

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

MARIA EDUARDA FERREIRA NANTES

***PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO EM SORGO  
CONSORCIADO COM CROTALARIA SPECTABILIS E UROCHLOA RUZIZIENSIS***

CHAPADÃO DO SUL-MS

2026

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

***PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO EM SORGO  
CONSORCIADO COM CROTALARIA SPECTABILIS E UROCHLOA RUZIZIENSIS***

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. Drº. Cassiano Garcia Roque

CHAPADÃO DO SUL-MS

2026



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTORA: **Maria Eduarda Ferreira Nantes.**

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

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

**Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque**

Presidente da Banca Examinadora e Orientador

**Prof. Drº. Everton da Silva Neiro**

Membro da Banca Examinadora

**Me. Welen Lorraine Souza Silva**

Membro da Banca Examinadora

Chapadão do Sul, 12 de junho de 2026.

NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Cassiano Garcia Roque, Professor do Magisterio Superior**, em 12/06/2026, às 15:14, 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  
NOTA  
MÁXIMA  
NO MEC

UFMS  
É 10!!!  
UFMS  
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Everton da Silva Neiro, Professor do Magisterio Superior**, em 12/06/2026, às 15:16, 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](#).

Documento assinado eletronicamente por **welen lorraine souza silva, Usuário Externo**, em 12/06/2026, às 15:23, 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](https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **6464673** e o código CRC **2C7530AD**.

---

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

Avenida Engenheiro Douglas Ribeiro Pantaleão, nº 5167

Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

---

---

**Referência:** Processo nº 23455.000461/2026-87  
6464673

SEI nº

**DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho a Deus e a quem não me deixou desistir.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por não me desamparar em nenhum momento.

Agradeço a meus pais Wanderley e Rosania pelo esforço para me proporcionar meus estudos e consequentemente este título.

Ao meu companheiro Lucas pela paciência, amor e cuidado e por sempre me apoiar nos meus sonhos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque pela paciência e orientações neste processo.

A todo Grupo de Estudos em Manejo e Conservação de Solos (GEMCS), por cada encontro e momentos que somaram na minha trajetória, proporcionando a conclusão deste TCC.

**EPÍGRAFE**

*“A beleza das coisas existe no espírito de quem as contempla”*

*David Hume*

**SUMÁRIO**

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1.INTRODUÇÃO.....	11
2.MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
2.1 Local de Condução do Experimento.....	13
2.2 Histórico da Área.....	14
2.3 Semeadura e Tratos culturais.....	14
2.4 Delineamento Experimental.....	15
2.5 Avaliações Físicas do Solo.....	16
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.CONCLUSÃO.....	20
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

## LISTA DE FIGURAS

Figura	pg
1 Precipitação e temperaturas médias durante o período de condução do experimento na safra de 2022/2023 para a cultura do sorgo consorciado com <i>Urochloa ruziziensis</i> e <i>Crotalaria spectabilis</i> , fonte: INOVAGRI (2023).....	13

## LISTA DE TABELAS

Tabela	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).....	17
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).....	18
3 Médias da análise de Umidade gravimétrica (UG) em função dos tipos de cultivos implantados no sistema de plantio direto (SPD).....	18
4 Médias das análises de Porosidade total (PT) e Microporosidade (MICRO) em função dos tipos de cultivos implantados no plantio direto (SPD); sorgo consorciado com crotalária (SC); sorgo solteiro (SS).....	19
5 Médias das análises de Macroporosidade (MACRO) em função dos tipos de cultivos implantados nos sistema de plantio direto (SPD) em diferentes profundidades.....	20

**PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO EM SORGO  
CONSORCIADO COM *CROTALARIA SPECTABILIS* E *UROCHLOA RUZIZIENSIS***

