

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUÇÃO DO  
MILHO INFLUENCIADOS PELO MANEJO DO SOLO E  
DA PALHADA DA AVEIA**

**SONIA ARMBRUST RODRIGUES**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2020**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUÇÃO DO MILHO  
INFLUENCIADOS PELO MANEJO DO SOLO E DA PALHADA  
DA AVEIA**

SONIA ARMBRUST RODRIGUES  
Engenheira Agrônoma

ORIENTADOR: Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez

Tese apresentada à Universidade  
Federal da Grande Dourados,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia–Produção Vegetal,  
para obtenção do título de  
Doutora.

Dourados  
Mato Grosso do Sul  
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R696a Rodrigues, Sonia Armbrust  
Atributos físicos do solo e produção do milho influenciados pelo manejo do solo e da palhada da aveia [recurso eletrônico] / Sonia Armbrust Rodrigues. -- 2020.  
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Jorge Wilson Cortez.  
Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2020.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. compactação do solo. 2. resíduos culturais. 3. implementos agrícolas. 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.

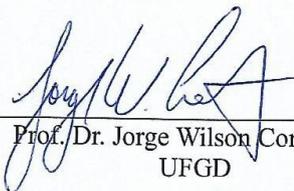
“Atributos físicos do solo e produção do milho influenciados pelo manejo do solo e da palhada  
da aveia ”

por

**SONIA ARMBRUST RODRIGUES**

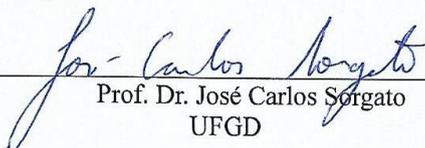
Tese apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
DOUTORA EM AGRONOMIA

Aprovada em: 21/02/2020.



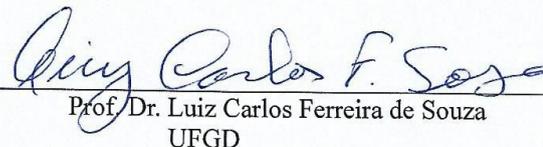
---

Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez  
UFGD



---

Prof. Dr. José Carlos Sorgato  
UFGD



---

Prof. Dr. Luiz Carlos Ferreira de Souza  
UFGD



---

Prof. Dr. Eber Augusto Ferreira do Prado  
IFMS



---

Prof.ª Dra. Elaine Reis Pinheiro Lourente

UFGD

Aos meus pais e irmão pelo amor, educação e apoio.

A meu esposo pelo carinho e companheirismo.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo o que me deu nesta vida;

Aos meus pais Antonio Rodrigues e Celi Armbrust Rodrigues (*in memoriam*) e meu irmão Paulo Armbrust Rodrigues pela educação, amor incondicional e a confiança que sempre me transmitiram.

Ao professor Jorge Wilson Cortez pela orientação, dedicação, incentivo, paciência, experiências transmitidas e ajuda incondicional em todas as etapas deste trabalho.

A meu esposo Wander Cardoso Valim, pela compreensão, amizade e companheirismo durante todas as horas que necessitei.

À Universidade Federal da Grande Dourados e Faculdade de Ciências Agrárias e especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela formação científica. Aos professores do Departamento de Agronomia pelos ensinamentos transmitidos e aos funcionários da FAECA que durante o período ajudaram na minha formação e desenvolvimento do experimento.

Aos meus amigos pela grande amizade e carinho: Thainá, Jucimar, que me ajudaram neste tempo de estudos e aprendizado.

Aos meus colegas de laboratório e de campo que nesses anos de convivência me ajudaram em muito no projeto de pesquisa: Egas José Armando, Maiara Pusch, Gabriel Mariano, Delíbio Neto, Eduardo Alves, Glaucia, Bruno Frutuoso, Lucas Donaire, Nayra Agüero, Hermano Henriques.

À CAPES pela concessão da bolsa.

Enfim, a todos que me ajudaram durante esse período de aprendizado, muito obrigado!

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

**SONIA ARMBRUST RODRIGUES**- nascida em Corumbá no estado de Mato Grosso do Sul, no dia 09 de abril de 1992, ingressou no ensino fundamental na Escola Municipal Rural Pólo Monte Azul na cidade de Corumbá- MS, estudando nesta no período compreendido entre 1999 e 2005 e na Escola de Educação Básica e Profissional Fundação Bradesco na cidade de Miranda no ano de 2006, cursando logo após o ensino médio e Técnico em Agropecuária na Escola de Educação Básica e Profissional Fundação Bradesco, na mesma cidade no período de 2007 a 2009. Em 2010 ingressou no curso de Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS- MS, concluindo no ano de 2014. Durante a graduação participou de atividades de iniciação científica com projetos na área de Manejo e conservação do solo e da água, foi colaboradora em projetos de pesquisa, participou do Programa de Educação Tutorial – PET no curso de Agronomia e foi estagiária do Programa Vale Universidade. No ano de 2015 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia na Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias do Campus de Lages (SC) no Programa de Ciência do Solo tendo bolsa de estudo concedida pela CAPES. Ingressou no Doutorado em Agronomia na Universidade Federal da Grande Dourados, em março de 2017, no Programa de Produção Vegetal, desenvolvendo atividades na área de Agricultura de precisão e Mecanização Agrícola, com bolsa CAPES.

# SUMARIO

|  | PÁGINA |
|--|--------|
| RESUMO.....  | viii   |
| ABSTRACT.....  | ix     |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                       | 10     |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA.....                             | 12     |
| 2.1 Aspectos econômicos da cultura do milho.....         | 12     |
| 2.2 Manejo de palhada da aveia .....                     | 13     |
| 2.3 Manejo do solo .....                                 | 14     |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS .....                               | 17     |
| 3.1 Local, clima e solo .....                            | 17     |
| 3.2 Histórico da área experimental.....                  | 18     |
| 3.3 Delineamento experimental.....                       | 19     |
| 3.4 Semeadura da aveia.....                              | 19     |
| 3.5 Equipamentos para o manejo da palhada e do solo..... | 20     |
| 3.6 Semeadura do milho.....                              | 21     |
| 3.7 Avaliações .....                                     | 22     |
| 3.7.1 Cultura da Aveia.....                              | 22     |
| 3.7.2 Atributos do solo .....                            | 22     |
| 3.7.3 Cultura do milho.....                              | 24     |
| 3.8 Análises de dados .....                              | 26     |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                            | 27     |
| 4.1 Aveia .....  | 27     |
| 4.2 Atributos do solo .....                              | 29     |
| 4.1 Estande e distribuição longitudinal do milho.....    | 40     |
| 4.2 Caracteres morfológicos do milho .....               | 41     |
| 4.3 Componentes de produção .....                        | 42     |
| 5 CONCLUSÕES .....                                       | 44     |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                        | 45     |

RODRIGUES, S.A. **Atributos físicos do solo e produção do milho influenciados pelo manejo do solo e da palhada da aveia.** 51 f. 2020. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

## RESUMO

O plantio direto com menor mobilização do solo e incorporação dos restos culturais, associado às culturas de cobertura que produzem grandes quantidades de resíduos, pode dificultar o processo de implantação da cultura sucessora tornando necessário o uso de implementos específicos para o manejo da palhada. Porém os manejos do solo e dos resíduos culturais afetam os atributos físicos do solo, o que pode ser um fator limitante para o desenvolvimento da cultura. Portanto, objetivou-se avaliar os sistemas de manejo da palhada e do solo nos componentes de produção do milho e nos atributos físicos do solo. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da UFGD, com cultivo de aveia branca no período de outono-inverno de 2017 e 2018, sendo no mês de outubro realizado o manejo da palhada e sucessivamente o manejo do solo. O milho foi semeado em outubro, na safra 2017/2018 e 2018/19. O estudo foi arranjado em delineamento de blocos ao acaso, no esquema de parcela subdividida com quatro repetições, composto de seis tratamentos nas parcelas, sendo alocados os manejos da palhada (rolo-faca, triturador, segadora, grade niveladora, duas gradagens e herbicida) e três nas subparcelas os sistemas de manejo do solo (plantio direto de mais de 10 anos, subsolagem anual e subsolagem com intervalo de três e quatro anos). Foram avaliados os atributos do solo: a porcentagem de cobertura, porosidade e resistência à penetração do solo; nos componentes de produção do milho: o estande final, distribuição longitudinal de plântulas, diâmetro do caule, altura de planta, altura de inserção da primeira espiga, comprimento de espiga, diâmetro da espiga, número de grãos por espiga, peso de 1000 grãos e produtividade. Os dados foram analisados por meio da análise de variância e quando significativo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O manejo do solo com subsolagem anual reduz a cobertura do solo e o estande de plantas do milho. O manejo da palhada e do solo não afetaram a produtividade do milho.

**Palavras-chave:** compactação do solo, resíduos culturais, implementos agrícolas.

RODRIGUES, S.A. **Physical attributes of soil and corn production influenced by soil management and oat straw.** 51 f. 2020. Thesis (PhD in Agronomy), Federal University of Grande Dourados, Dourados-MS.

## ABSTRACT

No-tillage and minimum tillage with less soil mobilization and incorporation of crop residues, associated with cover crops that produce large amounts of waste, can hinder the successor crop implementation process making it necessary to use specific implements for the management of the crop. However, soil management and crop residues affect soil attributes, which can be a limiting factor for crop development. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of straw and soil management systems on corn yield components and soil attributes. The experiment was conducted at the Experimental Farm of Agricultural Sciences of UFGD, being cultivated oats autumn-winter period of 2017 and 2018, and in October the management of straw and successively soil management. Corn was sown in October, in the 2017/2018 and 2018/19 crop, in a randomized block design in a split-plot scheme with four replications, consisting of six treatments in the plots. knife, crusher, mower, grader, two harrows and herbicide) and three in subplots with soil management systems (no-till more than 10 years, annual subsoiling and four-year subsoiling). Agronomic components were evaluated: final stand, longitudinal seedling distribution, stem diameter, plant height, first ear insertion height, ear length, ear diameter, number of grains per ear, weight of 1000 grains and yield. ; on soil attributes: percentage of cover, soil porosity and penetration resistance. Data were analyzed by analysis of variance and when significant by Scott-Knott test at 5% probability. The soil management with annual subsoiling reduces soil cover and corn plant stand. Straw and soil management do not affect corn yield.

**Keywords:** soil compaction, crop residues, agricultural implements.

# 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho é semeada do norte ao sul do Brasil, nos mais variados níveis tecnológicos, sendo o segundo grão mais exportado do país e apresenta-se como base da alimentação animal e humana, além de matéria prima para a indústria (CONTINI et al., 2019).

No Brasil o milho cultivado com preparo do solo convencional foi sendo substituído por cultivo mínimo e plantio direto (GALVÃO et al., 2014). Dos 15,8 milhões de hectares de milho da safra 2012/13, a maior parte foi realizada no sistema de plantio direto, sendo que, na região sudoeste do Paraná, por exemplo, aproximadamente 90% dos agricultores utilizam esse sistema (MARTIN et al., 2011). Com avanço do Plantio Direto (PD) pelo país, os produtores passaram a não revolver o solo, manter cobertura do mesmo com resíduos culturais. Diversas são as espécies potenciais para cobertura do solo e dentre elas destaca-se a aveia branca, que se firma como importante alternativa de exploração agrícola, servindo para produção de palhada no SPD (CASTRO et al., 2012).

O manejo dos resíduos culturais em PD pode ser efetuado por métodos mecânicos, dentre os quais se destaca a roçadora, grade niveladora, rolo faca e o triturador de palhas, além de métodos químicos que dá-se basicamente pela utilização de herbicidas de ação total, isto é, herbicidas que não possuem seletividade, eliminando toda a vegetação presente (BRANQUINHO et al., 2004).

Os sistemas conservacionistas solo como PD proporcionam menor revolvimento do solo e mínima incorporação dos resíduos culturais, apenas na camada superficial do solo, diferentemente do sistema de preparo com a escarificação ou subsolagem, que resulta em mobilização, que pode chegar até aos 40 cm de profundidade, com baixo grau de fragmentação dos agregados. Isso diminui a cobertura por resíduos culturais superficiais em menor grau do que o preparo convencional (VOLK e COGO, 2014).

As intensas operações mecânicas utilizadas no preparo do solo como o preparo convencional, cultivo mínimo e manejo da palhada, apesar de facilitar a semeadura das culturas, podem acarretar alterações nas propriedades físicas do solo, principalmente na camada de 0,00- 0,10 m, alterando a densidade do solo, porosidade total e resistência do solo à penetração e conseqüentemente ocasionando menores

produtividades das culturas (VALICHESKI et al., 2012).

Lanzanova et al. (2010) verificaram que o PD com ausência de revolvimento e presença de culturas de cobertura foi eficiente em manter a qualidade física do solo, devido a minimização da compactação do solo que é proporcionado pelos equipamentos agrícolas e trânsito dos mesmos. Assim espera-se que o sistema de manejo do solo com subsolagem com três e quatro anos resulte em dados similares ao plantio direto.

Em função do exposto, objetivou-se avaliar os sistemas de manejo da palhada e do solo em seus atributos e componentes de produção do milho de primeira safra nos anos agrícolas de 2018 e 2019.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos econômicos da cultura do milho

O Brasil é o segundo maior exportador e o terceiro maior produtor de milho, ficando somente atrás dos Estados Unidos e China (CONAB, 2018). Segundo levantamento da safra brasileira de grãos 2018/2019 a produção foi 26 milhões de toneladas em 4.901,3 mil hectares e a produtividade 5.336 kg ha<sup>-1</sup> no Brasil.

O milho é cultivado em todas as regiões do Brasil. Sua produção ocorre em diferentes épocas, face às condições climáticas das regiões. O cultivo de verão, também denominado primeira safra, é semeado na primavera/verão e predomina na maioria das regiões produtoras, com exceção das regiões Norte e Nordeste, devido a maior concentração de chuvas serem a partir do mês de janeiro, o período que é denominado de segunda safra. O cultivo do milho semeado na região Centro- Sul do Brasil, realizado após a colheita da soja, com semeio concentrado no verão/outono, convencionalmente é denominado de safrinha ou segunda safra (CONTINI et al., 2019).

Os estados brasileiros com maior área plantada de milho primeira safra são RS, MG, PI, BA, PR e SC com (18,4%; 18,3%; 9,1%; 8,8%; 8,7% e 8,2%) respectivamente na safra 18/19. Nesses estados, com exceção do PR, as condições climáticas são desfavoráveis para o milho de segunda safra. O estado de Mato Grosso do Sul é responsável por cerca de 131,2 mil toneladas, com um rendimento médio de 8.200 kg ha<sup>-1</sup> em uma área de 16 mil hectares na safra 2018/2019 (CONAB, 2019).

O milho de segunda safra é de extrema importância para o país, e representou uma produção de 72.350,7 mil toneladas em 12.353,5 mil ha em 2019. Em MS grande parte dos produtores realiza essa semeadura em sucessão com a soja, tendo uma área semeada de 1.850,7 mil hectares e 9.960,5 mil toneladas, que representa 14% da produção nacional (CONAB, 2019).

O principal destino do milho é para o consumo interno principalmente para a alimentação de animais e humana, indústria, semente, biocombustível, apenas 32% aproximadamente da demanda total é exportada (CONAB, 2018).

## 2.2 Manejo de palhada da aveia

O procedimento de manejo das culturas de inverno permite melhores condições no desempenho de equipamentos de preparo do solo como a grade niveladora, ou proporcionam o dessecamento e a morte dessa vegetação sobre a superfície para que se efetue a semeadura (TRONGELLO et al., 2013).

As plantas de cobertura podem ser manejadas por diferentes equipamentos, no entanto, cada um deles pode influenciar de forma direta na velocidade de decomposição da palha, em virtude da menor ou maior fragmentação do material (SANTOS et al., 2011). Este manejo pode ser efetuado por meio de métodos mecânicos dentre os quais se destacam a roçadora, grade niveladora, rolo-faca e o triturador de palhas, além de métodos químicos que, basicamente, se dão pela utilização de herbicidas de ação total (TRONGELLO et al., 2013; CORTEZ et al., 2018).

