

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

HENRIQUE EDUARDO SÁ

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM RAZÃO DE DIFERENTES
QUANTIDADES DE PALHADA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

**CERRO LARGO
2023**

HENRIQUE EDUARDO SÁ

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM RAZÃO DE DIFERENTES
QUANTIDADES DE PALHADA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

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

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Sá, Henrique Eduardo
ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM RAZÃO DE
DIFERENTES QUANTIDADES DE PALHADA EM SISTEMA DE PLANTIO
DIRETO / Henrique Eduardo Sá. -- 2023.
33 f.:il.

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, 2023.

1. Escoamento superficial. 2. Infiltração. 3. Palha.
I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

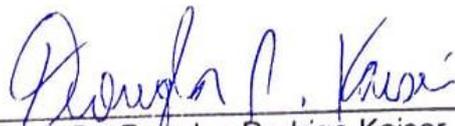
HENRIQUE EDUARDO SÁ

**ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO SOLO EM RAZÃO DE
DIFERENTES QUANTIDADES DE PALHADA EM SISTEMA DE PLANTIO
DIRETO**

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

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 17/02/2023.

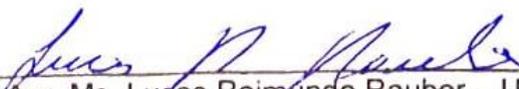
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser – UFFS
Orientador



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira – UFFS
Avaliador



Eng. Agr. Ms. Lucas Raimundo Rauber – UFSM
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Maristela e Anderson, a minha madrasta Alessandra e minha namorada Maelyn pelo incentivo, apoio, carinho e paciência.

Aos meus tios Alessandro e Graciela, aos meus avós José e Valdeci, por cederem a área para realização e desenvolvimento das atividades práticas.

Ao orientador e professor Doutor Douglas Rodrigo Kaiser pelo incentivo, ensinamentos e amizade construída durante o curso.

Gostaria de expressar minha gratidão especial aos membros do Laboratório de Física do Solo pelo suporte e contribuição valiosos na realização do experimento.

Além disso, desejo agradecer meus amigos e colegas pelo aprendizado compartilhado e mútua colaboração ao longo dos últimos cinco anos.

RESUMO

O escoamento superficial de água no solo em níveis elevados submete a erosões hídricas, uma das principais causas da degradação dos solos agrícolas. Esses fatores estão associados à diminuição da capacidade de retenção de água no solo, degradação do solo e deslocamento de nutrientes e matéria orgânica da camada superficial para regiões mais baixas da área de cultivo, estradas ou corpos d'água, resultando em processos de assoreamento. Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes quantidades de palha de aveia branca sobre o solo, na quantidade de água que escoar e infiltra no solo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Os tratamentos correspondem a: sem cobertura – T1; 2 Mg ha⁻¹ de MS da palha – T2; 4 Mg ha⁻¹ de MS da palha – T3 8 Mg ha⁻¹ de MS da palha – T4; 10 Mg ha⁻¹ de MS da palha – T5. Foram realizadas coletas de amostras de solo com estrutura preservada, por meio de anéis de aço inox para avaliação de propriedades físicas como a densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e amostras de solo para análise granulométrica. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho, com teores de 51% de argila, 29% de silte e 20% de areia na camada de 0 a 20 cm de profundidade. A palha é eficiente na redução do escoamento superficial e na infiltração + interceptação de água no solo. Não há diferença significativa nos tratamentos de 4, 8 e 10 Mg ha⁻¹ de palha no escoamento superficial e infiltração + interceptação da água no solo, demonstrando que níveis de 4 Mg ha⁻¹ de palha ou mais são eficazes na redução do escoamento superficial de água e no aumento da infiltração de água no solo. Os maiores valores escoamento superficial e a menor infiltração da água no solo foram observados no tratamento sem cobertura.

Palavras-chave: Escoamento superficial; infiltração; palha.

ABSTRACT

Surface water runoff in soil, at higher levels, undergoes water erosion, one of the main causes of agricultural soil degradation. These factors are associated with a decrease in the soil's water retention capacity, soil degradation, and displacement of nutrients and organic matter from the surface layer to lower regions of the cultivation area, roads or bodies of water, resulting in siltation processes. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effects of different amounts of straw on the soil, on the amount of water that flows and infiltrates the soil. The experimental design used was completely randomized with five treatments and four repetitions, totaling 20 experimental units. The treatments correspond to: without cover - T1; 2 Mg ha⁻¹ of straw DM - T2; 4 Mg ha⁻¹ of straw DM - T3; 8 Mg ha⁻¹ of straw DM - T4; 10 Mg ha⁻¹ of straw DM - T5. Soil samples were collected with preserved structure, using stainless steel rings to evaluate physical properties such as soil density, total porosity, macroporosity, microporosity, and soil samples for granulometric analysis. The soil was classified as Oxisol, with clay contents of 51%, silt 29%, and sand 20% in the 0 to 20 cm layer. The data obtained were submitted to analysis of variance, and the means were compared by Tukey's test, at a 5% probability of error. Straw is efficient in reducing surface runoff and water flow in the soil. There is no significant difference in the treatments of 4, 8, and 10 Mg ha⁻¹ of straw in surface runoff and water infiltration in the soil, demonstrating that levels of 4 Mg ha⁻¹ of straw or more are effective in reducing surface water runoff and increasing water infiltration in the soil. The highest values of surface runoff and water infiltration in the soil were observed in the treatment without cover.