RESUMO: O desenvolvimento adequado da cultura do sorgo, são fatores dependentes de um solo fisicamente favorável para maximizar resultados em relação a produtividade da cultura implantada. Portanto este estudo teve como objetivo avaliar a consorciação do sorgo safrinha com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* e aspectos físicos do solo em 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 de 2022/2023 (safrinha). O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados em esquema de fatorial 4x4 em sistema de plantio direto; quatro profundidades do solo: 0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m, 0,20 - 0,30 m, 0,30 - 0,40 m), totalizando 16 unidades experimentais e 4 repetições. 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. Os atributos físicos do solo analisados incluíram Densidade do solo (DS), Umidade gravimétrica (UG), Porosidade total (PT), Macroporosidade (MACRO) e Microporosidade (MICRO). As propriedades físicas avaliadas apresentaram variações entre o tipo de cultivo e as profundidades. A profundidade 0-0,10 m apresentou o maior valor de DS, indicando maior compactação na área superficial e também apresentou maior UG. O tratamento de sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* apresentou maior UG. O tratamento de sorgo solteiro apresentou maior PT, não diferindo do sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* que apresentou maior valor para MICRO. O tratamento de sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* apresentou maior valor na profundidade de 0,20 – 0,30 m para MACRO.

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

**PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL UNDER NO-TILLAGE IN SORGHUM WITH  
*CROTALARIA SPECTABILIS* AND *UROCHLOA RUZIZIENSIS* INTERCROPPING  
SYSTEMS**

**ABSTRACT:** The adequate growth and development of sorghum root systems are dependent on physically favorable soil conditions to optimize the productivity of the cultivated crops.. Therefore, this study aimed to evaluate the intercropping of second-crop sorghum with *Urochloa ruziziensis* and *Crotalaria spectabilis*, as well as the physical aspects of the soil in a no-tillage system, minimum tillage and conventional planting. The present study was conducted in the experimental field of the Federal University of Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul Campus – MS. The experiment was conducted in a randomized complete block design, arranged in a 4 × 4 factorial scheme under a no-tillage system; four soil depths: 0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m, 0,20 - 0,30 m, 0,30 - 0,40 m), totaling 16 experimental units and 4 repetitions. For 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 0.00 - 0.10 m, 0.10 - 0.20 m, 0.20 - 0.30 m, 0.30 - 0.40 m. The analyzed soil physical attributes included Soil Density (SD), Gravimetric Moisture (GM), Total Porosity (TP), Macroporosity (MACRO), and Microporosity (MICRO). The evaluated physical properties showed variations between cultivation types and depths. The depth 0;0-0,10 m presented the highest DS value, being at an acceptable level for soil compaction levels and also showed the highest UG. The sorghum treatment intercropped with *Urochloa ruziziensis* and *Crotalaria spectabilis* presented the highest UG. The sorghum treatment showed the highest PT, not differing from the sorghum intercropped with *Urochloa ruziziensis*, which presented a higher value for MICRO. The sorghum treatment intercropped with *Urochloa ruziziensis* and *Crotalaria spectabilis* showed a higher value at a depth of 0.20 - 0.30 m for MACRO.

**Keywords:** intercropping, soil management, properties of soil, *Sorghum bicolor* L.

## 1. INTRODUÇÃO

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 1.417 milhões de hectares, com produção totalizando 3.904,1 milhões toneladas e uma produtividade média de 3.074 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2024), com queda de 9% em relação à safra anterior.

Esta cultura tem ganhado destaque como uma cultura estratégica em sistemas agrícolas sustentáveis, especialmente em regiões caracterizadas por condições climáticas adversas. Sua ampla adaptabilidade, tolerância à seca e resistência a temperaturas extremas tornam possível seu cultivo em áreas semiáridas e áridas, sendo, portanto, uma alternativa viável frente às mudanças climáticas e à limitação de recursos hídricos (SILVA et al., 2014; FERREIRA et al., 2019). Além disso, sua importância se estende para os setores da alimentação humana e animal, assim como para a produção de bioenergia, consolidando-se como uma cultura de múltiplos propósitos e de alto valor econômico.

O sorgo apresenta elevado potencial produtivo quando cultivado em condições adequadas de desenvolvimento. Entretanto, a compactação do solo é um dos principais fatores capazes de comprometer o desempenho da cultura, sendo geralmente associados ao tráfego intenso e maquinário e manejo inadequado do solo. Este fator compromete a penetração das raízes no solo e consequentemente, limitando o crescimento, a absorção dos nutrientes e umidade presentes no mesmo, impactando negativamente na produtividade da cultura (MOTTIN et al., 2018; CARNEIRO et al., 2018).

