

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E VELOCIDADE DE
SEMEADURA NA CULTURA DO MILHO**

EDUARDO ALVES GONÇALVES

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2019**

SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E VELOCIDADE DE SEMEADURA NA CULTURA DO MILHO

Eduardo Alves Gonçalves

Orientador: PROF. DR. JORGE WILSON CORTEZ

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados,
como parte das exigências para a obtenção do
título de Engenheiro Agrícola.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

G642s Gonçalves, Eduardo Alves
 Sistema de manejo do solo e velocidade de semeadura na cultura do milho [recurso eletrônico] /
 Eduardo Alves Gonçalves. -- 2019.
 Arquivo em formato pdf.

 Orientador: Jorge Wilson Cortez.
 TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.
 Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
 <https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

 1. Características fitotécnicas. 2. distribuição longitudinal de sementes. 3. semeadora-adubadora.
 4. sistema de cultivo. I. Cortez, Jorge Wilson. 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.

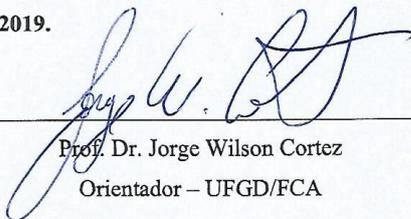
**SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO E VELOCIDADE DE SEMEADURA NA
CULTURA DO MILHO**

Por

Eduardo Alves Gonçalves

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do grau de Bacharel em ENGENHARIA AGRÍCOLA

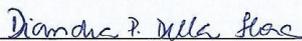
Aprovado em 12/11/2019.



Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez
Orientador – UFGD/FCA



Dr. Sálvio Napoleão Soares Arcoverde
UFGD/FCA



Me Diandra Pinto Della Flora
UFGD/FCA

UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais Ezequiel Aparecido dos Santos Gonçalves e Maria Luzia Alves Gonçalves, por serem meus anjos da guarda sempre me apoiando nessa longa caminhada, motivando-me a superar os diversos obstáculos encontrados pelo caminho, nunca deixando com que eu me afastasse dos meus sonhos e objetivos através de seus sábios conselhos.

Agradeço a meu irmão Alexandre Alves Gonçalves, por todo apoio dado nessa longa caminhada, sempre me apoiando e ajudando durante as dificuldades.

Agradeço a minha noiva Valéria dos Santos Zanatta por estar ao meu lado praticamente desde a infância me apoiando e me motivando a sempre buscar meus sonhos e objetivos.

Ao orientador Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez, por sua competência e dedicação tanto para comigo e colegas, buscando ao longo dessa jornada que nos tornemos excelentes profissionais.

Ao Prof. Dr. Sálvio Napoleão Soares Arcoverde, por sua competência e dedicação em transmitir seus conhecimentos.

Aos amigos que fizeram parte dessa trajetória: Livino dos Santos Zanatta, Rozirene dos Santos, Marcelo de Oliveira Ferreira, Wellington Rodrigues da Silva, Bruno Tadeu Santos Frutuoso, dentre outros nomes não citados.

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1 Aspectos econômicos da cultura do milho.....	8
2.2 Sistemas de manejo do solo.....	8
2.3 Velocidade de semeadura.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Local.....	12
3.2 Delineamento experimental.....	13
3.3 Insumos utilizados.....	14
3.4 Atributos avaliados.....	15
3.4.1 Resistência do solo à penetração.....	15
3.4.2 Estande e distribuição longitudinal.....	15
3.4.3 Componentes de produção.....	16
3.5 Análise dos dados.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1 Resistência do solo à penetração.....	17
4.2 Estande e distribuição longitudinal.....	18
4.3 Componentes de produção.....	19
5. CONCLUSÕES.....	22
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

GONÇALVES, E. A. **Sistemas de manejo do solo e velocidade de semeadura na cultura do milho**. 2019. 28f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

RESUMO

A qualidade de semeadura aliado ao adequado manejo do solo são fatores indispensáveis visando o bom estabelecimento da cultura do milho, bem como desenvolvimento e índices de produtividade satisfatórios. Objetivou-se avaliar sistemas de manejo do solo e velocidades de semeadura, nas características agronômicas, distribuição longitudinal da cultura do milho e resistência do solo à penetração. O experimento foi realizado na FAECA - Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, utilizando-se do delineamento em blocos ao acaso, em esquema de parcela subdividida, com quatro repetições. Os sistemas de manejo do solo foram: sem mobilização, subsolagem a 0,35 m, subsolagem a 0,35 m mais a gradagem destorroadora-niveladora, subsolagem cruzado a 0,35 m mais uma gradagem destorroadora-niveladora, gradagem destorroadora-niveladora, aração a 0,40 m com arado de aivecas seguido de duas gradagens destorroadora-niveladoras. E as velocidades de semeadura foram: 3,1; 5,1; 5,8; 7,9 km h⁻¹. Avaliou-se a resistência do solo à penetração e, nas plantas altura de plantas, diâmetro do colmo, altura da primeira espiga, estande final, distribuição longitudinal de plantas em espaçamentos normal, falho e duplo, bem como massa de 1000 grãos e produtividade. Os sistemas de manejo do solo e as velocidades de semeadura não influenciaram a resistência do solo à penetração, bem como as características agronômicas e distribuição longitudinal da cultura do milho, sugerindo assim a não mobilização do solo associado à semeadura do milho em maior velocidade (7,9 km h⁻¹). O solo da área experimental foi um Latossolo Vermelho Distroférrico.

Palavras-chave: características fitotécnicas, distribuição longitudinal de sementes, semeadora-adubadora, sistema de cultivo.

