

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EROSÃO HÍDRICA EM DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO
E MANEJO DO SOLO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

BRUNO RODRIGUEZ LEITE CHAVES

JABOTICABAL – SP
1º Semestre/2026

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EROSÃO HÍDRICA EM DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO
E MANEJO DO SOLO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

BRUNO RODRIGUEZ LEITE CHAVES

Orientador: Prof. Dr. Douglas Henrique Bandeira

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias –
UNESP, Campus de Jaboticabal,
como parte das exigências para
graduação em Engenharia
Agrônômica.

JABOTICABAL – SP
1º Semestre/2026

C512e Chaves, Bruno
Erosão hídrica em diferentes sistemas de preparo e manejo do solo:
revisão bibliográfica / Bruno Chaves. -- Jaboticabal, 2026
45 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia
Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Douglas Bandeira

1. Dinâmica do solo. 2. Plantio direto. 3. Solos preparo. 4.
Compactação do solo. 5. Ciência do solo. I. Título.

Bruno Rodriguez Leite Chaves

EROSÃO HÍDRICA EM DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO E MANEJO DO SOLO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em **Engenharia Agrônoma**.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Henrique Bandeira

Coorientador (se houver):

Área de Concentração: Conservação do solo e da água

Trabalho aprovado em 19/06/2026

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **DOUGLAS HENRIQUE BANDEIRA**
Data: 25/06/2026 11:23:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Douglas Henrique Bandeira

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 **RAFAEL MONTANARI**
Data: 25/06/2026 10:26:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Rafael Montanari

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 **NILTON EUGENIO MARIO**
Data: 25/06/2026 11:19:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Nilton Eugénio Mário

UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 **MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ**
Data: 02/07/2026 16:20:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Mara Cristina Pessoa da Cruz
Chefe do Departamento

AGRADECIMENTOS

Agradeço desde o início aos meus pais que sempre me apoiaram e sempre me motivaram desde o vestibular até a conclusão do meu trabalho de conclusão de curso, fazendo questão de sempre me mostrar a importância e necessidade do estudo. Agradeço também ao professor Douglas Henrique Bandeira que desde o primeiro contato sempre mostrou disponibilidade e extrema disposição para me auxiliar e me ajudar a concluir mais uma etapa da graduação e por último mas não menos importante, agradeço aos meus amigos da República Viracopos que sempre estiveram comigo durante a graduação e que me ajudaram a construir tantas histórias nesses anos.

SUMÁRIO

RESUMO	V
ABSTRACT	VI
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Erosão hídrica	4
2.2 Formas de Erosão Hídrica do Solo	7
2.3 Fatores que afetam a erosão hídrica	9
2.3.1 Clima e Precipitação (Fator R)	10
2.3.2 Solo (Fator K)	11
2.3.3 Relevo e Declividade (Fator LS)	12
2.3.4 Uso e manejo do solo (Fator C)	13
2.4 Impactos da Erosão Hídrica	14
2.5 Sistemas de Preparo e Manejo do Solo	17
2.5.1 Sistema Convencional	19
2.5.2 Plantio direto	21
2.5.3 Cultivo mínimo	24
2.5.4 Comparação de perdas de solo e água	26
3. CONCLUSÕES	27
4. REFERÊNCIAS	29

RESUMO

EROSÃO HÍDRICA EM DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO E MANEJO DO SOLO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A erosão hídrica é um dos principais fatores responsáveis pela perda de nutrientes do solo na lavoura e, por isso, tem sido amplamente estudada nos últimos anos, com o objetivo de identificar fatores e práticas que minimizem esse processo. Este trabalho teve como objetivo, por meio de uma revisão bibliográfica, elucidar os principais aspectos relacionados a erosão hídrica do solo, incluindo seu conceito, tipos, fatores que a influenciam e os impactos causados. Aliado a isso, foram abordados os diferentes sistemas de preparo e manejo do solo, destacando práticas conservacionistas para mitigar a erosão e promover a sustentabilidade agrícola. A escolha do sistema de preparo e manejo do solo é fundamental para reduzir a perda de nutrientes e minimizar os impactos da erosão hídrica, garantindo maior produtividade e sustentabilidade no longo prazo. Práticas adequadas proporcionam um ambiente favorável ao desenvolvimento das culturas, influenciando diretamente a conservação do solo e a eficiência produtiva.