As gramíneas do gênero *Urochloa*, amplamente utilizadas em sistemas integrados como lavoura-pecuária, têm mostrado grande potencial na melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Mesmo após a colheita da cultura principal, permanecem no campo, protegendo o solo e possibilitando o uso posterior para pastejo, viabilizando, assim, uma terceira safra (BATISTA et al., 2011). Já as leguminosas do gênero *Crotalaria*, como a *Crotalaria spectabilis*, são valorizadas pela sua rusticidade, tolerância ao déficit hídrico, crescimento radicular vigoroso e capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, contribuindo com a fertilidade do solo e promovendo a supressão de nematóides (CALEGARI, 2016).

O consórcio entre sorgo com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* tem sido amplamente estudado devido ao seu potencial para promover melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo em sistemas agrícolas. Essa prática integra espécies com

diferentes características funcionais, como gramíneas e leguminosas, possibilitando maior diversidade e eficiência na utilização dos recursos disponíveis. A consorciação entre leguminosas e forrageiras vem sendo cada vez mais recomendada, especialmente em sistemas conservacionistas, como o plantio direto. O cultivo em consórcio melhora o índice de cobertura vegetal, suprime plantas daninhas e reduz a exposição do solo, favorecendo a retenção de umidade e a proteção contra impactos climáticos extremos (BALBINOT JUNIOR et al., 2017). Além disso, segundo Horvathy, N. (2012). [...] “o plantio em entrelinhas permite o crescimento simultâneo das espécies sem competição agressiva, a descompactação do solo e otimização da produção de grãos e de biomassa na entressafra.”

O sistema de manejo do solo de plantio direto influencia diretamente o comportamento das culturas consorciadas, interferindo na umidade do solo, na estrutura e na decomposição da palhada. No SPD, observa-se uma tendência de manutenção da umidade superficial e maior estabilidade dos agregados do solo, o que favorece a conservação da palhada e o desenvolvimento radicular (GUIMARÃES et al., 2019).

A decomposição das plantas de cobertura, que varia conforme o sistema de manejo adotado, impacta a ciclagem de nutrientes e a retenção de matéria orgânica no solo. Além disso, o acúmulo de biomassa e a disponibilização de nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, estão relacionados às interações entre as espécies consorciadas e as condições ambientais proporcionadas pelo sistema de cultivo (SOUZA et al., 2022; COSTA et al., 2020).

Alterações nos atributos físicos do solo podem afetar diretamente o desenvolvimento das culturas, interferindo na infiltração e no fluxo de água no solo (ZAMBRANA et al., 2010), na taxa de crescimento (KIRNAK et al., 2016) e na produção de gramíneas (ARCOVERDE et al., 2022). Dessa forma, a avaliação de atributos físicos do solo como densidade, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, torna-se fundamental para caracterizar a qualidade física e identificação de possíveis limitações ao crescimento (KAY & ANGERS, 2000; ARCOVERDE, 2022; COLOMBI et al., 2018). Assim, compreender o comportamento do solo em função de diferentes sistemas de cultivo torna-se essencial para garantir a sustentabilidade agrícola e o uso racional dos recursos naturais.

Considerando a importância tanto econômica quanto estratégica do sorgo e o aumento crescente em sua demanda, com adaptabilidade a diferentes tipos de manejo do solo. Torna-se a hipótese desse trabalho estudar os efeitos da consorciação do sorgo granífero com *Urochloa*

ruzizensis e *Crotalaria spectabilis* sobre os atributos físicos do solo em sistema de plantio direto. Visando que tais consórcios promoverão melhorias na estrutura física do solo, refletidas em melhores índices de porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade e umidade gravimétrica, conforme evidenciado em literatura.

Portanto objetivou-se avaliar a consorciação do sorgo granífero com *Urochloa ruzizensis* e *Crotalaria spectabilis* e seus aspectos nas propriedades físicas do solo em sistema de plantio direto.