Keywords: Surface runoff; infiltration; straw.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Croqui do experimento.....	20
Figura 2- Demarcação e fixação das estacas do experimento.....	21
Figura 3- Escavação das para alocação dos recipientes	21
Figura 4 - Corte de camada de solo com 5 cm de profundidade.....	22
Figura 5- Encanamento ao nível do solo e interligado ao recipiente de coleta.....	22
Figura 6- Coleta de amostras de trigo	23
Figura 7- Aplicação da palha de aveia branca nas parcelas	24
Figura 8- Coleta de amostras de solo com estrutura preservada.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias para densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade.....	26
Tabela 2 - Matéria seca da palha de aveia branca na data de início e de encerramento do experimento (Mg ha ⁻¹).....	27
Tabela 3 - Escoamento e infiltração de água (mm) no solo em diferentes volumes pluviais e datas.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Índices pluviométricos durante o período do experimento.....	27
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVO GERAL.....	12
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO SOLO.....	13
2.1.1	Erosão hídrica	14
2.2	SISTEMA DE PLANTIO DIRETO.....	17
2.2.1	Cobertura e resíduos vegetais	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	19
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS.....	19
3.3	IMPLANTAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS, ENCANAMENTOS E DELIMITAÇÕES.....	20
3.4	DESSECAÇÃO DO TRIGO, APLICAÇÃO DA PALHA E COLETA DA PALHA.....	23
3.5	AVALIAÇÕES NO SOLO.....	24
3.6	COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5	CONCLUSÕES	31
	REFERÊNCIA	32

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos principais componentes necessários a sobrevivência dos seres vivos, está ligada a diversos processos físicos, químicos e biológicos. Estes estão relacionados diretamente a processos de desenvolvimento e interações do solo, como o intemperismo, crescimento de plantas, decomposição de matéria orgânica (MO) até a contaminação de bacias hidrográficas.

Busca-se que o solo possua grandes capacidades de absorção e armazenamento de água. No caso destas capacidades serem baixas, há o risco de ocorrer o escoamento superficial de água no solo, este é o processo decorrente da água que não foi infiltrada ao solo por motivos como, o selamento superficial formado por uma fina camada, gerada através da desagregação causada pelos impactos das gotas de chuva; e quando obtemos de uma rugosidade superficial do solo baixa; também quando a compactação do solo se encontra em níveis significantes, causando a redução dos macroporos e etc.

No momento em que ocorre o escoamento superficial de água no solo, pode-se desencadear o processo de erosão hídrica, este é um dos principais problemas enfrentados na agricultura, causando vários danos ao solo e seus sistemas, o qual faz a remoção e acarreta a perda, de camadas de solo, água, nutrientes, matéria orgânica e demais componentes essenciais ao solo e plantas.

O Sistema de Plantio Direto (SPD) é um conjunto de técnicas conservacionistas, que foram implantadas com objetivo de um manejo mais consciente, buscando conservar o solo, a água, e a biologia integrada. O SPD é fundamentado na mobilização do solo restrita à linha de semeadura, rotação de cultura e na manutenção dos resíduos vegetais derivados de culturas antes impostas. Os resíduos vegetais também conhecidos como palhada, possuem vários benefícios, dentre estes, temos a contribuição ao manejo da água no solo, auxiliando em sua absorção, atuando como barreira, dificultando a formação de enxurradas; reduzindo o efeito do impacto das gotas de chuvas, prevenindo ao selamento superficial.

Como isso, este estudo buscou avaliar sob a condição de chuvas naturais, a influência de diferentes quantidades de palha de aveia branca, postas em Latossolo Vermelho sob sistema de plantio direto, buscando a relação de diferentes quantidades desta palhada com a água erodida através do escoamento superficial.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos de diferentes quantidades de palha de aveia branca sobre o solo, na quantidade de água que escoar e infiltra no solo

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a relação da pluviosidade no local do experimento com a infiltração e escoamento superficial de água no solo.
- Quantificar os volumes do escoamento superficial e da infiltração + interceptação de água no solo nos diferentes tratamentos.
- Avaliar a densidade, porosidade total, granulometria, macroporosidade e microporosidade do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA NO SOLO

Schaefer et al. (2002, p.670) explicam:

O solo cultivado, exposto às chuvas, recebe a maior parte da energia cinética da precipitação, quebrando os agregados e iniciando o processo de erosão. Com a destruição dos agregados, as partículas menores em suspensão penetram e obstruem os poros, diminuindo a permeabilidade e formando o selamento superficial, influenciando a infiltração de água no solo. O Fenômeno do selamento superficial é decorrente da formação de uma camada superficial de maior densidade, pela destruição dos agregados do solo causada pelo impacto das gotas de chuva, dispersão e entupimento dos poros

“A infiltração prejudicada provoca favorecimento do escoamento superficial e conseqüentemente promove a erosão[...]”. (MOMOLI & COOPER, 2016, p. 1303)

A elevação da resistência ao escoamento, em diferentes doses de palha aplicadas, sendo aumentadas gradativamente, evidenciada através do aumento da rugosidade hidráulica, acarretam a redução das taxas de desagregação de solo em entre sulcos e da perda de solo. Desta maneira busca-se por métodos mais conservacionistas almejando a máxima infiltração de água no solo, com a utilização de cobertura vegetal evitando-se o escoamento superficial. (CASSOL et al, 2004). Para isso, Bertol et al. (2007, p. 106) através de estudos, chegaram a informação “[...] que a tortuosidade superficial do solo pode indicar a dificuldade que a enxurrada terá para escoar, pode indicar o grau de turbulência que a massa de água sofrerá durante o escoamento e, principalmente, a capacidade de armazenagem superficial do solo.”

A rugosidade superficial do solo se caracteriza pelas diferentes alturas na superfície do solo, em pequenas distancias, podendo ser caracterizadas como pequenas ondulações; ações como preparo do solo, atuações do clima local, e características físicas tendem a influenciar sob a rugosidade. Esta rugosidade pode ser classificada como rugosidade orientada, a qual ocorre por meios de mecanização, com a utilização dos implementos aplicados ao preparo do solo, semeadura, aplicação de defensivos, aplicação de adubações ou colheita. Outra classificação é a rugosidade ao acaso, está quantifica a distribuição dos picos e depressões ao acaso, não sendo

constatados o tipo e nem a direção do preparo de solo executado (PANACHUKI et al, 2010).