GONÇALVES, E. A. **Soil management systems and sowing speed in corn crop.** 2019. 28f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

ABSTRACT

The quality of sowing allied to the proper management of the soil are indispensable factors aiming the good establishment of the corn crop, as well as the development and satisfactory yield indexes. The objective of this study was to evaluate soil management systems and sowing speeds on agronomic characteristics, longitudinal distribution of corn crop and soil resistance to penetration. The experiment was carried out at FAECA - Experimental Farm of Agrarian Sciences of the Federal University of Grande Dourados - UFGD, using a randomized complete block design with four replications. The soil management systems were: without mobilization, subsoiling at 0.35 m, subsoiling at 0.35 m plus the destroying grader, 0.35 m cross-subsoiling plus a destroying grader, destroying grader, plowing at 0.40 m with moldboard plow followed by two grader-leveling harrows. And the sowing speeds were: 3.1; 5.1; 5.8; 7.9 km h⁻¹. Soil resistance to penetration and plant height, stem diameter, first ear height, final stand, longitudinal distribution of plants in normal, faulty and double spacing, as well as 1000 grain mass and yield were evaluated. Soil management systems and sowing speeds did not influence soil resistance to penetration, as well as agronomic characteristics and longitudinal distribution of corn crop, thus suggesting no soil mobilization associated with higher sowing of corn (7,9 km h⁻¹). The soil of the experimental area was a dystroferric Red Latosol.

Keywords: phytotechnical characteristics, longitudinal distribution of seed, fertilizer-seeder, cultivation system.

1. INTRODUÇÃO

A produtividade dos cultivares podem ser relacionadas as praticas utilizadas desde o preparo do solo até o momento da colheita das mesma. O preparo mecanizado do solo tem como finalidade melhorar as propriedades físicas do mesmo, afim de conferir condições adequadas para o desenvolvimento da cultura, porém o mesmo aplicado de forma inadequada pode causar deterioração de tais propriedades. Os sistemas conservacionistas surgiram para sanar problemas advindos do sistema de preparo convencional, proporcionando o mínimo de mobilização do solo e mantendo os restos culturais das culturas anteriores ao ciclo produtivo (RICHART et al., 2005).

Para o bom estabelecimento da cultura do milho é de fundamental importância a qualidade da semeadura. No sistema planto direto, a eficiência desta operação está associada a aspectos relevantes que devem ser observados durante o corte da palhada, abertura e fechamento dos sulcos e quanto à distribuição de semente e de fertilizante no solo (JASPER et al., 2011). Fatores operacionais, como erro na distribuição, deposição e profundidade das sementes feita pela semeadora, podem ser influenciados pela velocidade na operação de semeadura do milho (BOTTEGA et al., 2014a; BOTTEGA et al., 2014b; VIAN et al., 2016). A velocidade influencia diretamente a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes, que é essencial para um estande adequado de plantas e, conseqüentemente, para a melhoria da produtividade das culturas (SANTOS et al., 2011; SANGOI et al., 2012).

Portanto, objetivou-se avaliar sistemas de manejo do solo e velocidades de semeadura, na resistência do solo à penetração, distribuição longitudinal e as características agrônômicas da cultura do milho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos econômicos da cultura do milho

A segunda safra de milho possui grande importância para o agronegócio brasileiro, sendo o terceiro maior produtor mundial, com área e produção anual de 17 milhões de hectares semeados e quase 100 milhões de toneladas produzidas. Diante disso, a segunda safra tem ganhado grande destaque, pois a mesma conta com uma área de 12 milhões de hectares semeados e mais de 68 milhões de toneladas produzidas na safra 2017 (IBGE, 2018). Conforme relatado por Arcoverde et al. (2016), no Mato Grosso do Sul, os rendimentos advindos dessa modalidade de exploração são iguais ou superiores aos obtidos nas semeaduras em época normal.

2.2 Sistemas de manejo do solo

O uso intensivo do solo sem respeitar a sua capacidade de uso tem causado degradação da qualidade deste recurso. Isso tem causado preocupação quanto à sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola, como os de produção de grãos. Sistemas conservacionistas de manejo do solo têm sido adotados por priorizarem a manutenção e cobertura do solo nas áreas cultivadas (ARGENTON et al., 2005).

Com a intensificação dos sistemas de cultivo mecanizados tem sido observado a diminuição no tamanho dos agregados do solo, aumento da densidade do solo, redução da porosidade total e aumento da resistência do solo à penetração. Assim, isso influencia diversas propriedades físicas no solo, sobretudo a densidade, que se relaciona, principalmente, à capacidade de penetração das raízes e da difusão de oxigênio, desenvolvimento das plantas e a produtividade, e pela absorção de água e nutrientes pelas raízes (STEFANOSKI et al., 2013).

A resistência do solo a penetração esta fortemente relacionada ao desenvolvimento das culturas agrícolas (HOAD et al., 2001), onde a mesma oferece resistência ao desenvolvimento das raízes em relação a comprimento e diâmetro. O sistema de plantio direto por se tratar em um sistema com mobilização mínima que preserva os restos culturais, tende a apresentar maiores valores de resistência a penetração em sua camada superficial devido ao aumento da densidade do solo (DE

MARIA et al., 1995), porém o correto manejo do solo no sistema de plantio direto confere uma melhor estruturação do solo devido a alta taxa de matéria orgânica que é incorporada ao mesmo, promovendo canais na estrutura do solo onde os mesmos fornecerão fluxo de ar adequado e alta taxa de infiltração (SEIXAS et al., 2005).