Palavras-chave: Dinâmica do solo, plantio direto, solos preparo, Compactação do solo, Ciência do solo.

ABSTRACT

WATER EROSION IN DIFFERENT SOIL PREPARATION AND MANAGEMENT SYSTEMS: LITERATURE REVIEW

Water erosion is one of the main factors responsible for the loss of soil nutrients in crops and, therefore, has been widely studied in recent years, with the aim of identifying factors and practices that minimize this process. This study aimed, through a bibliographic review, to elucidate the main aspects related to soil water erosion, including its concept, types, factors that influence it and the impacts caused. In addition, the different soil preparation and management systems were addressed, highlighting conservationist practices to mitigate erosion and promote agricultural sustainability. The choice of soil preparation and management system is essential to reduce nutrient loss and minimize the impacts of water erosion, ensuring greater productivity and sustainability in the long term. Appropriate practices provide a favorable environment for crop development, directly influencing soil conservation and production efficiency period.

Keywords: Soil dynamics, no-till farming, soil preparation, soil compaction, soil science.

1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso essencial para a vida e deve ser utilizado de forma sustentável. O manejo adequado contribui para minimizar os processos erosivos, otimizando o aproveitamento e planejamento das atividades agrícolas. Dessa forma, evita-se a perda excessiva de solo, garantindo o suprimento de água e nutrientes às plantas, além da manutenção da produção de alimentos para os seres vivos (OLIVEIRA et al., 2012).

Em áreas agrícolas, o uso inadequado do solo, aliado à mecanização intensiva, monocultura, superpastoreio, destruição de áreas de preservação permanente e uso excessivo de insumos químicos, pode comprometer suas características naturais, resultando em degradação e erosão (OLIVEIRA et al., 2012). A erosão hídrica, em especial, é um dos principais problemas ambientais globais, impactando ecossistemas terrestres e aquáticos. Esse fenômeno se intensifica com a interferência humana, sobretudo em áreas agrícolas, urbanas e desmatadas, onde práticas inadequadas de manejo aceleram a remoção das camadas superficiais do solo (ALMEIDA et al., 2016).

A erosão hídrica tem início com a desagregação das partículas do solo, provocada pelo impacto das gotas de chuva na superfície ou pelo escoamento superficial da água. Esse processo rompe a estrutura do solo, intensifica a compactação da crosta e reduz a capacidade de infiltração da água. Em seguida, ocorre o transporte das partículas de silte, argila, areia e minerais, cuja movimentação é influenciada por fatores como o tamanho das partículas, a topografia do terreno e a presença ou ausência de barreiras naturais. Dependendo das condições ambientais, esses sedimentos podem percorrer

grandes distâncias antes de se depositarem, caracterizando o processo de sedimentação (PRUSKI, 2003).

Os impactos da erosão hídrica são significativos, incluindo perdas na produtividade agrícola, redução da capacidade de retenção de água no solo, assoreamento de corpos hídricos e degradação da qualidade da água devido ao carreamento de sedimentos e contaminantes (POSTHUMUS et al., 2015).

Dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2015), aproximadamente metade dos solos agricultáveis do mundo já apresenta algum grau de degradação. O custo global para reposição dos nutrientes perdidos devido à erosão varia entre US\$ 110 e US\$ 200 bilhões por ano. Além dos prejuízos econômicos, a remoção da camada superficial do solo, rica em matéria orgânica e nutrientes, compromete a produtividade agrícola e representa uma ameaça à sustentabilidade do setor.

Ainda segundo a FAO (2015), estima-se que a erosão reduza a produção global de cereais em 7,6 milhões de toneladas anualmente, podendo resultar em uma perda acumulada de 253 milhões de toneladas até 2050. Na América Latina, a situação é ainda mais preocupante, com cerca de 50% dos solos impactados, principalmente pela erosão hídrica.

