

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

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUÇÃO DE
AVEIA BRANCA EM PLANTIO DIRETO SOB
INTENSIDADES DE TRÁFEGO DE TRATOR**

LARISSA PORTO ALE

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2020**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUÇÃO DE AVEIA
BRANCA EM PLANTIO DIRETO SOB INTENSIDADES DE
TRÁFEGO DE TRATOR**

LARISSA PORTO ALE

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza

Coorientador: Prof. Dr. Sálvio Napoleão Soares Arcoverde

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados,
como parte das exigências do Curso de
Engenharia Agrícola.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

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

A366a Ale, Larissa Porto

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUÇÃO DE AVEIA
BRANCA EM PLANTIO DIRETO SOB INTENSIDADES DE
TRÁFEGO DE TRATOR

[recurso eletrônico] / Larissa Porto Ale, Cristiano Márcio Alves de Souza,
Sálvio Napoleão Soares Arcoverde. -- 2020. 25p.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Cristiano Márcio Alves de
Souza. Coorientador: Sálvio Napoleão
Soares Arcoverde.

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-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. Densidade do solo. 3. Resistência à penetração.
4. Microporosidade. 5. Produtividade. I. Alves de Souza, Cristiano Márcio.
II. Soares Arcoverde, Sálvio Napoleão. III. Título.

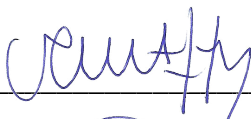
**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUÇÃO DE AVEIA BRANCA EM
PLANTIO DIRETO SOB INTENSIDADES DE TRÁFEGO DE TRATOR**

Por

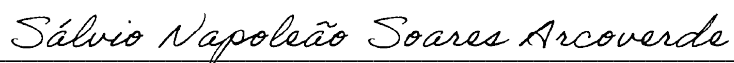
Larissa Porto Ale

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

Aprovado em: 25 de novembro de 2020.



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



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



Prof. Dr. Roberto Carlos Orlando
Membro da banca – UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado sabedoria, força, foco e fé para ir até o fim nesse curso e pelo seu imenso e incondicional amor por ter me sustentado até aqui nos momentos difíceis.

Ao meu pai, Ângelo Antônio Cabral Ale que sempre me deu apoio, pelo incentivo, amor, dedicação, compreensão e que sempre sonhou comigo as minhas conquistas, dando todo o suporte possível para isso ser realizado. Agradeço a Deus todos os dias pelo pai que ele me deu. Te amo.

A minha mãe, Fatima Bueno Porto Ale, uma mulher guerreira e de muita fé, sempre agregando o amor, a dedicação e Deus na nossa família, e que também sempre sonhou comigo nas minhas conquistas. Te amo.

Ao meu irmão, Victor Ângelo Porto Ale, pela sua paciência, amor e proteção comigo. Te amo.

Aos meus colegas da faculdade que de alguma forma sempre me ajudaram, em especial, Barbara Caroline Ferreira e Alanda Crestani que Deus sempre ilumine e abençoe a vida delas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cristiano Marcio Alves de Souza, pelos ensinamentos, pelo profissional que é, pela amizade construída e zelada, sempre me mantendo incentivada com os melhores conselhos para me ajudar na vida profissional. Ao Prof. Dr. Sálvio Napoleão Soares Arcoverde por essa oportunidade de trabalharmos juntos, pela dedicação ao Trabalho de Conclusão de Curso e ensinamentos. Minha admiração por vocês como professores e Doutores é enorme.

SUMÁRIO

	PÁGINA
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Cultura da aveia branca (<i>Avena sativa</i> L.)	3
2.2 Plantio direto	4
2.3 Compactação do solo	5
3 MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1 Local.....	8
3.2 Delineamento experimental	9
3.3 Implantação do experimento	9
3.4 Atributos físicos do solo.....	10
3.5 Características agronômicas da aveia branca.....	11
3.6 Análise dos dados.....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1 Análise dos atributos do solo	13
4.2 Análise das características da aveia branca.....	16
4.2.1 Características da cultura	17
4.2.2 Componentes de produção da cultura	19
5 CONCLUSÕES	21
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

ALE, Larissa Porto. **Atributos físicos do solo e produção de aveia branca em plantio direto sob intensidades de tráfego de trator**. 2020. 25f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

RESUMO

O tráfego excessivo de máquinas em áreas com plantio direto tem ocasionado compactação do solo, limitando o desenvolvimento e a produção das culturas de grãos. Objetivou-se avaliar o efeito da compactação induzida por tráfego de trator em área de plantio direto sobre os atributos físicos do solo e os componentes de crescimento e de produção da cultura da aveia branca. O estudo foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, em um Latossolo Vermelho Distroférrico, utilizando-se o delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições. Os tratamentos foram compostos por plantio direto há 10 anos e por estados induzidos de compactação adicional por tráfego do trator em 2, 4, 6 e 8 passadas. Avaliaram-se a densidade aparente, as macro e microporosidade e a resistência do solo à penetração nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m do solo. Os componentes de crescimento da cultura avaliados foram a altura de planta, o diâmetro do colmo e a massa seca de planta, enquanto os componentes de produção foram a massa de mil grãos e a produtividade. Os dados coletados foram analisados pela análise de variância e por meio de regressão linear. A intensidade de tráfego de trator altera a qualidade física do solo podendo comprometê-la com redução de até 32,5% de produtividade, ou melhorar os seus atributos favorecendo até 29,4% de aumento de produção, nas camadas superficial e subsuperficial para a produção eficiente da aveia branca manejada sob plantio direto. Em solo argiloso submetido a 10 anos de plantio direto de soja e milho e com até oito passadas do trator, a microporosidade e a porosidade total são iguais nas camadas superficial e subsuperficial, e a densidade é maior e a macroporosidade e a resistência do solo à penetração são menores na camada de 0-0,10 m do solo cultivado com aveia branca. Na camada de 0-0,10 m, a densidade aparente de $1,44 \text{ Mg m}^{-3}$ causa restrição ao crescimento da cultura e à produção da aveia branca cultivada sob plantio direto, e, na camada de 0,10-0,20 m a produtividade é limitada quando a densidade ultrapassa $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$.

Palavras-chave: compactação do solo, densidade do solo, produtividade.

ALE, Larissa Porto. **Soil physical attributes and oat yield in no-tillage under tractor traffic intensities**. 2020. 25p. Monograph (Agricultural Engineering) – Federal University of Grande Dourados, Dourados – MS, Brazil.

ABSTRACT

The traffic of machines in no-tillage areas has caused problems, as soil compaction. In this sense, the use of cover crops may benefit subsequent crops. The objective was to evaluate the influence of induced compaction by tractor traffic in no-tillage under white oat crops' production components and soil physical attributes. The study was performed on the Experimental Farm of the Federal University of Grande Dourados, on an Oxisol, using a randomized block design with five replications. The treatments were composed of no-tillage for ten consecutive years and induced additional compaction states by 2, 4, 6, and 8 passes of tractor wheel from the plot's entire area. The soil bulk density, total porosity, macroporosity, microporosity, and soil resistance to penetration were evaluated in two soil layers, and the plant height, stem diameter, dry mass of plant, thousand-grain mass, and grains yield were determined. The obtained data were analyzed using variance analysis and linear regression. The effect of intensity of tractor traffic changes the physical quality of the soil and can reduce up to 32.5% of crop yield or improve its attributes, increasing up to 29.4% for the efficient production of white oat cultivated under no-tillage. In a clay soil submitted to 10 years of no-tillage of soybean and corn, and with up to eight passes of tractor wheels, the microporosity and total porosity are equal in the surface and subsurface layers, and the soil bulk density is higher, and the macroporosity and the soil resistance to penetration are lower in the 0-0.10 m layer of a soil cultivated with white oats. In the 0-0.10 m layer, the soil bulk density of 1.44 Mg m^{-3} causes a restriction to crop growth and white oat yield cultivated under no-tillage. In the 0.10-0.20 m layer, the white oat yield is limited when the soil bulk density exceeds 1.35 Mg m^{-3} .