O solo cultivado tende a ter sua estrutura inicial, alterada com o tempo, através do fracionamento dos agregados, acarretando a redução do volume de macroporos e no aumento do volume de microporos, juntamente com a densidade do solo. Deste modo foi observado o aumento do escoamento superficial e diminuição nas taxas de infiltração de água no solo. (PANACHUKI et al, 2011).

O incentivo ao escoamento superficial é demonstrado por Thomaz (2013), onde camadas afetadas por trânsito de máquinas e implementos agrícolas, se tornando mais compactadas, apresentaram alterações na infiltração de água, ocorrendo a formação de sulcos de erosão e grande perda de solo.

Latossolo Vermelho Distroférrico, quando coberto por fina camada de sedimentos, composta por agregados de argila, tamanho de areia e silte, pode ser comparada a operações mecanizadas de cultivo de soja em solos argilosos, tendo valores compatíveis, com porosidade reduzida na superfície e em subsuperfície (MOMOLI et al, 2016).

Solos manejados, a redução na perda de água no solo, na maioria das situações, é menor que a redução da perda de solo, porém há estudos que demonstram que resíduos culturais na superfície do solo, também se tornam eficientes referente a redução na perda de água. Esta menor influência do sistema de manejo sobre redução de perda de água em relação a perda de solo, se explica através do limite a capacidade de absorção e armazenamento de água de cada solo (AMARAL et al, 2008).

2.1.1 Erosão hídrica

Segundo Schaefer et al. (2002) a erosão é uma das principais causas da queda de produção, perdas de solo, água e nutrientes.

Silva et al. (2005, p. 1223) contribuíram:

A erosão hídrica é um dos principais problemas relacionados ao manejo dos solos no país. Ela tem contribuído para o empobrecimento e redução ou perda de sustentabilidade dos agroecossistemas, decorrentes do arraste de solo, água, nutrientes e carbono orgânico a ela associada. A erosão hídrica, fundamentalmente, é a ação erosiva da chuva sobre o solo. A degradação do

solo ocorre em geral a partir da interferência antrópica sobre esse recurso natural. Assim, ocorrem solos mais ou menos suscetíveis à erosão, tanto do ponto de vista de sua pedogênese (fatores intrínsecos) quanto do ponto de vista do manejo adotado (fatores extrínsecos).

A época ou sistema de cultivo utilizado, interferem nos processos erosivos, isto, considerando a utilização de cobertura vegetal e seus resíduos, juntamente com o preparo do solo (ALMEIDA et al., 2016). A preparação do solo e suas operações, estão ligadas diretamente a erosão hídrica, das áreas cultivadas, pois estas acarretam alterações no micro relevo e rugosidade, juntamente com a cobertura dos resíduos vegetais, o que expõe a superfície do solo a ação da chuva e enxurradas (PANACHUKI et al 2011). Amaral et al. (2008, p. 2147) relatam que “[...] A distribuição temporal das chuvas também altera as perdas de água e solo por erosão hídrica, uma vez que sua erosividade pode variar no tempo, em função de variações na intensidade, na duração e na frequência de ocorrência destas.”

De acordo com Corsini & Ferraudo (1999), camadas de solo com maiores valores de densidade e menor macroporosidade do solo, acabam contribuindo para efeitos como a erosão hídrica e limitam o crescimento de raízes.

A redução dos valores de cobertura vegetal, juntamente com resíduos vegetais, quando efetuado o revolvimento do solo, tornam uma aceleração na desagregação de partículas através da ação das chuvas. Áreas onde utilizado o preparo convencional aliado a pouca cobertura vegetal e restos culturais, processos erosivos e a degradação do solo podem ser igualados a áreas com o solo totalmente exposto. (ALMEIDA et al., 2016). Desta maneira, a cobertura vegetal do solo se torna importante, de maneira que as plantas em seu período de desenvolvimento influenciam gradativamente a erosão hídrica pluvial, pois, o dossel da planta se estende pela superfície do solo, e suas raízes atuam em propriedades físicas, contribuindo o deslocamento da água, acarretando altas taxas de infiltração de água no solo. (AMARAL et al, 2008).

As substâncias químicas em solução na água da enxurrada, tem capacidade de ser um dos meios mais significativos de perdas destas substâncias em sistemas de cultivo como, plantio direto com cobertura morta e cultivo convencional. De modo que, substâncias químicas podem ser transportadas em solução pelo fluxo superficial e/ou adsorvidas nos sedimentos suspensos no escoamento (SOUSA et al, 2012). Perdas de produtos químicos junto a solução podem possuir valores elevados, pois

nos sistemas conservacionistas utiliza-se grandes quantidades de agrotóxicos e herbicidas, os quais tendem a ser aplicados na superfície do solo com pouca ou nenhuma incorporação (BERTOL et al, 2007).

Perdas de matéria orgânica do solo por meio de enxurradas demonstram coeficientes de correlação positivos e com alta significância com o conteúdo de P, K, Ca e Mg nos sedimentos, deste modo a fração orgânica removida pela erosão foi o principal meio de perda de nutrientes sob situação de chuva simulada (SCHAEFER et al, 2002).

Em estudo com cobertura por palha de cana-de-açúcar, Sousa et al. (2012), obtiveram resultados, onde demonstraram que concentrações médias de matéria orgânica e nutrientes, compreendiam o sedimento erodido e foram reduzidos quando utilizados de 75% a 100% cobertura. Os valores tiveram maior significância relativa quando a cobertura por palha foi inferior a 50%, desta forma, ouve um maior índice de matéria orgânica e nutrientes junto aos sedimentos erodidos.

