

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**COMPACTAÇÃO DO SOLO E FATORES OPERACIONAIS DA  
SEMEADORA-ADUBADORA NA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL  
DA SOJA**

**ÍTALO CARVALHO FERREIRA LOPES**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2021**

**COMPACTAÇÃO DO SOLO E FATORES OPERACIONAIS DA  
SEMEADORA-ADUBADORA NA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL  
DA SOJA**

Ítalo Carvalho Ferreira Lopes

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal da Grande Dourados, como  
parte dos requisitos para obtenção do título de  
Engenheiro Agrícola.

Dourados  
Mato Grosso do Sul  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L864c Lopes, Ítalo Carvalho Ferreira  
COMPACTAÇÃO DO SOLO E FATORES OPERACIONAIS DA  
SEMEADORA-ADUBADORA NA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DA SOJA [recurso  
eletrônico] / Ítalo Carvalho Ferreira Lopes. -- 2021.  
Arquivo em formato pdf.

Orientador: CRISTIANO MÁRCIO ALVES DE SOUZA.  
TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. espaçamento normal. 2. semeadura direta. 3. tráfego de máquinas. I. Souza, Cristiano Márcio  
Alves De. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**COMPACTAÇÃO DO SOLO E FATORES OPERACIONAIS DA  
SEMEADORA-ADUBADORA NA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL  
DA SOJA**

Por

Ítalo Carvalho Ferreira Lopes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

Aprovado em: 31 de maio de 2021.



---

Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza  
Orientador – UFGD/FCA



---

Prof. Dr. Natanael Takeo Yamamoto  
Membro da banca – UFGD/FCA



---

Dr. Sálvio Napoleão Soares Arcoverde  
Membro da banca – UFGD/FCA/PGEA

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, por ter me apoiado durante minha jornada, em especial aos meus Pais, Aparecida Rosana de Carvalho e Cleverson Ferreira Lopes, por estar sempre ao meu lado, dando suporte nos momentos difíceis e ajudando a me tornar uma pessoa melhor a cada dia.

Ao meu orientador, professor Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza, por me guiar, aconselhar e proporcionar todo o conhecimento que possibilitou a realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Sálvio Napoleão Soares Arcoverde, professor colaborador na Faculdade de Ciências Agrárias que tornou possível a realização do trabalho com seu auxílio na montagem do experimento e disposição para aplicar seus conhecimentos de forma a ajudar na realização do trabalho.

Aos amigos e colegas que fiz durante minha graduação, que sempre me apoiaram e incentivaram.

À Universidade Federal da Grande Dourados, por tornar possível a realização deste trabalho e, também por tornar possível minha graduação no curso de Engenharia Agrícola.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 Plantio Direto .....	4
2.2 Compactação do solo .....	5
2.3 Semeadoras-adubadoras para Plantio Direto.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	8
3.1 Local.....	8
3.2 Delineamento experimental.....	8
3.3 Processo de compactação induzida .....	8
3.4 Semeadura da soja.....	9
3.5 Avaliação da qualidade de semeadura.....	10
3.6 Análise dos dados.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
5. CONCLUSÕES .....	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

LOPES, Ítalo Carvalho Ferreira. **Compactação do solo e fatores operacionais da semeadora-adubadora na distribuição longitudinal da soja**. 2021. 23f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

## RESUMO

Durante o estabelecimento inicial das culturas agrícolas se faz necessário, além de um ambiente físico-hídrico adequado do solo à semente, a ação correta dos mecanismos dosadores e distribuidores da semeadora-adubadora de plantio direto. Nesse sistema de manejo, é essencial uma mínima mobilização do solo aliado ao corte da palhada para a distribuição das sementes nos sulcos previamente abertos. Assim, a ação de tais dispositivos de corte pode auxiliar a eficiência da sulcação e, conseqüentemente, beneficiar o estabelecimento inicial das culturas. Objetivou-se avaliar a influência da velocidade de deslocamento e da ação de dois mecanismos de corte de palhada durante a semeadura direta da soja, em solo sob diferentes níveis de compactação, sobre a distribuição de plantas no campo. O estudo foi realizado utilizando-se o delineamento em blocos ao acaso, em esquema de parcela subdividida, com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por plantio direto e por estados induzidos de compactação adicional por tráfego do trator em 2, 4, 6, 8 e 12 passadas dos rodados sobre o solo. Foram usadas duas velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (5,3 e 6,4 km h<sup>-1</sup>) e dois tipos de mecanismo de corte de palhada de cobertura. Aos 21 dias após a semeadura, avaliou-se o estande e a distribuição longitudinal de plantas em espaçamentos normal, falho e duplo. Os dados das variáveis foram analisados pela análise de variância e por meio de regressão ( $p < 0,05$ ). A compactação do solo não influencia os indicadores de qualidade de semeadura da soja. A velocidade de deslocamento de 6,4 km h<sup>-1</sup> ocasiona aumento dos espaçamentos falhos e duplos entre plântulas de soja, com o uso do disco de corte de palhada original da semeadora. O mecanismo de corte de palhada adaptado proporciona maior eficácia na distribuição longitudinal das sementes da soja, quando maior velocidade é adotada na operação.

**Palavras-chave:** espaçamento normal, semeadura direta, tráfego de máquinas.

LOPES, Ítalo Carvalho Ferreira. **Soil compaction and operational factors of the seeder-fertilizer in the longitudinal distribution of soybean.** 2021. 23p. Monograph (Undergraduate in Agricultural Engineering), Federal University of Grande Dourados, Dourados, MS.