Keywords: soil compaction, soil bulk density, productivity.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura da aveia branca é utilizada para produção de palhada em sistema de plantio direto, pastejo direto, produção de feno ou silagem, bem como para a produção de grãos. Nesse caso, o produto é utilizado tanto para alimentação humana quanto animal, fazendo parte da composição de rações, possuindo composição com 58,7% de carboidratos e 14% de proteínas (WELCH, 2011).

Os múltiplos usos da aveia justificam a importância desta cultura que vem crescendo no Brasil, onde sua área plantada passou de 340,3 mil ha em 2017 para 347,4 mil ha em 2018, crescimento de aproximadamente 2%, também com incremento significativo de produtividade que passou de 1863 kg ha⁻¹ para 2212 kg ha⁻¹, representando crescimento de aproximadamente 18,7%. No Mato Grosso do Sul, entre as safras 2017 e 2018, a área plantada de aveia passou de 29 mil ha para 30 mil ha, crescimento de aproximadamente 3,5%, com incremento também da produtividade que passou de 1552 kg ha⁻¹ para 1600 kg ha⁻¹, representando crescimento de aproximadamente 3,1%. (CONAB, 2018).

A aveia branca não está entre as principais culturas no estado de Mato Grosso do Sul, porém é de grande importância em relação às práticas de manejo cultural, tais como: rotação de culturas, incremento de palhada e manejo de plantas invasoras através da alelopatia. O mercado do cereal é muito instável e vários produtores cultivam a aveia após a colheita do milho safrinha, para a cobertura de solo, pastagens anuais de inverno e, caso haja preços favoráveis na ocasião da colheita, é feita a comercialização de grãos para indústrias e nutrição animal (CONAB, 2018).

Contudo, no estado de Mato Grosso do Sul, a aveia branca tem uma representatividade bastante discreta no valor bruto de produção, mas tem como função de suma importância a proteção do solo, a rotação de culturas, sendo também uma excelente alternativa para o cultivo de inverno por melhorar as condições do solo, evitar a presença de plantas daninhas e controlar as doenças. A planta possui um sistema radicular profundo e denso, que ajuda na descompactação e na estruturação do solo (FLOSS, 1988).

No setor agrícola no estado do Mato Grosso do Sul predomina a produção de grãos, principalmente soja e milho, em sucessão sem revolvimento do solo. Nesse sistema produtivo tem sido verificado tráfego intenso de máquinas e equipamentos agrícolas. Muitas vezes, este tráfego em áreas produtivas cujo solo encontra-se com elevada

umidade no momento da operação, acima da faixa de friabilidade, tem ocasionado a compactação do solo nas camadas superficiais (BERGAMIN et al., 2010; ARCOVERDE et al., 2020).

Na região de Dourados, MS, esse cenário não é diferente, porém, o problema da compactação do solo vem ocorrendo de maneira mais pronunciada. Isso porque, em muitas áreas, o solo predominante é argiloso ou muito argiloso e, devido sua baixa densidade e elevada plasticidade, há menor capacidade de carga o que causa degradação estrutural, sobretudo pela pressão de inflação dos rodados dos tratores responsável por fracionar os agregados, aproximar as partículas do solo e compactar o solo superficialmente.

A compactação do solo tem sido apontada como o principal problema de degradação estrutural, alterando o espaço poroso, com redução da macroporosidade, porosidade total, aumento da densidade do solo e resistência à penetração (BERGAMIN et al., 2010; TRENTIN et al., 2018). Como consequência, pode ocorrer menor absorção de água e nutrientes (VALADÃO et al., 2017), dificuldade para as trocas gasosas para a infiltração/drenagem e diminuição da taxa de infiltração e o fluxo de água no solo, aumento da erosão e, conseqüentemente, menor produção de grãos (VALADÃO et al., 2017). Sendo tais efeitos sobre o crescimento radicular e produção diferenciados em função da cultura (FREDDI et al., 2007; SECCO et al., 2009).

Entre os métodos utilizados para atenuar o efeito da compactação do solo sob plantio direto, está o uso de plantas de cobertura como a aveia. Devido à ação do seu sistema radicular, na descompactação superficial do solo, é uma das culturas mais utilizadas antecedendo a cultura da soja (VALICHESKI et al., 2012).

Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito da compactação induzida por tráfego de trator em plantio direto sobre atributos físicos do solo e componentes de crescimento e de produção da cultura da aveia branca.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da aveia branca

A aveia branca (*Avena sativa* L.), de acordo com Coffman (1961), no princípio, persistiu como planta invasora em lavouras de trigo (*Triticum* spp.) e cevada (*Hordeum* spp.), que eram as culturas mais importantes naquele momento. Segundo o mesmo autor, a aveia branca foi introduzida na Europa juntamente com as sementes de trigo e cevada, e à medida que essas espécies foram sendo dispersas para ambientes mais frios e úmidos, a aveia foi ganhando competitividade e, finalmente, foi domesticada como uma lavoura alternativa, se tornando importante para a alimentação humana e animal, por ser fonte de nutrientes e fibras.

No Brasil foi cultivada na região Sul, na década de 1980, provenientes do Uruguai e da Argentina, porém devido à falta de adaptação houve produtividades de grãos reduzidas e baixa qualidade do produto (BARBOSA NETO et al., 2000). Desta forma, na década de 1970 as primeiras cultivares lançadas foram originadas pela seleção de linhas puras introduzidas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Universidade de Passo Fundo (FEDERIZZI et al., 1993).

A aveia branca é uma planta autógama, atinge aproximadamente 1 metro de altura, apresenta raízes fasciculadas e inflorescências do tipo panícula. É uma gramínea C3 cultivada majoritariamente em clima temperado. Entretanto, pode ser cultivada em regiões subtropicais e tropicais, desde que a temperatura no período do florescimento da cultura não ultrapasse 32°C (PRIMAVESI et al., 2000).

A aveia é uma gramínea anual, de 20 a 40 cm de altura durante toda a estação de crescimento. Em condições favoráveis apresentam de 4 a 5 afilhos. As raízes são do tipo fasciculados, pequenas, mas em grande número (FLOSS, 1988). O gênero *Avena*, pertence a tribo Aveneae da família Poaceae. Além disso, ela possui estrutura diferenciada, onde o germen e o endosperma são aderidos, apresenta alto teor lipídico e proteico (LÀSZTITY, 1997). Uma das suas características mais importantes é a presença de uma casca forte e fibrosa.

O cultivo da aveia branca apresenta sensibilidade às condições climáticas. Quando estas são satisfatórias, a cultura é produtiva, caso contrário pode ocorrer prejuízos às safras, que serão proporcionais à duração e intensidade das condições adversas.

Atualmente, novas áreas do Brasil vêm merecendo atenção para a implantação da cultura da aveia branca, e o conhecimento da ecofisiologia da planta pode contribuir para a identificação de áreas prósperas à cultura, como as regiões Centro-Oeste e Nordeste (CASTRO et al., 2012).

Contudo a aveia branca além de se tornar uma importante alternativa de exploração agrícola, está servindo como alternativa da redução de várias doenças, como, hipercolesterolemia, diabetes, obesidade, hipertensão e doenças cardiovasculares podem ser prevenidas pelo uso do cereal de aveia (MOLIN, 2011).