Com a finalidade de reduzir os problemas de degradação do solo tem sido adotadas práticas que reduzem a movimentação do solo como por exemplo o plantio direto e escarificação (MUZARANA et al., 2011).

No preparo reduzido usa-se práticas conservacionistas que visam menor mobilização do solo, de forma que grande parte da área esteja coberta com resíduo de culturas anteriores, cobertura viva com plantas vivas ou cobertura verde, acarretando em menor gasto de energia, aumento da concentração de matéria orgânica, melhoria das condições físicas e químicas do solo, bem como a prevenção de erosões. (COGO et al., 2003; ARGENTON et al., 2005).

O sistema plantio direto ou semeadura direta consiste, basicamente, na mínima mobilização do solo, somente na linha de semeadura, aliado à manutenção da cobertura vegetal no solo, considerando ainda a rotação ou sucessão de cultura, respectivamente. Esse sistema conservacionista visa proteger o solo contra erosões e, a medida em que os resíduos culturais vão se decompondo, ocorre a liberação de nutrientes às plantas (KAPPES et al., 2013).

Utilizando-se o cultivo do milho safrinha em sucessão ao feijão das águas, com o objetivo de se verificar os efeitos dos sistemas de semeadura direta (SD), preparo do solo com arado de aivecas (AA), arado de discos (AD), grade pesada (GP) e enxada rotativa (ER) sobre a produtividade e características agronômicas da cultura, Possamai et al. (2001) observaram, no SD, menor número de dias para florescimento, maiores populações de plantas, maior diâmetro de colmo, maior altura de plantas, maior altura de inserção da primeira espiga, maior número de espigas por hectare, maior índice de espigas de milho e maior produtividade, sendo, portanto, o mais indicado para o cultivo do milho safrinha na região de Viçosa (MG).

Castilho (2015) no entanto, avaliando o diâmetro, altura da planta, altura de inserção da primeira espiga (AIPE), massa de 100 grãos e produtividade do milho, verificou que não houve diferenças significativas em todos os sistemas de manejo, atribuindo esse resultado à recente implantação dos sistemas.

2.3 Velocidade de semeadura

A cultura do milho por não perfilhar necessita de um adequado estande para alcançar boa produtividade. Assim a qualidade da semeadura na cultura do milho é fundamental visando estabelecimento e produção satisfatórios. A velocidade de conjuntos trator-semeadora afeta diretamente a capacidade operacional, porém, também está associada a ação dos mecanismos das semeadoras de plantio direto, desde a abertura do sulco até a deposição de sementes (JASPER et al., 2011).

Nesse sentido, a ação destes mecanismos das semeadoras depende de vários fatores, como cobertura do solo, seu teor de água e preparo. Trabalhos de pesquisas demonstram que o aumento da velocidade influencia diretamente a distribuição longitudinal de plantas de milho, normalmente prejudicando a uniformidade de distribuição (BOTTEGA et al., 2104a; BOTTEGA 2014b). Isso pode ser explicado porque a utilização de semeadoras em altas velocidades 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 das sementes e, conseqüentemente, a população de plantas (NASCIMENTO et al., 2014).

Weirich Neto et al. (2015) destacam outros fatores como principais motivos para a redução da qualidade de semeadura, dentre disco e/ou anel inadequados para a peneira do híbrido, pressão imprópria no sistema pneumático, falta ou excesso de grafite, tratamento de sementes com elevada abrasividade, posicionamento das sementes dentro do sulco, ataque de pragas, umidade do solo, contato solo-semente dificultado pela quantidade de palha no sistema de semeadura direta, umidade do solo inadequada para semeadura, abertura e fechamento do sulco.

Santos et al. (2011) e Melo et al. (2013) observaram que a velocidade de deslocamento na semeadura do milho influencia o percentual de espaçamentos normais e falhos, verificando-se em ambos os trabalhos aumento significativo dos falhos e redução dos normais com o incremento da velocidade.

Bottega et al. (2018) avaliaram o desempenho de semeadoras-adubadoras equipadas com disco horizontal perfurado e sistema pneumático em três velocidades (4, 6 e 8 km h⁻¹) na cultura de milho em um Latossolo Vermelho Distroférrico sob sistema de plantio direto. Verificaram que a utilização do dosador pneumático resultou em melhor formação de estande, diminuindo os espaçamentos falhos e duplos, enquanto o

aumento na velocidade do conjunto ocasionou falhas na distribuição longitudinal de sementes, aumentando a ocorrência de falhos e duplos. Enquanto Alonço et al. (2015) verificaram diferenças na distribuição longitudinal de sementes de algodão e girassol em função do tipo de mecanismo dosador pneumático, bem como redução dos espaçamentos normal e aumento do falho com o incremento da velocidade (5,0; 7,5 e 10,0 km h⁻¹), destacando que nenhum dosador pneumático apresentou uniformidade de espaçamentos aceitáveis de 90%.

Trogello et al. (2013) avaliaram o desenvolvimento e produtividade da cultura do milho submetido a diferentes métodos de manejo de palhada, mecanismos sulcadores e velocidades de operação. Avaliando a profundidade de deposição de sementes, área de solo mobilizada, uniformidade de distribuição de sementes, estande inicial de plantas, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e produtividade da cultura; observaram que a velocidade do conjunto motomecanizado influenciou significativamente os espaçamentos normais, falhos e duplos, sendo que a velocidade de 7 km h⁻¹ apresentou elevação de 63,5% dos espaçamentos falhos, 62,3% dos espaçamentos duplos e conseqüentemente redução dos espaçamentos aceitáveis, em relação à velocidade de semeadura de 4,5 km h⁻¹.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O trabalho foi conduzido na FAECA – Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22°14'S, longitude de 54 °59'W e altitude de 434 m. O clima é do tipo Am, monçônico, com inverno seco, com precipitação média anual de 1500 mm, e temperatura média de 22 °C (ALVARES et al., 2013). O solo da área é um Latossolo Vermelho Distroférico, cuja análise textural é apresentada no Quadro 1.

