

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA**

PAULO MIGUEL MUCHA

**EFEITO DA COBERTURA COM RESÍDUOS VEGETAIS NA UMIDADE E
TEMPERATURA DO SOLO**

CERRO LARGO

2023

PAULO MIGUEL MUCHA

**EFEITO DA COBERTURA COM RESÍDUOS VEGETAIS NA UMIDADE E
TEMPERATURA DO SOLO**

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

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS

Mucha, Paulo Miguel

Efeito da cobertura com resíduos vegetais na umidade e temperatura do solo / Paulo Miguel Mucha. -- 2023.
42 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo, RS, 2023.

1. Cobertura do solo. 2. Manejo conservacionista. 3.
Temperatura do solo. 4. Umidade do solo. I. Kaiser,
Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade Federal da
Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados
fornecidos pelo(a) autor(a).


PAULO MIGUEL MUCHA

**EFEITO DA COBERTURA COM RESÍDUOS VEGETAIS NA UMIDADE E
TEMPERATURA DO SOLO**


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

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 24/11/2023.


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **DOUGLAS RODRIGO KAISER**
Data: 13/12/2023 15:08:16-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS
Orientador

Documento assinado digitalmente
 **RENAN COSTA BEBER VIEIRA**
Data: 13/12/2023 10:09:41-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira – UFFS
Avaliador

Documento assinado digitalmente
 **LUCAS RAIMUNDO RAUBER**
Data: 12/12/2023 11:55:39-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Ms. Lucas Raimundo Rauber – UFSC
Avaliador

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e por todas as forças superiores para ultrapassar os obstáculos encontrados ao longo do curso.

À universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, pela oportunidade de cursar a graduação e pelo desenvolvimento da ciência e tecnologia na região das missões.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser, pela orientação para a condução desse trabalho. Agradeço pelo esclarecimentos das dúvidas, pelas correções e ensinamentos, além da atenção, paciência e conselhos dados.

À amiga Marintia Borges Quaresma, pela ajuda em todo o andamento da graduação e apoio nos momentos difíceis, tanto acadêmico quanto pessoal, além da enorme ajuda durante a elaboração desse trabalho a campo.

Aos terceirizados pela contribuição na condução do experimento na área experimental.

À minha mãe Edite Rosane Loureiro Mucha, que me apoiou e ajudou durante toda a minha caminhada acadêmica, além de me incentivar a sempre persistir não importando a dificuldade.

À meu pai Aldo Mucha, que sempre incentivou a seguir estudando e me motivando a fazer o que eu gosto.

Enfim, a todos que de alguma forma colaboraram para a conclusão deste trabalho e para o desenvolvimento no meu processo de formação profissional que, embora não citados aqui, não deixam de merecer meu profundo agradecimento.

Muito obrigado!

RESUMO

O Plantio Direto (PD) é tipo de manejo predominante na Região Sul do Brasil, sendo diferente do Sistema Plantio Direto (SPD) que é o mais recomendado para os solos brasileiros, pois este sistema leva em consideração diversas práticas conservacionistas de manejo e manutenção para a redução da degradação e aumento da preservação do solo. O SPD, é sustentado por três pilares fundamentais, sendo, o não revolvimento do solo, a rotação de culturas e a cobertura permanente do solo; em certas situações, há necessidade de se adicionar um quarto pilar, sendo as práticas conservacionistas complementares. A cobertura permanente do solo promove a diminuição da evaporação, aumenta a retenção de água, pelo aumento da infiltração, além de reduzir a intensidade da radiação solar no solo, resultando em temperaturas mais amenas ao desenvolvimento de plantas e organismos. O objetivo deste trabalho foi de avaliar os efeitos de diferentes quantidades de resíduo vegetal na cobertura sobre a temperatura e umidade do solo em um cultivo de milho para cobertura. O estudo foi realizado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo – RS, onde se encontra um Latossolo Vermelho da Unidade de Mapeamento Santo Ângelo. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, onde se utilizou um solo descoberto, e solos com 2, 4, 8 e 12 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal. Foram avaliados a produção de Biomassa seca do milho, densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), macroporosidade (Mac), microporosidade (Mic), porosidade de aeração (Par), umidade volumétrica (UV) nos primeiros 20 cm do solo e temperatura nos primeiros 5 cm do solo. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), onde as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os atributos físicos do solo, avaliados nas camadas de 0 - 10 e 10 - 20 cm, não diferiram significativamente. A maior disponibilidade de água foi obtida pelo tratamento com 12 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal, com uma média de 34,8mm, sendo 8,13 mm a mais que o tratamento sem cobertura de resíduo vegetal. Os solos com cobertura de resíduo vegetal acima de 8 Mg ha⁻¹, proporcionaram as menores amplitudes térmicas durante o estudo, com redução média da temperatura de 1,3°C em relação ao solo descoberto. A maior produção de biomassa do milho foi obtida nos tratamentos com maior cobertura. O uso de cobertura permanente do solo com quantidades acima de 8 Mg ha⁻¹ é essencial para a preservação do solo, além da manutenção da umidade e mantendo a temperatura mais amenas para o desenvolvimento das plantas.

Palavras-chave: plantio direto, palhada; armazenamento de água.

ABSTRACT

The Direct Planting (PD) (no-till) is the predominant type of management in the Southern Region of Brazil, being different from the Direct Planting System (SPD), which is the most recommended for Brazilian soils, as this system uses various conservationist management and maintenance practices to reducing degradation and increasing soil preservation. The SPD is supported by three fundamental pillars, being, not disturbing the soil, crop rotation and permanent soil cover; In certain situations, there is a need to add a fourth pillar, with conservation practices being complementary. Permanent soil coverage promotes a reduction in evaporation, increases water retention by increasing infiltration, in addition to reducing the intensity of solar radiation on the soil, resulting in milder temperatures for the development of plants and organisms. The objective of this work was to evaluate the effects of different amounts of plant residue in the cover on soil temperature and humidity in a corn crop for cover. The study was carried out in the experimental area of the Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo – RS, where a Oxisol from the Santo Ângelo Mapping Unit is located. The design used was randomized blocks, where bare soil was used, and soils with 2, 4, 8 and 12 Mg ha⁻¹ of plant residue. Were evaluated the production of corn dry biomass, soil density (Ds), total porosity (PT), macroporosity (Mac), microporosity (Mic), aeration porosity (Par), volumetric humidity (UV) in the first 20 cm of the soil and temperature in the first 5 cm of soil. The results were subjected to analysis of variance (ANOVA), where the means were compared using the Tukey test at 5% significance. The physical attributes of the soil, evaluated in the 0 - 10 and 10 - 20 cm layers, did not differ significantly. The greatest water availability was obtained by the treatment with 12 Mg ha⁻¹ of plant residue, with an average of 34.8 mm, being , 8.13 mm more than the treatment without plant residue coverage. Soils with plant residue coverage above 8 Mg ha⁻¹ provided the lowest thermal amplitudes during the study, with an average temperature reduction of 1.3°C in relation to bare soil. The highest corn biomass production was obtained in treatments with greater coverage. The use of permanent soil coverage with quantities above 8 Mg ha⁻¹ is essential for preserving the soil, in addition to maintaining humidity and maintaining milder temperatures for plant development.

Keywords: no-till farming; crop residue; ability to absorb water.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Croqui da área do experimento (Unidade em metros), Cerro Largo - RS, 2023. ...	19
Figura 2 - Time-domain reflectometer (TDR) (A); instalação das sondas TDR a 0,2m de profundidade (B), Cerro Largo – RS, 2023.....	20
Figura 3 - Monitoramento da temperatura do solo através do Termopar Tipo K, Cerro Largo – RS, 2023.	21
Figura 4 - Coleta das amostras indeformadas (0,1 – 0,2m) pelo método do cilindro volumétrico (A); Retirada do excesso de solo da amostra, realizada no laboratório (B), Cerro largo – RS, 2023.	23
Figura 5 - Amostra com pano Voal permeável e elástico (A); Amostras na Mesa de tensão após as 48h (B), Cerro Largo – RS, 2023.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química do solo (Dez/22) da área do experimento, Cerro Largo - RS, 2022	19
Tabela 2 - Propriedades físicas do solo sob as diferentes quantidades de resíduo vegetal, Cerro largo – RS, 2023.	25
Tabela 3 - Produção média de biomassa seca da parte aérea das plantas de milho nas diferentes quantidades de resíduos vegetal aos 64 dias após a semeadura, Cerro largo - RS, 2023.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação pluviométrica durante o período de avaliação do experimento (10/04 a 29/06), dados coletados da Estação Meteorológica da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Cerro Largo-RS, Cerro Largo – RS, 2023.....	27
Gráfico 2 - Umidade volumétrica do solo ao decorrer dos dias após a semeadura do milho, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área do experimento, Cerro Largo - RS, 2023.	28
Gráfico 3 - Porosidade de aeração do solo (0-20cm) ao decorrer dos dias após a semeadura do milho, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área do experimento, Cerro Largo - RS, 2023.	29
Gráfico 4 - Valores médios da lâmina total de água armazenada no solo ao decorrer dos dias após a semeadura do milho, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área do experimento, Cerro Largo - RS, 2023.	30
Gráfico 5 - Valores médios da lâmina de água disponível no solo ao decorrer dos dias após a semeadura do milho, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área do experimento, Cerro Largo - RS, 2023.	31
Gráfico 6 - Valores médios da temperatura do ar (A), coletados da Estação Meteorológica da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Cerro Largo-RS; e do solo (5cm) (B), no horário das 11:00 as 12:00, ao decorrer dos dias após a semeadura do milho, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área do experimento, Cerro Largo - RS, 2023.....	33
Gráfico 7 - Temperatura do solo em função das quantidades de resíduo vegetal 5 DAS (A); e a 21 DAS, Cerro Largo - RS, 2023.	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	SISTEMA DE CULTIVO	13
2.2	PLANTAS DE COBERTURA	13
2.3	INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL	14
2.4	FATORES QUE AFETAM AS PLANTAS	16
3	METODOLOGIA	18
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO	18
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	18
3.3	ANÁLISES REALIZADAS E AMOSTRAGEM DO SOLO	20
3.3.1	Dados de Umidade e Temperatura do solo	20
3.3.2	Análise de Biomassa seca do Milho	22
3.3.3	Análise física do solo	22
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1	ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	25
4.2	DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E POROSIDADE DE AERAÇÃO	27
4.3	TEMPERATURA DO SOLO	32
4.4	BIOMASSA SECA	34
5	CONCLUSÕES	36
	REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

O plantio direto (PD), atualmente, está sendo a modalidade de agricultura conservacionista mais adotada pelos agricultores da região Sul do Brasil (MARTIN et al., 2022). Diferente do plantio direto, o sistema plantio direto (SPD) é o mais adequado para a utilização nos solos brasileiros, pois o mesmo leva em consideração diversas práticas conservacionistas de manejo e manutenção para a redução da degradação e preservação do solo. No sistema plantio direto, o manejo e diversificação de espécies, para a formação de resíduo vegetal – palhada - para cobertura do solo, está dentre os princípios para se adequar ao SPD.

As plantas de cobertura têm como finalidade a produção de resíduo vegetal de parte aérea e raízes, essas ajudam na adubação a curto (Fabaceae) e longo (Poaceae) prazo, devido ao resíduo vegetal retornar ao solo na forma de nutrientes pela ciclagem que organismos do solo realizam. O resíduo vegetal possui funções importantes na conservação do solo, sendo fundamental na proteção contra os agentes erosivos, provinda tanto do impacto da gota de água das precipitações (funcionando com barreira física), quanto redução da velocidade de escoamento da água pela superfície do solo (ação de plantas e raízes).

