

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

LUIGI VIEL FRIZZARINI

**PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO  
NA CULTURA DO SORGO CONSORCIADO COM CROTALARIA**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

LUIGI VIEL FRIZZARINI

**PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO  
NA CULTURA DO SORGO CONSORCIADO COM CROTALARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Mato Grosso do Sul, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Garcia  
Roque

CHAPADÃO DO SUL – MS

2024



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTOR: **LUIGI VIEL FRIZZARINI.**

ORIENTADOR: **Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque.**

Aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências do Componente Curricular Não Disciplinar TCC, para obtenção do grau de BACHAREL EM AGRONOMIA, pelo curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul.

**Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque**

Presidente da Banca Examinadora e Orientador

**Prof. Dr. Rafael Ferreira Barreto**

Membro da Banca Examinadora

**Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>a</sup>. Eduarda Santana Soares**

Membro da Banca Examinadora

Chapadão do Sul, 01 de novembro de 2024.

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Cassiano Garcia Roque, Professor do Magisterio Superior**, em 01/11/2024, às 09:30, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Eduarda Santana Soares, Usuário Externo**, em 01/11/2024, às 12:19, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Ferreira Barreto, Professor do Magisterio Superior**, em 01/11/2024, às 17:42, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [h](#)



[ps://sei.ufms.br/sei/controlador\\_externo.php?](ps://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)  
[acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0),  
informando o código verificador **5207237** e o código CRC **0ACE7F56**.

[https://sei.ufms.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=5987195&infra\\_sistema...](https://sei.ufms.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=5987195&infra_sistema...) 1/2 07/11/2024, 09:16 SEI/UFMS - 5207237 - Certificado

## COORDENAÇÃO DE GESTÃO ACADÊMICA DO CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

Câmpus de Chapadão do Sul - Rod MS 306, Km

105, Caixa Postal 112 Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000635/2024-40

SEI nº 5207237

[https://sei.ufms.br/sei/controlador.php?acao=documento\\_imprimir\\_web&acao\\_origem=arvore\\_visualizar&id\\_documento=5987195&infra\\_sistema...](https://sei.ufms.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=5987195&infra_sistema...)

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a todos aqueles que estiveram ao meu lado me aconselhando, incentivando e motivando a nunca desistir das minhas metas.*

***Dedico***

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus primeiramente pela vida que tenho e por ter me ajudado a chegar até aqui e me guiado na realização deste projeto.

Ao meu pai Waney, minha mãe Andréia, e minha irmã Giovanna que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado durante todo este percurso.

À minha família pelo apoio que deram durante toda a minha vida.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), e ao meu orientador de graduação Cassiano Garcia Roque e todos os demais professores da universidade pelo suporte e conhecimento.

Por último, quero agradecer todos os meus colegas de graduação e amigos.

## EPÍGRAFE

*“O senhor é o pastor que me conduz, não me falta coisa  
alguma”.*

*SALMO 22.*

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1.INTRODUÇÃO.....	3
2.MATERIAIS E MÉTODOS.....	4
2.1 Local de Condução do Experimento.....	4
2.2 Histórico da Área.....	5
2.3 Delineamento Experimental.....	5
2.4 Plantio e Tratos Culturais.....	5
2.5 Avaliações Físicas do Solo.....	6
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	8
4.CONCLUSÃO.....	10
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	11

## LISTA DE TABELAS

Tabelas	Pg
1 Síntese da análise de variância para Densidade do solo (DS), umidade gravimétrica (UG), Porosidade total (PT), Microporosidade (MICRO) e Macroporosidade (MACRO) do solo no sistema de plantio direto (SPD).....	18
2 Médias da análise de Densidade do solo (DS) e Umidade gravimétrica (UG) em função da profundidade do solo no sistema de plantio direto (SPD).....	19
3 Médias da análise de Umidade gravimétrica (UG) em função dos tipos de cultivos implantados no sistema de plantio direto (SPD).....	19
4 Médias das análises de Macroporosidade (MACRO) em função dos tipos de cultivos implantados nos sistema de plantio direto (SPD) em diferentes profundidades.....	20
5 Médias das análises de Macroporosidade (MACRO) em função dos tipos de cultivos implantados nos sistema de plantio direto (SPD) em diferentes profundidades	21