O manejo com rolo-faca visa acamar e fragmentar as plantas de cobertura. A utilização do implemento rompe os feixes vasculares das plantas, resultando na morte da cobertura vegetal (FURLANI et al., 2004). A utilização do rolo-faca fragmenta pouco o material vegetal, reduzindo a taxa de decomposição (DERPSCH et al., 1991).

No manejo mecânico, com o triturador, a distribuição de palhada é uniforme (MURAISHI et al., 2005), porém resulta em fragmentos muito pequenos da palha, que pode resultar em maior decomposição, maiores variações na temperatura e manutenção do teor de água no solo, promovendo menor emergência e estabelecimento das plântulas, num período de altas temperaturas e poucas precipitações, o que resulta em menor população final de plantas, reduzindo, conseqüentemente, a produtividade de grãos (FERRARI NETO et al., 2011).

A grade niveladora é um equipamento utilizado para o manejo da palha. Mas apresenta fatores inconvenientes como a movimentação do solo e incorporação da massa seca da aveia (BORTOLUZZI e ELTZ, 2001).

O emprego da roçadora no manejo da palhada apresenta distribuição desuniforme da palha, o que favorece a emergência de plantas daninhas criando um ambiente desuniforme para o desenvolvimento da cultura subsequente (BLANCO e BLANCO, 1991).

No manejo químico a dessecação da aveia é realizada com o uso de herbicidas sistêmicos ou de contato não seletivos (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2006). Os herbicidas não seletivos de ação sistêmica, como o glifosato, provocam morte lenta das

plantas, o que atrasa o processo de decomposição da palha. Por outro lado, herbicidas não seletivos com ação de contato, como glufosinate e paraquat, provocam morte rápida das plantas, propiciando decomposição mais acelerada da palha de aveia (ARGENTA et al., 2001).

Ao estudarem diferentes sistemas de manejo de palhada sobre diferentes plantas como cobertura, Favarato et al. (2018) utilizaram a crotalária juncea, milho, consórcio milho + crotalária e vegetação espontânea e seis tipos de máquinas e implementos para manejo da palhada (foice; roçadora costal manual; roçadora frontal de microtrator; roçadora de trator; rolo-faca de 1,0 m de largura para microtrator e rolo faca de 2,4 m de largura para trator) e observaram que o rolo-faca de 2,4 m foi a melhor opção, pois destacou-se em eficiência operacional de trabalho e em menor gastos de mão-de-obra, além de proporcionarem boas taxas de cobertura de solo.

Avaliando o manejo da cultura para fornecimento de palha para o SPD com herbicida, triturador e rolo-faca, Cortez et al. (2009) concluíram que o manejo não afetou a cobertura, o estande inicial, dias para emergência, estande final e produtividade da cultura do milho. Da mesma maneira que Furlani et al. (2010) observaram que a distribuição longitudinal de plantas, o estande inicial e a produtividade de grãos da soja não foram influenciados pelo manejo da palhada de milheto com rolo-faca, roçadora e triturador de palha.

Ao analisar o efeito de diferentes manejos da palhada de aveia preta, com manejo mecânico com rolo faca, o triturador e manejo químico com 2,4 D, Riquetti et al. (2012) não observaram efeito significativo para produtividade em função dos diferentes manejos de palha da aveia preta. Assim como Weirich Neto et al. (2012) também não encontraram diferenças quanto aos componentes de rendimento da cultura do milho quando do manejo de palha rolada em comparação a dessecada.

Dessa forma, pode-se inferir que para o manejo da palhada da aveia antecedendo a cultura do milho pode-se utilizar o manejo mais adequado com a região ou a condição da propriedade, podendo ainda visar o manejo da palhada, que se tenha menor custo e melhor rendimento operacional.

## **2.2 Manejo do solo**

O manejo do solo é uma prática realizada pelos produtores com intuito de proporcionar para as plantas condições adequadas para o desenvolvimento, porém quando

realizado de forma incorreta, com preparos mecânicos, por exemplo, causa degradação do solo. Isso pode acarretar em sérios problemas, como o aumento da densidade e a redução da porosidade, diminuição da eficiência da infiltração de água e capacidade de aeração, aumentando a resistência à penetração das raízes, além de prejuízos ao solo e também para os cultivos de interesse, ocasionando a redução da produtividade (SORIANI et al., 2018). Assim em alguns sistemas conservacionistas, que a semeadura é feita em solo coberto por palha com o mínimo de revolvimento das camadas superficiais, a exemplo do SPD e o Cultivo Mínimo, tendem a minimizar a compactação do solo e preservar suas propriedades, além de possibilitar o controle erosivo (CRUZ et al., 2018).

O Cultivo Mínimo (CM) do solo promove menor incorporação de resíduos vegetais da superfície do solo, uma vez que no cultivo mínimo têm-se menor mobilização, pois o implemento subsolador que é amplamente utilizado por não promover a inversão de camadas de solo e atua rompendo as camadas de solo compactadas (MONTEIRO et al., 2017).

Os equipamentos utilizados no cultivo mínimo são o escarificador e o subsolador, os quais são indicados quando o solo apresenta camadas adensadas e ou compactadas em profundidades abaixo da camada arável, assim deve-se proceder com a operação de subsolagem que visa à ruptura dessas camadas. A operação de escarificação é similar à subsolagem, porém em profundidade de trabalho inferior a 30 cm (MELO JÚNIOR et al., 2011). Dessa forma, seja no plantio direto ou no cultivo mínimo, é necessária a manutenção do solo parcial ou totalmente coberto com restos vegetais.

Ao utilizarem a grade pesada como implemento de cultivo mínimo em Latossolo Vermelho distroférico cultivado com cana-de-açúcar, Arcoverde et al. (2019) verificaram que não houve influência do preparo do solo nos atributos físicos de porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo.

Seki et al. (2015) estudando a influência da subsolagem, da escarificação e da utilização de mecanismos sulcadores tipo haste na operação de semeadura sobre a manutenção da cobertura do solo, o conteúdo de água e a densidade do solo, assim como os efeitos sobre a produtividade do milho em um Nitossolo Vermelho distroférico há dez anos cultivado no sistema plantio direto verificaram que a subsolagem, a escarificação e a utilização de mecanismos sulcadores tipo haste na operação de semeadura não interferiram no desenvolvimento das plantas e na produtividade de grãos, na cultura do milho.

Outro sistema conservacionista é o SPD, que no Brasil teve início no estado do Paraná em 1970, visando reduzir o processo de erosão hídrica, e atualmente já ocupa um lugar de destaque no cenário mundial em termos de área ocupada nas lavouras anuais, com cerca de 35 milhões de hectares, o que corresponde a quase 70% da área ocupada com lavouras de grãos, com destaque para a região Centro Oeste, que ocupa 41% da área com SPD (IBGE, 2017).

O SPD envolve um conjunto de técnicas, no qual a implantação da cultura é feita sobre restos de culturas anteriores, mantendo a cobertura do solo permanente, com rotação de culturas e movimentação do solo restrita à linha de semeadura (MELO JÚNIOR et al., 2011). Porém pode-se relatar que a maior parte dos produtores não adota os três princípios fundamentais que amparam o método, devido à questão econômica que tem estimulado pelo retorno financeiro da cultura da soja nas lavouras de verão e o milho na segunda safra na maior parte do Brasil tem contribuído para a sucessão soja/milho. Outro fator são as condições ambientais da região Centro-Oeste, com elevada radiação solar, chuvas intensas e grandes variações de temperatura, favorecem a decomposição da palhada, reduzindo a cobertura do solo (SAUERESSIG, 2019).

Avaliando as alterações ocorridas na densidade, umidade e resistência a penetração do solo após o preparo mínimo utilizando a enxada rotativa e escarificador, Torres et al. (2015) constataram que o escarificador foi o melhor equipamento para o cultivo mínimo, pois proporciona menor mobilização do solo, além de menor tendência de formação de encrostamento superficial enquanto que enxada rotativa causa a compactação subsuperficial do solo e isto ocorre devido a conformação das enxadas, que promovem um espelhamento logo abaixo do ponto de contato das enxadas com o solo.

Dessa forma, pode-se inferir que para o manejo do solo conservacionista pode ser utilizado como manejo mais adequado com a condição da propriedade apresentando menor custo e melhor desenvolvimento e produtividade da cultura.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local, clima e solo

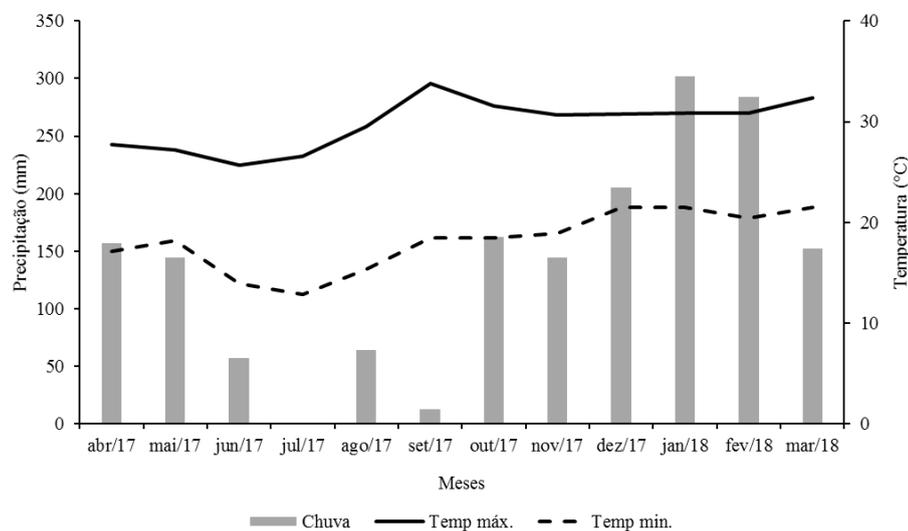
O estudo foi realizado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias (FAECA), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), localizada no município de Dourados-MS, Brasil. O local situa-se em latitude de 22°14' S, longitude de 54°59' W e altitude de 434 m. O clima é do tipo Am, tropical monçônico, com verões quentes e inverno seco (FIETZ et al., 2017) e precipitação média anual de 1500 mm, e temperatura média de 22 °C. O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférico de textura muito argilosa (SANTOS et al., 2018) e apresentou as seguintes características granulométricas 61% de argila, 21% de silte e 18% de areia. No Quadro 1 é apresentada a análise química do solo realizada no ano de 2018.

QUADRO 1. Caracterização dos atributos químicos do solo da área experimental em 2018

| Camadas   | pH               | P                     | K   | Ca   | Mg   | Al   | SB          | T     | V     | MO   |
|-----------|------------------|-----------------------|---|------|------|------|-------------|-------|-------|------|
| m         | H <sub>2</sub> O | (mgdm <sup>-3</sup> ) | .....(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )..... |      |      |      | .....%..... |       |       |      |
| 0,00-0,10 | 6,08             | 15,13                 | 0,44  | 8,02 | 3,12 | 0,03 | 11,58       | 16,34 | 70,85 | 3,73 |
| 0,10-0,20 | 5,96             | 15,08                 | 0,34  | 7,73 | 2,80 | 0,08 | 10,87       | 16,22 | 67,05 | 3,65 |

SB: soma de bases; V: saturação por bases do solo; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; MO: matéria orgânica.

As variáveis climáticas observadas durante o período experimental foram obtidas na estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste situada na cidade de Dourados-MS, encontra- se na Figura 1.



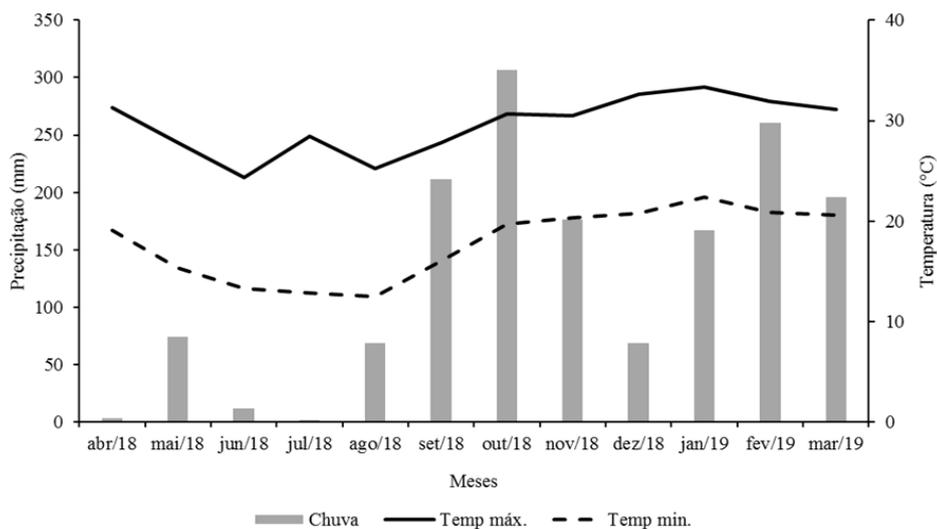


FIGURA 1. Dados mensais de precipitação pluviométrica, temperatura máxima (°C) (Temp máx) e temperatura mínima (°C) (Temp min) nos anos experimentais de 2017 a 2019.

### 3.2 Histórico da área experimental

A área em estudo encontra-se com plantio direto (PD) desde 2008 e em setembro de 2013 a área foi estaqueada para implantar as parcelas com PD e subsolagem, onde a área recebeu aplicação de  $3000 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico, sendo posteriormente, semeada a soja.

Em março de 2014 foi semeado milho na segunda safra, sendo que em setembro do mesmo ano foram realizados os manejos da palhada sobre os restos culturais de milho com os implementos rolo-faca, segadora, roçadora, grade destorroadora-niveladora e manejo químico, e nas subparcelas, os sistemas plantio direto (PD), subsolagem anual (SA) e subsolagem de longo prazo (SA1) (subsolagem em 2014) e em outubro 2014 foi semeada a soja.

A segunda safra em 2015, a área recebeu a semeadura do milho consorciado com braquiária, que ao final do ciclo foi dessecado e manejado para semeadura da soja em outubro da safra de 2015/2016.

Na safra 2016/2017 repetiu-se o mesmo delineamento, nas mesmas parcelas, sendo a subsolagem de longo prazo agora com dois anos e o manejo da palhada ocorreu em restos culturais de milho e braquiária conforme realizado nos anos anteriores, semeado e dessecado na segunda safra em 2016 posteriormente fez-se a semeadura da soja em outubro na safra 2016/2017. Portanto, os dados apresentados foram das safras de verão da cultura do milho de 2017/2018 e 2018/2019.

### 3.3 Delineamento experimental

Adotou-se o delineamento de blocos casualizados com 4 repetições, em esquema de parcelas subdivididas composto por 6 tratamentos (manejo da palhada) na parcela e 3 na subparcela (manejo do solo), conforme caracterizado no Quadro 2.

QUADRO 2. Tratamentos principais e secundários dos manejos da palhada e do solo

| Tratamentos principais<br>(parcela) | Tratamentos secundários<br>(subparcela)                 |
|-------------------------------------|---|
| Rolo-faca (RF)                      | Plantio direto a partir de 2014(PD)                     |
| Triturador (TR)                     |   |
| Segadora (SG)                       | Subsolagem anual (SA)                                   |
| Uma Gradagem (GR1)                  |   |
| Duas gradagens (GR2)                | Subsolagem em 2014 (2017/2018) (S3)<br>(2018/2019) (S4) |
| Testemunha (herbicida) (T)          |   |

Cada parcela experimental ocupou uma área de 16 m x 20 m (320 m<sup>2</sup>) e as subparcelas continham 5,33 m x 20 m (106,6 m<sup>2</sup>). No sentido longitudinal entre as parcelas, foi reservado um espaço de 15 m (Figura 2), destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e estabilização dos conjuntos.

