

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

JANDREI FACCIO

**INFLUÊNCIA DO RESÍDUO VEGETAL NA TEMPERATURA E UMIDADE
DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA SOJA**

CERRO LARGO
2024

JANDREI FACCIO

**INFLUÊNCIA DO RESÍDUO VEGETAL NA TEMPERATURA E UMIDADE
DO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Faccio, Jandrei

INFLUÊNCIA DO RESÍDUO VEGETAL NA TEMPERATURA E
UMIDADE DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DA SOJA / Jandrei
Faccio. -- 2024.

51 f.:il.

Orientador: Doutor Douglar Rodrigo Kaiser

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo, RS, 2024.

1. Soja. 2. Produtividade. 3. Temperatura. 4.
Umidade. 5. Resíduo Vegetal. I. Kaiser, Douglar Rodrigo,
orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III.
Título.

JANDREI FACCIO

**INFLUÊNCIA DO RESÍDUO VEGETAL NA TEMPERATURA E UMIDADE
DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de Grau de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 04/11/2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente

 **DOUGLAS RODRIGO KAISER**
Data: 03/12/2024 10:37:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS
Orientador

Documento assinado digitalmente

 **RENAN COSTA BEBER VIEIRA**
Data: 08/11/2024 22:59:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Renan Costa Beber – UFFS
Avaliador

Documento assinado digitalmente

 **NERISON LUIS POERSCH**
Data: 06/11/2024 17:08:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Nerison Luis Poersch – UFFS
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela vida e pela saúde.

Agradeço à Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) pela oportunidade, pela estrutura e pelo suporte oferecidos, que foram fundamentais para a minha formação acadêmica e profissional.

Aos meus pais, Elenice Terezinha Faccio e Luiz Antônio Faccio, que sempre se dedicaram incansavelmente para me apoiar ao longo da minha trajetória, tornando possível a realização da minha formação acadêmica e profissional.

Agradeço imensamente ao Professor Doutor Douglas Rodrigo Kaiser pela sua valiosa orientação, paciência, dedicação sempre levando a sério a ciência ao longo deste percurso. Sua expertise e apoio constante foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico e profissional.

À minha companheira, Julia Follmann de Lima, que esteve ao meu lado mesmo nos momentos mais desafiadores, sempre me apoiando e incentivando para que este trabalho se tornasse possível.

Agradeço sinceramente a José Ireno Flores de Lima e Cleci Terezinha Follmann de Lima por todo o apoio e pelos conselhos oferecidos ao longo deste processo.

Agradeço a todos os professores e profissionais que, embora não mencionados nominalmente, contribuíram significativamente para a minha formação acadêmica e construção do conhecimento. Aos colegas, pela convivência, companheirismo e pelas diversas formas de contribuição para o meu crescimento, deixo minha sincera gratidão. Que Deus ilumine a vida de cada um.

Muito obrigado!

RESUMO

O Rio Grande do Sul, com clima subtropical e ampla amplitude térmica, beneficia-se da palhada para regular a temperatura do solo e reduzir a evaporação, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das plantas. A estabilidade térmica do solo cria condições ideais para funções fisiológicas das plantas, desenvolvimento das raízes e absorção de nutrientes. Este estudo avaliou o impacto de diferentes quantidades de resíduo de aveia preta na umidade e temperatura do solo e no rendimento da soja. O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus Cerro Largo - RS*, localizado na região das Missões (-28.141183, - 54.760799). O clima é categorizado como Cfa, indicando um clima temperado úmido com verões quentes. O solo do local é um Latossolo Vermelho, pertencente a Unidade de Mapeamento Santo Ângelo. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC), com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram diferentes quantidades de palha de aveia preta distribuídos sobre a superfície do solo em cada parcela: Testemunha (T1) com 0 Mg ha⁻¹; 2 Mg ha⁻¹ (T2); 4 Mg ha⁻¹ (T3); 8 Mg ha⁻¹ (T4) e 12 Mg ha⁻¹ (T5). A cultivar de soja implantada foi a TMG 7362 IPRO, com densidade de 200.000 plantas/ha. Foram avaliados parâmetros de temperatura do solo na linha e entre linha em camadas de 0-5 cm e 0-10 cm, umidade do solo na camada de 0-20 cm, densidade do solo, porosidade de aeração, macroporosidade, microporosidade, porosidade total bem como a produtividade da cultura. Com base nas condições em que o experimento foi conduzido, para os parâmetros de densidade, porosidade total, porosidade de aeração, macroporosidade e microporosidade do solo, avaliados nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, não apresentaram diferenças significativas. O parâmetro temperatura, por outro lado, apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com destaque para o tratamento sem resíduo vegetal, que registrou as temperaturas mais elevadas. Para umidade do solo, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, contudo, o tratamento com 12 Mg ha⁻¹ obteve os maiores valores. Em relação à produtividade, os tratamentos mostraram diferenças significativas entre si, sendo que o tratamento com 12 Mg ha⁻¹ resultou na maior produtividade. Com isso, podemos ver que a presença de resíduo vegetal na superfície do solo reduz sua temperatura e age como uma barreira protetora contra o calor intenso. Além disso, essa prática resulta em aumentos significativos na produtividade.

Palavras-chave: amplitude térmica, solo, disponibilidade de água.

ABSTRACT

Rio Grande do Sul, with a subtropical climate and large thermal amplitude, benefits from mulch to regulate soil temperature and reduce evaporation, promoting plant growth and development. Soil thermal stability creates optimal conditions for plant physiological functions, root development, and nutrient absorption. This study evaluated the impact of different amounts of black oat residue on soil moisture, temperature, and soybean yield components. The study was conducted at the experimental area of the Federal University of Fronteira Sul (UFFS), Cerro Largo Campus - RS, located in the Missions region (-28.141183, -54.760799). The climate is categorized as Cfa, indicating a humid temperate climate with hot summers. The soil at the site is classified a Oxisol from the Santo Ângelo Mapping Unit. The experimental design used was a randomized block design (RBD) with five treatments and four repetitions. The treatments included different amounts of black oat straw distributed over the soil surface in each plot: Control (T1) with 0 Mg ha⁻¹; 2 Mg ha⁻¹ (T2); 4 Mg ha⁻¹ (T3); 8 Mg ha⁻¹ (T4); and 12 Mg ha⁻¹ (T5). The soybean cultivar used was TMG 7362 IPRO, with a density of 200,000 plants/ha. Soil temperature parameters were evaluated in the row and inter-row at depths of 0-5 cm and 0-10 cm, soil moisture at a depth of 0-20 cm, soil density, aeration porosity, macroporosity, microporosity, total porosity, as well as crop productivity. Based on the conditions under which the experiment was conducted, the parameters of soil density, total porosity, air porosity, macroporosity, and microporosity, evaluated at layers of 0-10 cm and 10-20 cm, showed no significant differences. However, the temperature parameter exhibited significant differences among treatments, with the treatment without plant residue recording the highest temperatures. For soil moisture, there were no significant differences among treatments; nevertheless, the treatment with 12 Mg ha⁻¹ achieved the highest values. Regarding productivity, the treatments showed significant differences, with the 12 Mg ha⁻¹ treatment resulting in the highest productivity. Thus, it can be concluded that the presence of plant residue on the soil surface reduces its temperature and acts as a protective barrier against intense heat. Furthermore, this practice leads to significant increases in productivity.

Keywords: Thermal amplitude, soil, water availability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tratamentos utilizados na semente da cultivar TMG 7362, Cerro Largo, 2024.....	20
Figura 2 - Croqui do experimento na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus</i> Cerro Largo, 2024.....	22
Figura 3 – Dispositivo TDR (Time-domain reflectometer) (Fig. A) e Termopar Tipo K (Portable Temperature Meters - N305) (Fig. B), Cerro Largo, 2024.....	24
Figura 4 – Método da Mesa de Tensão, no Laboratório de Física e Pedologia do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus</i> Cerro Largo, 2023.	25
Gráfico 1 - Precipitação pluviométrica durante o ciclo da soja (25/01 a 09/05), dados coletados da Estação Meteorológica da Universidade Federal da Fronteira Sul - <i>Campus</i> Cerro Largo-RS, Cerro Largo – RS, 2024.....	29
Gráfico 2 – Umidade volumétrica do solo durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus</i> Cerro Largo, 2024.	30
Gráfico 3 – Umidade do solo em função de diferentes quantidades de resíduo vegetal 15 DAE (gráfico A) e a 16 DAE (gráfico B), Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus</i> Cerro Largo, 2024.....	31
Gráfico 4 – Valores médios da lâmina de água disponível durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus</i> Cerro Largo, 2024.	32
Gráfico 5 – Valores médios da lâmina de água total durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus</i> Cerro Largo, 2024.	33
Gráfico 6 – Valores médios da porosidade de aeração durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus</i> Cerro Largo, 2024.	34
Gráfico 7 – Temperatura do ar entre 15 horas 30 minutos e 17 horas, durante a leitura a campo (65 dias) e ao longo do ciclo da soja (104 dias), sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus</i> Cerro Largo, 2024.	35
Gráfico 8 – Temperatura do solo em profundidade de 0-5 cm entre linha durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus</i> Cerro Largo, 2024.....	36

Gráfico 8 – Temperatura do solo em profundidade de 0-5 cm entre linha durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, em 8 e 15 dias após a emergência na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus Cerro Largo, 2024</i>	37
Gráfico 9 – Temperatura do solo em profundidade de 0-5 cm na linha durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus Cerro Largo, 2024</i>	38
Gráfico 10 – Temperatura do solo em profundidade de 0-10 cm na entre linha durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus Cerro Largo, 2024</i>	39
Gráfico 11 – Temperatura do solo em profundidade de 0-10 cm na linha durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – <i>Campus Cerro Largo, 2024</i>	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações da análise química do solo do experimento, na Universidade Federal da Fronteira Sul <i>Campus Cerro Largo, 2024</i>	19
Tabela 2 – Informações e datas dos produtos utilizado para o controle de pragas e doenças, na Universidade Federal da Fronteira Sul <i>Campus Cerro Largo, 2024</i>	23
Tabela 3 – Propriedades físicas do solo sob diferentes quantidades de resíduo vegetal, Cerro Largo - RS, 2024.	27
Tabela 4 – Produtividade e peso do mil sementes em função de diferentes quantidades de resíduo vegetal, Cerro Largo (2024).....	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	SISTEMA PLANTIO DIRETO	12
2.2	PLANTAS DE COBERTURA	13
2.2.1	Efeitos da cobertura vegetal.....	14
2.3	AVEIA PRETA.....	15
2.4	CULTURA DA SOJA.....	16
2.4.1	Adaptabilidade da Cultura da Soja.....	17
2.4.2	Efeitos da temperatura e disponibilidade hídrica	17
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	19
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CONDUÇÃO DOS TRATAMENTOS	20
3.3	COLETA E AVALIAÇÃO DO SOLO.....	23
3.4	AVALIAÇÕES NA CULTURA DA SOJA	26
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1	ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	27
4.2	DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E POROSIDADE DE AERAÇÃO	29
4.2.1	Umidade volumétrica.....	29
4.2.2	Água disponível	31
4.2.3	Capacidade de água total armazenada	32
4.2.4	Porosidade de aeração	33
4.3	TEMPERATURA	34
4.3.1	Temperatura do ar no período de avaliação.....	34
4.3.2	Temperatura do solo	35
4.4	PRODUTIVIDADE E PESO DE MIL GRÃOS	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
	REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul, por se situar em uma região subtropical, tem uma grande amplitude térmica. A palhada atua na regulação da temperatura, consequentemente, reduz a evaporação. Solos com temperaturas mais estáveis são vantajosos para o crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como para o processo de fixação biológica de nitrogênio. Isso ocorre porque as temperaturas dentro da faixa ideal proporcionam um ambiente mais adequado para as plantas realizarem suas funções fisiológicas de forma eficiente. A estabilidade térmica do solo ajuda a promover condições ideais para o desenvolvimento das raízes, absorção de nutrientes e síntese de compostos orgânicos para o crescimento vegetal.

No Brasil, durante a década de 1970, surgiu o sistema plantio direto (SPD), resultado de pesquisas realizadas no Paraná e Rio Grande do Sul. As técnicas anteriormente empregadas causavam degradação significativa do solo, levando à perda de estoques de matéria orgânica e comprometendo sua estrutura. Além disso, associadas a chuvas intensas ocorria a erosão hídrica e impactando negativamente a sustentabilidade da atividade. Esse sistema tem como princípio a semeadura direta sem preparo prévio do solo, exceto na linha de semeadura, manutenção da cobertura vegetal e a implementação de rotação e diversificação de culturas.

O uso de cobertura vegetal é importante para a proteção do solo, pois minimiza a perda de nutrientes. Se utilizadas de maneira adequada estabelecem um incremento nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. A quantidade e qualidade da palhada no solo podem ser influenciadas pelo sistema de rotação e pelo tipo de planta de cobertura adotada. O estabelecimento rápido das plantas traz benefícios significativos, incluindo a supressão de plantas daninhas.

A produção de soja pode ser ameaçada por estresses abióticos, como chuvas, secas e temperaturas altas, por isso, deve-se usar cultivares de acordo com o tipo de região que se encontra e respeitar o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) onde oferece informações sobre época ideal de semeadura. A disponibilidade de água para as culturas é crucial, pois está diretamente relacionada a processos fisiológicos e bioquímicos essenciais. Dessa forma, é indispensável para garantir o sucesso das atividades agrícolas.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a influência de diferentes quantidades de resíduo vegetal na umidade e temperatura do solo, bem como na produtividade e peso de mil grãos da cultura da soja (*Glycine max*).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA PLANTIO DIRETO

O Sistema Plantio Direto (SPD) representa um conjunto de tecnologias com o potencial de revolucionar a agricultura, gerando aumentos na produtividade das principais culturas de grãos, promovendo a preservação e aprimoramento da capacidade produtiva do solo. No Brasil, o SPD surgiu na década de 1970, como resultado de pesquisas conduzidas no Rio Grande do Sul e no Paraná. A adoção em larga escala enfrentava limitações devido à escassez de máquinas semeadoras capazes de cortar a palha e depositar as sementes no solo sem revolvê-lo, e à falta de herbicidas pós-emergentes específicos que atendessem às demandas dos diferentes sistemas de rotação de culturas. A partir do final dos anos 1980, observou-se uma grande evolução na indústria de máquinas e herbicidas, o que foi crucial para a expansão do uso do SPD (HERNANI; SALTON, 1998).

Segundo Denardin *et al.*, (2001, p. 12), o surgimento do SPD no Rio Grande do Sul pode ser descrito como “uma típica curva exponencial no período de 1976 a 1998, e uma reta no período de 1998 a 2000”. Inicialmente, o sistema estava principalmente ligado à resolução de problemas erosivos. Contudo, com a noção de conservação das áreas agrícolas e as experiências dos produtores, o plantio direto foi difundido sob uma perspectiva conservacionista. No entanto, os equipamentos para adoção da prática se tornaram inviáveis para produtores de menor escala. Com isso, a partir de 1993, com a ajuda de instituições de pesquisa, houve um renascimento do SPD, com o desenvolvimento de semeadoras mais acessíveis e adaptadas para propriedades pequenas. (DENARDIN *et al.*, 2001).