### ABSTRACT

During the initial establishment of crops, it is necessary, in addition to an excellent physical and water environment from soil to seed, the correct action of the dosing and distributor mechanisms of the no-till seeder-fertilizer. In this management system, a minimum mobilization of the soil combined with the cutting of the straw is essential for the distribution of seeds in the previously opened furrows. Thus, such cutting devices can help the furrowing efficiency and, consequently, benefit the initial establishment of cultures. The objective of this study was to evaluate the influence of displacement speed and the action of the straw cutting mechanism during direct sowing of soybean under the plant distribution in the field, in soil with different levels of compaction. The study was carried out using a randomized block design, in a split-plot scheme, with four replications. The treatments consisted of no-tillage for ten years and additional compaction induced states by tractor traffic in 2, 4, 6, 8, and 12 passes of wheelsets over the ground. Two speeds of the tractor-seeder-fertilizer set (5.3 and 6.4 km h<sup>-1</sup>) and two types of cutting mechanisms for covering straw were used. At 21 days after sowing, the stand and longitudinal distribution of plants in normal, faulty and double spacing were evaluated. The data were analyzed by variance analysis and regression. Soil compaction does not influence soybean sowing quality indicators. The speed of 6.4 km h<sup>-1</sup> causes an increase in faulty and double spacings between soybean seedlings using the original straw cutting disc. The adapted straw cutting mechanism provides greater efficiency in the longitudinal distribution of soybean seedlings when greater speed is adopted in operation.

**Keywords:** normal spacing, direct seeding, machine traffic.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescente desenvolvimento do agronegócio brasileiro, em especial a agricultura, torna-se o conceito de qualidade essencial para a difusão do mercado de máquinas agrícolas, pois faz-se primordial o aprimoramento tecnológico das operações para obtenção de resultados viáveis tanto economicamente, quanto ambientalmente e socialmente (ALBIERO et al., 2012). A utilização adequada de máquinas e implementos agrícolas transfigura-se em uma maior capacidade efetiva de trabalho, melhor produtividade e proporciona flexibilidade em relação ao cronograma de atividades (WEIRICH NETO et al., 2015).

De acordo com Mantovani et al. (1999), em algumas regiões brasileiras tem-se problemas com a não-adequação dos equipamentos agrícolas as condições de trabalho, sendo que até os dias de hoje esse fato tem sido levantado por alguns agricultores. Sendo que, para escolher os equipamentos de maneira adequada, é necessário conhecer o sistema de manejo empregado, as características físicas do solo, a energia consumida e a capacidade efetiva de trabalho (SANTOS, 2010).

O Sistema Plantio Direto (SPD) baseia-se em sistemas de rotação de culturas e caracteriza-se pelo cultivo em terreno coberto por palha e em ausência de preparo de solo, por tempo indeterminado (SANTOS, 2010), torna-se um sistema alternativo em relação à prática do sistema de preparo convencional, pois é um sistema de cultivo conservacionista, no qual visa sempre manter o solo coberto por plantas e resíduos vegetais, sem o revolvimento do solo, com intuito de protegê-lo contra a ação das gotas de chuva, escoamento superficial e erosões, além de promover menor uso de maquinário e combustível (BETIOLI JÚNIOR et al., 2012).

Apesar dos benefícios do SPD, existem problemas de compactação do solo relacionados com aumento do tráfego de máquinas cada vez maiores e mais pesadas nas camadas superficiais do solo (ARCOVERDE et al., 2020). A compactação do solo é considerada como um dos principais problemas quando se trata da degradação estrutural do solo. Ela é responsável pela alteração do espaço poroso do solo, com redução da macroporosidade e porosidade total e aumento da resistência à penetração do solo (VALADÃO et al., 2015).

O SPD é realizado usando semeadoras-adubadoras que depositam sementes e o adubo diretamente no solo não revolvido (MURRAY et al., 2006). A semeadura é

uma operação fundamental para o estabelecimento da cultura no campo, visto que está associada à uniformidade de distribuição longitudinal de plantas e ao estande final (ARCOVERDE et al., 2017b). Fatores operacionais relacionados à semeadura, como erro na distribuição, deposição e profundidade das sementes feita pela semeadora, podem ser influenciados pela velocidade de semeadura (SOUZA et al., 2019).

A utilização de semeadoras em velocidades acima de  $7,0 \text{ km h}^{-1}$  pode abrir sulcos maiores, revolver faixas mais largas e dificultar a compressão do solo com a semente pela roda compactadora, comprometendo a germinação, a emergência de plântulas e a população de plantas (SANTOS et al., 2016).

Em SPD, os sulcadores de semeadoras passam a executar a abertura do sulco para a deposição de sementes e o preparo localizado do solo. Desse modo, a ação dos mecanismos sulcadores, além de minimizar a demanda de força de tração e promover a mobilização adequada do solo, pode melhorar a germinação da semente, a emergência da plântula e a produtividade das culturas (VIEGAS NETO et al., 2020).

Existem vários mecanismos de abertura de sulcos utilizados em semeadoras-adubadoras no SPD, uma vez que as condições para o desenvolvimento das culturas dependem de vários fatores. Dessa forma o projeto de mecanismos de corte não pode ser limitado a uma única configuração (SANTOS, 2010).

Segundo Portella (2001), os mecanismos de corte do tipo discos podem ser encontrados em diferentes diâmetros e formatos. Quanto ao formato, os mais usuais são dos tipos liso, estriado, corrugado, ondulado e recortado. Os discos lisos, quando devidamente afiados, cortam melhor os resíduos vegetais e requerem menor peso e pressão das molas para penetração no solo.

Meurer e Reginaldo (2018) modelaram e construíram um dispositivo para auxiliar o sistema de corte de palhada para semeadora-adubadoras. Observaram que o dispositivo aumentou a eficiência de corte da palhada em solo compactado, demonstrando sua validade em melhorar a qualidade de semeadura. No entanto, não foi analisada a qualidade da semeadura com uso do mecanismo de corte, proposto no dispositivo, operando sob velocidades de deslocamento e em estados de compactação do solo compactado.