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>pg</b>
<b>1</b>	Precipitação e temperaturas médias durante o período de condução do experimento na safra de 2023/2023 para a cultura do sorgo consorciado com <i>Urochloa ruziziensis</i> e <i>Crotalaria spectabilis</i> , fonte: INOVAGRI (2023).....	<b>14</b>



## PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO NA CULTURA DO SORGO CONSORCIADO COM CROTALARIA

**RESUMO:** O solo é um componente essencial na produção agrícola, onde suas características físicas impactam todo o sistema produtivo. O objetivo foi avaliar as propriedades físicas do solo em diferentes sistemas de preparo na cultura do sorgo consorciado com crotalaria. O experimento foi realizado na área experimental localizada no campus de Chapadão do Sul-MS, pertencente à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na safra de 2023. O delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 4 (três tipos de preparo de solo: plantio direto, cultivo mínimo, plantio convencional); quatro profundidades: 0 - 0,10, 0,10 - 0,20, 0,20 - 0,30, 0,30 - 0,40 m), totalizando 12 unidades experimentais e 4 repetições. Para as análises físicas foram feitas trincheiras com dimensões de 0,50 m de largura por 0,50 m de comprimento e 0,40 m de profundidade, sendo as amostras coletadas nas quatro profundidades. Os atributos físicos do solo analisados foram: densidade do solo (DS), porosidade total (PT), macroporosidade (MACRO), microporosidade (MICRO) e umidade gravimétrica (UG) e resistência a penetração (RP). Os dados foram analisados utilizando o software R para análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. No sistema de preparo de solo na cultura do sorgo consorciado com crotalaria, observou-se que, as características físicas do solo: densidade do solo (DS), umidade gravimétrica (UG) e resistência a penetração (RP) foram beneficiadas. O sistema de plantio direto (SPD) apresentou os menores valores de resistência a penetração nas camadas de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m.

**Palavras-chave:** Consórcio de culturas agrícolas, *Crotalaria Spectabilis*, Resistência a penetração, *Sorghum bicolor*, Umidade gravimétrica.



## PHYSICAL PROPERTIES OF THE SOIL UNDER DIFFERENT PREPARATION SYSTEMS IN THE CULTIVATION OF SORGHUM INTERCROPPED WITH CROTALÁRIA

**ABSTRACT:** Soil is an essential component in agricultural production, where its physical characteristics impact the entire production system. The objective of this work was to evaluate the physical properties of the soil in different tillage systems in sorghum intercropped with crotalaria. The experiment was carried out in the experimental area located in the Chapadão do Sul-MS campus, belonging to the Federal University of Mato Grosso do Sul, in the harvest of 2023. Randomized block design in a 3 x 4 factorial scheme (three types of soil preparation : low tillage, minimum tillage, conventional tillage); four depths in the soil: 0 - 0.10 m, 0.10 - 0.20 m, 0.20 - 0.30 m, 0.30 - 0.40 m), totaling 12 experimental units and 4 replications. For physical analysis, trenches were made with dimensions of 0.50 m wide by 0.50 m long and 0.40 m deep, with samples collected at depths of 0.00 - 0.10, 0.10 - 0.20, 0.20 - 0.30 and 0.30 - 0.40 m. The physical attributes of the soil analyzed were: soil density (DS), total porosity (PT), macroporosity (MACRO), microporosity (MICRO) and gravimetric moisture (UG). The data were analyzed using the R software for analysis of variance and, when significant, the means were compared using the Tukey test at 5% probability. In the soil preparation system for sorghum intercropped with crotalaria, it was observed that the physical characteristics of the soil soil density (DS), gravimetric moisture (UG) and penetration resistance (RP) were benefited. The low tillage system (SPD) presented the lowest penetration resistance values in the layers of 0.20-0.30 and 0.30-0.40 m.