A erosão hídrica está diretamente associada às atividades agrícolas, especialmente ao manejo do solo, além de fatores como histórico de uso da terra, regime de precipitação e topografia da área (TOLEDO, 2023). Esse processo acarreta perdas de solo, água e nutrientes, além de contribuir para inundações, assoreamento e poluição de corpos hídricos. A remoção da

cobertura do solo expõe a superfície ao impacto das chuvas, tornando a erosão ainda mais severa em áreas de cultivo intensivo (KALKHOFF et al., 2016).

Diante desse cenário, surgiram as chamadas práticas conservacionistas, que englobam estratégias de manejo sustentável do solo para reduzir os processos erosivos e preservar a integridade dos ecossistemas. A adoção dessas práticas é essencial para minimizar os impactos da degradação ambiental, especialmente em regiões sujeitas à intensa exploração agrícola e pecuária (BÁRBARA, 2020).

Entre as técnicas mais eficientes, destaca-se o sistema de plantio direto, que evita o revolvimento do solo e mantém sua superfície coberta por resíduos vegetais, contribuindo para a retenção de umidade e a redução do impacto das chuvas (ARAÚJO et al., 2021; LIMA et al., 2020).

Sistemas conservacionistas, como o plantio direto e o manejo adequado de pastagens, promovem melhorias estruturais no solo, favorecendo a infiltração da água e reduzindo o escoamento superficial. A semeadura direta, por exemplo, mantém uma quantidade significativa de resíduos culturais na superfície, sendo um dos métodos mais eficazes na redução da erosão hídrica (BERTOL et al., 2007).

Considerando a relevância do tema e o impacto que a erosão hídrica causa na produtividade agrícola, o presente trabalho tem como objetivo, por meio de uma revisão de literatura, abordar os principais aspectos relacionados à erosão hídrica do solo, incluindo seu conceito, tipos, fatores influenciadores e impactos. Além disso, busca-se apresentar os principais sistemas de manejo e preparo do solo, destacando práticas conservacionistas que podem mitigar os

efeitos erosivos, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a manutenção da produtividade agrícola.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Erosão hídrica

O solo é um recurso limitado e essencial para a vida, servindo como habitat para organismos, reservatório de água e base para o desenvolvimento vegetal e animal, sendo indispensável à produção de alimentos e à segurança alimentar humana (COELHO et al., 2014). No entanto, sua conservação depende de um manejo adequado para evitar processos degradativos, como a erosão hídrica (BAGATINI et al., 2011).

Basicamente, existem dois tipos de erosão, a erosão natural, também denominada erosão geológica, e causada pelos agentes erosivos durante longos períodos de tempo, sem a interferência do homem, em seu meio natural. É a erosão responsável pelo desgaste das rochas e montanhas, formação de planícies aluviais e rochas sedimentares. É, enfim, a erosão responsável pela formação dos solos. Por isso, é um tipo de erosão útil, cujos processos de desgaste estão em equilíbrio dinâmico com os processos de formação dos solos.

Temos também a chamada erosão induzida, também denominada erosão acelerada, e causada pelos agentes erosivos em curtos espaço de tempo, por ação antrópica. Este tipo se sobrepõe à erosão natural e deve-se às atividades humanas que alteram a cobertura e as condições naturais do solo, quando utiliza a terra para quaisquer fins. O equilíbrio dinâmico natural entre as formas de

desgaste e de formação dos solos é rompido, causando a erosão induzida do solo. Este é o tipo de erosão que preocupa, pois é o responsável pelas perdas de grandes quantidades de solo.