Este sistema tem como base a semeadura direta sem preparo prévio e revolvimento do solo apenas na linha de semeadura, manutenção de cobertura vegetal e a prática de rotação e diversificação de culturas. Esta última é essencial para alcançar os resultados desejados neste sistema (HERNANI; SALTON, 1998).

Portanto, o SPD atende ao menos seis princípios básicos da agricultura conservacionista nos quais podemos citar: revolvimento do solo apenas da linha de semeadura ou plantio; manutenção da cobertura permanente do solo; rotação, diversificação e sucessão de culturas; processo colher-semear, fazendo com que reduza o tempo da lavoura em pousio; incorporação de matéria orgânica ao solo em volume, qualidade e frequência adequados às exigências biológicas do solo, estimadas entre 8.000 kg/ha e 12.000 kg/ha por ano; manutenção dos restos de cultura na superfície do solo (DENARDIN; FAGANELLO, 2016).

O SDP oferece um conjunto de vantagens em comparação a outros sistemas de cultivo. Ele requer menos infraestrutura de máquinas e equipamentos, o que reduz as necessidades de mão de obra e o uso de energia fóssil. Além disso, melhora a atividade biológica do solo e promove o controle biológico de pragas, doenças e plantas invasoras. Reduz a erosão, melhora a estrutura do solo e sua agregação. Ao desacelerar a taxa de decomposição, facilita a absorção de nutrientes pelas plantas e promove o equilíbrio do ecossistema agrícola, estabilizando os fluxos de energia e matéria. Também preserva a biodiversidade do ambiente local, aumenta a capacidade de autorregulação do sistema solo-planta-atmosfera e permite que o potencial genético das espécies cultivadas se expresse plenamente (HERNANI, 2021).

2.2 PLANTAS DE COBERTURA

As plantas de cobertura são essenciais para proteger o solo, prevenindo a erosão e o escoamento superficial. No entanto, sua utilidade vai além, pois muitas delas desempenham papéis adicionais, como pastoreio, produção de grãos e sementes, ensilagem, feno e fornecimento de palha para SPD (LAMAS, 2017).

Segundo Lamas (2017), as plantas de cobertura se utilizadas de forma adequada estabelecem um incremento nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Além disso, é fundamental para o acréscimo da matéria orgânica do solo pois a capacidade produtiva está fortemente ligada ao seu teor de matéria orgânica. Também, os resíduos das plantas de cobertura são essenciais, pois são as principais formas de entrada e construção do carbono (C) orgânico no solo, fornecem nitrogênio através da fixação biológica e possibilitam o enriquecimento do solo com outros nutrientes essenciais para as culturas subsequentes (REDIN *et al.*, 2016).

A manutenção da cobertura vegetal no solo traz várias vantagens para o ecossistema, como: evita a erosão; favorece uma fauna benéfica; proporciona isolamento térmico; diminui a compactação do solo; controla o crescimento de plantas invasoras e melhora a porosidade do solo por meio das raízes das plantas de cobertura, facilitando assim a absorção da água (EPAGRI, 2020).

A quantidade e qualidade da palhada no solo dependem do sistema de rotação e do tipo de planta de cobertura utilizada. É importante escolher espécies que se adaptem bem às condições locais, considerando sua velocidade de crescimento e produção de biomassa. Uma maior produção de biomassa também indica uma maior quantidade de palha no solo, o que pode influenciar a reciclagem de nutrientes, desde que se conheça o padrão de extração de nutrientes pela planta escolhida (ALVARENGA *et al.*, 2001).

As plantas de cobertura podem ser cultivadas isoladamente ou em consórcio, principalmente entre espécies das famílias Poaceae e Fabaceae, trazendo benefícios como melhoria das propriedades físicas do solo e maior acúmulo de carbono. No Sul do Brasil, a competição por área com culturas comerciais como soja, milho e feijão dificulta o uso de plantas de cobertura no verão, tornando as de inverno uma alternativa mais viável. É fundamental avaliar o desempenho dessas plantas para identificar as mais adequadas para preceder os cultivos de verão (MICHELON *et al.*, 2019).

2.2.1 Efeitos da cobertura vegetal

Reconhecido como a principal inovação tecnológica na agricultura no final do século, o SPD continua a evoluir nos dias de hoje, adaptando-se às condições regionais e locais onde é implementado. A eficácia deste sistema se deve ao fato de que a palhada proveniente de plantas de cobertura, juntamente com resíduos de culturas comerciais, estabelece um ambiente altamente favorável ao crescimento e desenvolvimento de plantas (ALVARENGA *et al.*, 2001).

A palha das plantas de cobertura atua protegendo a superfície do solo e seus agregados da exposição direta ao sol, vento e chuva, reduzindo os processos de erosão hídrica. Além disso, diminui a evaporação, ajudando a manter a umidade do solo, melhora a infiltração e o armazenamento de água, e reduz a variação térmica do solo, beneficiando o desenvolvimento das plantas e dos organismos presentes no solo (LIMA, 2014)

O Rio Grande do Sul situa-se em uma região subtropical, ou seja, tem uma grande amplitude térmica no verão e inverno. Dado a isso, no período de verão, o estado enfrenta longos períodos de temperaturas elevadas e baixa umidade do solo. Sendo assim, a palhada atua na manutenção da umidade do solo e redução da temperatura (ACOSTA *et al.*, 2004). Na regulação térmica, consequentemente, reduzindo a evaporação (FURLANI *et al.*, 2008). Temperaturas do solo mais estáveis e moderadas são mais propícias para a germinação das sementes e o desenvolvimento das raízes e da parte aérea das culturas de interesse econômico (URCHEI *et al.*, 1988). Sendo assim, auxiliando as culturas em meses em que o déficit hídrico está em maior evidência (CAMPOS *et al.*, 1994).

Segundo Resende *et al.*, (2005), locais onde se utilizou cobertura morta reduziu-se a temperatura em até 3,5°C, e aumentou a retenção da umidade do solo em até 2,3% em comparação ao solo descoberto. Estudos de RODRIGUES *et al.*, (2018), também mostram que a adição de palha ao solo em valores de 5, 10 e 15 Mg ha⁻¹ são suficientes para garantir uma redução na temperatura do solo em no mínimo 3°C.

A utilização de implementos agrícolas em áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal pode afetar diretamente os atributos físicos do solo, resultando na redução da porosidade. Essas mudanças na estrutura do solo podem influenciar a porosidade, densidade e resistência à penetração das raízes (MILNE & HAYNES, 2004). Com isso, se usa estratégias de manejo para recuperar a estrutura, como deposição de cobertura vegetal e incorporação de matéria orgânica. Logo, permite um aumento da porosidade e uma redução na densidade do solo.

A movimentação do solo e o tráfego de máquinas e implementos agrícolas têm um papel significativo na modificação do tamanho dos agregados do solo. Essas atividades contribuem para o aumento da densidade e a redução da porosidade total, além de provocarem um aumento na proporção de poros pequenos em relação aos grandes. Isso ocorre devido ao impacto direto sobre os poros maiores, os quais são mais suscetíveis ao manejo do solo. Por outro lado, as raízes das plantas desempenham um papel crucial na promoção da agregação estável do solo. Elas estimulam tanto a atividade microbiana na rizosfera quanto o fornecimento de resíduos orgânicos, contribuindo assim para a formação e estabilidade dos agregados (SILVA; MIELNICZUK, 1988). Com isso, sistemas de preparo do solo, combinados com a rotação de culturas, impactam a estabilidade e o tamanho dos agregados (SALTON *et al.*, 2008).

As raízes das plantas, juntamente com a atividade biológica influenciada por ciclos de umedecimento e secagem, desempenham um papel fundamental na alteração e modulação da estrutura do solo. As raízes exercem influência direta sobre essa estrutura, penetrando, aproximando e estabilizando partículas e agregados do solo, além de extrair água e exsudar compostos no solo (MALLMANN, 2021).

2.3 AVEIA PRETA

No Brasil, existem apenas três espécies de aveia cultivadas, são elas, aveia branca (*Avena sativa L.*), aveia preta (*Avena strigosa Schreb*) e a aveia amarela (*Trisetum flavescens*). Essas plantas são anuais e direcionam seu desenvolvimento para os meses mais frios do ano (KLEIN, 2022).

A aveia tem hábitos de crescimento que variam de acordo com a variedade, fertilidade do solo, podendo atingir altura superior a 1 metro. O sistema radicular tem a forma de fasciculado, o caule é cilíndrico, ereto e os nós e entrenós geralmente ficam preenchidos durante o período vegetativo. Suas folhas não possuem aurículas e possuem lígulas bem desenvolvidas, característica única da aveia em comparação com outros cereais. O comprimento da lâmina é de 14 a 40 cm e a largura é de 5,5 a 22,0 mm (MACARI *et al.*, 2004).

No Sul do Brasil, a aveia preta (*Avena strigosa Schreb*) é muito utilizada como planta forrageira devido às suas altas propriedades nutricionais para animais, com teor de proteína bruta de até 26% e digestibilidade de até 80%. A produtividade desta espécie atinge aproximadamente 30 toneladas de matéria verde por hectare e aproximadamente 6 toneladas de matéria seca por hectare (OLIVEIRA, 2014).

A utilização de aveia em área de produção agrícola é importante para a manutenção do solo coberto durante o período seco e, em consequência evita problemas relacionados à erosão e infestação de plantas daninhas. Esta prática reduz gastos com herbicidas e fertilizantes e preserva os recursos naturais (MACHADO, 2000).

2.4 CULTURA DA SOJA

A soja (*Glycine max*) é originária da Ásia e surgiu como uma planta rasteira muito diferente da soja comercial atual. Sua evolução iniciou-se a partir de cruzamentos naturais entre duas espécies selvagens, cujo produto foi domesticado e melhorado por cientistas da antiga China. Em 1960, houve um aumento considerável na produção mundial em razão da oferta de proteínas no mercado, contudo, em 1990 foi quando a produção mais se desenvolveu em consequência do desenvolvimento acelerado da economia mundial (DALL'AGNOL; GAZZONI, 2019).

No Brasil, a cultura chegou primeiramente na Bahia no ano de 1882, sobretudo, o primeiro estado a cultivar soja a nível comercial foi o Rio Grande do Sul, a partir de 1930. Até o início dos anos 1980, em torno de 80% do cultivo ainda se concentrava no Rio Grande do Sul pela facilidade de adaptação de tecnologias americanas (KIIHL *et al.*, 2003).

Segundo dados da Conab para a safra de 2023/2024, a semeadura da soja foi encerrada em fevereiro de 2024 no Rio Grande do Sul. Sendo assim, em outubro, foi semeado 2% da área, 53% em novembro, 41% em dezembro, 3% em janeiro e 1% em fevereiro, totalizando 6.673,1 mil hectares cultivados. A cultura enfrentou atrasos devido as chuvas intensas e uma estiagem entre 16 de janeiro e 12 de fevereiro, e enfrenta uma disseminação significativa da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). Diante do déficit hídrico observado nos meses de janeiro e fevereiro, observou-se uma diminuição no rendimento estimado inicialmente, contudo não configura uma quebra na produção, mas sim uma redução no potencial produtivo da lavoura. Como resultado das condições climáticas, o manejo de pragas e doenças acabou sendo prejudicado, uma vez que a entrada de máquinas na lavoura foi limitada, no entanto, em fevereiro as condições das lavouras melhoraram, permitindo retomar o manejo fitossanitário. Com tudo isso, a estimativa inicial de produtividade de 3.280 kg/ha^{-1} permanece inalterada.

2.4.1 Adaptabilidade da Cultura da Soja

A produção da soja é ameaçada por estresses abióticos que envolvem secas, chuvas excessivas, temperaturas extremas e pouca luz, diminuindo as possibilidades de uma alta produção e limitando ainda mais as regiões e estações apropriadas para o cultivo das principais espécies (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). Com isso, surge o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc), que é uma ferramenta de gestão de risco que oferece orientação sobre os períodos ideais para o cultivo de diferentes espécies agrícolas, levando em consideração as variações climáticas espaço-temporais, visando minimizar as perdas de produtividade (GUIMARÃES *et al.*, 2020).

A adequação de cada cultivar depende do tipo de região que se encontra, além das exigências hídricas e térmicas, a soja tem uma exigência de fotoperíodo (horas de luz diárias exigida pela planta). A resposta ao fotoperíodo varia entre as diferentes cultivares, significando que cada uma possui seu próprio período crítico de exposição à luz. Acima desse limite, o florescimento é retardado. A percepção ao fotoperíodo continua a ser uma restrição significativa para uma adaptação mais abrangente da soja. Devido a essa característica, a faixa de adaptabilidade de cada cultivar varia à medida que se move para o norte ou sul (NEUMAIER *et al.*, 2020).

Em termos de crescimento e desenvolvimento, estes são medidos pela quantidade de matéria seca acumulada, com exceção da água, ela abrange tudo que se encontra na planta (carboidratos, proteínas, lipídeos e minerais). A maior parte dessa produção é feita através do processo denominado a fotossíntese, então, podemos relacionar o crescimento e desenvolvimento da planta na interação entre meio ambiente e potencial genético. Também, é possível classificar quanto ao seu hábito de crescimento: indeterminado consiste quando há continuação do crescimento vegetativo mesmo após o início do período de florescimento. Em contrapartida, plantas com crescimento determinado se caracterizam pela finalização do crescimento vegetativo após o florescimento (CÂMARA, 1997).

2.4.2 Efeitos da temperatura e disponibilidade hídrica

A região sul do Brasil possui um padrão de chuva bem distribuído ao longo do ano, a disponibilidade de água para as plantas pode variar de acordo com a quantidade de chuva durante o ciclo. A coincidência do solstício de verão, caracterizado por altas temperaturas, déficit hídrico e intensa radiação solar, com a fase reprodutiva da cultura, tem um impacto direto na redução da produtividade (SENTELHAS *et al.*, 2015). Com isso, a disponibilidade de água

no solo torna-se essencial para garantir o sucesso da atividade agrícola, especialmente quando não há sistema de irrigação disponível (FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2007).

A água além de constituir cerca de 90% do peso da planta e estar presente em todos os processos bioquímicos e fisiológicos, têm um papel importante na regulação térmica da planta. Desta forma, a disponibilidade deste recurso é valiosa principalmente em dois estágios do desenvolvimento da cultura. Na germinação e emergência, onde déficit ou excesso hídrico pode prejudicar o estabelecimento da cultura e afetar a população de plantas. Outro momento crítico é durante a floração e enchimento, no momento que atinge a exigência máxima de água para a cultura (FARIAS; NEUMAIER; NEPOMUCENO, 2007).

Em locais com temperaturas que oscilam entre 20°C e 30°C, a soja se adapta melhor, porém a temperatura ideal para o seu desenvolvimento está em torno de 30°C. Não se torna ideal a semeadura da cultura em temperaturas de solo abaixo de 20°C, visto que pode comprometer a germinação e emergência. Então, a temperatura do solo ideal para semeadura varia de 20°C a 30°C, sendo 25°C a temperatura ótima para garantir uma germinação rápida e uniforme. Em regiões muito frias (10°C ou menos) o crescimento vegetativo é pequeno ou nulo e regiões muito quentes (40°C ou mais) acontecem estragos na floração e diminuem a capacidade de retenção das vagens (NEUMAIER *et al.*, 2020).

