UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

ANDERSON NOVAK

PROPRIEDADES FISICO-HÍDRICAS NA ÁREA MOBILIZADA DOS TERRAÇOS E PRODUTIVIDADE DO MILHO

CERRO LARGO
2025

ANDERSON NOVAK

PROPRIEDADES FISICO-HÍDRICAS NA ÁREA MOBILIZADA DOS TERRAÇOS E PRODUTIVIDADE DO MILHO

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

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser.

CERRO LARGO

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Novak, Anderson
PROPRIEDADES FISICO-HÍDRICAS NA ÁREA MOBILIZADA DOS TERRAÇOS E PRODUTIVIDADE DO MILHO / Anderson Novak. -- 2025.
37 f.

Orientador: Doutor em Ciência do solo Douglas Rodrigo Kaiser

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2025.

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).

ANDERSON NOVAK

PROPRIEDADES FISICO-HÍDRICAS NA ÁREA MOBILIZADA DOS TERRAÇOS E PRODUTIVIDADE DO MILHO

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

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 24 de novembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
DOUGLAS RODRIGO KAISER
Data: 15/12/2025 09:55:14-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS
Orientador

gov.br Documento assinado digitalmente
RENAN COSTA BEBER VIEIRA
Data: 11/12/2025 21:56:07-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira – UFFS

gov.br Documento assinado digitalmente
JEAN PAOLO GOMES MINELLA
Data: 11/12/2025 15:45:32-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Jean Paolo Gomes Minella – UFSM

Dedico este trabalho aos meus pais, que não
pouparam esforços para que eu pudesse
concluir meus estudos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos ao longo do curso.

Expresso minha profunda gratidão à minha família, que sempre me ofereceu o suporte necessário para que eu pudesse me dedicar aos estudos e alcançar meus objetivos.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser (UFFS), pela excelência na orientação, pelas ricas discussões e pelo incentivo à pesquisa científica.

Estendo meus agradecimentos ao Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira (UFFS) e ao Prof. Dr. Jean Paolo Gomes Minella (UFSM), pelo apoio técnico e pelas considerações pertinentes que enriqueceram este trabalho.

Agradeço também ao colega e amigo Felipe André Caye, e minha namorada Kauany Smit Rodrigues, pelo auxílio direto no desenvolvimento das atividades e pelo companheirismo durante esta jornada.

Olhem de novo para o ponto. É ali. É a nossa casa. Somos nós. Nesse ponto, todos aqueles que amamos, que conhecemos, de quem já ouvimos falar, todos os seres humanos que já existiram, vivem ou viveram as suas vidas. Toda a nossa mistura de alegria e sofrimento, todas as inúmeras religiões, ideologias e doutrinas econômicas, todos os caçadores e saqueadores, herois e covardes, criadores e destruidores de civilizações, reis e camponeses, jovens casais apaixonados, pais e mães, todas as crianças, todos os inventores e exploradores, professores de moral, políticos corruptos, “superastros”, “lideres supremos”, todos os santos e pecadores da história da nossa espécie, ali – num grão de poeira suspenso num raio de sol (Sagan, 1994, p. 10).

RESUMO

O terraceamento surge como prática conservacionista complementar ao Sistema Plantio Direto (SPD) para controle da erosão hídrica no Rio Grande do Sul. Este trabalho objetivou avaliar a estrutura físico-hídrica do terraço nas partes de canal e camalhão e sua relação com a produtividade do milho em Latossolo Vermelho distrófico. O estudo foi conduzido em área comercial com terraços de base média, onde foram avaliadas as propriedades físico-hídricas do solo e a produtividade da cultura do milho em três tratamentos: lavoura (entre terraços), canal e camalhão. Os resultados demonstraram que não houve diferenças estatisticamente significativas nas propriedades físico-hídricas do solo entre os tratamentos avaliados. A densidade do solo manteve-se em 1,20 Mg m^{-3} na camada de 0-10 cm, atingindo 1,42 Mg m^{-3} na camada de 10-20 cm em todos os tratamentos. A porosidade total, microporosidade e macroporosidade também não apresentaram variações significativas. A capacidade de campo variou entre 0,39 e 0,42 mm cm^{-3}, enquanto a capacidade de água disponível situou-se entre 23,87 e 26,46 mm, sem diferenças entre os tratamentos. Quanto à produtividade do milho, os valores foram elevados e estatisticamente similares entre lavoura (221 sc ha^{-1}), canal (212 sc ha^{-1}) e camalhão (215 sc ha^{-1}). O peso de mil grãos também não apresentou diferenças significativas, variando entre 350 e 357 gramas. Esses resultados indicam que as condições edáficas e hídricas foram adequadas e homogêneas em todas as posições do terraço durante o ciclo da cultura. Conclui-se que o terraceamento, nas condições estudadas, não gerou diferenças que limitassem o desenvolvimento do milho nas partes de canal e camalhão.

Palavras- chaves: Sistema Plantio Direto. Canal. Camalhão. Densidade de solo.

ABSTRACT

Terracing emerges as a complementary conservation practice to the No-Till System (NTS) for controlling water erosion in Rio Grande do Sul, Brazil. This study aimed to evaluate the physical-hydric structure of the terrace in its channel and ridge parts and its relationship with corn productivity in a Oxisol. The study was conducted in a commercial area with medium-base terraces, where the soil's physical-hydric properties and corn crop productivity were evaluated across three treatments: field (between terraces), channel, and ridge. The results demonstrated no statistically significant differences in the soil's physical-hydric properties among the evaluated treatments. Soil bulk density remained at 1.20 Mg m^{-3} in the 0-10 cm layer, reaching 1.42 Mg m^{-3} in the 10-20 cm layer across all treatments. Total porosity, microporosity, and macroporosity also showed no significant variations. Field capacity varied between 0.39 and 0.42 mm cm^{-3}, while available water capacity ranged from 23.87 to 26.46 mm, with no differences among treatments. Regarding corn productivity, the values were high and statistically similar between the field (221 bags ha^{-1}), channel (212 bags ha^{-1}), and ridge (215 bags ha^{-1}) treatments. The one-thousand-grain weight also showed no significant differences, varying between 350 and 357 grams. These results indicate that edaphic and water conditions were adequate and homogeneous across all terrace positions during the crop cycle. It is concluded that terracing, under the studied conditions, did not create differences that limited corn development in the channel and ridge parts.

Keywords: No-Till System; Channel; Ridge; Soil bulk density.

Keywords: Terracing. No-Tillage System. Water Erosion. Available Water Capacity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dimensões do terraço base média.....22
Figura 2 - Nível do perfil ao decorrer da lavoura.....23
Figura 3 - Marcação dos terraços. 23
Figura 4 - Milho sendo colhido. 25
Figura 5 - Anéis sendo saturados para a câmara de tensão. 26
Figura 6- Índices pluviométricos, durante todo o ciclo fenológico da cultura do milho, após semeadura (DAS). 32
Figura 7- Temperaturas médias (°C), durante todo o ciclo da cultura do milho. 34
Figura 8- Peso de mil grãos 35
Figura 9- Produtividade da cultura do milho.....35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD	Capacidade de Água Disponível
CAN	Canal
CC	Capacidade de Campo
CML	Camalhão
DAS	Dias Após a Semeadura
Ds	Densidade do solo
FAW	Fração de Água Disponível
LAV	Lavoura
Mac	Macroporos
Mg	Megagrama por metro cúbico
Mic	Microporosidade
MOS	Matéria Orgânica do Solo
Ms	Massa de solo seco
Msat	Massa do solo saturado
Mu	Massa de solo úmido
PMG	Peso de Mil Grãos
PNE	Potencial Natural de Erosão
Pt	Porosidade total
RS	Rio Grande do Sul
Sas	Statistical Analysis System
SPD	Sistema Plantio Direto
UE	Unidades Experimentais
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
Vt	Volume total (do anel)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
1 OBJETIVOS 14
1.1 OBJETIVO GERAL 14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14
2 REVISÃO DE LITERATURA 15
2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO RS 15
2.1.1 Monocultura 15
2.1.2 Sistema Plantio direto 15
2.2 PROBLEMAS NO SPD NO RIO GRANDE DO SUL 16
2.3 EROSÃO HÍDRICA DO SOLO 17
2.4 PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS COMPLEMENTARES 18
2.4.1 Terraceamento 19
2.4.2 Benefícios do terraceamento 20
2.4.3 Impedimentos estruturais do terraceamento 21
3 MATERIAIS E MÉTODOS 22
3.1 TERRAÇOS 22
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL 24
3.3 CULTIVO DO MILHO 24
3.3.1 Avaliação da produtividade do milho 24
3.5 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO 25
3.5.1 Densidade do solo 25
3.5.2 Microporosidade, macroporosidade e porosidade total. 26
3.5.3 Capacidade de campo e água disponível 27
3.5.4 Grau de compactação 27
3.6 DADOS METEOROLÓGICOS 27
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA 29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 30
4.1 PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO 30
4.2 DADOS METEOROLÓGICOS 32
4.3 PRODUTIVIDADE DO MILHO 34
5 CONCLUSÕES 36
REFERÊNCIAS 37