As plantas de cobertura contribuem para a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, o resíduo vegetal gerado por elas, auxiliam no controle de plantas daninhas, pragas, doenças e nematoides, assim beneficiando diretamente nas culturas sucessoras. A cobertura vegetal funciona como uma barreira física, que além de impedir as ações erosivas, impede a emergência das plantas daninhas e limita a presença de luz, prejudicando a emergência de plantas daninhas fotoblásticas positivas, como a conhecida Buva (*Conyza bonariensis*) (LAMAS, 2017).

A cobertura vegetal, melhora a infiltração de água no solo, através da ação das raízes das plantas, em diferentes profundidades, que promovem a formação de agregados, assim aumentando a porosidade do solo. Com o aumento da porosidade do solo, pela ação das raízes, se promove a descompactação do solo.

A cobertura vegetal, influencia nos atributos químicos do solo, alterando os teores de nutrientes nas camadas superficiais do solo, além de aumentar os teores de matéria orgânica (MO) pela produção de massa seca, provinda da cobertura, contribuindo para a elevação dos sítios de troca e diminuindo a acidez do solo. Nos atributos físicos, a cobertura do solo influencia na densidade do solo (Ds), macroporosidade e volume total de poros. Com a manutenção de resíduos vegetais sobre o solo, devido ao SPD, provoca o aumento da atividade biológica, influenciando nos atributos biológicos.

A cobertura vegetal reduz a amplitude de temperatura do solo, refletindo os raios solares e, por consequência, reduzindo a perda de água por evaporação, assim mantendo o solo com maior umidade e reduzindo as oscilações de temperatura e umidade do solo. Solos com resíduo vegetal ofertam temperaturas mais amenas em horas mais quentes do dia, resultando em um melhor desenvolvimento das plantas em relação a solos descobertos. A temperatura do solo está associada diretamente com a quantidade de palhada sobre o solo, sendo que, quando maior o resíduo vegetal recobrindo o solo, menor são as oscilações de temperatura e menores são as perdas de água pela evaporação.

O resíduo vegetal em quantidade adequada, promove diversas vantagens, desde a proteção contra os agentes erosivos, além de manutenção dos atributos do solo; redução das oscilações da temperatura e perdas de água. A cobertura vegetal, para desempenhar todas as suas vantagens, necessita de uma tomada de decisão muito importante, que consiste na escolha da espécie de planta de cobertura que possa produzir a quantidade de resíduo vegetal adequado para desempenhar as funções citadas anteriormente. A quantidade de cobertura permanente do solo para o SPD eficiente é de no mínimo de 4 Mg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2021) a 6 Mg ha⁻¹ (ALVARENGA et al., 2001).

A cobertura de resíduo vegetal em quantidade, está diretamente associada as menores oscilações de temperatura, além da manutenção da água armazenada no solo, principalmente na camada superficial do solo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi de avaliar os efeitos do resíduo de cobertura vegetal, sobre a temperatura e umidade do solo em um cultivo de milho para cobertura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA DE CULTIVO

O cultivo agrícola sem o preparo do solo seguiu até a época da invenção do arado pelos egípcios, sendo a semeadura realizada em covas abertas com varas de madeira e as plantas daninhas manejadas manualmente (DENARDIM et al., 2011). Com o preparo convencional do solo, induzia-se a maior rugosidade superficial e, por consequência, maior infiltração de água da chuva (DENARDIM et al., 2011), além do controle das plantas daninhas e melhoria dos atributos físicos e químicos do solo. Porém, o revolvimento do solo e períodos com elevadas precipitações resultavam em maiores riscos de erosão, causada pelo impacto da gota de água da chuva (erosão hídrica) e pela atuação dos ventos (erosão eólica) em regiões de incidência (VOLK et al., 2004).

Com o aparecimento das consequências do mau uso do solo e com os intensos preparos do mesmo e surgimento dos problemas relacionados à erosão, qualidade e fertilidade do solo, surge o plantio direto para minimizar os estragos causados pela técnica de agricultura antecessora. No plantio direto, a deposição da semente é realizada somente no sulco de semeadura, não causando o revolvimento do solo, a não ser na linha de semeadura, assim, não utilizando os implementos para o preparo do solo, realizando diretamente a manutenção da estrutura e restos culturais no solo (WWF-BRASIL, 2023).

O sistema plantio direto, diferente do plantio direto, utiliza de princípios para o manejo adequado do solo a fim de proteger o solo dos processos erosivos (erosão hídrica e eólica), e de minimizar a interferência das plantas daninhas nas culturas implantadas. O uso de cobertura vegetal é um dos princípios importantes para um SPD adequado, pois a mesma, ocasiona a proteção do solo contra erosão; redução do uso de corretivos e fertilidades; favorece os manejos de doenças, pragas e plantas invasoras (HERNANI, 2021), além de reduzir a incidência dos raios solares sobre o solo, reduzindo as oscilações térmica e, por consequência, reduzindo a perda de água do perfil do solo por evaporação

2.2 PLANTAS DE COBERTURA

As plantas de cobertura têm como finalidade de cobrir o solo, protegendo o mesmo da ação dos processos erosivos (Erosão hídrica e eólica), além da proteção contra a lixiviação de nutrientes. Muitas das plantas de cobertura utilizadas no sistema plantio direto são utilizadas para o pastoreio de animais, produção de silagem e feno (LAMAS, 2017). As plantas de

cobertura promovem a diminuição da evaporação, aumentam a infiltração de água no solo, pelo aumento da infiltração, além de reduzirem a intensidade da radiação solar no solo, resultando em temperaturas mais amenas ao desenvolvimento de plantas e organismos, também, com a lenta incorporação e decomposição do resíduo vegetal resultante das plantas de cobertura, se promove o aumento da matéria orgânica do solo (HECKLER et al. 1998).

As características procuradas para a escolha da espécie de planta de cobertura, devem ser, de adaptação as condições do local; estabelecimento rápido para a produção de biomassa, afim de uma proteção mais rápida do solo; tolerância ao déficit hídrico e não ser hospedeira de pragas e doenças que possam atacar a cultura sucessora (ALVARENGA et al., 2001). FERREIRA et al. (2000), ressalta outras características importantes, como, possuir baixo custo para sua implantação; facilidade em produção; elevada produção de massa seca, tanto parte aérea quanto radicular; ser agressiva e rústica, além de possuir efeitos alopatóxicos as plantas que não serão cultivadas na sua sucessão.

A maior oferta de palhada ao solo, pelas plantas de cobertura, é de espécies que produzem maior fitomassa, geralmente a maior produção de fitomassa é responsabilidade de cultivares de ciclo mais longo, podendo potencializar essa produção com uma semeadura com densidade maior de plantas, além disso, pode-se obter uma ideia sobre a quantidade de nutrientes reciclados pelo padrão de extração da espécie (ALVARENGA et al., 2001).

A exposição prolongada do solo aos raios solares, por longos períodos, como acontece no sistema convencional de preparo do solo (DALMAGO et al., 2014), provocam efeitos negativos para a germinação das sementes, além de efeitos na atividade microbiana do solo. A cobertura do solo com resíduo vegetal em quantidade e a temperatura do solo, estão associadas diretamente na redução da temperatura do solo, como mostrado por DALMAGO et al. (2014)

2.3 INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL

A cobertura vegetal influencia nos atributos físicas, químicas e biológicas do solo. Os efeitos nos atributos químicas do solo, depende de diversos fatores relacionados com a espécie utilizada como cobertura, além de manejo e época de semeadura da cobertura; condições locais e tempo de permanência da cobertura no solo (ALCÂNTARA et al., 2000). A disponibilização dos nutrientes para o solo pode ser rápida ou lenta, dependendo de fatores climáticos, como, a precipitação pluvial e temperatura; da atividade de microrganismos presentes no solo; e quantidade e qualidade do resíduo vegetal produzido pela espécie (BOER et al., 2007).

O resíduo vegetal provindo das plantas de cobertura, é uma barreira física de proteção do solo contra a erosão hídrica, dissipando a energia cinética das gotas da chuva, impedindo o impacto direto ao solo, reduzindo assim, o escoamento superficial e a capacidade erosiva (VOLK et al., 2004). A cobertura vegetal, com ação do desenvolvimento radicular das plantas, promove o aumento da porosidade do solo, além de ofertar condições que favorecem a agregação das partículas do solo e estabilização do mesmo (VOLK et al., 2004).

O resíduo vegetal eleva os teores de matéria orgânica do solo, aumentando a atividade biológica, pela atividade macro e microbiológica e de microrganismo presentes no solo. Os atributos biológicos do solo são influenciados pela espécie utilizada como cobertura, além da quantidade e qualidade do resíduo vegetal e o manejo utilizado no solo (SILVA, 2007).

O Rio Grande do Sul sofre grande amplitude térmica entre os meses de verão e inverno, pois o Estado está situado em uma região subtropical, assim, no verão o Estado sofre por altas temperaturas, resultando em baixa umidade do solo; e no inverno por baixas temperaturas (ACOSTA et al., 2004). A cobertura do solo, funciona como proteção contra as intensas temperaturas, reduzindo a amplitude térmica e resultando na diminuição da evaporação de água armazenada no solo (FURLANI et al., 2008).

A cobertura do solo cria um ambiente mais favorável para as plantas cultivadas, reduzindo as temperaturas em horas mais quentes do dia. Solos sem cobertura vegetal, a amplitude térmica pode ter mínima de 13°C e máximas de 35°C, excesso de calor é prejudicial no início do estabelecimento das culturas, pois compromete a absorção de nutrientes (FURLANI et al., 2008).

As menores temperaturas médias, na superfície do solo, são proporcionadas por maiores quantidades de resíduo vegetal deixado pelas plantas de cobertura ao solo (RODRIGUES et al., 2018). O uso do resíduo de cobertura vegetal é uma prática vantajosa, devido a redução da temperatura de solo em até 3,5°C, em cultivo de verão (RESENDE et al., 2005).

Nos períodos com maiores temperaturas do dia, o resíduo vegetal ajuda na diminuição das amplitudes térmicas. TORRES et al. (2006), constatou que em área de semeadura convencional, as amplitudes térmicas nas camadas superficiais, no período de maio, variaram de 11 °C a 5 cm e 10,4 °C a 10 cm, enquanto em área de cobertura com resíduo vegetal, os valores de amplitude foram de 4,5 a 7,5 °C. RODRIGUES et al. (2018), concluiu que o uso de resíduo vegetal no solo, acima de 5 Mg ha⁻¹, são suficientes para uma redução de 3°C da temperatura do solo, ainda, quanto maior a quantidade de palhada no solo, maior é a proteção do solo contra a ação dos raios solares, reduzindo os efeitos de altas temperaturas durante o dia ao solo.

Solos com resíduo vegetal permitem maior capacidade de penetração e retenção de água em comparação com solo nú, resultando em maior capacidade do campo, assim permitindo o melhor desenvolvimento das plantas cultivadas sobre a palha, disponibilizando maior quantidade de água para a mesma, sendo em períodos de estiagem, uma economia de água, devido a minimização da evaporação da mesma (PRIMAVESI, 1987).

O aporte de resíduos vegetais possui grande importância na conservação da umidade do solo, principalmente na camada superficial, aumentando a eficiência na retenção de umidade no solo, possuindo influência direta na produtividade da cultura. Em meses com maiores temperaturas e em anos de estiagem, com a cobertura, se reduz o déficit hídrico da cultura, possibilitando, o melhor desenvolvimento da mesma (CAMPOS et al., 1994).