Silva et al. (2005, p. 1229) acrescentam:

O carbono orgânico foi o constituinte encontrado em maior quantidade no sedimento erodido, sendo importante enfatizar a necessidade de práticas conservacionistas que reduzam a ação erosiva da chuva, mantendo esta fração orgânica no solo, uma vez que ela é importante na manutenção da sua estrutura, retenção de umidade e CTC, entre outros atributos.

Em sedimentos erodidos o carbono orgânico foi encontrada em maior quantidade, desta maneira deve-se buscar necessariamente por práticas conservacionistas que sejam efetivas na redução da ação erosiva da chuva, fazendo a manutenção desta fração orgânica no solo, sendo que, é de extrema importância na manutenção da sua estrutura, retenção de umidade e CTC (SILVA et al, 2005).

O transporte de partículas de solo juntamente com os demais processos erosivos, geram efeitos que aumentam a variabilidade espacial das produções agrícola (SOUSA et al, 2012)

Schaefer et al. (2002, p. 676) expuseram resultados onde: “Perdas totais de solo superiores a 11t há nos tratamentos com porcentagem de cobertura variando entre 0 e 40% decrescem a pouco mais de 5t há com 80% até zero no tratamento 100% coberto com Bidim.”

2.2 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Denardin & Kochhann (1993) conceituam:

Complexo de preceitos da agricultura conservacionista destinado ao manejo de sistemas agrícolas produtivos, integrando: mobilização de solo restrita à linha de semeadura; preservação dos restos culturais; diversificação de culturas, estruturada em rotação, consorciação e/ou sucessão de culturas com aporte de material orgânico ao solo em quantidade, qualidade e frequência compatíveis com a demanda biológica do solo; e manutenção do solo permanentemente coberto com plantas vivas e restos culturais.

Através de estudos Panachuki et al. (2011) obtiveram resultados demonstrando que maiores índices de perdas de água e solo foram encontrados em semeadura direta sem resíduos vegetais, onde no mesmo sistema de cultivo, porém com a presença dos resíduos vegetais foi constatado uma maior eficiência no controle a erosão hídrica. Ademais, valores mais elevados da taxa de infiltração estável de água no solo resultarem do sistema de semeadura direto com presença de resíduos vegetais e no preparo com escarificador (PANACHUKI et al., 2011). Indicando que as hastes do escarificador podem ser efetivas em romper camadas mais compactadas e aumentar a rugosidade superficial.

Parte de resultados com eficiência advindos do sistema plantio direto, se tornam possíveis com a utilização de palhada de culturas anuais ou perenes, com resíduos vegetais disponibilizados através destas plantas de cobertura, que melhoram processos físicos, químicos e biológicos do solo, trazendo as plantas condições melhores ao desenvolvimento e um ambiente adequado as plantas (HERNANI & FILHO, 2009). “O preparo do solo destaca-se como uma das operações agrícolas mais importantes no processo de produção vegetal [...]” (AMARAL et al., 2008, p. 2147).

A técnica de plantio direto é recomendada como uma alternativa para evitar os efeitos indesejáveis do preparo do solo que é realizado repetidamente e de maneira inadequada. No entanto, é importante salientar que a adoção desta prática não resolverá imediatamente os efeitos do cultivo intensivo de vários anos, uma vez que fatores como a adaptação da cultura ao solo, às condições climáticas regionais e aos fatores naturais precisam ser cuidadosamente considerados (CORSINI & FERRAUDO, 1999).

2.2.1 Cobertura e resíduos vegetais

Os resíduos vegetais ou popularmente conhecidos como palhada, são decorrentes do dossel, ou massa vegetal, e podem ser trabalhadas através de diferentes formas de manejo como: dessecação, cortes, trituração ou simplesmente ser deitada ou rolada sobre a superfície do solo (HECKLER & SALTON, 2002). Ademais Heckler & Salton (2002) e Amaral et al. (2008) acrescentam, que esta camada que cobre a superfície do solo atua como dissipador da energia cinética formada pelo impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, atuando também como um obstáculo ao escoamento superficial da água, impedindo que partículas de solo sejam levadas pela água, a fim de minimizar ou impedir os danos causados pela erosão hídrica.

Dessa forma, é comprovada a relevância da prática de manter a cobertura do solo com níveis significativos de resíduos vegetais, com o objetivo de preservar as suas propriedades físicas e impedir a ocorrência de selamento superficial, que é uma das principais causas da redução da capacidade de infiltração de água no solo (PANACHUKI et al, 2011).

Os resíduos vegetais em contato direto com a superfície do solo são eficientes na diminuição dos níveis de arraste dos sedimentos junto ao escoamento superficial ou enxurrada (BERTOL et al., 2007). Dados de estudos feitos por Cassol et al. (2004), informam que quantidades de cobertura do solo com resíduos vegetais implicam uma perda de solo em entressulcos aproximadamente 10 vezes maior em solo com 0% de cobertura por resíduos quando comparado a 100% de cobertura.