1. INTRODUÇÃO

A agricultura no Rio Grande do Sul constitui um pilar econômico fundamental, caracterizado por sua expressiva produção de grãos desenvolvida em um contexto de diversidade edafoclimática e estrutural. Neste cenário, a conservação do solo e da água representa um requisito indispensável para a sustentabilidade dos sistemas produtivos. A erosão hídrica permanece como uma das principais ameaças à capacidade produtiva dos solos gaúchos, sendo frequentemente intensificada pela adoção incompleta do Sistema Plantio Direto (SPD), fenômeno frequente observado no estado. Quando implementado sem a devida atenção aos seus princípios integrais, particularmente sem a rotação de culturas e sem a integração de práticas conservacionistas complementares, o SPD revela-se insuficiente para conter os processos de degradações em terrenos mais susceptíveis.

Esta realidade aponta para uma necessidade de planejamento territorial mais refinado nas propriedades rurais. A concepção de sistemas produtivos adequados deve considerar, primordialmente, a divisão da terra de acordo com sua aptidão agrícola, fundamentada nas características edafoclimáticas específicas de cada talhão. A própria Emater/RS (2021) reconhece que os sistemas predominantes no estado variam conforme a diversidade dessas condições e a estrutura fundiária regional. Neste contexto, áreas com declividade acentuada, solos mais frágeis ou suscetíveis à erosão demandam abordagens diferenciadas em relação às unidades de produção situadas em terrenos planos e estruturalmente estáveis. É precisamente nestas áreas com maiores limitações onde o terraceamento assume papel de atuar não apenas como prática conservacionista, mas como elemento condicionador para o uso agrícola sustentável de terras que, de outra forma, estariam em acelerado processo de degradação.

O terraceamento, enquanto técnica de manejo conservacionista, evoluiu significativamente desde suas primeiras implementações. Pesquisas recentes, como a de Hörbe et al. (2021), demonstram que sua integração ao SPD proporciona incrementos interessantes na disponibilidade hídrica do solo, refletindo em ganhos de produtividade para culturas anuais. A técnica aprimorou-se para um dimensionamento hidráulico mais preciso, conforme descrito por Denardin (2024), considerando parâmetros específicos como intensidade pluviométrica regional, taxa de infiltração do solo e declividade do terreno, transformando o terraço em uma infraestrutura essencial para a conservação.

Contudo, a implantação de um terraço modifica substancialmente a paisagem, criando estruturas morfológicas distintas: o canal, destinado à coleta e infiltração da água, e o camalhão, parte compactada que a retém. Esta compartimentação levanta um questionamento técnico

relevante: os processos construtivos e a compactação necessária para garantir a estabilidade estrutural do camalhão, associados ao regime hídrico diferenciado no canal, podem criar microambientes com propriedades físico-hídricas distintas das áreas entre terraços. A literatura especializada, como observado em Reichert et al. (2007), indica que valores de densidade do solo superiores a 1,40 Mg m^{-3} podem restringir significativamente o desenvolvimento radicular. Paralelamente, Denardin et al. (2014) alertam que terraços dimensionados incorretamente podem gerar pontos de encharcamento ou criar microáreas com compactação excessiva.

Esta contradição onde uma prática destinada à conservação do solo poderia gerar limitações localizadas ao desenvolvimento das plantas representa uma lacuna de conhecimento que precisa uma investigação mais detalhada. Compreender essas variações nas microrregiões do terraço torna-se particularmente relevante quando considerada a aptidão das terras. Para viabilizar o uso conservacionista, quaisquer limitações localizadas à produtividade podem significar a diferença entre a sustentabilidade econômica e o abandono dessas áreas para atividades agrícolas.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a estrutura físico- hídrica do terraço nas partes de canal e camalhão com a produtividade do milho.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Propriedades do solo;
- Produtividade do milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO RS

O Rio Grande do sul, apresenta variada condição cultural, e estrutural que seguem diferentes linhas de sistemas de produção. Os sistemas se diferenciam por grandes produtores a médios e pequenos, isso se está refletido pelas condições edafoclimáticas que condicionam as técnicas adotadas junto ao capital econômico disponível.

A Emater/RS (2021) apresenta dados, sobre os sistemas de produção predominantes no Rio Grande do Sul, que variam de acordo com a diversidade das condições edafoclimáticas do estado e com a estrutura fundiária regional. O estado é conhecido por sua forte vocação agrícola, com destaque para a produção de grãos, pecuária leiteira e de corte, as grandes propriedades caracterizam-se pelo predomínio de monoculturas mecanizadas de soja, milho e trigo, enquanto, em pequenas propriedades familiares existe maior diversificação, com integração entre lavoura, pecuária e hortifruticultura.

2.1.1 Monocultura

A monocultura influencia negativamente, principalmente em preparo convencional, reduzindo drasticamente a MOS (Matéria Orgânica do Solo), o que compromete a fertilidade, a estrutura e a capacidade de retenção de água do solo (Scherer, 2014). Como apresentado pela Emater/RS (2021), essa prática mostra ser de uso comum no estado do RS, ainda que exercida sob plantio direto gera maiores problemas.

Dentre os problemas, o baixo teor de matéria orgânica do solo é um deles, para Conceição (2005), a MOS é um grande indicativo de qualidade do solo, e a monocultura é responsável por reduzir este índice, pois causa a redução dos estoques de MOS, que de forma continua, leva a degradação da qualidade do solo. A monocultura gera pouca variação de resíduos orgânicos deixados pela cultura utilizada, o que empobrece o aporte de carbono e prejudica a formação de agregados estáveis no solo (Conceição, 2005; Scherer, 2014).

2.1.2 Sistema Plantio direto

O sistema de plantio direto (SPD) surgiu na tentativa de melhorar o sistema de produção, e impor práticas conservacionistas, passando por muitos testes durante o período de sua implantação, por volta da década de setenta, com a finalidade de combater a erosão no Sul do Brasil, havendo uma transição simultânea na propriedade rural e na pesquisa. Assim com base

nos primeiros resultados obtidos, o sistema de plantio direto passou a ser utilizado devido à sua eficiência contra a erosão, sendo caracterizado como uma prática conservacionista (Kochhann e Denardin, 2000).

O SPD consiste na semeadura da cultura, de uma forma que não seja realizada movimentação prévia do solo, somente abrindo o sulco de semeadura nas linhas de plantio onde são depositados as sementes e os fertilizantes, no qual deve ser feita a manutenção permanente de cobertura do solo e a diversificação de espécies de plantas, por rotação e/ou consorciação de culturas. (Balota, 2018).

A rotação de culturas é feita na premissa, de alternância de diferentes famílias e espécies, com graus diferentes de suscetibilidade a pragas e doenças, além de gerar benefícios no manejo de plantas daninhas, biomassa vegetal e promoção da sustentabilidade, ela deve permitir também um escalonamento adequado que permita a colheita e plantio, de acordo com as necessidades de cada espécie (Kochhann e Denardin, 2000). Os autores ressaltam também a importância de fazer a sistematização do terreno com a correção do solo quimicamente, descompactação e manutenção de fitomassa que promova ao solo em torno de no mínimo 12 t ha^{-1} ano^{-1}.

A fertilidade também exige cuidados no solo, pois tem influência na produção de fitomassa, na parte aérea das culturas e por consequência nos resíduos culturais e das raízes, afetando muito o grau de cobertura do solo e qualidade estrutural por agregação e resistência à desagregação (Cogo; Levien; Schwarz, 2003).