O uso de cobertura vegetal, com resíduo vegetal acima de 8 Mg ha^{-1} , possibilita uma redução da temperatura de 3,5%, e aumenta da retenção da umidade do solo em até 2,3%, se comparado com solo descoberto (RESENDE et al., 2005). RESENDE et al. (2005), concluiu que a utilização de resíduo vegetal, se possibilita uma melhora nas características hidrotérmicas do solo, além de ser vantajoso para o cultivo de verão, se comparado com o solo descoberto.

Segundo Campos et al. (1994), a manutenção da umidade do solo está relacionada a eficiência da espécie na produção de palhada para o solo. ACOSTA, et al. (2004), constatou que diferentes resíduos vegetais, juntamente com maiores quantidades dos mesmos, proporcionam menor taxa de evaporação da água do solo, devido a redução da absorção do calor solar, refletido pela palhada presente no solo, resultando na manutenção da água do mesmo.

2.4 FATORES QUE AFETAM AS PLANTAS

Os fatores que afetam o desenvolvimento das plantas podem ser diretos ou indiretos. Os fatores diretos são o conteúdo de água disponível no solo, a temperatura e resistência mecânica que o solo exerce sobre a emergência da plântula e crescimentos das raízes, sendo diretamente relacionado o crescimento radicular com o grau de compactação do solo (SÁ & SANTOS JUNIOR, 2005).

A quantidade de água retida no solo depende do tipo de manejo utilizado e tipo de solo, sendo o último determinado em função da sua textura, mineralogia e teores de matéria orgânica. A temperatura afeta diretamente na germinação da semente e estabilização das culturas, além de prejudicar negativamente na atividade microbiana do solo.

Os fatores indiretos, compreender a densidade do solo, textura, estrutura, distribuição do tamanho de poros, além da estabilidade de agregados. Os fatores citados, estão associados com os fatores diretos, sendo o conteúdo de água o principal fator de controle dos demais fatores (SÁ & SANTOS JUNIOR, 2005).

O conteúdo de água é a quantidade de água presente nos poros do solo, sendo a umidade do solo. A umidade do solo é essencial para a sobrevivência das plantas, auxiliando na absorção de nutrientes e minimizar a temperatura do solo (CHERLINKA, 2021). A temperatura do solo está associada ao crescimento das plantas induzindo o desenvolvimento da mesma, porém pode ser um dos fatores que podem limitar a absorção de água e nutrientes quando em temperaturas elevadas (CHERLINKA, 2021).

Temperaturas de solo acima de 30°C, prejudicam a fixação de Nitrogênio, pois causa a destruição de certas enzimas chaves e danificação de mecanismo da simbiose da fixação (FERRARI et al. 1967). Cultura de verão, a temperaturas ideal do solo deve ficar entre 25°C e 30°C (LANDAU et al. 2021), para cultivos de inverno deve-se ficar na faixa de 15°C a 25°C (MOTA, 1989 apud MANFRON et al. 1993),

A compactação do solo é um dos fatores que afetam o desenvolvimento das plantas, onde camadas do solo compactadas, adensadas, prejudicam na aeração do solo e na drenagem de água do mesmo reduzindo a infiltração de água e aumentando o escoamento superficial, conseqüentemente, resulta maior predisposição a erosão (SÁ & SANTOS JUNIOR, 2005). A compactação do solo resulta em uma suscetibilidade das culturas a veranicos, resultando redução da produtividade, além de limitar o desenvolvimento radicular e da parte aérea das plantas pelo adensamento das partículas e redução da porosidade total do solo, ainda causa uma redução de armazenamento de água no solo limitando a absorção de nutrientes (GHOHMANN & QUEIROZ NETO, 1996).

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *Campus* Cerro Largo - RS, localizado na região das missões (-28.141183, -54.760799). O experimento foi implantado no mês de abril de 2023, numa área com histórico de plantio direto e tipo de solo sendo Latossolo Vermelho (STRECK, 2018), pertencente a Unidade de Mapeamento Santo Ângelo, 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.

O clima é classificado como Cfa úmido, segundo Köppen, com inverno frio e úmido (KUNINCHNER & BURIOL, 2001). No Estado do Rio Grande do Sul, a precipitação média registrada ao longo do ano varia de 1050 a 1900 mm ano⁻¹, com maior intensidade das chuvas à norte e nordeste do estado (RIO GRANDE DO SUL, 2022), sendo que na cidade de Cerro Largo – RS a precipitação média é de 1700 mm ano⁻¹. A precipitação pluviométrica e temperatura do ar, foram coletadas pela estação meteorológica da Universidade, localizada a 280 metros do experimento.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

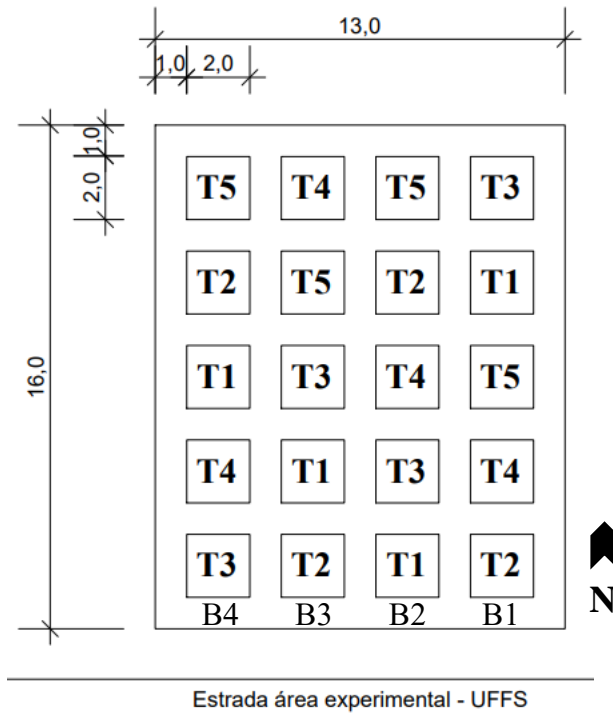
O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), sendo cinco tratamentos e quatro repetições, com cada parcela de 4 m² (2m x 2m), com espaçamento entre blocos e parcelas de 1 m, totalizando 20 Unidades experimentais (Fig. 1). Realizou a correção do solo para pH 6,5 utilizando o corretivo de nome comercial FortCalcio (PN 100), sendo aplicado 4,9 Mg ha⁻¹ (\cong 2 kg parcela⁻¹) no dia 10 de abril, conforme a interpretação da análise química do solo (Tab. 1), e recomendações do Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (MANUAL, 2016).

Realizou-se a semeadura no dia 10 de abril do milho híbrido LG36700, de ciclo precoce, com pureza mínima de 98% e germinação mínima de 85%. A semeadura foi realizada com espaçamento de 0,5 m entre linhas, utilizando a densidade de 70000 plantas ha⁻¹ (4,2 sementes/metro linear). A adubação foi realizada no sulco de semeadura, onde para suprir a adubação para o milho, se utilizou 145 kg ha⁻¹ de N; 110 kg ha⁻¹ de P₂O₅; e 220 kg ha⁻¹ de K₂O.

Utilizou-se para adubação a formulação 5-20-20, usando 550 kg ha⁻¹ (27,5 g/metro linear). A aplicação do restante da adubação (N= 117,5 kg ha⁻¹ e K₂O= 110 kg ha⁻¹), foi

realizada no estágio V3 a V4 do milho (10/05/2023), sendo aplicado 261,1 kg ha⁻¹ de Ureia 45% e 183,3 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio 60%.

Figura 1 – Croqui da área do experimento (Unidade em metros), Cerro Largo - RS, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Tabela 1 - Análise química do solo (Dez/22) da área do experimento, Cerro Largo - RS, 2022

Prof. (cm)	pH água 1:1	Al	Ca	Mg	Al	H + Al	CTC pH 7	V
		Cmol _c dm ³						
0-20 cm	5,4	0,0	4,9	2,4	0,0	4,4	12,5	64,9

Prof. (cm)	Argila	M.O	Índice SMP	S	P-Mehlich	K	Cu	Zn	B
	mg/dm ³								
0-20 cm	63,0	2,9	6,0	5,2	12,2	308,0	8,1	4,1	0,7

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

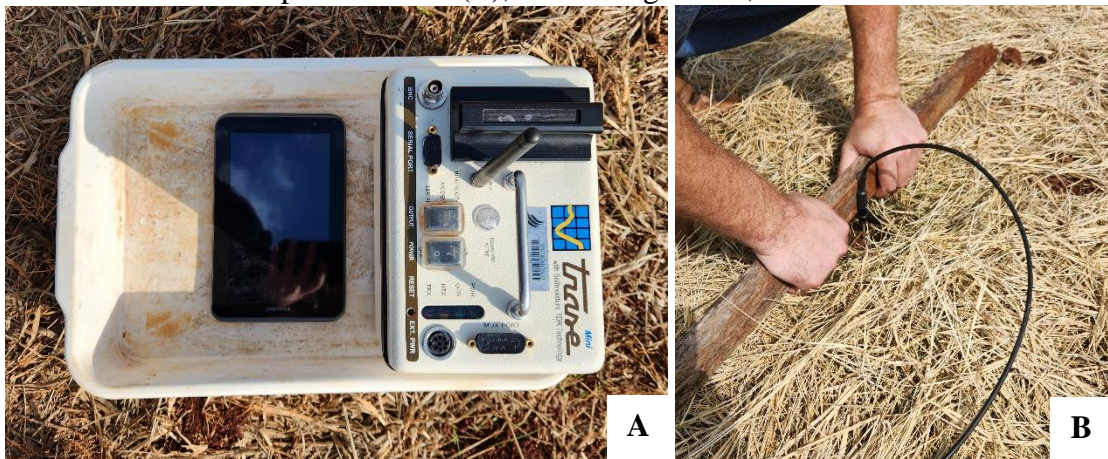
Realizou-se a deposição dos tratamentos de resíduo vegetal no dia 11 de abril, utilizando como cobertura feno de Tifton 85, com Matéria seca total (MST) de 88%, onde foi espalhado sobre as parcelas conforme os tratamentos, sendo realizada a correção para MST em cada tratamento. Os tratamentos utilizados foram: T1 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), (Fig. 1).

3.3 ANÁLISES REALIZADAS E AMOSTRAGEM DO SOLO

3.3.1 Dados de Umidade e Temperatura do solo

Foi realizado o monitoramento de umidade e temperatura do solo. O primeiro monitoramento foi realizado no dia 15 de abril. O monitoramento da umidade do solo foi realizado através de TDR (*Time-domain reflectometer*) (Fig. 2A), onde foram instaladas sondas de TDR no centro de cada Unidade experimental (Fig. 2B), em uma profundidade de 0,2 m, após a deposição da cobertura.

Figura 2 - Time-domain reflectometer (TDR) (A); instalação das sondas TDR a 0,2m de profundidade (B), Cerro Largo – RS, 2023.



Fonte: Registro de autoria, 2023

O monitoramento da temperatura do solo era realizado somente na camada de 0-5cm de profundidade em todas as parcelas, verificando a mesma através de um Termopar Tipo K (*Portable Temperature Meters* - N305) (Fig. 3). O monitoramento e a coleta dos dados de umidade e temperatura eram realizados a cada dois dias, no período das 11 às 12 horas para se obter o pico de temperatura entre os tratamentos. No caso de precipitação no dia ou no horário de monitoramento, realizava-se a coleta dos dados no dia seguinte.

Figura 3 - Monitoramento da temperatura do solo através do Termopar Tipo K, Cerro Largo – RS, 2023.



Fonte: Registro de autoria, 2023

Os dados coletados no monitoramento foram colocados em planilha eletrônica para obtenção da umidade volumétrica do solo (θ) (Eq. 1), capacidade total de água no solo (CAT) (Eq. 2), capacidade de água disponível (CAD) (Eq. 3) e porosidade de aeração (Par) (Eq. 4).

