

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

OTÁVIO SILVA TROMBIM

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NA CULTURA DE SORGO EM DIFERENTES
SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO**

CHAPADÃO DO SUL-MS
2024

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

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NA CULTURA DE SORGO EM DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO

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



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTOR: **OTÁVIO SILVA TROMBIM.**

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^a. Agr^a. 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 12:00, 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 15:15, 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 17:44, 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 https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5222747** e o código CRC **DBE32F05**.

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

Câmpus de Chapadão do Sul - Rod MS 306, Km 105, Caixa

Postal 112Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000644/2024-31
5222747

SEI nº

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a minha família,
a Deus e a todos meus amigos.*

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer meus pais Solange e Paulo, meus irmãos João Victor e Vinícius que mesmo de longe me apoiaram, me incentivaram e me deram forças para acabar a faculdade.

Gostaria de agradecer a Deus por ter dado essa oportunidade de estudar em uma Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e por realizar essa conquista muito importante na minha vida.

Agradeço todos meus amigos que fiz durante esses cinco anos de faculdade que me incentivaram, que estiveram comigo nos momentos felizes, triste e que acompanharam toda a minha trajetória até aqui e hoje estamos compartilhando essa conquista juntos.

Por fim queria agradecer a UFMS e todos os professores pelos ensinamentos e especialmente ao Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque que me orientou, me incentivou e me apoio durante todo este trabalho. E ao grupo de Estudos em Manejo e Conservação de Solos (GEMCS) que me deram todo apoio nessa reta final.

EPÍGRAFE

“Não existem atalhos para o sucesso, mas o trabalho intenso é a estrada mais curta”

Bernardino

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1.INTRODUÇÃO.....	12
2.MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
2.1 Local de Condução do Experimento.....	14
2.2 Histórico da Área.....	14
2.3 Delineamento Experimental.....	15
2.4 Plantio e Tratos Culturais.....	15
2.5 Avaliações Físicas do Solo.....	17
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.CONCLUSÃO.....	22
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura	pg
1 Precipitação e temperaturas médias durante o período de condução do experimento na safra de 2023/2023 para a cultura do sorgo fonte: INOVAGRI (2023)	14

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) e Resistência a Penetração do solo (RPS).....	18
2 Médias da análise de Umidade gravimétrica (UG) em função dos tipos de preparo do solo no sorgo	19
3 Médias da análise de Microporosidade em função dos tipos de preparo do solo no sorgo.....	19
4 Médias das análises de Densidade do solo (DS) e Umidade Gravimétrica (UG) em função das profundidades do solo.....	20
5 Médias das análises de Porosidade Total (PT) e Macroporosidade (MACRO) em função das profundidades do solo	21

RESUMO: O manejo do solo está relacionado com o desenvolvimento radicular, emergência uniforme das plântulas e com a produtividade. O conhecimento das propriedades físicas do solo pode contribuir para o entendimento do comportamento do solo (identificar solos compactados e a qualidade do solo) e das plantas. Assim, adotando o melhor manejo e aumentando a produtividade. Dessa maneira, este estudo teve como objetivo avaliar os atributos físicos do solo em diferentes sistemas de preparo na cultura de sorgo solteiro, sendo sistema de plantio convencional, sistema de plantio mínimo e sistema de plantio direto. O presente estudo foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul – MS na safra 2023. Para as avaliações foram abertas trincheiras com dimensões de 0,50 m de largura, 0,50 m de comprimento e 0,40 m de profundidade para a coleta de amostras de solo nas profundidades de 0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m, 0,20 - 0,30 m e 0,30 - 0,40 m. Em cada sistema de preparo foram feitas análises com penetrômetro digital nas profundidades de 0,60 m. Os atributos físicos do solo analisados envolveram Densidade do solo (DS), Umidade gravimétrica (UG), Porosidade total (PT), Macroporosidade (MACRO), resistência a penetração (RP) e Microporosidade (MICRO). As propriedades físicas avaliadas apresentaram variações nos três tipos de plantio. Não houve compactação significativa do solo no sistema de plantio direto, de acordo com análise do penetrômetro. Portanto, já nos sistemas de plantio convencional e mínimo apresentaram compactação significativa do solo nas profundidades de 0,10 m - 0,30m.