2.2 Plantio direto

No Brasil o plantio direto (PD) teve início em 1971 em lavouras de trigo e de soja na região de Londrina, por iniciativa do Ministério da Agricultura e de agricultores paranaenses. Em 1991, o Brasil chegava a seu primeiro milhão de hectares implantados. No ano de 2001, estimou-se que o sistema havia sido implantado em 15 milhões de hectares (FIDELLIS, 2003).

O PD constitui-se de um sistema que utiliza técnicas como o manejo do solo sem as etapas do preparo convencional que envolve aração, calagem e gradagem. Os principais pilares do PD é a rotação de culturas, revolvimento mínimo do solo e a cobertura do solo. Nesse método o solo permanece coberto por restos culturais, palhada e plantas em desenvolvimento, sendo um dos mais eficientes sistemas de controle e prevenção de erosão, além disso, traz outros benéficos aos recursos naturais, como a manutenção dos nutrientes, a redução do tráfego de máquinas, aumento da umidade no solo, maior disponibilidade da água às raízes, além da melhoria das propriedades físicas do solo.

O PD apresenta outros benefícios de natureza diversas (CRUZ et al., 2001), tais como:

- 1) permite a semeadura em épocas apropriadas;
- 2) contribui para a diminuição no consumo de combustível nas atividades agrícolas;
- 3) melhoramento químico e reestruturação física do solo com a palhada, a preservação da matéria orgânica e o desenvolvimento de macro e microorganismos responsáveis pela vida dos solos;
- 4) agricultura produtiva, próspera e sustentável;

- 5) há maior manutenção de estabilidade de agregados, o que melhora a estrutura do solo.

É fundamental que, em cada região, o PD seja ajustado, seguindo suas aptidões naturais, de forma que ele seja o mais eficiente possível. Além disso, averiguar que o agricultor em cada região se torne mais familiarizado quanto ao uso do PD. Na fase de implantação do PD, há um custo maior de produção em curto prazo, devido aos investimentos de máquinas, condicionamento do solo e a quantidade maior do uso de herbicidas por exigir um acompanhamento rígido de pragas, doenças e plantas daninhas, comparando com o sistema convencional. Em longo prazo, o PD torna-se mais econômico, desde que sob manejo adequado, evidenciando normalmente pontos de nivelamento em relação ao sistema convencional por volta do terceiro ano. Com o desenvolvimento, normalmente constata-se a redução dos custos, pelo menor uso de máquinas, menores riscos de erosão, maior eficiência dos nutrientes disponíveis para o desenvolvimento da produtividade (FIDELLIS, 2003).

No ano agrícola 2017/2018, dos 44,5 milhões de hectares cultivados com espécies anuais no País, apenas 17,0 milhões de hectares foram cultivados com programas de produção envolvendo sistemas conservacionistas (CONAB, 2018). Assim, considerando-se duas safras consecutivas por ano, com a adoção do sistema plantio direto ter-se-ia um potencial para aportar de 8 a 12 Mg ha⁻¹ano⁻¹ de restos culturais para cobertura do solo (DENARDIN et al., 2019).

2.3 Compactação do solo

Nos últimos 40 anos, o setor agrícola vem passando por profunda transformação na gestão da produção, adotando-se para isso de novas tecnologias e ferramentas de gestão importantes para o atingimento dos atuais níveis de produtividade agrícola. Para tanto, nesse período, o PD teve papel essencial por proporcionar a manutenção e melhoria contínua da qualidade dos recursos fundamentais à produção agrícola (TRENTIN et al., 2018).

No setor agrícola no estado do Mato Grosso do Sul predomina a produção de grãos, principalmente soja e milho, em sucessão sem revolvimento do solo. Nesse sistema produtivo tem sido verificado tráfego intenso de máquinas e equipamentos agrícolas. Muitas vezes, este tráfego em áreas produtivas cujo solo encontra-se com elevada

umidade do solo no momento da operação, acima da faixa de friabilidade, tem ocasionado a compactação do solo nas camadas superficiais (BERGAMIN et al., 2010; ARCOVERDE et al., 2020).

Na região de Dourados-MS, esse cenário não é diferente, porém, o problema da compactação do solo, em razão da intensificação do uso de máquinas agrícolas, vem ocorrendo de maneira mais pronunciada. Isso porque em muitas áreas o solo predominante é argiloso ou muito argiloso e, devido sua baixa densidade e elevada plasticidade, há menor capacidade de carga o que causa degradação estrutural, sobretudo pela pressão de inflação dos rodados dos tratores responsável por fracionar os agregados, aproximar as partículas do solo e compactar o solo superficialmente.

O termo compactação do solo refere-se à compressão do solo não saturado durante a qual existe um aumento de sua densidade em consequência da redução de seu volume, resultante da expulsão de ar dos poros do solo (DIAS JÚNIOR, 2000). Isto é, o aumento da densidade do solo, causada pelo homem ou por animais, resultado do rearranjo das partículas do solo e consequente redução da porosidade (JONG VAN LIER et al., 2019).

A compactação do solo é um processo antropogênico e resulta da ação de forças externas e internas aplicadas ao solo, podendo-se citar como exemplo o preparo do solo, o tráfego de máquinas e o pisoteio animal.

O tráfego contínuo de máquinas em áreas de PD para cultivo de grãos tem provocado degradação estrutural do solo, com alterações das suas propriedades físicas (VALADÃO et al., 2015). A compactação do solo tem sido apontada como o principal problema de degradação estrutural, alterando o espaço poroso, com redução da macroporosidade, porosidade total, aumento da densidade do solo e resistência à penetração (BERGAMIN et al., 2010; TRENTIN et al., 2018). Com isso, normalmente, há o surgimento de impedimento mecânico superficial, podendo modificar o espaço do solo destinado ao crescimento radicular e área explorada pelas raízes (FREDDI et al., 2007; BERGAMIN et al., 2010; VALADÃO et al., 2015).

Como consequência, há menor absorção de água e nutrientes (VALADÃO et al., 2017), dificuldade para as trocas gasosas para a infiltração/drenagem e diminuição da taxa de infiltração e o fluxo de água no solo, aumento da erosão e, consequentemente, menor produção de grãos (VALADÃO et al., 2017). Sendo tais efeitos sobre o

crescimento radicular e produção diferenciados em função da cultura (FREDDI et al., 2007; SECCO et al., 2009).

Entre os métodos utilizados para atenuar o efeito da compactação do solo sob PD, está o uso de plantas de cobertura como a aveia. Devido à ação do seu sistema radicular, na descompactação superficial do solo, é uma das culturas mais utilizadas antecedendo a cultura da soja. De acordo com Valicheski et al. (2012), que estudaram duas espécies de plantas de cobertura (aveia preta - *Avena strigosa* e nabo forrageiro - *Raphanus sativus*) e cinco níveis de compactação (0, 2, 4, 6 e 8 passadas de trator com 5,0 Mg na superfície do solo), o cultivo da aveia preta ou nabo forrageiro antecedendo a soja, associado ao uso de sulcadores na operação de semeadura da soja minimiza os efeitos da compactação do solo, possibilitando obter-se produtividades superiores a 3,5 Mg ha⁻¹.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento com a cultura da aveia branca foi montado em abril de 2019 na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22°14'S, longitude de 54°59'W e altitude de 434 m. O clima da região é do tipo Am, monçônico, com inverno seco, e precipitação média anual de 1500 mm, e temperatura média anual de 22°C (ALVARES et al., 2013).

A aveia branca foi cultivada em um Latossolo Vermelho Distroférico (SANTOS et al., 2018), tendo 60% de argila, 15% de silte e 25% de areia na camada de zero a 20 cm de profundidade. A área vinha sendo conduzida com o sistema de sucessão de culturas com a soja (*Glycine max* L. Merr.) no verão e o milho (*Zea mays* L.) na segunda safra, por 10 anos consecutivos sub plantio direto. Os dados climáticos de temperatura e precipitação no período de condução do experimento encontram-se na Figura 1.