Para que o processo de nodulação ocorra de maneira eficaz, é crucial que a temperatura seja adequada para a atividade da enzima nitrogenase. No qual a média ideal é em cerca de 25°C, enquanto para temperaturas de 15°C ou menores podem reduzir a atividade ou até mesmo inibir várias cepas de bactérias fixadoras (FAGAN, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Cerro Largo - RS, localizado na região das Missões (-28.141183, -54.760799). O clima da área é categorizado como Cfa, indicando um clima temperado úmido com verões quentes, de acordo com a classificação de Köppen (1931). E solo do local é um Latossolo Vermelho (STRECK *et al.* 2018), com composição granulométrica 583,2 g kg⁻¹ de argila, 92,7 g kg⁻¹ de areia e 324,02 g kg⁻¹ de silte na camada 0-30 cm.

No ano de 2023, conforme a análise química do solo (Tabela 1) e recomendações do Manual de Adubação e Calagem, realizou-se uma calagem de correção para o pH 6,5, onde foi empregado o corretivo FortCalcio (PN 100), sendo aplicadas superficialmente 4,9 toneladas por hectare (aproximadamente 2 kg/parcela).

Tabela 1 – Informações da análise química do solo do experimento, na Universidade Federal da Fronteira Sul *campus* Cerro Largo, 2024.

Prof. (cm)	pH água 1:1	Al %	Ca	Mg	Al Cmolcdm ³	H + Al	CTC pH ⁷	V %
0-20 cm	5,6	0,0	4,9	2,4	0,0	4,4	12,5	64,9
Prof. Argila (cm)	M.O %	Índice SMP %	S	P-Mehlich	K	Cu	Zn	B
0-20 cm	59,0	2,9	6,0	5,2	12,2	308,0	8,1	4,1
					mg/dm ³			

Fonte: Laboratório de análise Química do Solo da Universidade Federal de Santa Maria, 2022.

Conforme o histórico da área, em abril de 2023 foi cultivado milho híbrido LG36700, de ciclo precoce, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de 70.000 plantas ha⁻¹. Para atender às necessidades de adubação da cultura, foram aplicados 145 kg ha⁻¹ de N, 110 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 220 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando a formulação 5-20-20. No dia 11 de abril, foi realizada a aplicação dos tratamentos com resíduo vegetal, empregando feno de Tifton 85 como cobertura. Onde foram utilizados: Testemunha com 0 Mg ha⁻¹ de cobertura vegetal; e com

cobertura vegetal em diferentes dosagens 2 Mg ha⁻¹ (T2); 4 Mg ha⁻¹ (T3); 8 Mg ha⁻¹ (T4) e 12 Mg ha⁻¹ (T5), sendo dispostos em blocos ao acaso.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E CONDUÇÃO DOS TRATAMENTOS

Após a conclusão do estudo anterior, a área permaneceu em pousio até 16 de outubro de 2023. Primeiramente, efetuou-se a limpeza da área utilizando o herbicida glifosato e, posteriormente, realizou-se a semeadura do milheto. Logo, no dia 20 de dezembro de 2023, realizou-se o corte do milheto com uma roçadeira acoplada ao trator e a retirada do resíduo do local. A aveia preta utilizada no experimento foi coletada em uma área localizada atrás do experimento, onde havia sido cultivada durante o período de inverno.

Inicialmente, com base na análise química do solo e seguindo as diretrizes do Manual de Adubação e Calagem, realizou-se a adubação para a cultura da soja, aplicando 150 kg/ha de P₂O₅ e 50 kg/ha de K₂O sendo dispostos ao solo através da semeadora. Fez-se a semeadura, no dia 21 de dezembro de 2024, da cultivar TMG 7362 IPRO com Grupo de maturação relativa (GMR) de 6,1, pureza mínima de 99% e germinação mínima de 80%, sendo sementes tratadas com os seguintes produtos, CRUISER ADVANCED, CHANCELLA E COLORSEED (Polimero). Conforme figura 1, Todas as sementes foram inoculadas com o inoculante agFX-Brad da Agroceres BINOVA, seguindo as recomendações em sua embalagem e por ser uma área de primeira semeadura, se utilizou 600 ml de inoculante para cada 50 kg de sementes. Devido a imprevistos causados pela fauna local, foi realizada uma ressemeadura em 21 de janeiro. Para isso, todas as plantas de soja existentes no local foram removidas, e uma nova semeadura foi efetuada.

Figura 1 – Tratamentos utilizados na semente da cultivar TMG 7362, Cerro Largo, 2024.



Fonte: Autor, 2024.

Considerando uma densidade de 10 plantas por metro linear e um espaçamento entre linhas de 50 cm, todas as sementes foram dispostas ao solo manualmente, com um espaçamento de 10 cm entre cada semente, totalizando uma densidade de 10 plantas/m ou 200.000 plantas/ha.

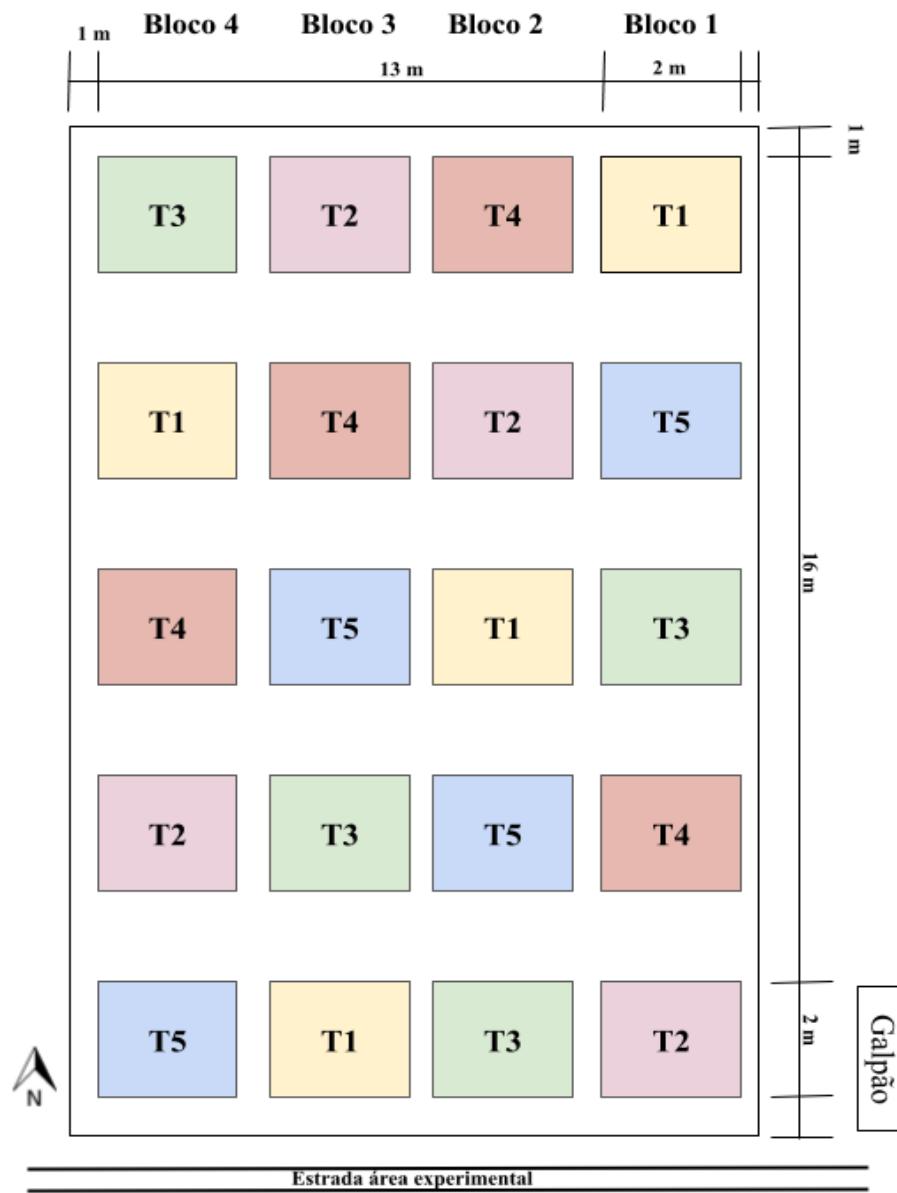
No presente dia da semeadura também foram distribuídos os tratamentos de resíduo vegetal de aveia preta, sendo secos em estufa de ar forçado a 60°C.

Para atender aos objetivos da pesquisa, se empregou um delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC), com cinco tratamentos e quatro blocos, totalizando vinte unidades experimentais. Cada parcela possuía dimensões de 2,0 m x 2,0 m, resultando em uma área de 4 metros quadrados, com um espaçamento de 1 m entre as parcelas e os blocos conforme mostrado na Figura 2.

Ficando distribuídos em cada parcela deste modo: Testemunha com 0 Mg ha⁻¹ de cobertura vegetal; e com cobertura vegetal em diferentes dosagens 2 Mg ha⁻¹ (T2); 4 Mg ha⁻¹ (T3); 8 Mg ha⁻¹ (T4) e 12 Mg ha⁻¹ (T5), sendo dispostos em blocos ao acaso.

Figura 2 - Croqui do experimento na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Cerro Largo, 2024.

T1:Testemunha/pousio;
T2: Duas toneladas;
T3: Quatro toneladas;
T4; Oito toneladas;
T5; Doze toneladas;



Fonte: Autor, 2024.

O controle de plantas daninhas entre parcelas aplicou-se herbicida glifosato e para controle dentro de cada parcela realizou-se o arranquio. Para o controle de doenças como a ferrugens asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) utilizou-se fungicidas e para controle de insetos

como mosca branca (*Bemisia tabaci*), Percevejo-marrom (*Euschistus heros*), Percevejo-verde (*Nezara viridula*) e vaquinha (*Diabrotica speciosa*), se utilizou inseticidas, conforme listados na tabela abaixo.

Tabela 2 – Informações e datas dos produtos utilizado para o controle de pragas e doenças, na Universidade Federal da Fronteira Sul campus Cerro Largo, 2024.

Nome comercial	Classe	Grupo químico	Composição	Mecanismo de ação	Dose utilizada	Data de aplicação
PREVINIL	Fungicida	Isoftalonitrila	CLOROTALONIL	Contato multi-sítio	1,0 L/ha	29/fev
VESSARYA	Fungicida	Estrobirulina, pirazol carboxamida, cetona.	PICOXISTROBINA, BENZOVINDIFLUPIR e ACETOFENONA	Sistêmico	0,6 L/ha	29/fev
SPERTO	Inseticida	Neonicotinoide e Piretroide	Acetamiprido e Bifentrina	Sistêmico de contato e ingestão	250 g/ha	29/fev e 09/abr
EVOLUTION	Fungicida	Estrobirulinas, Alquilenobis, Triazolintiona	AZOXISTROBINA, MANCOZEBE, PROTOCONAZOL	Contato e sistemico com ação multissítio	1,75 L/ha	14/mar e 09/abr
TALISMAN	Inseticida	Bifentrina e Carbossulfano	Metilcarbamato de benzofuranila e	Contato e ingestão	0,5 L/ha	14/mar e 09/abr

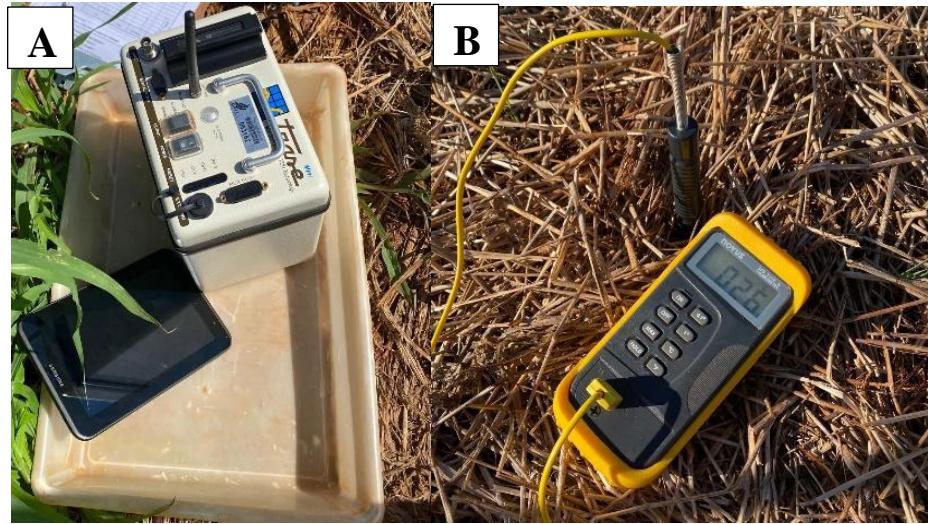
Fonte: Autor, 2024.

As aplicações de defensivos agrícolas foram divididas em três etapas. A primeira aplicação ocorreu no estágio VN, em 29 de fevereiro, utilizando os produtos PREVENIL, VESSARYA e SPERTO. A segunda aplicação foi realizada 15 dias depois da primeira, com os produtos EVOLUTION e TALISMAN. Já a terceira aplicação aconteceu 21 dias após a segunda, utilizando os inseticidas SPERTO e TALISMAN, além do fungicida EVOLUTION.

3.3 COLETA E AVALIAÇÃO DO SOLO

Para o monitoramento de 47 dias após a emergência da umidade do solo, foi empregado o dispositivo TDR (Time-domain reflectometer) figura 3, com instalação de sondas de 20 cm de profundidade no centro de cada parcela. Para o monitorar a temperatura do solo, durante o período de 65 dias após a emergência, empregou-se um Termopar Tipo K (Portable Temperature Meters - N305) figura 3, posicionado na linha e entre as linhas, em profundidades de 0-5 cm e 0-10 cm em ambos. O monitoramento e a coleta de dados de umidade e temperatura eram feitos a cada dois dias, entre 15 h e 16 h.

Figura 3 – Dispositivo TDR (Time-domain reflectometer) (Fig. A) e Termopar Tipo K (Portable Temperature Meters - N305) (Fig. B), Cerro Largo, 2024.



Fonte: Autor, 2024.

Com os dados coletados durante este período, foram inseridos em uma planilha eletrônica (Excel) para calcular a umidade volumétrica do solo (θ) (Eq. 1), a capacidade total de água no solo (CAT) (Eq. 2), a capacidade de água disponível (CAD) e a porosidade de aeração (Par). As equações utilizadas são as seguintes:

Equação 1 – Umidade volumétrica do solo (θ) ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), expressa pela relação da leitura do TDR (%Mstr) e 100.

$$\theta = \frac{\%Mstr}{100}$$

Equação 2 – A Capacidade total de água (CAT), em milímetros (mm), no solo é calculada pela Umidade volumétrica do solo (θ), em cm^3/cm^3 , multiplicada pela profundidade da sonda TDR (Pe) e, em seguida, multiplicada por 10. A equação pode ser expressa da seguinte forma:

$$CAT = \theta \times Pe \times 10$$

Equação 3 – A Capacidade de água disponível (CAD), em milímetros (mm), é calculada pela diferença entre a Umidade volumétrica do solo (θ), em cm^3/cm^3 , e a Umidade no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}), em mm, multiplicada pela profundidade da sonda TDR (Pe) e multiplicada por 10. A equação pode ser expressa da seguinte maneira:

$$CAD = (\theta - \theta_{PMP}) \times Pe \times 10$$

Equação 4 – A Porosidade de aeração (Par), em cm^3/cm^3 , é definida como a diferença entre a Porosidade total do solo (Pt), em cm^3/cm^3 , e a Umidade volumétrica do solo (θ), em cm^3/cm^3 . A equação pode ser expressa da seguinte forma:

$$\text{Par} = Pt - \theta$$

Para avaliar o impacto de diferentes quantidades de resíduo vegetal nos atributos físicos do solo, foram analisados os parâmetros de densidade, porosidade total, micro porosidade e macro porosidade. Utilizou-se o método de coleta de anéis cilíndricos com volume conhecido, onde foi coletado em duas profundidades (0-10 cm e 10-20 cm) sendo preservado ao máximo a estrutura do solo em todos os tratamentos, realizado no dia 06 de julho de 2024. Todas as amostras foram levadas para o laboratório de física do solo da presente universidade para posteriormente ser feita o método da mesa de tensão (FIGURA 4).