## 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).

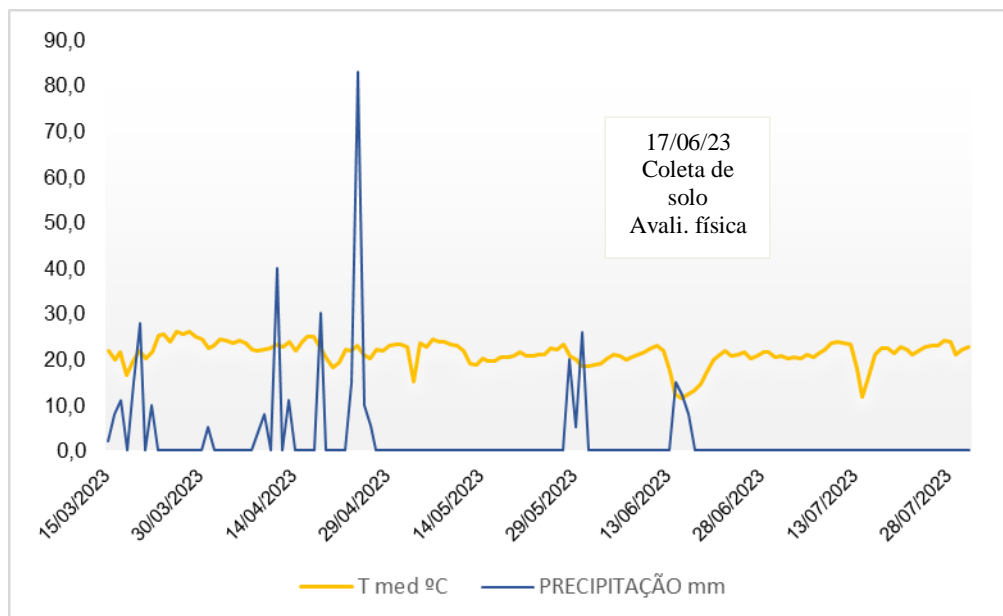


Figura 1. Precipitação e temperaturas médias durante o período de condução do experimento na safra de 2022/2023 para a cultura do sorgo consorciado com *Urochloa ruzizensis* e *Crotalaria spectabilis*, fonte: INOVAGRI (2023).

Os períodos chuvosos foram significativos para a cultura do sorgo (371,5mm de precipitação total) no período de 15 de março de 2023 até 16 de junho de 2023. O que

influenciou de forma positiva o desenvolvimento da cultura, considerando a boa disposição hídrica. É importante salientar que a coleta de solo, feita no dia 17/06/2023 ocorreu apenas dois dias após um dia chuvoso, o qual foi apontado no gráfico e que por sua vez, teve incidência sobre os resultados observados.

## 2.2 Histórico da área

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-semeadura 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 milho 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 para os tratamentos do sorgo solteiro, sorgo consorciado com crotalária, com urochloa e com ambas simultaneamente.

O sorgo foi implantado em três faixas de preparo sendo: preparo convencional – uma aração (grade aradora KLR GAC 270 1426 com 14 discos de 26") e duas niveladas (grade niveladora TATU CNL 32 discos de 18"); preparo mínimo - uma nivelada (grade niveladora TATU CNL 32 discos de 18"); e plantio direto – sem revolvimento do solo (realizou-se uma dessecação com Glifosato + Verdict).

## 2.3 Semeadura 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. Foi semeado 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.

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 a semeadura 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, K<sub>1</sub> (K em cmolc 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;LOBATO, 2004). Posteriormente, foi realizada a adubação de uréia 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-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>).

## **2.4 Delineamento experimental**

Delineamento em blocos casualizados no esquema fatorial 4x4, em quatro profundidades no solo: 0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m, 0,20 - 0,30 m, 0,30 - 0,40 m), totalizando 16 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.

## 2.5 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:

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

Onde:

P<sub>t</sub> – 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).

Foram coletadas amostras deformadas do solo para determinação da umidade gravimétrica (UG) 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

Na análise de variância (Tabela 1) é possível notar que os tipos de cultivo foram

significativos para as variáveis UG, PT e MICRO. A profundidade foi significativa para as variáveis DS e UG. A interação foi significativa para variável MACRO. Tabela 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).

Fontes de variação		DS	UG	PT	Micro	Macro
G.L. <sup>1</sup>		g cm <sup>-3</sup>	----- % -----			
BLOCO	G.L. <sup>1</sup>	0,0039	13,002	17,62	13,96	4,11
Tipo de Cultivo(C)	3	0,0040 <sup>ns</sup>	4,92*	81,0*	133,45*	11,06 <sup>ns</sup>
Profundidade (P)	3	0,0512*	31,42*	1,42 <sup>ns</sup>	13,39 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>
C x P	9	0,0056 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	10,96 <sup>ns</sup>	6,47 <sup>ns</sup>	10,47*
Erro	47	-	-	-	-	-
CV (%)	-	4,54	4,53	6,83	6,94	21,5
Média	-	1,59	21,61	45,35	36,26	9,83

<sup>1</sup>Graus de liberdade. \* significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F ao nível 5% de probabilidade.