**Keywords:** Agricultural intercropped consortium, *Crotalaria spectabilis*, Penetration resistance, *Sorghum bicolor*, Gravimetric humidity.

## 1. INTRODUÇÃO

O solo é um componente essencial dentro de qualquer sistema produtivo agrícola, onde suas propriedades físicas impactam o estabelecimento e desenvolvimento das plantas e conseqüentemente o rendimento da cultura (MOTTIN et al., 2018). As propriedades físicas presentes em um solo, tais como umidade gravimétrica, porosidade, densidade e resistência a penetração são fatores que refletem o impacto dos sistemas de preparo de solo utilizados no cultivo agrícola, visto que o sistema de preparo utilizado pode alterar as propriedades físicas do solo e resultar em alterações que comprometem o desenvolvimento das plantas (CARNEIRO et al., 2018).

O sistema de plantio direto, sistema de cultivo mínimo e sistema convencional de preparo do solo são tipos de preparo utilizados no cultivo de diferentes espécies vegetais no Brasil, que buscam criar condições propícias para o crescimento, desenvolvimento e produtividade das culturas agrícolas cultivadas (BARROS, 2020). Porém, a eficácia e escolha do tipo de preparo a ser utilizado depende de características específicas como solo, clima e tipo de cultura, uma vez que sua utilização inadequada pode resultar em piora das características físicas inerentes ao tipo de solo (CARNEIRO et al., 2018).

Atributos físicos do solo como densidade, porosidade e resistência à penetração influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento das culturas, sendo indicadores de qualidade física (ARCOVERDE, 2022). Alterações nesses atributos podem limitar o crescimento e o volume explorado da raiz (COLOMBI et al., 2018), reduzir a água e absorção de nutrientes (VALADÃO et al., 2017), impedir trocas gasosas, diminuir a taxa de infiltração e fluxo de água no solo (ZAMBRANA et al., 2010), reduzir o crescimento (KIRNAK et al., 2016) e a produção de gramíneas (ARCOVERDE et al., 2022).

Dentre as plantas utilizadas de forma consorciada, destaca-se o sorgo (*Sorghum bicolor*) e a crotalária (*Crotalaria juncea*), uma opção de cultivo que melhora a qualidade da cobertura vegetal, matéria orgânica no solo e características físicas do solo onde estão sendo cultivadas (GOMES et al., 2014). O consórcio de sorgo e crotalária melhora a interação no sistema solo, planta e atmosfera, equilibrando a disponibilidade de nutrientes e melhorando as características físicas do solo (SILVA et al., 2017).

Nesse sentido, a hipótese desse trabalho é que o tratamento de sorgo consorciado com *Crotalaria spectabilis* apresentará bons valores para porosidade total, microporosidade, macroporosidade umidade gravimétrica densidade do solo e resistência a penetração do solo,

de acordo com suas características conhecidas pela literatura. Diante do exposto, objetivo desse trabalho foi avaliar as propriedades físicas do solo em diferentes sistemas de preparo na cultura do sorgo consorciado com crotalária.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local de condução do experimento

O experimento foi realizado na área experimental localizada no campus de Chapadão do Sul-MS, pertencente à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na segunda safra de 2023. A área apresenta uma latitude de 18°48'459" Sul, longitude 52°36'003" Oeste e altitude de 813 metros. De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, a região possui clima tropical (Aw), caracterizado por duas estações distintas: uma seca no inverno e outra chuvosa no verão. A temperatura média anual é de 20°C e a precipitação pluviométrica média é de 1.850 mm (CUNHA et al., 2013). Quanto ao solo, é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (SANTOS et al., 2018). A Figura 1 apresenta a temperatura e pluviosidade média na área experimental durante o cultivo.