Figura 4 – Método da Mesa de Tensão, no Laboratório de Física e Pedologia do Solo da Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Cerro Largo, 2023.



Fonte: Autor, 2024

Para o método da mesa de tensão, foram seguidos os seguintes procedimentos: primeiramente, em cada amostra coletada, o excesso de solo foi removido. Em seguida, foi fixado um pano de voal permeável com um elástico (Figura 4) e as amostras foram submetidas à saturação em água por 72 horas em uma bandeja. Após o período de saturação, as amostras foram transferidas para a mesa de tensão a 4 kPa, onde permaneceram por 48 horas a fim de eliminar toda a água dos macros poros. Em seguida, foram pesadas em balança de precisão e, posteriormente, levadas à estufa de ar forçado a 105°C por 72 horas. Após esse tempo, as mesmas foram novamente pesadas para a realização dos cálculos necessários para se obter a densidade, porosidade total, microporosidade e macroporosidade.

3.4 AVALIAÇÕES NA CULTURA DA SOJA

Por fim, a produtividade foi estimada coletando-se dois metros lineares de soja em cada parcela, no estádio fenológico de maturação plena, no dia 09 de maio de 2024, e acondicionando-os em sacos separados. As amostras foram então, levadas ao laboratório de multiusuários para a realização da debulha. Após a debulha, as amostras foram pesadas para determinar a produtividade de cada parcela de cada tratamento.

Para quantificar o Peso de Mil Sementes (PMS), foram contadas 100 sementes com 5 repetições, totalizando 500 sementes/parcela. As mesmas foram pesadas e então colocadas em uma estufa de ar forçado a 105°C por 72 horas para determinação da umidade. Com base nessa umidade, foi realizada a correção para 14% a fim de estimar o PMS.

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram conduzidas utilizando o *software SAS*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

A tabela a seguir apresenta os valores de densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade.

Tabela 3 – Propriedades físicas do solo sob diferentes quantidades de resíduo vegetal de aveia preta, Cerro Largo - RS, 2024.

Camada (cm)	Tratamentos de resíduo vegetal					CV (%)
	0 Mg ha ⁻¹	2 Mg ha ⁻¹	4 Mg ha ⁻¹	8 Mg ha ⁻¹	12 Mg ha ⁻¹	
Densidade do Solo Mg.m⁻³						
00 - 10	1,27 a	1,18 a	1,27 a	1,30 a	1,13 a*	7,84
10 - 20	1,41 a	1,36 a	1,30 a	1,39 a	1,36 a	8,71
Porosidade Total cm³.cm⁻³						
00 - 10	0,57 a	0,59 a	0,56 a	0,56 a	0,61 a	5,42
10 - 20	0,52 a	0,53 a	0,55 a	0,52 a	0,54 a	7,65
Microporosidade cm³.cm⁻³						
00 - 10	0,39 a	0,38 a	0,41 a	0,45 a	0,37 a	10,10
10 - 20	0,43 a	0,43 a	0,40 a	0,43 a	0,42 a	7,07
Macroporosidade cm³.cm⁻³						
00 - 10	0,18 a	0,22 a	0,15 a	0,11 a	0,24 a	36,97
10 - 20	0,10 a	0,11 a	0,16 a	0,10 a	0,12 a	60,31

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey 5% de significância.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Para os parâmetros de densidade do solo, não houve diferença significativa entre os tratamentos. No entanto, os menores valores de densidade do solo (DS) foram observados na camada de 0-10 cm em todos os tratamentos. Com isso, os valores variaram de 1,13 Mg.m⁻³ a 1,30 Mg.m⁻³. Enquanto na camada de 10-20 cm, a variação foi de 1,30 Mg.m⁻³ a 1,41 Mg.m⁻³.

O crescimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas é influenciado por diversos atributos físicos do solo, com interações complexas que envolvem o potencial hídrico, o teor de oxigênio no solo e a resistência do solo à penetração das raízes (TORMENA *et al.* 1998).

Segundo Reichert *et al.*, (2003), para um solo argiloso, os valores críticos de densidade do solo variam entre 1,30 e 1,40 Mg.m⁻³. Reinert *et al.*, (2008), através de estudos de crescimento radicular em diferentes culturas sob diferentes condições físicas do solo, verificou que o crescimento normal das plantas ocorre até uma densidade de 1,40 Mg m⁻³ e acima desse limite ocorre limitações.

Para a variável de porosidade total, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Nesse sentido, o maior valor observado na camada de 0-10 cm foi no tratamento com 12 Mg ha⁻¹ (0,61 m³ m⁻³). Nesta mesma camada, o menor valor encontrado foi no tratamento com 4 Mg ha⁻¹ e 8 Mg ha⁻¹ atingindo 0,56 cm³ cm⁻³ para ambos. Para a camada de 10-20 cm, o menor resultado encontrado foi 0,52 cm³ .cm⁻³ nos tratamentos com 0 Mg ha⁻¹ e 8 Mg ha⁻¹.

A densidade do solo está inversamente relacionada à porosidade. Geralmente, a diminuição da porosidade acontece principalmente nos poros de maior tamanho (Reichert *et al.* 2007). Nesse sentido, podemos observar na tabela 2, quando os tratamentos que tiveram uma menor densidade do solo, maior era a porosidade total. Levando em consideração a camada de 10-20 cm no tratamento com 0 Mg ha⁻¹, a densidade do solo (1,41 Mg.m⁻³) se encontrou maior, em consequência a porosidade total foi menor (0,52 cm³ .cm⁻³).

Na avaliação da microporosidade e macroporosidade, os tratamentos não diferiram significativamente entre si. Considerando a camada de 0-10 cm, o tratamento com maior microporosidade foi de 8 Mg ha⁻¹ (0,45 cm³.cm⁻³). No tratamento com maior quantidade de resíduo vegetal, obtemos um menor valor de 0,37 cm³.cm⁻³. Para camada de 10-20 cm, o menor valor encontrou-se no tratamento de 4 Mg ha⁻¹ com 0,40 cm³.cm⁻³.

Considerando a macroporosidade, o tratamento com 12 Mg ha⁻¹ apresentou o maior resultado de 0,24 cm³ cm⁻³, enquanto o tratamento com 8 Mg ha⁻¹ resultou no menor valor 0,11 cm³ cm⁻³ na camada de 0-10 cm. Para a camada de 10-20 cm, o tratamento com 4 Mg ha⁻¹ apresentou o maior valor, de 0,16 cm³ cm⁻³. De acordo com Reichert *et al.*, (2007), macroporos com valores inferiores a 0,10 m³ m⁻³, são considerados limitantes para o desenvolvimento radicular.

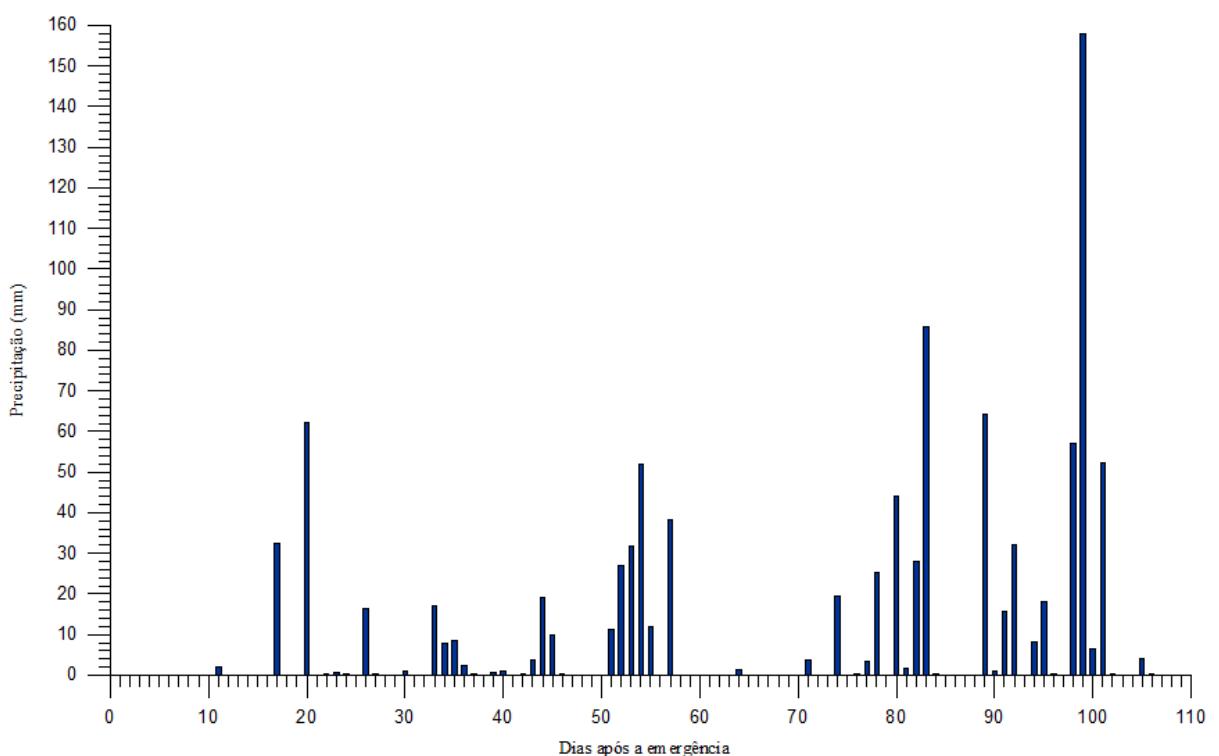
Costa *et al.*, (2015) destaca que a camada formada por restos culturais na superfície do solo ajuda na redução de processos que podem levar a compactação. Sendo assim, os autores ao avaliar os atributos físicos de um Latossolo Vermelho, concluíram que, ao longo do tempo, os sistemas conservacionistas contribuem para a diminuição da densidade do solo e o aumento da porosidade total e da macroporosidade nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm do solo.

A compactação do solo reduz o espaço poroso, especialmente dos macroporos, afetando suas propriedades físico-hídricas. A porosidade, que representa o volume do solo ocupado por ar e água, é fundamental para a circulação de solução e ar, influenciando processos dinâmicos no solo. A distribuição do diâmetro dos poros pode ser classificada em duas classes: macroporos (diâmetro > 0,06 mm) e microporos (diâmetro < 0,06 mm) (Klein, Libardi, 2002).

4.2 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E POROSIDADE DE AERAÇÃO

Pode-se visualizar no Gráfico 1, a precipitação durante o ciclo da cultura da soja, foi de 989,40 mm. Dessa forma, é possível identificar os parâmetros que podem ser avaliados em relação à precipitação durante o período analisado. Entre os dias 1 e 15 DAE, foi realizada irrigação de 4 mm por dia devido à baixa precipitação nos estágios iniciais.

Gráfico 1 - Precipitação pluviométrica durante o ciclo da soja (25/01 a 09/05), dados coletados da Estação Meteorológica da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Cerro Largo-RS, Cerro Largo – RS, 2024.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.2.1 Umidade volumétrica

A umidade volumétrica, foi avaliada durante 47 DAE devido a contratempos. No gráfico 2 apresentado, em nenhum momento a umidade volumétrica (UV) do solo atingiu o ponto de murcha permanente fisiológica da soja. Como podemos verificar, apenas no dia 15 e 16 após a emergência houve diferença significativa entre os tratamentos.

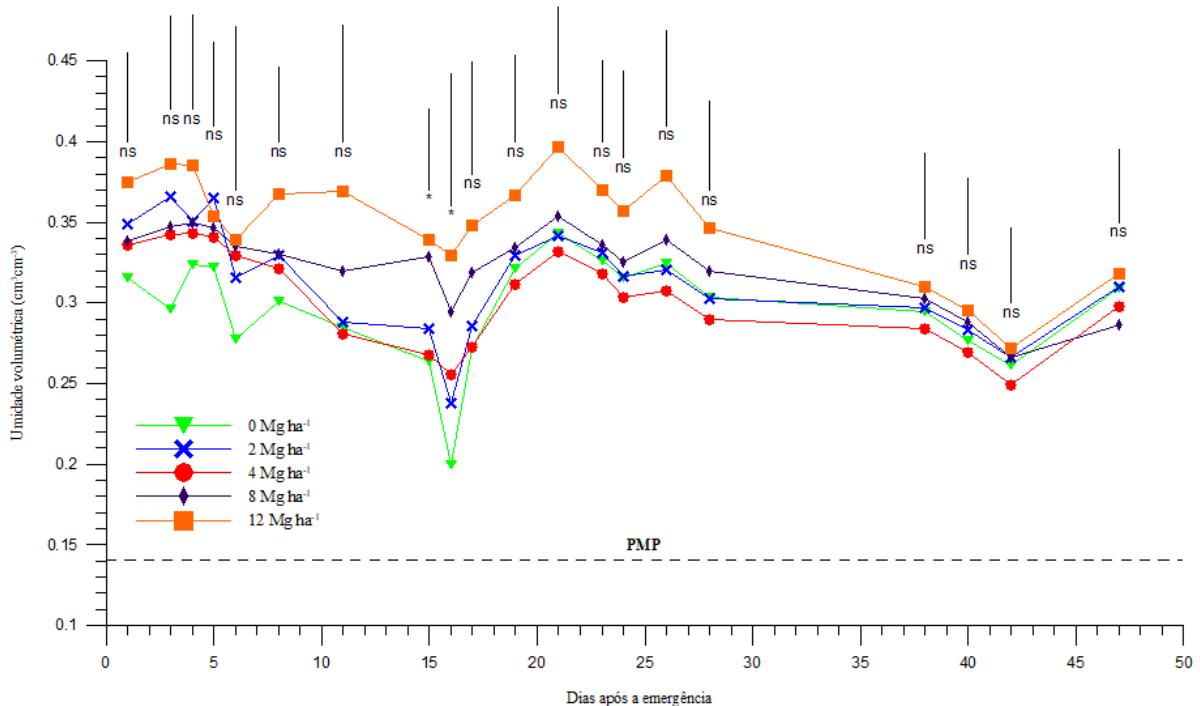
Assim, o menor valor de UV obtido foi no dia 16 após a emergência apresentando $0,20 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$ para o tratamento sem resíduo vegetal (0 Mg ha^{-1}). Se levarmos em consideração a UV média durante todo o período, o tratamento com sem resíduo vegetal obteve um menor valor

0,30 cm³cm⁻³, em comparação com o tratamento de 12 Mg ha⁻¹ onde obteve uma maior média 0,36 cm³cm⁻³.