2.2 PROBLEMAS NO SPD NO RIO GRANDE DO SUL

O Sistema Plantio Direto (SPD) apresenta falhas significativas no Rio Grande do Sul, principalmente em razão da percepção generalizada de que a semeadura direta se trata, por si só, de uma prática conservacionista. Essa visão tem levado a uma simplificação dos princípios fundamentais que compõem a estratégia conservacionista. Entre esses princípios estão a semeadura direta, o plantio em nível (contorno), a manutenção contínua da cobertura vegetal com elevada produção de biomassa e presença de raízes no solo, além da promoção da biodiversidade por meio da rotação de culturas. Ademais, práticas complementares como o terraceamento são essenciais para reduzir o escoamento superficial em áreas com declive, aumentando o tempo de infiltração da água e diminuindo o risco de erosão hídrica (Fernandes, 2018).

Como José e colaboradores (2016), e Fernandes, (2018) explicam que o conformismo técnico que o SPD passa aos produtores, não faz com que haja uma reavaliação do sistema, mesmo havendo problemas, que precisam ser corrigidos, como através do uso de terraceamento e diversificação de culturas, assim se faz presente a falsa sensação de segurança que a mal "adoção" do SPD trás em função de ser uma prática.

Para José e colaboradores (2016), o uso errôneo do SPD, se deve muito em função da necessidade de o produtor buscar um retorno econômico em um curto prazo de tempo, aplicando em suas áreas somente culturas que visam a colheita para retorno financeiro, deixando a diversificação de espécies de lado, e demais práticas complementares.

Como Fernandes (2018) explica, a falta de manutenção e cumprimento das premissas básicas do sistema, causa sérios problemas ao solo como a erosão hídrica, devido a quase inexistente diversificação de culturas, para promover uma maior diversidade biológica, promovendo palhada que são fundamentais para evitar alguns dos processos erosivos (redução do impacto das gotas da chuva e maior infiltração pelos poros, que uma diversidade de raízes proporcionaria), ainda a semeadura em nível e terraceamento.

Quando ainda, o sentido da semeadura é em declive no SPD, o solo sofre altos níveis de erosão, pois a água da chuva escoa rapidamente levando solo fértil e MO (Silva; De Maria, 2011; José. *et al*, 2016; Fernandes, 2018). E isso mostra que quanto maior a rampa do relevo, maior é a energia cinética da erosão, e assim somente a palhada não é o suficiente para contenção, afirma Silva e De Maria (2011).

2.3 EROSÃO HÍDRICA DO SOLO

A intensificação da produção das grandes culturas tem causado efeitos prejudiciais ao solo, como a erosão, que gera a degradação das terras (Minella *et al*., 2010). De acordo com Morgan (2005), os processos erosivos ocorrem em três fases: a desagregação das partículas do solo, o transporte dessas partículas pela água da chuva e, por fim, quando a energia cessa o transporte se esgota, ocorre a deposição desse material.

O manejo de solo pelas variadas atividades humanas causa a eliminação de partes da cobertura vegetal, deixando exposta a superfície diretamente a ação impactante das gotas de chuva e a enxurrada, essas ações são responsáveis por modificar as condições físicas da superfície do solo: porosidade, rugosidade superficial e taxa de infiltração (Albuquerque *et al.*, 2002).

A erosão do solo causada pela ação da água da chuva está relacionada a uma série de fatores: regime pluviométrico, características físicas e químicas do solo, topografia do terreno, cobertura vegetal presente e o manejo adotado, além da aplicação de práticas conservacionistas que auxiliam na contenção do processo erosivo (Kussow; El-Swaify; Mannering, 1982).

Hudson (1977), em sua obra clássica sobre conservação do solo, enfatiza a influência do relevo na intensificação dos efeitos da erosividade das chuvas, sobretudo em regiões tropicais e subtropicais. O autor explica que a topografia acentuada dessas regiões favorece o acúmulo e a concentração do fluxo de água da chuva, cuja intensidade pode ultrapassar 150 mm por hora. Essa combinação entre relevo e alta intensidade pluviométrica aumenta significativamente o risco de erosão hídrica, especialmente em terrenos mal manejados ou com pouca cobertura vegetal, comprometendo a estabilidade e fertilidade dos solos ao longo do tempo.

A erosão hídrica é um processo ocorrido em três fases: desagregação do solo, transporte das partículas e a deposição no final do processo (Morgan, 2005). Isso acontece no momento que a chuva atinge o solo com as primeiras gotas umedecendo os agregados, pequenos blocos de partículas de solo unidas, fazendo com que eles percam força e assim desagregar, conforme a chuva cai, as gotas batem nos pequenos agregados, desestruturando para partículas menores e a medida que a intensidade aumenta ocorre mais desagregação de partículas (Hernani *et al.*, 2002).

Quando observamos o SPD do RS, as erosões que aparecem, devido à falta de solidez ao sistema, são a laminar, por de baixo da palhada causando a remoção de camadas delgadas do solo em toda área, os sulcos pela enxurrada concentrada com alto volume e velocidade formando canais de variadas dimensões (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). E quando, associando grande volume de enxurradas com especificidades do terreno relativas a sua pedologia e litologia, ocorre grande deslocamento de massa de solo, com formação de altas cavidades e de grande extensão e profundidade: voçorocas (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

2.4 PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS COMPLEMENTARES

Para alguns autores o plantio direto pode ser eficiente para controle de perdas do solo na erosão hídrica, porém, para o controle da água e nutrientes pode ser considerado variável, assim mostra a necessidade de implantação do SPD e práticas conservacionistas complementares para controlar de fato a perda de água e nutriente (Oliveira *et al.*, 2012).

No estudo que Merten e Minella (2002) realizaram sobre a qualidade das águas pelo monitoramento de bacias hidrográficas, afirmaram que uma forma de diminuir o deflúvio

superficial, é estabelecendo barreiras físicas que cortam o fluxo do deflúvio, sendo os terraços ou cordões vegetais.

As condições de acordo com cenário nacional, evidenciam a necessidade de armazenagem de água pelos métodos de práticas conservacionista, gerando a necessidade da utilização de terraceamento, como um manejo complementar para armazenar mais água no solo, visando como planejamento, também, para as bacias hidrográficas (Resck, 2002).

Para Denardin (2024), as práticas de semeadura em contorno e terraceamento em conjunto ao Sistema Plantio Direto, proporcionaram para o Rio Grande do Sul, conduzidos há mais de 25 anos atrás, a infiltração e armazenagem de água de 100%, das precipitações pluviométricas. E com isso também reduziu custos econômicos e maiores retornos, visto que as percas de nutrientes pela erosão hídrica cessaram e com isso os nutrientes só eram repostos em quantidades, considerando o que era exportado pelas plantas.

2.4.1 Terraceamento

A metodologia de terraceamento aplicada a alguns anos atrás, resultou no abandono dos produtores dessa prática, devido ao alto número de terraços na lavoura, pelo curto espaçamento entre eles. Atualmente se aderiu a metodologia Pruski, na qual consiste a construção dessa obra HidroTerraço 1.0, assim chamada em Santa Catarina, levando em consideração a declividade do terreno, chuvas da região, capacidade de infiltração e manejo adotado (Bassani *et al.*, 2023).

A prática de terraceamento no Brasil, surgiu por meados da década de 1990, introduzida dos Estados Unidos, com uso de técnicas empíricas e dados de solo e chuva de clima temperado genéricos, gerando suporte inadequado, para as regiões de clima Tropical e Subtropical do Brasil. A prática veio a receber aprimoramentos por volta de 1995, com uso de dados de solo para talhão de lavoura onde seria implementado, com dados específicos de intensidade de chuva, volume e duração, com registros de precipitação de até 30 anos daquela região e/ou município, sendo assim uma obra Hidráulica com maior seguridade (Denardin, 2024).

Segundo o mesmo autor:

> Os ajustados e informatizados métodos de dimensionamento do terraço agrícola consideram: as propriedades fundamentais das chuvas estimadas para a região, ou para o município, ou para o próprio estabelecimento rural; a taxa de infiltração de água no solo; a declividade da vertente do talhão de lavoura a receber os terraços agrícolas; e o volume de água armazenável pelo canal do terraço a ser construído. A taxa de infiltração de água no solo e o volume de água armazenável pelo canal do terraço se destacam como os fatores responsáveis pelo dimensionamento de maior ou menor espaçamento entre os terraços. Quanto maior a taxa de infiltração de água no solo e maior o volume de água armazenável pelo canal do terraço, maior será o espaçamento entre os terraços. (Denardin, 2024).