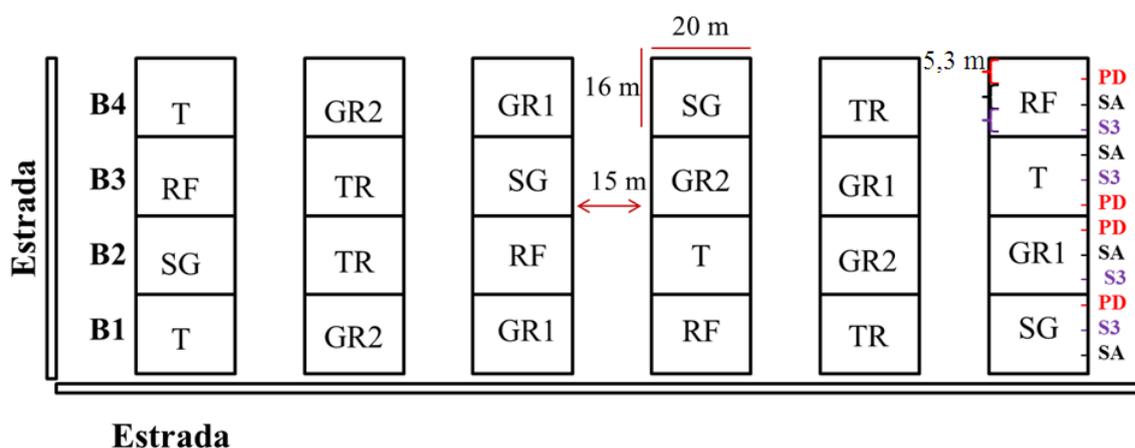


FIGURA 2. Croqui da área experimental com os manejos da palhada na parcela e do solo nas subparcelas.

### 3.4 Semeadura da aveia

Para semeadura da Aveia branca (*Avena sativa*) nos anos agrícolas de 2017 e 2018, foram aplicados herbicidas Glifosato e Haloxifope-P-metílico para controle de plantas daninhas, posteriormente foi realizada a semeadura da aveia branca (Quadro 3),

utilizando 60 sementes  $m^{-1}$ .

**QUADRO 3.** Descrição dos insumos agrícolas utilizados durante a condução do experimento no ano de 2017 e 2018 para a cultura da aveia, Dourados- MS

| Cultura                | Aveia branca                 |                              |
|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Ano                    | 2017                         | 2018                         |
| Data da sementeira     | 25/05/2017                   | 04/05/2018                   |
| Adubo (N-P-K)          | 8-20-20                      | 8-20-20                      |
| Dose ( $kg\ ha^{-1}$ ) | 200 $kg\ ha^{-1}$            | 200 $kg\ ha^{-1}$            |
| Herbicida              | Dessecação: Glifosato; 2,4 D | Dessecação: Glifosato; 2,4 D |

Na sementeira foi utilizada a sementeira-adubadora, modelo SHM 15/17 marca Semeato de oito linhas, distanciadas entre si em 0,4 m, com a profundidade de sementeira de aproximadamente 2 cm, em plantio direto. A adubação de sementeira foi de 200  $kg\ ha^{-1}$  fórmula NPK (8-20-20). A dessecação da aveia foi realizada nos dias 04.10.2017 e 18.09.2018 e o manejo da palhada foram 18.10.2017 e 06.10.2018.

### 3.5 Equipamentos para o manejo da palhada e do solo

No preparo das parcelas dos sistemas de manejo do solo com subsolagem anual utilizou-se: subsolador de cinco hastes, com ponteira estreita de 0,08 m de largura a 0,40 m de profundidade.

Para as operações de manejo da palhada utilizou-se: o rolo-faca que possui lâminas de corte distribuídas ao longo de um cilindro e ângulo de incidência dimensionado para permitir o corte; triturador equipado com rotor de facas curvas de aço que trabalham em alta rotação; segadora, roçadeira dotada com barra de corte, com 4 rotores laminados; 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 na traseira lisos, na profundidade de 0,15 m; manejo químico, pulverizador KO Cross-s 2000 com pneus 9.5-24, e 14 m de barra.

Ambos os manejos foram realizados em outubro de 2017 e 2018, antecedendo a sementeira do milho.

Outras máquinas utilizadas durante a condução do experimento como tratores e sementeira estão descritos abaixo conforme o quadro 4

QUADRO 4. Descrição dos equipamentos agrícolas utilizados durante a condução das safras agrícola, 2017/18 e 2018/19

| Equipamento  | Marca           | Modelo          | Especificações   |
|--------------|-----------------|-----------------|--|
| Trator 1     | New Holland     | 8030            | 4x2 TDA com 89,79 kW (122 cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2200 rpm |
| Trator 2     | Massey Ferguson | MF 265          | 4x2 TDA com 42 kW (65cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2200 rpm      |
| Trator 3     | Massey Ferguson | MF292           | 4x2 TDA, com 67,71 kW (92 cv) de potência nominal no motor a uma rotação de 2400 rpm |
| Semeadora 1  | Jumil           |                 | Semeadora- adubadora 7 linhas  |
| Semeadora 2  | Baldan          | Solografic 5000 | Semeadora-adubadora mecânica   |
| Semeadora 3  | Semeato         | SHM 15/17       | Semeadora- adubadora   |
| Pulverizador | KO              | Cross-s 2000    | com 14 m de barra  |
| Colhedora    | New Holland     | 4040            |  |

### 3.6 Semeadura do milho

Para semeadura do milho em 2017 foi utilizado semeadora-adubadora modelo pneumático Jumil, com espaçamento de 0,9 m entre linhas com profundidade de semeadura média de 3 cm e foi regulada para distribuir 6 sementes  $m^{-1}$  tendo a mesma recebido apenas tratamento industrial de semente. Adubação de semeadura foi de 300  $kg\ ha^{-1}$  da formulação de N- 8-20-20. No controle de plantas daninhas e lagarta do cartucho foram aplicados herbicida e inseticida (Quadro 5). Foi aplicada ureia no estágio fenológico vegetativo entre o V5 e V6.

QUADRO 5. Descrição dos insumos agrícolas utilizados durante a condução do experimento na safra de 2017/2018 e 2018/2019 para a cultura do milho, Dourados- MS

| Cultura                | Milho  |   |
|------------------------|--|---|
| Ano                    | 2017   | 2018  |
| Híbrido                | DKB290PRO3   | LG6030PRO2  |
| Data da semeadura      | 25/10/2017   | 30/10/2018  |
| Adubo (N-P-K)          | 8-20-20  | 8-20-20   |
| Dose ( $kg\ ha^{-1}$ ) | 300 $kg\ ha^{-1}$                                  | 300 $kg\ ha^{-1}$                                   |
| Ureia                  | 120 $kg\ ha^{-1}$                                  | 120 $kg\ ha^{-1}$                                   |
| Herbicida              | Haloxifope-P-metilico;<br>Nicosulfuron; Atrazine   | Glifosato; 2,4 D                                    |
| Inseticida             | Imidacloprido+ Beta- Ciflutrina;<br>Teflubenzuron; | Imidacloprido+ Beta<br>ciflutrina; Beta-ciflutrina; |

No ano de 2018 foi semeado novamente milho utilizando a semeadora-adubadora mecânica, modelo Baldan Solografic (Quadro 4) com cinco linhas, com espaçamento entre linhas de 0,90 m, equipada para plantio direto, regulada para distribuir 6 sementes  $m^{-1}$  com tratamento industrial na profundidade média de 3 cm e adubação de semeadura foi de 300  $kg\ ha^{-1}$  da formulação 8-20-20, objetivado um estande final de 60.000 plantas por hectare.

### **3.7 Avaliações**

#### **3.7.1 Cultura da Aveia**

Para determinar a quantidade de massa seca da parte aérea, realizou a coleta utilizando uma armação de forma quadrada de 0,25 m<sup>2</sup>, que foi alocada aleatoriamente, sendo coletados dois pontos por subparcela antes do manejo da palhada em setembro de 2017 e 2018 e os valores obtidos foram extrapolados para um hectare.

#### **3.7.2 Atributos do solo**

##### **Porcentagem de cobertura do solo**

A porcentagem de cobertura do solo foi obtida após o manejo da palhada da aveia, utilizando-se dois fios com 7,50 m de comprimento e com marcações equidistantes de 0,15 m resultando em 50 pontos de leitura por fio, sendo a coleta de forma cruzada, resultando em 100 pontos por subparcela, conforme metodologia adaptada de Laflen et al. (1981).

##### **Atributos físicos do solo**

Realizou-se as amostragens de solo para avaliação dos atributos físicos no início de 2017, anterior a semeadura da aveia, e após a colheita do milho nos anos de 2018 e 2019.

Foram coletadas amostras indeformadas de solo com uso de anéis volumétricos tipo “Koppec” com capacidade de 105 cm<sup>3</sup>, centralizado nas camadas: 0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m. Sendo coletada uma amostra por camada em um ponto aleatório dentro de cada subparcela na entrelinha da cultura. As amostras foram saturadas e levadas à mesa de tensão de areia com sucção de 0,6 m de coluna d'água. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa à temperatura de 105 °C até obtenção de massa constante, posteriormente foram pesadas. Para calcular a densidade do solo pela relação massa/volume em base de solo seco.

A microporosidade foi determinada pelo método da mesa de tensão de areia, sendo calculado pela diferença entre a amostra após equilíbrio com um potencial de 6 kPa e massa do solo seco a 105 °C e a razão do volume total do cilindro. A

diferença entre percentagem de saturação e microporosidade resultou nos valores de macroporosidade. A porosidade total foi obtida pela soma da microporosidade e da macroporosidade, de acordo com Almeida et al. (2017).

### **Resistência mecânica à penetração em bancada (RPb)**

Para a análise desta variável o solo foi saturado e posteriormente, submetido à mesa de tensão durante 24 h sob tensão de 6 kPa, caracterizando na condição de capacidade de campo. Utilizou-se o penetrômetro digital de modelo Marccone MA-933, com velocidade constante de  $0,1667 \text{ mm s}^{-1}$ , equipado com uma célula de carga de 200 N e haste com cone de 4 mm diâmetro de base e semiângulo  $30^\circ$ , com a haste sendo introduzida no centro geométrico de cada amostra. No processamento dos dados foram descartados os 4 segundos iniciais e finais de cada leitura do aparelho, a fim de eliminar possíveis interferências ocorridas nas extremidades de cada amostra (TORMENA et al., 2007).

### **Resistência à penetração de campo (RP)**

A RP de campo foi realizada por meio do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, adaptado pela KAMAQ e citado por Stolf et al. (2011). As avaliações foram feitas antes do manejo do solo (07.10.2017) e após a colheita do milho nos anos de 2018 e 2019 (23.03.2018 e 30.03.2019) respectivamente, sendo coletados dois pontos nas entrelinhas centrais espaçados a 1 m nas subparcelas, nas camadas (0,00-0,10; 0,01-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40 m), totalizando 6 pontos amostrais por parcela, correspondendo a 144 pontos em toda área. Os valores foram obtidos da contagem sucessiva de impactos do penetrômetro, transformados em resistência dinâmica (MPa) por meio do modelo proposto por Stolf (1991).

### **Umidade gravimétrica**

Para determinar a umidade gravimétrica (Quadro 6) as amostras foram coletadas antes do manejo do solo 07.10.2017 e após a colheita do milho (23.03.2018 e 30.03.2019) nas camadas de (0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30; 0,30-0,40 m), com auxílio do trado holandês, coletou-se uma amostra no centro de cada parcela, totalizando 24

amostras em cada camada, onde a umidade foi determinada por meio do método gravimétrico conforme recomendações de Viana et al. (2017).

QUADRO 6. Valores médios da umidade gravimétrica no solo no momento de coleta da resistência à penetração

| Camadas | Ug (%)             |       |       |                    |       |       |                    |       |       |                    |       |       |
|---------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|
|         | 2017               | 2018  | 2019  | 2017               | 2018  | 2019  | 2017               | 2018  | 2019  |                    |       |       |
|         | <b>0,00-0,10 m</b> |       |       | <b>0,10-0,20 m</b> |       |       | <b>0,20-0,30 m</b> |       |       | <b>0,30-0,40 m</b> |       |       |
|         | 22,62              | 19,40 | 20,71 | 22,83              | 21,84 | 21,96 | 24,35              | 23,84 | 22,82 | 26,38              | 26,44 | 24,58 |

Para determinação da umidade gravimétrica (Ug) utilizou-se o método padrão estufa, onde amostras foram aferidas em balanças semianalíticas para determinação da amostra úmida e posteriormente foram secas em estufa de circulação de ar forçado a temperatura 105 °C durante 24 horas, em seguida as amostras foram aferidas novamente para determinação da amostra seca. A umidade gravimétrica foi determinada por meio da seguinte equação:  $Ug (\%) = [(MU - MS) / MS] * 100$ , onde Ug é a umidade gravimétrica, MU é a massa solo úmido e MS massa solo seco.

### 3.7.3 Cultura do milho

#### Estande de plantas

O estande final de plantas foi determinado por meio da contagem de plantas em dois metros, nas duas linhas centrais de cada subparcela, sendo dispensadas as extremidades de cada linha.

#### Distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos plântulas

Para determinação da distribuição longitudinal foi utilizada uma fita métrica em centímetros e foram realizadas leituras em dois metros em duas fileira central de cada subparcela. 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):  $< 0,5$  vez o Xref., normais" (A):  $0,5 < Xref. < 1,5$ , e "falhos" (F):  $> 1,5$  o Xref (espaçamento de referência). O espaçamento de referência é obtido pela divisão do valor de 1 m pela quantidade de sementes distribuídas.

### **3.7.3.1 Componentes morfológicos**

#### **Altura de planta**

A altura de plantas foi determinada com régua graduada em centímetros, tomando-se a medida da superfície do solo até a inserção da folha bandeira. Mediram-se, ao acaso, 10 plantas por subparcela.

#### **Altura de inserção da primeira espiga (AIPE)**

A AIPE foi determinada utilizando uma régua graduada em centímetros, tomando-se a medida da superfície do solo até a base da espiga, medindo-se ao acaso 10 plantas por subparcela.

#### **Diâmetro do colmo**

O diâmetro do colmo foi determinado com auxílio de um paquímetro digital, em milímetros, no terceiro nó de cada planta a partir da superfície do solo escolhendo-se ao acaso 10 plantas por subparcela.

#### **Comprimento de espiga**

O comprimento de espiga foi determinado com régua graduada em centímetros, mensurada da base até o ápice da espiga. A avaliação foi feita em cinco espigas sem palha escolhidas ao acaso em cada subparcela.

#### **Diâmetro da espiga**

O diâmetro de espigas foi determinado com um paquímetro em milímetros, tomando-se a medida na parte central da espiga. As avaliações foram feitas em cinco espigas sem palha escolhidas ao acaso em cada subparcela.

### **3.7.3.2 Componentes de produção**

#### **Número de grãos da espiga**

O número de grãos da espiga foi obtido por meio da contagem de fileiras e dos números de grãos por fileira de cinco espigas e posteriormente realizou-se a multiplicação e dividindo por cinco para obtenção dos valores médios.

#### **Massa de 1000 grãos**

A massa de mil grãos foi determinada pela contagem de oito subamostras de 100 grãos por subparcela. Posteriormente as amostras tiveram suas massas aferidas em balança de precisão e foi corrigido o teor de umidade para 13% conforme a metodologia sugerida pela Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009).

#### **Produtividade**

A produtividade de grãos de milho foi determinada por meio da colheita de um ponto por subparcela formado por duas linhas centrais (1,80 m) com cinco metros de comprimento (5,0 m), o que corresponde a uma área útil de 9 m<sup>2</sup> por ponto. Após, as plantas foram trilhadas em trilhadora estacionária e limpeza dos grãos. Posteriormente os mesmos foram aferidos em balança digital, aferindo-se a umidade dos grãos por meio do equipamento marca Gehaka Agri modelo G8000, sendo o teor de umidade corrigidos para 13%. A correção da umidade dos grãos foi realizada de acordo com a equação:  $D = [(Ua - Uc) / (100 - Uc)] \cdot 100$ , onde  $Ua$  = umidade atual do produto e  $Uc$  = umidade de comercialização (SILVA, 2008), sendo posteriormente extrapolados os valores em kg ha<sup>-1</sup>.