Acosta *et al.*, (2007), em um estudo sobre o efeito de diferentes quantidades e tipos de resíduos orgânicos na temperatura e umidade do solo, constataram que a umidade do solo foi influenciada tanto pelos tipos de resíduos quanto pelas quantidades aplicadas. Houve um aumento na porcentagem de umidade de 5%, 4% e 14% para aveia preta, ervilhaca e nabo forrageiro, respectivamente.

A variação da umidade do solo tem sido observada com o uso de diferentes tipos de cobertura vegetal. De modo geral, a cobertura vegetal favorece a infiltração da água da chuva e reduz as perdas por evaporação, mantendo assim a umidade em níveis mais elevados (Campos *et al.*, 1994).

Gráfico 2 – Umidade volumétrica do solo durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Cerro Largo, 2024.

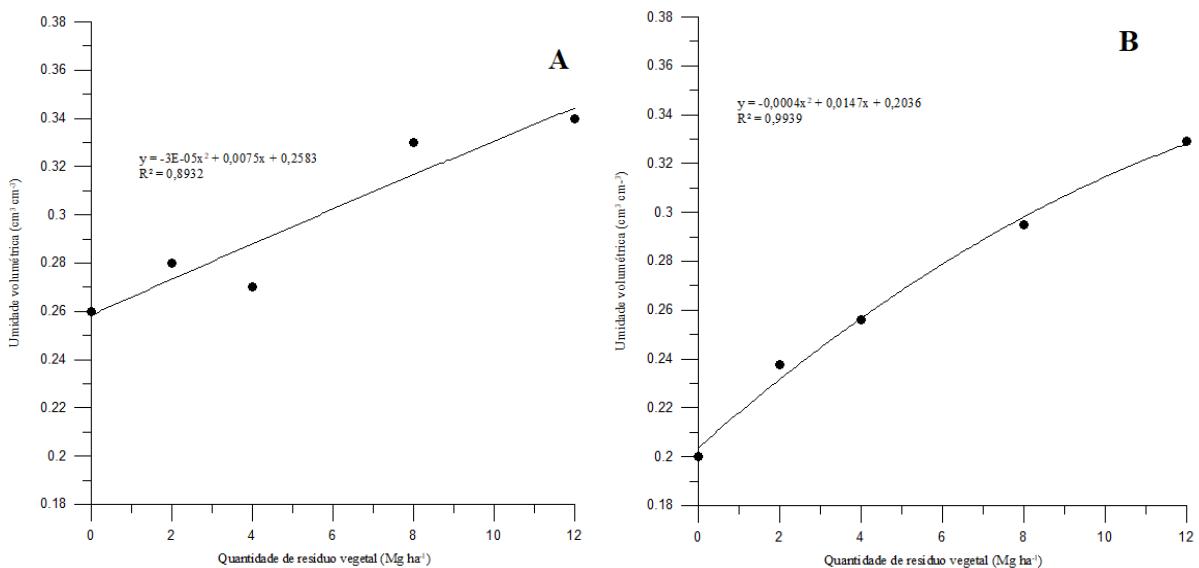


* Linhas verticais diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de significância.

ns Não diferem pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Gráfico 3 – Umidade do solo em função de diferentes quantidades de resíduo vegetal 15 DAE (gráfico A) e a 16 DAE (gráfico B), Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus Cerro Largo*, 2024.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A análise de regressão realizada para os dias 15 e 16 após a emergência demonstra que, à medida que se aumenta a quantidade de resíduo vegetal, a umidade volumétrica do solo também aumenta. Essa relação é positiva em ambos os dias, confirmando que a presença de resíduo vegetal retém mais umidade no solo.

4.2.2 Água disponível

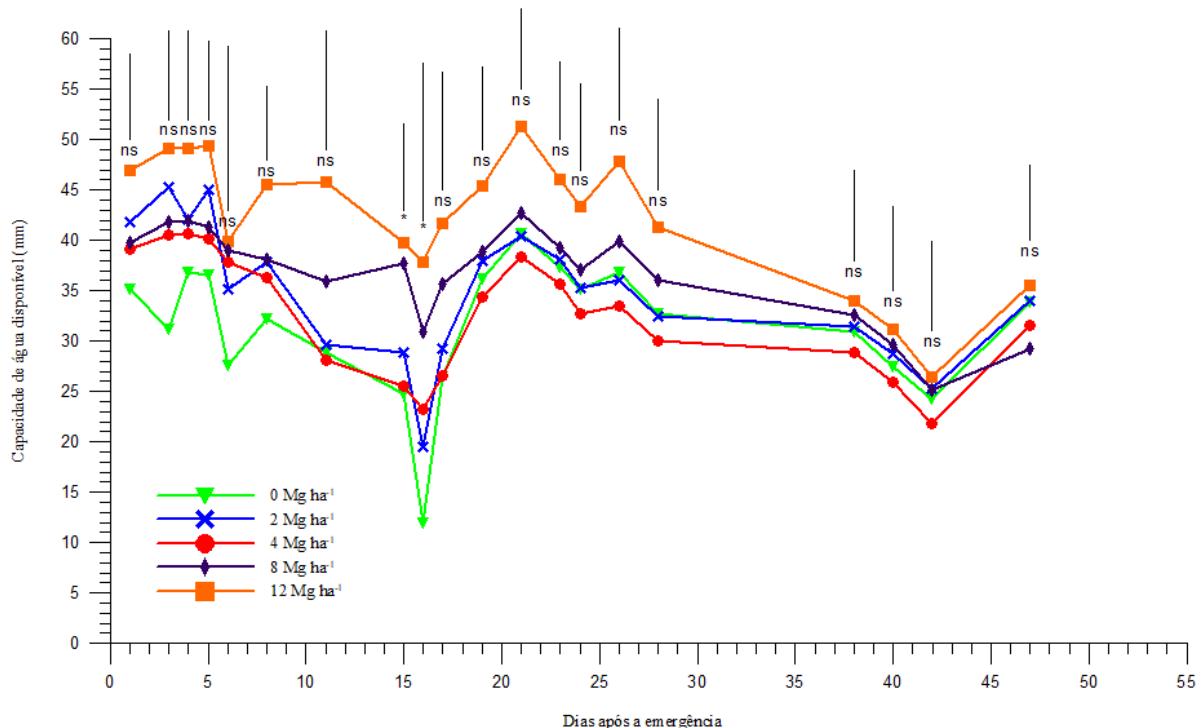
Em relação a lâmina de água disponível, mostrado no gráfico 3, apenas nos dias 15 e 16 DAE apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Assim no dia 16 após a emergência, obtivemos um menor valor de CAD (12 mm) para o tratamento com 0 Mg ha⁻¹. Considerando a variação na disponibilidade de água, o tratamento com 12 Mg ha⁻¹ apresentou uma variação de 26,4 mm a 51,3 mm. No solo sem cobertura, a variação foi de 12 mm a 40,7 mm.

A menor média de disponibilidade de água no solo durante o período de avaliação foi no tratamento de 0 Mg ha⁻¹ obtendo um valor de 32,5 mm e no tratamento com 4 Mg ha⁻¹ obtemos uma média de 33,1 mm. Levando em consideração os tratamentos com 8 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, temos uma média de 37,9 mm e 44,4 mm respectivamente.

A maior retenção e disponibilidade de água para as plantas em solo sob plantio direto geralmente são atribuídas à barreira formada pelos resíduos vegetais, que reduz a evaporação da água na superfície (Dalmago *et al.*, 2009).

A retenção e a disponibilidade de água para as plantas dependem da quantidade de água que infiltra, é retida no solo e pode ser utilizada pelas plantas. Fator como a condição da superfície do solo influencia a infiltração e o armazenamento da água. Práticas de manejo inadequadas, como a ausência de terraços, compactação do solo por tráfego excessivo e baixa produção de biomassa, reduzem a disponibilidade de água. Além disso, a exposição do solo aumenta a perda de água por evaporação, enquanto a proteção do solo e um ambiente físico e químico favorável permitem que as raízes acessem maiores volumes de água (Reichert *et al.*, 2011).

Gráfico 4 – Valores médios da lâmina de água disponível durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus Cerro Largo, 2024*.



* Linhas verticais diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de significância.

ns Não diferem pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

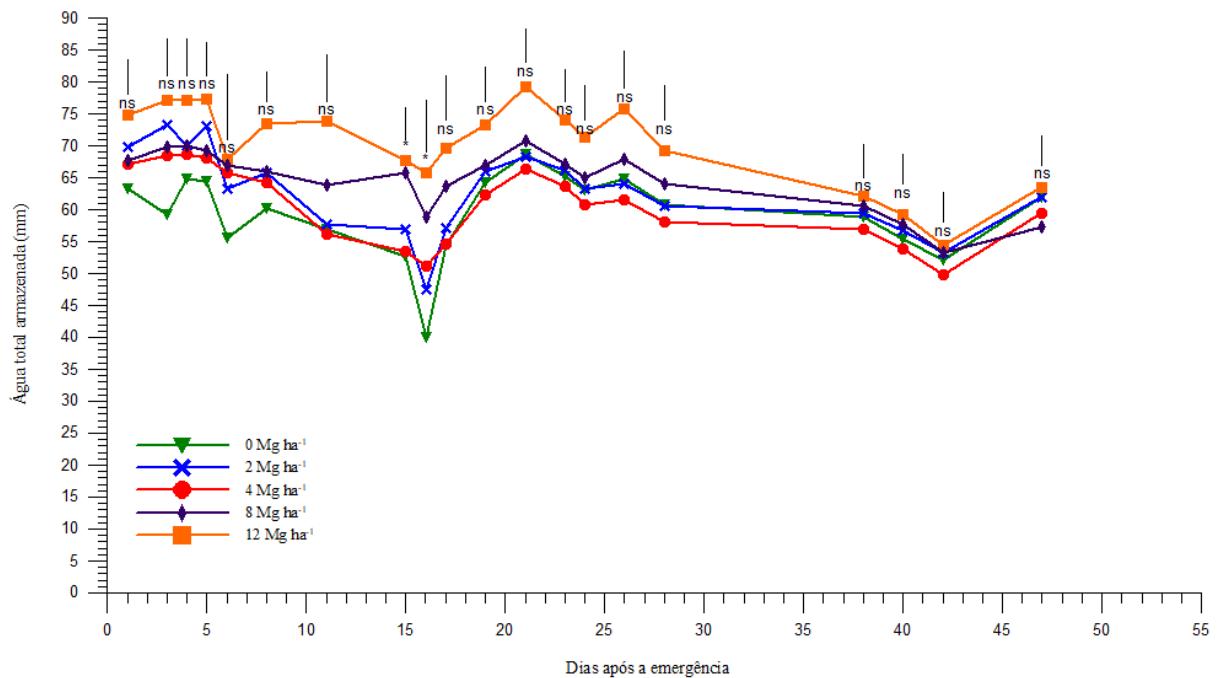
4.2.3 Capacidade de água total armazenada

No gráfico 4 durante o ciclo da soja, em relação a capacidade total de água armazenada (CAT), podemos observar que a quantidade de água armazenada ficou entre 40 mm e 79 mm.

Sendo que a precipitação durante o experimento foi de 359,8 mm. Constatou-se que o maior armazenamento médio de água no solo foi no tratamento com maior quantidade de cobertura vegetal (12 Mg ha^{-1}) com 72,4 mm. Em contrapartida, o menor armazenamento médio ficou com o tratamento sem cobertura vegetal, com valores de 60,5 mm.

Em termos comparativos, o tratamento com 12 Mg ha^{-1} de cobertura vegetal apresentou um armazenamento médio de água 6,5 mm superior ao tratamento com 8 Mg ha^{-1} . Já em comparação ao solo descoberto, o tratamento com 12 Mg ha^{-1} resultou em uma diferença média de armazenamento de água de 11,90 mm.

Gráfico 5 – Valores médios da lâmina de água total durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus Cerro Largo, 2024.*



* Linhas verticais diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de significância.

ns Não diferem pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

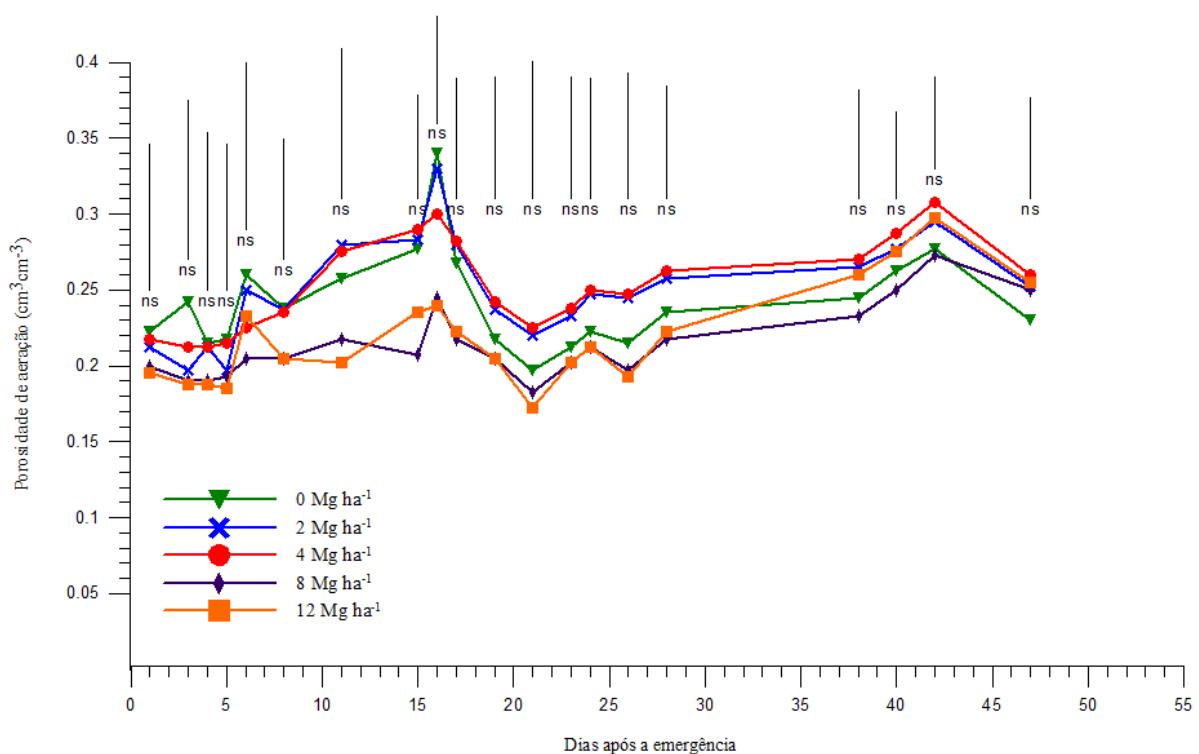
4.2.4 Porosidade de aeração

Como podemos observar no gráfico abaixo, durante todo o ciclo, não houve diferença significativa entre os tratamentos. No tratamento com 0 Mg ha^{-1} , no dia 16 após a emergência, teve um maior valor de $0,34 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$. Contudo, o menor valor observado foi no tratamento com maior quantidade de resíduo vegetal com $0,17 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$.