QUADRO 1. Análise textural do Latossolo Vermelho da Fazenda Experimental da UFGD, Dourados (MS).

Camadas (m)	Argila	Silte	Areia
	-----%-----		
0,00-0,10	59,78	21,73	18,49
0,10-0,20	59,26	22,24	18,50
0,20-0,30	62,31	19,79	17,91
0,30-0,40	62,83	20,23	16,94
0,40-0,50	64,31	18,90	16,79
0,50-0,60	64,86	19,72	15,42

Fonte: adaptado de RODRIGUES (2014)

A área experimental foi conduzida por mais de 10 anos sob sistema plantio direto até março de 2013. A área recebeu aplicação de 3000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, o qual foi incorporado no ano de 2013. Antes da instalação desta área experimental a área foi preparada com arado de discos (0,30 m de profundidade), seguido de gradagem destorroadora-niveladora (0,15 m de profundidade), seguido de subsolagem com equipamento de 5 hastes (0,50 m de profundidade) e nova gradagem destorroadora-niveladora (0,15 m de profundidade) para nivelar o terreno. Para estabelecer uma cultura de cobertura foi semeada aveia (60 sementes por metro a 0,04 m de profundidade e espaçamento de 0,20 m entre linhas) no dia 21 de maio de 2013, a qual posteriormente foi dessecada e manejada com triturador de palhas. Na safra 2013/2014, no verão, foi semeada a cultura da soja e posteriormente na safrinha de 2014 a semeadura do milho. Dessa safra em diante, ocorreu sempre soja verão e milho safrinha até o ano de 2018, intuito deste trabalho.

Durante a condução do experimento de março a julho de 2018, podem ser observados os dados meteorológicos obtidos da estação experimental da Embrapa Agropecuária Oeste (Figura 1).

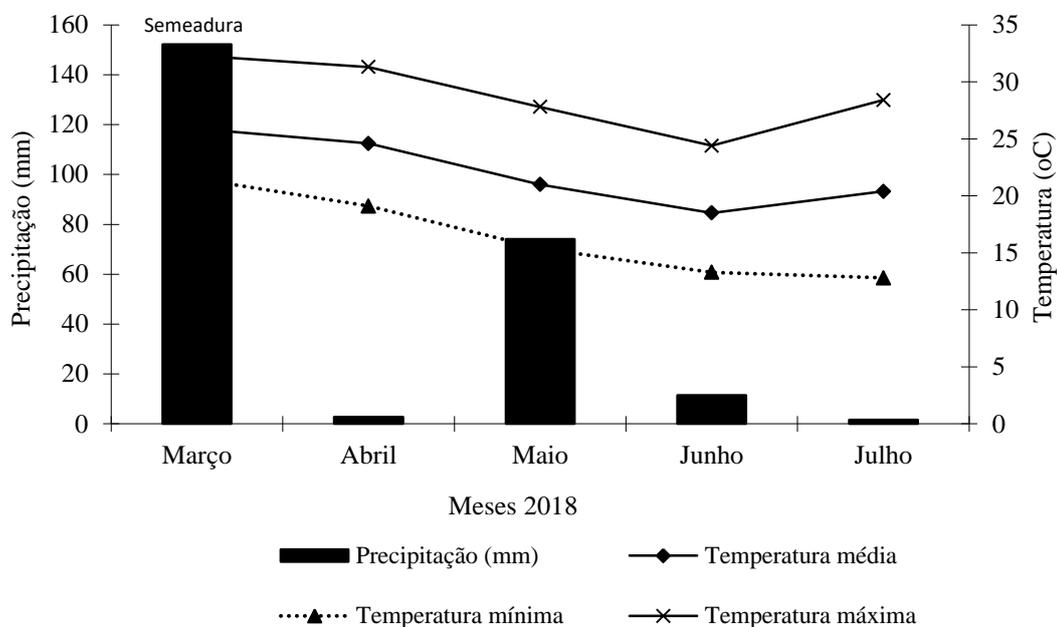


FIGURA 1. Dados meteorológicos mensais (precipitação pluviométrica e temperatura) no ano de 2018 obtido da estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste.

3.2 Delineamento experimental

O experimento foi instalado no delineamento em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições (blocos). Os tratamentos foram compostos por seis sistemas de manejos de solo (Quadro 2): 5 anos sem preparo (SP), uma gradagem média (GM), uma operação de subsolagem (S), uma operação de subsolagem e uma gradagem média (S+GM), subsolagem cruzada e uma gradagem média (SC+GM) e uma operação de aração e duas gradagens médias (A+2GM).

As velocidades aplicadas nas subparcelas no momento da sementeira, pelo escalonamento de marchas do trator, resultou nas velocidades médias de 3,1; 5,1; 5,8; 7,9 km h⁻¹. As subparcelas foram consideradas as passadas da sementeira no momento da sementeira do milho.

Cada parcela experimental ocupou área aproximadamente 15 x 19 m (285 m²). No sentido longitudinal entre as parcelas, foi reservado um espaço de 12 m, destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e estabilização dos conjuntos.