Portanto, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a influência da velocidade de deslocamento e da ação de dois dispositivos de corte de palhada, em solo submetido a

crecientes níveis de compactação, sobre a distribuição longitudinal da soja cultivada em SPD.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Plantio Direto

A área cultivada com o SPD no Brasil apresentou uma significativa expansão, passando de 1 milhão de hectares em 1992 para 25 milhões em 2007. Crescimento esse, impulsionado, principalmente, pela disponibilidade de semeadoras adequadas (CANOVA et al., 2007).

No Brasil, depois de muito tempo de plantio convencional consolidado no meio agrícola, onde havia revolvimento constante do solo, práticas conservacionistas foram ganhando espaço, e hoje, o SPD, está cada vez mais difundido e domina esse meio, trazendo com ele uma bagagem de tecnologia que se fez necessária para sua implantação (CASTILHO, 2015).

O SPD fundamenta-se no não revolvimento e na cobertura permanente do solo, e na rotação de culturas. Sua utilização é de vital importância para a agricultura, pois dessa forma, é possível reduzir perdas causadas pela erosão que, além do solo, carrega para os cursos d'água, adubos e outros produtos químicos, constituindo-se em fonte de poluição e degradação dos rios e outros mananciais (SALTON et al., 1998).

No SPD, os solos apresentam, em geral, na camada superficial, após três a quatro anos, maiores valores de densidade e microporosidade e menores valores de macroporosidade e porosidade total, quando comparados com solos sob preparo convencional. Isto decorre, principalmente, do arranjo natural do solo, quando não é mobilizado, e da pressão provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, sobretudo quando realizado em solos argilosos e com teores elevados de água (VIEIRA e MUZILLI, 1984).

Oliveira et al. (2003) relatam que a densidade do solo pode ser menor do que a encontrada nos primeiros anos após a implantação do SPD, visto que, com o tempo, este sistema de manejo contribui para o aumento da matéria orgânica na camada superficial do solo, podendo melhorar inclusive a estrutura do solo.

Nas condições de clima e solo de Cerrado, o emprego do SPD sobre a palhada implica o conhecimento e definição das espécies para cobertura, as quais devem ter boa produção de biomassa e ser suficientemente persistentes, para proteção física do solo e disponibilização de nutrientes, nos períodos de excesso ou escassez de água, resultando em benefícios para a cultura posterior (NUNES et al., 2006).

Os resíduos vegetais mantidos na superfície do solo protegem-no contra radiação solar excessiva, impacto de gotas de chuva e evaporação, mantendo relativamente estabilizadas a temperatura, o teor de água e a atividade microbiana nas camadas superficiais do solo. Possuem também efeito significativo (alelopático) sobre a emergência de espécies de plantas daninhas (HERNANI e SALTON, 1997).

## **2.2 Compactação do solo**

O termo compactação do solo refere-se ao processo que descreve o decréscimo de volume de solos não saturados quando uma determinada pressão externa é aplicada, a qual pode ser causada pelo tráfego de máquinas agrícolas, equipamentos de transporte ou animais. A compactação do solo é definida como uma alteração no arranjo de suas partículas constituintes do solo (BETIOLI JÚNIOR et al., 2012).

Bergamin et al. (2010) afirmam que a compactação do solo tem se destacado em nível mundial como sendo um dos fatores limitantes à qualidade física das terras agrícolas, prejudicando a obtenção de maiores índices de produtividade, apontando a compactação dos solos como sendo um dos principais causadores da degradação dos solos agrícolas.

A qualidade física do solo é um termo relacionado com sua estrutura, e os danos causados pelo uso e manejo, como erosão, desertificação e suscetibilidade à compactação, são originários da sua degradação (MUZARANA et al., 2011). A perda da qualidade física do solo é um processo gradual que se inicia com a deterioração da estrutura do solo e termina com a perda diferencial de partículas por meio da erosão.

Em geral, a perda da qualidade física do solo está associada com modificações dos arranjos de agregados e poros do solo, reduzindo a disponibilidade de ar, água e nutrientes necessários à produção de biomassa (BERGAMIN et al., 2010). Essas mudanças interferem nas características da superfície do solo, resultando na alteração do tamanho de poros, assim havendo diminuição da taxa de infiltração de água no solo, perda de matéria orgânica, redução da diversidade e atividade de microrganismos e no aumento da suscetibilidade à erosão do solo (MUZARANA et al., 2011).

Em solos agrícolas, a pressão exercida na superfície do solo pelo tráfego de máquinas nas operações de preparo aumenta normalmente a densidade do solo e diminui a porosidade total, em especial a macroporosidade (BETIOLI JÚNIOR et al., 2012). Essa degradação na estrutura é agravada, quando as operações de preparo de solo e tráfego de

máquinas nas lavouras são realizadas em solos com consistência plástica associadas a pressões superiores à pressão de pré-consolidação, por outro lado, a redução do tráfego de máquinas e do revolvimento do solo, associado ao uso de plantas de cobertura, pode preservar e até mesmo recuperar a estrutura do solo, mantendo, desta forma, o sistema agrícola mais produtivo (FIGUEIREDO et al, 2000).

### **2.3 Semeadoras-adubadoras para Plantio Direto**

As semeadoras-adubadoras são constituídas basicamente de chassi, mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes, depósitos de sementes e fertilizantes, disco de corte de palhada e haste sulcadora para deposição das sementes e fertilizantes (COELHO, 1996). Segundo Balastreire (1990), a semeadora-adubadora é uma máquina que desempenha simultaneamente o trabalho de dosar e depositar no solo as sementes e o adubo utilizados na instalação da cultura a campo. E de acordo com a classificação da ABNT (1994), as semeadoras de precisão são máquinas que distribuem sementes uma a uma ou agrupadas nos sulcos de semeadura, em linha e intervalos regulares de acordo com o desejado pelo operador.