A Tabela 2 apresenta as médias das análises de DS e UG em função da profundidade no sistema de plantio direto durante a segunda safra. A densidade do solo na profundidade de 0,30 - 0,40 m possui a menor média, não diferindo estatisticamente da profundidade de 0,20 - 0,30m, mas diferindo das demais. A densidade na profundidade de 0-0,10m foi a que apresentou maior nível, considerando incidência das chuvas e adensamento da camada superficial, mas não difere estatisticamente da profundidade de 0,10-0,20m.

Os resultados observados apontam níveis significativamente altos de DS considerando que, para o latossolo argiloso, uma faixa considerada crítica de compactação seria entre os valores de 1,40 e 1,50g cm<sup>-3</sup> para (GENRO JUNIOR et al.,2009). Sendo assim a penetração e crescimento das raízes sofrem influência, mesmo com o menor valor encontrado. A coleta do solo ser realizada apenas dois dias após um dia chuvoso, também pode ser considerado um fator importante, considerando o método de coleta utilizado.

Com o uso do sistema de plantio direto, há maior deposição de matéria orgânica na superfície do solo, que por sua vez, assim aumentando o teor de matéria orgânica no solo reduz-se a densidade do solo, quer pelo efeito positivo na estabilidade estrutural do solo, quer pelo fato do material orgânico apresentar baixa densidade, menor do que os sólidos minerais do solo (ARAGÓN et al., 2000).

Tabela 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).

Profundidade (m)	DS g cm <sup>-3</sup> .	UG %
0 – 0,10	1,65a	23,67a
0,10 – 0,20	1,62ab	21,32b
0,20 – 0,30	1,57bc	20,81b
0,30 – 0,40	1,52c	20,65b

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

A UG na profundidade de 0,0 – 0,10 m apresentou a maior média em porcentagem diferindo das demais, além disso, houve redução nas médias de umidade conforme aumento da profundidade do solo (Tabela 2).

Em detrimento da coleta de solo ter sido realizada dois dias após dia de chuva, fez com que a superfície tivesse maior porcentagem de umidade. Porém a incidência da radiação e a propagação do calor ocorrem, primeiramente, nas camadas superficiais, logo estas tendem a ter seu teor de umidade reduzido de forma mais rápida, em comparação com as camadas mais profundas, sofrendo com o processo de evaporação. (LORENZETTI et al, 2023).

A Tabela 3 apresenta as médias da análise da UG em função dos tipos de cultivos implantados no sistema de plantio direto na segunda safra, onde o cultivo de sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria sp-ectabilis* expressou a maior média em porcentagem da UG não diferindo do sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e do consórcio de sorgo com *Crotalaria spectabilis*. O sorgo solteiro apresentou a menor média e não diferiu estatisticamente do sorgo consorciado com *Crotalaria spectabilis*. Tabela 3. Médias da análise de umidade gravimétrica (UG) em função dos tipos de cultivos implantados no sistema de plantio direto (SPD).

Tipo de Cultivo	UG
-	%
SBC	22,11a
SB	22,05a
SC	21,29ab
SS	21,0b

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey. (SBC)- sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* (braquiária) e crotalária; (SB) sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* (braquiária); (SC)- sorgo consorciado com crotalária; (SS)- sorgo solteiro.

A existência da camada protetora com cobertura pode evitar perdas de umidade no solo, uma vez que reduz a evaporação da água permitindo a sua retenção e assim proporcionando um melhor manejo das culturas em períodos com escassez de chuvas e elevadas temperaturas (MASSAD et al., 2014). Isso se dá pelo fato de que a cobertura do solo exerce influência na temperatura do solo (aquecimento e resfriamento), impactando diretamente no teor de umidade. Desta forma, torna-se crucial monitorar as flutuações de temperatura uma vez que estas têm efeitos diretos no desenvolvimento das plantas (PAIVA; ARAÚJO, 2012).