Ocorrem valores mais elevados da taxa de infiltração estável de água no solo, em tratamentos que foram submetidos ao sistema de semeadura direta com a presença de resíduo vegetal e nos tratamentos sob preparo com escarificador (PANACHUKI et al, 2011). Panachuki et al. (2010, p. 444), acrescentam que “[...] A rugosidade da superfície do solo é reduzida gradativamente pela incidência das chuvas e pelo escoamento superficial em decorrência da erosão hídrica, enquanto a rugosidade criada pelos resíduos vegetais apresenta estabilidade temporal maior. “

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

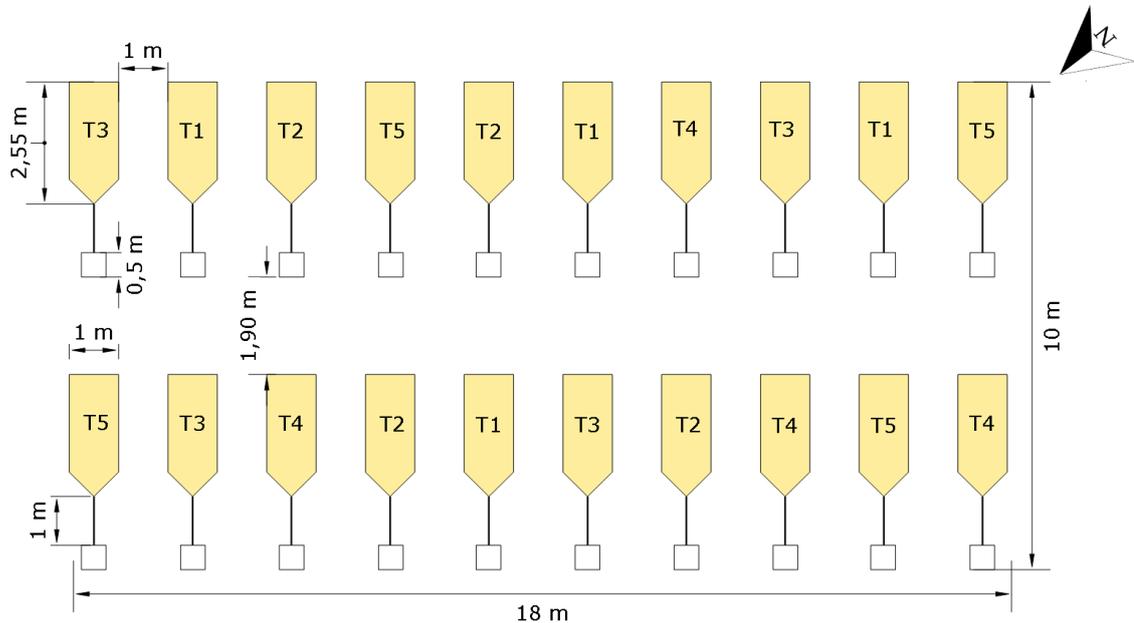
O experimento foi instalado em uma propriedade rural na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, localizada no município de Entre-Ijuis, o qual tem suas coordenadas definidas por latitude 28°24'41.53"S e longitude 54°21'27.04"O a uma elevação de 275 metros. A área definida para o experimento é conduzida sob Sistema de Plantio Direto, com rotação de culturas anuais e com mobilização do solo restrito a linha de semeadura. De acordo com Streck (2008), o solo é classificado como Latossolo Vermelho, inserido na unidade de mapeamento Santo Ângelo, com teores de 51% de argila, 29% de silte e 20% de areia na camada de 0 a 20 cm de profundidade. A declividade do local é de 8%.

Segundo a classificação de Köppen (1931), o clima da região é classificado como Cfa, temperado do tipo subtropical.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo utilizados cinco tratamentos com quatro repetições cada, resultando em um total de 20 unidades experimentais. Cada parcela possui 2 m de comprimento e 1 m de largura, composto por um triangulamento na extremidade inferior com 2 lados congruentes com 0,75 m cada, totalizando em uma área de 2,28 m² por parcela. Na extremidade do triangulamento, cada parcela contém um encanamento de 40 mm, no comprimento de 1 m onde foi interligado a um recipiente de 20 ou 50 litros dependentes do tratamento a ser aplicado. As 20 parcelas foram organizadas em duas linhas compostas por 10 parcelas com 1 m de distanciamento entre as mesmas e 1,9 metros de distanciamento entre as linhas. A área total do experimento foi de 18 m de largura e 10 m de comprimento, totalizando 180 m² (Figura 1).

Figura 1- Croqui do experimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Os tratamentos aplicados foram idealizados com intuito de um solo com valores próximos a 0 de palha até níveis considerados altos para a região. Nas parcelas do tratamento T1 foram realizadas dessecações periódicas para manutenção do solo sem cobertura vegetal.

- T1 - Sem cobertura; tratamentos com nível de palhada próximos a 0;
- T2 - 2 Mg ha⁻¹ de MS da palha;
- T3 - 4 Mg ha⁻¹ de MS da palha;
- T4 - 8 Mg ha⁻¹ de MS da palha;
- T5 - 10 Mg ha⁻¹ de MS da palha;

3.3 IMPLANTAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS, ENCANAMENTOS E DELIMITAÇÕES

As parcelas foram demarcadas com a utilização de fita métrica e estacas fixadas ao solo (Figura 2), estas posteriormente passaram a serem utilizadas para a fixação das delimitações.

Figura 2- Demarcação e fixação das estacas do experimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com a utilização de trado manual, cavadeira e pá de corte foram escavados covas para alocação de recipientes (Figura 3) com capacidade de 50 litros para T1 e para os demais tratamentos, recipientes de 20 litros de capacidade. Após, a partir das demarcações, com auxílio de pá de corte e espátulas adaptadas, cortaram-se camadas de solo com 5 cm de profundidade (Figura 4) em todos os lados da parcela, para que as delimitações feitas de forro de PVC fossem alocadas e fixadas as estacas.

Figura 3- Escavação das para alocação dos recipientes



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 4 - Corte de camada de solo com 5 cm de profundidade



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

As ligações das parcelas até os reservatórios foram efetuadas com a utilização de canos de PVC com uma curva de 90° em umas das extremidades ligadas ao orifício de entrada dos reservatórios. Estes canos interligados a parcela ficaram alocados ao nível do solo para a captação da água advinda do escoamento superficial; representados na figura 5. Todos os locais necessários passaram por uma vedação com a utilização de cola silicone para evitar vazamentos.