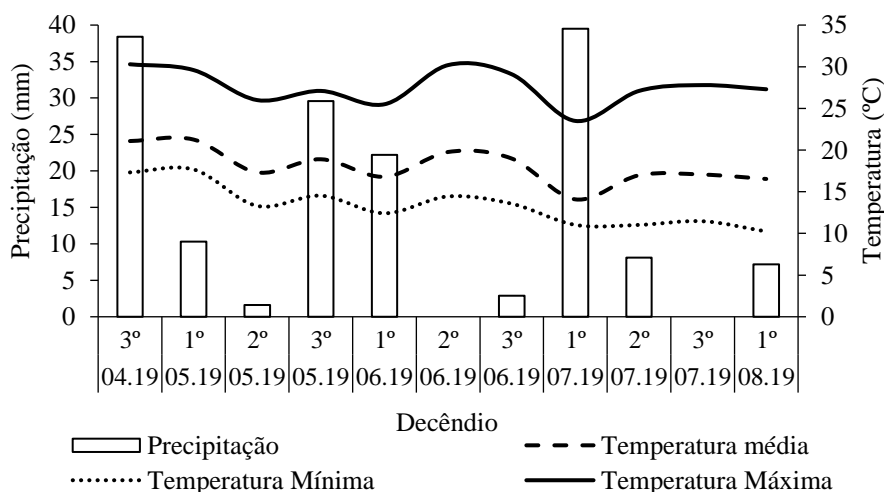


FIGURA 1. Precipitação pluviométrica por decêndio (mm) e temperaturas mínima, média e máxima por decêndio ocorridas de abril (semeadura) a agosto de 2019 (colheita) em Dourados, MS. Fonte: Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos compostos por plantio direto há 10 anos (foi considerado zero passada) e estados induzidos de compactação adicional por tráfego de trator em plantio direto em duas, quatro, seis e oito passadas, com cinco repetições, totalizando 25 parcelas experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por 8 linhas de aveia branca cultivada por 10 m de comprimento e espaçadas em 0,20 m, apresentando área total de 16 m². A área útil correspondeu às três linhas centrais com 2,0 m cada, localizada no centro da parcela.

3.3 Implantação do experimento

No dia 15 de novembro de 2018, foram induzidos os estados de compactação adicional do solo por tráfego de trator. Utilizou-se um trator agrícola 4x2TDA, modelo NH8030, com potência no motor de 89,79 kW, rodado de pneus diagonais, bitola traseira de 1,73 m, bitola dianteira de 1,83 m e massa de 6,78 Mg com lastro e pressão de insuflagem de 83 kPa nos pneus dianteiros (14.9-28 R1) e 83 kPa nos traseiros (23.1-30 R1), sendo 43% da massa distribuídas no eixo dianteiro e 57% no eixo traseiro. Para garantir os estados de compactação adicional, foi acoplado roçadora de massa de 0,5 Mg ao sistema hidráulico de três pontos desse trator, o que correspondeu a 7,28 Mg de massa sobre o solo em cada passada do trator. As pressões de contato dos pneus dianteiro e traseiro aplicada sobre o solo foram de 113 e 109 kPa, respectivamente, determinadas usando o método proposto por O'Sullivan et al. (1999).

O deslocamento do trator sobre a área a ser compactada foi realizado na 3^a marcha reduzida com uma rotação de 2.200 rpm no motor, correspondendo a uma velocidade média de 5,3 km h⁻¹. Em toda a superfície da parcela houve o pisoteio mecânico, de forma que os pneus comprimiram áreas paralelas entre si, sendo o número de vezes trafegado em função do estado de compactação preestabelecido. O tráfego foi sobreposto ao anterior, de forma que toda área de cada parcela foi trafegada com número igual de vezes, conforme Valadão et al. (2015).

A umidade do solo estava com 0,263 e 0,258 g g⁻¹ na camada de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, respectivamente, durante o processo de compactação. A umidade do solo

foi determinada utilizando-se o método gravimétrico, conforme descrito em Arcoverde et al. (2019).

No dia 21 de novembro de 2018, a semeadura da soja foi realizada retirando-se os sulcadores do solo da semeadora-adubadora para não eliminar a compactação, tendo sido utilizado somente o disco de corte do dosador de sementes, acordando com o recomendando em Arcoverde et al. (2020).

Após a colheita dos grãos da cultura antecessora realizada em março de 2019, a trituração das plantas foi realizada utilizando-se um triturador de palhas equipado com rotor de facas curvas de aço. No dia 24 de abril de 2019, sobre a palhada da soja foi realizada a semeadura da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.), utilizando uma semeadora-adubadora com oito linhas espaçadas entre si de 0,2 m, regulada para distribuir 60 sementes por metro. A adubação consistiu na aplicação de 0,25 Mg ha⁻¹ da fórmula 07-20-20. Tal como para a cultura da soja, foram retirados os mecanismos sulcadores do solo da semeadora para não eliminar os possíveis efeitos da compactação adicional induzida por tráfego de trator, sendo utilizado somente o disco de corte do dosador de sementes. Da semeadura até as avaliações por ocasião da colheita, não se realizou controle fitossanitário para doenças, pragas e plantas daninhas.

3.4 Atributos físicos do solo

Amostras de solo indeformadas foram coletadas nas entrelinhas da cultura, usando cilindros metálicos de 5,57 cm de diâmetro e 4,41 cm de altura, localizados no centro das camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m. Os atributos densidade do solo, resistência do solo à penetração, porosidade total e a macroporosidade do solo foram determinados nas amostras indeformadas.

A porosidade total do solo (Equação 1) é o quociente do volume de vazios e do volume total da amostra. O volume de vazios foi obtido indiretamente pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo secado (SANTOS e DAIBERT, 2014) em estufa a 110°C, durante 24 h. A densidade do solo (Equação 2) foi determinada pelo quociente da massa seca da amostra contidas nos cilindros metálicos e o seu volume (TEIXEIRA et al., 2017).

$$P_t = 100 \frac{V_v}{V_t} \quad (1)$$

$$D_s = \frac{m_s}{V_t} \quad (2)$$

em que,

P_t – porosidade total do solo, %;

V_v – volume de vazios do solo, cm^3 ;

V_t – volume total dos cilindros metálicos, cm^3 ;

D_s – densidade do solo, Mg m^{-3} ;

m_s – massa de solo seca, g.

A microporosidade do solo foi determinada conforme descrito em Teixeira et al. (2017), usando o método de mesa de sucção com uma coluna de água de 60 cm de altura. A macroporosidade do solo foi determinada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

As amostras foram colocadas em mesa de tensão e ao atingir o equilíbrio correspondente a uma coluna de água de 60 cm de altura, em seguida a resistência do solo à penetração foi determinada utilizando-se de um penetrógrafo eletrônico de bancada. O equipamento estava equipado com uma haste de 4 mm de diâmetro basal e semiângulo de 30° , e foi ajustado para operar com 10 mm min^{-1} de velocidade de penetração. As amostras obtidas nos 5 mm superiores e inferiores da amostra foram descartadas, visando eliminar o efeito da periferia da amostra, sendo utilizado o valor médio (ARCOVERDE et al., 2019).

3.5 Características agronômicas da aveia branca

No dia 10 de agosto de 2019, quando as sementes da aveia branca apresentaram maturidade fisiológica foi realizada a sua colheita, sucedendo-se as avaliações das características agronômicas da cultura.

Quando as sementes atingiram a maturidade fisiológica, a altura de plantas e o diâmetro do colmo foram determinados em 10 plantas escolhidas ao acaso em cada unidade experimental. A altura de planta foi medida entre os primeiros entrenós (colo da planta) e o ápice da panícula (SPONCHIADO, 2017), usando uma trena com 1 mm de resolução. O diâmetro do colmo foi medido no terço médio inferior das plantas, utilizando-se um paquímetro com resolução de 0,01 mm.