### **3.8 Análises de dados**

Para verificar os dados foi realizada a análise de variância e quando significativo ao teste de F a pelo menos 5% de probabilidade foi aplicado o Teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Aveia

A maior massa da massa seca da parte aérea da aveia ocorreu no ano de 2017 para o manejo do solo com subsolagem anual (SA) (Quadro 7), concordando com Klein (2011) que verificou menor produção de massa seca de aveia no plantio direto. Isso pode ser atribuído às chuvas bem distribuídas ao longo do ciclo da aveia em 2017 (Figura 1), que favoreceu o desenvolvimento mesmo no sistema de manejo com menor cobertura do solo (SA em 2017), ao contrário de 2018 as chuvas ficaram concentradas no final do ciclo da aveia e não se diferiram. A porcentagem de cobertura do solo foi menor na SA tanto em 2017 e 2018. Pode-se verificar que a cobertura do solo em 2018 foi maior que em 2017, atendendo aos princípios conservacionistas com no mínimo 30% de cobertura vegetal (SOANE et al., 2012).

QUADRO 7. Massa seca da aveia e porcentagem de cobertura do solo em função dos manejos do solo e da palhada em Dourados-MS

| Tratamentos              | Massa seca Aveia<br>kg ha <sup>-1</sup> |                    | Cobertura do solo<br>.....%..... |                    |
|--------------------------|---|--------------------|----------------------------------|--------------------|
|                          | 2017                                    | 2018               | 2017                             | 2018               |
| <b>Manejo do Solo</b>    |   |                    |                                  |                    |
| PD                       | 4068,92 b                               | 4656,47 a          | 38,79 a                          | 60,63 a            |
| SA                       | 4831,06 a                               | 4164,80 a          | 25,58 b                          | 44,13 b            |
| S3/S4                    | 4394,65 b                               | 4806,47 a          | 37,08 a                          | 60,58 a            |
| <b>Manejo da Palhada</b> |   |                    |                                  |                    |
| TR                       | 4661,78 a                               | 4381,47 a          | 39,17 a                          | 59,00 a            |
| SG                       | 4413,13 a                               | 4914,80 a          | 32,25 b                          | 52,58 a            |
| GR2                      | 5064,41 a                               | 4464,80 a          | 19,17 c                          | 52,58 a            |
| GR1                      | 4174,24 a                               | 4531,47 a          | 26,00 b                          | 55,83 a            |
| RF                       | 4302,65 a                               | 4631,47 a          | 40,58 a                          | 55,00 a            |
| T                        | 3973,05 a                               | 4331,47 a          | 45,75 a                          | 55,67 a            |
| <b>Teste F</b>           |   |                    |                                  |                    |
| M.S.                     | 6,73**                                  | 2,65 <sup>NS</sup> | 58,30**                          | 76,84**            |
| M.P.                     | 1,99 <sup>NS</sup>                      | 0,90 <sup>NS</sup> | 16,88**                          | 0,71 <sup>NS</sup> |
| M.S. x M.P.              | 3,43**                                  | 1,08 <sup>NS</sup> | 5,47**                           | 1,36 <sup>NS</sup> |
| C.V. – M.S. (%)          | 16,29                                   | 22,25              | 13,63                            | 9,65               |
| C.V. – M.P. (%)          | 21,42                                   | 17,03              | 24,81                            | 17,9               |

<sup>NS</sup>: não significativo (p>0,05); \*: significativo (p<0,05); \*\*: significativo (p<0,01); C.V.: coeficiente de variação (%). Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Subsolagem anual (SA); Subsolagem a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

Estudos com diferentes espécies de cobertura conduzidos por Piletti (2016) evidenciaram produção de matéria seca de aveia na ordem de 6,13 Mg ha<sup>-1</sup> no ano de

2014, quantidade superior a produzida nesse estudo em média  $4,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

A cobertura do solo foi menor no manejo com SA (26%), concordando com Seki et al. (2015) que concluíram que a subsolagem a 0,40 m e a escarificação a 0,30 m, realizadas no verão, reduziram a porcentagem de manutenção de cobertura comparado ao plantio direto.

A cobertura do solo (Quadro 7) foi menor em 2017 no manejo da palhada usando duas gradagens (19%) e uma gradagem (26%), isso pode ser devido a fragmentação dos resíduos utilizados nesta operação, que resultaram em maior mobilização do solo e assim maior incorporação dos resíduos superficiais.

Houve interação entre o manejo do solo e da palhada (Quadro 7) para massa seca da aveia no ano 2017, sendo a maior quantidade de massa seca para o manejo do solo com PD quando se utilizou o triturador. Na SA o manejo da palhada com TR e T proporcionou menor produção de massa seca, enquanto para a S3 não houve diferença para massa seca de aveia nos manejos da palhada (Quadro 8).

QUADRO 8. Desdobramento da interação sistemas de manejos do solo x palhada para massa seca de aveia em 2017

| Manejo do solo | Manejo da Palhada                                |            |            |            |            |            |
|----------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|
|                | TR   | SG         | GR2        | GR1        | RF         | T          |
|                | <b>Massa seca <math>\text{kg ha}^{-1}</math></b> |            |            |            |            |            |
| PD             | 5419,98 aA                                       | 3410,63 bB | 4280,93 bB | 3474,46 aB | 4069,13 bB | 3758,40 aB |
| SA             | 4081,02 bB                                       | 5400,55 aA | 5507,93 aA | 4878,02 aA | 5190,34 aA | 3928,49 aB |
| S3             | 4484,35 bA                                       | 4428,22 aA | 5404,38 aA | 4170,25 aA | 3648,48 bA | 4232,25 aA |

Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott. Plantio direto (PD); Subsolagem anual (SA); Subsolagem a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

Quando foi utilizado o manejo da palhada no PD com o TR observou-se a maior massa seca de aveia ( $5419 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em relação à SG, GR2, GR1, RF e T que apresentaram a produtividade de 3410, 4280, 3474, 4069, 3758  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente. O mesmo implemento (TR) no PD superou a produtividade de 4081 e 4484  $\text{kg ha}^{-1}$  a massa seca de aveia em relação a SA e S3, respectivamente (Quadro 8).

Ao se utilizar GR2 e os sistemas de manejo do solo SA e S3 produziram maior massa seca (5507 e 5404  $\text{kg ha}^{-1}$ ) que o PD com o mesmo manejo da palhada.

Observa-se de maneira geral que o PD apresenta as menores massas secas em relação aos manejos da palhada com excessão do TR no ano de 2017, corroborando com Muraishi et al. (2005), que observaram o manejo mecânico com triturador proporciona maior desintegração do material, acelerando à decomposição, o que pode

favorecer o desenvolvimento das culturas em sucessão devido a ciclagem de nutrientes, proporcionando assim maiores possibilidades de elevadas produções em massa. Entretanto Furlani et al. (2008) avaliando o efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno (consórcio aveia-preta + nabo forrageiro) sobre a temperatura do solo, verificaram que não houve diferença na produção de massa seca de plantas de cobertura com o triturador, rolo-faca e herbicida.

Houve interação entre o manejo do solo e manejo dos resíduos culturais, (Quadro 9) para a cobertura do solo em 2018.

QUADRO 9. Desdobramento da interação sistemas de manejos do solo x palhada para porcentagem de cobertura vegetal após os manejos em 2018

| Manejo do solo | Manejo de Palha              |          |          |          |          |          |
|----------------|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                | TR                           | SG       | GR2      | GR1      | RF       | T        |
|                | <b>Cobertura vegetal (%)</b> |          |          |          |          |          |
| PD             | 46,50 aA                     | 39,50 aA | 22,75 aB | 30,00 aB | 45,00 aA | 49,00 aA |
| SA             | 28,00 bA                     | 21,50 bB | 18,25 aB | 24,25 aB | 26,75 bA | 34,75 bA |
| S4             | 43,00 aB                     | 35,75 aB | 16,50 aC | 23,75 aC | 50,00 aA | 53,50 aA |

Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott. Plantio direto (PD); Subsolagem anual (SA); Subsolagem a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

Para os sistemas de manejo do solo pode-se observar que de maneira geral as maiores porcentagens de cobertura do solo foram no PD e S4 em quase todos os manejos da palhada com exceção da GR2 e GR1. O maior valor da porcentagem de cobertura (53,50%) foi do S4 com manejo químico, que reduziu em 37% a cobertura em relação ao S4 com GR2, que apresentou a menor cobertura (16,50 %). Assim pode-se afirmar que quando se usa grade como método de manejo da palhada, o tipo de manejo do solo não interfere quanto à cobertura vegetal, ficando abaixo ou no limite de 30% para ser considerado como sistemas conservacionistas.

Bortoluzzi e Eltz (2001) ao avaliar o manejo da palhada da aveia preta com implementos: picador de palhas, rolo-faca, grade niveladora-destorroadora e roçadora verificaram que a grade foi o que apresentou redução da cobertura do solo, com um decréscimo de 75% no período avaliado. Os autores atribuem essa redução da cobertura ao maior contato com o solo e conseqüente maior decomposição dos resíduos.

#### 4.2 Atributos do solo

## Macroporosidade (Macro)

Para a macroporosidade do solo (macro) pode-se observar que a subsolagem anual (SA) em 2019 se diferiu em todas as camadas do solo apresentando os maiores valores de macro (Quadro 10). Esse fato pode ter ocorrido devido à ação das hastes do implemento que realizam a ruptura e desagregação do solo atingido até 0,40 m de profundidade, aumentando o espaço poroso.

QUADRO 10. Macroporosidade do solo nas camadas de 0,00- 0,40 m, após a colheita do milho para a o manejo de solo (MS) e da palhada (MP)

| Tratamentos              | Macro (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) |                     |                    |                     |                    |                     |                    |                    |
|--------------------------|---|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
|                          | Camadas (m)                             |                     |                    |                     |                    |                     |                    |                    |
|                          | 0,0-0,10                                |                     | 0,10-0,20          |                     | 0,20-0,30          |                     | 0,30-0,40          |                    |
|                          | 2018                                    | 2019                | 2018               | 2019                | 2018               | 2019                | 2018               | 2019               |
| <b>Manejo de solo</b>    |   |                     |                    |                     |                    |                     |                    |                    |
| PD                       | 0,095 a                                 | 0,139 b             | 0,067 a            | 0,083 b             | 0,050 b            | 0,055 b             | 0,039 a            | 0,033 b            |
| SA                       | 0,102 a                                 | 0,158 a             | 0,073 a            | 0,117 a             | 0,059 a            | 0,075 a             | 0,038 a            | 0,041 a            |
| S3/4                     | 0,093a                                  | 0,119 c             | 0,072 a            | 0,083 b             | 0,056 a            | 0,057 b             | 0,041 a            | 0,037 b            |
| <b>Manejo de Palhada</b> |   |                     |                    |                     |                    |                     |                    |                    |
| TR                       | 0,094 a                                 | 0,134 a             | 0,074 a            | 0,102 a             | 0,058 a            | 0,064 a             | 0,043 a            | 0,040 a            |
| SG                       | 0,092 a                                 | 0,138 a             | 0,073 a            | 0,083 a             | 0,055 a            | 0,047 b             | 0,036 a            | 0,035 b            |
| GR2                      | 0,098 a                                 | 0,136 a             | 0,070 a            | 0,092 a             | 0,056 a            | 0,063 a             | 0,041 a            | 0,039 a            |
| GR1                      | 0,100 a                                 | 0,149 a             | 0,072 a            | 0,087 a             | 0,058 a            | 0,061 a             | 0,044 a            | 0,032 b            |
| RF                       | 0,095 a                                 | 0,136 a             | 0,062 a            | 0,105 a             | 0,053 a            | 0,069 a             | 0,037 a            | 0,042 a            |
| T                        | 0,103 a                                 | 0,137 a             | 0,074 a            | 0,097 a             | 0,052 a            | 0,069 a             | 0,036 a            | 0,034 b            |
| <b>Teste F</b>           |   |                     |                    |                     |                    |                     |                    |                    |
| MS                       | 1,84 <sup>NS</sup>                      | 18,59 <sup>**</sup> | 1,60 <sup>NS</sup> | 30,76 <sup>**</sup> | 4,37 <sup>*</sup>  | 18,67 <sup>**</sup> | 0,77 <sup>NS</sup> | 7,76 <sup>**</sup> |
| MP                       | 0,75 <sup>NS</sup>                      | 0,60 <sup>NS</sup>  | 1,21 <sup>NS</sup> | 2,78 <sup>NS</sup>  | 0,49 <sup>NS</sup> | 3,97 <sup>*</sup>   | 2,04 <sup>NS</sup> | 3,02 <sup>*</sup>  |
| MSxMP                    | 1,92 <sup>NS</sup>                      | 7,81 <sup>**</sup>  | 0,61 <sup>NS</sup> | 7,46 <sup>**</sup>  | 0,88 <sup>NS</sup> | 3,64 <sup>**</sup>  | 1,73 <sup>NS</sup> | 6,49 <sup>**</sup> |
| CV 1- MS (%)             | 16,77                                   | 16,31               | 19,75              | 18,54               | 19,48              | 19,76               | 23,92              | 20,24              |
| CV 2- MP (%)             | 16,96                                   | 17,70               | 19,61              | 18,74               | 21,43              | 22,52               | 22,54              | 21,29              |

<sup>NS</sup>: não significativo (p>0,05); <sup>\*</sup>: significativo (p<0,05); <sup>\*\*</sup>: significativo (p<0,01); C.V.: coeficiente de variação (%). Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Subsolagem anual (SA); Subsolagem a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

O manejo da palhada influenciou de forma significativa apenas na camada de 0,30-0,40 m pelo SG, GR1 e T no ano de 2019, e na camada de 0,20-0,30 m ao se utilizar a SG, no mesmo ano. Esses efeitos em profundidade provavelmente ocorrem de maneira aleatória, pois os equipamentos citados não exercem efeito nessas profundidades.

Segundo Reinert e Reichert (2006) considera-se que o espaço poroso do solo de 10 % de macroporos é suficiente para arejar o solo e satisfazer a demanda respiratória no solo. Assim, os valores de macro apresentados foram menores que 10% mesmo na camada até 0,20 m no ano de 2018, o que pode restringir o desenvolvimento

das culturas.

Houve interação entre o manejo do solo e manejo da palhada (Quadro 11) para macroporosidade do solo no ano de 2019 para todas as camadas e o maior valor de macro na camada de 0,00-0,10 m foi observado no tratamento PD e TR, diferindo estatisticamente dos demais.

Nos tratamentos GR1, RF e T o manejo do solo com SA proporcionou maior macro na camada 0,00-0,10 m. No GR2 o manejo do solo não alterou a macro.