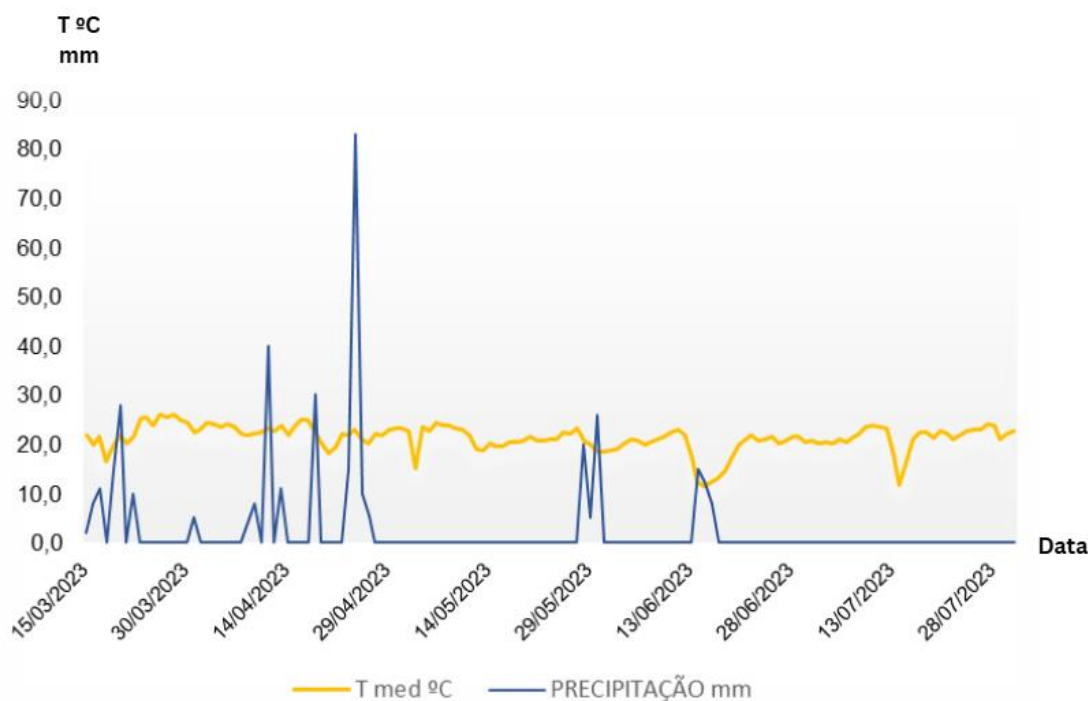


Figura 1. Precipitação e temperaturas médias durante o período de condução do experimento na safra de 2023/2023 para a cultura do sorgo consorciado com *Crotalaria spectabilis*, Fonte: INOVAGRI (2023).

Os períodos chuvosos foram significativos para a cultura do sorgo influenciando diretamente no desenvolvimento da cultura durante todo o ciclo, ou seja, obteve-se uma boa concentração de chuvas no período de 15 de março de 2023 até 16 de junho de 2023, atendendo a necessidade da cultura.

## 2.2 Histórico da área

Foram realizados três tipos de preparos de solos, em fevereiro de 2021, divididos em faixas para instalação da área experimental, sendo: na primeira faixa sistema de plantio direto (SPD); na segunda faixa o sistema de cultivo mínimo (SCM) envolvendo apenas uma gradagem no solo e na terceira faixa o sistema de plantio convencional (SPC) composto por aração seguida de duas gradagens.

No dia 07 de março de 2021 foi implantado, na área, milho consorciado com *Urochloa ruziziensis* semeada a lanço e as leguminosas Feijão Guandu e Estilosantes Campo Grande, sendo colhido no dia 10 de julho de 2021. Em 01 de outubro de 2021, realizou-se a dessecação pré-plantio da área com Glifosato, Cletodim e óleo vegetal. No dia 06 de outubro de 2021 foi realizada a semeadura da soja P98Y21 a qual foi colhida no dia 23 de fevereiro de 2022.

Em 08 de março de 2022 semeou-se a lanço: nabo forrageiro e milheto e após 85 dias da semeadura realizou-se a dessecação (01 de junho de 2022). A soja (cultivar HO Iguaçu IPRO) foi semeada em 18 de outubro de 2022 com semeadora-adubadora da marca JM 2670/2570-POP0 no dia 27 de fevereiro de 2023. Em continuação do sistema de rotação de culturas da área, foi implantado sorgo granífero com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis*, no dia 15 de março de 2023. Para este trabalho foram feitas avaliações da parte física do solo somente para os tratamentos de sorgo + *Crotalaria spectabilis*.