Em seguida, as plantas contidas dentro de uma área de 1,0 m² em cada unidade experimental foram cortadas e levadas ao laboratório para determinar a produção de biomassa de cobertura, a massa de mil grãos e a produtividade de grãos.

Depois da separação dos grãos colhidos, as plantas cortadas foram secadas em estufa a 55°C por 72 horas, para medição da massa seca da parte vegetativa aérea (folhas, colmos e resíduos da amostra). A produção de biomassa de cobertura foi determinada usando a Equação 3, e a produtividade de grãos da aveia branca usando a Equação 4, e seus dados corrigidos para 13%bu de umidade dos grãos.

$$P_b = 10 \frac{m_p}{A_u} \quad (3)$$

$$P_g = 10 \frac{m_g}{A_u} \quad (4)$$

em que,

P_b – produção de biomassa seca de cobertura, kg ha⁻¹;

m_p – massa seca da parte aérea das plantas contidas na área útil da unidade experimental, g;

A_u – área útil da unidade experimental, m²;

m_g – massa dos grãos colhidos na área útil da unidade experimental, g;

P_g – produtividade de grãos, kg ha⁻¹.

3.6 Análise dos dados

Os dados dos atributos físicos do solo e características agronômicas da aveia branca foram submetidos à análise de variância, a 5% de probabilidade. As médias dos atributos do solo obtidos nas duas camadas foram comparadas usando o teste t, a 5% de probabilidade. Os dados dos atributos do solo e dos componentes de crescimento e de produção da aveia branca foram submetidos análise de regressão, com os modelos sendo selecionados com base no coeficiente de determinação mínimo de 0,5 e significância de 5%, pelo teste t dos coeficientes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos atributos do solo

A intensidade de tráfego de trator a que o solo foi submetido alterou a sua porosidade total, densidade, micro (Mi) e macroporosidade (Ma) e resistência à penetração (RP), nas camadas de 0-0,10 e 0,10-0,20 m de profundidade (Quadro 1). As médias da microporosidade e da porosidade total do solo foram semelhantes nas duas profundidades, no entanto, a densidade foi maior e a macroporosidade e a resistência do solo à penetração foram menores na camada de 0-0,10 m. Isso pode ter ocorrido, principalmente, pela influência da umidade do solo que apresentou maior valor na camada superficial, e menor valor na camada inferior no momento da compactação que, além disso, sofreu menor efeito dos carregamentos do trator pelo efeito de amortecimento provocado pela camada superficial.

QUADRO 1. Resumo da análise de variância e médias da porosidade total (P_T), densidade (D_s , $Mg\ m^{-3}$), micro (Mi, %) e macroporosidade (Ma, %) e resistência à penetração (RP, kPa), nas duas camadas do solo em função da intensidade de tráfego de trator

Fator de variação	GL	Quadrados médios				
		D_s	Ma	Mi	P_T	RP
Bloco	4	0,0003	0,87453	1,5464	5,7102	41136,7
Passadas (N)	4	0,0105**	26,1604**	13,065**	19,592**	159800**
Profundidade (P)	1	0,0496**	19,9893**	1,49580	0,6111	1,27x10 ⁷ **
N x P	4	0,0075**	5,6867	6,8890**	16,2155**	154010**
Resíduo	36	0,0009	2,3271	2,0905	4,0970	47244,4
CV (%)		2,1	14,6	3,3	3,8	9,5
Profundidades do solo		----- Médias -----				
	0 a 10 cm	1,45 a	9,81 b	43,55 a	53,75 a	1776,48 b
	10 a 20 cm	1,39 b	11,07 a	43,21 a	53,53 a	2788,18 a

GL – graus de liberdade. ** $p < 0,05$. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si, pelo teste t a 5% de probabilidade. CV – coeficiente de variação.

A densidade do solo respondeu de forma diferente em cada camada às aplicações continuadas de cargas feitas pelo trator, demonstrada pelo comportamento quadrático na camada superficial e linear na de 0,10-0,20 m de profundidade (Figura 2). Os dados da densidade do solo indicam que a diminuição de seus valores nas últimas duas passadas, principalmente na camada de 0,10-0,20 m, pode estar associada ao manejo agrícola que ele foi submetido no plantio direto, à sua mineralogia e/ou à sua textura, que

não foram controladas durante a experimentação. E assim, a configuração do binômio carregamento-umidade do solo não foi capaz de alterar as densidades solo nas parcelas onde foram conduzidas as passadas número 6 e 8.

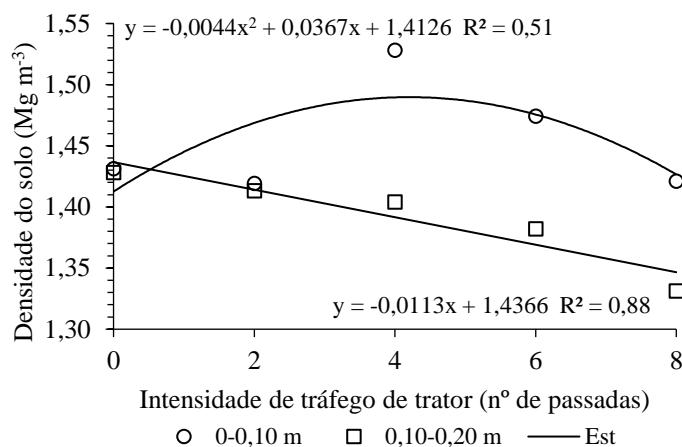


FIGURA 2. Densidade do solo em plantio direto sob diferentes intensidades de tráfego de trator, para as duas camadas.

A resistência do solo à penetração não foi influenciada pelos carregamentos do tráfego do trator na camada de 0,10-0,20 m, e na camada superficial a tendência foi quadrática, com crescimento até o máximo valor atingido com 6 passadas e a partir daí foi de estabilização (Figura 3).

O solo em condição de baixa umidade ocorre maior resistência à deformação ou à penetração das raízes. Com o aumento da umidade, decresce a atuação das forças de coesão entre as partículas do solo e o atrito interno, incidindo em redução da RP (CUNHA et al., 2002). É muito usual o valor de 2000 kPa como sendo limitante para o crescimento e desenvolvimento das raízes do solo (ARAUJO et al., 2004; TAYLOR, 1996). As coletas foram analisadas com umidade do solo próximo à capacidade de campo, onde a RP apresentou fator limitante na camada de 0,10-0,20 m, e não limitante na camada 0-0,10 m.

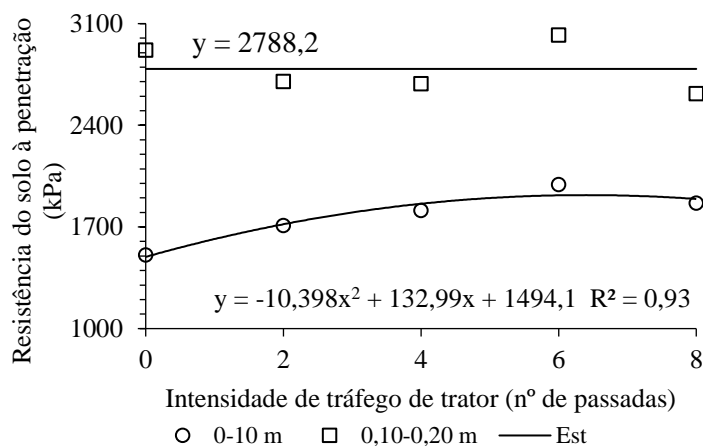


FIGURA 3. Resistência do solo à penetração em plantio direto sob diferentes intensidades de tráfego de trator, para as duas camadas.