QUADRO 11. Desdobramento da interação sistemas de manejos do solo x palhada para macroporosidade do solo no ano de 2019

| Tratamentos               | Macro (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) |          |          |          |          |          |
|---------------------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|
|                           | TR                                      | SG       | GR2      | GR1      | RF       | T        |
| <b>Camada 0,00-0,10 m</b> |   |          |          |          |          |          |
| PD                        | 0,186 aA                                | 0,134 aC | 0,154 aB | 0,116 bC | 0,144 aB | 0,098 bC |
| SA                        | 0,136 bB                                | 0,153 aB | 0,133 aB | 0,184 aA | 0,171 aA | 0,173 aA |
| S4                        | 0,080 cB                                | 0,127 aA | 0,122 aA | 0,148 bA | 0,094 bB | 0,141 aA |
| <b>Camada 0,10-0,20 m</b> |   |          |          |          |          |          |
| PD                        | 0,117 aA                                | 0,057 bB | 0,076 aB | 0,065 bB | 0,118 aA | 0,068 bB |
| SA                        | 0,119 aA                                | 0,134 aA | 0,098 aB | 0,094 aB | 0,121 aA | 0,139 aA |
| S4                        | 0,070 bB                                | 0,059 bB | 0,102 aA | 0,102 aA | 0,076 bB | 0,086 bA |
| <b>Camada 0,20-0,30 m</b> |   |          |          |          |          |          |
| PD                        | 0,052 bB                                | 0,048 aB | 0,059 aB | 0,054 bB | 0,073 aA | 0,044 cB |
| SA                        | 0,084 aA                                | 0,042 aB | 0,072 aA | 0,079 aA | 0,075 aA | 0,097 aA |
| S4                        | 0,056 bA                                | 0,051 aA | 0,059 aA | 0,050 bA | 0,060 aA | 0,066 bA |
| <b>Camada 0,30-0,40 m</b> |   |          |          |          |          |          |
| PD                        | 0,023 cB                                | 0,034 bA | 3,97 aA  | 0,027 bB | 0,039 bA | 0,035 aA |
| SA                        | 0,059 aA                                | 0,028 bD | 4,42 aB  | 0,039 aC | 0,050 aB | 0,028 aD |
| S4                        | 0,037 bA                                | 0,043 aA | 3,39 aA  | 0,028 bA | 0,037 bA | 0,041 aA |

Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott dentro da camada. Plantio direto (PD); Subsolagem anual (SA); Subsolagem a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

O TR gerou maior macro em PD na camada de 0,00-0,10 m. Esse resultado indica que a maior produção de massa seca da parte aérea de aveia (5.419 kg ha<sup>-1</sup>) (Quadro 8), pode estar relacionado a decomposição da matéria orgânica nessa camada, associado ao cultivo de gramíneas, que possuem sistema radicular abundante que estão relacionados com a formação de macroagregados (SALTON et al., 2008), resultam em maior macroporosidade do solo na profundidade de 0,00-0,10 m (MOTTIN, 2016).

### Microporosidade (Micro)

Em 2018 a micro com o manejo do solo no tratamento SA aumentou o valor percentual na camada de 0,20-0,30 m. Para o ano de 2018 o manejo da palhada com o

tratamento TR apresentou maiores valores de microporosidade em todas as camadas, exceto para a camada de 0,20-0,30 m que foi estatisticamente igual ao RF. No ano seguinte (2019) a micro não se diferiu nos manejos do solo e nem da palhada (Quadro 12).

QUADRO 12. Microporosidade do solo nas camadas de 0- 0,40 m, após a colheita do milho

| Tratamentos              | Micro ( $m^3 m^{-3}$ ) |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|--------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                          | Camadas (m)            |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|                          | 0,0-0,10               |                    | 0,10-0,20          |                    | 0,20-0,30          |                    | 0,30-0,40          |                    |
|                          | 2018                   | 2019               | 2018               | 2019               | 2018               | 2019               | 2018               | 2019               |
| <b>Manejo do solo</b>    |                        |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| PD                       | 0,417 a                | 0,409 a            | 0,417 a            | 0,392 a            | 0,411 b            | 0,401 a            | 0,419 a            | 0,403 a            |
| SA                       | 0,422 a                | 0,406 a            | 0,423 a            | 0,404 a            | 0,426 a            | 0,408 a            | 0,429 a            | 0,398 a            |
| S3/4                     | 0,427 a                | 0,412 a            | 0,417 a            | 0,420 a            | 0,415 b            | 0,409 a            | 0,419 a            | 0,399 a            |
| <b>Manejo de Palhada</b> |                        |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| TR                       | 0,464 a                | 0,402a             | 0,453 a            | 0,396 a            | 0,441 a            | 0,400 a            | 0,469 a            | 0,398 a            |
| SG                       | 0,419 b                | 0,398 a            | 0,416 b            | 0,398 a            | 0,409 b            | 0,409 a            | 0,420 b            | 0,405 a            |
| GR2                      | 0,425 b                | 0,422 a            | 0,421 b            | 0,421 a            | 0,412 b            | 0,400 a            | 0,403 b            | 0,372 a            |
| GR1                      | 0,421 b                | 0,404 a            | 0,406 b            | 0,414 a            | 0,411 b            | 0,407 a            | 0,413 b            | 0,403 a            |
| RF                       | 0,409 b                | 0,417 a            | 0,406 b            | 0,394 a            | 0,426 a            | 0,406 a            | 0,413 b            | 0,410 a            |
| T                        | 0,396 b                | 0,412 a            | 0,412 b            | 0,409 a            | 0,405 b            | 0,415 a            | 0,414 b            | 0,411 a            |
| <b>Teste F</b>           |                        |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| MS                       | 1,26 <sup>NS</sup>     | 0,15 <sup>NS</sup> | 0,91 <sup>NS</sup> | 2,66 <sup>NS</sup> | 4,63*              | 0,39 <sup>NS</sup> | 2,52 <sup>NS</sup> | 0,18 <sup>NS</sup> |
| MP                       | 8,81**                 | 0,58 <sup>NS</sup> | 3,92*              | 0,93 <sup>NS</sup> | 2,99*              | 0,19 <sup>NS</sup> | 11,12**            | 1,70 <sup>NS</sup> |
| MSxMP                    | 1,33 <sup>NS</sup>     | 1,31 <sup>NS</sup> | 2,16*              | 0,78 <sup>NS</sup> | 1,02 <sup>NS</sup> | 1,38 <sup>NS</sup> | 0,84 <sup>NS</sup> | 0,90 <sup>NS</sup> |
| CV 1MS (%)               | 5,47                   | 8,88               | 4,63               | 10,41              | 4,27               | 8,34               | 4,27               | 6,71               |
| CV 2 MP (%)              | 6,32                   | 10,13              | 7,41               | 9,77               | 6,59               | 11,05              | 5,87               | 9,60               |

<sup>NS</sup>: não significativo ( $p>0,05$ ); \*: significativo ( $p<0,05$ ); \*\*: significativo ( $p<0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação (%). Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

Houve interação entre o manejo do solo e da palhada (Quadro 13) para micro do solo no ano de 2018.

QUADRO 13. Desdobramento da interação sistemas de manejos do solo x palha para microporosidade do solo em 2018

| Tratamentos               | Micro ( $m^3 m^{-3}$ ) |          |          |          |          |          |
|---------------------------|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                           | TR                     | SG       | GR2      | GR1      | RF       | T        |
| <b>Camada 0,10-0,20 m</b> |                        |          |          |          |          |          |
| PD                        | 0,465 aA               | 0,405 aB | 0,404 bB | 0,414 aB | 0,391 aB | 0,422 aB |
| SA                        | 0,445 aA               | 0,422 aA | 0,444 aA | 0,399 aA | 0,410 aA | 0,421 aA |
| S3                        | 0,449 aA               | 0,422 aA | 0,415 bA | 0,405 aA | 0,417 aA | 0,394 aA |

Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

Na camada de 0,10-0,20 m observou-se que no manejo com PD proporcionou aumento da micro com o TR, possivelmente porque os resíduos não são incorporados, ficando na superfície do solo. Esse aumento pode implicar em menor desenvolvimento radicular e conseqüentemente menor produtividade do milho.

Na operação de manejo da palhada utilizando a GR2 associado à SA, ocorreu aumento da microporosidade do solo na camada de 0,10- 0,20 m (Quadro 13) isso porque esses implementos podem ter fracionado os agregados maiores em unidades menores, aumentando os microporos e a densidade do solo, o que também foi verificado por Campos et al. (2018).

### Porosidade total (PT)

A maior porcentagem de porosidade do solo foi observada no manejo do solo com a SA (Quadro 14) na camada de 0,20- 0,30 nos dois anos, em relação aos outros sistemas. Esse comportamento também foi verificado no trabalho realizado por Klein et al. (2008) num Latossolo Vermelho com escarificação esporádica do solo que aumentou a porosidade total.

QUADRO 14. Porosidade total do solo nas camadas de 0,00- 0,40 m, após a colheita do milho

| Tratamentos             | PT (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|-------------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         | Camadas (m)                          |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|                         | 0,0-0,10                             |                    | 0,10-0,20          |                    | 0,20-0,30          |                    | 0,30-0,40          |                    |
|                         | 2018                                 | 2019               | 2018               | 2019               | 2018               | 2019               | 2018               | 2019               |
| <b>Manejo do solo</b>   |                                      |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| PD                      | 0,512 a                              | 0,548 b            | 0,483 a            | 0,475 b            | 0,458 c            | 0,456 b            | 0,460 a            | 0,436 a            |
| SA                      | 0,522 a                              | 0,565 a            | 0,497 a            | 0,521 a            | 0,485 a            | 0,483 a            | 0,468 a            | 0,439 a            |
| S3/4                    | 0,520 a                              | 0,531 b            | 0,489 a            | 0,503 a            | 0,474 b            | 0,466 b            | 0,462 a            | 0,436 a            |
| <b>Manejo de Planta</b> |                                      |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| TR                      | 0,554 a                              | 0,536 a            | 0,527a             | 0,498 a            | 0,500 a            | 0,464 a            | 0,514 a            | 0,438 a            |
| SG                      | 0,510 b                              | 0,536 a            | 0,488 b            | 0,482 a            | 0,461 b            | 0,456 a            | 0,462 b            | 0,440 a            |
| GR2                     | 0,523 b                              | 0,558 a            | 0,491 b            | 0,513 a            | 0,467 b            | 0,464 a            | 0,444 b            | 0,411 a            |
| GR1                     | 0,520 b                              | 0,553 a            | 0,478 b            | 0,501 a            | 0,469 b            | 0,468 a            | 0,457 b            | 0,435 a            |
| RF                      | 0,503 b                              | 0,553 a            | 0,468 b            | 0,499 a            | 0,478 b            | 0,476 a            | 0,452 b            | 0,452 a            |
| T                       | 0,498 b                              | 0,550 a            | 0,486 b            | 0,506 a            | 0,459 b            | 0,483 a            | 0,451 b            | 0,445 a            |
| <b>Teste F</b>          |                                      |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| MS                      | 1,04 <sup>NS</sup>                   | 4,25*              | 1,96 <sup>NS</sup> | 6,43**             | 15,08**            | 4,30*              | 1,02 <sup>NS</sup> | 0,17 <sup>NS</sup> |
| MP                      | 9,64**                               | 0,47 <sup>NS</sup> | 4,61**             | 0,70 <sup>NS</sup> | 4,84**             | 0,56 <sup>NS</sup> | 14,51**            | 1,63 <sup>NS</sup> |
| MSxMP                   | 0,78 <sup>NS</sup>                   | 1,29 <sup>NS</sup> | 1,58 <sup>NS</sup> | 1,23 <sup>NS</sup> | 1,66 <sup>NS</sup> | 2,33*              | 1,42 <sup>NS</sup> | 2,34*              |
| CV 1 MS (%)             | 4,95                                 | 7,39               | 4,80               | 8,96               | 3,63               | 6,91               | 4,74               | 5,80               |
| CV 2 MP (%)             | 4,28                                 | 8,67               | 6,63               | 8,75               | 5,08               | 9,54               | 5,05               | 8,66               |

<sup>NS</sup>: não significativo (p>0,05); \*: significativo (p<0,05); \*\*: significativo (p<0,01); C.V.: coeficiente de variação (%). Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

Arcoverde et al. (2019) observaram o aumento na PT em Latossolo Vermelho sob diferentes manejos do solo e atribuem que a maior porosidade total pode ter sido influenciada pela maior microporosidade do solo.

O TR propiciou maior PT até a profundidade de 0,40 m em relação aos demais implementos no ano de 2018, assim como observado na Micro, o que tem contribuído para que o triturador possa ser utilizado no manejo da palhada sem afetar negativamente os atributos físicos do solo. Houve interação entre o manejo do solo e manejo da palhada para porosidade total do solo no ano de 2019 para as camadas de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m (Quadro 14). Os manejos da palhada não afetaram a PT do solo individualmente na camada de 0,20- 0,30 m. Na camada de 0,30- 0,40 m, no tratamento S4 a GR2 apresentou menor porosidade total (Quadro 15).

QUADRO 15. Desdobramento da interação sistemas de manejos do solo x palha para porosidade total (PT) em 2019

| Tratamentos                | PT (%)   |          |          |          |          |          |
|----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                            | TR       | SG       | GR2      | GR1      | RF       | T        |
| <b>Camada 0,20- 0,30 m</b> |          |          |          |          |          |          |
| PD                         | 0,437 bA | 0,464 aA | 0,484 aA | 0,468 aA | 0,449 aA | 0,434 bA |
| SA                         | 0,502 aA | 0,452 aA | 0,459 aA | 0,481 aA | 0,487aA  | 0,518 aA |
| S4                         | 0,453 bA | 0,452 aA | 0,447 aA | 0,454 aA | 0,491 aA | 0,498 aA |
| <b>Camada 0,30-0,40 m</b>  |          |          |          |          |          |          |
| PD                         | 0,418 aA | 43,07 aA | 0,436 aA | 0,422 aA | 0,459 aA | 0,447 aA |
| SA                         | 0,460 aA | 43,06 aA | 0,413 aA | 0,450 aA | 0,457 aA | 0,427 aA |
| S4                         | 0,435 aA | 45,85 aA | 0,386 bB | 0,433 aA | 0,441 aA | 0,462 aA |

Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

A PT na camada de 0,20- 0,30 m foi maior quando se utilizou o TR com a SA, esse efeito pode ser atribuído ao aumento da Micro nessa profundidade, enquanto no PD com T (manejo químico) a PT foi menor, esse efeito pode ser atribuído aos mesmos não sofrerem mobilização do solo por implementos, mantendo sua estrutura. Já na GR2 a PT foi maior no PD e SA na camada de 0,30-0,40 m, porque houve desagregação do solo com as hastes.

### Densidade do solo (DS)

Os valores de densidade do solo (Quadro 16) estão abaixo da faixa 1,51 a 1,59 Mg m<sup>-3</sup> considerados máximos por Sá et al. (2016) para um Latossolo com textura

muito argilosa nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m. Para o milho esses valores não são considerados altos, pois segundo Reinert et al. (2008) ao avaliar a qualidade física de um Argissolo Vermelho cultivado no sistema de plantio direto, após o cultivo de plantas de cobertura, e identificar o limite crítico de densidade do solo, verificaram que as maiores densidades do solo de  $1,85 \text{ kg dm}^{-3}$  não reduziram o crescimento radicular do milho.