O processo de semeadura busca a adequada distribuição longitudinal das sementes no solo, aliada à correta profundidade de deposição das mesmas para se obter estande correto e uniforme (ALMEIDA et al., 2010). É uma das etapas que exigem maior perfeição em sua execução, pois pode comprometer a rentabilidade da atividade agrícola. De acordo com Arcoverde et al. (2017a), o processo de semeadura visa a adequada distribuição longitudinal das sementes no solo, juntamente com a sua profundidade de deposição, buscando se obter um estande uniforme.

Segundo Santos (2010), os mecanismos de corte do tipo discos podem ser encontrados em diferentes diâmetros e formatos. Quanto ao formato, os mais usuais são dos tipos liso, estriado, corrugado, ondulado e recortado. Os discos lisos, quando devidamente afiados, cortam melhor os resíduos vegetais e requerem menor peso e pressão das molas para penetração no solo.

Para Portella (2001), um sistema distribuidor eficiente é aquele que individualiza a semente contida no reservatório de maneira que ela não sofra dano mecânico e que tenha uma distribuição uniforme, conforme as exigências de cada cultura, assim a distribuição correta das sementes é considerada uma das principais funções de uma semeadora, sempre buscando alcançar a produtividade ideal.

O sucesso do SPD está diretamente relacionado à seleção e à eficiência dos componentes das semeadoras-adubadoras, bem como da adequação da velocidade de deslocamento e das características do solo e da cobertura vegetal (MAHL, 2004).

Mahl et al. (2004), após realizar ensaios variando a velocidade de semeadura, concluíram que, para as velocidades 4,4 e 6,1 km h<sup>-1</sup> a eficiência na distribuição de sementes de milho, além de ser semelhante, é significativamente melhor que na velocidade de 8,1 km h<sup>-1</sup>. Observaram ainda que a maior velocidade de semeadura proporcionou menor percentual de espaçamentos normais e aumento no percentual de espaçamentos múltiplos e falhos, maior coeficiente de variação e pior índice de precisão, contudo, não interferiu na população inicial de plantas. Mello et al. (2003) comprovaram que o aumento da velocidade na operação de semeadura de milho influenciou na uniformidade de distribuição longitudinal de plantas (distância entre plantas na mesma linha), porém não afetou a população final de plantas (estande) e a produtividade de grãos.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local**

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22°14'S, longitude de 54°59'W e altitude de 434 m. O clima da região é do tipo Am, monçônico, com inverno seco, e precipitação média anual de 1500 mm, e temperatura média anual de 22°C (ALVARES et al., 2013).

Foi cultivado soja em Latossolo Vermelho Distroférico, conforme descrito em Arcoverde et al. (2020), tendo na camada de 0,00 a 0,20 m 60% de argila, 15% de silte e 25% de areia. A área vem sendo conduzida há aproximadamente 10 anos com soja (*Glycine max*) no verão e milho (*Zea mays*) na segunda safra em sucessão.

#### **3.2 Delineamento experimental**

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso no esquema de parcela subdividida, onde a parcela foi os níveis de compactação e as subparcelas foram os dois tipos de mecanismo de corte de palhada e as duas velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadura da soja, com quatro repetições.

Os estados de compactação do solo nas parcelas foram: plantio direto há 10 anos sem compactação e sobre esse solo induziu-se cinco estados de compactação adicional por tráfego de trator com duas, quatro, seis, oito e 12 passadas dos rodados.

As velocidades de deslocamento foram medidas no momento da semeadura, pelo escalonamento de marchas do trator, resultando nas velocidades médias de 5,3 e 6,4 km h<sup>-1</sup>, com e sem uso de mecanismo de corte de palhada.

#### **3.3 Processo de compactação induzida**

No dia 15 de novembro, anteriormente à semeadura da soja, foram induzidos cinco estados de compactação adicional do solo por tráfego de trator agrícola. A compactação adicional foi realizada quando o solo possuía teor de água na camada de 0,00 a 0,20 m de  $26,0 \pm 1,5\%$ .

Para tanto, utilizou-se um trator agrícola modelo NH-8030 de potência no motor de 89,79 kW (122 cv), com rodado de pneus diagonais, bitola traseira de 1,73 metros, bitola dianteira de 1,83 metros e massa de 6,78 Mg com lastro e pressão de

insuflagem de 83 kPa nos pneus dianteiros (14.9-28 R1) e 83 kPa nos traseiros (23.1-30 R1), sendo 43% da massa distribuídas no eixo dianteiro e 57% no eixo traseiro (ARCOVERDE et al., 2020).

Para garantir os estados de compactação adicional, foi acoplado roçadora de massa de 0,5 Mg ao sistema hidráulico de três pontos desse trator, o que correspondeu a 7,28 Mg de massa sobre o solo em cada passada do trator (ARCOVERDE et al., 2020).

A pressão de contato dos pneus dianteiro e traseiro com o solo foi de 113 e 109 kPa, respectivamente, conforme descrito em Arcoverde et al. (2020).

O deslocamento do trator para a compactação do solo foi realizado na 3ª marcha reduzida com uma rotação de 2.200 rpm e velocidade de 5,3 km h<sup>-1</sup>, em toda a superfície da parcela, de forma que os pneus comprimiram áreas paralelas entre si, sendo o número de vezes trafegado em função do estado de compactação. O tráfego foi sobreposto ao anterior, de forma que toda área de cada parcela foi trafegada com número igual de vezes (VALADÃO et al, 2015; ARCOVERDE et al., 2020).

A caracterização física do solo em função dos tratamentos de compactação induzida é apresentada no Quadro 1. Os atributos físicos do solo foram determinados conforme descrito em Arcoverde et al. (2020).