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

$$\theta = \%Mstr / 100$$

Equação 2 – Capacidade total de água (CAT) (mm) no solo expressa pela Umidade volumétrica do solo (θ) ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), multiplicado pela profundidade da sonda TDR (P_e) e multiplicado por 10.

$$CAT = \theta * P_e * 10$$

Equação 3 – Capacidade de água disponível (CAD) (mm), expressa pela Umidade volumétrica do solo (θ) ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) menos a umidade no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) (mm) multiplicado pela profundidade da sonda TDR (P_e) e multiplicado por 10.

$$CAD = (\theta - \theta_{PMP}) * P_e * 10$$

Equação 4 – Porosidade de aeração (Par) ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$), expressa pela porosidade total (Pt) ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) menos a Umidade volumétrica do solo (θ) ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

$$Par = Pt - \theta$$

3.3.2 Análise de Biomassa seca do Milho

Realizou-se o corte do milho 64 dias após a semeadura, para avaliação de biomassa seca, onde se cortou toda a parte aérea das plantas de dentro da parcela, sendo colocadas as plantas em sacos identificados e com massa conhecida. No laboratório, se colocou os sacos em uma estufa de ar forçado com temperatura de 60°C, até atingir massa constante, realizando a virado dos sacos a cada três dias para evitar acúmulo de umidade.

Com a massa estabilizada, se retirou os sacos da estufa e se realizou a mensuração da massa do saco mais o milho seco em balança de precisão. Se realizou o cálculo para a determinação da biomassa seca do milho de cada tratamento por bloco (Eq. 5).

Equação 5 – Biomassa seca (kg ha^{-1}), expressa pela diferença da massa do saco mais a massa do milho seco a 60°C (g) com da massa do saco (g).

$$\text{Biomassa seca} = \frac{((\text{Massa do saco} + \text{massa do milho seco } 60^{\circ}\text{C}) - \text{Massa do saco}) / 1000 * 10000\text{m}^2 / 4\text{m}^2}{}$$

3.3.3 Análise física do solo

As análises físicas do solo foram realizadas no laboratório de Física dos Solos da Universidade Federal da Fronteira Sul, sendo o método de amostragem do solo para realização das análises o do Cilindro Volumétrico, com 5,72cm de diâmetro e 4 cm de altura, com bordas cortantes e volume interno de 102,5cm³, sendo realizada a coleta dos cilindros no dia 21 de setembro. Em cada parcela se realizou a coleta de uma amostra de solo indeformadas nas camadas de 0-0,1m e de 0,1-0,2m de profundidade (Fig. 4A). As amostras foram coletadas com todo o cuidado para preservação da estrutura do solo, após no laboratório, se retirou o excesso de solo, com um estilete, para que o solo obtivesse o mesmo volume da parte interna do cilindro (Fig. 4B).

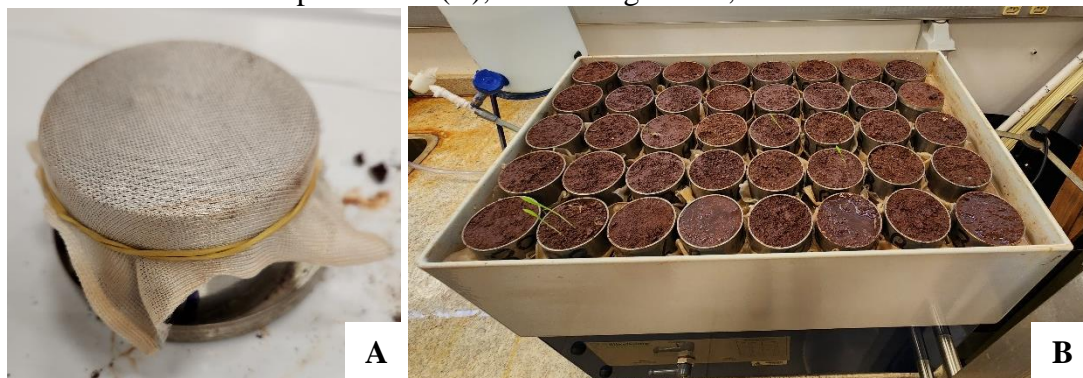
Em cada amostra coletada, se colocou um pano de Voal permeável com um elástico (Fig. 5A), sendo levadas para saturação com água em uma bandeja por 48 horas. Se passando o tempo estipulado, as amostras foram levadas para mesa de tensão à 6kPa por 48 Horas (Fig. 5B), para retirada de toda a água dos macroporos da amostra, após elas foram pesadas em balança de precisão e levadas a estufa de ar forçado por 48 horas, com temperatura de 105°C.

Figura 4 - Coleta das amostras indeformadas (0,1 – 0,2m) pelo método do cilindro volumétrico (A); Retirada do excesso de solo da amostra, realizada no laboratório (B), Cerro Largo – RS, 2023.



Fonte: Registro de autoria, 2023.

Figura 5 - Amostra com pano Voal permeável e elástico (A); Amostras na Mesa de tensão após as 48h (B), Cerro Largo – RS, 2023.



Fonte: Registro de autoria, 2023.

Após a estufa, as amostras foram pesadas em balança de precisão e seus resultados foram anotados para posterior realização dos cálculos de Densidade do solo (D_s) (Eq. 6), Microporosidade (Mic) (Eq. 7), Porosidade total (Pt) (Eq. 8), Macroporosidade (Mac) (Eq. 9), Densidade máxima do solo (Eq. 10), pela metodologia descrita por Marcolin e Klein (2011), e Grau de compactação (Eq. 11).

Equação 6 – Densidade do Solo (D_s) (g cm^{-3}), expressa pela relação da massa das partículas sólidas (M_s) (g) e o volume total do solo (V_t)

$$D_s = \frac{M_s}{V_t}$$

Equação 7 – Microporosidade do solo (Mic) (cm^3cm^{-3}), expressa pela da massa de solo + água após equilíbrio em um potencial de 6 kPa (MSU) (g) menos a massa de solo seco à 105 °C (MSS) (g), em relação ao volume total do solo (Vt) (cm^3)

$$Mic = \frac{(MSU - MSS)}{Vt}$$

Equação 8 – Porosidade Total do solo (Pt) (cm^3cm^{-3}), é um menos a relação da Densidade do solo (Ds) ($g\ cm^{-3}$), e Densidade das partículas do solo (Dp) ($g\ cm^{-3}$)

$$Pt = 1 - \frac{Ds}{Dp}$$

Equação 9 – Macroporosidade do solo (Mas) (cm^3cm^{-3}), é porosidade total (Pt) (cm^3cm^{-3}) menos a microporosidade do solo (Mic) (cm^3cm^{-3})

$$Mac = Pt - Mic$$

Equação 10 – Densidade máxima do solo ($Dmax$) ($g\ cm^{-3}$) (MARCOLIN & KLEIN, 2011).

$$Dmax = 2,03133855 - (0,00320878 * MO) - (0,00076508 * argila)$$

Equação 11 – Grau de compactação (GC) (%), é a relação da Densidade do Solo (Ds) ($g\ cm^{-3}$) pela Densidade máxima do solo ($Dmax$) ($g\ cm^{-3}$) multiplicada por 100.

$$GC = \frac{Ds}{Dmax} * 100$$

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas pelo *Software* SAS. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos tratamentos foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Nas duas camadas avaliadas, 0-10cm e 10-20cm, não apresentaram diferença significativas nos atributos físicos entre os tratamentos realizados. Na camada de 0-10cm, a menor densidade do solo foi encontrada no tratamento com 8 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal (Tab. 2), em comparação com a maior densidade do solo encontrada na mesma camada, foi a com quantidade de cobertura vegetal de 2 Mg ha⁻¹ (Tab. 2). Os valores encontrados na camada 0-10 cm, nos diferentes tratamentos, não se encontram acima do considerado crítico para o desenvolvimento das plantas (Tab. 2).

Tabela 2 - Propriedades físicas do solo sob as diferentes quantidades de resíduo vegetal, Cerro Largo – RS, 2023.

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	1,16 a	1,20 a*	1,17 a	1,13 a	1,16 a	8,16
10 - 20	1,34 a	1,34 a	1,36 a	1,30 a	1,30 a	3,03
Porosidade Total (m³ m⁻³)						
00 - 10	0,60 a	0,59 a	0,60 a	0,61 a	0,60 a	5,63
10 - 20	0,54 a	0,54 a	0,53 a	0,55 a	0,55 a	2,59
Microporosidade (m³ m⁻³)						
00 - 10	0,36 a	0,37 a	0,37 a	0,37 a	0,39 a	5,10
10 - 20	0,41 a	0,41 a	0,40 a	0,40 a	0,40 a	2,39
Macroporosidade (m³ m⁻³)						
00 - 10	0,24 a	0,22 a	0,23 a	0,25 a	0,22 a	22,61
10 - 20	0,14 a	0,13 a	0,13 a	0,15 a	0,15 a	16,54
Grau de compactação (%)						
00 - 10	79,56 a	82,12 a	80,16 a	77,54 a	79,65 a	8,13
10 - 20	91,76 a	91,86 a	93,20 a	89,26 a	89,29 a	3,03

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey 5% de significância.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Na cada de 10-20cm, as densidades obtiveram uma variação menor que na camada de 0-10cm, sendo uma variação de 1,30 Mg m⁻³ a 1,36 Mg m⁻³ (Tab. 2). Os valores encontrados para os tratamentos 0, 2 e 4 Mg ha⁻¹ (Tab. 2), na camada de 10-20cm, mostram que já se encontra

restrição para o desenvolvimento das plantas, pois se encontrar com uma densidade acima da crítica para solos argilosos, como proposto por Reichert et al. (2003) ($>1,30 \text{ Mg m}^{-3}$) e Klein (2006) ($>1,33 \text{ Mg m}^{-3}$).

Entretanto para Suzuki (2005), a densidade crítica para o desenvolvimento das plantas em Latossolo Vermelho, seria de $1,36 \text{ Mg m}^{-3}$, assim, os tratamentos citados anteriormente estariam dentro do ideal exceto o tratamento com 4 Mg ha^{-1} (Tab. 2).

Em relação a porosidade total do solo, pode-se observar que quanto menor a densidade do solo, maior é a porosidade total, sendo o contrário também verdadeiro (Tab. 2). Com a menor densidade das partículas do solo, ocorre uma melhor permeabilidade e conseqüentemente uma maior infiltração de água no perfil do solo, quando ocorre uma desagregação do solo aumenta a resistência do solo a penetração mecânica, comprometendo a qualidade física do solo (RIBEIRO et al., 2007; PEZARICO et al., 2013; JAKELAITIS et al., 2008).

A porosidade total não obteve uma variação grande entre os tratamentos nas duas camadas avaliadas, sendo que a variação da camada 0-10cm foi de $0,59$ a $0,61 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, 10-20cm de $0,53$ a $0,54 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Tab. 2). As maiores porosidades totais na camada mais superficial foram devido a densidade do solo ser menor na camada superficial, isso ocorre devido a maior quantidade de restos vegetais decorrido de plantas do pousio, elevando a quantidade de carbono orgânico no solo, resultando em uma maior agregação do solo (CASSOL et al., 2017), fenômeno decorre pela maior atividade microbiano nas camadas superficiais (CARVALHO, 2007).

Em relação a microporosidade, na camada de 0-10cm, houve uma variação maior ($0,03 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) que na camada de 10-20 cm ($0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) (Tab. 2). Com o aumento da microporosidade e aumentando da porosidade total, se aumenta a retenção de água no solo e melhora o desenvolvimento das raízes da cultura (CASSOL et al., 2017).