O terraço é composto de duas partes, canal coletor, de onde é retirada o solo e o camalhão ou dique (Resck, 2002). A seção do canal é responsável pelo maior ou menor espaçamento entre os terraços, devido a capacidade de armazenamento de água, é a dimensão dos taludes do camalhão do terraço, que deve ser projetado pelas medidas da bitola do rodado e da largura da plataforma de corte da colhedora (Denardin, 2024).

2.4.2 Benefícios do terraceamento

Como podemos observar no estudo de Hörbe e colaboradores (2021), realizaram um estudo sobre o terraceamento de base larga que foi avaliado como prática complementar de manejo da água em áreas sob sistema de plantio direto no sul do Brasil. Os resultados indicaram que o terraceamento proporcionou maior disponibilidade de água no solo, tanto na camada superficial como em camadas mais profundas, durante os ciclos de soja e milho. Houve aumento médio de 14% na fração de água disponível (FAW) no solo para a soja e de 8% para o milho na área com terraços, em comparação à área sem terraços.

Os autores ainda destacam que verificaram um aumento de produtividade de grãos: 12% para a soja e 10% para o milho nas áreas com terraceamento. Essa elevação foi atribuída à maior infiltração e armazenamento de água no perfil do solo, proporcionados pela presença dos terraços.

O terraceamento ainda reduziu a variabilidade espacial da produtividade ao longo das vertentes, ao proporcionar melhor redistribuição da água na paisagem. Isso foi evidenciado pela menor variabilidade na fração de água disponível entre os pontos de amostragem nas áreas com terraços (Hörbe *et al.*, 2021).

Werle em seu estudo recente (2024), destaca que o terraceamento de base larga, quando integrado ao sistema plantio direto, representa uma estratégia eficaz de controle do escoamento superficial em bacias hidrográficas com elevada fragilidade ambiental.

No estudo de Werle (2024), os terraços foram representados como uma das principais intervenções conservacionistas no cenário denominado C2, o qual combinou o uso de terraços em nível com o plantio direto bem manejado. Este cenário foi comparado a um segundo nível de intervenção (C1), que contemplava faixas de retenção e plantio direto, mas sem a presença de terraços. Assim o autor concluiu que o cenário 2, com o uso de terraços + plantio direto, teve eficiência na redução do escoamento superficial da água, sendo de 30% e 28%, que o cenário 1 com faixas de retenção + plantio direto tendo 7% e 6% de redução de escoamento.

2.4.3 Impedimentos estruturais do terraceamento

O terraceamento, por ser uma obra hidráulica e mecânica (Denardin, 2024) que visa conter o escoamento, para evitar seu rompimento precisa ser bem construído e adequadamente compactado (Pruski, 2006). Para Denardin et al. (2014) os terraços, quando dimensionados incorretamente, podem gerar pontos de encharcamento ou criar microáreas com maior compactação, resultando em menor desenvolvimento das plantas e produtividade reduzida.

Essas exigências podem causar algum grau de adensamento, uma vez que o terraço é dividido em duas partes: canal e o camalhão onde a água escoada se acumula, transportando sedimentos que podem se depositar no canal e provocar o aumento da densidade do solo (Resck, 2002). Assim, a interação entre relevo modificado, compactação e acúmulo de água pode transformar o terraço, originalmente conservacionista, em um fator limitante ao crescimento vegetal.

Valores de densidade de solo que podem trazer problemas ao crescimento radicular, ficam acima da faixa de 1,40 Mg m^{-3} (Reichert *et al.,* 2007). Para os terraços, a estrutura deve estar bem compacta (Resck, 2002), e isso se resume a valores de densidade próximos ou acima da faixa que gera limitações ao desenvolvimento das raízes, diminuindo produtividade (Reichert *et al.,* 2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

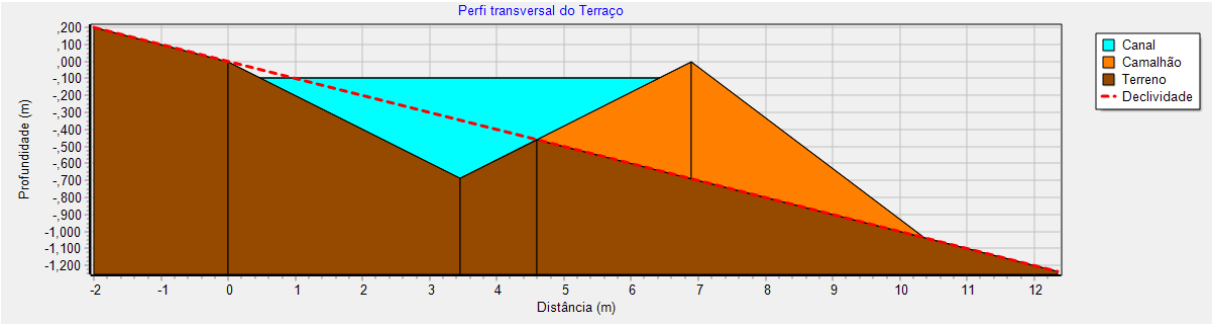
O trabalho avaliou as propriedades físico- hídricas nas partes do canal (CAN), camalhão (CML) e da lavoura (LAV), por meio de coleta de amostras com anéis volumétricos e comparou ainda a produtividade do milho nos três tratamentos com coletas de 4 m lineares da linha de semeadura para cada amostra. As propriedades do solo, com os anéis coletados, permitiram calcular a densidade e porosidade do solo, a capacidade de campo e água disponível, e ainda o grau de compactação. O milho coletado teve a sua produtividade e o peso de mil grãos (PMG) determinada e as médias comparadas.

O presente trabalho foi conduzido em uma área comercial localizada no município de Cerro Largo, Rio Grande do Sul, situada na latitude -28.144707º e longitude -54.760816º, em uma área total de 10 hectares. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, com textura argilosa, relevo suavemente ondulado. Os terraços presentes na área são do tipo base média, implantados seguindo as recomendações técnicas de conservação do solo para regiões de relevo semelhante. Os dados pluviométricos utilizados no estudo foram obtidos a partir da estação meteorológica da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Cerro Largo.

3.1 TERRAÇOS

Os terraços da lavoura, são do tipo base média, e foram implantados e estão em uso a 45 anos. Segue abaixo a figura 1 que representa o dimensionamento e a representação da obra:

Figura 1- Dimensões do terraço base média



Fonte: Hidro Terraço 1.0 (2025).

Os níveis da lavoura na figura 2, foram obtidos através do QGIS, na qual mostra cada metro de elevação da lavoura, podendo ver a elevação ao longo da área, como podemos ver na figura:

Figura 2 – Curvas de níveis ao decorrer da lavoura.



Fonte: Autor, (2025).

Os três terraços, respectivos tratamentos, estão representados pelos pontos onde foram marcados no Google Earth, visíveis na figura 3, logo abaixo:

Figura 3 - Marcação dos terraços.



Fonte: Adaptado pelo autor, (2025).

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso, com três tratamentos correspondentes às diferentes posições do terraço: lavoura (entre os terraços), canal (espaço de escoamento de água superficial) e camalhão (parte elevada do terraço). O número de repetições foram os três primeiros terraços da lavoura, definidos de acordo com a homogeneidade da área. A coleta de dados foi feita em pontos representativos (cinco) de cada tratamento (três), nas repetições (três), escolhidos por sorteio aleatório, totalizando 45 unidades experimentais (UE).

3.3 CULTIVO DO MILHO

Foi utilizado o híbrido de milho MG 377 PWU, com população de 70.000 plantas por hectare, espaçamento entre linhas de 0,50 metros e aproximadamente 3,5 plantas por metro linear, semeadas com o auxílio de semeadora-adubadora de precisão da Stara. O plantio foi realizado no dia 21 de agosto de 2024, com adoção das práticas culturais usuais para a cultura. A aplicação de herbicidas pós-emergentes foi realizada 24 dias após a semeadura (DAS), utilizando os produtos ALLFLIX NEUTRAL (L), SAPEK MAX (kg) e ALLWET (L). A adubação de cobertura foi realizada em duas etapas: aplicação de sulfato de amônio aos 28 DAS e ureia aos 41 DAS.

3.3.1 Avaliação da produtividade do milho

A produtividade foi determinada por meio da colheita manual de 4 m lineares de cada tratamento em cinco pontos de cada repetição, realizada em áreas representativas de cada posição do terraço, no dia 13 de janeiro de 2025. O milho colhido e debulhado de forma manual, foi pesado e corrigido para a umidade em cada amostra, e os resultados expressos em sacas ha^{-1}, também foi feita o PMG (peso de mil grãos) de cada amostra, no total foram 45 amostras.