QUADRO 1. Valores médios dos atributos físicos do solo por camada, em função dos estados de compactação adicional do solo na cultura da soja

Compactação	Camada (m)					
	0,00-0,10 m			0,10-0,20 m		
	Ma	Pt	Ds	Ma	Pt	Ds
	----- m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----	----- m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----	Mg m <sup>-3</sup>	----- m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----	----- m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> -----	Mg m <sup>-3</sup>
PD	0,10	0,56	1,43	0,11	0,53	1,43
PDc2	0,10	0,54	1,42	0,10	0,52	1,41
PDc4	0,10	0,54	1,53	0,10	0,54	1,40
PDc6	0,07	0,50	1,47	0,11	0,53	1,38
PDc8	0,12	0,55	1,42	0,14	0,55	1,33
PDc12	0,08	0,52	1,51	0,11	0,53	1,39

\*: significativo (p<0,05); \*\*: significativo (p<0,01); C.V.: coeficiente de variação. Ma = Macroporosidade; Pt = Porosidade total; Ds = Densidade do solo. Plantio direto há 10 anos (PD) e estados induzidos de compactação adicional por tráfego de trator em plantio direto em duas (PDc2), quatro (PDc4), seis (PDc6), oito (PDc8) e doze (PDc12).

### 3.4 Semeadura da soja

Antes da semeadura, o mecanismo de corte de palhada desenvolvido por Meurer e Reginaldo (2018), que é tratado aqui como mecanismo adaptado, foi acoplado à semeadora e levado a campo para verificar seus testes funcionais. O mecanismo de corte

adaptado (Figura 1A) foi instalado entre as linhas com o disco de corte original (Figura 2B).



(A)



Fonte: Meurer e Reginaldo (2018).

(B)

FIGURA 1. Mecanismo de corte de palhada construído (A) por Meurer e Reginaldo (2018) e o disco original da semeadora.

No dia 21 de novembro de 2018 foi realizada a semeadura da soja, retirando-se o mecanismo sulcador do solo da semeadora para não eliminar os possíveis efeitos negativos da compactação, sendo utilizado somente o disco de corte do dosador de sementes (BERGAMIN et al., 2010).

A semeadura da soja foi realizada no sentido contrário ao tráfego do trator, visando garantir que as plantas atingissem toda a área trafegada.

Foi semeada a cultivar Monsoy 6410 IPRO (grupo de maturação 6.4, crescimento indeterminado e ciclo 105-120 dias), utilizando-se uma semeadora-adubadora de plantio direto, modelo Solografic-4500 Directa, com nove linhas.

A densidade de semeadura foi de 13 sementes viáveis por metro, com espaçamento entre linhas de 0,45 m. A adubação consistiu na aplicação de 0,4 Mg ha<sup>-1</sup> da fórmula 05-25-06.

### 3.5 Avaliação da qualidade de semeadura

Para avaliar o estabelecimento inicial da cultura da soja, avaliou-se a distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plântulas, utilizando-se uma trena métrica, com resolução de 1 mm, para as medições na fileira central de cada unidade experimental.

A porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos foi obtida de acordo com as normas da ABNT (1984) e Kurachi et al. (1989), considerando-se as distâncias entre plântulas no campo (Dist), assim classificadas:

- Duplos (D): se  $\text{Dist} < 0,5 \times X_{\text{ref}}$
- Normais (A): se Dist estiver no intervalo de  $0,5 \times X_{\text{ref}} < \text{Dist} < 1,5 \times X_{\text{ref}}$
- Falhos (F): se  $\text{Dist} > 1,5 \times X_{\text{ref}}$

As avaliações foram realizadas em cada unidade experimental, na linha com dispositivo de corte de palhada e na mesma linha adjacente a esta, que continham os discos originais da semeadora-adubadora.

### **3.6 Análise dos dados**

Os dados dos atributos de qualidade de semeadura foram submetidos à análise de variância, e quando observada significância estatística a pelo menos 5% de probabilidade, os tratamentos foram comparados por meio do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 2 é apresentado o resumo da análise de variância do estande de plantas em função da compactação do solo, da velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora, do tipo de mecanismo de corte de palhada e da interação entre eles. Observa-se que o tipo de mecanismo de corte e sua interação com a velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado influenciaram significativamente o estande de plantas de soja.

QUADRO 2. Resumo da análise de variância para estande de plantas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio
Blocos	3	93,125	31,042
A - Compactação	5	36,958	7,392 <sup>ns</sup>
Resíduo A	15	47,375	
Parcelas	23	177,458	
B - Velocidade	1	1,042	1,042 <sup>ns</sup>
Interação A x B	5	66,208	13,242 <sup>ns</sup>
Resíduo B	18	96,250	
Subparcelas	47	340,958	
C - Dispositivo	1	26,042	26,042 <sup>*</sup>
Interação A x C	5	14,458	2,892 <sup>ns</sup>
Interação B x C	1	51,042	51,042 <sup>**</sup>
Interação A x B x C	5	25,208	5,042 <sup>ns</sup>
Resíduo C	36	144,250	
Total	95	601,958	

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. \*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> Diferença não significativa.

O teste de médias para os valores do estande de plantas por metro com os dois mecanismos de corte de palhada na semeadura é apresentado no Quadro 3. O valor médio do estande de plântulas observado para o mecanismo de corte de palhada adaptado foi maior em cerca 7,65% do valor observado para a deposição de sementes com o disco original da máquina. Um fato que pode explicar essa diferença está associado ao sistema de mola das rodas auxiliares de corte do dispositivo, no qual conduziu maior ação do disco de corte, abrindo e cortando com maior eficácia a palhada e o solo sem mesmo o uso do sulcador. A maior ação do disco de corte, leva a um melhor corte da palhada, que aumenta a germinação pelo fato de não ocorrer o envelopamento da semente quando enterrada no solo junto a palha.

QUADRO 3. Média do estande (plantas m<sup>-1</sup>), com uso dos dois dispositivos de corte de palhada na semeadora de soja

Corte de palhada	Estande (plantas m <sup>-1</sup> )
Mecanismo adaptado	14,7 a
Disco de corte original	13,6 b

Médias seguidas por mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quando se observa o valor médio do estande de plântulas em diferentes velocidades (Quadro 4) é possível verificar que para a velocidade de 5,3 km h<sup>-1</sup> não possui diferença estatisticamente entre os dois mecanismos de corte de palhada, no entanto essa diferença se torna significativa quando a velocidade é aumentada para 6,4 km h<sup>-1</sup>.