Palavras-chave: manejo de solo, propriedades do solo, *Sorghum bicolor* L.

PHYSICAL ATTRIBUTES OF SOIL IN SINGLE CROP SORGHUM UNDER DIFFERENT TILLAGE SYSTEMS

ABSTRACT: Soil management is related to root development, uniform seedling emergence, and productivity. Understanding the physical properties of soil can contribute to understanding soil behavior (identifying compacted soils and soil quality) and plants, thus adopting better management practices and increasing productivity. Thus, this study aimed to evaluate the physical attributes of soil in different tillage systems in single crop sorghum, including conventional tillage, minimum tillage, and no-till systems. This study was conducted in the experimental field of the Federal University of Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul Campus – MS, during the 2023 growing season. For the evaluations, trenches with dimensions of 0.50 m width, 0.50 m length, and 0.40 m depth were opened to collect soil samples at depths of 0 - 0.10 m, 0.10 - 0.20 m, 0.20 - 0.30 m, and 0.30 - 0.40 m. In each tillage system, analyses were performed with a digital penetrometer at depths of 0.60 m. The analyzed soil physical attributes included Soil Bulk Density (BD), Gravimetric Moisture Content (GMC), Total Porosity (TP), Macroporosity (MP), Penetration Resistance (PR), and Microporosity (MIP). The evaluated physical properties showed variations among the three types of tillage. There was no significant soil compaction in the no-till system, according to penetrometer analysis. However, the conventional and minimum tillage systems showed significant soil compaction at depths of 0.10 m - 0.30 m.

Keywords: soil management, soil properties, Sorghum bicolor L.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos grandes exportadores de grãos do mundo e o sorgo vive um momento de evolução no Brasil, sendo o quinto cereal mais produzido no mundo. O Sorgo (*Sorghum bicolor*) é uma gramínea de origem tropical, cujo centro de dispersão abrange a África e partes da Ásia. Conforme dados fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) referentes à safra de sorgo 2023/2024, o Brasil apresenta uma área cultivada de 1.541,2 milhões de hectares, com produção totalizando 4.760,7 milhões toneladas e uma produtividade média de 3.089 kg ha⁻¹ (CONAB, 2024). Devido aos desafios das condições climáticas que afetem o plantio do milho safrinha e por essa cultura apresentar um potencial produtivo, uma boa capacidade de suportar o estresse hídrico e com um aumento da demanda tanto do mercado interno quanto das exportações estão previstas um aumento de até 20% na área de cultivo de sorgo até 2026 fazendo o Brasil, torna-se o terceiro maior produtor mundial deste grão (WILLIAN SAWA, 2023).

O manejo adequado é muito importante para conseguir altas produtividades, manter a saúde do solo e favorecer o crescimento das plantas. A densidade ideal para um solo descompactado é 1,1 e 1,6 g/cm³ promovendo a aeração e a infiltração de água, já um solo com uma alta porosidade permite melhor circulação de ar e água sendo fundamental para o desenvolvimento das raízes, o solo ideal apresenta uma porosidade acima de 30% por fim, a alta resistência a penetração do solo dificultam o crescimento radicular, onde valores acima de 2Mpa indicam uma compactação que pode ser prejudicial.

O manejo inadequado do solo pode trazer vários fatores negativos, como a presença de camadas compactadas e conseqüentemente pode causar a redução do crescimento radicular, diminuindo a produtividade. Assim o conhecimento das propriedades físicas do solo, entre eles a porosidade (PT), a densidade do solo (DS) e a resistência do solo a penetração (RP) são de extrema importância, visando a recomendação adequada de manejo e tem sido utilizada para avaliar a compactação. Portanto, um ambiente físico favorável é essencial e de fundamental importância para o crescimento e desenvolvimento radicular, visando maximizar a produtividades das culturas implantadas (MOTTIN et al,2018).

A densidade, a porosidade e a resistência à penetração influenciam diretamente no crescimento e desenvolvimento das culturas, sendo indicadores de qualidade física (ARCORVERDE,2022). As alterações nesses atributos podem limitar o crescimento e o volume explorado da raiz (COLOMBI et al.,2018). Reduzir água e absorção de nutrientes (VALADÃO et al.,2017). Assim sendo, a densidade e a porosidade do solo são indicadores

do impacto dos estresses causados pelos métodos de preparo e pelo tráfego de máquinas área (KAY & ANGERS, 2000).