A Tabela 4 apresenta as médias das análises de PT e MICRO em função dos tipos de cultivos implantados no sistema de plantio direto na segunda safra. O sorgo solteiro apresentou a maior PT não diferindo do consórcio de sorgo com *Urochloa ruziziensis*. O sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* apresentou a menor média de microporosidade diferindo estatisticamente dos demais.

Um solo pode ser classificado como ideal quando apresenta 50% de volumes sólidos, os quais devem estar divididos em 45% de matéria mineral e 5% de matéria orgânica (KIEHL, 1979). Além disso, um solo ideal deve apresentar 50% de volume de poros totais que na capacidade de campo teria 33,5% ocupado pela água e 16,5% ocupado pelo ar (CAMARGO & ALLEONI, 1997). Portanto os resultados observados sugerem que, os valores obtidos no solo estudado, são muito próximos dos níveis de solo considerado ideal. Tabela 4. Médias das análises de Porosidade total (PT) e Microporosidade (MICRO) em função dos tipos de cultivos implantados no plantio direto (SPD); Sorgo consorciado com crotalária (SC); Sorgo solteiro (SS).

Tipo de Cultivo	PT	MICRO
-	%	%
SS	47,51a	38,40a
SB	46,79ab	38,72a
SC	44,53bc	35,35b
SBC	42,56c	32,58c

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey. (SS)- sorgo solteiro ; (SB) sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* (braquiária); (SC)- sorgo consorciado com crotalária; (SBC)- sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* (braquiária) e crotalária.

Na Tabela 5, os cultivos de sorgo solteiro e o sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* apresentaram maior porcentagem de macroporosidade na profundidade de 0,20 - 0,30 m não

diferindo das demais profundidades. O sorgo consorciado com *Crotalaria spectabilis* apresentou maior macroporosidade na profundidade de 0,10 - 0,20 m não diferindo das demais profundidades. O consórcio de sorgo com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* apresentou maior porcentagem de macroporosidade na profundidade de 0,20 - 0,30 m diferindo da profundidade de 0,10 - 0,20 m que apresentou menor macroporosidade. Tabela 5. Médias das análises de Macroporosidade (MACRO) em função dos tipos de cultivos implantados no sistema de plantio direto (SPD) em diferentes profundidades.

Profundidade (m)	SS	SB	SC	SBC
	-----%-----			
0 – 0,10	8,09aA	9,92aA	10,22aA	9,21aB
0,10 – 0,20	10,59aB	9,81aB	11,84aA	7,68bB
0,20 – 0,30	11,99aB	11,40aB	8,11aB	12,25aA
0,30 – 0,40	8,49aA	8,70aA	9,84aA	9,19aB

\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (SS)- sorgo solteiro; (SB) sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* (braquiária); (SC)- sorgo consorciado com crotalária; (SBC)- sorgo consorciado com *Urochloa ruziziensis* (braquiária) e crotalária.

Para as profundidades de 0 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m o sorgo consorciado com *Crotalaria spectabilis* apresentou maior porcentagem de macroporosidade diferindo do consórcio de sorgo com *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis*. Na profundidade de 0,20 - 0,30 m o sorgo solteiro apresentou maior macroporosidade não diferindo dos outros cultivos. Para a profundidade de 0,30 - 0,40 m o consórcio de sorgo com *Crotalaria spectabilis* apresentou a maior macroporosidade não diferindo dos demais cultivos (Tabela 5).

A inclusão de forrageiras em sistemas de cultivos de grãos e/ou florestas altera as propriedades físicas solo, promovendo mudanças na sua qualidade, principalmente aumentando a estabilidade dos agregados, o que resulta em aumento da macroporosidade do solo e capacidade de infiltração (SEIDEL ET AL,2014).

#### 4 CONCLUSÃO

DS foi maior nas camadas mais superficiais;

Para Umidade Gravimétrica, o consórcio *Urochloa ruziziensis* e *Crotalaria spectabilis* tem melhores resultados que o sorgo solteiro;

Em Porosidade Total o Sorgo Solteiro tem maiores médias;

Consórcio SB se destaca na Microporosidade;

Profundidade de 0,20-0,30m foi a de melhor desempenho para Macroporosidade, com consórcio SBC sendo o melhor.