A macroporosidade do solo em plantio direto quando submetido a um gradiente de níveis de carregamento consecutivos teve diminuição de seus valores até o mínimo de 3 passadas, quando houve tendência de aumento (Figura 4). O fato da diminuição da macroporosidade com o aumento da compactação está relacionada ao aumento médio ocorrido na microporosidade (Figura 5), enquanto não foi ajustado modelo para a porosidade total. No entanto, aparentemente, a umidade em que o solo foi compactado não alterou o seu estado nas unidades experimentais destinadas a 8 passadas, pois a Ma nesse nível de compactação foi maior que aquela obtida na parcela testemunha (zero passadas).

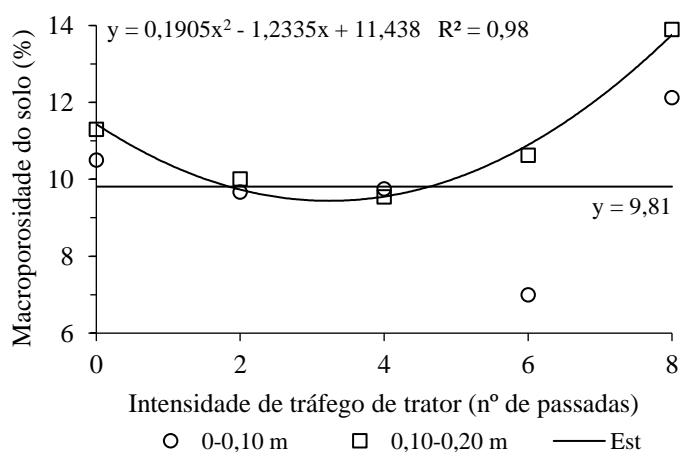


FIGURA 4. Macroporosidade do solo em plantio direto sob diferentes intensidades de tráfego de trator, para as duas camadas.

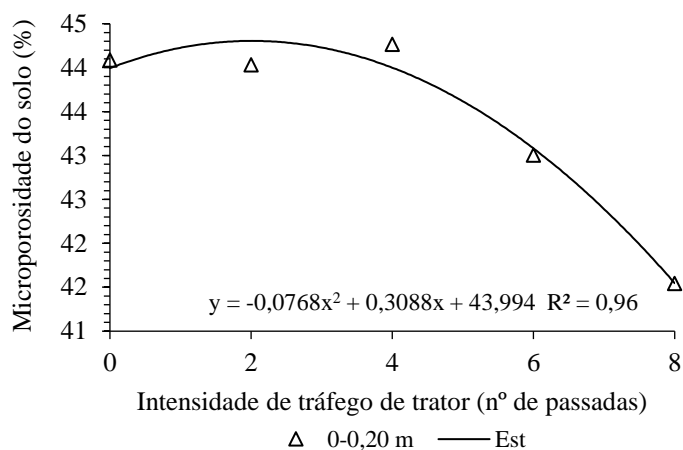


FIGURA 5. Microporosidade do solo em plantio direto sob diferentes intensidades de tráfego de trator, para a camada de 0-0,20 m.

Segundo Baver et al. (1972), um solo proporciona qualidades ideais de aeração para o desenvolvimento das plantas quando a sua macroporosidade é superior a 10%. Assim, os valores de M_a do solo encontram-se no estado considerado não restritivo ao desenvolvimento das plantas, apresentando condições satisfatórias de aeração.

Isso evidencia que o aumento do número de passadas de trator, em plantio direto consolidado, nem sempre acarreta em aumento da compactação e redução da qualidade estrutural do solo, podendo, inclusive uma compactação intermediária do solo beneficiar a produtividade das culturas mais sensíveis a restrições físicas do solo e à disponibilidade hídrica (SUZUKI et al., 2007; ARCOVERDE et al., 2020).

4.2 Análise das características da aveia branca

Como os dados de M_i e M_a , e RP na camada de 0,0-0,10 m, estão dentro de uma faixa que não é limitante ao desenvolvimento das culturas, enquanto a RP na camada de 0,10-0,20 m pode ser limitante em todos os tratamentos, optou-se por estudar os componentes de produção em função da densidade.

A análise das características de crescimento e de produção da aveia branca foi dada em função da densidade do solo, pela ocorrência da sua variação dentro do intervalo de 1,346 a 1,489 $Mg\ m^{-3}$.

4.2.1 Características da cultura

Observou-se comportamento quadrático do diâmetro do colmo em função da densidade do solo na camada de 0,00-0,10 m, atingindo seu valor máximo na densidade de $1,451 \text{ Mg m}^{-3}$ e com decréscimo a partir deste valor (Figura 6). Na camada de 0,10-0,20 m, não houve influência da densidade sobre o diâmetro do colmo da aveia. A diminuição do diâmetro do colmo da aveia branca pode afetar seu bom desenvolvimento, pela sustentação da parte área produtiva da planta, e a sua colheitabilidade, provando perdas de grãos na colheita.

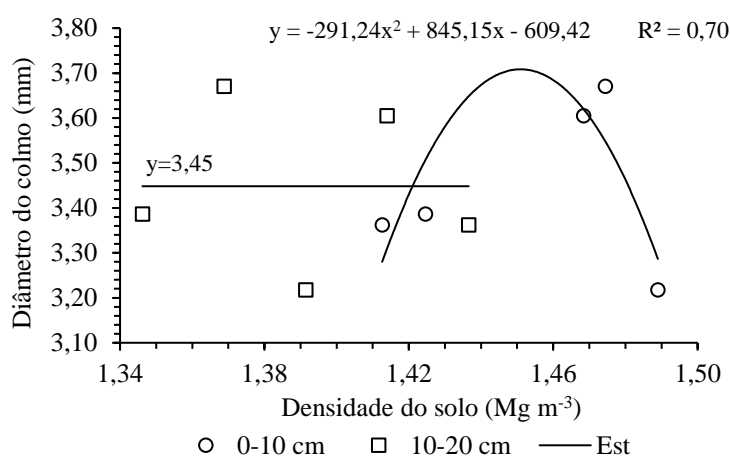


FIGURA 6. Diâmetro do colmo da aveia branca em função da densidade do solo obtida nas camadas.

A maior altura de planta ocorreu na densidade de $1,448 \text{ Mg m}^{-3}$, observada na camada de 0,00-0,10 m (Figura 7) de profundidade, enquanto na camada de 0,10-0,20 m não foi constatado efeito da densidade sobre a altura de planta. Ahmad et al. (2013) observaram que a massa verde da aveia branca apresentou correlação positiva com a altura de plantas, número de folhas, número de perfilhos e com a massa seca de planta. Bibi et al. (2012) verificaram que a altura de plantas oscilou entre 66,2 e 175,3 cm, em 108 acessos de aveia branca, os quais foram superiores aos valores médios verificados neste trabalho.

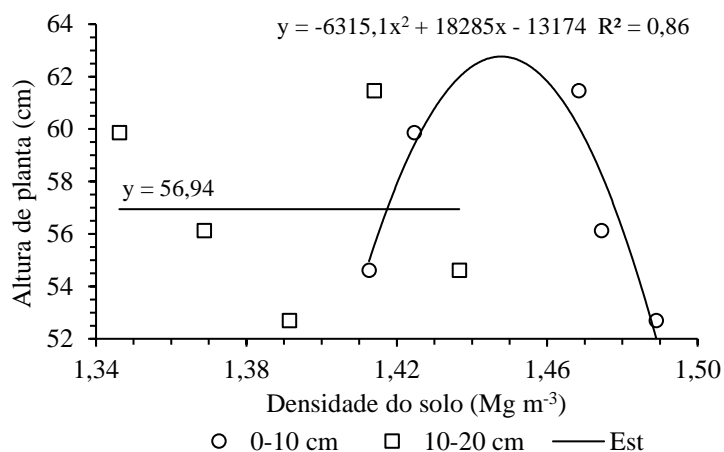


FIGURA 7. Altura de planta de aveia branca em função da densidade do solo obtida nas duas camadas.