Diferentes operações de preparo de solo podem alterar as propriedades físicas do solo, sendo elas a densidade do solo a porosidade e a resistência do solo à penetração das raízes. Essas alterações podem afetar a distribuição, a quantidade e a morfologia das raízes, com reflexo no crescimento da parte aérea das plantas (KLEPER & ANGHINONI et al., 1999). O uso dos diferentes sistemas de manejo ou uso do solo proporciona principalmente alterações na estrutura do solo (TAVARES FILHO & TESSIER et al., 2010). Ao final de tal aspecto pode estar associado à formação de camadas compactadas (LIMA et al., 2013).

O cultivo convencional é realizado com o revolvimento da área total do solo, onde são realizadas duas arações e uma gradagem. Já o cultivo mínimo promove o uso da grade niveladora. A escarificação do solo tem sido indicada e empregada para solos que apresentam compactação, gerando benefícios imediatos com a ruptura das camadas adensadas ou compactadas (BOTTA et al., 2006). Como redução da densidade, aumento da rugosidade superficial, condutividade hidráulica, e taxa de infiltração no solo (CAMAR & KLEIN et al., 2005). E por fim o cultivo direto é realizado sem a necessidade do revolvimento do solo, o sistema de plantio direto tem provocado a compactação superficial do solo, devido ao tráfego de máquinas e ao não revolvimento do solo (BEUTLER et al., 2001), (TAVARES FILHO et al., 2011), resultando no aumento da resistência mecânica do solo e na redução da macroporosidade (STRECK et al., 2004). Contudo esse trabalho tem o objetivo de avaliar a propriedade física do solo em diferentes sistemas de preparo na cultura de sorgo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de condução do experimento

O estudo foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul - MS, ($18^{\circ}46'17,7''S$, $52^{\circ}37'27,7''W$ e altitude de 813 m, na segunda safra de 2023. O clima da região, de acordo com a classificação de Koppen, é do tipo tropical úmido (Aw), com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com precipitação média anual de 1.850 mm e umidade relativa média anual de 64,8%, apresentando uma temperatura média anual variando de $13^{\circ}C$ a $28^{\circ}C$. O solo na região foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa (SANTOS et al., 2018).