QUADRO 4. Média do estande (plantas m<sup>-1</sup>) em diferentes velocidades e com os dois discos de corte de palhada

Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Mecanismo Adaptado	Mecanismo Original
5,3	14,0 aA	14,6 aA
6,4	15,3 aA	12,8 bB

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nesse sentido, os resultados obtidos concordam com Pinheiro Neto et al. (2008), que observaram menores populações de plantas por hectare à medida que se aumenta a velocidade de deslocamento da semeadora em solo argiloso. Esse resultado só não reflete ao deste trabalho quanto à utilização de diferentes tipos de mecanismos de corte de palhada, uma vez que mecanismo adaptado proporcionou maior estande de plântulas, pois ele conduz um melhor corte de palhada e logo há uma melhor deposição de sementes, promovendo uma maior taxa de germinação.

No Quadro 5 é apresentada um resumo da análise de variância dos espaçamentos falhos em função da compactação do solo, velocidades de deslocamento do conjunto mecanizado, efeito do dispositivo do corte de palhada e a interação entre eles. Observou-se que a compactação do solo, velocidade de deslocamento e o dispositivo de corte não tiveram significância quanto ao espaçamento falho entre plantas na implantação da cultura da soja. Por outro lado, a interação entre a velocidade e o tipo de dispositivo de corte apresentou significância a 1% de probabilidade.

QUADRO 5. Resumo da análise de variância para espaçamentos falhos

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio
Blocos	3	1541,854	513,951
A - Compactação	5	1211,904	242,381 <sup>ns</sup>
Resíduo A	15	1585,292	
Parcelas	23	4339,051	
B - Velocidade	1	26,576	26,576 <sup>ns</sup>
Interação A x B	5	988,486	197,697 <sup>ns</sup>
Resíduo B	18	1567,210	
Subparcelas	47	6921,323	
C - Dispositivo	1	1,351	1,351 <sup>ns</sup>
Interação A x C	5	560,028	112,006 <sup>ns</sup>
Interação B x C	1	819,411	819,411 <sup>**</sup>
Interação A x B x C	5	834,361	166,872 <sup>ns</sup>
Resíduo C	36	3227,660	
Total	95	12364,133	

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. \*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> Diferença não significativa.

Dias et al. (2009) observaram, ao estudar os efeitos da velocidade de semeadura sobre a distribuição longitudinal de sementes para diferentes densidades populacionais de soja, que o aumento da velocidade reduziu o percentual de espaçamentos aceitáveis, aumentando o de espaçamentos falhos. O mesmo efeito foi observado por outros estudos (MELLO et al., 2003; LIU et al., 2004; MAHL et al., 2004), os quais verificaram efeito negativo do aumento da velocidade de trabalho na distribuição de sementes de soja, expresso pela redução do percentual de espaçamentos aceitáveis.

O teste de médias para espaçamentos falhos de plântulas em diferentes velocidades, com e sem o dispositivo de corte de palhada adaptado na semeadura é apresentado no Quadro 6.

QUADRO 6. Média de espaçamentos falhos (%) em diferentes velocidades e com e sem dispositivo de corte de palhada na semeadura de soja

Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Mecanismo Adaptado	Mecanismo Original
5,3	23,47 aA	17,86 aB
6,4	16,57 bB	22,65 aA

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na velocidade de 5,3 km h<sup>-1</sup> houve um aumento de espaçamentos falhos com a utilização do dispositivo em relação ao valor sem a utilização do mesmo, no entanto é possível verificar que a situação se torna contrária na velocidade de 6,4 km h<sup>-1</sup>, no qual há uma diminuição no percentual de espaçamentos falhos no uso do dispositivo e um aumento sem a utilização do mesmo. Nota-se que esse resultado pode ser atribuído ao fato de a maior velocidade de operação da semeadora (6,4 km h<sup>-1</sup>) permitir uma maior energia para ação do mecanismo de corte de palhada, levando a um melhor estande de plântulas (Quadro 4) e, conseqüentemente, reduzindo a porcentagem de espaçamentos falhos (Quadro 6).

Mahl et al. (2004) concluíram que a velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado na operação de semeadura da cultura da soja obteve efeito na distribuição longitudinal de plantas e na precisão da distribuição das plântulas, sendo os melhores resultados observados para velocidade de semeadura inferiores a 8,1 km h<sup>-1</sup>. O mesmo foi observado por Garcia et al. (2006) e Bottega et al. (2014), alegando o efeito negativo do aumento da velocidade de deslocamento na distribuição de sementes de soja, expresso pela redução do percentual de espaçamento aceitável entre plantas.

No Quadro 7 é apresentada um resumo da análise de variância para espaçamentos duplos em função da compactação do solo, velocidades de deslocamento do conjunto mecanizado, efeito do dispositivo do corte de palhada e a interação entre eles. Observou-se que houve significância do tipo de mecanismo de corte de palhada quanto ao espaçamento duplo de plantas na implantação da cultura da soja. Por outro lado, não houve significância da interação entre os fatores.

QUADRO 7. Resumo da análise de variância para espaçamentos duplos

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio
Blocos	3	500,001	166,667
A - Compactação	5	388,123	77,625 <sup>ns</sup>
Resíduo A	15	1529,897	
Parcelas	23	2418,021	
B - Velocidade	1	2,347	2,347 <sup>ns</sup>
Interação A x B	5	259,240	51,848 <sup>ns</sup>
Resíduo B	18	2317,110	
Subparcelas	47	4996,718	
C - Dispositivo	1	629,504	629,504 <sup>*</sup>
Interação A x C	5	387,613	77,523 <sup>ns</sup>
Interação B x C	1	167,772	167,772 <sup>ns</sup>
Interação A x B x C	5	723,185	144,637 <sup>ns</sup>

Resíduo C	36	5469,421
Total	95	12374,213

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. \*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> Diferença não significativa.