QUADRO 16. Densidade do solo (DS) nas camadas de 0- 0,40 m, após a colheita do milho

| Tratamentos              | DS ( $\text{kg dm}^{-3}$ ) |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|--------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                          | Camadas (m)                |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|                          | 0,0-0,10                   |                    | 0,10-0,20          |                    | 0,20-0,30          |                    | 0,30-0,40          |                    |
|                          | 2018                       | 2019               | 2018               | 2019               | 2018               | 2019               | 2018               | 2019               |
| <b>Manejo do solo</b>    |                            |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| PD                       | 1,21 b                     | 1,30 a             | 1,34 a             | 1,48 a             | 1,31 a             | 1,43 a             | 1,24 a             | 1,34 a             |
| SA                       | 1,20 b                     | 1,29 a             | 1,28 b             | 1,38 b             | 1,27 a             | 1,37 a             | 1,25 a             | 1,32 a             |
| S3/4                     | 1,29 a                     | 1,34 a             | 1,33 a             | 1,46 a             | 1,30 a             | 1,40 a             | 1,24 a             | 1,30 a             |
| <b>Manejo de Palhada</b> |                            |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| TR                       | 1,30 a                     | 1,30 a             | 1,33 a             | 1,42 a             | 1,27 a             | 1,34 a             | 1,25 a             | 1,31 a             |
| SG                       | 1,22 a                     | 1,29 a             | 1,31 a             | 1,47 a             | 1,27 a             | 1,43 a             | 1,24 a             | 1,34 a             |
| GR2                      | 1,20 a                     | 1,29 a             | 1,33 a             | 1,43 a             | 1,29 a             | 1,45 a             | 1,24 a             | 1,32 a             |
| GR1                      | 1,18 a                     | 1,30 a             | 1,28 a             | 1,46 a             | 1,30 a             | 1,34 a             | 1,24 a             | 1,28 a             |
| RF                       | 1,25 a                     | 1,35 a             | 1,33 a             | 1,43 a             | 1,34 a             | 1,43 a             | 1,24 a             | 1,32 a             |
| T                        | 1,25 a                     | 1,32 a             | 1,32 a             | 1,43 a             | 1,30 a             | 1,41 a             | 1,26 a             | 1,34 a             |
| <b>Teste F</b>           |                            |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| MS                       | 3,31*                      | 0,86 <sup>NS</sup> | 3,86*              | 6,85**             | 1,32 <sup>NS</sup> | 1,90 <sup>NS</sup> | 0,33 <sup>NS</sup> | 0,73 <sup>NS</sup> |
| MP                       | 1,63 <sup>NS</sup>         | 0,40 <sup>NS</sup> | 0,34 <sup>NS</sup> | 0,51 <sup>NS</sup> | 1,19 <sup>NS</sup> | 2,42 <sup>NS</sup> | 0,14 <sup>NS</sup> | 0,97 <sup>NS</sup> |
| MSxMP                    | 0,61 <sup>NS</sup>         | 1,69 <sup>NS</sup> | 1,29 <sup>NS</sup> | 0,99 <sup>NS</sup> | 0,86 <sup>NS</sup> | 1,21 <sup>NS</sup> | 0,55 <sup>NS</sup> | 0,23 <sup>NS</sup> |
| CV 1MS (%)               | 10,06                      | 10,86              | 6,27               | 6,99               | 7,23               | 6,52               | 4,85               | 8,81               |
| CV 2 MP(%)               | 9,87                       | 9,33               | 8,45               | 7,12               | 6,37               | 7,19               | 7,65               | 5,68               |

<sup>NS</sup>: não significativo ( $p > 0,05$ ); \*: significativo ( $p < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $p < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação (%). Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

A SA originou menor valor DS na camada de 0,10- 0,20 m (1,28 e 1,38) em 2018 e 2019 respectivamente (Quadro 16). Para Toigo et al. (2015) a redução da densidade do solo na camada superficial ocorre devido ao efeito da desagregação do solo promovida pelas hastes sulcadoras do subsolador após treze meses da implantação.

Os efeitos persistentes sobre a densidade do solo em todas as camadas com a operação de subsolação foi observada após 11 meses de sua realização por Seki et al. (2015). Assim, esse efeito na redução da densidade na camada superficial é rápido e não foi observado no manejo do solo com S3, que obteve a maior densidade do solo na camada de 0,00- 0,10 m, devido ao rearranjo das partículas e reconsolidação do solo. Drescher et al. (2011), atribuem este fato a chuva e aos ciclos de umedecimento e

secagem, enquanto o PD é menor devido o maior acúmulo de matéria orgânica e escurificação biológica.

O manejo da palha não alterou a DS até 0,40 m, que também foi verificado por Cortez et al. (2018). Os autores avaliaram o manejo da palha de culturas de cobertura com rolo-faca, triturador de palhas e roçadora e não observaram diferença da densidade do solo com os implementos.

### Resistência à penetração do solo (RP)

Observa-se que em 2017 a resistência à penetração não se diferiu estatisticamente com o manejo do solo em todas as camadas do solo (Quadro 17). Já em 2018 a resistência à penetração do solo apresentou menores valores no manejo com SA em todas as camadas. A RP no PD e S4 foi maior nas camadas do solo até 0,30 m no ano de 2019.

QUADRO 17. Resistência do solo com penetrômetro de impacto nas camadas de 0,00-0,40 m, antes e após a colheita do milho

| Tratamentos              | RP (MPa)          |                   |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |
|--------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                          | Camadas (m)       |                   |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |
|                          | 0,0-0,10          |                   |                    | 0,10-0,20          |                    |                    | 0,20-0,30         |                    |                   | 0,30-0,40         |                   |                   |
|                          | 2017              | 2018              | 2019               | 2017               | 2018               | 2019               | 2017              | 2018               | 2019              | 2017              | 2018              | 2019              |
| <b>Manejo do solo</b>    |                   |                   |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |
| PD                       | 3,6 a             | 3,6 b             | 3,9 a              | 3,7 a              | 4,6 a              | 5,2 a              | 3,7 a             | 4,1 a              | 3,8 a             | 4,2 a             | 3,9 a             | 3,2 a             |
| SA                       | 3,5 a             | 3,5 b             | 2,7 b              | 3,4 a              | 3,7 b              | 3,5 b              | 3,5 a             | 3,4 b              | 3,3 b             | 4,0 a             | 3,4 b             | 3,1 a             |
| S2/3/4                   | 3,1 a             | 4,2 a             | 4,4 a              | 3,4 a              | 4,8 a              | 4,8 a              | 3,5 a             | 4,3 a              | 3,8 a             | 4,0 a             | 3,7 a             | 3,4 a             |
| <b>Manejo de Palhada</b> |                   |                   |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |
| TR                       | 3,6 a             | 3,3 a             | 2,98 b             | 3,3 a              | 4,0 a              | 3,8 a              | 3,3 a             | 3,7 a              | 3,5 a             | 4,0 a             | 3,7 a             | 3,2 a             |
| SG                       | 3,6 a             | 3,8 a             | 3,80 a             | 3,4 a              | 4,4 a              | 4,6 a              | 3,4 a             | 3,8 a              | 3,7 a             | 3,8 a             | 3,4 a             | 3,0 a             |
| GR2                      | 2,8 b             | 3,4 a             | 4,13 a             | 3,2 a              | 4,6 a              | 4,8 a              | 3,8 a             | 4,2 a              | 3,7 a             | 4,2 a             | 4,0 a             | 3,4 a             |
| GR1                      | 2,9 b             | 3,9 a             | 3,66 a             | 3,3 a              | 4,4 a              | 4,6 a              | 3,4 a             | 4,1 a              | 3,5 a             | 3,9 a             | 3,7 a             | 3,3 a             |
| RF                       | 3,7 a             | 4,2 a             | 4,33 a             | 3,9 a              | 4,6 a              | 4,8 a              | 3,8 a             | 3,8 a              | 3,5 a             | 4,4 a             | 3,6 a             | 3,2 a             |
| T                        | 4,0 a             | 3,9 a             | 3,04 b             | 3,9 a              | 4,3 a              | 4,5 a              | 3,8 a             | 3,8 a              | 3,9 a             | 4,2 a             | 3,5 a             | 3,3 a             |
| <b>Teste F</b>           |                   |                   |                    |                    |                    |                    |                   |                    |                   |                   |                   |                   |
| MS                       | 2,1 <sup>NS</sup> | 7,1 <sup>**</sup> | 9,87 <sup>**</sup> | 1,8 <sup>NS</sup>  | 11,3 <sup>**</sup> | 14,2 <sup>**</sup> | 0,7 <sup>NS</sup> | 26,1 <sup>**</sup> | 3,6 <sup>*</sup>  | 0,8 <sup>NS</sup> | 3,6 <sup>*</sup>  | 1,5 <sup>NS</sup> |
| MP                       | 6,7 <sup>**</sup> | 1,3 <sup>NS</sup> | 4,0 <sup>*</sup>   | 2,8 <sup>NS</sup>  | 2,01 <sup>NS</sup> | 1,2 <sup>NS</sup>  | 1,5 <sup>NS</sup> | 0,9 <sup>NS</sup>  | 0,5 <sup>NS</sup> | 0,9 <sup>NS</sup> | 1,0 <sup>NS</sup> | 0,3 <sup>NS</sup> |
| MSxMP                    | 1,5 <sup>NS</sup> | 4,1 <sup>**</sup> | 1,9 <sup>NS</sup>  | 0,7 <sup>6NS</sup> | 1,5 <sup>NS</sup>  | 1,0 <sup>NS</sup>  | 0,8 <sup>NS</sup> | 1,6 <sup>NS</sup>  | 1,4 <sup>NS</sup> | 0,7 <sup>NS</sup> | 0,8 <sup>NS</sup> | 1,4 <sup>NS</sup> |
| CV 1MS (%)               | 23,50             | 18,4              | 37,6               | 16,3               | 20,5               | 25,6               | 17,0              | 11,9               | 19,4              | 15,8              | 18,4              | 21,2              |
| CV 2MP (%)               | 19,28             | 28,9              | 26,5               | 18,8               | 12,1               | 27,1               | 20,1              | 18,3               | 21,9              | 21,0              | 19,7              | 27,2              |

<sup>NS</sup>: não significativo (p>0,05); <sup>\*</sup>: significativo (p<0,05); <sup>\*\*</sup>: significativo (p<0,01); C.V.: coeficiente de variação (%). Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

Os valores de RP estão todos acima de 2 MPa, valor considerado crítico para solos argilosos (BENGOUGH e MULLINS, 1990), devido a umidade do solo

abaixo da capacidade de campo (Quadro 6).

Moraes et al. (2014) relatam que 2 MPa, limite crítico definido por outros autores é inadequado para a caracterização da qualidade física do Latossolo Vermelho distroférico, sob sistema plantio direto e, ou, no sistema de preparo mínimo. Independentemente do modelo de produção, os limites crítico de resistência do solo à penetração devem ser ampliados para 3 MPa, no sistema preparo mínimo com escarificação, e para 3,5 MPa, no sistema plantio, pois valores abaixo desses citados não acarretam em restrições para as culturas.

Os valores de RP foram influenciados na camada de 0,00-0,10 m com o manejo da palhada e também foi verificado por Cortez et al. (2018) que avaliaram a RP sob três manejos dos restos culturais da safra anterior (rolagem com rolo-faca, trituração com triturador de palhas e roçada com roçadora) em Latossolo Vermelho eutroférico textura argilosa e concluíram que o equipamento de manejo de resíduos, triturador de palhas, afetou a resistência do solo à penetração nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,20-0,30 m.

Houve interação entre o manejo do solo e palhada (Quadro18) para resistência a penetração do solo no ano de 2018 para a camada de 0,10 m.

**QUADRO 18.** Desdobramento da interação sistemas de manejos do solo x palhada para resistência a penetração em 2018 na camada de 0,10 m

| Tratamentos      | RP (MPa) |        |        |        |        |        |
|------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                  | TR       | SG     | GR2    | GR1    | RF     | T      |
| Camada 0- 0,10 m |          |        |        |        |        |        |
| PD               | 3,1 aA   | 3,9 aA | 3,3 aA | 3,4 bA | 4,4 aA | 3,8 bA |
| SA               | 3,1 aB   | 3,0 bB | 3,1 aB | 4,9 aA | 3,9 aA | 2,7 cB |
| S3               | 3,5 aA   | 4,5 aA | 3,9 aA | 3,5 bA | 3,9 aA | 5,3 aA |

Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

Na SA no manejo da palhada com a GR1 e RF a RP foi maior para a camada de 0,00-0,10, devido ao revolvimento do solo reduzir a cobertura do solo (Quadro 7), diminuindo a umidade do solo, conseqüentemente observou-se os valores de RP, ao contrário do que ocorre com o S3 e o PD que mantem a cobertura do solo atuando na manutenção da umidade do solo, concordando com Seki et al. (2015). O PD e S3 não apresentaram diferenças na RP em todos os manejos da palha.

Nos manejos da palhada com a SG e T a RP foi menor com a SA (Quadro 18), possivelmente porque o manejo da palhada com SG corta na base da planta,

mantendo-a inteira, assim como no manejo químico com herbicida, associada à incorporação parcial da palhada com SA. Isso favorece a decomposição redução a RP na camada de 0,10 m, esse resultado também foi verificado por Francziskowski et al. (2019) que ao avaliar o efeito de plantas de cobertura e manejo do solo nos atributos do solo e observaram o aumento da porosidade e a redução da resistência a penetração do solo quando se utiliza o escarificador no cultivo mínimo do solo.

Verifica-se diferença estatística na RPb para o manejo do solo em todas as camadas em 2019 (Quadro 19), o sistema de manejo do solo com SA, apresentou os menores valores de RPb nos dois anos avaliados até 0,30 m e a SA proporcionou menor RP em todas as profundidades com ambos penetrômetros.

QUADRO 19. Resistência do solo com penetrógrafo de bancada nas camadas de 0,00-0,40 m, após a colheita do milho.

| Tratamentos              | RPb (MPa)   |       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|--------------------------|-------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                          | Camadas (m) |       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|                          | 0,0-0,10    |       | 0,10-0,20         |                   | 0,20-0,30         |                   | 0,30-0,40         |                   |
|                          | 2018        | 2019  | 2018              | 2019              | 2018              | 2019              | 2018              | 2019              |
| <b>Manejo do solo</b>    |             |       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| PD                       | 1,1 b       | 1,5 a | 1,8 a             | 3,2 a             | 2,4 a             | 3,2 a             | 2,2 a             | 3,0 a             |
| SA                       | 0,5 c       | 0,7 b | 1,3 b             | 1,7 b             | 1,5 b             | 2,0 b             | 2,1 a             | 2,5 b             |
| S3/4                     | 1,6 a       | 1,5 a | 2,1 a             | 2,9 a             | 2,0 a             | 2,7 a             | 2,2 a             | 2,3 b             |
| <b>Manejo de Palhada</b> |             |       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| TR                       | 1,6 a       | 1,9 a | 1,9 a             | 2,4 a             | 2,2 a             | 2,2 a             | 2,3 a             | 2,9 a             |
| SG                       | 1,4 a       | 1,2 b | 1,4 a             | 2,5 a             | 1,8 a             | 2,4 a             | 1,9 a             | 2,5 a             |
| GR2                      | 0,6 b       | 0,8 b | 1,7 a             | 2,4 a             | 1,7 a             | 2,8 a             | 2,4 a             | 2,6 a             |
| GR1                      | 0,5 b       | 1,0 b | 1,6 a             | 2,8 a             | 2,0 a             | 2,4 a             | 1,9 a             | 2,5 a             |
| RF                       | 1,2 a       | 1,3 b | 1,9 a             | 3,4 a             | 1,9 a             | 3,1 a             | 2,0 a             | 2,2 a             |
| T                        | 1,2 a       | 1,2 b | 1,9 a             | 2,1 a             | 2,1 a             | 2,8 a             | 2,4 a             | 3,0 a             |
| <b>Teste F</b>           |             |       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| MS                       | 15,3**      | 9,2** | 6,6**             | 7,2**             | 6,4**             | 7,2**             | 0,1 <sup>NS</sup> | 3,5*              |
| MP                       | 4,7**       | 3,3*  | 0,8 <sup>NS</sup> | 1,2 <sup>NS</sup> | 0,3 <sup>NS</sup> | 1,3 <sup>NS</sup> | 0,8 <sup>NS</sup> | 1,1 <sup>NS</sup> |
| MSxMP                    | 2,6*        | 2,9*  | 0,6 <sup>NS</sup> | 0,9 <sup>NS</sup> | 0,7 <sup>NS</sup> | 1,0 <sup>NS</sup> | 1,1 <sup>NS</sup> | 1,7 <sup>NS</sup> |
| CV 1MS (%)               | 67,0        | 63,7  | 48,2              | 55,0              | 43,1              | 43,3              | 33,5              | 37,5              |
| CV 2MP (%)               | 67,1        | 53,1  | 47,4              | 55,1              | 56,6              | 41,7              | 45,8              | 35,8              |

<sup>NS</sup>: não significativo (p>0,05); \*: significativo (p<0,05); \*\*: significativo (p<0,01); C.V.: coeficiente de variação (%). Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação a três/quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

A resistência à penetração do solo na camada superficial de 0,10 m com o manejo da palhada utilizando o triturador nos dois anos, esses resultados corroboram com Cortez et al. (2018) que também verificaram maior RP com manejo de plantas de cobertura com o triturador de palhas. No ano de 2018 o manejo com GR proporcionou o menor valor de RP.