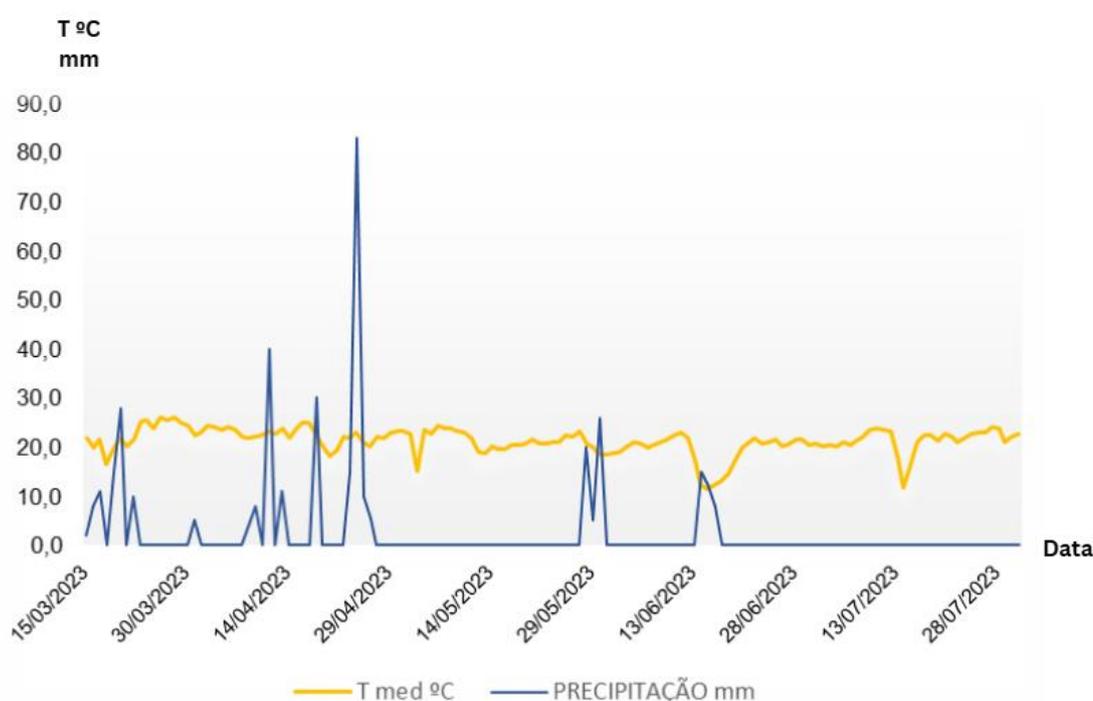


Figura1. Precipitação e temperaturas médias durante o período de condução do experimento na safra de 2023/2023 para a cultura do sorgo (INOVAGRI, 2023).

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 solteiro.

2.3 Delineamento experimental

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 m, 0,10 - 0,20 m, 0,20 - 0,30 m, 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 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⁻¹ de semente, inseticida Fipronil para lagartas e vaquinhas na dose de 200 mL 100 kg⁻¹ de semente e fungicida Carboxina + Tiram para controle de fungos patogênicos na dose de 300 mL 100 kg⁻¹ de semente.

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 (CaCl₂), Ca, Mg, Al, H + Al, K₁ (K em cmol_c dm⁻³), K (K em mg dm⁻³), P (meh⁻¹), M.O, C-Org, Cu, Fe, Mn e Zn.

A dose de adubo utilizada foi de 313 kg ha⁻¹ 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 e LOBATO 2004). Posteriormente, foi realizada adubação de ureia a lanço na dose de 200 kg ha⁻¹ 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-aplique) na dose de 1,2 L ha⁻¹, atendendo os requisitos para a utilização da tecnologia igrowth®. Foi realizada a aplicação do herbicida Atrazina na dose 1,5 L ha⁻¹ 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⁻¹ para controle de lagartas, pulgão e percevejo; Teflubenzuron na dose de 240 mL ha⁻¹ para controle de lagartas; Clorfenapir na dose de 750 mL ha⁻¹ para controle de lagartas e pulgão e Alfa-cipermetrina + Teflubenzuron na dose de 500 mL ha⁻¹ para controle lagartas. Para controle de doenças (antracnose, turcicum e mela principalmente) foi utilizado o fungicida Trifloxistrobina + Tebuconazol na dose de 0,6L ha⁻¹. Todas as aplicações foram feitas com a utilização de adjuvante composto por 60 g L⁻¹ de óleo da casca da laranja na dose de 0,15 L ha⁻¹.

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⁻¹), Fósforo (P₂O₅) 8,0% (104,0 g L⁻¹), Potássio (K₂O) 5,0% (65,0 g L⁻¹), Cálcio (Ca) 0,5% (6,5 g L⁻¹), Magnésio (Mg) 0,6% (7,8 g L⁻¹), Boro (B) 0,4% (5,2 g L⁻¹), Cobre (Cu) 0,2% (2,6 g L⁻¹), Manganês (Mn) 0,5% (6,5 g L⁻¹) e Zinco (Zn) 1,0% (13,0 g L⁻¹).

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), resistência a penetração (RP).

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:

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

Onde:

P_t – Porosidade total, em m³ m⁻³.

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 m³. 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 de erro.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a análise de variância (Tabela 1) observa-se que o tipo de preparo foi significativo para as variáveis UG e Micro. Já para a profundidade foi significativo para as variáveis DS, UG, PT e Macro. Por fim, a interação entre o tipo de preparo (T) e profundidade (P) não foi significativa para todos os atributos físicos do solo.

Tabela 1. Síntese da análise de variância para 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. ¹	DS	UG	PT	Micro	Macro	RPS
		g cm ⁻³	-----%-----				MPa
BLOCO		0,072	10,54	33,77	384,05	251,16	1,57
Tipo de Preparo (T)	2	0,019 ^{ns}	114,21*	16,26 ^{ns}	239,29*	45,02 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Profundidade (P)	3	0,125*	50,09*	43,94*	37,95 ^{ns}	79,88*	0,57 ^{ns}
T x P	6	0,030 ^{ns}	4,58 ^{ns}	48,05 ^{ns}	110,48 ^{ns}	106,34 ^{ns}	1,64 ^{ns}
Erro	31	0,245	48,07	481,65	800,19	234,84	6,63
CV (%)	-	5,54	6,24	5,77	14,03	65,69	26,54
Média	-	1,60	19,96	41,19	36,20	4,19	1,74

¹Graus de liberdade. * significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade.