O consórcio simultâneo das duas coberturas não se mostra vantajoso quando aplicado na região de pesquisa.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÓN, A.; GARCIA, M. G.; FILGUEIRA, R. R.; PACHEPSKY, Y. A. Maximum compactibility of Argentine soils from the Proctor test: the relationship with organic carbon and water content. **Soil and Tillage Research**, v. 56, n. 3, p. 197-204, 2000.

ARCOVERDE, S.N.S., SOUZA, C.M.A., ARMANDO, E.J., & ARAÚJO, A.L.F (2022). Soil physical attributes and agronomic characteristics relationships of soybean in no-tillage.

**Revista Engenharia na Agricultura**, 30 (continua), 97-110.

<https://doi.org/10.13083/reveng.v30i1.13469>

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

<http://dx.doi.org/10.32404/rean.v6i1.2761>

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; YOKOYAMA, A.H.

Contribution of roots and shoots of Brachiaria species to soybean performance in succession.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, p.592-598, 2017.

BATISTA, K. et al. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46, 1154- 1160, 2011.

BHATTARAI, B.; SINGH, S.; WEST, C. P.; RITCHIE, G. L.; TROSTLE, C. L. Water depletion pattern and water use efficiency of forage sorghum, pearl millet, and corn under water limiting condition. **Agricultural Water Management**, v. 238, n. 1, article 106213, 2020.

CALEGARI, A. **Manual Técnico de Plantas de Cobertura**. Curitiba: IAPAR, 2016. 32 p.  
CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e o Desenvolvimento das Plantas.

**São Paulo: Divisão de biblioteca e documentação - ESALQ/USP**, 1997. 132 p.

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.

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>

Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra de sorgo granífero**, Brasília, v. 11 – Safra 2023/24, n. 12- Décimo segundo levantamento, p. 1-107.

Setembro, 2024. COSTA, N. R. et al. Manejo de cobertura do solo com consórcios de plantas na produção de sorgo forrageiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 101–110, 2020.

DONAGEMA, 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).

FERREIRA, L. L., SOUZA, B. R., PEREIRA, A. I. A., CURVÊLO, C. R. S., FERNANDES, C. S., DIAS, N. S., & NASCIMENTO, E. K. Á. (2019). Bioestimulante e nitrogênio de liberação gradual no desempenho do sorgo. **Nativa**, 7(4), 330-335. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i4.6656>

GENRO JUNIOR, S. A.; REIRNET, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A. 2009.

Physical properties of an Oxisol and crops yield under succession and rotation. **Ciência Rural**, 39: 65–73.

GUIMARÃES, C. M. et al. Influência de consórcios forrageiros na qualidade física do solo sob plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, n. 1, p. 1–9, 2019.

HORVATHY NETO, A.; SILVA, A.G.; TEIXEIRA, I.R.; SIMON, G.A.; ASSIS, R.L.; ROCHA, V.S. Consórcio sorgo e braquiária para produção de grãos e biomassa na entressafra. **Agrária**, v. 7, p. 743-749, 2012 (Suplemento).

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.

KIRNAK, H., GOKALP, Z., DOGAN, E., & ÇOPUR, O. (2016). Effects of irrigation, soil compaction and fertilization treatments on physiological –vegetative characteristics and root development of soybean. **Legume Research**, 39(1), 52-60.

<http://dx.doi.org/10.18805/lr.v39i1.8864>

KLEIN, V. A. Física do solo. **Passo Fundo**: Ediupf, 2008.

LORENZETTI, J.G; RODRIGUES, M.A; SOARES, A.P; VIEIRA. Densidade de plantas e os efeitos nas características agrônômicas, temperatura e umidade do solo em consórcio milho-braquiária. **Nativa, Sinop**, v.11, n. 1, p. 101-107, 2023. DOI:

<https://doi.org/10.31413/nativa.v11i1.14024>

MAPA. Ministério da Agricultura. Pecuária e Abastecimento (2020) **Agrofit - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília.

MARTIN-GUAY, M. O.; PAQUETTE, A.; DUPRAS, J.; RIVEST, D. The new Green Revolution: sustainable intensification of agriculture by intercropping. **Science of the Total Environment**, v. 615, n. 1, p. 767-772, 2018.

MASSAD, M. D.; OLIVEIRA, F. L.; FÁVERO, C.; DUTRA, T. R.; QUARESMA, M. A. L. Desempenho de milho verde em sucessão a adubação verde com crotalária, submetido a doses crescentes de esterco bovino, na caatinga mineira. **Magistra**, v. 26, n. 3, p. 326-336, 2014.