3.3 Insumos utilizados

No preparo das parcelas dos sistemas de manejo do solo utilizou-se: subsolagem de cinco hastes, com ponteira estreita de 0,08 m de largura a 0,35 m de profundidade com disco de corte de palha e rolo destorroador (tratamentos com subsolagem); arado de aivecas recortadas com 0,40 m de profundidade (preparo convencional); grade destorroadora-niveladora, tipo off-set, de arrasto, com 20 discos de 0,51 m de diâmetro (20") em cada seção, sendo na seção dianteira discos recortados e lisos na traseira, na profundidade de 0,15 m. O manejo do solo foi realizado antes da implantação da cultura de verão de 2017, que foi a soja.

Para as operações de preparo utilizou-se de trator Massey Ferguson MF292, 4x2 TDA, com 67,71 kW (92 cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2400 rpm, com pneus dianteiros 7.50-18 e traseiros 18.4-34, e massa de 3.400kg, e um trator New Holland 8030 4x2 TDA com 89,79 kW (122 cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2200 rpm, com pneus dianteiros 14.9-58, e traseiros 23.1-30, e massa de 4.510 kg, na operação de subsolagem. Para a pulverização utilizou-se um trator Massey Ferguson MF 265 4x2 TDA com 42 kW (65cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2200 rpm, com pneus dianteiros 7.00-16, e traseiros 12.4-11, e massa de 2.590 kg, e pulverizador KO Cross-s 2000 com pneus 9.5-24, e 14 m de barra.

A semeadura do milho foi em março de 2018 com uma semeadora-adubadora do tipo disco horizontal com haste sulcadora para adubo e disco duplo para semente. As sementes foram semeadas a 0,05 m de profundidade e espaçamento de 0,9 m, com densidade de 4 sementes por metro do cultivar AG9000VTPRO3. Os demais tratamentos culturais das culturas foram com base nos aspectos agronômicos do híbrido.

3.4 Atributos avaliados

3.4.1 Resistência do solo à penetração

Para a coleta dos dados de resistência do solo à penetração (RP) foi utilizado um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, adaptado pela KAMAQ (STOLF et al., 1991), com massa de 4 kg com impacto de curso em queda livre de 0,40 m; cone com 0,0128 m de diâmetro e ângulo sólido de 30°; e haste com diâmetro aproximado de 0,01 m.

Os dados de RP foram coletados a cada 1,0 m de largura x 0,10 m de profundidade até 0,40 m de profundidade, totalizando 8 replicações por parcela de manejo do solo transversalmente ao tráfego de máquinas na área. Os dados obtidos pela contagem sucessiva do número de impactos do penetrômetro, foram transformados em resistência dinâmica (MPa) por meio da Equação 1.

$$RP(MPa) = 0,56 + 0,689 \times N(\text{Impactos } dm^{-1}) \quad (1)$$

Os dados de RP foram classificados de acordo com escala de limite crítico de resistência do solo à penetração de (MORAES et al., 2014), que destaca que para solo Latossolo Vermelhos distroféricos, em sistema de preparo convencional o limite crítico é de 2,0 MPa, enquanto que no sistema de preparo mínimo é de 3,0 Mpa e 3,5 Mpa no sistema plantio direto.

O teor de água no solo foi determinado por meio de amostras deformadas coletadas nas profundidades de 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40 m no centro de cada parcela pelo do método gravimétrico (DONAGEMA et al., 2011). Os dados do teor de água foram próximos a capacidade de campo do solo.

3.4.2 Estande e distribuição longitudinal

Para avaliar o estabelecimento da cultura do milho, avaliou-se o estande e distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plântulas, utilizando-se uma fita métrica, com precisão de 0,5 cm, para as contagens e medições em dois metros, em duas fileiras, de cada subparcela, após a emergência das plântulas.

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 porcentagens de espaçamentos: "duplos" (D): $\leq 0,5$ vez o Xref. (valor de referência), normais" (A): $0,5 \leq Xref. \leq 1,5$, e "falhos" (F): $\geq 1,5$ o Xref. O valor de referência foi obtido divisão entre o valor de 1 m (100 cm) pelo número médio de plântulas (4,42) tendo o valor de 22,63 cm (Xref.).

3.4.3 Componentes de produção

A altura de plantas foi efetuada pela medição em 10 plantas (plantas) na subparcela, e os valores expressos em média por parcela, tomando como base a inserção da folha bandeira.

O diâmetro do colmo foi efetuada pela medição em 10 plantas por subparcela, tomando como base a região do colo da planta (± 5 cm de altura). Utilizou-se para medir o diâmetro do colmo um paquímetro digital com precisão de 0,1 mm.

As determinações da altura de inserção da primeira espiga (AIPE) foram avaliadas pela medição em 10 plantas consecutivas na fileira central de cada subparcela, tomando-se como base a inserção da mesma no caule.

A massa de 1000 grãos foi obtida pela aferição da massa em oito replicações para cada subparcela, segundo metodologia das regras de análises de sementes proposta pelo Brasil - Ministério da Agricultura (Brasil, 2009).

A colheita foi realizada em julho de 2018 coletando-se as espigas em duas fileiras de cinco metro que foram submetidas a trilha mecânica e obtendo-se a massa de grãos que foi extrapolada para produtividade (kg ha^{-1}) cuja massa foi corrigida para 13 % de umidade.

3.5 Análise dos dados

Os dados de RP, estande, distribuição longitudinal de plântulas de milho e dos componentes de produção foram submetidos a análise de variância; quando significativa realizou-se o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para comparação de médias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resistência do solo à penetração

Quanto à resistência do solo à penetração não houve diferença significativa entre os fatores manejo do solo (Quadro 2).

