de 0,20-0,30 m, a maior RP. Assim, a interação do manejo SA1 com o manejo de palha RF resultou em diminuição dos valores de RP conforme aumentava a profundidade da camada.

A subsolagem anual (SA) reduziu a RP até 0,30 m de profundidade, em todos os manejos de palha empregados, em comparação ao PD e SA1 (Tabela 2). Nos sistemas de preparo reduzido, como os que usam equipamentos com haste, os efeitos da compactação tendem a ser mais persistentes do que em sistemas com preparo do solo, pois o revolvimento ocasionado pelo preparo convencional reduz, anualmente, os efeitos da compactação na camada arável (REICHERT *et al.*, 2003). Assim, verificou-se que a subsolagem, a exemplo do preparo convencional, reduziu a compactação frente aos manejos reduzidos ou PD.

Tabela 2. Desdobramento da interação manejo de solo x palha do atributo resistência à penetração (MPa) nas camadas de 0,10 a 0,50 m na safra 2015/2016.

Manejo do solo	Manejo de Palha					
	RF	TR	SG	GR1	GR2	MQ
Camada 0-0,10 m						
PD	4,66 bB	3,66 aC	5,58 aA	3,58 aC	4,74 aAB	4,08 aBC
SA	2,08 cA	2,33 bA	1,99 bA	1,58 bA	1,99 cA	2,08 bA
SA1	6,08 aA	3,74 aC	4,91 aB	3,74 aC	2,99 bC	3,663 aC
Camada 0,10-0,20 m						
PD	5,66 aA	5,41 aA	6,08 aA	5,24 aA	5,83 aA	4,91 aA
SA	1,49 bB	2,08 cAB	1,91 bAB	1,99 cAB	2,83 bA	2,24 bAB
SA1	5,25 aA	3,66 bB	5,66 aA	3,99 bB	5,49 aA	3,99 aB
Camada 0,20-0,30 m						
PD	4,58 aC	5,74 aAB	6,41 aA	5,83 aAB	6,41 aA	4,99 aBC
SA	1,91 bB	3,33 bA	2,33 cB	3,74 cA	3,49 cA	2,24 cB
SA1	4,99 aA	3,91 bB	5,08 bA	4,83bAB	4,49 bAB	4,16 bAB
Camada 0,30-0,40 m						

PD	3,91 aC	5,49 aB	5,91 aB	7,41 aA	4,08 bC	5,49 aB
SA	2,58 bB	3,91 bA	3,41 bAB	4,49 bA	3,49 bAB	3,91 bA
SA1	3,75 aB	4,08 bB	5,91 aA	6,66 aA	5,58 aA	3,41 bB
Camada 0,40-0,50 m						
PD	3,91 aC	6,99 aAB	6,32 aB	7,75 abA	4,25 bC	5,91 aB
SA	2,99 aC	4,24 ⁷⁵ bB	4,66 bB	7,08 bA	4,08 bBC	4,08 bBC
SA1	2,99 aD	3,91 bCD	6,83 aB	8,16 aA	6,91 aB	4,66 bC

Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação há um ano (SA1). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (MQ).

A variável produtividade de grãos, na safra 2015/2016, alcançou os melhores resultados nos manejos de solo PD e SA (Tabela 3). Portanto, observou-se que a SA apresentou efeito positivo na produtividade; e SA1 – por não possuir mais as características desta operação e por ter sido há um ano – não obteve o mesmo resultado. Assim, após um ano da operação de subsolação, o sistema de plantio direto apresentou maior produtividade. A subsolação anual apresentou resultado igual ao PD, mas, no que diz respeito a valores, ainda ficou abaixo do PD. Acredita-se que uma das possíveis causas da maior produtividade no PD seja a quantidade de água armazenada no solo, que é maior no PD (SANTANA *et al.*, 2018), e, apesar dos efeitos positivos da subsolação, por meio das melhores condições físicas do solo, esses podem ser de curta duração (TORRES; SARAIVA, 1998).

Tabela 3. Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para produtividade em três safras.