## 2.3 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 4 (três tipos de preparo de solo: plantio direto, cultivo mínimo, plantio convencional; quatro profundidades no solo: 0 - 0,10, 0,10 - 0,20, 0,20 - 0,30, 0,30 - 0,40 m), totalizando 12 unidades experimentais e 4 repetições. Cada unidade experimental consistiu em 12 linhas de 7 metros de comprimento com espaçamento de 0,45 m entre fileiras e população de 9 sementes por metro, totalizando uma população de 915 plantas por unidade experimental e 186 mil plantas por hectare.

## 2.4 Plantio e tratos culturais

O híbrido de sorgo granífero utilizado foi o ADV1151IG (sem tanino) que apresenta tecnologia resistente ao herbicida da família das imidazolinonas Imazapic + Imazetapir, chamada igrowth®, permitindo a consorciação da cultura do sorgo com plantas de cobertura. O plantio do sorgo consorciado com *Crotalaria spectabilis* foi realizado no dia 15 de março de 2023 ocorrendo de forma mecanizada. Para o tratamento de sementes foi utilizado inseticida Tiametoxan para percevejo na dose de 500 mL 100 kg<sup>-1</sup> de semente, inseticida Fipronil para lagartas e vaquinhas na dose de 200 mL 100 kg<sup>-1</sup> de semente e fungicida Carboxina + Tiram para controle de fungos patogênicos na dose de 300 mL 100 kg<sup>-1</sup> de semente.

O consórcio *Crotalaria spectabilis* (15 kg ha<sup>-1</sup> na entrelinha) foi realizado no dia 16 de março de 2023, manualmente, com a utilização de um carrinho de horta.

A coleta de solos para as análises químicas foi realizada 4 dias após a colheita da soja no dia 03 de março de 2023, antecedendo o plantio de sorgo. Foram realizadas 3 amostras simples em cada parcela para a formação de uma amostra composta. Assim obteve-se 48 amostras na profundidade de 0 a 0,20 m, assim foram avaliadas as seguintes características químicas do solo: pH (CaCl<sub>2</sub>), Ca, Mg, Al, H + Al, K1 (K em cmol dm<sup>-3</sup>), K (K em mg dm<sup>-3</sup>), P (meh<sup>-1</sup>), M.O, C-Org, Cu, Fe, Mn e Zn.

A dose de adubo utilizada foi de 313 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 04-14-08 via sulco de plantio, de acordo com a análise de solo realizada e recomendação de adubação para a cultura do sorgo que foi extraída do boletim de correção e adubação Cerrado (SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E., 2004). Posteriormente, foi realizada adubação de ureia a lanço na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> no dia 31 de março de 2023.

No dia 17 de março de 2023 foi realizada a aplicação do herbicida Imazapic + Imazetapir em pré-emergência (plante e aplique) na dose de 1,2 L ha<sup>-1</sup>, atendendo os requisitos para a utilização da tecnologia igrowth®. Foi realizada a aplicação do herbicida Atrazina na dose 1,5 L ha<sup>-1</sup> pós-emergência para controle da soja tiguera, no dia 21 de março de 2023.

Para controle de pragas durante o ciclo da cultura foram realizadas aplicações dos inseticidas Acefato + Bifentrina na dose de 1.2 kg ha<sup>-1</sup> para controle de lagartas, pulgão e percevejo; Teflubenzuron na dose de 240 mL ha<sup>-1</sup> para controle de lagartas; Clorfenapir na dose de 750 mL ha<sup>-1</sup> para controle de lagartas e pulgão e Alfa-cipermetrina + Teflubenzuron na dose de 500 mL ha<sup>-1</sup> para controle lagartas. Para controle de doenças (antracnose, turcicum e mela principalmente) foi utilizado o fungicida Trifloxistrobina + Tebuconazol na dose de 0,6L ha<sup>-1</sup>.