A Tabela 2 apresenta a média da análise UG em função dos três tipos de preparo do solo. Contudo pode-se observar que o SPD expressou a melhor média e diferiu dos demais tipos de preparo, já o SPC apresentou a menor média e não diferiu estatisticamente do SPM.

No entanto, deve-se considerar que a resistência do solo à penetração possui relação potencial com a umidade do solo (BUSSCHER et al., 1997). Neste trabalho observou-se que o sistema de plantio direto (SPD) apresenta o maior valor de umidade gravimétrica, mostrando o benefício que esse sistema traz para o solo, onde os valores elevados de água na camada superficial do solo na presença de cobertura vegetal sob plantio direto podem contribuir para a obtenção de menores valores de resistência do solo à penetração (PEDROTTI, PAULETTI E CRESTANA., 2001).

Tabela 2. Médias da análise de Umidade Gravimétrica (UG) em função dos tipos de preparo do solo no sorgo.

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

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey. (SPD) – sistema de plantio direto; (SPM) – sistema de preparo mínimo; (SPC) – sistema de preparo convencional.

A Tabela 3 apresenta as médias da análise de MICRO em função dos sistemas de preparo do solo, onde o (SPD) obteve a maior média em porcentagem não diferindo do (SPM) e diferiu do sistema de preparo convencional (SPC) no qual teve o menor resultado, já o sistema de preparo mínimo (SPM) não diferiu de nenhum dos sistemas. Observamos neste trabalho que a microporosidade obteve melhor média no sistema de plantio direto, apesar de alguns trabalhos evidenciarem que a microporosidade é pouco influenciada pelos efeitos de manejo do solo segundo (SILVA & KAY et al.,1997).

Tabela 3. Médias da análise de Microporosidade (MICRO) em função dos tipos de preparo do solo no sorgo.

Tipo de preparo	MICRO
-	%
SPD	38,40 a
SPM	37,18 ab
SPC	33,15 b

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey. (SPD) – sistema de plantio direto; (SPM) – sistema de preparo mínimo; (SPC) – sistema de preparo convencional.

A Tabela 4 apresenta as médias das análises de DS e UG em diferentes profundidades. A DS na profundidade de 0 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m apresentaram o maior valor, não diferindo estatisticamente das profundidades 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m e para a profundidade de 0,30 – 0,40 apresentou o menor valor não diferindo da profundidade 0,20 – 0,30 m, mas diferiu das demais profundidades.

Já a UG para a profundidade 0 – 0,10 m apresentou a maior média em porcentagem diferindo das demais profundidades e a profundidade 0,30 – 0,40 m teve a menor média não diferindo da profundidade 0,20 – 0,30 m, pode-se observar uma redução nas médias da umidade conforme aumenta a profundidade do solo.

Tabela 4. Médias das análises de Densidade do solo (DS) e Umidade gravimétrica (UG) em função da profundidade do solo.

Profundidade	DS	UG
(m)	g cm ⁻³	%
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 de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey.

A Tabela 5 apresenta as médias das análises de Porosidade Total (PT) e macroporosidade (MACRO) em função da profundidade. A PT obteve o maior valor na profundidade 0 – 0,10 m não diferindo das profundidades 0,20 – 0,30 e 0,30 – 0,40 m e diferindo da profundidade 0,10 – 0,20 m que teve o menor valor em porcentagem.

Já a MACRO apresentou maior média na profundidade de 0,30 – 0,40 m não diferindo das profundidades 0 – 0,10 e 0,20 – 0,30 m e diferiu da profundidade 0,10 – 0,20 m de menor média. Assim, quanto maior a profundidade maior a porcentagem de macroporosidade.

Podemos analisar que a porosidade total teve maior valor na menor profundidade, sendo que a porosidade total apresenta grande relação com a compactação e a resistência à penetração do solo, as quais tendem aumentar com a redução do espaço poroso (MERCANTE, URIBE-OPAZO e SOUSA., 2023 e SECCO et al., 2005).