Tratamento	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	
	2015/2016	2016/2017
Manejo de Solo (MS)		
PD	2545,66 a	3274 a
SA	2480,47 a	3290 a

SA1/SA2	2352,07 b	3310 a
Manejo de Palha (MP)		
RF	2184,84 d	3376 a
TR	2404,78 bc	3122 a
SG	2669,50 a	3469 a
GR1	2351,77 c	3206 a
GR2	2601,78 a	3342 a
MQ	2543,73 ab	3235 a
Teste F		
M.S.	16,33 **	0,04 ns
M.P.	27,76 **	0,62 ns
M.S. x M.P.	9,67 **	1,13 ns
C.V. – M.S. (%)	4,86	16,81
C.V. – M.P. (%)	4,80	16,81

Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns: não significativo ($p > 0,05$); *: significativo ($p < 0,05$); **: significativo ($p < 0,01$); CV: coeficiente de variação; Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação há um ano (SA1). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (MQ).

Para os manejos de palha, na safra 2015/2016, os tratamentos SG e GR2 obtiveram as maiores produtividades, seguidos do tratamento MQ, tendo o manejo com RF a menor produtividade (Tabela 3).

Nas safras 2016/2017, não se observou diferença significativa na produtividade entre os tratamentos avaliados (Tabela 3). Nessa safra, a subsolação mecânica anual, ou após um ano, não incrementou a produtividade de soja quando comparada com o sistema de PD (GIRARDELLO *et al.*, 2014). Segundo Santos *et al.* (2014), a compactação do solo reduz a aeração deste, o que diminui a quantidade de oxigênio para as raízes, para a área explorada pelas raízes, além de limitar a infiltração de água no perfil. Problemas esses que podem gerar a redução da produtividade das culturas, mas isso não foi observado neste trabalho, visto que o sistema PD, nos dois anos, manteve-se

com produtividade igual ou superior à área com subsolagem.

Na safra 2015/2016 (Tabela 4), os manejos de solo interagiram com os manejos de palha e não apresentaram diferenças significativas entre as produtividades, quando houve interação com os manejos de palhada SG, GR1, GR2 e MQ. Nos manejos de palhas RF e TR, quando se variou os manejos de solo, obteve-se diferentes produtividades, que foram favorecidas pelo PD e SA, respectivamente, sendo que a pior produtividade se deu na área com a SA1.

Percebeu-se que, quando avaliado cada manejo de solo com todos os manejos de palha, os melhores tratamentos foram o PD com SG e GR2, SA com TR e SG e SA1 com SG. Portanto, pôde-se concluir que a segadora foi o manejo de palha que proporcionou maior produtividade, independentemente do manejo de solo, por mais que não tenha apresentado os melhores resultados de cobertura do solo, e, por sua vez, a RP para o desenvolvimento da planta. A segadora, por característica, corta a planta/restos culturais rente ao solo, assim deixando-a inteira sobre o solo, o que proporciona maior tempo de cobertura e decomposição mais lenta do material.

Tabela 4. Desdobramento da interação de sistemas de manejos de solo x palha produtividade na safra 2015/2016.

Manejo	Manejo de Palha					MQ
	RF	TR	SG	GR1	GR2	
Produtividade (kg ha ⁻¹)						
PD	2389,24 aB	2526,09 bAB	2662,19 aA	2367,07 aB	2685,12 aA	2644,26aA
SA	2185,09 bC	2730,24 aA	2594,14 aA	2276,07 aBC	2594,14 aA	2503,16aAB
SA1	1980,19cC	1958,01 cC	2752,17 aA	2412,17 aB	2526,09aAB	2483,79aB

Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação há um ano (SA1). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (MQ).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A subsolagem após um ano assemelhou-se ao sistema de plantio direto até a profundidade de 0,20 m, porém ainda se visualizava o efeito da subsolagem do ano anterior nas camadas de 0,20-0,40 m. Verificou-se, contudo, que não se revelaram evidências de efeito da subsolagem após dois anos da realização da operação.

A subsolagem, a exemplo do preparo convencional, reduziu a compactação do solo frente aos manejos reduzidos ou sistema de plantio direto.