Todas as aplicações foram feitas com a utilização de adjuvante composto por 60 g L<sup>-1</sup> de óleo da casca da laranja na dose de 0,15 L ha<sup>-1</sup>.

Além das aplicações para pragas e doenças, foi utilizado adubo foliar durante o ciclo da cultura, com as seguintes concentrações: Nitrogênio (N) 5,0% (65,0 g L<sup>-1</sup>), Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 8,0% (104,0 g L<sup>-1</sup>), Potássio (K<sub>2</sub>O) 5,0% (65,0 g L<sup>-1</sup>), Cálcio (Ca) 0,5% (6,5 g L<sup>-1</sup>), Magnésio (Mg) 0,6% (7,8 g L<sup>-1</sup>), Boro (B) 0,4% (5,2 g L<sup>-1</sup>), Cobre (Cu) 0,2% (2,6 g L<sup>-1</sup>), Manganês (Mn) 0,5% (6,5 g L<sup>-1</sup>) e Zinco (Zn) 1,0% (13,0 g L<sup>-1</sup>).

## 2.5 Avaliações físicas do solo

Para as análises físicas foram feitas trincheiras com dimensões de 0,50 m de largura por 0,50 m de comprimento e 0,40 m de profundidade, sendo as amostras coletadas nas profundidades de 0,00 - 0,10, 0,10 - 0,20, 0,20 - 0,30 e 0,30 - 0,40 m. Os atributos físicos do solo analisados foram: densidade do solo (DS), porosidade total (PT), macroporosidade (MACRO), microporosidade (MICRO) e umidade gravimétrica (UG).

A DS foi determinada pelo método do anel volumétrico com base na relação massa/volume para determinação da porosidade (TEIXEIRA et al., 2017), sendo utilizada a seguinte equação:

$$Pt = \frac{[(a - b) - (c - d)]}{e}$$

Onde:

Pt – Porosidade total, em m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>.

a – Massa do conjunto amostra-cilindro-tecido-liga saturado, em kg; b – Massa do conjunto amostra-cilindro-tecido-liga seco a 105 °C, em kg; c – Massa do conjunto cilindro-tecido-liga saturado, em kg; d - massa do conjunto cilindro-tecido-liga seco a 105 °C, em kg; e – Volume total da amostra, em m<sup>3</sup>. Nesse caso, assume-se que o volume total da amostra é igual ao volume do cilindro.

A microporosidade foi determinada segundo a metodologia descrita por TEIXEIRA et al. (2017), submetendo as amostras à tensão de -6 kPa e a macroporosidade foi calculada através da diferença entre a porosidade total e a microporosidade (TEIXEIRA et al., 2017).

A resistência a penetração foi avaliada com o equipamento penetrômetro eletrônico digital (PenetroLOG), operado manualmente dependendo basicamente da força do operador, indica a profundidade da penetração da haste e consta o cálculo da velocidade de penetração,

além de avisar ao usuário se a velocidade está fora do padrão (MOLIN, 2012). Foram coletadas amostras deformadas do solo para determinação da umidade gravimétrica (UG) no mesmo momento em que foi feita a leitura da resistência a penetração, com auxílio de um trado holandês.

Os dados foram analisados utilizando o software R para análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tipo de preparo de solo foi significativo para umidade gravimétrica (UG) e resistência a penetração do solo (RPS), enquanto a profundidade foi significativa para densidade do solo DS, UG e RPS (Tabela 1). A interação entre tipo de preparo (T) e profundidade (D) foi significativa apenas para RPS.

**Tabela 1.** Análise de variância para as variáveis Densidade do solo (DS), Umidade gravimétrica (UG), Porosidade total (PT), Microporosidade (MICRO), Macroporosidade (MACRO) e Resistência a Penetração do Solo (RPS).