Figura 4 - Milho sendo colhido.



Fonte: Autor, (2025).

Na figura 4, é possível observar o milho sendo colhido, com o auxílio de um objeto para mensurar o perímetro da amostra, que contém 2 m de comprimento.

3.5 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO

As avaliações foram conduzidas nas três posições do terraço (lavoura, canal e camalhão), com coleta de amostras de anéis, em profundidades de 0-10 e 10- 20 cm, definidas conforme as normas da Embrapa (2011). Foram determinados os seguintes atributos pelo método do anel volumétrico:

- Densidade do solo;
- Microporosidade, macroporosidade e porosidade total;
- Capacidade de campo e água disponível;
- Grau de compactação.

3.5.1 Densidade do solo

A densidade do solo pode ser expressa na relação entre a massa de solo seco (Ms) e o volume do anel (Vt), calculada pela equação: Ds = Ms/ Vt, onde Ds é a densidade do solo (g/ cm^{-3}) (Michelon *et al*., 2023). Podemos observar os anéis sendo saturados na figura 5.

Figura 5 - Anéis sendo saturados para a câmara de tensão.



Fonte: Autor, (2025).

3.5.2 Microporosidade, macroporosidade e porosidade total.

A metodologia para definição da microporosidade, macroporosidade e porosidade total, é a descrita por Reinert e Reichert, (2006).

Os anéis coletados, são preparados e postos para saturar com água, logo após saturados, são condicionados na mesa de tensão (mesa de Kiehl), sendo submetidos a uma tensão equivalente de 0,6 m de coluna de água (6 KPa), com essa tensão a água dos macroporos é drenada, e a dos microporos fica retida, então as amostras são pesadas para obtenção da massa de solo úmido (Mu), e levadas para secar em estufa de ar forçado a 105 °C e assim pesadas para obter o valor da massa de solo seco (Ms), com esses dados é feito o cálculo pela equação: Mic = ((Mu – Ms)/Vt), em que Vt é o volume total do anel e Mic a microporosidade expressa em $cm^3\ cm^{-3}$ (Michelon *et al*., 2023).

Os valores dos macroporos (Mac) são obtidos pela diferença do peso dos anéis com a massa do solo saturado (Msat), pela massa do solo úmido (Mu), usando a simples equação: Mac= Msat - Mu, expressa em $cm^3\ cm^{-3}$, e somando a Macroporosidade e Microporosidade, obtemos a porosidade total (Pt) em $cm^3\ cm^{-3}$(Michelon *et al*., 2023).

3.5.3 Capacidade de campo e água disponível

Os cálculos foram por métodos práticos seguindo o manual da Embrapa (2017), a capacidade de campo (CC) em base volumétrica (θCC) é calculada da seguinte forma:

$$\theta CC\ (cm^3/cm^3) = (Mu - Ms) / Vt$$

Onde:

- θCC = Teor de água na Capacidade de Campo, em base volumétrica (cm³ de água / cm³ de solo).
- Mu = Massa da amostra de solo úmida, após atingir o equilíbrio na tensão de 10 kPa
- Ms = Massa da amostra de solo seca em estufa (a 105-110°C até massa constante) (em gramas, g).
- Vt = Volume total da amostra de solo (em cm³). Este é o volume do anel volumétrico ou do cilindro usado para coletar a amostra indeformada.

E a capacidade de água disponível:

CAD mm = (CC- PMP)*10*10

3.5.4 Grau de compactação

Os cálculos seguem a metodologia da Embrapa (2017):

$$GC\ (\%) = (S_s / S_{s,max}) \times 100$$

Onde:

- GC (%): Grau de Compactação. É o percentual que indica a qualidade da compactação.
- S_s (g/cm³ ou Mg/m³): Densidade do Solo Seco no Campo (também chamada de Densidade Aparente Seca). É a densidade do solo que você compactou no campo, após a secagem em estufa.
- $S_{s,max}$ (g/cm³ ou Mg/m³): Densidade Máxima do Solo Seco obtida no Ensaio de Compactação (Ensaio Proctor). Este é um valor de referência obtido em laboratório.

3.6 DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos foram obtidos pela estação meteorológica da Universidade Federal da Fronteira Sul. Foram trabalhados a precipitação pluviométrica e a faixa de

temperatura durante todo o ciclo, e então cruzados com o ciclo fenológico da cultura do milho e comparadas as faixas ideais, a fim de verificar como procedeu as condições climáticas.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

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

Foram preparados os valores da densidade do solo, porosidade, macroporosidade e microporosidade, capacidade de campo, capacidade de água disponível e o grau de compactação, então pelo teste de Tukey foram obtidos as médias e o coeficiente de variância dos tratamentos (LAV, CAN e CML) para as duas camadas, de 0- 10 cm e 10- 20 cm. E os dados da produtividade e peso de mil grãos, preparados e feito as médias dos três e o coeficiente de variância dos tratamentos da lavoura, canal e camalhão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO

As propriedades avaliadas, nas camadas de 0- 10 e 10- 20 cm, foram a densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade, capacidade de campo (CC), capacidade de água disponível (CAD) e o grau de compactação, nos diferentes três tratamentos: lavoura (LAV), canal (CAN) e camalhão (CML). Pode- se observar os resultados na Tabela 1:

Tabela 1 - Propriedades físico-hídricas do solo em diferentes tratamentos do terraço.

Camada (cm)	LAV	CAN	CML
	Densidade do solo (Mg m^{-3})		
0 - 10	1,20a	1,16a	1,20^{a}
10 - 20	1,42a	1,41a	1,42^{a}
	Porosidade do solo (m^3 m^{-3})		
0 - 10	0,59a	0,60a	0,59^{a}
10 - 20	0,51a	0,52a	0,51^{a}
	Microporosidade do solo (m^3 m^{-3})		
0 - 10	0,43a	0,41a	0,43^{a}
10 - 20	0,42a	0,42a	0,41^{a}
	Macroporosidade do solo (m^3 m^{-3})		
0 - 10	0,15a	0,19a	0,16^{a}
10 - 20	0,09a	0,09a	0,10^{a}
	CC- Capacidade de campo (mm cm^{-3})		
0 - 10	0,40a	0,39a	0,40^{a}
10 - 20	0,41a	0,42a	0,41^{a}
	CAD- Capacidade de água disponível (mm)		
0 - 10	25,36a	23,87a	25,32^{a}
10 - 20	25,69a	26,46a	25,94^{a}
	Grau de compactação (%)		
0 - 10	84,41a	81,08a	83,38^{a}
10 - 20	97,78a	97,09a	97,60^{a}

***** Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.
LAV refere-se a lavoura; CAN ao canal; e CML ao camalhão.
Fonte: Autor (2025).

A análise estatística mostra que a Densidade do Solo (Mg m^{-3}) na camada de 0-10 cm, possui valores muito semelhantes (1,20 Mg m^{-3}) e não diferem estatisticamente entre a LAV, CAN e CML. E a camada de 10-20 cm, apresentou valores um pouco mais altos (1,42 Mg m^{-3}), e não diferem estatisticamente entre os tratamentos. Valores de densidade de solo acima de 1,40 Mg m^{-3}, já podem causar problemas de restrição para o crescimento radicular (Reichert *et*

al., 2007), assim os valores apresentados na subcamada já podem estar causando algum impedimento para as raízes.

Analisando a porosidade do solo total ($m^3\ m^{-3}$)**,** microporosidade ($m^3\ m^{-3}$), e macroporosidade ($m^3\ m^{-3}$)**,** em ambas as camadas (0-10 cm e 10-20 cm), não houve diferença estatística entre os tratamentos. Observando os valores obtidos, os macroporos estão em boa faixa na camada de 0- 10 cm, acima do valor crítico de 0,10 $m^3\ m^{-3}$, diferente da subcamada, onde se têm valores menores onde já gera um grau de impedimento no desenvolvimento radicular (Drewry *et al.,* 2008).

A microporosidade abaixo de 0,33 $m^3\ m^{-3}$, segundo Rosa e colaboradores (2015), indica alto grau de adensamento, Secco e colaboradores (2009) explicam que solos com menos de 10% de macroporos e com densidade superior a 1,30 Mg m^{-3}, estão compactados.