Os valores de macroporosidade nas camadas de 0-10 e 10-20 cm (Tab. 2), se mostraram favoráveis para o desenvolvimento das raízes, ficando com macroporos acima de $0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, valor limitante obtido por Suzuki (2005), no cultivo de milho em Latossolo vermelho. A macroporosidade do solo nas duas camadas foi maior que $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Tab. 2), sendo um resultado positivo para o desenvolvimento das plantas, pois valores inferiores podem limitar esse desenvolvimento das mesmas (RIBEIRO et al., 2007; SUZUKI et al., 2007).

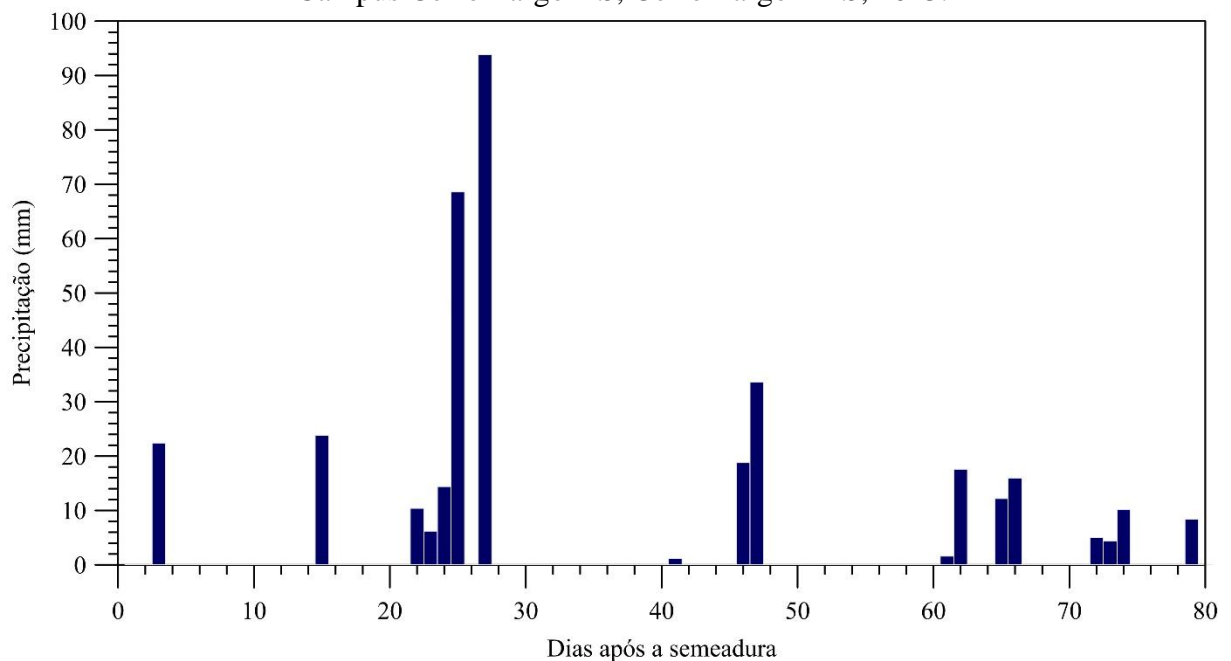
Com o aumento dos macroporos, pode-se observar uma redução no grau de compactação do solo (Tab. 2), sendo que o ideal para o desenvolvimento das plantas em Latossolos fica entre 85 a 93%, sendo que valores superiores a 93%, sendo limitante para o

desenvolvimento das raízes e valores inferiores a 85%, sendo prejudiciais a retenção de água no solo (SUZUKI et al., 2005).

4.2 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E POROSIDADE DE AERAÇÃO

Durante o período de 80 dias após a semeadura do milho, a precipitação foi de 368,6 mm (Gráf. 1). Assim, pode-se observar os parâmetros que podem ser avaliados em função da precipitação no período.

Gráfico 1 - Precipitação pluviométrica durante o período de avaliação do experimento (10/04 a 29/06), dados coletados da Estação Meteorológica da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Cerro Largo-RS, Cerro Largo – RS, 2023.

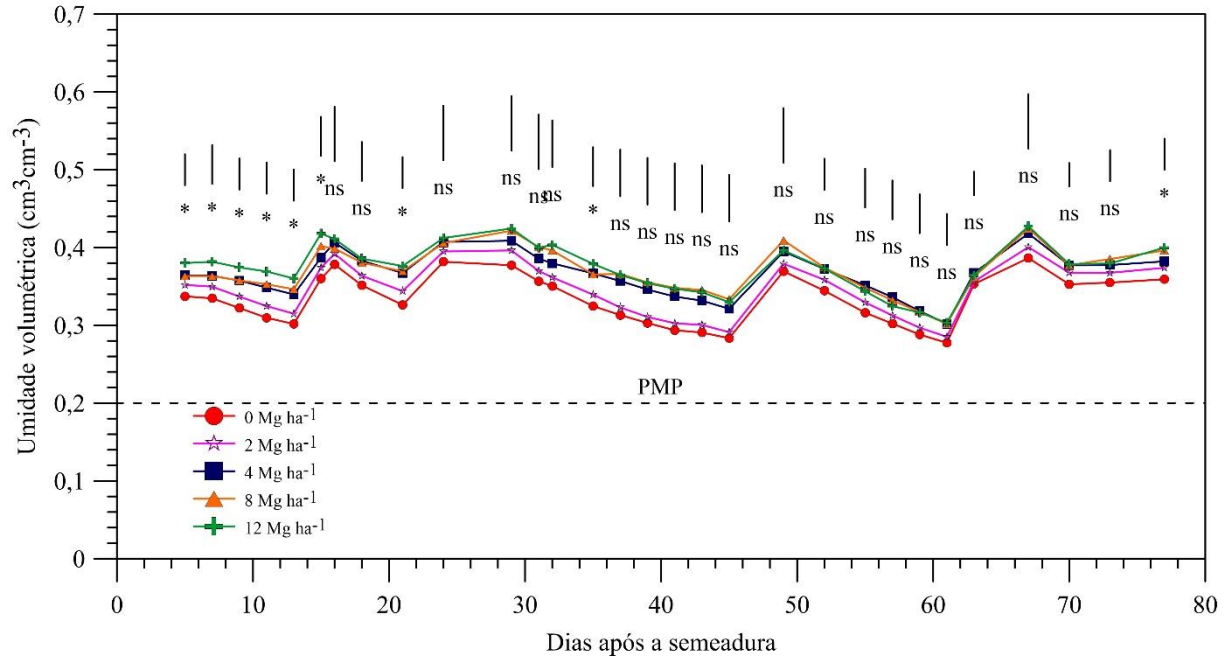


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Durante todo o período de avaliações, a umidade volumétrica (UV) em nenhum momento se encontrou ao ponto de murcha permanente (PMP). O parâmetro umidade volumétrica obteve diferença significativa entre as quantidades de cobertura estudados durante 15 dias após a semeadura (Gráf. 2), após isso, as precipitações influenciaram na UV do solo nas diferentes quantidades de cobertura.

Contudo, os menores valores de UV foram aos 45 dias após a semeadura, sendo 0,28 e 0,29 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$, para o solo sem resíduo de cobertura vegetal e para o tratamento com 2 Mg ha^{-1} (Gráf. 2), não diferindo significativamente dos outros tratamentos.

Gráfico 2 - Umidade volumétrica do solo ao decorrer dos dias após a semeadura do milho, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área do experimento, Cerro Largo - RS, 2023.



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

ns Não diferem significativamente pelo teste de Tukey 5% de significância

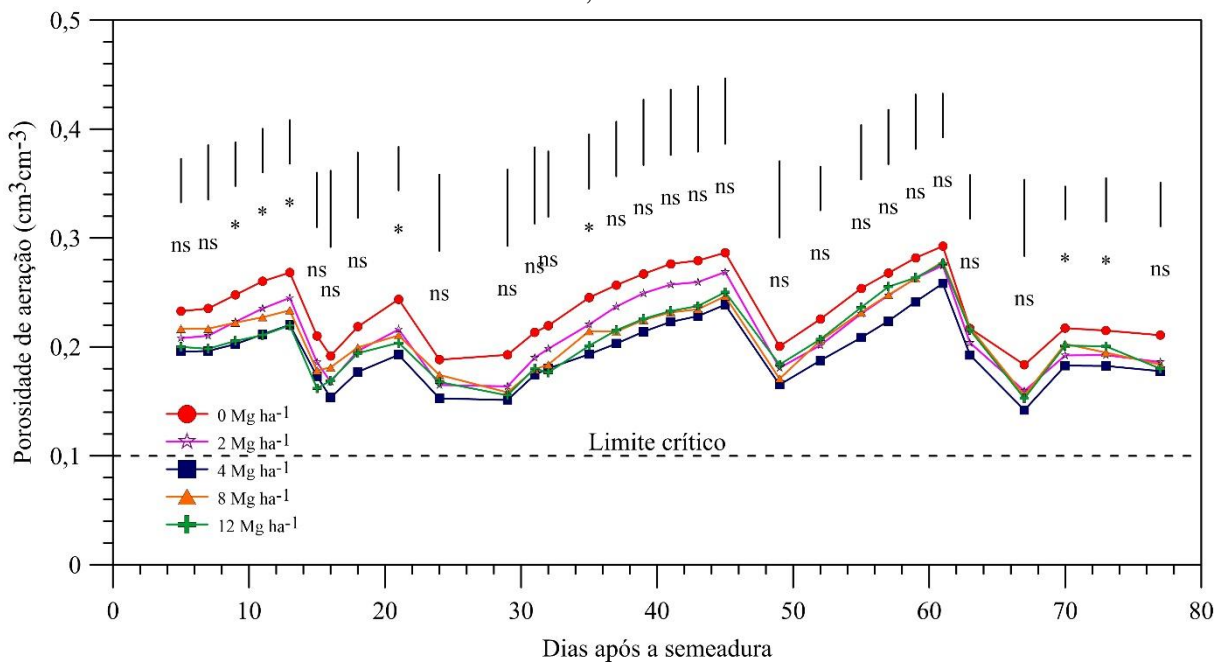
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

As diferenças significativas foram observadas também em 21, 35 e 77 dias após a semeadura do milho, sendo as temperaturas do ar no momento da avaliação de 26,8°C, 20,1°C e 22,8°C respectivamente (Gráf. 5A), onde os tratamentos com 8 e 12 Mg ha⁻¹, obtiveram as maiores UV nestes dias. O uso de resíduo vegetal sobre o solo, ocasiona uma redução da temperatura do mesmo e por sua vez reduz a taxa de evapotranspiração (COSTA et al., 2007).

As menores UV obtidas no estudo foram observadas no solo descoberto (Gráf. 2), tendo média de 0,33 cm³ cm⁻³ em todo o período de avaliação. Os tratamentos com 4, 8 e 12 Mg ha⁻¹, obtiveram mesmas médias (0,37 cm³ cm⁻³) durante o experimento, sendo o tratamento com 12 Mg ha⁻¹, o que obteve as maiores UV, não diferindo significativamente dos tratamentos com 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹.

A porosidade de aeração (Par) do solo não obteve diferença significativa na maioria dos dias após a semeadura do milho (Gráf. 3). A maior média de porosidade de aeração foi observada no tratamento sem cobertura, sendo 0,24 cm³ cm⁻³ (Gráf. 3), sendo os demais tratamentos com médias abaixo de 0,22 cm³ cm⁻³ (Gráf. 3).

Gráfico 3 - Porosidade de aeração do solo (0-20cm) ao decorrer dos dias após a semeadura do milho, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área do experimento, Cerro Largo - RS, 2023.