Tormena *et al.*, (1998), descreve que valores de porosidade de aeração menores que $0,1 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$ são limitantes para o crescimento radicular. Dessa forma, observa-se que, ao longo de

todo o ciclo da cultura, esses valores não foram atingidos e, portanto, não se tornaram limitantes.

Gráfico 6 – Valores médios da porosidade de aeração durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus Cerro Largo, 2024.*



* Linhas verticais diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de significância.

ns Não diferem pelo teste de Tukey 5% de significância

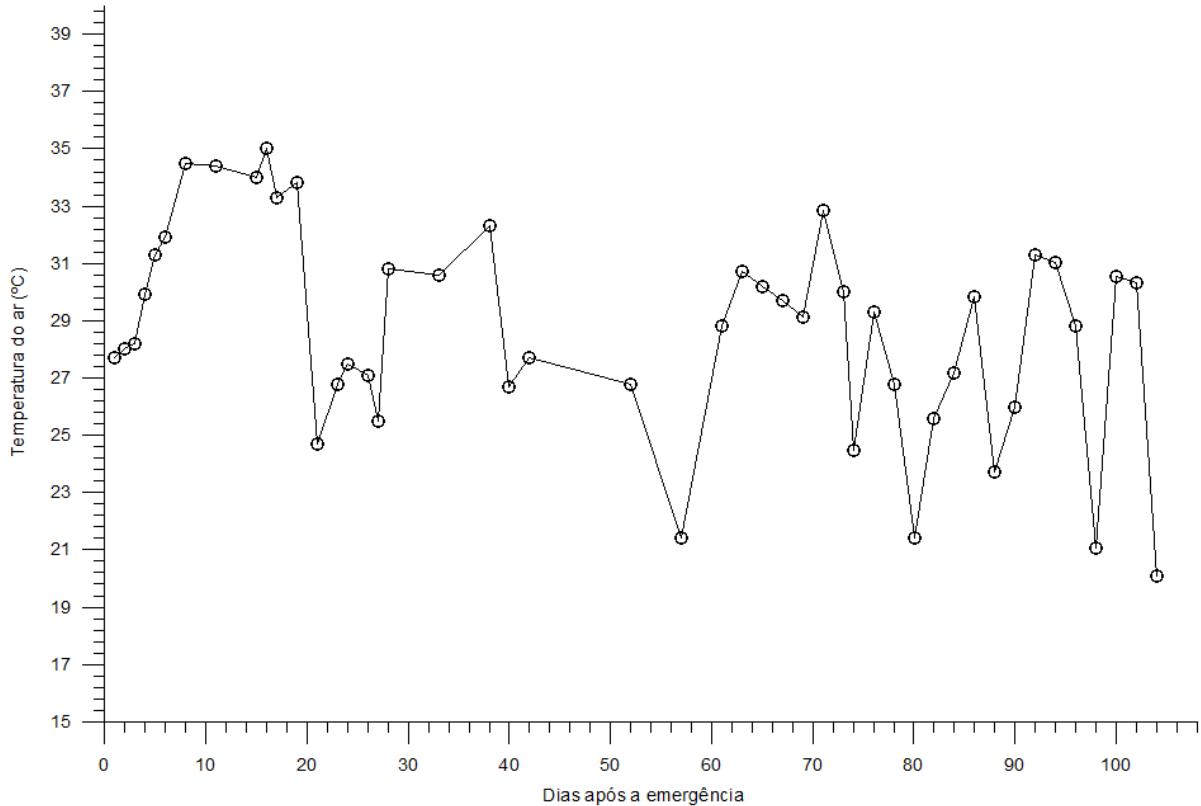
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.3 TEMPERATURA

4.3.1 Temperatura do ar no período de avaliação

A temperatura do ar ao longo do ciclo variou significativamente. O experimento foi realizado no período de verão, onde se caracteriza por altas temperaturas e baixa precipitação. Com isso durante os 65 dias de avaliação, tivemos uma variação de temperatura na hora da leitura de 21,4°C a 34,5°C, como podemos observar no gráfico abaixo.

Gráfico 7 – Temperatura do ar entre 15 horas 30 minutos e 17 horas, durante a leitura a campo (65 dias) e ao longo do ciclo da soja (104 dias), sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus Cerro Largo, 2024.*



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

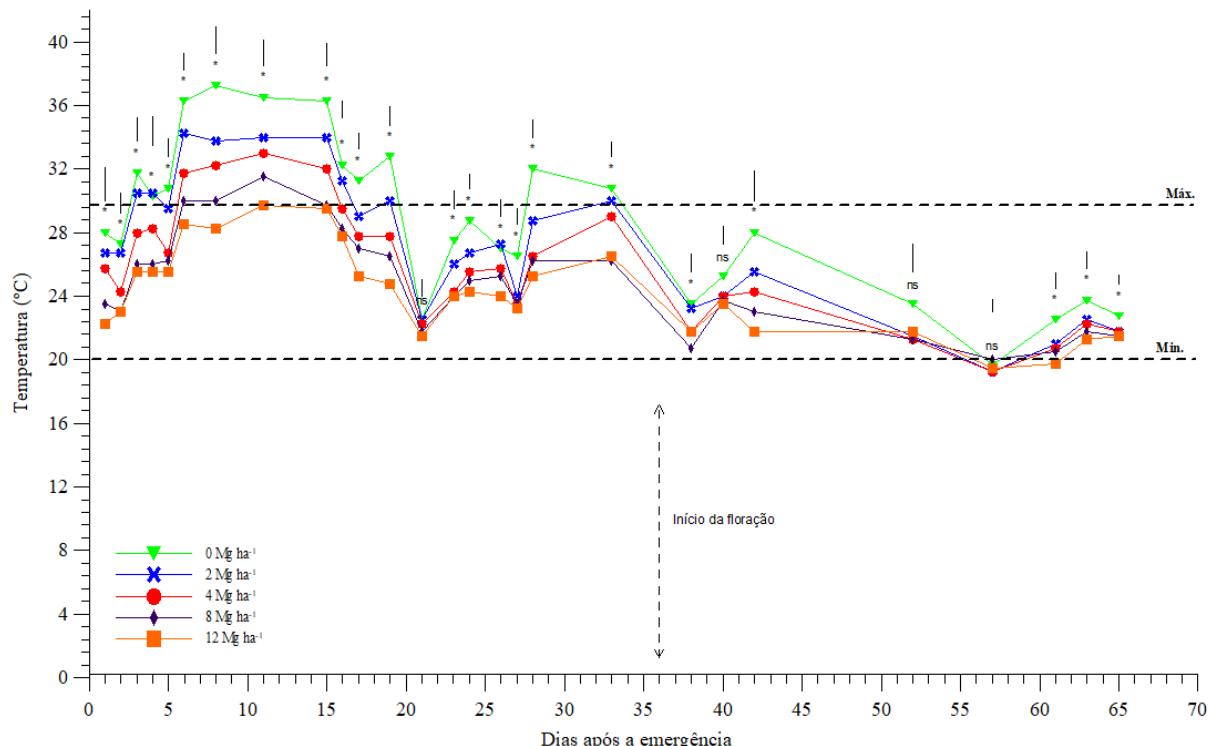
4.3.2 Temperatura do solo

Na avaliação da temperatura do solo em profundidade de 0-5 cm entre linha, houve diferença significativa entre os tratamentos. Durante todo o ciclo, o tratamento sem resíduo vegetal apresentou as maiores temperaturas, com valores que variam de 19,3°C a 37,25°C, consequentemente uma amplitude térmica de 17,6°C. O tratamento com 12 Mg ha⁻¹ apresentou as menores temperaturas durante o período, onde obteve valores de 19,5°C a 29,75°C, com amplitude térmica de 10,3°C.

Para os dias 21, 40, 52 e 57 após a emergência, que não apresentaram diferenças significativas. No dia 21 pode ser explicado pela ocorrência de uma precipitação de 62,2 mm no dia 20 DAE. Como resultado, a umidade do solo no momento da leitura era de 0,34 cm³/cm⁻³, o que levou à redução da temperatura do solo, enquanto a temperatura média do ar foi de 24,7°C. No 40º DAE, segundo dados meteorológicos da estação da UFFS, houve uma

precipitação de 0,8 mm às 11h30. Dessa forma, a umidade média do solo no momento da leitura foi registrada em $0,28 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, enquanto a temperatura do ar atingiu $26,7^\circ\text{C}$. Nos dias 52 e 57, foram registradas precipitações de 27 mm e 38,4 mm, respectivamente, no momento da leitura. No 57º dia, ocorreu a menor temperatura registrada durante todo o período de estudo.

Gráfico 8 – Temperatura do solo em profundidade de 0-5 cm entre linha durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus Cerro Largo, 2024.*



* Linhas verticais diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de significância.

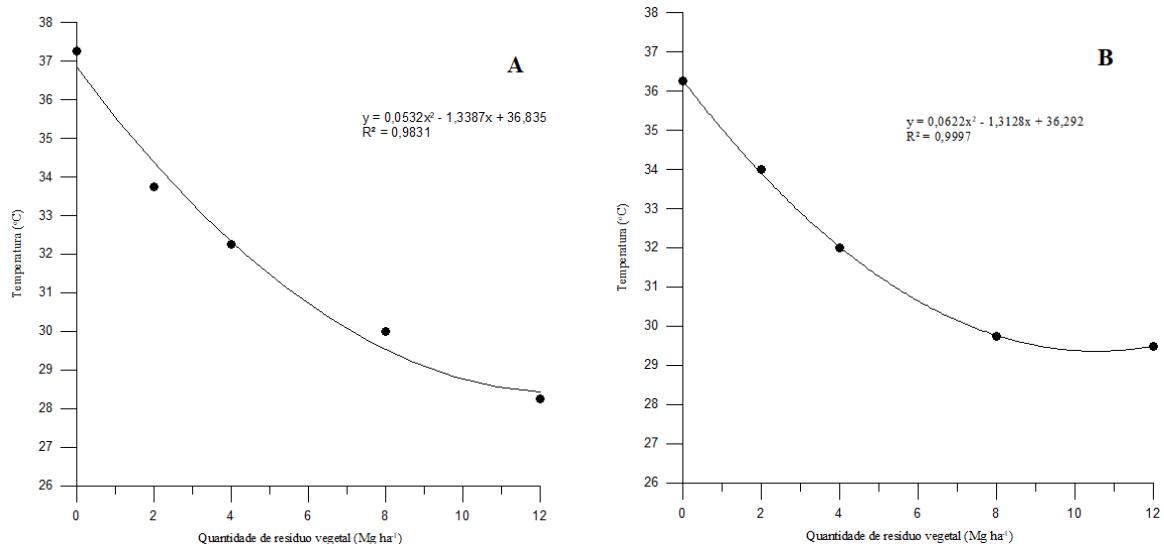
ns Não diferem pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

No gráfico, observam-se duas linhas que delimitam a faixa ideal de temperatura do solo para a soja, indicando os valores máximo e mínimo. Como aponta Farias *et al.* 2007, a temperatura do solo ideal para o cultivo da soja varia de 20°C a 30°C , onde temperaturas superiores a 40°C apresentam efeitos adversos na taxa de crescimento das plantas, impactando diretamente as fases do desenvolvimento reprodutivo e resultando na redução do crescimento geral da planta. Ao longo do ciclo, as temperaturas do solo nos tratamentos com 0, 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ ultrapassaram o limite, enquanto o tratamento com 12 Mg ha⁻¹ permaneceu dentro da faixa ideal durante todo o período. A partir do 33º dia, quando a planta alcançou o estágio fenológico V8 e o fechamento das entrelinhas ocorreu, a temperatura do solo permaneceu dentro da faixa ideal.

Uma análise de regressão foi realizada para os dias 8 e 15 após a emergência (DAE), mostrando que, conforme a quantidade de resíduo vegetal aumenta, a temperatura do solo diminui. No gráfico abaixo, referente a 15 DAE (8 B), observa-se que a temperatura do solo diminui à medida que a quantidade de resíduo vegetal aumenta, até alcançar um valor mínimo em torno de 10 Mg ha^{-1} , e depois começa a aumentar levemente. Isso indica que existe um ponto ótimo de cobertura do solo que maximiza a redução da temperatura, mas quantidades maiores de resíduo podem reduzir um pouco essa eficácia.

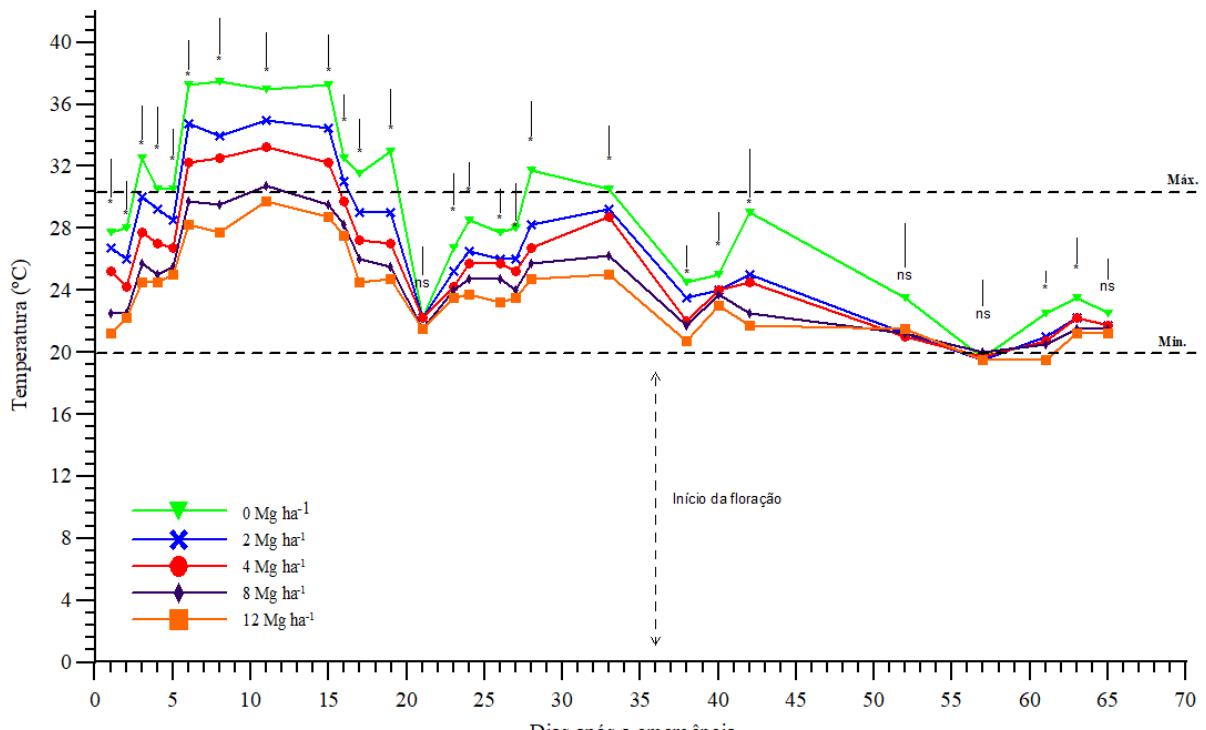
Gráfico 8 – Temperatura do solo em profundidade de 0-5 cm entre linha durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, em 8 e 15 dias após a emergência na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus Cerro Largo, 2024*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para a temperatura do solo 0-5 linha, houve diferença significativa entre os tratamentos. Como podemos observar no gráfico abaixo.