Houve interação entre o manejo do solo e palhada (Quadro 19) para a resistência a penetração com penetrógrafo de bancada nos anos de 2018 e 2019. No PD com GR2 e GR1 a RP foi menor na camada de 0,00- 0,10 m no em 2018 (Quadro 20), isso porque ocorre o revolvimento do solo e desagregação da camada adensada na camada superficial em PD, resultado também observado por Almeida et al. (2016). O S3/4 teve maior RP com o uso do TR e SG em 2018 na camada do solo de 0,00-0,10 m, esse fato pode ser atribuído a não mobilização do solo e a reconsolidação natural.

QUADRO 20. Desdobramento da interação sistemas de manejos do solo x palhada para resistência a penetração com penetrógrafo de bancada em 2018 e 2019

| Tratamentos             | RPb ( MPa ) |        |        |        |        |        |
|-------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                         | TR          | SG     | GR2    | GR1    | RF     | T      |
| <b>Camada 0- 0,10 m</b> |             |        |        |        |        |        |
| PD                      | 1,8 aA      | 1,1 bA | 0,5 aB | 0,2 aB | 1,7 aA | 1,5 aA |
| SA                      | 0,4 bA      | 0,4 bA | 0,4 aA | 0,6 aA | 0,5 bA | 0,6 aA |
| S3                      | 2,6 aA      | 2,8 aA | 0,8 aB | 0,6 aB | 1,3 aB | 1,5 aB |
| <b>Camada 0-0,10 m</b>  |             |        |        |        |        |        |
| PD                      | 1,7 bB      | 1,3 aB | 0,6 aB | 1,5 aB | 1,3 aB | 2,8 aA |
| SA                      | 1,1 bA      | 0,7 aA | 1,0 aA | 0,6 aA | 0,5 aA | 0,2 bA |
| S4                      | 2,8 aA      | 1,8 aA | 1,0 aB | 1,0 aB | 1,9 aA | 0,6 bB |

Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott. Plantio direto (PD); Subsolagem anual (SA); Subsolagem a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

A RPb em 2019 foi maior no PD com T e apresentou um elevado coeficiente de variação nos manejos (53 e 63%), porque o solo não é revolvido e os resíduos da aveia não são fragmentados e incorporados, mantendo a agregação do solo, continuidade dos poros, o que não significa que o solo está compactado na superfície, pois a produtividade do milho não se diferiu.

A RPb no TR foi menor com SA nos anos de 2018 e 2019, já a SG e RF teve menor RPb com o SA em 2018. Possivelmente a fragmentação da palhada associado à subsolagem contribuíram para a redução da RP, corroborando com Conte et al. (2019) que verificaram que a resistência media a penetração foi menor nos tratamentos com subsolagem quando comparada ao manejo de plantio direto.

Soriani et al. (2018) também verificaram que o manejo do solo com preparos mecânicos (grades e subsoladores) sem diagnóstico adequado de necessidade, deixaram o solo vulnerável a degradação, podendo acarretar em sérios problemas, pois promovem alterações nos agregados, causando compactação, que é o aumento da densidade e a redução da porosidade, diminuição da eficiência da infiltração de água e capacidade de

aeração, principalmente aumentando a resistência à penetração das raízes, entre outros fatores prejudiciais ao solo e a cultura de interesse, principalmente queda na produtividade.

#### 4.1 Estande e distribuição longitudinal do milho

Os menores estandes plantas foram observados no manejo do solo com SA nos dois anos (Quadro 21), enquanto o manejo da palhada onde se utilizou a grade (GR1 e GR2) observou-se os menores valores em 2018 enquanto em 2019 o maior valor foi observado no manejo químico.

QUADRO 21. Estande de plantas e distribuição longitudinal

| Tratamentos                   | Estande                 |                    | Falho              |                    | Duplo              |                    | Normal             |                    |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                               | Plantas m <sup>-1</sup> |                    | .....%             |                    | .....%             |                    | .....              |                    |
|                               | 2018                    | 2019               | 2018               | 2019               | 2018               | 2019               | 2018               | 2019               |
| <b>Manejo de Solo (MS)</b>    |                         |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| PD                            | 6,2 a                   | 5,0 a              | 6,42 a             | 12,78 b            | 5,30 a             | 22,63 a            | 88,29 a            | 64,59 a            |
| SA                            | 5,6 b                   | 4,4 b              | 11,41 a            | 25,99 a            | 3,54 a             | 12,45 b            | 85,05 a            | 61,57 a            |
| S3/4                          | 6,0 a                   | 5,0 a              | 7,83 a             | 17,37 b            | 4,17 a             | 27,62 a            | 88,01 a            | 55,01 a            |
| <b>Manejo da Palhada (MP)</b> |                         |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| TR                            | 6,0 a                   | 4,8 b              | 7,90 a             | 20,91 a            | 4,50 a             | 24,70 a            | 87,61 a            | 54,39 a            |
| SG                            | 6,0 a                   | 4,5 b              | 8,47 a             | 21,94 a            | 3,71 a             | 15,66 a            | 87,82 a            | 62,41 a            |
| GR2                           | 5,6 b                   | 4,8 b              | 7,08 a             | 15,78 a            | 4,09 a             | 18,17 a            | 88,83 a            | 66,05 a            |
| GR1                           | 5,7 b                   | 4,3 b              | 12,18 a            | 28,50 a            | 3,75 a             | 17,15 a            | 84,07 a            | 54,34 a            |
| RF                            | 6,0 a                   | 4,9 b              | 8,33 a             | 16,95 a            | 5,51 a             | 21,83 a            | 86,16 a            | 61,22 a            |
| T                             | 6,1 a                   | 5,5 a              | 7,33 a             | 8,19 a             | 4,45 a             | 27,87 a            | 88,21 a            | 63,94 a            |
| <b>Teste F</b>                |                         |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| M.S.                          | 14,24*                  | 4,09*              | 2,34 <sup>NS</sup> | 3,99*              | 0,94 <sup>NS</sup> | 5,87**             | 0,82 <sup>NS</sup> | 1,37 <sup>NS</sup> |
| M.P.                          | 3,43*                   | 4,82**             | 1,07 <sup>NS</sup> | 2,08 <sup>NS</sup> | 0,49 <sup>NS</sup> | 1,99 <sup>NS</sup> | 0,73 <sup>NS</sup> | 0,83 <sup>NS</sup> |
| M.S. x M.P.                   | 1,57 <sup>NS</sup>      | 1,27 <sup>NS</sup> | 0,83 <sup>NS</sup> | 0,53 <sup>NS</sup> | 1,53 <sup>NS</sup> | 1,44 <sup>NS</sup> | 0,95 <sup>NS</sup> | 0,72 <sup>NS</sup> |
| C.V. – M.S. (%)               | 6,9                     | 18,53              | 96,42              | 87,85              | 103,97             | 74,83              | 11,11              | 33,95              |
| C.V. – M.P. (%)               | 6,55                    | 12,81              | 72,81              | 87,66              | 76,37              | 55,89              | 8,09               | 31,02              |

<sup>NS</sup>: não significativo (p>0,05); \*: significativo (p<0,05); \*\*: significativo (p<0,01); C.V.: coeficiente de variação (%). Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

Os manejos do solo S3/4 e PD proporcionaram maior valor de estande de plantas nos dois anos avaliados, também verificado por Possamai et al. (2001) maior estande em PD, que está associado a maior massa e cobertura vegetal verificada nos dois anos e confirmado por Salton e Mielniczuk (1995) pois ocorre diminuição das perdas de água e menores variações na temperatura do solo.

Observou-se a redução o estande de plantas, quando se utilizou grade no primeiro ano, já no segundo ano o estande foi menor quando realizou o manejo

mecânico da palhada com todos os implementos (Quadro 21), esse fato provavelmente ocorreu devido a ausência do manejo mecânico e a não fragmentação da palhada ter favorecido menores variações na temperatura e manutenção do teor de água do solo, promovendo melhor emergência e estabelecimento das plântulas, num período de altas temperaturas e poucas precipitações.

A distribuição longitudinal não apresentou efeito significativo para o espaçamento normal (Quadro 21), enquanto o manejo do solo com SA obteve maior porcentagem de espaçamento falho em 2019 e menor porcentagem de duplos na safra 2019, esse fato pode estar relacionado com a rugosidade do solo, também verificado por Panachuki et al. (2010), que ao avaliar a influência de diferentes sistemas de manejo do solo na rugosidade da superfície do solo, constataram que as operações de preparo do solo como o cultivo mínimo utilizando escarificador, aumentaram a rugosidade da sua superfície. Assim o solo fica com maior irregularidade e menor contato solo- semente reduzindo o número de plantas  $m^{-1}$  e aumento de espaçamentos falho.

Cortez et al. (2019) atribuíram o fato dos tratamentos terem apresentado maiores estandes estar correlacionado ao fato dos mesmos terem apresentado numericamente maior incidência de espaçamentos duplos.

O manejo da palhada não apresentou diferença entre os tratamentos, concordando com Furlani et al. (2010) que verificaram a distribuição longitudinal de plantas, estande inicial e produtividade de grãos da soja não foram influenciados pelo manejo da palhada de milho com rolo-faca, roçadora e triturador de palha.

## **4.2 Caracteres morfológicos do milho**

O manejo de palhada não se diferiu para altura de plantas, AIPE e diâmetro do caule nos anos avaliados (Quadro 22). Para o manejo do solo observou-se algumas variações na altura de plantas, sendo maior no PD em 2018 e o menor diâmetro do colmo no S4, possivelmente devido a maior densidade de plantas  $ha^{-1}$  (68.888; 66.666 e 62.222 plantas  $ha^{-1}$ ) respectivamente no PD, S3 e SA.

Kappes et al. (2011) concluíram que o diâmetro de colmo diminui linearmente à medida que se aumenta o número de plantas, que corrobora com Marchão et al. (2005) e foi contrário do resultado deste trabalho.

Sangoi et al. (2002) atribuem o aumento na altura de plantas ao efeito combinado da competição intraespecífica por luz e estímulo da dominância apical das

plantas.

QUADRO 22. Altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro do caule do milho nas safras de 2017/2018 e 2018/ 2019

| Tratamentos            | Altura de plantas  |                    | Altura de espiga   |                    | Diâmetro do caule  |                    |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                        | .....cm.....       |                    |                    |                    |                    |                    |
|                        | 2018               | 2019               | 2018               | 2019               | 2018               | 2019               |
| <b>Manejo de Solo</b>  |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| PD                     | 305,87 a           | 199,09 a           | 165,97 a           | 109,25 a           | 22,16 a            | 23,34 a            |
| SA                     | 299,57 b           | 199,76 a           | 162,21 a           | 109,81 a           | 22,58 a            | 23,81 a            |
| S3/4                   | 301,08 b           | 198,76 a           | 163,72 a           | 107,80 a           | 22,14 a            | 21,60 b            |
| <b>Manejo de Palha</b> |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| TR                     | 305,30 a           | 200,76 a           | 165,62 a           | 110,77 a           | 22,04 a            | 22,00 a            |
| SG                     | 300,44 a           | 196,04 a           | 164,05 a           | 105,65 a           | 22,41 a            | 23,06 a            |
| GR2                    | 300,10 a           | 200,43 a           | 162,39 a           | 110,02 a           | 22,56 a            | 22,65 a            |
| GR1                    | 303,67 a           | 202,24 a           | 163,97 a           | 109,87 a           | 22,49 a            | 24,28 a            |
| RF                     | 302,68 a           | 200,08 a           | 164,69 a           | 109,00 a           | 22,49 a            | 22,73 a            |
| T                      | 300,85 a           | 195,67 a           | 163,08 a           | 108,41 a           | 21,79 a            | 22,76 a            |
| <b>Teste F</b>         |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| M.S.                   | 10,22**            | 0,15 <sup>NS</sup> | 2,97 <sup>NS</sup> | 0,72 <sup>NS</sup> | 1,03 <sup>NS</sup> | 7,17**             |
| M.P.                   | 1,33 <sup>NS</sup> | 0,63 <sup>NS</sup> | 0,25 <sup>NS</sup> | 0,75 <sup>NS</sup> | 0,78 <sup>NS</sup> | 0,78 <sup>NS</sup> |
| M.S. x M.P.            | 0,57 <sup>NS</sup> | 1,25 <sup>NS</sup> | 0,67 <sup>NS</sup> | 1,37 <sup>NS</sup> | 0,54 <sup>NS</sup> | 0,72 <sup>NS</sup> |
| C.V. – M.S. (%)        | 1,67               | 3,24               | 3,28               | 5,47               | 5,33               | 9,32               |
| C.V. – M.P. (%)        | 2,06               | 5,9                | 4,85               | 6,66               | 5,44               | 12,94              |

NS: não significativo ( $p>0,05$ ); \*: significativo ( $p<0,05$ ); \*\*: significativo ( $p<0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

A altura de inserção da espiga não sofreu influência dos manejos, por ser característica genética do híbrido, mantendo uma média de 164 cm para o DKB290 em 2018 e 108 cm para o LG6030.

### 4.3 Componentes de produção

Para o manejo do solo pode-se observar que o número de grãos por espiga e o comprimento de espiga na safra 2017/2018 se diferiu significativamente quando se utiliza a SA, superando o PD e S3, já na safra de 2018/2019 o manejo com S4 apresentou menor valor de número de grãos por espiga (Quadro 23). Esse maior número de grãos e comprimento de espiga pode estar relacionado com a maior porosidade e menor resistência a penetração do solo até 0,30 m nos anos de 2018 e 2019, quando realiza o manejo do solo utilizando o SA, provavelmente ocorreu maior crescimento radicular, resultando nesse maior valor.

Para altura de inserção da primeira espiga, massa de 1000 grãos, diâmetro

de espiga do milho em relação aos manejos do solo e da palhada não houve diferença significativa (Quadro 23). Esse fato pode estar relacionado às condições climáticas, principalmente pluviométricas, não causar restrições para a cultura.