Fontes de variação	G.L. <sup>1</sup>	DS	UG	PT	Micro	Macro	RPS
		g cm <sup>-3</sup>	-----%-----				MPa
BLOCO		0,0063	32,92	92,87	150,83	27,65	5,53
Tipo de Preparo(T)	2	0,005 <sup>ns</sup>	94,90*	92,87 <sup>ns</sup>	114,28 <sup>ns</sup>	23,59 <sup>ns</sup>	0,26*
Profundidade (P)	3	0,22*	26,81*	5,13 <sup>ns</sup>	112,88 <sup>ns</sup>	72,33 <sup>ns</sup>	0,38*
T x P	6	0,064 <sup>ns</sup>	4,26 <sup>ns</sup>	54,09 <sup>ns</sup>	382,63 <sup>ns</sup>	63,59 <sup>ns</sup>	0,67*
Erro	29	0,69	42,56	481,65	798,94	511,27	0,91
CV (%)	-	9,54	6,15	10,0	14,84	92,64	9,80
Média	-	1,62	19,70	40,74	35,36	4,53	1,81

\*\* significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade. C.V: coeficiente de variação

Ao analisar o Tipo de Preparo (T) de forma isolada, observa-se que o Sistema de Plantio Direto (SPD) e Sistema de Cultivo Mínimo (SCM) apresentaram melhores resultados em comparação ao Sistema de Plantio Convencional (SPC), como pode ser observado na Tabela 2. O SPC apresentou o pior resultado em comparação aos demais cultivos.

A umidade gravimétrica está diretamente relacionada com a resistência a penetração, visto que, quanto menor a umidade do solo, maior a resistência a penetração, especialmente

pelo tráfego de máquinas quando o solo se encontra seco (SOUZA et al., 2020). Neste trabalho observou-se que os sistemas de plantio direto (SPD) e sistema de cultivo mínimo (SCM) apresentam os maiores valores de umidade gravimétrica, indicando que esses tipos de preparo beneficiam o solo, pela menor propensão a compactação, um resultado inerente do consórcio de culturas que propiciam cobertura do solo e melhoria de suas características físico-químicas (SANTOS et al., 2018).

**Tabela 2.** Tabela de comparação de média para a variável Umidade gravimétrica (UG) em relação ao tipo de preparo do solo.

Tipo de preparo	UG
-	%
SPD	22,11a
SPM	18,93b
SPC	18,70b

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade.

O estudo da Profundidade de forma isolada (P) para as variáveis Densidade do solo (DS) e Umidade gravimétrica (UG) está apresentado na Tabela 3. Para DS, a profundidade de 0,10-0,20 m apresentou o melhor resultado, mas não diferiu das profundidades de 0-0,10 e 0,20-0,30 m. Já a profundidade de 0,30-0,40 m apresentou o pior resultado, diferindo das demais. Para a variável UG, a profundidade de 0-0,10 m apresentou o melhor resultado, enquanto as demais profundidades apresentaram menores valores de UG.

**Tabela 3.** Tabela de comparação de média para as variáveis Densidade do solo (DS) Umidade gravimétrica (UG) em relação a profundidade.

Profundidade	DS	UG
(m)	g cm <sup>-3</sup>	%
0 – 0,10	1,65a	21,69a
0,10 – 0,20	1,65a	20,21b
0,20 – 0,30	1,60ab	19,40bc
0,30 – 0,40	1,52b	18,82c

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível 5% de probabilidade.

Na interação entre tipo de preparo e profundidade (T x P), nota-se que, nas profundidades de 0-0,10 e 0,10-0,20 m não houve interação significativa de tipo de preparo do solo com profundidade. Nas profundidades de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m o tipo de preparo de solo no sistema de cultivo mínimo (SCM) apresentou o melhor resultado, mas não diferiu estatisticamente do sistema de preparo convencional (SPC). Além disso, nas profundidades de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m o tipo de preparo de solo no sistema plantio direto (SPD) apresentou o pior resultado em comparação aos outros tipos de cultivos.

**Tabela 4.** Desdobramento da interação entre Tipos de preparo e Profundidade do solo (T x P) para a variável Resistência a Penetração (RP).