Gráfico 9 – Temperatura do solo em profundidade de 0-5 cm na linha durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus Cerro Largo, 2024*.



* Linhas verticais diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de significância.

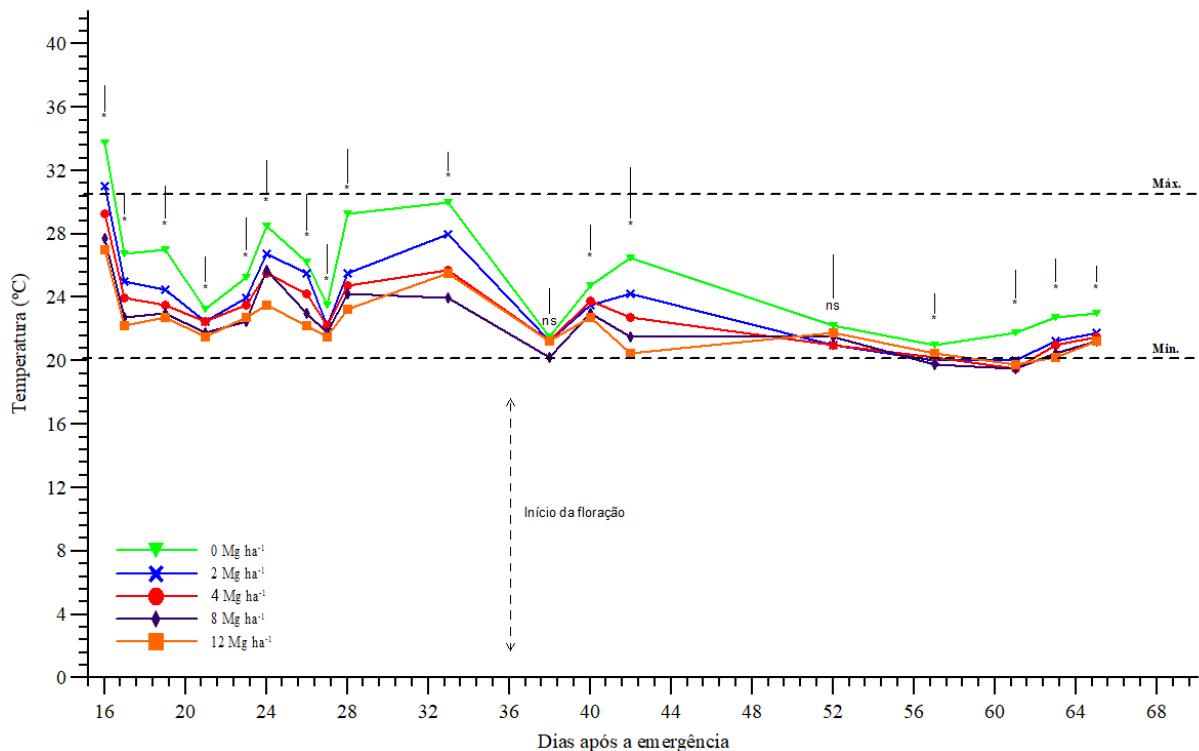
ns Não diferem pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Observa-se que o tratamento sem resíduo vegetal apresentou as maiores temperaturas ao longo de todo o período, variando entre 19,7°C e 37,5°C, com uma amplitude térmica de 17,8°C. Considerando os tratamentos com 8 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, as variações de temperatura foram de 20°C a 30,8°C e 19,5°C a 29,8°C, respectivamente, com amplitudes térmicas de 10,8°C e 10,3°C. Podemos observar que ao 33º dia, no estágio fenológico de V8, onde acontece o fechamento das linhas e entre linhas pela altura e quantidade de folhas das plantas, a temperatura do solo se manteve dentro da faixa ideal para o cultivo.

Para a medição de temperatura de 0-10 cm entre linha, houve diferença significativa entre os tratamentos. Conforme mostrado no gráfico, o tratamento sem resíduo vegetal apresentou as maiores temperaturas ao longo de todo o período, atingindo uma máxima de 33,8°C e mínima de 21°C, com uma amplitude térmica de 12,8°C. Em contrapartida, os tratamentos com 8 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ apresentaram temperaturas mais baixas, variando de 27,8°C a 19,5°C e de 27°C a 19,8°C, resultando em amplitudes térmicas de 8,3°C e 7,2°C, respectivamente.

Gráfico 10 – Temperatura do solo em profundidade de 0-10 cm na entre linha durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Cerro Largo, 2024.



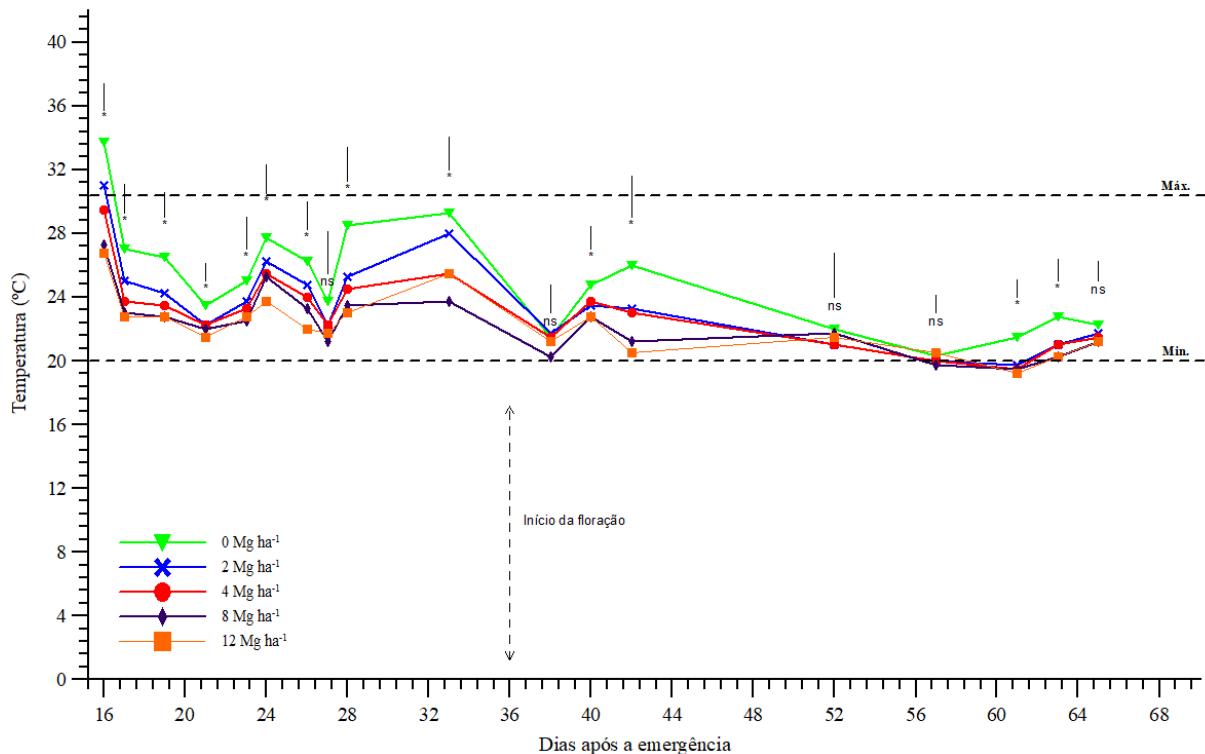
* Linhas verticais diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de significância.

ns Não diferem pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na avaliação de 0-10 cm na linha de semeadura, os tratamentos diferiram significativamente entre si. No gráfico, observa-se que o tratamento com 0 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal manteve as temperaturas mais elevadas. Em contrapartida, os tratamentos com 8 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ tiveram as menores temperaturas. O tratamento sem resíduo vegetal apresentou variação de temperatura entre 33,8°C e 20,3°C, resultando em uma amplitude térmica de 13,4°C. Nos tratamentos com maior quantidade de palha, o tratamento com 8 Mg ha⁻¹ apresentou uma amplitude térmica de 7,8°C, variando entre 27,3°C e 19,5°C. Já o tratamento com 12 Mg ha⁻¹ teve uma amplitude térmica de 7,5°C, com variação de temperatura entre 26,8°C e 19,3°C.

Gráfico 11 – Temperatura do solo em profundidade de 0-10 cm na linha durante o ciclo da soja, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – campus Cerro Largo, 2024.



* Linhas verticais diferem entre si pelo teste de Tukey 5% de significância.

ns Não diferem pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em critérios de comparação em profundidades de 0-5 cm e 0-10 cm, podemos observar que na profundidade maior, há uma redução de temperatura em todos os tratamentos, também podemos ver que nas camadas de 0-10 cm durante o período de avaliação, a temperatura do solo se manteve dentro da faixa ideal para o cultivo. A temperatura do solo afeta diretamente o desenvolvimento das plantas, influenciando a germinação, o crescimento das raízes e a severidade de doenças. Reações químicas e a disponibilidade de nutrientes dependem de uma faixa adequada de temperatura. Resíduos vegetais na superfície ajudam a proteger o solo, reduzindo o aquecimento e a perda de água. Estudos nos Estados Unidos mostraram que a cobertura com palha pode reduzir a temperatura do solo em até 2°C, o que é benéfico em regiões mais quentes (Belan *et al.*, 2013).

Dantas *et al.*, (2017), avaliou a correlação entre a temperatura do ar e do solo em diferentes profundidades (5, 10, 30 e 50 cm) em Diamantina, MG e observou que a temperatura do solo variou conforme a profundidade no perfil. As camadas mais superficiais foram diretamente influenciadas pela temperatura do ar, enquanto as camadas mais profundas

apresentaram variações de temperatura. De acordo com Resende *et al.*, (2005), o uso de cobertura morta reduziu a temperatura do solo em até 3,5°C e aumentou a retenção de umidade em até 2,3% em comparação ao solo descoberto. Da mesma forma, estudos de Rodrigues *et al.*, (2018) indicam que a adição de palha em quantidades de 5, 10 e 15 Mg ha⁻¹ foi eficaz para reduzir a temperatura do solo em pelo menos 3°C.

4.4 PRODUTIVIDADE E PESO DE MIL GRÃOS

Na tabela a seguir, estão apresentados valores da produtividade e peso de mil sementes (PMS) da cultura da soja em diferentes quantidades de resíduo vegetal.

Tabela 4 – Produtividade e peso do mil sementes em função de diferentes quantidades de resíduo vegetal, Cerro Largo (2024).

Tratamento (Mg/ha)	0	2	4	8	12
Produtividade (sacos/ha)	35,25 b	45,5 a	48,5 a	49,75 a	50,25 a*
Peso de mil grãos (g)	211,75 a*	214,75 a	220,25 a	222,00 a	208,25 a

*Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Observa-se que o tratamento com 0 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal, apresentou uma produtividade média de 35,25 sacos/ha e com isso, diferiu significativamente aos demais tratamentos. Em comparação, o tratamento com 12 Mg ha⁻¹ alcançou a maior produtividade média, com 50,25 sacos/ha, sem diferença significativa em relação aos outros tratamentos de 2 Mg ha⁻¹ (45,50 sacos/ha), 4 Mg ha⁻¹ (48,50 sacos/ha) e 8 Mg ha⁻¹ (49,75 sacos/ha).

Segundo estudos de Bandinelli *et al.*, (2019) a produtividade de grãos de soja em sucessão a cobertura de solo no outono-inverno foi influenciada pela quantidade de palha presente no momento da implantação da cultura. O tratamento com 3,00 Mg ha⁻¹ de aveia preta aumentou o rendimento de grãos em 13,98% e 5,82%, quando comparado aos tratamentos com 0,00 Mg ha⁻¹ e 4,00 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Em relação ao peso de mil sementes, não houve diferença significativa entre os tratamentos. O maior peso registrado foi no tratamento com 8 Mg ha⁻¹, atingindo 222 gramas. Em contraste, o menor peso foi observado no tratamento com 12 Mg ha⁻¹, com 208,25 gramas. Para essa cultivar, o peso estimado de mil sementes no momento da semeadura era de 192 gramas, conforme informações do site oficial da TMG.

Estudos de Wolschick *et al.*, (2018), que utilizou diferentes plantas de cobertura, como pousio, aveia preta (*Avena strigosa*), nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), ervilhaca comum (*Vicia sativa*) e consórcio de aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca comum. Mostra que o peso de mil semente em função de diferentes tipos de cobertura vegetal apresentou valores entre 164,9 e 169,9g e não diferiu significativamente entre tratamentos. Debiasi *et al.* (2010) também não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. No entanto, os valores de peso de mil sementes (PMS) obtidos em seu estudo foram consistentemente superiores a 200 gramas.

Santos *et al.*, (2016), em estudo sobre rendimento de grãos de soja em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. Constatou que, o peso de mil sementes de soja cultivada sob plantio direto e cultivo mínimo foram superiores em comparação à soja cultivada sob preparo convencional do solo com o uso de arado de discos e arado de aivecas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas condições em que o experimento foi realizado, conclui-se que os parâmetros de densidade do solo, porosidade de aeração, macroporosidade e microporosidade analisados nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm não apresentaram diferenças significativas.

A temperatura teve diferença significativa entre os tratamentos, em diferentes camadas, destacando-se o tratamento com 12 Mg ha^{-1} que apresentou menores temperaturas em comparação com o tratamento sem resíduo vegetal, onde apresentou elevadas temperaturas.

Para umidade do solo, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Contudo o tratamento com 12 Mg ha^{-1} obteve os maiores valores de umidade ao longo do ciclo.

Quanto à produtividade, os tratamentos apresentaram diferenças significativas entre si. O tratamento que utilizou uma maior quantidade de resíduo vegetal (12 Mg ha^{-1}) destacou-se positivamente, enquanto o tratamento sem cobertura apresentou resultados negativos. Para o peso de mil grão, os tratamentos não diferiram significativamente entre si.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, José Alan de A. *et al.* EFEITO NA TEMPERATURA E NA UMIDADE DO SOLO PELO APORTE DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DE CULTURAS DE COBERTURA. VII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, [s. l], p. 1515-1518, 2007. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/epg/pdf/EPG5-9.pdf. Acesso em: 28 set. 2024.

ACOSTA, José Alan de A. *et al.* EFEITO NA TEMPERATURA E NA UMIDADE DO SOLO PELO APORTE DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DE CULTURAS DE COBERTURA. VII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Americano de Pós-Graduação, [s. l], p. 1515-1518, 2004. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/epg/pdf/EPG5-9.pdf. Acesso em: 06 abr. 2024.

ALVARENGA, Ramon Costa; CABEZAS, Waldo Alejarulro Lara; CRUZ, José Carlos; SANTANA, Derli Prudente. Plantio Direto: plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Plantas de Cobertura, [s. l], p. 25-36, 2001. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/485005>. Acesso em: 04 abr. 2024.