A macroporosidade apresenta um índice bastante útil na avaliação das modificações estruturais do solo, refletindo nas condições do solo no momento e local da amostragem do que uma condição final (DOUGLAS.,1986; Carter et al., 1988). Podemos observar que quanto maior a profundidade maior a porcentagem de macroporosidade que é uma medida diretamente relacionada com a difusão de oxigênio no solo para as raízes (GRABLE & SIEMER., 1968). A macroporosidade é reduzida com a compactação do solo (DIAS JR & PIERCE et al., 1996).

Sendo assim, essa propriedade funciona como indicadores de possíveis limitações ao crescimento radicular da cultura.

Tabela 5. Média das análises de Porosidade Total (PT) e Macroporosidade (MACRO) em função da profundidade.

Profundidade	PT	MACRO
(m)	%	%
0 – 0,10	42,72a	3,74ab
0,10 – 0,20	39,90b	2,29b
0,20 – 0,30	41,08ab	4,62ab
0,30 – 0,40	41,34ab	5,94a

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey

4.CONCLUSÃO

Podemos concluir que os atributos físicos do solo na cultura do sorgo tiveram os melhores resultados no sistema de plantio direto (SPD) onde apresentou a maior média para umidade gravimétrica (UG) e para microporosidade. Já para as profundidades do solo, a densidade do solo (DS), a porosidade total (PT) e a macroporosidade (MACRO) apresentaram os melhores resultados.

REFERÊNCIAS

ARATANI, Ricardo Garcia et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 677-687, 2009.

BOTTA, G.F.; JORAJURIA, D.; BALBUENA, R.; RESSIA, M.; FERRERO, C.; ROSSATO, H. & TOURN, M. Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Hellianthus annuus* L.) yields. **Soil Tillage Res.**, 1:164- 172, 2006.

CAMARA, R.K. & KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas do solo sob plantio direto escarificado e rendimento da soja. **C. Rural**, 35:813-819, 2005^a.

COLOMBI, T., TORRES, L.C., WATER A., & KELLER, T. (2018). Feedback between soil penetration resistance, root architecture and water uptake limit water accessibility and crop growth –A vicious circle. **Science of The Total Environment**, 626, 1026-1035. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.129>.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 11, safra 23/24. [file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/levantamento%20-%20sorgo%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/levantamento%20-%20sorgo%20(3).pdf).

CORSINI, Paulo César; FERRAUDO, Antonio Sergio. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 289-298, 1999.

DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. **Rio de Janeiro: Embrapa Solos**, 2017. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

KAY, B.D.; ANGERS, D.A. Soil structure. In: Summer, M.E. (ed). Handbook of soil science. New York: CRC Press, p.A229- A275, 2000. KIEHL, E.J. Manual de edafologia. São Paulo:

Ceres, 1979. 264p. Ferreira, R. R. M., Tavares Filho, J., & Ferreira, V. M. (2010). Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(4), 913–932.

MION, Renildo Luiz et al. Variabilidade espacial da porosidade total, umidade e resistência do solo à penetração de um Argissolo Amarelo. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, n. 6, p. 2057-2066, 2012.

MOTTIN, M. C.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; VANELLI, J.; ALVES, A. L.; RICHART, A.; FRANDOLOSO, J. F.; ANSCHAU, K. A.; FRANZISKOWSKI, M. A. Biomass Productivity and Physical Properties of the Soil after Cultivation of Cover Plant in the Autumn and Winter. *American Journal of Plant Sciences*, v. 09, p. 775-788, 2018. <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.94061>.

SANTOS, G. G.; Silveira, P. M.; Marchão, R. L.; Becquer, T.; Balbino, L. C. 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.

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

STRECK, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & KAISER, D.R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. *Ci. Rural*, 34:755-760, 2004.

TORMENA, Cássio Antonio et al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Scientia agrícola*, v. 59, p. 795-801, 2002.

VALADÃO, F.C.A., WEBER, O.L., VALADÃO JÚNIOR, D.D., SANTIN, M.F.M., SCAPINELLI, A. (2017). Teor de macronutrientes e produtividade da soja influenciados pela compactação do solo e adubação fosfatada. *Revista de Ciências Agrárias*, 40(1),183-195. <https://doi.org/10.19084/RCA15092>.