Profundidade (m)	RP (%)		
	SPD	SCM	SPC
0 – 0,10	1,68 Ab	1,68 Ab	1,76 Aa
0,10 – 0,20	2,03 Aa	1,75 Aab	1,99 Aa
0,20 – 0,30	1,54 Bb	1,86 Aab	1,75 ABa
0,30 – 0,40	1,58 Bb	2,08 Aa	1,91 Aa

Letras maiúsculas iguais na linha não se diferenciam entre si em relação ao tipo de preparo de solo pelo teste de Tukey a 5%. Letras minúsculas iguais na coluna não se diferenciam entre si em relação a profundidade pelo teste de Tukey a 5%.

No desdobramento da interação em relação aos tipos de cultivo, para o sistema de plantio direto (SPD) a profundidade de 0,10-0,20 m apresentou o maior resultado, diferindo das demais profundidades. Já no sistema de cultivo mínimo (SCM), a profundidade do solo de 0,30-0,40 m apresentou o maior valor de relação a resistência a penetração, mas não diferiu das profundidades de 0,10-0,20, 0,20-0,30 m. E, no sistema de plantio convencional (SPC) não houve interação significativa em relação as profundidades estudadas.

Segundo Beutler et al. (2001), a resistência mecânica do solo à penetração aumenta com a compactação do solo, restringindo o crescimento radicular das culturas. Em concordância, Andrade Neto et al. (2010) enfatizam o grande potencial das raízes de crotalária, em melhorar a porosidade, aeração e infiltração de água no solo. Ao indicar para realizar a escarificação biológica no solo, sugerem que este gênero vegetal contribui para beneficiar o acesso das raízes

de sorgo aos poros do solo. Ressaltam também outros aspectos positivos, tais como: maior altura no sorgo quando consorciado, crescimento inicial da crotalária mais lento e controle de nematoides formadores de galhas (ANDRADE NETO et al., 2010).

11

#### 4. CONCLUSÃO

No sistema de preparo de solo na cultura do sorgo consorciado com crotalária, observou-se que, as características físicas do solo: densidade do solo (DS), umidade gravimétrica (UG) e resistência a penetração (RP) foram beneficiadas. O sistema de plantio direto (SPD) apresentou os menores valores de resistência a penetração nas camadas de 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m.

#### REFERÊNCIAS

- ANDRADE NETO, R.C. et al. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.2, p.124–130, 2010.
- BEUTLER, A. N. et al. Resistência à penetração, permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na Região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p; 167-177, 2001.
- BARROS, J.C. **Qualidade física do solo sob diferentes usos**. 2020. 50f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) - Instituto Federal Goiano, Rio Verde-GO.
- CARNEIRO, K. A. A. et al. Influência da compactação do solo no crescimento de milho (*Zea mays L.*) em latossolo vermelho-amarelo. **Colloquium Agrariae**, n. 4, v. 14, p. 88-98, 2018.
- CUNHA, N. G.; DA COSTA, F. A. **Solos da Estação Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado**. 2013.
- DONAGEMMA, G. K. et al. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. **Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, 2017. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).
- GOMES, D. S. et al. Weed suppression by sunn hemp and sorghum cover crop. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 9, p. 206-213, 2014.
- MOLIN, J. P. et al. Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 584- 590, 2012.
- MOTTIN, M. C. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5a ed. EMBRAPA, Brasília, 2018. pp. 117-120. ISBN 978-85-7035-817-2.
- SANTOS, G. G. et al. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um latossolo vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.115-122, 2018.

SANTOS, H. D. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed., ver. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 355 p.

SILVA, K. C. et al. Produtividade de sorgo consorciado com crotalaria em plantio direto no Cerrado-Productivity of sorghum intercropped with crotalaria under no-tillage in cerrado. **Científica Multidisciplinary Journal**, v. 4, n. 1, p. 76-81, 2017.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Cerrado Correção e Adubação. **Embrapa**. 2004.

SOUZA, J. F. D. et al. Compactação do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta após cinco anos de implantação e uso. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 3, p. 348-353, 2020.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos. 2017. 573p.