BADINELLI, Pablo Gerzson *et al.* A QUANTIDADE DE PALHA EM COBERTURA AFETA A DISTRIBUIÇÃO DAS PLANTAS E A PRODUTIVIDADE DE SOJA CULTIVADA EM SUCESSÃO EM TERRAS BAIXAS. XI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, Balneário Camboriú-Sc, p. 1-4, 2019. Disponível em: https://www.sosbai.com.br/uploads/trabalhos/a-quantidade-de-palha-em-cobertura-afeta-a-distribuicao-das-plantas-e-a-produtividade-de-soja-cultivada-em-sucessao-em-terrass-baixas_737.pdf. Acesso em: 29 set. 2024.

BELAN, Leônidas Leoni; XAVIER, Talita Miranda Teixeira; TORRES, Herbert; TOLEDO, João Vitor; PEZZOPANE, José Eduardo Macedo. Dinâmica entre temperaturas do ar e do solo sob duas condições de cobertura. Revista Acadêmica Ciência Animal, Curitiba-Pr, p. 149-154, 21 out. 2013. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/11438>. Acesso em: 29 set. 2024.

CAMARA, Gil Miguel de Sousa. Como a planta de soja se desenvolve. Universidade de São Paulo - Usp, [s. l], p. 3-19, 1997. Disponível em: [https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3140/\\$File/Como%20a%20Planta%20da%20Soja%20Desenvolve.pdf](https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/article/BRS-3140/$File/Como%20a%20Planta%20da%20Soja%20Desenvolve.pdf). Acesso em: 05 abr. 2024.

CAMPOS, Ben-Hur Costa de; REINERT, Dalvan José; ALBUQUERQUE, Jackson Adriano; NICOLODI, Renato. AVALIAÇÃO TEMPORAL DA UMIDADE DO SOLO COMO CONSEQUÊNCIA DO TIPO E PERCENTAGEM DE COBERTURA VEGETAL. Ciência Rural, [S.L.], v. 24, n. 3, p. 459-463, dez. 1994. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84781994000300002>.

CAMPOS, Ben-Hur Costa de; REINERT, Dalvan José; ALBUQUERQUE, Jackson Adriano; NICOLODI, Renato. AVALIAÇÃO TEMPORAL DA UMIDADE DO SOLO COMO CONSEQUÊNCIA DO TIPO E PERCENTAGEM DE COBERTURA VEGETAL. Ciência

Rural, [S.L.], v. 24, n. 3, p. 459-463, dez. 1994. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84781994000300002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/8JVHzww3Bk4zJKDZzHnMmxb/>. Acesso em: 29 set. 2024.

CONAB. BOLETIM DA SAFRA DE GRÃOS. 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 01 abr. 2024.

COSTA, Nídia Raquel. Produtividade da soja sobre palhada de forrageiras semeadas em diferentes épocas e alterações químicas no solo. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recipe-Pe, p. 8-16, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1190/119038296002.pdf>. Acesso em: 04 set. 2024.

DALL'AGNOL, Amélio; GAZZONI, Décio Luiz. Origem e Evolução. 500 Perguntas 500 Respostas: Soja, [s. l.], p. 18-19, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/208388/1/500-PERGUNTAS-Soja-ed-01-2019.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2024.

DALMAGO, Genei A.; BERGAMASCHI, Homero; BERGONCI, João I.; KRÜGER, Cleusa A. M. B.; COMIRAN, Flávia; HECKLER, Bruna M. M.. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [S.L.], v. 13, n. , p. 855-864, dez. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662009000700007>.

DANTAS, Daniel; BARBOSA, Gabriela Paranhos; CUNHA, Eduarda Gabriela Santos; SOUZA, Maria José Ha-Tem de; SOUZA, Cláudio Marcio Pereira de. Temperatura do ar e do solo em diferentes profundidades, em Diamantina-MG/: air temperature and soil in different depths in diamantina-mg. Caderno de Ciências Agrárias, Diamantina-Mg, p. 61-66, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/2978>. Acesso em: 29 set. 2024.

DEBIASI, Henrique; LEVIEN, Renato; TREIN, Carlos Ricardo; CONTE, Osmar; KAMIMURA, Karina Marie. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, [S.L.], v. 45, n. 6, p. 603-612, jun. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2010000600010>.

DENARDIN, José Eloir *et al.* Evolução da area cultivada sob sistema plantio direto no Rio Grande do Sul. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, [s. l], p. 9-31, 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/121365/1/FL-07298.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2024.

DENARDIN, José Eloir; FAGANELLO, Antonio. Manejo do Solo e Sistema Plantio Direto. Embrapa, [s. l], p. 59, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140900/1/ID43612-2016LVTriagoCap3.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2024.

EPAGRI. O que são plantas de cobertura ou adubos verdes: conheça as vantagens. conheça as vantagens. 2020. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/09/04/o-que-sao-plantas-de-cobertura-ou-adubos-verdes-conheca-as->

vantagens/#:~:text=As%20plantas%20de%20cobertura%20s%C3%A3o,promovida%20pelos%20organismos%20do%20solo. Acesso em: 25 mar. 2024.

FAGAN, Evandro Binotto *et al.* FISIOLOGIA DA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO EM SOJA - REVISÃO. Revista da Fzva, [s. l], p. 89-106, 2007. Disponível em: <https://itaya.bio.br/materiais/Fixa%C3%A7%C3%A3o%20biol%C3%83gica%20do%20nitrogenio.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2024.

FARIAS, José Renato B.; NEPOMUCENO, Alexandre L.; NEUMAIER, Norman. Ecofisiologia da Soja. Embrapa: Circular Técnica 48, [s. l], p. 1-9, 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicações/-/publicação/470308/ecoefisiologia-da-soja>. Acesso em: 03 abr. 2024.

FURLANI, Carlos Eduardo Angeli *et al.* TEMPERATURA DO SOLO EM FUNÇÃO DO PREPARO DO SOLO E DO MANEJO DA COBERTURA DE INVERNO. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [s. l], p. 375-380, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/JTCmCRcX47wBwqX4cdwGX6x/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 abr. 2024.

GUIMARÃES, Daniel Pereira *et al.* Zoneamento Agrícola de Risco Climático (Zarc) para o sorgo granífero no Brasil. Embrapa Milho e Sorgo, [s. l], p. 1-19, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/219767/1/Doc-254-Zarc-sorgo.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2024.

HECKLER, João Carlos; HERNANI, Luis Carlos; PITOL, Carlos. Palha. 500 Perguntas 500 Respostas - Sistema Plantio Direto, [s. l], p. 37-49, 1988. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/101795/1/500perguntassistemaplantiodireto.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2024.

HENNING, Ademir Assis *et al.* Manual de identificação de doenças de soja. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Soja, [s. l], p. 7-76, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/991687/1/Doc256OL.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2024.

HERNANI, Luis Carlos. Sistema Plantio Direto: benefícios. Benefícios. 2021. Conteúdo migrado. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informação-tecnológica/temáticas/sistema-plantio-direto/fundamentos/benefícios>. Acesso em: 02 abr. 2024.

HERNANI, Luis Carlos; SALTON, Júlio Cesar. 500 Perguntas 500 Respostas - Sistema Plantio Direto: conceitos. Embrapa Agropecuária Oeste, [s. l], p. 15-20, 1988. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/98258/1/500perguntassistemaplantiodireto.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2024.

KIIHL, Romeu Afonso de Souza *et al.* Soja brasileira: sucesso de norte a sul. Embrapa, [s. l], p. 1-4, 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/463708>. Acesso em: 01 abr. 2024.

KLEIN, Luís Antônio. MODELOS MULTIVARIADOS NA CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE AVEIA PRETA (*Avena strigosa* S.). 2022.

91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pósgraduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/24330/DIS_PPGAA_2022_KLEIN_LU%c3%8dS.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 15 abr. 2024.

LAMAS, Fernando Mendes. Plantas de cobertura: O que é isto? Embrapa Agropecuária Oeste, [s. l.], p. 1, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto>. Acesso em: 27 mar. 2024.

LIMA, Larissa. EFEITO DAS PLANTAS DE COBERTURA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO. Enciclopedia Biosfera, Goiania, p. 1410-1425, 2014. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2765>. Acesso em: 29 set. 2024.

MACARI, Stefani; ROCHA, Marta Gomes da; RESTLE, João; PILAU, Alcides; FREITAS, Fabiana Kellermann de; NEVES, Fabio Pereira. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo. Ciência Rural, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 910-915, jun. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782006000300028>.

MACARI, Stefani; ROCHA, Marta Gomes da; RESTLE, João; PILAU, Alcides; FREITAS, Fabiana Kellermann de; NEVES, Fabio Pereira. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo. Ciência Rural, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 910-915, jun. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782006000300028>.

MACHADO, Luís Armando Zago. AVEIA: FORRAGEM E COBERTURA DO SOLO. Embrapa Agropecuária Oeste, [s. l.], p. 1-17, 2000. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/243576/aveia-forragem-e-cobertura-do-solo>. Acesso em: 06 mar. 2024.

MALLMANN, Micael Stolben. ESTRUTURA E FUNCIONALIDADE DO SISTEMA POROSO DO SOLO EM SISTEMAS COM USO DE PLANTAS DE COBERTURA. 2021. 74 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Processos Físicos e Morfogenéticos do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/28873>. Acesso em: 11 abr. 2024.

MELO, Aurelio Vaz de *et al.* Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos de adubação orgânica e mineral. Semina: Ciências Agrárias, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 411-420, 12 jul. 2011. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n2p411>.

MICHELON, Cleudson José; MICHELON, Cleudson José; JUNGES, Emanuele; CASALI, Carlos Alberto; PELLEGRINI, João Batista Rossetto; ROSA NETO, Lethícia; OLIVEIRA, Zanandra Boff de. Atributos do solo e produtividade do milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de inverno. Revista de Ciências Agroveterinárias, [S.L.], v. 18, n. 2, p. 230-239, 19 jun. 2019. Universidade do Estado de Santa Catarina. <http://dx.doi.org/10.5965/223811711812019230>. Disponível

em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/9872>. Acesso em: 28 set. 2024.

MILNE, R.M.; HAYNES, R.J.. Comparative effects of annual and permanent dairy pastures on soil physical properties in the Tsitsikamma region of South Africa. *Soil Use And Management*, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 81-88, mar. 2004. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-2743.2004.tb00340.x>.

NEUMAIER, Norman *et al.* Ecofisiologia da soja. *Tecnologias de Produção de Soja*, [s. l], p. 33-54, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223209/1/SP-17-2020-online-1.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2024.

OLIVEIRA, Luiz Eduardo Zancanaro de. *PLANTAS DE COBERTURA: CARACTERÍSTICAS, BENEFÍCIOS E UTILIZAÇÃO*. 2014. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Brasilia, 2014. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/10471/1/2014_LuizEduardoZancanaroOliveira.pdf. Acesso em: 25 abr. 2024.

PEREIRA NETO, Osvaldo C. *et al.* Análise do tempo de consolidação do sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 489-496, out. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662007000500007>.

REDIN, Marciel; GIACOMINI, Sandro José; FERREIRA, Paulo Ademar Avelar; ECKHARDT, Daniel Pazzini. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. *Plantas de Cobertura de Solo e Agricultura Sustentável: Espécies, Matéria Seca e Ciclagem de Carbono e Nitrogênio*, [s. l], p. 7-22, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/149123/001005239.pdf?se>. Acesso em: 06 abr.

REICHERT, José Miguel *et al.* Hidrologia do solo, disponibilidade de água às plantas e zoneamento agroclimático. *Tópicos em Ciência do Solo*, Santa Maria-Rs, p. 1-54, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/361497896_Hidrologia_do_solo_disponibilidad_e_de_agua_as_plantas_e_zoneamento_agroclimatico. Acesso em: 27 set. 2024.

RESENDE, Francisco Vilela; SOUZA, Luciano Soares de; OLIVEIRA, Paulo Sérgio Rabello de; GUALBERTO, Ronan. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. *Ciência e Agrotecnologia*, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 100-105, fev. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542005000100012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yF8dpDCYSNpMNLtHZzV6wgy/?lang=pt>. Acesso em: 10 abr. 2024.

RODRIGUES, Gilberto Aparecido; SANTOS, Gilmar Oliveira; CARRASQUEIRA, Arthur; MACHADO, Elizete Rodrigues; ASSIRATI, Elaine Therezinha; MACRI, Rita de Cássia Vieira. *OSCILAÇÕES DA TEMPERATURA DO SOLO EM FUNÇÃO DE QUANTIDADES*

DE PALHA E HORÁRIOS AO LONGO DO DIA. Revista Interface Tecnológica, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 293-304, 30 jun. 2018. Interface Tecnologica. <http://dx.doi.org/10.31510/infa.v15i1.353>.

ROGGIA, Samuel *et al.* Manejo integrado de pragas. Tecnologias de Produção de Soja, [s. l], p. 197-226, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223209/1/SP-17-2020-online-1.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2024.

S.A., Tropical Melhoramento & Genética. TMG 7362 IPRO. 2023. Disponível em: <https://www.tmg.agr.br/cultivar/tmg-7362-ipro/>. Acesso em: 25 set. 2023.

SALTON, Júlio Cesar; MIELNICZUK, João; BAYER, Cimélio; BOENI, Madalena; CONCEIÇÃO, Paulo Cesar; FABRÍCIO, Amoacy Carvalho; MACEDO, Manuel Cláudio Motta; BROCH, Dirceu Luiz. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [S.L.], v. 32, n. 1, p. 11-21, fev. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832008000100002>.

SANTOS, Henrique Pereira dos; LHAMBY, Julio Cesar Barreneche; SPERA, Silvio Tilio. Rendimento de grãos de soja em função de diferentes sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. Ciência Rural, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 21-29, fev. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782006000100004>.

SEIXAS, Claudine Dinali Santos *et al.* Manejo de doenças. Tecnologias de Produção de Soja, [s. l], p. 223-263, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/223209/1/SP-17-2020-online-1.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2024.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, R.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; HAMPF, A. C.; NENDEL, C.. The soybean yield gap in Brazil – magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. The Journal Of Agricultural Science, [S.L.], v. 153, n. 8, p. 1394-1411, 24 abr. 2015. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0021859615000313>.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J.. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 311-317, jun. 1998. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06831998000200017>.

SOUZA, Milene Moreira da Silva Rosa de. Ação da cobertura com leguminosas sobre o solo e seringal em formação. 1996. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Fitotecnia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-20191218-145951/publico/SouzaMileneMoreiraDaSilvaRosa.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2024.

STRECK, Edemar Valdir. Solos do Rio Grande do Sul. 3º Edição Revisada e Ampliada, Porto Alegre, RS, p. 1-252, 2018.

URCHEI, Mário Artemio *et al.* Água e Temperatura no Solo. Sistema Plantio Direto, [s. l], p. 86-86, 1988. Disponível

em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/98258/1/500perguntassistemaplantiodireto.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2024.

VERNETTI, Francisco de Jesus; GASTAL, Mario Franklin da Cunha. DESCRIÇÃO BOTÂNICA DA SOJA. Embrapa, [s. l.], p. 1-11, 1979. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178692/1/Circular-7.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2024.

WOLSCHICK, Neuro Hilton. Plantas de cobertura do solo e seus efeitos nas propriedades físicas e produtividade de soja e milho. Scientia Agraria Paranaensis, [s. l.], p. 272-281, 2018. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/19245>. Acesso em: 19 set. 2024.