QUADRO 2. Síntese da análise de variância e do teste de médias para a resistência do solo à penetração em função dos sistemas de manejo.

Fator	Camadas (m)			
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40
Manejo (M)				
S	3,77	4,74	4,33	3,78
SC	4,15	5,10	4,04	3,84
SG	4,82	5,58	4,55	4,60
GR	3,95	5,29	4,76	5,21
SM	3,56	4,84	4,61	4,18
AG	3,28	4,67	4,19	4,01
Teste F				
M	2,12 ns	0,67 ns	0,65 ns	0,92 ns
C.V. (%)	18,70	17,10	15,35	26,67

ns: não significativo ($p > 0,05$); *: significativo ($p < 0,05$); C.V.: coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Subsolação (S); Subsolação Cruzada mais gradagem (SC); Subsolação + Grade (EG); Gradagem (GR); Sem mobilização (SM) e Aração + Gradagem (AG)

Os dados de RP foram classificados de acordo com a metodologia proposta pelo Moraes et al. (2014) que estabelecem 2,0 MPa como limite crítico de resistência do solo à penetração para Latossolos Vermelhos distroféricos, em sistema de preparo convencional, 3,0 MPa no sistema de preparo mínimo e 3,5 MPa no sistema plantio direto para a maioria das culturas. Assim, os dados deste experimento apresentaram para todos os tratamentos e camadas valores acima das especificações citadas, o que se pode considerar os sistemas como compactado.

Silva et al. (2000) comparando os sistemas de cultivo, plantio direto e preparo reduzido, verificaram maiores valores de resistência à penetração, cerca de 1,6 vezes maiores para o sistema de plantio direto em relação ao preparo reduzido, quando o solo estava mais úmido, e cerca de 3,0 vezes quando o solo estava mais seco, relatando que esse estado diferenciado de compactação é o principal fator que limita a adoção do sistema de plantio direto. Todavia, salientaram que isso não foi um fator limitante à produção da soja, uma vez que, durante o ciclo da cultura, períodos com maior conteúdo

de água no solo ocasionaram menores valores de resistência mecânica do solo, possibilitando o desenvolvimento das raízes.

Embora os valores médios de resistência à penetração verificados para os sistemas de manejo nas camadas 0,00-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m tenham ficado entre 3,0 e 4,0 MPa, faixa considerada crítica para o desenvolvimento radicular (VAZ et al., 2011; BETIOLI JÚNIOR et al., 2012; GUIMARÃES et al., 2013), é possível a ocorrência de variabilidade espacial e temporal da resistência à penetração, o que pode ou não evidenciar necessidade de manejo localizado para descompactação (CORTEZ et al., 2018).

4.2 Estande e distribuição longitudinal

Analisando-se os valores médios do estande e distribuição longitudinal de plantas em espaçamentos normal, falho e duplo, observa-se que não houve diferença significativa entre as médias para estande de plantas e distribuição longitudinal de plantas de milho para os sistemas de manejo e velocidades de semeadura (Quadro 3). Ressalta-se que, esperava-se com o incremento da velocidade de semeadura do milho, ocorresse aumento do percentual de espaçamentos falhos e redução dos normais (SANTOS et al., 2011; MELO et al., 2013; DIAS et al., 2014) e conseqüentemente menor estande de plantas (NASCIMENTO et al., 2014).

Santos et al. (2016) estudando em um Argissolo Vermelho Amarelo com textura franco arenosa o efeito de dois mecanismos sulcadores (disco duplo e haste sulcador) e três velocidades de semeadura (4,7; 6,3 e 8,7 km h⁻¹), observaram na maior velocidade pior distribuição de sementes com uso da haste. No entanto, Garcia et al. (2011) avaliando a semeadura da cultura do milho em diferentes velocidades de operação, observaram que a elevação da velocidade de 2,5 para 4,4 km h⁻¹ propiciou incremento de profundidade de 30,2%, fato este que pode prejudicar a emergência, reduzindo o estande final.

QUADRO 3. Síntese da análise de variância para estande e distribuição longitudinal de plantas de milho em espaçamentos normal, falho e duplo.

Fator	Estande (plantas por metro)	Espaçamento		
		Normal (%)	Falho (%)	Duplo (%)
Manejo (M)				
S	4,51	75,71	16,72	7,56
SC	4,51	78,33	15,12	6,53
SG	4,20	75,02	19,67	5,11
GR	4,47	78,33	18,05	3,61
SM	4,47	77,49	17,17	5,32
AG	4,34	75,60	18,44	5,96
Velocidade (V)				
3,1 km h ⁻¹	4,56	80,40	14,59	5,01
5,1 km h ⁻¹	4,26	75,51	18,65	5,83
5,8 km h ⁻¹	4,43	76,18	19,09	4,73
7,9 km h ⁻¹	4,43	75,03	17,80	7,16
Teste F				
M	0,72 ns	0,32 ns	0,44 ns	2,10 ns
V	1,66 ns	1,15 ns	0,93 ns	1,04 ns
M x V	0,78 ns	1,11 ns	1,14 ns	0,76 ns
C.V. Parcela (%)	13,13	13,29	53,71	65,35
C.V. Sub (%)	10,63	14,59	59,08	92,39

ns: não significativo ($p > 0,05$); *: significativo ($p < 0,05$); C.V.: coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Subsolação (S); Subsolação Cruzada mais gradagem (SC); Subsolação+ Grade (EG); Gradagem (GR); Sem mobilização (SM) e Aração + Gradagem (AG)

4.3 Componentes de produção

Analisando-se os valores médios do diâmetro, altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga (AIPE), observa-se que não houve diferença significativa entre as médias em função dos diferentes sistemas de manejo (Quadro 4). Discordando de Possamai et al. (2001) que verificara, no cultivo mínimo, maior diâmetro de colmo, maior altura de plantas e maior altura de inserção da primeira espiga.