Figura 5- Encanamento ao nível do solo e interligado ao recipiente de coleta



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

3.4 DESSECAÇÃO DO TRIGO, APLICAÇÃO DA PALHA E COLETA DA PALHA

Por já haver a cultura do trigo no local, este foi dessecado com a utilização do herbicida Glifosato e quantificados os valores de MS. Com a utilização de um quadrado de 0,25 m² (figura 6) foram coletadas 4 amostras e levadas a estufa a temperatura de 105 °C onde obteve-se uma média de 25,14g de MS, assim sendo 1005,5 kg/há.

Figura 6- Coleta de amostras de trigo



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

No tratamento sem cobertura, foi realizada a retirada manual da cultura do trigo mantendo as parcelas somente com o solo exposto.

A aplicação de palha nas parcelas foi efetuada com o uso de feno de aveia branca, deste modo foram retiradas amostras do material e levadas a estufa a temperatura de 105 °C onde obteve-se uma média de 86,57% de MS. Após as quantificações da MS dos materiais, foram feitos os cálculos necessários e aplicados as parcelas o peso de palha para atingir aos níveis corretos de MS de cada tratamento. Desta forma, a palha passou por uma pesagem com auxílio de balança de precisão e espalhada de maneira homogeneia pela área da parcela na data 09/08/22 (figura 7).

Figura 7- Aplicação da palha de aveia branca nas parcelas



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com o encerramento do experimento na data 15/12/2022 foi efetuada a retirada de toda a palhada, armazenada em bolsas e levada até a estufa a temperatura de 105 °C onde foi quantificada a MS do material com o intuito de obter a porcentagem da palhada decomposta durante o experimento.

3.5 AVALIAÇÕES NO SOLO

A densidade e a distribuição de poros foram avaliadas após o encerramento do experimento nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade, através da coleta de amostras de solo com estrutura preservada dentro do perímetro da parcela, por meio de anéis de aço inox (Figura 8), com 4 cm de altura e 6 cm de diâmetro. Em laboratório as amostras foram preparadas e saturadas para a determinação da densidade do solo conforme metodologia descrita em Teixeira et al. (2017) e de macroporos, microporos e porosidade total conforme metodologia descrita em Reinert e Reichert (2006).

Figura 8- Coleta de amostras de solo com estrutura preservada (15/12/22)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

3.6 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A cada chuva foram analisados os volumes coletados pelo pluviômetro instalado junto ao experimento. Os volumes de água escoados até os recipientes também foram quantificados com a utilização de uma proveta graduada. Posteriormente os dados de data da coleta, de início e final da chuva e os volumes antes citados, foram anotados em planilhas para análise.

Os dados obtidos com o encerramento do experimento foram submetidos à análise de variância a 5% e teste de médias analisados com o auxílio do software SAS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos parâmetros físico-hídricos do solo (densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade) foi realizada em duas camadas de solo: 0-10 e 10-20 cm de profundidade (Tabela 1). As médias para densidade, porosidade total, macroporosidade e microporosidade não apresentaram diferença significativa entre as camadas e nem entre os tratamentos, demonstrando que a área do experimento é homogênea, justificando o uso do delineamento inteiramente casualizado e desta maneira pode-se concluir que os atributos físico-hídricos do solo não tiveram influência nas diferenças significativas dos tratamentos aplicados, de modo que os fatores que podem afetar a infiltração de água do solo como: atributos físicos do solo (textura, estrutura, porosidade, umidade, declividade do terreno, rugosidade superficial); cobertura do solo (vegetação, solo exposto); manejo do solo; selamento superficial; características da água; energia da chuva e compactação da subsuperfície do solo (BRANDÃO et al, 2003).

Tabela 1 - Médias para densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade

Camada (cm)	Sem cobertura	2 Mg ha ⁻¹	4 Mg ha ⁻¹	8 Mg ha ⁻¹	10 Mg ha ⁻¹
Densidade (g/cm³)					
0 - 10	1,35 A	1,28 A	1,30 A	1,42 A	1,37 A
10 - 20	1,52 A	1,50 A	1,52 A	1,48 A	1,54 A
Porosidade Total (cm³/cm³)					
0 - 10	0,54 A	0,56 A	0,55 A	0,51 A	0,53 A
10 - 20	0,48 A	0,48 A	0,47 A	0,49 A	0,47 A
Macroporosidade (cm³/cm³)					
0 - 10	0,18 A	0,21 A	0,19 A	0,14 A	0,16 A
10 - 20	0,08 A	0,10 A	0,07 A	0,08 A	0,06 A
Microporosidade (cm³/cm³)					
0 - 10	0,36 A	0,35 A	0,35 A	0,38 A	0,37 A
10 - 20	0,40 A	0,38 A	0,40 A	0,42 A	0,41 A

*Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Da aplicação do experimento até a data de seu encerramento ocorreu a decomposição da palha de aveia branca depositada nas parcelas, de maneira que houve uma redução média de 52% da MS do material, demonstrada na tabela 2. Desta maneira podemos afirmar que mais da metade do material foi decomposto neste período de 128 dias. Esta decomposição mais lenta, é importante em sistemas produtivos onde a disponibilidade de nitrogênio não é um fator limitante, é crucial considerar o uso de cultivos de espécies pertencentes à família Poácea com elevada proporção de carbono/nitrogênio (C/N), em termos de proteção física do solo, devido ao grande acúmulo de biomassa e à decomposição lenta dos resíduos pelos microrganismos (CHERUBIN et al, 2014)