Segundo Reichert *et al*. (2016), a introdução de plantas com raízes pivotantes e de cobertura, como braquiária e crotalária, auxilia na formação de bioporos e na descompactação natural do solo. Da mesma forma, Ferreira *et al.* (2018) destacam que o uso contínuo de resíduos vegetais e o manejo sem revolvimento excessivo melhoram a estabilidade estrutural, elevando a proporção de macroporos ativos.

A capacidade de campo (CC) (mm cm^{-3}) e a Capacidade de Água Disponível (CAD) (mm), tanto na camada superficial quanto na subsuperficial, apresentaram as médias dos três tratamentos do terraço estatisticamente iguais e não diferem: 0,38 a 0,42 mm cm^{-3} para CC, e 23,87 a 26,46 mm cm^{-3}. Brady e Weil (2013), destaca que solos com boa estrutura e teor equilibrado de argila mantêm níveis de umidade adequados, reduzindo o risco de déficit hídrico mesmo em períodos de baixa precipitação. Valores de CC na faixa de 0,35 a 0,45 mm cm^{-3} refletem alta capacidade de retenção de água útil, (Reichardt e Timm, 2012), garantindo condições ideais para o crescimento vegetal e a estabilidade produtiva de culturas como o milho.

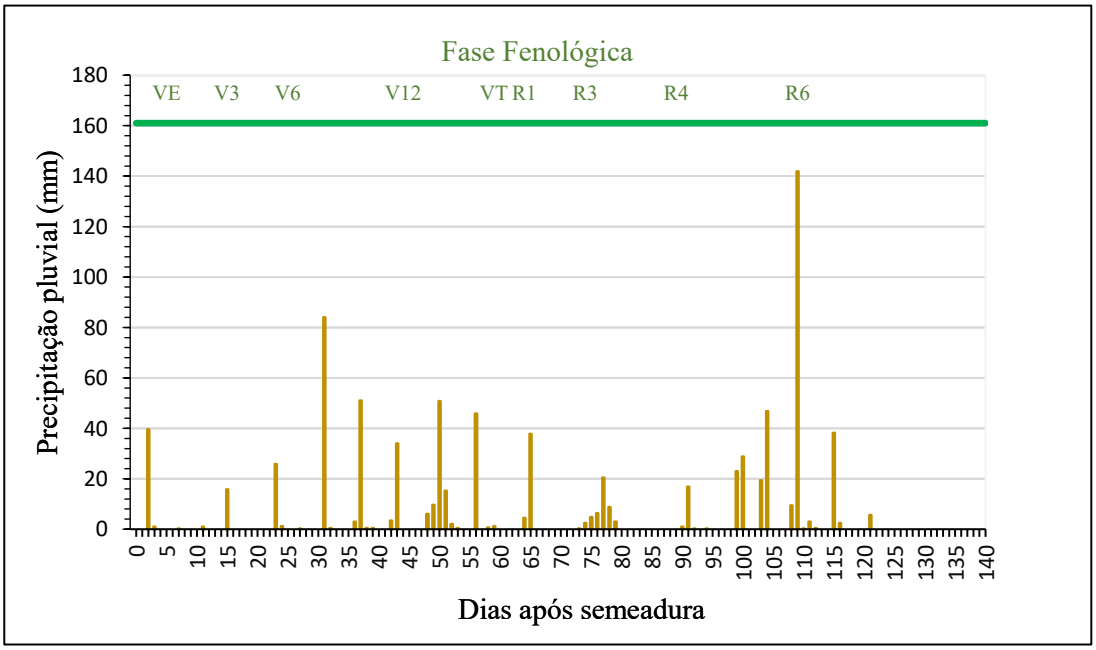
O grau de compactação (%), nas camadas de 0-10 cm têm valores médios variando de 81,08% a 84,41% e não diferem estatisticamente. Já a camada 10-20 cm, os valores são significativamente mais altos, em torno de 97% e, novamente, não diferem. O alto grau de compactação na camada de 10-20 cm é consistente com o baixo valor de macroporosidade observado nesta mesma profundidade. Relacionando a densidade aparente de 1,4 Mg m^{-3} a produtividade em Latossolo começa a declinar, o que indica que, enquanto valores próximos de 1,2 Mg m^{-3} ou densidade relativa menor que 80 % são considerados teores médios ou aceitáveis, ultrapassar 1,4 Mg m^{-3} ou 90 % de densidade relativa já pode configurar o grau crítico de compactação (Carneiro *et al.,* 2023), como é o caso da subcamada avaliada.

Os resultados apresentaram uma baixa variabilidade para a maioria das propriedades físico-hídricas do solo avaliadas, com coeficientes de variação (CVs) majoritariamente inferiores a 15%. A Densidade do Solo 10,07%, Porosidade Total 7,04% e Capacidade de Campo 8,21% demonstraram alta precisão, indicando que as médias calculadas são altamente representativas. A Macroporosidade foi a única variável que apresentou um CV elevado, (41,24%) sendo classificada como de alta variabilidade e sugerindo uma grande heterogeneidade na aeração do solo entre os pontos de amostragem.

4.2 DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos montados com base na estação meteorológica da UFFS, na figura 6, ilustra o índice pluviométrico diário (mm) em função dos Dias após a Semeadura (DAS), correlacionado com os principais estádios fenológicos (VE a R6) da cultura do milho (*Zea mays L.*).

Figura 6- Índices pluviométricos, durante todo o ciclo fenológico da cultura do milho, após semeadura (DAS).



Fonte: Autor, (2025).

A precipitação pluvial observada durante o ciclo do milho apresentou grande variação temporal, com distribuição irregular entre as fases fenológicas. Durante o período vegetativo

inicial (VE a V6), a soma das chuvas foi de aproximadamente 200 mm, distribuídas em eventos de pequena e média intensidade. Nessa fase, o consumo hídrico médio do milho é de 2 a 3 mm dia^{-1}, conforme relatado por Bergamaschi *et al*. (2007), o que indica que a precipitação observada foi suficiente para atender às necessidades da cultura.

Entre os estádios V6 e VT, a precipitação acumulada foi de cerca de 180 mm, com eventos irregulares e intervalos sem chuva mais longos. Nessa etapa, o milho apresenta crescimento vegetativo acelerado, e o consumo de água aumenta para 3 a 5 mm dia^{-1}, segundo Bergamaschi *et al*. (2007), A alternância de chuvas leves e curtos períodos de estiagem observada no gráfico, sugere que o balanço hídrico se manteve próximo ao limite de reposição, podendo ter ocorrido leve restrição de água em momentos de maior evapotranspiração.

Durante o florescimento e início do enchimento de grãos (VT a R3), a precipitação somou aproximadamente 150 mm, evidenciando forte irregularidade das chuvas. Essa fase é reconhecida como a mais sensível à déficit hídrico, pois o consumo de água do milho atinge o máximo, variando entre 5 e 8 mm dia^{-1} (Vâtcă *et al.* 2021; Bergamaschi *et al.* 2004). A alta demanda hídrica e a baixa frequência de chuva observada nesse intervalo, indica que houve limitação hídrica potencial.

Entre R3 e R5, registrou-se um pico de chuva superior a 140 mm, elevando o acumulado desse período para cerca de 220 mm. Por se tratar de um alto volume, ele pode ter sido escoado, entretanto os terraços diminuem esse risco, promovendo maior tempo para infiltração (Denardin., 2024). Apesar do volume expressivo, a distribuição foi concentrada em poucos dias, seguida de longos períodos secos. Nessa fase, o consumo hídrico diário tende a diminuir levemente para 4 e 6 mm dia^{-1}, (Bergamaschi *et al.* 2004).