Após um ano da operação de subsolagem, o sistema de plantio direto apresentou maior produtividade do que onde ocorreu a operação de subsolagem. A respeito dos equipamentos de manejo da palha, pôde-se concluir que a segadora foi o manejo que favoreceu a maior produtividade de grãos de soja.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ, pela concessão de bolsa de iniciação científica. À UFGD, pelo apoio na realização do experimento.

REFERÊNCIAS

BERTOLINI, E.V.; GAMERO, C.A. Demanda energética e produtividade da cultura do milho com adubação de pré-semeadura em dois sistemas de manejo do solo. **Revista Energia na Agricultura**, n. 25, p.1-23, 2010.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos**, v. 4 - Safra 2016/17, n. 10. Décimo segundo levantamento. 2017. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=10>.

CORTEZ, J. W.; MAUAD, M.; SOUZA, L. C. F.; RUFINO, M. V & SOUZA, P. H. N. Atributos agronômicos da soja e resistência a penetração em plantio direto e escarificado. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 1, 2017.

GIRARDELLO, V. C.; AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L.; CHERUBIN, M. R.; KUNZ, J.; TEIXEIRA, T de G. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo argiloso manejado sob plantio direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** vol.38 n.4, 2014.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A.; BARBOZA, E. A.; COSTA, L. O.; MADALOSSO, T. Escarificação de solo sob plantio direto e seu efeito nas culturas da aveia e do milho. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, Uberlândia, 2011. **Anais...** Uberlândia: SBCS, 2011. CD-ROM.

MAZURANA, M.; FINK, J. R.; SILVEIRA, V. H.; LEVIEN, R.; ZULPO, L.; BREZOLIN, D. Propriedades físicas do solo e crescimento de raízes de milho em um argissolo vermelho sob tráfego controlado de máquinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1185-1195, 2013.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. Critical limits of soil penetration resistance in a rhodic Eutrudox. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.288-298, 2014.

NAGAHAMA, H. de J.; CORTEZ, J. W.; PIMENTA, W. A., PATROCINIO FILHO, A. P., SOUZA, E. B. de. Resistência do solo à penetração em sistemas de preparo e velocidades de deslocamento do trator. **Comunicata Scientiae**, v.7, n.1, p.56-65, 2016.

NUNES, M. R.; PAULETTO, E. A.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A.; PINTO, L. F. S.; SCHEUNEMANN, T. Persistência dos efeitos da escarificação sobre a compactação de Nitossolo sob plantio direto em região subtropical úmida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 7, p. 531-539, 2014.

PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M.R.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J.A. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 1591-1600, 2012.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003.

ROSIM, D. C.; DE MARIA, I. C.; SILVA, R. L.; SILVA, A. P. Compactação de um Latossolo Vermelho Distroférrico com diferentes quantidades e manejos de palha em superfície. **Bragantia**, v. 71, p. 502-508, 2012.

SANTANA, J. S.; LIMA, E. F.; KOMATSU, R. S.; SILVA, W. A. da; RIBEIRO, M. I. D. Caracterização física e química de solo em sistemas de manejo plantio direto e convencional. **Enciclopédia Biosfera**, v.15 n.27; p. 22-42, 2018.

SANTOS, C.C.; ROSA, D.P da; PAGNUSSAT, L.; PESINI, F.; FINCATTO,

D. Subsolador com disco de corte de palha x subsolador convencional: Manutenção da palha e condição física de um solo sob plantio direto. **RAMVI**, v. 01, n. 01, 2014.

STOLF, R.; MURAKAMI, J. H.; MANIERO, M. A.; SOARES, M. R.; SILVA, L. C. F. Incorporação de régua para medida de profundidade no projeto do penetrômetro de impacto Stolf. In: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 50, 2011, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SBEA, 2011. p. 1-10. CD-ROM.

TOIGO, S.; BRAIDA, J.A.; POSSENTI, J.C.; BRANDELERO, E.M.; BAESSO, M.M. Atributos físicos de um Nitossolo Vermelho cultivado com trigo, em sistema plantio direto, submetido à compactação e escarificação. **Engenharia na Agricultura**, v. 23, n.1, p.19-28, 2015.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. Estudo das causas da compactação do solo e do seu efeito sobre a soja. In: EMBRAPA. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa, 1998. p. 177-181.