A produção de biomassa seca de cobertura é proporcional ao aumento da densidade do solo até um valor crítico, e a partir daí a tendência foi de redução de seus valores (Figura 8). O valor crítico de densidade do solo foi de $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$ na camada de 0-0,10 m, e de $1,369 \text{ Mg m}^{-3}$ na camada de 0,10-0,20 m. Segundo Nirmalakumari et al. (2013), tanto o número de perfilhos por planta quanto a massa seca da aveia branca, além de outras variáveis, contribuem positivamente para a maior produtividade de grãos por planta.

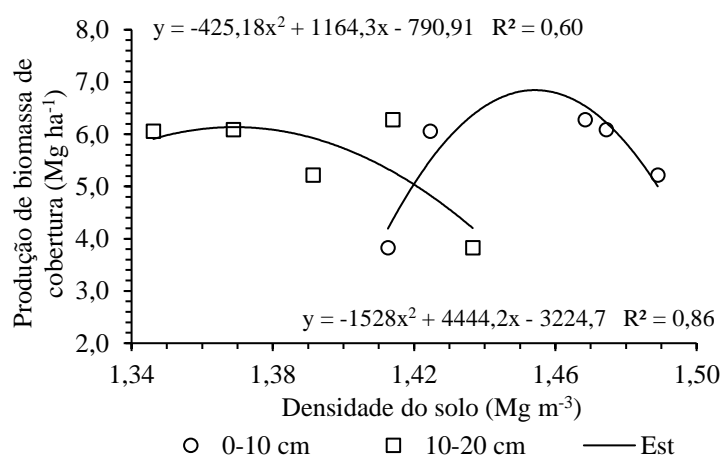


FIGURA 8. Produção de biomassa seca de cobertura da aveia branca em função da densidade do solo, nas duas camadas.

4.2.2 Componentes de produção da cultura

A massa de mil grãos (MMG) da aveia branca foi influenciada pela densidade de maneira diferente nas duas camadas (Figura 9). Na camada de 0-0,10 m, com o aumento da D_s houve acréscimo de 6,1% na MMG até $1,443 \text{ Mg m}^{-3}$, a partir deste valor observou-se decréscimo da MMG, como também ocorreu para o diâmetro do colmo, altura e MSP, o que confirma a correlação positiva ($p < 5\%$) entre estas características da aveia branca. Na camada de 0,10-0,20 m, o intervalo de densidade entre $1,346$ e $1,437 \text{ Mg m}^{-3}$ não causou efeito sobre a MMG. Os resultados de MMG encontrados por Sponchiado (2017) variaram de 25,5 a 37,6 g, valores esses menores aos observados neste trabalho.

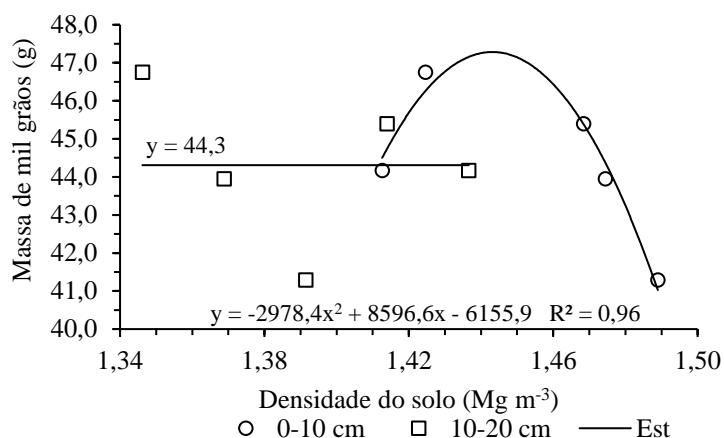


FIGURA 9. MMG de aveia branca em função da densidade do solo nas duas camadas.

Na camada de 0,10-0,20 m de profundidade, com o aumento da D_s a partir de $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$ houve redução linear da produtividade de grãos da aveia branca (Figura 10). Houve aumento da produtividade de grãos até a D_s de $1,448 \text{ Mg m}^{-3}$ obtida na camada superficial, com o valor máximo de $1661,49 \text{ kg ha}^{-1}$. Além disso, pode-se confirmar a correlação positiva entre a altura de planta e a produção de cobertura com a produtividade ($p < 5\%$) pelo comportamento dos modelos obtidos em função da D_s . A produtividade de grãos esteve abaixo daquelas obtidas em Sponchiado (2017), que avaliaram a produtividade de grãos de aveia branca em Lages-SC, com variação entre $2623,3$ e $3067,7 \text{ kg ha}^{-1}$ para as menores produtividades, no entanto quando não se adotou o controle de pragas foi de $1843,7 \text{ kg ha}^{-1}$.

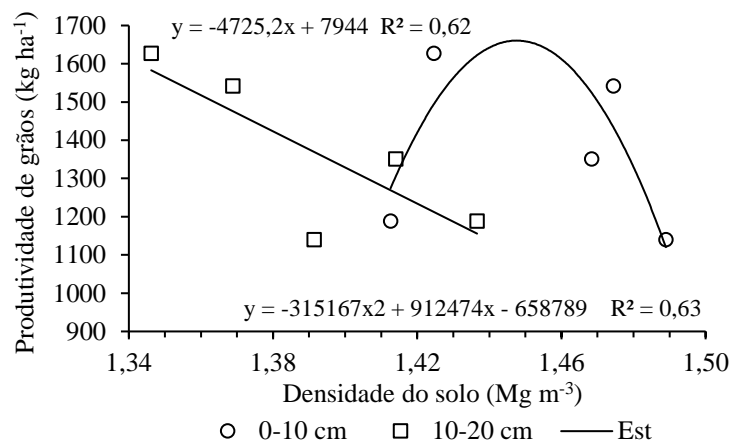


FIGURA 10. Produtividade grãos de aveia branca em função da densidade do solo obtida nas duas camadas.

Esses resultados corroboram com os apresentados por Arcoverde et al. (2020) que, estudando um Latossolo Vermelho distroférrico sob plantio direto, observaram valores semelhantes de D_S , em mesmas camadas de solo, limitantes à produtividade de grãos da soja; sugerindo, segundo os mesmos autores, que a compactação superficial do solo não restritiva ao crescimento radicular pode ser benéfica à produção da cultura.

Ressalta-se que o efeito da compactação induzida, com as diferentes intensidades de tráfego, compromete 32,5% na produtividade da aveia branca. Mesmo a aveia branca cultivada durante o inverno ser uma cultura com capacidade de desenvolvimento do sistema radicular em camadas superficiais levemente compactadas, densidades maiores de $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$ pode provocar perdas de produção. Resultados estes também verificados por Valicheski et al. (2012) estudando aveia preta e nabo forrageiro como culturas de cobertura, antecedendo a cultura da soja.

Aliado a isso, em área com plantio direto consolidado há naturalmente formação de bioporos que permite maior crescimento radicular e, conseqüente, acesso à água em camadas mais úmidas e profundas do solo, sobretudo naqueles mais compactados e menos condutores (LANDL et al., 2019).

A reciclagem de nutrientes da cultura anterior é uma característica importante, pois a quantidade de resíduos culturais sobre a superfície do solo pode afetar a produção das culturas seguintes (JESSOP e STEWART, 1983; LYNCH, 1984).