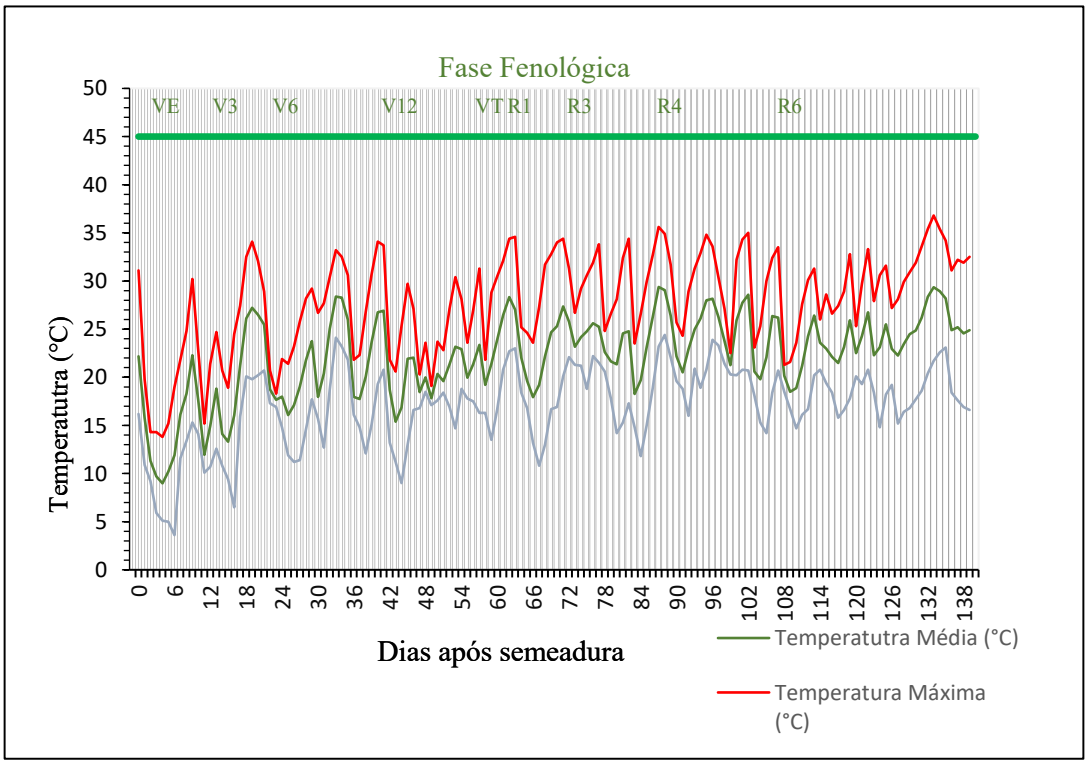
Na fase final, R6 (maturação fisiológica), o volume total de precipitação foi reduzido, em torno de 40 mm, com baixo impacto hídrico na cultura. Segundo Bergamaschi *et al.* (2007), o consumo diário nessa fase é inferior a 3 mm dia^{-1}, pois o processo de enchimento de grãos se encerra e a evapotranspiração diminui.

Ao longo de todo o ciclo fenológico, a precipitação totalizou 790 mm, valor compatível com a faixa considerada adequada para o cultivo de milho em sequeiro. No trabalho realizado por Werle, (2024), em sua modelagem no efeito do terraceamento, as barreiras físicas associadas ao manejo, proporcionaram uma média maior de retenção ao escoamento, chegando a redução de 30 %, assim corroborando para afirmar que durante todo o ciclo da cultura do milho houve baixa perda de água por escoamento.

As temperaturas médias na figura 7, durante o ciclo, ficaram entre 20 e 25 °C, com picos acima de 30 °C e mínimas em torno de 15 °C, valores que se mantiveram dentro do intervalo

ideal para o bom desenvolvimento da cultura. Esses níveis favoreceram tanto a germinação nas fases iniciais quanto o crescimento vegetativo e reprodutivo, sem indicar ocorrência de estresse térmico severo (Djalović *et al.* 2024), o milho apresenta desempenho ótimo quando as temperaturas médias diárias ficam entre 28 e 32 °C, mas começa a sofrer redução na fotossíntese e no enchimento dos grãos quando os valores ultrapassam 35 °C.

Figura 7- Temperaturas médias (°C), durante todo o ciclo da cultura do milho.

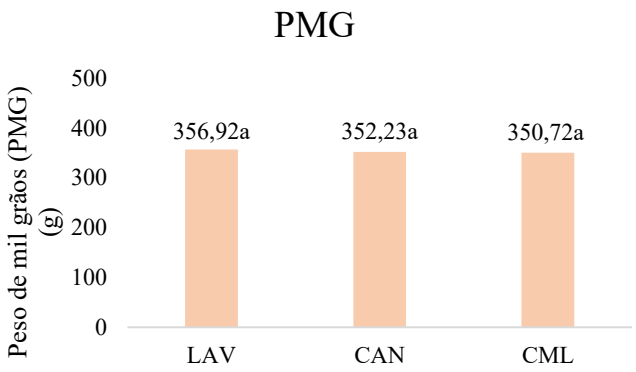


Fonte: Autor, (2025).

4.3 PRODUTIVIDADE DO MILHO

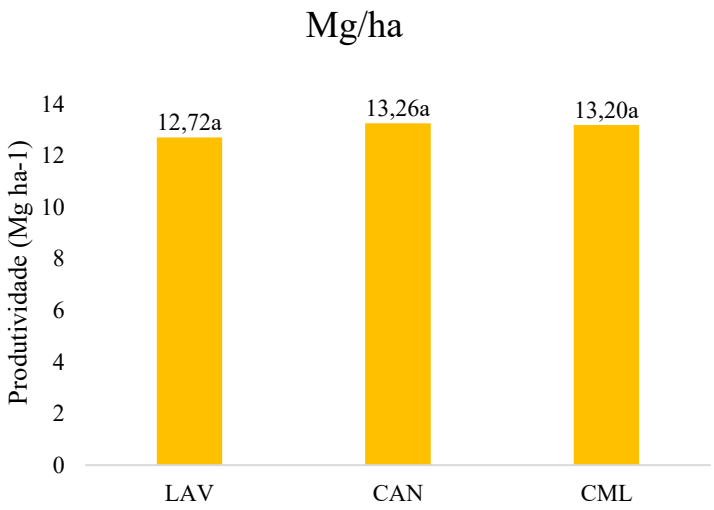
A produtividade foi considerada alta, como pode se observar nos gráficos 2 e 4. O peso de mil grãos (350 a 357 g), está indicando bom enchimento e que houve uniformidade no desenvolvimento. A produtividade do milho foi elevada e semelhante entre os tratamentos avaliados: lavoura (LAV), canal (CAN) e camalhão (CML), variando de 212 a 221 sc ha^{-1}.

Figura 8- Peso de mil grãos



A letra “a” indica que não houve diferença estatística entre os tratamentos amostrados.
Fonte: Autor (2025).

Figura 9- Produtividade da cultura do milho



A letra “a” indica que não houve diferença estatística entre os tratamentos amostrados.
Fonte: Autor (2025).

Esses resultados indicam que as condições de clima e solo foram adequadas durante o ciclo, sem ocorrência de estresse hídrico ou térmico significativo. Conforme Bergamaschi *et al.* (2004), a produtividade do milho depende diretamente da disponibilidade de água e temperatura nas fases de florescimento e enchimento de grãos, e valores como os observados indicam que esses fatores se mantiveram dentro das faixas ideais.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que as propriedades do solo sofreram fraca interferência nas partes do terraço, canal e camalhão, e apresentaram valores semelhantes aos da lavoura. A produtividade também não sofreu interferência e foi semelhante entre os tratamentos.

A densidade do solo manteve-se dentro de limites aceitáveis na camada superficial, mas com valores próximos ao crítico na subcamada (1,40 Mg m^{-3}) o que pode indicar início de compactação. Ainda assim a macroporosidade se manteve próxima ou acima de 0,10 m^3 m^{-3}.

A capacidade de campo (CC) e a capacidade de água disponível (CAD) mostraram valores estáveis e equilibrados entre os tratamentos, sendo condições favoráveis para o desenvolvimento do milho.

A produtividade do milho foi alta e semelhante entre os tratamentos, com média acima de 210 sc ha^{-1}, demonstrando que a prática conservacionista complementar de terraceamento, proporcionou condições adequadas de solo e água ao longo do ciclo da cultura do milho.

Considerando que ao longo do ciclo da cultura as precipitações somaram um volume adequado para o desenvolvimento do milho, é imprescindível que seja realizado novos estudos para avaliar possíveis novas condições.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W. *et al*. **Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [s. l.], v. 6, p. 136–141, abr. 2002. DOI: https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000100024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/BkcpWJnK5PTwC9BMgcdHsFd/?lang=pt&format=html. Acesso em: 15 abr. 2025.

BALOTA, E. L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. Londrina, PR: Mecenas, 2018. ISBN 978-85-89687-28-7.

BASSANI, M. H, *et a*l. **O terraceamento passo a passo**. *Boletim Didático*, [s. l.], n. 170, 4 ago. 2023. Disponível em: https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BD/article/view/1711. Acesso em: 22 abr. 2025.

BERGAMASCHI, Homero et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 831-839, 2004. Disponível em: SciELO Brasil - Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. Acesso em: 5 out. 2025.