No Quadro 8 é apresentado o teste de médias para os valores de espaçamentos duplos em função do uso dispositivo de corte e o não uso do mesmo. Estudos realizados por Dambrós (1998) evidenciaram, assim como neste estudo, que a distribuição de sementes apresenta expressivo aumento de plantas duplas quando ocorre o aumento da velocidade. De acordo com estudos realizados por Mahl et al. (2004), a elevação da velocidade da semeadura reduz a qualidade da distribuição, proporcionando aumento na ocorrência de plantas duplas. Contudo é evidente que o dispositivo de corte de palhada possui uma melhor eficácia em relação a não utilização do mesmo, uma vez que o percentual de espaçamentos duplos apresenta menor valor (25,6%).

QUADRO 8. Média de espaçamentos duplos (%) com uso dos dois dispositivos de corte de palhada

Corte de palhada	Espaçamento duplo (%)
Mecanismo adaptado	25,59 b
Disco de corte original	30,71 a

Os dados observados neste estudo, concordam com resultados obtidos por diversos autores (MELLO et al., 2003; MAHL et al., 2004; GARCIA et al., 2006), os quais afirmam que em função do aumento da velocidade de trabalho, a distribuição longitudinal de sementes de soja fica comprometida.

A média dos tratamentos com velocidade de 5,3 km h<sup>-1</sup> obtiveram o melhor resultado estatísticos sem a utilização do dispositivo de corte de palhada, e os tratamentos com velocidade de 6,4 km h<sup>-1</sup> obtiveram os melhores resultados com a utilização do mecanismo de corte adaptado. O uso de velocidades de deslocamento mais elevadas pode comprometer a qualidade da semeadura (LIU et al., 2004; DIAS et al., 2009), pois com o aumento da velocidade de deslocamento, aumenta-se proporcionalmente a velocidade de rotação dos discos dosadores, o que reduz o tempo disponível para preenchimento dos furos com sementes.

No Quadro 9 é apresentada um resumo da análise de variância para espaçamentos normais em função da compactação do solo, velocidades de deslocamento

do conjunto mecanizado, efeito do dispositivo do corte de palhada e a interação entre eles. A interação entre a velocidade e o tipo de dispositivo de corte apresentou significância a 1% de probabilidade.

QUADRO 9. Resumo da análise de variância para espaçamentos normais

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio
Blocos	3	2279,037	759,679
A - Compactação	5	1471,058	294,212 ns
Resíduo A	15	3437,260	
Parcelas	23	7187,355	
B - Velocidade	1	13,128	13,128 ns
Interação A x B	5	613,236	122,647 ns
Resíduo B	18	4021,496	
Subparcelas	47	11835,214	
C - Dispositivo	1	689,510	689,510 ns
Interação A x C	5	917,672	183,534 ns
Interação B x C	1	1729,413	1729,413 **
Interação A x B x C	5	1221,490	244,298 ns
Resíduo C	36	8164,062	
Total	95	24557,363	

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. \*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ns Diferença não significativa.

Como observado por Garcia et al. (2006) o aumento velocidade de trabalho influencia na distribuição longitudinal de sementes de soja, comprometendo-a à medida em que se eleva a velocidade. No Quadro 10 demonstra exatamente este fato, quando se observa o mecanismo de corte de palhada original, vemos que na velocidade inferior (5,3 km h<sup>-1</sup>) o percentual de espaçamentos normais é maior.

QUADRO 10. Média de espaçamento normal (%) em diferentes velocidades e com os dois dispositivos de corte de palhada

Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Mecanismos Adaptado	Mecanismo Original
5,3	49,762 bA	52,891 aA
6,4	58,990 aA	45,142 aB

Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Podemos observar que o mecanismo de corte de palhada adaptado demonstra o melhor resultado na velocidade de 6,4 km h<sup>-1</sup>, no qual podemos perceber que seu percentual nos espaçamentos normais se torna superior dentre outros resultados observados aqui, comprovando sua eficiência na distribuição longitudinal de soja. Esse

resultado reforça na questão observada no Quadro 5 onde a maior velocidade de operação da semeadora ( $6,4 \text{ km h}^{-1}$ ) permite maior energia para ação do mecanismo de corte de palhada, levando a um melhor estado de plântulas.

## 5. CONCLUSÕES

A compactação do solo não influencia os indicadores de qualidade de semeadura, independente da velocidade de deslocamento adotada e do tipo de mecanismo de corte de palhada.

A velocidade de deslocamento de 6,4 km h<sup>-1</sup> ocasiona aumento dos espaçamentos falhos e duplos entre plântulas de soja, com o uso do disco de corte de palhada original da semeadora.

O mecanismo de corte de palhada adaptado proporciona maior eficácia na distribuição longitudinal das sementes da soja, quando maior velocidade é adotada na operação.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBIERO, D.; MACIEL, A.J.S.; MILAN, M.; MONTEIRO, L.A.; MION, R.L. Avaliação da distribuição de sementes por uma semeadora de anel interno rotativo utilizando média móvel exponencial. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.1, p.86-95, 2012.

ALMEIDA, R. A. S.; SILVA, C. A. T.; SILVA, S. L. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. **Agrarian**, Dourados, v. 3, n.7, p. 63-70, 2010.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAVOREK, G. Köppen' s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.5, p.711-728, 2013.

ARCOVERDE, S.N.S.; CORTEZ, J. W.; SOUZA, C.M.A. de. Análise de capacidade do processo de semeadura da cultura do milho de segunda safra. **Nucleus**, v. 14, p. 165-175, 2017a.