5 CONCLUSÕES

A intensidade de tráfego de trator altera a qualidade física de Latossolo Vermelho distroférico podendo comprometê-la com redução de até 32,5% de produtividade ou melhorar os seus atributos favorecendo até 29,4% de aumento de produção, nas camadas superficial e subsuperficial para a produção eficiente da aveia branca manejada sob plantio direto em rotação de culturas no binômio soja-milho.

Em Latossolo Vermelho distroférico submetido a 10 anos de plantio direto de soja e milho e com até oito passadas do trator, a microporosidade e a porosidade total são iguais nas camadas superficial e subsuperficial, e a densidade é maior e a macroporosidade e a resistência do solo à penetração são menores na camada de 0-0,10 m de profundidade do solo cultivado com aveia branca.

Na camada de 0-0,10 m de um Latossolo Vermelho distroférico, a densidade de $1,44 \text{ Mg m}^{-3}$ causa restrição ao crescimento da cultura e à produção da aveia branca cultivada sob plantio direto, e, na camada de 0,10-0,20 m a produtividade é limitada quando a densidade ultrapassa o valor de $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 337-345. 2004.

AHMAD, M.; ZAFFAR, G.; MIR, S. D.; DAR, Z. A.; DAR, S. H.; IQBAL, S.; BUKHARI, S. A.; KHAN, G. H.; GAZAL, A. Estimation of correlation coefficient in oats (*Avena sativa* L.) for forage yield, grain yield and their contributing traits. **International Journal of Plant Breeding and Genetics**, v.7, n.3, p.188-191, 2013.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C. M. A. de; CORTEZ, J. W.; MACIAK, P. A. G.; SUÁREZ, A. H. T. Soil physical attributes and production components of sugarcane cultivars in conservationist tillage systems. **Engenharia Agrícola**, v.39, p.216-224, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n2p216-224/2019>

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

BARBOSA NETO, J. F. B.; MATIELLO, R. R.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, J. M. S.; PEGORARO, D. G.; SCHENEIDER, F.; SORDI, M. E. B.; VACARO, E. Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p.1605-1612, 2000.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Soil physics**. New York: J. Wiley, 1972. 498 p.

BERGAMIN, A. C.; VITORINO, A. C. T.; FRANCHINI, J. C.; SOUZA, C. M. A.; SOUZA, F. R. Compactação de um Latossolo Vermelho Distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 681-691, 2010.

BIBI, A.; SHAHZAD, A.; SADAQAT, H.; TAIR, M. H. N.; FATIA, B. Genetic characterization and inheritance studies of oats (*Avena sativa* L.) for green fodder yield. **International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences**, n. 4, v.1, p. 450-460, 2012.

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

COFFMAN, F. A. **Oats and oats improvement**. Madison: American Society of Agronomy, 1961. 650 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/BoletimZGraosZjunhoZ2018.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2020.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; ALVARENGA, R. C.; SANTANA, D. P. Plantio Direto e sustentabilidade do sistema agrícola. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 13-24, 2001.

CUNHA, J. P. A. R.; VIEIRA, L. B.; MAGALHÃES, A. C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.10, p.1-7, 2002.

DENARDIN, J. E; FAGANELLO, A; LEMAINSKI, J. Converter Plantio Direto em Sistema Plantio Direto - um modelo à sustentabilidade agrícola. REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 12., 2018, Passo Fundo. **Ata e Resumos...** Passo Fundo: Projeto Passo Fundo, 2019. Solos e Nutrição Vegetal, p. 568-572.

DIAS JÚNIOR, M. S. **Compactação do solo**. In: Tópicos em ciência do solo. v. 1, p. 55-94, 2000.

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

FEDERIZZI, L. C.; BARBOSA NETO, J. F.; CARVALHO, F. I. F. de; VIAU, L. V. M.; SEVERO, J. L.; FLOSS, E. L.; ALVES, A.; ALMEIDA, J.; SILVA, A. C. da. Estabilidade do rendimento de grãos em aveia: efeito do uso de fungicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 465-472, 1993.

FIDELLIS, R. R; ROCHA, R. N. C; LEITE, U. T; TANCREDI, F. D. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, v. 19, n. 1, p. 23-31, 2003.

FLOSS, E. L. Manejo forrageiro da aveia (*Avena spp*) e azevém (*Lolium spp*). In: Simpósio Sobre Manejo da Pastagem. **Anais...**, FEALQ, 1988. p. 231-268.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, N. A.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.4, p. 627-636, 2007.

JESSOP, R. S.; STEWART, L. W. Effects of crops residue, soil type and temperature on emergence and early growth of wheat. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.74, p.101-109, 1983.

JONG VAN LIER, Q. de. **Física do solo**. 1ª ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. 3ª reimpressão.

LANDL, M.; SCHNEPF, A.; UTEAU, D.; PETH, S.; ATHMANN, M.; KAUTZ, T.; PERKONS, U.; VERECKEN, H.; VANDERBORGHT, J. Modeling the Impact of Biopores on Root Growth and Root Water Uptake. **Vadose Zone Journal**, v.18, n.1, p.0-20, 2019.

LÀSZTITY, R. Oat grain – A wonderful reservoir of natural nutrients and biologically active substances. **Food Reviews International**, v.14, n.1, p.99-119, 1997. DOI: 10.1080/87559129809541150

LYNCH, J. M. Interactions between biological processes, cultivation and soil structure. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 76, p. 307-318, 1984.

MOLIN.V. T. S. D. **Avaliação Química e Sensorial da Aveia em diferentes formas de processamento**. 2011. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

NIRMALAKUMARI, A.; SELLAMMAL, R.; THAMOTHARAM, G.; EZRILARASI, T. P.; RAVIKESAVAN, R. Trait association and path analysis for grain yield in oat in the western zone of Tamil Nadu. **International Journal of Agricultural Science and Research**, v. 3, n. 2, p. 309-316, 2013.

O'SULLIVAN M. F.; HANSHALL, J. K.; DICKSON, J. W. A. A. Simplified method for estimating soil compaction. **Soil and Tillage Research**, v. 49, n. 4, p. 325-335, 1999.

PRIMAVESI, A. C.; RODRIGUES, A.A.; GODOY, R. **Clima e solo**. In.: PRIMAVESI, A.C.; RODRIGUES, A.A.; GODOY, R. (Eds.). *Recomendações técnicas para o cultivo de aveia*. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000, p. 7-8.

SANTOS, P.R.C. dos; DAIBERT, J.D. **Análise dos Solos**. São Paulo: Editora Érica, 2014. 120p.

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. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 187 p.

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 58-64, 2009.

SPONCHIADO, J.C. **Estratégias de manejo para altas produtividades na Aveia branca**. 2017. 113p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2017.

SUZUKI, L.E.A.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; LIMA, C.L.R. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n. 8, p. 1159-1167. 2007.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER Jr., J. J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. **Soil Science**, 102p. 1966.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2017. 573 p.

TRENTIN, R. G.; MODOLO, A. J.; VARGAS, T. O.; CAMPOS, J. R. R.; ADAMI, P. F.; BAESSO, M. M. Soybean productivity in Rhodic Hapludox compacted by the action of furrow openers. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, n. 35015, p. 1-9, 2018.

VALADÃO, F. C. A.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; SANTIN, M. F. M.; SCAPINELLI, A. Teor de macronutrientes e produtividade da soja influenciados pela compactação do solo e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 40, n. 1, p. 183-195, 2017.

VALADÃO, F. C. A.; WEBER, O. L.; VALADÃO JÚNIOR, D. D.; SCARPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 243-255, 2015.

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**, v. 16, n. 9, p. 969-977, 2012.

WELCH, R. W. **Nutrient composition and nutritional quality of oats and comparisons with other cereal**. In.: Webster FH, Wood PJ (Eds.). Oats, Chemistry and technology. Minesota: St. Paul, 2011, p.95-98.