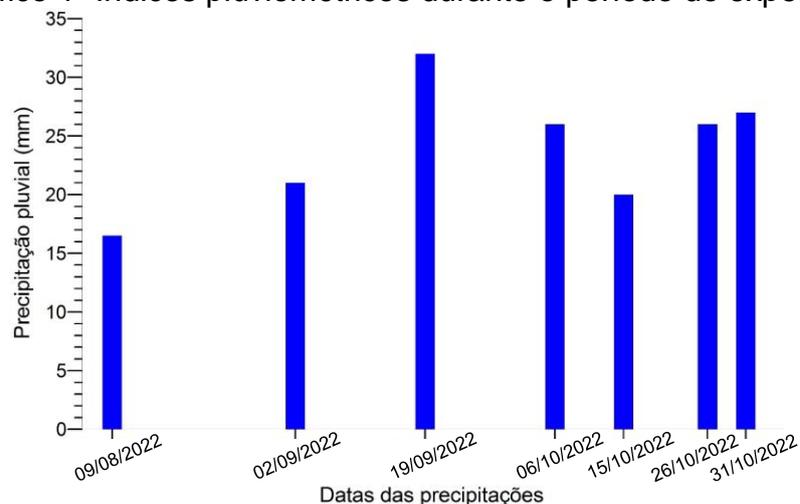
Tabela 2 - Matéria seca da palha de aveia branca na data de início e de encerramento do experimento (Mg ha^{-1})

Data	Sem cobertura	2 Mg ha^{-1}	4 Mg ha^{-1}	8 Mg ha^{-1}	10 Mg ha^{-1}
09/08/2022	0	2	4	8	10
15/12/2022	0	0,8	2,2	4,6	5,4
Teores de MS	0,0%	40,4%	55,7%	57,5%	53,5%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A alta relação C:N implica numa decomposição mais lenta dos resíduos e conseqüentemente uma permanência maior no solo, beneficiando a cultura subsequente, além de promover a sua proteção (OLIVEIRA et al., 2019).

Gráfico 1- Índices pluviométricos durante o período do experimento



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

No período de execução do experimento foram avaliadas 7 precipitações pluviiais distintas (Gráfico 1), os índices pluviométricos tiveram uma soma total de 169 mm precipitados no período dos 128 dias decorridos do experimento, neste período sofreu-se um período de certa estiagem devido ao fenômeno atmosférico La Niña, sendo a precipitação pluvial de maior volume com 32 mm.

Tabela 3 - escoamento superficial e infiltração + interceptação de água (mm) no solo em diferentes volumes pluviiais e datas.

	Sem cobertura	2 Mg ha⁻¹	4 Mg ha⁻¹	8 Mg ha⁻¹	10 Mg ha⁻¹
16,5 mm (09/08/2022)					
Escoamento superficial	0,18 A	0,04 A	0,15 A	0,07 A	0,12 A
Infiltração +interceptação	16,32 A	16,46 A	16,35 A	16,43 A	16,38 A
21 mm (02/09/2022)					
Escoamento superficial	0,14 A	0,09 A	0,08 A	0,06 A	0,10 A
Infiltração +interceptação	20,86 A	20,91 A	20,92 A	20,94 A	20,90 A
32 mm (19/09/2022)					
Escoamento superficial	1,70 A	0,70 A	0,14 A	0,13 A	0,29 A
Infiltração +interceptação	30,30 A	31,30 A	31,87 A	31,87 A	31,71 A
26 mm (06/10/2022)					
Escoamento superficial	0,82 A	0,18 A	0,15 A	0,07 A	0,10 A
Infiltração +interceptação	25,18 A	25,83 A	25,85 A	25,94 A	25,90 A
20 mm (15/10/2022)					
Escoamento superficial	12,20 A	2,20 B	0,65 B	0,34 B	0,19 B
Infiltração +interceptação	7,85 B	17,85 A	19,35 A	19,66 A	19,81 A
26 mm (26/10/2022)					
Escoamento superficial	2,42 A	1,05 AB	0,19 B	0,11 B	0,23 B
Infiltração +interceptação	23,58 B	24,95 AB	25,81 A	25,90 A	25,77 A
27 mm (31/10/2022)					
Escoamento superficial	3,22 A	1,35 B	0,10 B	0,01B	0,19 B
Infiltração +interceptação	23,78 B	26,65 A	26,91 A	26,99 A	26,81 A

*Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O aumento relativo do escoamento superficial no tratamento 2 Mg ha⁻¹ (Tabela 3), no decorrer do experimento pode ser explicado através da decomposição da palhada, onde ocorreu uma redução na massa seca e seu volume, diminuindo a eficiência no controle do escoamento superficial, acarretando em uma infiltração de menor volume em relação as primeiras chuvas analisadas. De maneira que os resíduos culturais presentes na superfície do solo dissipam a energia cinética das gotas de chuva ao impactar neles, o que contribui para minimizar a desagregação inicial do solo e aumentar sua estabilidade. Além disso, os resíduos culturais servem como uma barreira física eficaz contra as forças cisalhantes e de transporte da enxurrada, o que resulta em uma redução nas perdas de água e solo devido à erosão pluvial. (AMARAL et al, 2008). Os resultados obtidos condizem com o de Vidaletti (2021), onde apontam que a presença de palha tem um impacto significativo na infiltração de água durante as precipitações pluviais. Quando ocorrem chuvas de menor intensidade, o efeito da palha é relativamente pequeno, mas em precipitações mais intensas, a taxa de infiltração aumenta proporcionalmente à quantidade de palha presente

Estes resultados ainda são concordantes os de Silva & Kato (1997); Barcelos et al. (1999); Silva et al. (2005); Bertol et al. (2007) e Pertussatti et al. (2011), que verificaram através de comparações entre ensaios de infiltração em solos cobertos e não cobertos que a taxa de infiltração é significativamente reduzida em solos sem cobertura vegetal.

O aumento relativo no tratamento sem cobertura, com decorrer do experimento, pode ser justificado através do fenômeno causado pelo impacto das gotas da primeira chuva após a remoção manual da cobertura e resíduos vegetais, que tem a tendência de alisar o microrrelevo do solo, aplanando as microelevações e preenchendo as microdepressões existentes na superfície (BERTOL et al, 1997).