MATEUS, P. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F DA S. Adubação nitrogenada de sorgo granífero consorciado com capim em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 46, n. 10, p. 1161-1169, 2011.

MENEZES, R. S. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de plantas de cobertura em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 47, e0230003, 2023.

MINGOTTE, F. L. C.; JARDIM, C. A.; AMARAL, C. B.; COELHO, A. P.; MORELLO, O. F.; LEAL, F. T.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Maize yield under *Urochloa ruziziensis* intercropping and previous crop nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 2, p. 1681-1690, 2021.

MINGOTTE, F. L. C.; JARDIM, C. A.; YADA, M. M.; AMARAL, C. B.; CHIAMOLERA, T. P. L. C.; COELHO, A. P.; LEMOS, L. B.; FORNASIERI FILHO, D. Impact of crop management and no-tillage system on grain and straw yield of maize crop. **Cereal Research Communications**, v. 48, n. 3, p. 399-407, 2020.

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.; SEIDEL, E. P.; FEY, E.; VANELLI, J.; ALVES, A. L.; RICHART, A.; SANTOS, H.G., JACOMINE, P.K.T., ANJOS, L.H.C., OLIVEIRA, V.A., LUMBRERAS, J.F., COELHO, 389 M.R., CUNHA, T.J.F. 2018. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, 5a ed. EMBRAPA, Brasília, pp. 117-120. ISBN 978-85-7035-817-2.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. C. Sistema Santa Brígida - Tecnologia Embrapa: consorciação de milho com leguminosas. **Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão**, 2010. 16 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica,

88).

OLIVEIRA, T. S. et al. Palhada de leguminosas e gramíneas em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 7, n. 2, p. 88–94, 2020.

PAIVA, A. Q.; ARAÚJO, Q. R. Fundamentos do manejo e da conservação dos solos na região produtora de cacau da Bahia. In: **VALLE, R. R., (Ed.). Ciência, tecnologia e manejo do cacauero. Brasília: Ceplac/CEPEC/SEFIS**, 2012. p.115-134.

PIMENTEL, M. H.; OLIVEIRA, J. R.; BEM, S.R.; DALLACORT, R.; SZTOLTZ, C. L. (2010). Seletividade de herbicidas aplicado sem pré-emergência na cultura do sorgo. **Ciência Agrônômica**,44,123-132.

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.

SEIDEL, E. P.; GERHARDT, I. F. S.; CASTAGNARA, D. D.; NERES, M. A. Efeito da época e sistema de plantio da *Brachiaria brizantha* em consórcio com o milho, sobre os componentes de produção e propriedades físicas do solo. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 55-66, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p55>.

SILVA, W. T.,SCHIO, L. A.,WAGNER, P. K.,MODANESE, B.P.,KARAM, D.,DASILVA, A. F. (2015). Tolerância de genótipos de sorgo sacarino a herbicidas pré-emergentes. In: **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso(ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, 31., 2016, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

SILVA, A. F., D´ANTONINO, L., FERREIRA, F. A., FERREIRA, L. R. (2014). Manejo de plantas daninhas. In: BORÉM, A. et al (Eds). **Sorgo: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV.

SILVA, F. R. et al. Agregação do solo em resposta ao consórcio de culturas sob diferentes manejos. **Revista AgroAmbiente On-line**, v. 15, n. 3, p. 145–152, 2021SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Cerrado Correção e Adubação. **Embrapa**. 2004

SOUZA, L. C. et al. Produtividade de sorgo consorciado com leguminosas e gramíneas em áreas de reforma de pastagem. **Enciclopédia Biosfera**, v. 19, n. 37, p. 2484–2494, 2022.

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>

ZAMBRANA, M.O.D., RUIZ, H.A., SILVA, T.C.A., NEVES, J.C.L., CORRÊA, G.F.,

ERASO, M.H.R. (2010). A compactação de três materiais de solo, na redução da condutividade hidráulica, porosidade do solo e matéria seca de raiz nas culturas de soja e caupi. **Revista de Ciências Agrícolas**, 27(1), 74-84.

ZHANG, F.; LI, L. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. **Plant and Soil**, v. 248, n. 1, p. 305-312, 2003.