BERGAMASCHI, Homero et al. Maize yield and rainfall on different spatial and temporal scales in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 603-613, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000500001. Acesso em 6 out.2025.

BEUTLER, S. J. *et al.* Atributos físicos do solo. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. p. 1-28. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/902781. Acesso em: 8 jul. 2025.

BRADY, Nyle C.; WEIL, Raymond R. **Nature and Properties of Soils, The: Pearson New International Edition PDF eBook**. Pearson Higher Ed, 2013.

CARNEIRO, Kalline Almeida Alves et al. Influência da compactação do solo no crescimento de milho (Zea mays L.) em Latossolo Vermelho-Amarelo. In: **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**. 2018. p. 88-98. Disponível em: INFLUÊNCIA DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NO CRESCIMENTO DE MILHO (ZEA MAYS L.) EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO | Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215. Acesso em 30 out. 2025.

CONCEIÇÃO, P. C. *et al.* Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/250033600_Qualidade_do_solo_em_sistemas_de_manejo_avaliada_pela_dinamica_da_materia_organica_e_atributos_relacionados. Acesso em: 4 jun. 2025.

DENARDIN, J. E. *et al.* AGRICULTURA CONSERVACIONISTA NO BRASIL: UMA ANÁLISE DO CONCEITO À ADOÇÃO. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Teresina. **Anais** [do] XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. Teresina, PI: Embrapa, 2010.

Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/883782/1/41944.pdf. Acesso em: 3 jun. 2025.

DJALOVIC, Ivica et al. Maize and heat stress: Physiological, genetic, and molecular insights. **The plant genome**, v. 17, n. 1, p. e20378, 2024. Disponível em: https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/tpg2.20378. Acesso em 6 out. 2025.

DREWRY, J. J.; CAMERON, K. C.; BUCHAN, G. D. Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing—a review. **Soil Research**, v. 46, n. 3, p. 237-256, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1071/SR07125. Acesso em 30 out. 2025.

EMATER/RS – REFERÊNCIA DE QUALIDADE EM EXTENSÃO RURAL. **Acompanhamento de Safras**. Disponível em: https://www.emater.tche.br/site/info-agro/acompanhamento_safra.php. Acesso em: 1 jul. 2025.

DENARDIN, J. E. **Frente às oscilações pluviais o Sistema Plantio Direto requer tecnologias de cunho hidráulico**. [S. l.]: FEBRAPDP, 2024. Disponível em: https://plantiodireto.org.br/frente-as-oscilacoes-pluviais-o-sistema-plantio-direto-requer-tecnologias-de-cunho-hidraulico. Acesso em: 1 jun. 2025.

FERNANDES, A. M. F. **Qualidade do sistema plantio direto e sua relação com a erosão do solo e o meio ambiente**. 2018. Tese (Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade de Cruz Alta, Cruz Alta, RS, 2018. Disponível em: https://home.unicruz.edu.br/wp-content/uploads/2020/06/Angela-Fernandes-QUALIDADE-DO-SISTEMA-PLANTIO-DIRETO-E-SUA-RELA%C3%87%C3%83O-COM-A-EROS%C3%83O-DO-SOLO-E-O-MEIO-AMBIENTE.pdf. Acesso em 1 jul. 2025.

FERREIRA, Camila Jorge Bernabé et al. Soil physical properties under a'Tanzânia'grass pasture fertilized with mineral nitrogen or intercropped with stylosanthes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 04, p. 478-486, 2018.

HERNANI, L. C. *et al.* **A erosão e seu impacto**. [s. l.], 2002. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1124240. Acesso em: 20 abr. 2025.
HÖRBE, T. *et al.* **Managing runoff in rainfed agriculture under no-till system: potential for improving crop production**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, [s. l.], v. 45, p. e0210015, 11 nov. 2021. DOI 10.36783/18069657rbcs20210015. Disponível em: https://www.rbcsjournal.org/article/managing-runoff-in-rainfed-agriculture-under-no-till-system-potential-for-improving-crop-production/. Acesso em: 19 jun. 2025.

HUDSON, N. **Soil conservation**. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1977.
JOSÉ, A. *et al.* Impactos ambientais no sistema de plantio direto não consolidado. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 5, n. especial, p. 14-25, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343375863_Impactos_ambientais_no_sistema_de_plantio_direto_nao_consolidado_Environmental_impacts_of_no_tillage_system_not_consolidate. Acesso em: 3 mar. 2025.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2000. (Embrapa Memória AI/SEDE; ISSN 1516-5582).

KUSSOW, W.; EL-SWAIFY, S. A.; MANNERING, J. (Orgs.). **Soil Erosion and Conservation in the Tropics**. Madison, WI, USA: *American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, 1982*. (ASA Special Publications). DOI 10.2134/asaspecpub43. Disponível em: http://doi.wiley.com/10.2134/asaspecpub43. Acesso em: 20 abr. 2025.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. ícone. São Paulo, v. 335, 1990.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002. Disponível em: https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/irrigacao/artigos/QUALIDADE%20DA%20AGUA%20EM%20BACIAS%20HIDROGRAFICAS%20RURAIS%20UM%20DESAFIO%20ATUAL%20PARA%20A%20SOBREVIVENCIA%20FUTURA.pdf. Acesso em: 8 jul. 2025.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005.

MICHELON, C. J. *et al.* **Densidade e porosidade do solo**. In: KLEIN, V. A. (org.). *Física do solo.* 1. ed. Pelotas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 2023. p. 77-98.

MINELLA, J. P. G. *et al.* Processos e modelagem da erosão: da parcela à bacia hidrográfica. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. de (Org.). **Manejo e Conservação do SOLO e da ÁGUA no Contexto das Mudanças Ambientais**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2010. p. 105-122. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34008/1/livro-manejo.pdf. Acesso em: 4 mar. 2025.

OLIVEIRA, J. G. R, *et al***. Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes.** *Boletim de Geografia*, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 91–98, 27 ago. 2012. DOI 10.4025/bolgeogr.v30i3.17644. Disponível em: http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/17644. Acesso em: 21 abr. 2025.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2006. Disponível em: https://pt.scribd.com/document/559738175/Conservacao-de-Solo-e-Agua-Praticas-Mecanicas-Para-o-Controle-Da-Erosao-Hidrica-by-Fernando-Falco-Pruski-Z-lib-org. Acesso em: 21 abr. 2025.

REICHERT, José Miguel et al. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos Ci. Solo**, 5:49-134, 2007.

REINERT, D. J; REICHERT, J. M. **Coluna de areia para medir a retenção de água no solo**: protótipos e teste. *Ciência Rural*, [s. l.], v. 36, p. 1931–1935, dez. 2006. DOI https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000600044. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cr/a/g4HWtSt5hDT8Hpyb5CDXmHt/. Acesso em: 19 jun. 2025.
RESCK, D. V. S. **A conservação da água via terraceamento em sistemas de plantio direto e convencional no cerrado**. *Embrapa Cerrados. Circular Técnica*, [s. l.], v. 22, 2002.

Disponível em: https://agris.fao.org/search/en/providers/122419/records/647355e52c1d629bc97a0e8d. Acesso em: 21 abr. 2025.

SCHERER, F. N. A monocultura de soja no Rio Grande do Sul: consenso e contradições. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRGS, 26., 2014, Porto Alegre. **Anais** [do] XXVI Salão de Iniciação Científica da UFRGS. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/113080. Acesso em: 8 jun. 2025.

SILVA, L. e; DE MARIA, I. C**. Erosão em sistema plantio direto: influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [s. l.], v. 15, p. 554–561, jun. 2011. DOI https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000600003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/XN5DNFVzZZkxpB83xYr6ntL/?lang=pt. Acesso em: 6 maio 2025.

TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 2017. Disponível em: MANUAL_DE_METODOS_DE_ANALISE_DO_SOLO_-_EMBRAPA_1-Cap-4-Retencao-de-agua-no-solo20190802-80747-jpfz24-libre.pdfAcesso em: 19 jun. 2025.

VÂTCĂ, Sorin Daniel et al. Agrometeorological requirements of maize crop phenology for sustainable cropping—A historical review for Romania. **Sustainability**, v. 13, n. 14, p. 7719, 2021. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/14/7719. Acesso em 6 out. 2025.

WERLE, Larissa. **Modelagem do efeito do terraceamento para o controle do escoamento superficial numa bacia rural no sul do Brasil**. [s. l.], 21 mar. 2024. Disponível em: http://repositorio.ufsm.br/handle/1/32278. Acesso em: 19 jun. 2025.