Através das análises pode-se perceber que para os volumes de chuvas analisados, níveis de palha de 4, 8 e 10 Mg ha⁻¹ não tiveram diferença significativas no escoamento superficial e na infiltração + interceptação de água no solo.

Segundo Amaral et al. (2008), outro fator a influenciar os parâmetros de escoamento e infiltração, é a distribuição temporal das precipitações pluviais, que também influencia as perdas de água e solo devido à erosão hídrica. Isto se deve ao fato de que a erosividade da chuva pode variar ao longo do tempo, dependendo de mudanças na intensidade, duração e frequência dessas precipitações. Deste modo, pode-se justificar, o maior volume de escoamento ocorrido no tratamento sem cobertura, na data 15/10/2022, com 12,20 mm escoados em uma precipitação de 20 mm. A união de fatores como intensidade, duração e frequência da precipitação aliados a remoção manual da cobertura do solo, acarretando possíveis alterações nos níveis de rugosidade e selamento superficial do solo, tornam a explicar o alto volume escoado.

Verificou-se que nas parcelas sem cobertura, as perdas de água foram, aproximadamente 64% maiores que nas parcelas com cobertura, resultado esse que para Brandão et al. (2011) resultou em 40% a mais de perdas em parcelas sem cobertura em contrapartida para Albuquerque et al. (2002) observaram que nas parcelas com cobertura morta, houve redução nas perdas de água de cerca de 74%, em relação às parcelas desmatadas.

5 CONCLUSÕES

Os maiores valores de escoamento superficial e menores valores de infiltração + interceptação da água no solo foram observados no tratamento sem cobertura.

Os tratamentos 4, 8 e 10 Mg ha⁻¹ de palha de aveia branca foram eficientes na diminuição do escoamento superficial de água, aumentando a infiltração + interceptação de água no solo e não diferiram significativamente entre si.

Valores de 2 Mg ha⁻¹ até 10 Mg ha⁻¹ de palha de aveia branca como cobertura do solo são eficientes na diminuição do escoamento superficial de água e no aumento da infiltração de água no solo.

REFERÊNCIA

- 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**, v. 6, p. 136-141, 2002.
- ALMEIDA, W. S. de et al. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1110-1119, set. 2016.
- AMARAL, A. J. et al. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da região do Planalto Sul-Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 2145-2155, out. 2008.
- BARCELOS, A. et al. Infiltração de água em um Latossolo Vermelho-Escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 1999.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 409-418, set. 1997
- BERTOL, I. et al. Rugosidade superficial do solo sob diferentes doses de resíduo de milho submetido à chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 103-110, jan. 2007.
- BRANDÃO, V.; Pruski, F. F. e Silva, D. D.. Infiltração da água no Solo. 2 ed. Editora UFV: Viçosa, 98 p.2003.
- CASSOL, E.A.; LIMA, V.S. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.117-124, 2003.
- CASSOL, E. A. et al. escoamento superficial e desagregação do solo em entressulcos em solo franco-argilo-arenoso com resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 685-690, jul. 2004.
- CASSOL, E. A. et al. escoamento superficial e desagregação do solo em entressulcos em solo franco-argilo-arenoso com resíduos vegetais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 685-690, jul. 2004.
- CHERUBIN, M. R. et al. Desempenho agrônômico do milho em sucessão a espécies de cobertura do solo sob sistema plantio direto no sul do Brasil. **Global Science Technology**, Rio Verde, v. 07, n. 01, p.76 – 85, jan/abr. 2014.
- CORSINI, Paulo César; FERRAUDO, Antônio Sergio. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em latossolo roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 289-298, fev. 1999.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. **Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto**. In: PLANTIO direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p. 19-27.

HECKLER, João Carlos; SALTON, Júlio Cesar. Palha: Fundamento do Sistema Plantio Direto. 7. ed. Dourados: Embrapa, 2002. 29 p.

HERNANI, L.; FILHO, G. A. Sistemas produtivos utilizados em lavouras conduzidas em "Plantio Direto" na região dos cerrados. **Embrapa Agropecuária**, Oeste-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. 2009.

KÖPPEN, William. 1931. Climatologia. México, Fundo de Cultura Econômica

MOMOLI, Renata Santos et al. Erosão hídrica em solos cultivados e sob mata ciliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1295-1305, set. 2016.

OLIVEIRA, A.B et al. Coleção 500 perguntas, 500 respostas. Brasília, DF. **Embrapa**, 274 p, 2019.

PANACHUKI, E. et al. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1777-1786, out. 2011.

PANACHUKI, E. et al. Rugosidade da superfície do solo sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 443-452, abr. 2010.

PERTUSSATTI, C. A. et al., 2011, Maceió. Erosão hídrica e infiltração de água sob diferentes tipos e cobertura de solo. **Simpósio brasileiro de recursos hídricos**, 19, Maceió: Abrh, 2011.

SCHAEFER, C. E. R. et al. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 669-678, mai. 2002.

REINERT D.J.; REICHERT J.M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo - protótipos e teste. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1931-1935, dez., 2006.

SILVA, A. M. da et al. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 1223-1230, dez. 2005.

SILVA, C. L., KATO, E. Efeito do selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 213-220, 1997

SOUSA, G. B. et al. Perdas de solo, matéria orgânica e nutrientes por erosão hídrica em uma vertente coberta com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar em guariba - SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 490-500, jun. 2012.

TEIXEIRA P.C et al. Manual de métodos de análise de solos. 3 ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa - **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**, 2017.

THOMAZ, E. L. Rill erosion on an oxisol influenced by a thin compacted layer. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.L.], v. 37, n. 5, p. 1383-1392, out. 2013.