QUADRO 23. Valores de massa de 1000 grãos, número de grãos por espiga, comprimento de espiga, diâmetro de espiga e produtividade do milho nas safras de 2017/2018 e 2018/2019 em Dourados-MS

| Tratamentos                 | 1000 grãos         |                    | N° de grãos por espiga |                    | Comprimento de espiga |                    | Diâmetro de espiga |                    | Produtividade       |                    |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
|                             | g                  |                    |                        |                    | cm                    |                    | mm                 |                    | kg ha <sup>-1</sup> |                    |
|                             | 2018               | 2019               | 2018                   | 2019               | 2018                  | 2019               | 2018               | 2019               | 2018                | 2019               |
| <b>Manejo de Solo (MS)</b>  |                    |                    |                        |                    |                       |                    |                    |                    |                     |                    |
| PD                          | 317,8a             | 274,0a             | 534,6 b                | 634,4 a            | 17,2 b                | 19,7 a             | 52,4 a             | 49,3 a             | 7921,1 a            | 5579,3 a           |
| SA                          | 317,3a             | 276,8a             | 559,3 a                | 654,3 a            | 17,8 a                | 19,7 a             | 53,3 a             | 49,5 a             | 7951,6 a            | 5098,7 a           |
| S3/4                        | 315,5a             | 278,0a             | 524,7 b                | 609,2 b            | 17,1 b                | 19,2 a             | 52,1 a             | 48,9 a             | 7844,4 a            | 5680,2 a           |
| <b>Manejo de Palha (MP)</b> |                    |                    |                        |                    |                       |                    |                    |                    |                     |                    |
| TR                          | 323,2a             | 271,6a             | 535,7a                 | 613,5a             | 17,2a                 | 19,4 a             | 52,4 a             | 49,4 a             | 8287,0 a            | 5338,7 a           |
| SG                          | 320,6a             | 270,8a             | 546,2a                 | 612,5a             | 17,3 a                | 19,6 a             | 52,5 a             | 48,8 a             | 8170,2 a            | 5182,7 a           |
| GR2                         | 313,8a             | 274,1a             | 547,1a                 | 624,4a             | 17,6 a                | 19,5 a             | 54,0 a             | 49,1 a             | 7871,0 a            | 5291,6 a           |
| GR1                         | 316,9a             | 280,5a             | 552,1a                 | 653,1a             | 17,4 a                | 19,6 a             | 51,7 a             | 49,3 a             | 8050,0 a            | 5980,3 a           |
| RF                          | 305,0a             | 283,0a             | 527,7a                 | 656,1a             | 17,3 a                | 19,9 a             | 52,6 a             | 49,7 a             | 7724,8 a            | 5221,6 a           |
| T                           | 321,6a             | 277,7a             | 528,3a                 | 636,3a             | 17,5 a                | 19,2 a             | 52,6 a             | 49,3 a             | 7331,3 a            | 5701,5 a           |
| <b>Teste F</b>              |                    |                    |                        |                    |                       |                    |                    |                    |                     |                    |
| M.S.                        | 0,11 <sup>NS</sup> | 0,23 <sup>NS</sup> | 9,21 <sup>**</sup>     | 4,93 <sup>*</sup>  | 5,37 <sup>**</sup>    | 1,70 <sup>NS</sup> | 1,51 <sup>NS</sup> | 1,80 <sup>NS</sup> | 0,08 <sup>NS</sup>  | 2,02 <sup>NS</sup> |
| M.P.                        | 0,84 <sup>NS</sup> | 0,88 <sup>NS</sup> | 0,67 <sup>NS</sup>     | 2,68 <sup>NS</sup> | 0,27 <sup>NS</sup>    | 0,68 <sup>NS</sup> | 0,82 <sup>NS</sup> | 0,89 <sup>NS</sup> | 1,38 <sup>NS</sup>  | 0,56 <sup>NS</sup> |
| M.S. xM.P.                  | 1,92 <sup>NS</sup> | 0,43 <sup>NS</sup> | 1,94 <sup>NS</sup>     | 0,56 <sup>NS</sup> | 0,50 <sup>NS</sup>    | 0,47 <sup>NS</sup> | 0,55 <sup>NS</sup> | 0,74 <sup>NS</sup> | 1,67 <sup>NS</sup>  | 0,91 <sup>NS</sup> |
| C.V.M.S.(%)                 | 6,03               | 7,43               | 5,33                   | 7,88               | 4,60                  | 5,86               | 4,91               | 2,05               | 11,99               | 19,66              |
| C.V.M.P.(%)                 | 8,05               | 6,59               | 8,15                   | 6,38               | 6,41                  | 4,95               | 5,41               | 2,20               | 12,94               | 26,96              |

<sup>NS</sup>: não significativo (p>0,05); <sup>\*</sup>: significativo (p<0,05); <sup>\*\*</sup>: significativo (p<0,01); C.V.: coeficiente de variação (%). Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Subsolação anual (SA); Subsolação a três/ quatro anos (S3/4). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (T).

Nas safras de 2017/2018 e 2018/2019 observa-se que não houve diferença significativa para produtividade, mas no manejo da palhada utilizando o triturador apresentou o maior valor absoluto, sendo 950 kg ha<sup>-1</sup> a mais em relação ao manejo químico em 2018, enquanto em 2019 utilizando outro híbrido no manejo da palhada com duas gradagens a variação foi 798 kg ha<sup>-1</sup> a mais em relação à segadora.

Seki et al. (2012) e Seki et al. (2015) avaliaram a produtividade do milho em um Nitossolo Vermelho, argiloso em Botucatu e concluíram que a subsolação esporádica em solos sob o plantio direto, não interferem no desenvolvimento de plantas e na produtividade de grãos do milho.

O manejo Plantio Direto é o mais indicado, pois não houve diferença de produtividade nos anos avaliados em relação aos diferentes manejos do solo. Assim o plantio direto elimina o gasto e transtorno do manejo com subsolador.

## 5 CONCLUSÕES

Os atributos físicos do solo não se alteram de maneira expressiva em relação aos manejos do solo e da palhada.

A resistência à penetração do solo com penetrógrafo de bancada estão abaixo do valor limite crítico de 3,5 MPa até 0,40 m de profundidade.

A produtividade do milho não é afetada pelos manejos do solo e da palhada quando a precipitação pluviométrica é adequada à necessidade da cultura.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, W. S.; CARVALHO, D. F.; PANACHUKI, E.; VALIM, W. C.; RODRIGUES, S. A.; VARELLA, C. A. A. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1110-1119, 2016.

ALMEIDA, B. G.; FREITAS, P. L.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M.; DONAGEMMA, G. K. U. Porosidade In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017, 574p.

ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C. M. A.; SUAREZ, A. H. T.; COLMAN, B. A.; NAGAHAMA, H. J. Atributos físicos do solo cultivado com cana-de-açúcar em função do preparo e época de amostragem. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v.6, n.1, p. 41-47, 2019.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; FLECK, N. G.; BORTOLINI, C. G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.851-860, 2001.

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, 1984, 26 p.

BENGOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of soil science**, v.41, n.3, p.341-358,1990.

BLANCO, H. G.; BLANCO, F. M. G. Efeito do manejo do solo na emergência de plantas daninhas anuais. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, p.215-220,1991.

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. F. Manejo da palha de aveia preta sobre as plantas daninhas e rendimento de soja em semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.2, p.237-243, 2001.

BRANQUINHO, K. B.; FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C.; BORSATTO, E. A. Desempenho de uma semeadora-adubadora direta, em função da velocidade de deslocamento e do tipo de manejo da biomassa da cultura de cobertura do solo. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n. 2, p.374-380, 2004.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV CLAV, 2009, 395p.

CAMPOS, A. G.; OLIVEIRA, M. F.; SILVA, B. M.; FRANÇA FREITAS, D. A.; RAMOS, M. C. P. **Propriedades Físicas de um Latossolo Vermelho após Vinte Anos**

**com Diferentes Sistemas de Preparo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018, 29f. (Circular Técnica)

CASTRO, G. S. A.; COSTA, C. H. M.; NETO, J. F. Ecofisiologia da aveia branca. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.11, n.3, p.1- 15, 2012.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos.** Brasília, v.6, n. 10, 2019, 113p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária.** Brasília, v.6, 2018, 112p.

CONTE, P. H.; ROSA, D. P.; ALVES, A.; ZANCAN, A.; VERARDI, J. Desenvolvimento radicular e folhar do milho (*Zea mays*) sob diferentes tipos de subsolagem. **Revista Tecnología en Marcha**, Costa Rica, v. 32 Especial, p.64-70, 2019.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. L. **Milho: caracterização e desafios tecnológicos.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019, 45p. (Nota Técnica, 2)

CORTEZ, J. W.; PUSCH, M.; SILVA, R. P.; RUFINO, M. V.; ANGHINONI, M. Management systems: soil cover and compaction, longitudinal distribution, and yield of soybean crop. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 39, p. 490-497, 2019b.

CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; ARCOVERDE, S. N. S.; OLSZEWSKI, N. Atributos físicos do solo em sistemas de adubação e de manejo de resíduos culturais em plantio direto. **Revista Agrarian**, Dourados, v.11, n.42, p. 343-351, 2018.

CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E.; VIGNA, G. P.; BORSATTO, E. A.; SILVA, R. P. D. Desempenho do trator agrícola no manejo da cultura de cobertura e pressão de inflação do pneu da semeadora. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n.1, p.72-80, 2009.

CRUZ, G. H. T.; OLIVEIRA DOURADO, F.; COSTA SANTOS, L.; COSTA SILVA, S. M.; REIS, E. F.; ÁGUAS, M. A. Propriedades físico-hídricas de um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.12, n.6, p. 3002-3011, 2018.

DERPSCH, R; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPEK, U. **Controle de erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo.** Eschborn, GTZ, 1991. 222p.

DRESCHER, M. S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. Persistência do efeito de intervenções mecânicas para a descompactação de solos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.5, p.1713-1722, 2011.

FAVARATO, L. F.; SOUZA, J. L.; PEREIRA, V. A.; GUARÇONI, R. Desempenho de máquinas e implementos para manejo de palhas e plantio direto na agricultura orgânica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v.8, n.1, p.44- 51, 2018.

FERRARI NETO, J.; CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; COSTA, C. H. M. Plantas de cobertura, manejo da palhada e produtividade da mamoneira no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.42, n.4, p.978-985, 2011.

FIETZ, CR.; FISCH, G.F.; COMUNELLO, E.; FLUMIGNAN, D. L. **O Clima da Região de Dourados, MS**. 3 ed. Dourados- MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017, 32p (Documentos 138)

FRANCZISKOWSKI, M. A.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; ANSCHAU, K. A., MOTTIN, M. C. Propriedades físicas do solo nos sistemas de plantio direto e preparo reduzido com diferentes plantas de cobertura. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.27, n.6, p.556-564, 2019.

FURLANI, C. E. A.; JÚNIOR, A. P.; CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C. Influência do manejo da cobertura vegetal e da velocidade de semeadura no estabelecimento da soja. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.18, n.3, p.227-233, 2010.

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; SILVA, R. P.; CORTEZ, J. W. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.1, p. 375-380, 2008.

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.388-395, 2004.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n.7, p.819- 828, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo agropecuário**, Brasília, 2017, 108p. Disponível em:

[www.biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro\\_2017\\_resultados\\_preliminares.pdf](http://www.biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf).

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M.V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.334-343, 2011.

KLEIN, C. **Propriedades físico-hídrico-mecânicas de um latossolo vermelho em plantio direto escarificado sobre o rendimento de grãos de milho**. 2011, 120 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) Universidade de Passo Fundo. Programa de Pós-Graduação em Produção vegetal, Passo Fundo- RS.

KLEIN, V. A.; VIEIRA, M. L.; DURIGON, F. F.; MASSING, J. P.; FÁVERO, F. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p.365-371, 2008.

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. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 2, p. 249 - 262, 1989.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, M.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, n. 6, p. 341-343, 1981.

LANZANOVA, M. E.; ELTZ, F. L. F.; NICOLOSO, R. da S AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J.; ROCHA, M. R. da. Atributos físicos de um argissolo em sistemas de Culturas de longa duração sob semeadura Direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.4, p.1333-1342, 2010.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v.35, n.2, p.93-101, 2005.

MARTIN, T. N.; VENTURINI, T.; API, I.; PAGNONCELLI, A.; VIEIRA JUNIOR P. A. Perfil do manejo da cultura de milho no sudoeste do Paraná. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, p.1-8, 2011.

MELO JÚNIOR, H. B.; DE CAMARGO, R.; WENDLING, B. Sistema de plantio direto na conservação do solo e água e recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.7, n.12, 17 p, 2011.

MONTEIRO, M. A. C.; ZOZ, A.; LIMEDE, A. C.; OLIVEIRA, C. E. S.; ZOZ, T. Efeito do preparo do solo com diferentes implementos sobre a resistência do solo à penetração. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v.4, n.2, p. 63-68, 2017.

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

MOTTIN, M. C. **Efeito de plantas de cobertura cultivadas no inverno nas propriedades físicas do solo e na produtividade de soja e milho em sucessão**. 2016, 65 f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.

MURAIISHI, C. T.; LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; GOMES JUNIOR, F. G. Manejo de espécies vegetais de cobertura de solo e produtividade do milho e da soja em semeadura direta. **Revista Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá v.27, n.2, p.199-207, 2005.

NAGAHAMA, H. J; CORTEZ, J. W.; PIMENTA, W. A.; PATROCÍNIO FILHO, A. P. SOUZA, E. B. Sistemas de preparo e velocidade de deslocamento de conjuntos mecanizados em alguns atributos do solo. **Revista Agrarian**, Dourados, v.9, n.34,

p.357-364, 2016.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J.; COSTA, J. M.; CAVALIERI, S. D.; ARANTES, J. G. Z.; ALONSO, D. G.; ROSO, A.C. BIFFE, D. F. Interação entre sistemas de manejo e de controle de plantas daninhas em pós-emergência afetando o desenvolvimento e a produtividade da soja. **Revista Planta Daninha**, Viçosa, v.24, n.4, p.721-732, 2006.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, C. M. A. D.; URCHEI, M. A. Rugosidade da superfície do solo sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.2, p.443-452, 2010.

PILETTI, L. M. M. D. S. **Desempenho agrônômico de milho e soja em diferentes sistemas de rotação de culturas**. 2016, 69 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados- UFGD, Programa de Pós-Graduação em Produção vegetal, Dourados- MS.

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

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n. 5, p.1805-1816, 2008.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

RIQUETTI, N. B.; SOUSA, S. F. G.; AUGUSTO, L.; TAVARES, F.; SILVA CORREIA, T. P.; SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. Diferentes manejos da palha de aveia preta na produtividade de milho em plantio direto. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v.22, n.2, p. 1-8, 2012.

SÁ, M. A. C.; SANTOS, J. D. D. G.; FRANZ, C. A. B.; REIN, T. A. Qualidade física do solo e produtividade da cana-de-açúcar com uso da escarificação entre linhas de plantio. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1610-1622, 2016.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C., MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 11-21, 2008.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico vermelho-escuro de Eldorado de Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.2, p.313-319, 1995.

SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A.; RAMPAZZO, C.; BIANCHETTI, P. Response of

Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.79, n.1, p. 39-51, 2002.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018, 590p.

SANTOS, J. A. B.; ROSA, J. A.; BENASSI, D. A.; JUSTINO, A. Manejo da aveia preta na decomposição da biomassa e na cobertura do solo em semeadura direta de milho. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v.12, n.4, p.211-217, 2011.

SAUERESSIG, D. Sistema Plantio Direto: os pilares do equilíbrio. **Revista A Granja**. 845. ed. Porto Alegre: Centaurus, 2019.

SEKI, A. S.; SEKI, F. G.; JASPER, S. P.; SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. Efeitos de práticas de descompactação do solo em área sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.46, n.3, p.460-468, 2015.

SEKI, A. S.; BENEZ, S. H.; SILVA, P. R. A. Desempenho operacional de semeadora e produtividade do milho em plantio direto e cultivo mínimo. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 27, n.1, p.1-18, 2012.

SILVA, J. S. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. 2. ed. Viçosa-MG: Aprenda Fácil Editora, 2008, v. 1, 560 p.

SOANE, B. D.; BALL, B. C.; ARVIDSSON, J.; BASCH, G.; MORENO, F.; ROGER-ESTRADE, J. Notill in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 118, n. 1, p. 66-87, 2012.

SORIANI, R.; SANTOS, E. D.; LEITE, C. A. M.; BARBOSA, C. A. C.; CHAGAS, T. L. K.; AMARAL, H. F. Avaliação dos agregados de um latossolo vermelho em sistema plantio direto após preparos mecânicos de subsolagem e gradagem. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, Londrina, v.34, p.103-116, 2018.

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

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, p.229-235, 1991.

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

TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FIDALSKI, J.; COSTA, J. D. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 211-219, 2007.

TORRES, J. L. R.; NETTO, A. A.; SOUZA, Z. M.; ASSIS, R. L. Alterações causadas nos atributos físicos após preparo do solo com arado escarificador e enxada rotativa. **Magistra**, Cruz das Almas, v.27, n.3/4, p.306-315, 2015.

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. **Revista Bragantia**, Campinas, v.72, n.1, p.101-109, 2013.

VALICHESKI, R. R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S. L. K.; TRAMONTIN, A. L.; BAADE, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 9, p. 969-977, 2012.

VIANA, J. H. M.; TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K. Umidade atual. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017, 574p.

VOLK, L. B. da S.; COGO, N. P. Erosão hídrica, em três momentos da cultura do milho, influenciada por métodos de preparo do solo e semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 565-574, 2014.

WEIRICH NETO, P. H.; JUSTINO, A.; ANTUNES, R. K.; FORNARI, A. J.; GARCIA, L. C. Semeadura do milho em sistema de plantio direto sem e com manejo mecânico da matéria seca. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.794-801, 2012.