Ressalta-se que a cultura do milho é muito influenciada pelas condições ambientais durante o seu ciclo. Segundo Vian et al. (2016) a variabilidade espacial e temporal de fatores ambientais, como a precipitação, influenciam sensivelmente a produção da cultura do milho. Características fenotípicas, como altura e diâmetro são mais influenciadas pelo fator genético do que pelos fatores edafoclimáticos.

QUADRO 4. Síntese da análise de variância e do teste de médias para as características agrônômicas diâmetro do caule, altura de planta e altura de inserção da primeira espiga (AIPE).

Fator	Diâmetro (mm)	Altura de plantas (cm)	AIPE (cm)
Manejo (M)			
S	16,79	189,54	82,04
SC	17,63	183,25	82,60
SG	16,95	177,75	79,71
GR	16,38	174,52	77,79
SM	16,59	174,11	74,26
AG	17,08	175,67	77,13
Velocidade (V)			
3,1 km h ⁻¹	16,27 b	170,73 b	73,86 b
5,1 km h ⁻¹	16,82 b	181,77 a	80,58 a
5,8 km h ⁻¹	17,84 a	183,65 a	82,67 a
7,9 km h ⁻¹	16,67 b	180,41 a	78,57 a
Teste F			
M	0,67 ns	1,61 ns	0,89 ns
V	7,85**	7,93**	7,01*
M x V	0,50 ns	0,75 ns	1,21 ns
C.V. Parcela (%)	12,62	10,72	17,00
C.V. Sub (%)	6,93	5,59	8,82

ns: não significativo ($p > 0,05$); *: significativo ($p < 0,05$); C.V.: coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Subsolagem (S); Subsolagem Cruzada mais gradagem (SC); Subsolador+ Grade (EG); Gradagem (GR); Sem mobilização (SM) e Aração + Gradagem (AG)

A velocidade de semeadura influenciou os fatores diâmetro, altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga (Quadro 4). Pelas análises de regressão verificou-se significância quadrática apenas para a AIPE, no entanto com R^2 menor que 1%, o que não representa o fenômeno. A regressão para diâmetro e altura de plantas não foram significativas na linear, quadrática ou cúbica.

Pode-se observar no Quadro 5 que a massa de 1000 grãos foi influenciada pelo fator manejo no teste de F, mas pelo teste de Scott-Knott as médias foram iguais (Quadro 5). O fator velocidade não influenciou a produtividade e massa de 1000 grãos, provavelmente devido a uniformidade de estande e distribuição longitudinal. Estudando diferentes sistemas de manejo do solo e plantas de cobertura, Kappes et al. (2013) verificaram maiores valores de produtividade de milho em plantio direto, em relação à subsolagem/grade leve e grade pesada/grade leve, somente quando foi cultivo milheto+crotalária como cultura antecessora/ no entanto, ao semear tais culturas antecessoras de forma isolada, não se verificou diferenças entre os sistemas de manejo do solo. Todavia, não verificaram influência dos sistemas de manejo sobre a massa de

1000 grãos, somente das culturas de cobertura exceto pra o sistema com grade pesada+leve. Explicaram, ainda, que devido às diferenças quanto à relação C/N para as coberturas, pode disponibilizar mais ou menos N às plantas de milho.

QUADRO 5. Síntese da análise de variância e do teste de médias para produtividade e massa de 1000 grãos de milho.

Fator	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Massa 1000 grãos (g)
Manejo (M)		
S	3338,28	302,84 a
SC	3499,61	302,08 a
SG	3502,34	302,54 a
GR	3049,45	288,89 a
SM	3260,16	313,47 a
AG	3478,52	315,32 a
Velocidade (V)		
3,1 km h ⁻¹	3261,20	300,67
5,1 km h ⁻¹	3502,23	311,99
5,8 km h ⁻¹	3400,00	305,14
7,9 km h ⁻¹	3255,47	298,97
Teste F		
M	1,56 ns	3,01*
V	0,74 ns	0,77 ns
M x V	0,46 ns	0,83 ns
C.V. Parcela (%)	17,11	7,22
C.V. Sub (%)	20,21	10,67

ns: não significativo ($p > 0,05$); *: significativo ($p < 0,05$); C.V.: coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Subsolação (S); Subsolação Cruzada mais gradagem (SC); Subsolação+ Grade (EG); Gradagem (GR); Sem mobilização (SM) e Aração + Gradagem (AG)

Castilho (2015) no entanto, avaliando o diâmetro, altura da planta, altura de inserção da primeira espiga (AIPE), massa de 1000 grãos e produtividade do milho, verificou que não houve diferenças significativas em todos os sistemas de manejo, atribuindo esse resultado à recente implantação dos sistemas, aproximadamente um ano.

Os resultados demonstram que é necessário avaliar a longo prazo os efeitos do manejo do solo sobre a cultura do milho, em função da variabilidade das condições climáticas durante o ciclo da cultura.

5. CONCLUSÕES

Os sistemas de manejo e as velocidades de semeadura não influenciaram a resistência do solo à penetração e as características agronômicas e a distribuição longitudinal do milho.