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

ns Não diferem significativamente pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

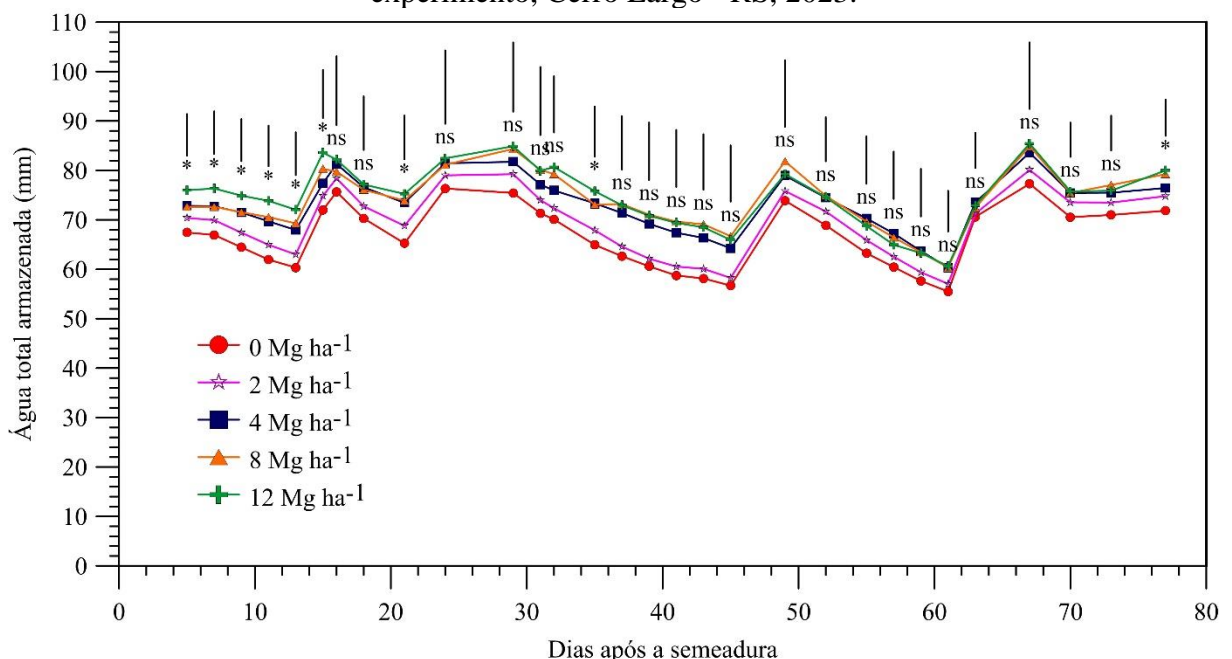
Entre 20 e 30 DAS, precipitou 52,5% (193,4 mm) (Gráf. 1) do total precipitado durante o estudo, onde neste mesmo período a porosidade de aeração média do solo sem cobertura foi de $0,21 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, sendo maior que os solos cobertos por resíduo vegetal, onde ficaram abaixo de $0,19 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (Gráf. 3). Durante a estação de outono e inverno no Rio Grande do Sul, o balanço hídrico é positivo, ocorrendo um elevado teor de água no solo, provindo das precipitações, resultando em uma redução da aeração do solo (KLEIN et al. 2008).

A maior observação entre 20 e 30 DAS, foi de $0,24 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (21DAS) obtida pelo solo descoberto e a menor foi de $0,15 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ obtida pelo solo com 4 Mg ha^{-1} (24 e 29 DAS) (Gráf. 3). A maior observação ocorreu devido ao aumento da temperatura em $4,4^\circ\text{C}$ do 18 ao 21 DAS (Gráf. 6A), assim o solo sem cobertura não conseguiu reter mais água em relação ao solo coberto, devido ao aumento da temperatura e por consequência o aumento da evapotranspiração do solo resultando em um aumento da porosidade aeração.

Contudo, os tratamentos com e sem cobertura, mantiveram a porosidade de aeração mínima para o desenvolvimento pleno das raízes das plantas, alguns autores sugerem que valores inferiores a $0,1 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ de poros sem a presença de água é um limitante para o desenvolvimento radicular.

No gráfico 4, pode-se observar a capacidade de armazenamento total de água entre os tratamentos, onde a quantidade de água armazenada no solo ficou entre 55 e 86 mm, sendo que a precipitação durante o experimento foi de 368,6 mm. O menor armazenamento médio de água no solo foi observado no tratamento sem cobertura de resíduo vegetal (66,68 mm), em relação ao maior armazenamento, sendo obtido pelo tratamento com 12 Mg ha⁻¹ de cobertura (74,81 mm).

Gráfico 4 - Valores médios da lâmina total de água armazenada no solo ao decorrer dos dias após a semeadura do milho, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área do experimento, Cerro Largo - RS, 2023.



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

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

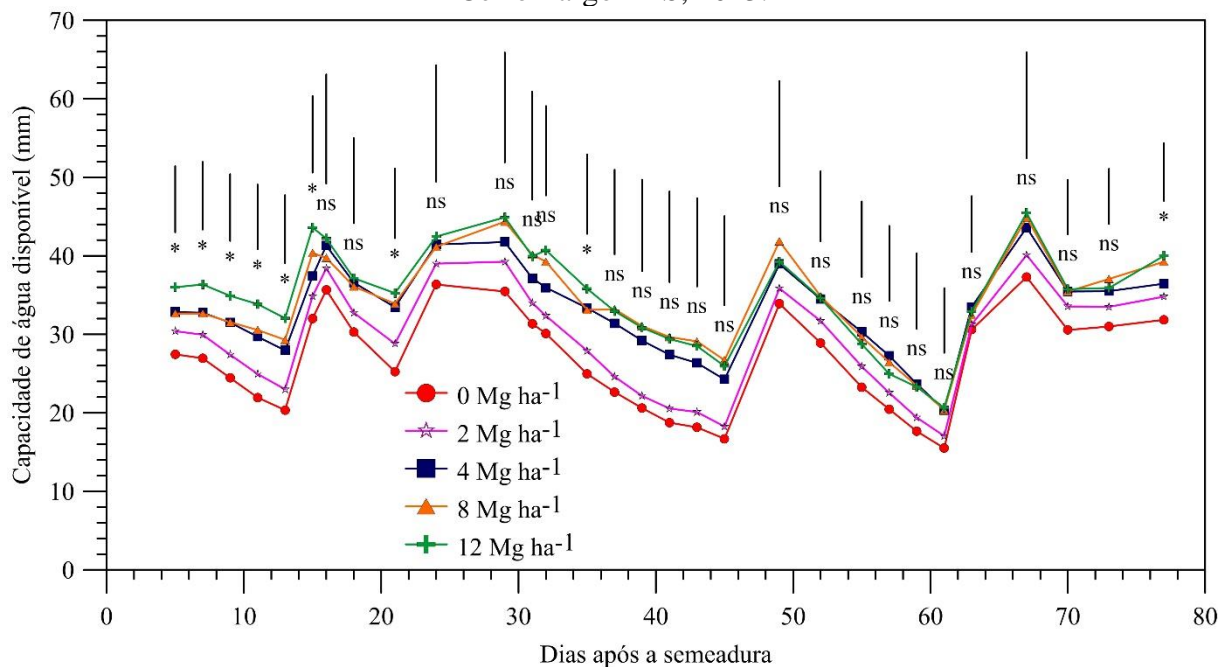
O processo de adição de água ao solo se dá pela precipitação, essa ocorre de modo ocasional e geralmente de forma irregular, ao passo em que a demanda por água pela planta é constante e ainda é o problema da demanda de evaporação de água do solo para a atmosfera (CARVALHO, 2007). Os tratamentos com 8 e 12 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal, ofereceram um armazenamento de água médio de 7,73 mm (0-20cm) a mais que o solo descoberto. A cobertura de 12 Mg ha⁻¹, armazenou em média 8,13 mm de água (0-20cm) a mais que o tratamento com o solo nu.

As plantas precisam de água para sua sobrevivência e o solo faz o suprimento desta necessidade realizando a reserva de água, assim em períodos sem chuvas, as plantas buscam água que está armazenada no solo (CARVALHO, 2007). Os solos com os tratamentos com 8 e 12 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal, se mostraram eficientes no armazenamento de água, assim

fornecendo água para as plantas por períodos maiores que o solo descoberto, pois o solo nu, perde água mais facilmente pela evapotranspiração, resultando em uma maior dificuldade a extração de água pelas plantas (CARVALHO, 2007).

Em relação ao gráfico 5, o solo sem cobertura vegetal, teve uma disponibilidade de água menor durante todo o período de avaliação, em comparação com os outros tratamentos. Todos os tratamentos com cobertura de resíduo vegetal, obtiveram uma maior capacidade de disponibilidade de água que o tratamento sem cobertura (Gráf. 5).

Gráfico 5 - Valores médios da lâmina de água disponível no solo ao decorrer dos dias após a semeadura do milho, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área do experimento, Cerro Largo - RS, 2023.



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

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A variação de disponibilidade de água do solo descoberto foi de 15,5 a 37,3mm, já do solo com 12 Mg ha⁻¹ de cobertura vegetal, de 20,7 e 45,5 mm (Gráf. 5). A média de disponibilidade de água dos solos com coberturas de 8 e 12 Mg ha⁻¹ foi de 34,4 mm, solos com coberturas de 2 e 4 Mg ha⁻¹, 31,1 mm e solos sem cobertura de 26,7 mm.

A disponibilidade de água do solo para as plantas é influenciada diretamente pelas características químicas, físicas e biológicas do mesmo, sendo que restrição em uma das características, em alguma camada do solo, pode afetar o desenvolvimento radicular das plantas (CARVALHO, 2007). Com o aumento de resíduo vegetal no solo, há uma maior atividade biológica, resultando em uma melhor condição física no solo, podendo contribuir para o aumento da disponibilidade de água, já que solos com menos limitação físicas podem armazenar

mais água e por consequência permitir um melhor desenvolvimento radicular (PETRY et al. 2007).