ARCOVERDE, S.N.S.; SOUZA, C.M.A.; CORTEZ, J. W.; MACIAK, P.A.G.; NAGAHAMA, H.J. Qualidade e variabilidade espacial na semeadura do milho de segunda safra. **Energia na Agricultura**, v. 32, p. 386-392, 2017b.

ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; CORTEZ, J. W.; ORLANDO, R. C. Soybean agronomic performance and soil physical attributes under tractor traffic intensities. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 40, n. 1, p. 113-120, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Semeadora de precisão - ensaio de laboratório - método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1994. 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Projeto de norma 04.015.06-004 - semeadoras de precisão: ensaio de laboratório - método de ensaio**. São Paulo, 1984. 26p.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole editora, 1990. 307p.

BERGAMIN, A. C.; VITORINO, A. C. T.; FRANCHINI, J. C.; SOUZA C. M. A.; SOUZA, F. R. Compactação em um Latossolo Vermelho Distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.681-691, 2010.

BETIOLI JÚNIOR, E.; MOREIRA, W.H.; TORMENA, C. A.; FERREIRA, C.J.B.; SILVA, A.P.; GIAROLA, N.F.B. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.971-982, 2012.

BOTTEGA, E. L.; BRAIDO, R.; PIAZZETTA, H. V. L.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N. Efeitos da profundidade e velocidade de semeadura na implantação da

cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 19, n. 2, p. 74-78, 2014.

CANOVA, R.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; CORTEZ, J. W. Distribuição de sementes por uma semeadora-adubadora em função de alterações no mecanismo dosador e de diferentes velocidades de deslocamento. **Engenharia na Agricultura**, v.15, n.3, 299-306, jul./set., 2007.

CASTILHO, K. B. **Atributos físicos, químicos e agrônômicos do milho em sistemas de manejo do solo**. 2014. 55f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias, Dourados, 2015.

COELHO, J. D. **Ensaio e certificação de máquinas para semeadura**. In: MIALHE, L, G. **Máquinas e agrícolas: ensaio e certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiros”, 1996. p. 55-70.

DAMBRÓS, R. M. **Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho com diferentes mecanismos dosadores**. 1998. 86 f. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Universidade de São Paulo - USP, Piracicaba, 1998.

DIAS, V. O. D.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B.; BONOTTO, G. J. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1721-1728, 2009.

FIGUEIREDO, L. H. A.; DIAS JUNIOR, M. S.; FERREIRA, M. M. Umidade crítica de compactação e densidade do solo máxima em resposta a sistemas de manejo num Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.487-493, 2000.

GARCIA, L. C.; JASPER, R.; JASPER, M.; FORNARI, A. J.; BLUM, J. Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.2, p.520-527, 2006.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. **Manejo e conservação de solos**. In: MILHO: informações técnicas. Circular Técnica do Centro de Pesquisa Agropecuária Oeste/EMBRAPA, n.5, p.39- 67, 1997.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. **Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento e dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes**. *Bragantia*, Campinas, v. 48, n. 2, p. 249-262, 1989.

LIU, W.; TOLLENAAR, M.; STEWART, G.; DEEN, W. Impact of planter type, planting speed, and tillage on stand uniformity and yield of corn. **Agronomy Journal**, n.96, p.1668–1672, 2004.

MAHL, D.; GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.1, p.150-157, 2004.

MANTOVANI, E. C.; LEPLATOIS, M.; INAMASSU, R. Y. Automação do processo de avaliação de desempenho de tratores e implementos em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1.241-1.246, 1999.

MELLO, L. M. M.; SILVA, R. P.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; BORSATTO, E. A. Distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho em função da velocidade de semeadura e tipos de dosadores. **Engenharia Agrícola**, v.23, n.3, p.563-567, 2003.

MEURER, F. J.; REGINALDO, L. S. **Modelagem e construção de um dispositivo para auxiliar o sistema de corte de palhada de semeadora-adubadora**. 2018. 41f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

MURRAY, J. R.; TULLBERG, J. N.; BASNET, B. B. **Planters and their Components: types, attributes, functional requirements, classification and description**. ACIAR Monograph nº 121. University of the Queensland, Australia, 2006. 178p.

MUZARANA, M.; LEVIEN, R.; MÜLLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo do solo: alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.4, p.1197-1206, 2011.

NUNES, N. R.; ANDRADE JUNIOR, V. C.; SILVA, E. B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 2, p. 291-299, 2003.

PINHEIRO NETO, R. et al. Desempenho de mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidades e condições de cobertura do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.30, p.611-617, 2008.

PORTELLA, J. A. **Semeadoras para plantio direto**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 252p.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998., 1998.

SANTOS, P. M. **Modelagem do desempenho em tração de conjuntos mecanizados visando ao dimensionamento do trator**. 2012. 154p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2010.

SANTOS, V. C.; SANTOS, P. R. A.; LIMA, I. O.; PEREIRA, V. R. F.; GONÇALVES, F. R.; CHIODEROLI, C. A. Desempenho de semeadora-adubadora em função da velocidade de deslocamento e do mecanismo sulcador de fertilizantes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.3, p.286-291, 2016.

SOUZA, C. M. A. de; RAFULL, L. Z. L.; ARCOVERDE, S. N. S.; BOTTEGA, E.L.; ORLANDO, R. C. Desempenho de semeadora-adubadora de milho de segunda safra em semeadura direta. **Agrarian**, v. 12, p. 346-353, 2019.

VALADÃO, F. C. A.; WEBER, O. L.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; SCARPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.243-255, 2015.

VIEGAS NETO, A. L.; SOUZA, C. M. A; ARCOVERDE, S. N. S; LIMA JÚNIOR, I. S.; PILETTI, L. M. M. Desempenho de semeadora-adubadora com dois mecanismos sulcadores e velocidades de semeadura. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.12, n. 2, 2020.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, p.873-882, 1984.

WEIRICH NETO, P. H.; FORNARI, A. J.; JUSTINO, A.; GARCIA, L. C. Qualidade na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.1, p.171-179, 2015.