Recomenda-se realizar a semeadura do milho em sistema sem mobilização do solo sob maior velocidade de deslocamento ($7,9 \text{ km h}^{-1}$), devido ao ganho de ritmo operacional e redução de operações no solo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONÇO, A. S.; SILVEIRA, H. A. T.; CARDINAL, K. M.; RIST, G. P. Distribuição de sementes de algodão e girassol em diferentes velocidades e inclinações em dosadores pneumáticos. **Scientia Agraria**, v. 16, n. 2, P. 63-70, 2015.

ALVARES, C.A., J.L. STAPE, P.C. SENTELHAS, J.L.M. GONC, ALVES, Modelling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Viena v, 113, n. 1, p. 407-427, 2013.

ARCOVERDE, S. N.S.; SOUZA, C. M. A.; CORTEZ, J. W.; GUAZINA, R. A.; MACIAK, P.A.G. Qualidade do processo de semeadura da cultura do milho de segunda safra. **Engenharia na agricultura**, v. 24, n. 5, p. 383-392, 2016.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 425-435, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (Rio de Janeiro, RJ). Projeto de norma 04:015.06-004 - semeadoras de precisão: ensaio de laboratório - método de ensaio. São Paulo, p. 26, 1984.

BETIOLI, J. 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, n. 3, p. 971-982, 2012.

BOTTEGA, E. L.; BRAIDO, R.; PIAZETTA, 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, v. 19, n. 2, p. 74-78, 2014b.

BOTTEGA, E. L.; ROSOLEM, D. H.; OLIVEIRA NETO, A. M.; PIAZETTA, H. V. L.; GUERRA, N. Qualidade da semeadura do milho em função do sistema dosador de sementes e velocidade de operação. **Global scienci and technology**, v. 7, n. 1, p. 107-114, 2014a.

BOTTEGA.; E. L.; VIAN, T.; GUERRA, N.; NETO, A. M. O. Diferentes dosadores de sementes e velocidades de deslocamento na semeadura do milho em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**. v. 22, p. 1-5, 2018.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 399p. 2009.

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

CORTEZ, J. W.; MATOS, W. P. S.; ARCOVERDE, S. N. S.; CAVASSINI, V. H.; VALENTE, I. Q. M. SPATIAL VARIABILITY OF SOIL RESISTANCE TO PENETRATION IN NO TILLAGE SYSTEM. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 38, n. 5, p. 697-704, 2018.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. & SOUZA DIAS H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:703-709, 1999.

DIAS, V. O.; ALONÇO, A. S.; CARPES, D. P.; VEIT, A. A.; SOUZA, L. B. Velocidade periférica do disco em mecanismos dosadores de sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 1973-1979, 2014.

DONAGEMA, G.K., CAMPOS, D.V.B., CALDERANO, S.B., TEIXEIRA, W.G., VIANA, J.H.M.. Manual de métodos de análises de solos. **Rio de Janeiro**: Embrapa Solos, 2011. 230p.

GARCIA, R. F.; VALE, W. G.; OLIVEIRA, M. T. R.; PEREIRA, E. M.; AMIM, R.; BRAGA, T. C. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 3, p. 417-422, 2011.

GUIMARÃES, R. M. L.; BLAINSKI, E.; FIDALSKI, J. Intervalo hídrico ótimo para avaliação da degradação física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 6, p. 1512-1521, 2013.

HOAD, S.P.; SILVA, A.P.; DIAS JUNIOR, M.S.; TORMENA, C.A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.11-18, 2001.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2018. **IBGE. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>**. Acesso em: 05 Janeiro 2019.

JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPÇÃO, P. S. M.; ROCIL, J.; GARCIA, L. C. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 102-110, 2011.

KAPPES, C.; ORIVALDO, A. R. F.; ANDRADE, J. A. C. Produtividade do milho em condições de diferentes manejos do solo e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v, 37, n. 5, p. 1310-1321, 2013.

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.

MELO, R. P.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L. A.; SOUZA, F. H.; SILVA, J. G. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 94-101, 2013.

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.

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**, Viçosa, v.38, p.288-298, 2014.

POSSAMAI, J. M.; SOUZA, C. M. S.; GALVÃO, J. C. C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo de milho safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 79-82, 2001.

RICHART, A.; FILHO, J. T. ; BRITO, O. R. ; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

RODRIGUES, F.S. Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em área sob sistema plantio direto. 2014. 48 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; VIEIRA, J.; PICOLI, G. J.; SOUZA, C. A.; CASA, R. T.; SCHENATTO, D. E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; MACHADO, G. C.; HORN, D. Variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha e rendimento de grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 268-277, 2012.

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.

SANTOS, A. J. M; GAMERO, C. A.; OLIVEIRA, R. B.; VILLEN, A. C. Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadora-adubadora de precisão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 16-23, 2011.

SEIXAS, J.; ROLOFF, G.; RALISCH,R., Tráfego de máquinas e enraizamento do milho em plantio direto. **Ciência Rural**, v.35, p.794-798, 2005.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. SOIL STRENGTH AS AFFECTED BY COMBINE WHEEL TRAFFIC AND TWO SOIL TILLAGE SYSTEMS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 5, p. 795-801, 2000.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 229-35, 1991.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCARSI, M.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura direta da cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, p. 101-109, 2013.

VIAN, A. L.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M.; BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 3, p. 464-471, 2016.

VAZ, C. M. P.; MANIERI, J. M.; MARIA, I. C.; TULLER, M. Modeling and correction of soil penetration resistance for varying soil water content. **Geoderma**, v. 166, n. 2, p. 92-101, 2011.

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