4.3 TEMPERATURA DO SOLO

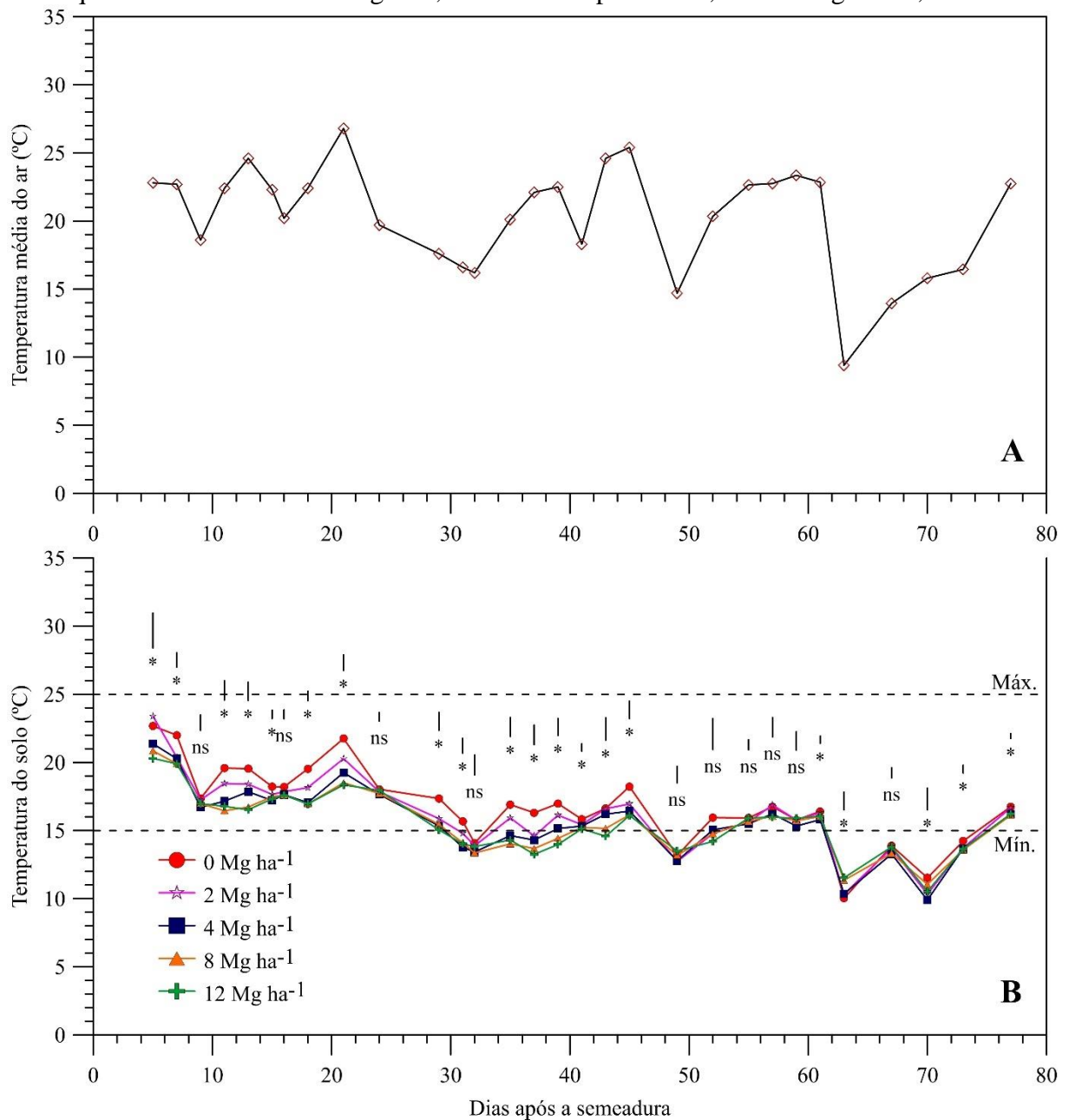
A temperatura do solo durante o estudo variou significativamente entre os tratamentos. Contudo, pelo estudo ter sido realizado no período de outono a inverno, as temperaturas do ar variaram de 9,4°C a 26,8°C (Gráf. 6A). O tratamento sem cobertura de resíduo vegetal apresentou as maiores temperaturas durante o período de estudo, já que o mesmo ficou exposto as altas temperaturas do dia, ocorrendo também uma maior amplitude térmica e aumento da evaporação de água.

O tratamento com 0 Mg ha⁻¹ de cobertura, obteve uma diferença média da temperatura do ar com a do solo de 3,5°C (Gráf. 6A e 6B), tendo a temperatura do solo variando de 10°C a 22,7°C e uma amplitude térmica de 12,7°C (Gráf. 6B). As menores temperaturas observadas no período do estudo foram obtidas pelos tratamentos com 8 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal, com diferença média de temperatura do ar com a do solo de 4,8 °C para os dois tratamentos (Gráf. 6A e 6B).

A amplitude térmica durante o estudo dos tratamentos com 8 Mg ha⁻¹ e 12 Mg ha⁻¹, variaram de 11,1°C a 20,9°C e 10,5°C a 20,3°C (Gráf. 5B), respectivamente, com uma amplitude térmica de 9,8°C para os dois tratamentos (Gráf. 6B). A menor amplitude térmica do solo está diretamente associada a maior quantidade de palhada (RODRIGUES et al., 2018). A cobertura de resíduo vegetal funciona como uma barreira protetora contra a incidência direta dos raios solares sobre o solo, assim ocasionando uma redução das oscilações de temperatura e proporcionando um efeito favorável para o desenvolvimento radicular (GASPARIM et al. 2005)

Durante o experimento, solos com cobertura de resíduo vegetal acima de 8 Mg ha⁻¹, proporcionaram uma redução média da temperatura de 1,3°C em relação ao solo descoberto. Em cultivos de verão, o solo coberto com resíduo vegetal pode resultar um uma redução de temperatura de até 3,5°C em relação ao solo nu (RESENDE et al., 2005).

Gráfico 6 - Valores médios da temperatura do ar (A), coletados da Estação Meteorológica da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Cerro Largo-RS; e do solo (5cm) (B), no horário das 11:00 as 12:00, ao decorrer dos dias após a semeadura do milho, sob diferentes quantidades de resíduos vegetais, na área do experimento, Cerro Largo - RS, 2023.



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

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste de Tukey 5% de significância

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

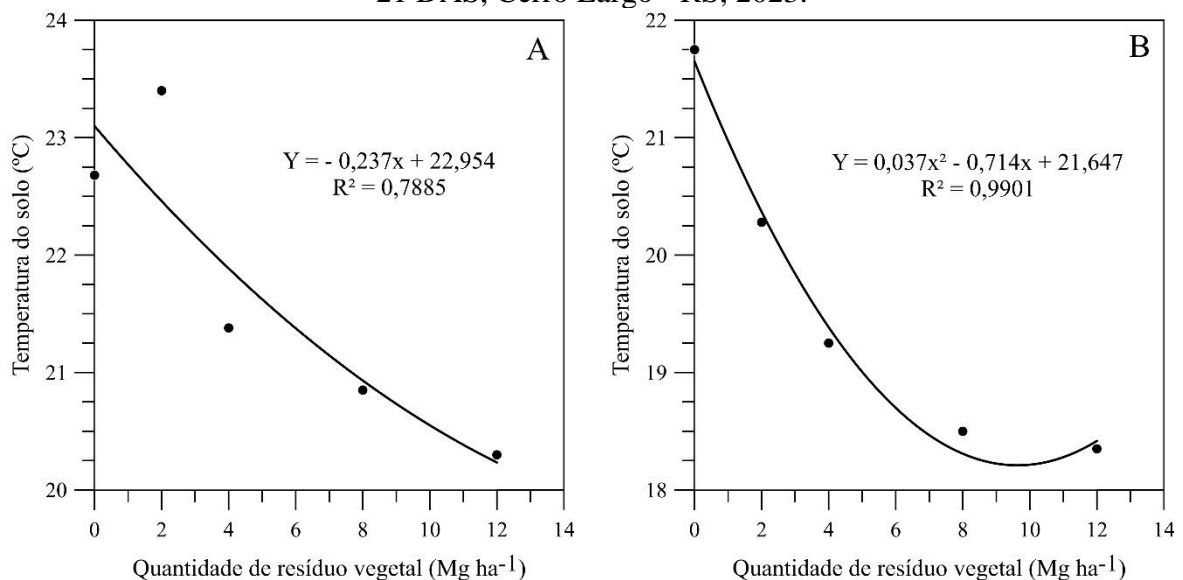
Quanto maior a quantidade de palhada sobre o solo, menor é a temperatura no perfil do solo, assim Gasparim et al. (2005), obteve uma redução de 2°C na média de temperatura do solo, na camada de 0-5cm, com cobertura acima de 4 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal em relação ao solo descoberto. O solo com cobertura de palhada acima de 8 Mg ha⁻¹ reduz a temperatura do

solo em até 2,9°C, além de proporcionar uma redução da amplitude térmica do solo em até 5,8°C (VIEIRA et al., 2020)

Os tratamentos com 2 Mg ha⁻¹ e 4 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal, não diferiram significativamente dos tratamentos com maiores quantidade de palhada e nem do solo descoberto, tendo variação de temperatura do solo durante o estudo de 10,3°C a 23,4°C e 9,9°C a 21,4°C, respectivamente (Gráf. 6B). Temperaturas ideais de solo para a cultura do trigo, cultura de inverno do período de experimento, estariam entre a faixa de 15°C a 25°C (MOTA, 1989 apud MANFRON et al. 1993), assim observa-se que todos os tratamentos se encontraram dentro da faixa ideal de temperatura para a cultura (Gráf. 6B), na maioria do tempo no período do experimento.

Em 5 e 21 DAS (Gráf. 7A e B), observa-se a temperatura do solo em relação a quantidade de resíduo vegetal depositado. Observa-se que a cada 1 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal que se deposita no solo, se reduz 0,24°C na temperatura do solo, observado em 5 DAS (Gráf. 7A). Observa-se que no dia mais quente do experimento, 21 DAS (Gráf. 6A), a menor temperatura poderia ser obtida por um solo com cobertura entre 9,5 e 10 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal (Gráf. 7B), com uma temperatura de 18,2°C.

Gráfico 7 - Temperatura do solo em função das quantidades de resíduo vegetal 5 DAS (A); e a 21 DAS, Cerro Largo - RS, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4.4 BIOMASSA SECA

Na tabela 3, estão apresentados os valores obtidos de biomassa seca do milho nas diferentes quantidades de resíduo vegetal. Pode-se constatar que a menor biomassa seca

produzida durante o experimento foi de 387,85 kg ha⁻¹, sendo obtida no tratamento com 0 Mg ha⁻¹. A maior produção de biomassa seca foi de 875,25 kg ha⁻¹, sendo obtida no tratamento com 12 Mg ha⁻¹. Os tratamentos com 2, 4 e 8 Mg ha⁻¹ não diferiram significativamente dos tratamentos com 0 e 12 Mg ha⁻¹.

Tabela 3 - Produção média de biomassa seca da parte aérea das plantas de milho nas diferentes quantidades de resíduos vegetal aos 64 dias após a semeadura, Cerro Largo - RS, 2023

	0 Mg ha⁻¹	2 Mg ha⁻¹	4 Mg ha⁻¹	8 Mg ha⁻¹	12 Mg ha⁻¹	CV (%)
Biomassa seca (kg ha ⁻¹)	387,85 b*	509,9 ab	735,56 ab	740,85 ab	875,25 a	27,32

*Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey 5% de significância. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

No trabalho conduzido em Latossolo Vermelho-Amarelo em Prudente de Morais, MG, no período de inverno-primavera com condições de semeadura com preparo convencional do solo, o resultado obtido para a biomassa seca do milho, 64 DAS, foi de 1540 kg ha⁻¹ (VASCONCELLOS et al. 1998). Outros trabalhos conduzidos em Latossolo Vermelho no município de Lavras, MG, com semeadura na primavera, obteve biomassa seca no mesmo estágio fisiológico de aproximadamente 9500 kg ha⁻¹ (BORGES, 2006; VILAS BÔAS et al, 2023). O tratamento que se encontro mais próximo dos resultados de outros trabalhos foi o com quantidade de 12 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal.

5 CONCLUSÕES

Não houve diferença nos atributos físicos do solo, com as diferentes quantidades de palhada depositas no solo, pelo fato do estudo trabalhar com a cobertura de forma há utiliza-la com uma barreira contra as altas temperatura e evitando a evapotranspiração do solo.

A cobertura com resíduo vegetal no solo, ocasiona uma redução da temperatura do solo e funciona como barreira de proteção do solo contra as altas temperatura, provinda da incidência dos raios solares, promovendo uma proteção do solo contra a evaporação de água do mesmo e aumentando assim o armazenamento de água no solo.

A maior disponibilidade de água foi obtida pelo tratamento com 12 Mg ha⁻¹ de resíduo vegetal, com uma média de 34,8mm, sendo 8,13 mm a mais que o tratamento sem cobertura de resíduo vegetal.

Os solos com cobertura de resíduo vegetal com quantidades acima de 8 Mg ha⁻¹, provocam uma redução da temperatura do solo em 1,3°C em relação ao solo descoberto, além de aumentar a disponibilidade média de água no solo em 7,73 mm, permitindo maior tempo de armazenamento de água para as plantas.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, J. A. de A. et al. Efeito na temperatura e na umidade do solo pelo aporte de resíduos orgânicos de culturas de cobertura. In: **VII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Americano de Pós-Graduação**. Anais... Universidade do Vale do Paraíba, p.15151-1518, 2004. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/epg/pdf/EPG5-9.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2023

ALCÂNTARA, F. A. et al. **Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, p.277-288, 2000. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/pab/a/NWGmFqjWwHMDJK6YtncqY5H/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 15 mai. 2023.

ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, jan/fev. 2001. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/485005/plantas-de-cobertura-de-solo-para-sistema-plantio-direto>>. Acesso em: 14 mai. 2023.

BERGAMASCHI, H. et al. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. **Revista Argentina de Agrometeorologia**, v.1, p.23-27, 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/261912180_ESTIMATING_MAIZE_WATER_REQUIREMENTS_USING_AGROMETEOROLOGICAL_DATA Estimativa das necessidades de água do milho através de dados meteorológicos>. Acesso em: 3 nov. 2023.

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 1269-1276, set. 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/K3BFqHMNz9FvByG6d3Zy8pc/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 15 mai. 2023.

BORGES, I. D. **Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho**. 115p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2006. Disponível em: <https://rbms.abms.org.br/index.php/ojs/article/view/278/pdf_165>. Acesso em: 4 dez. 2023.

CAMPOS, B. C. et al. Avaliação temporal da umidade do solo como consequência do tipo e percentagem de cobertura vegetal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.24, p.459-463, 1994. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/8JVHzzw3Bk4zJKDZzHnMmxb/?lang=pt#>>. Acesso em: 15 mai. 2023.

CARVALHO, R. **Armazenamento de água e atributos físicos de um latossolo cultivado com cafeeiros em conversão para o sistema orgânico**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2007. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6807/Dissertacao_Ricardo%20Carvalho.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 nov. 2023.

CASSOL, I. J. et al. Propriedades físico-hídricas do solo submetido a dois sistemas de cultivo. **Water Resources and Irrigation Management**, Bahia, v. 6, n. 1, p. 87-94, 2017. Disponível em: <<https://www3.ufrb.edu.br/seer/index.php/wrim/article/view/1577>>. Acesso em: 29 out. 2023.

CHERLINKA, V. Temperatura Do Solo: Fator De Desenvolvimento. **EOSDA**, 2021. Disponível em: <<https://eos.com/pt/blog/temperatura-do-solo/#:~:text=Efeitos%20Da%20Temperatura%20Do%20Solo%20No%20Crescimento%20Da%20Planta&text=O%20calor%20induz%20o%20desenvolvimento,retardam%20o%20processo%20de%20fotoss%C3%ADntese.>>. Acesso em: 4 dez. 2023.

COSTA, D. M. A. DA. et al. Eficiência Da Cobertura Morta Na Retenção De Umidade No Solo. **HOLOS**, v. 1, p. 59–69, 2007. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549272003>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

DALMAGO, G. G. et al. Saldo de radiação em canola em função de diferentes formas de distribuição de palha na superfície In: I Simpósio Latino americano de Canola, 2014, Passo Fundo. **Anais...Passo Fundo: Embrapa**, 19 a 21 de agosto de 2014,5p. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/slac/cd/pdf/GENEI%20DALMAGO%20-%20Saldo%20de%20radiacao.....pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2023.

DENARDIN J. E. et al. Sistema plantio direto: evolução e implementação. In: **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Cap. 7 / editores técnicos, João Leonardo Fernandes Pires, Leandro Vargas, Gilberto Rocca da Cunha. – Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2011. 488 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128243/1/2011-LVtrigonobrasil-cap7.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Milho: Plantio Direto. **Informação Tecnológica**, Brasília. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/manejo-do-solo-e-adubacao/sistema-de-manejo-do-solo/plantio-direto>>. Acesso em: 9 nov. 2023.

FERRARI, E. et al. Efeito da temperatura do solo na nodulação e no desenvolvimento da soja perene (*Glycine favanica* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, n. 2 p. 461-466, 1967. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/191901/1/Efeito-da-temperatura-do-solo-na-noducao.pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2023.

FERREIRA, T. N. et al. **Manejo integrado e ecológico: Elementos básicos**. Porto Alegre: Emater/RS, 2000. p.95. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/solos_manejo_integrado_ecologico.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2023.

FURLANI, C. E. A. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.32, p.375-380, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/JTCmCRcX47wBwqX4cdwGX6x/?lang=pt>>. Acesso em: 16 mai. 2023.

GASPARIM E. et al. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 27, n.1 p. 107-115, 2005. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/2127/1239>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

GHOHMANN, F.; QUEIROZ NETO, J. P. Efeito da compactação artificial de dois solos limo-argilosos sobre a penetração de raízes de arroz. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.39, p. 419-431, 1996. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/250022695_Efeito_da_compactacao_artificial_de_dois_solos_limo-argilosos_sobre_a_penetracao_das_raizes_de_arroz>. Acesso em: 4 dez. 2023.

HECKLER, J.C.; HERNANI, L.C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J.C; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto**: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 37 – 49. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1122816>>. Acesso em: 13 mai. 2023.

JAKELAITIS, A. et al. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (UFG), v. 38, p. 118-127, 2008. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/pat/article/view/4171>>. Acesso em: 29 out. 2023.

KLEIN, A. et al. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. **Ciência Rural**. v. 38, n. 2, p. 365–371, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/FjSZCHR9LqSJTt7BtLxQzdc/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 9 nov. 2023.

KLEIN, V. A. Densidade relativa - um indicador da qualidade física de um latossolo vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p. 26-32, 2006. Disponível em: <[https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/download/5379/3584/14918#:~:text=\(1998\)%2C%20encontrando%20a%20densidade](https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/download/5379/3584/14918#:~:text=(1998)%2C%20encontrando%20a%20densidade)>. Acesso em: 9 nov. 2023.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G.A. Clima do estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **DisciplinarumScientia**, Santa Maria, v.2, n.1, p.171-182, jan./dez. 2001. Disponível em: <<https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1136/1077>>. Acesso em: 12 out. 2023

LAMAS, F. M. **Plantas de cobertura: O que é isto?**, Brasília, DF: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto#:~:text=A1%C3%A9m%20de%20contribu%C3%ADrem%20para%20a,beneficiando%20diretamente%20as%20culturas%20sucessoras.>>. Acesso em: 27 abr. 2023.

LANDAU, E. C., et al. Milho: Relação com o clima. Sete Lagoas, MG, **EMBRAPA Milho e Sorgo**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/relacoes-com-o-clima>>. Acesso em: 4 dez. 2021.

MANFRON, P. A., et al. TRIGO - Aspectos agrometeorológicos. **Ciência Rural**, v. 23, p. 233–239, 1 ago. 1993. <<https://doi.org/10.1590/S0103-84781993000200021>>. Acesso em: 28 nov. 2023.

MANUAL. **Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016. 376 p. Disponível em: <https://www.sbc-s-nrs.org.br/docs/Manual_de_Calagem_e_Adubacao_para_os_Estados_do_RS_e_de_SC-2016.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2023.

MARCOLIN, C. D.; KLEIN, V. A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 33. n. 2, p. 349-354, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/6120>>. Acesso em: 25 out. 2023.

MARTIN, T. N. et al. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2022/2023 e 2023/2024**. Santa Maria: Editora GR, 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1355291/77681724/Indica%C3%A7%C3%B5es+T%C3%A9cnicas+para+a+cultura+da+soja+no+Rio+Grande+do+Sul+e+em+Santa+Catarina%2C+safras+2022-2023+e+2023-2024/59dc57b3-4122-de8a-1009-6f061aa8c47f>>. Acesso em: 12 abr. 2023.

PETRY, M. T. et al. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 531–539, 1 jun. 2007. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/w7RgvypjSnwpWQkCcqQD5Q/?lang=pt>>. Acesso em: 8 nov. 2023.

PEZARICO, C. R. et al. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista Ciência Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013. Disponível em:<<https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.004>>. Acesso em: 29 out. 2023.

PRIMAVESI, A. M. **Manejo ecológico do solo: A agricultura em regiões tropicais**. São Paulo, Nobel, 1987. 549p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=DHo2zLdESkEC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_atb&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 16 mai. 2023.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência & Ambiente**, v.27, p.29-48, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/274250019_Qualidade_dos_solos_e_sustentabilidade_de_de_sistemas_agricolas>. Acesso em: 11 nov. 2023.

RESENDE, F. V. et al. 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 Agrotécnica**, Lavras, MG, v. 29, n. 1, p. 100-105, jan./fev. 2005. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/778369/uso-de-cobertura-morta-vegetal-no-controle-da-umidade-e-temperatura-do-solo-na-incidencia-de-plantas-invasoras-e-na-producao-da-cenoura-em-cultivo-de-verao>>. Acesso em: 16 mai. 2023.

RIBEIRO, K. D. et al. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1167–1175, ago. 2007. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000400033>>. Acesso em: 29 out. 2023.

RIO GRANDE DO SUL. Clima, temperatura e precipitação: **O clima do Rio Grande do Sul é Temperado do tipo Subtropical, classificado como Mesotérmico Úmido**. Atlas Socioeconomico, Porto Alegre, RS, Ed. 7, 2022. Disponível em: < <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao>>. Acesso em: 12 out. 2023.

RODRIGUES, G. A. et al. Oscilações da temperatura do solo em função de quantidades de palha e horários ao longo do dia. **Revista Interface Tecnológica**. Taquaritinga, SP,. v.15, p.293-304, 2018. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/527f/fdcd962b1849fba12666bef15067e2428b1b.pdf> >. Acesso em: 15 mai. 2023.

SÁ, M. A. C., SANTOS JUNIOR, J. D. G. Compactação do solo: consequências para o crescimento vegetal. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, DF, ISSN 1517 – 5111, 2005. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/569996/1/doc136.pdf> >. Acesso em: 10 jul. 2023.

SILVA. M. B, Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 1755-1761, 2007. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/pab/a/jQSMQcLGsC3ds8ZMC5xBdgp/?lang=pt>>. Acesso em: 15 mai. 2023.

STRECK, Edemar Valdir et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 3. ed. Porto Alegre: Emater, 2018. 251 p. (ISBN 978-85-98842-20-2).

SUZUKI, L. E. A. S.; et al. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária brasileira**., Brasília, v.42, n.8, p.1159-1167, ago, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/9nWsJjKz3P69Mq7Sk4fgtn/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

SUZUKI, L.E.A.S. **Compactação do solo e sua influência nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas**. 2005. 149p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. Disponível em: < <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/5602>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

TORRES, J. L. R. et al. Influência de plantas de cobertura na temperatura e umidade do solo na rotação milho-soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, RS, v. 12, p. 107-113, 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/4498/3372>>. Acesso em: 17 mai. 2023.

VASCONCELLOS, C. et al. **Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera**. 1998. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/92341/1/pab277-95.pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2023.

VIEIRA, F. F. et al. Temperatura e umidade do solo em função do uso de cobertura morta no cultivo de milho. **Científica**, Jaboticabal, v.48, n.3, p.188-199, 2020. Disponível em: <<http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/1264/797>>. Acesso em: 23 jun. 2023.

VILAS BÔAS, I. A. et al. Study of dry matter accumulation in maize hybrids using nonlinear models. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.58, e03077, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2023.v58.03077>.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], p.763-774, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n4/21799.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2023.

WWF-BRASIL. **Plantio Direto**. 2023. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/agricultura/agr_acoes_resultados/agr_solucoes_cases_plantio2/>. Acesso em: 29 abr. 2023.