A erosão do solo é um fenômeno natural que envolve a desagregação, transporte e deposição de sedimentos, podendo ocorrer de forma geológica ao longo do tempo ou ser intensificada por ações humanas. A erosão hídrica, causada pela água da chuva e pelo escoamento superficial, é especialmente relevante em regiões de alta precipitação, solos desprotegidos e topografia irregular. Esse processo pode levar à perda de fertilidade do solo, assoreamento de rios e córregos, aumento do risco de enchentes, poluição dos corpos d'água e danos a infraestruturas rurais e urbanas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

A erosão hídrica ocorre em três estágios: desagregação, transporte e deposição das partículas. Inicialmente, as gotas de chuva impactam o solo, desagregando suas partículas e comprometendo sua estrutura. Em seguida, o escoamento superficial carrega sedimentos de silte, argila, areia e minerais, influenciado pela topografia e pela presença de barreiras naturais ou artificiais. Finalmente, a deposição ocorre quando a energia do transporte diminui, permitindo que os sedimentos se acumulem em regiões mais baixas (PRUSKI, 2003; BÁRBARA, 2020).

Diversos fatores influenciam diretamente a erosão hídrica, incluindo o clima, que determina a intensidade e frequência das chuvas; as características do solo, como sua textura e permeabilidade; a topografia, relacionada ao declive e comprimento das encostas; a cobertura vegetal, que protege o solo da ação erosiva; e o manejo adotado, que pode mitigar ou intensificar o processo

(BERTOL, 1986). No Brasil, a erosão hídrica é mais significativa do que a erosão eólica, sendo a expansão da agricultura e da pecuária um dos principais fatores de intensificação desse processo (TOLEDO, 2023).

A erosão hídrica é resultado da magnitude entre forças de propulsão (erosividade da chuva e energia de escoamento) e forças de resistência (erodibilidade do solo e cobertura vegetal). Dentre os fatores de resistência, a cobertura vegetal é isoladamente o mais eficiente, tendo em vista que reduz o impacto das gotas de chuva, diminui a velocidade de escoamento e impede o selamento superficial (BERTOL et al., 2007; PANACHUKI et al., 2011).

Os prejuízos da erosão vão além da degradação do solo, afetando a qualidade da água devido ao carreamento de sedimentos e nutrientes, contribuindo para processos como a eutrofização. Além disso, a perda da camada fértil do solo reduz a produtividade agrícola e eleva os custos de produção, podendo tornar inviável a exploração de determinadas áreas (BÁRBARA, 2020).

A ação humana tem papel determinante na intensificação ou mitigação da erosão hídrica. Atividades como o cultivo inadequado em encostas, queimadas, pisoteio excessivo do gado e desmatamento contribuem para acelerar esse processo, comprometendo a sustentabilidade dos solos e dos ecossistemas (LEPSCH, 2011).

2.2 Formas de Erosão Hídrica do Solo

A erosão hídrica pode ser classificada em diferentes formas, dependendo da intensidade do escoamento superficial e da suscetibilidade do solo (TOLEDO, 2023). Gonçalves (2002) enumera três tipos principais de erosão: erosão laminar, a erosão em sulcos e a erosão em voçorocas, que representam estágios progressivos do processo erosivo e podem ocorrer simultaneamente em um mesmo terreno.

A erosão laminar é caracterizada pela remoção uniforme das camadas superficiais do solo, carregando consigo partículas finas, como argila e silte. Esse tipo de erosão é muitas vezes imperceptível em seus estágios iniciais, mas pode ser identificado pelo empobrecimento do solo e pela exposição de raízes de plantas perenes, resultando em impactos negativos na fertilidade do solo e na produtividade agrícola (BAHIA et al., 1992).

Embora a erosão laminar apresente baixa visibilidade, ela é responsável pela maior perda de fertilidade química, removendo por seleção principalmente as partes orgânicas e argilas, que apresentam grande potencial nutritivo (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

A erosão em sulcos ocorre quando a enxurrada se concentra em pequenas depressões do terreno, aprofundando-as progressivamente. Esse fenômeno é intensificado por chuvas intensas, terrenos íngremes e solos com baixa resistência à erosão. Com o tempo, os sulcos podem se expandir e evoluir para formas mais severas, tornando o solo cada vez mais vulnerável à degradação (BAHIA et al., 1992).

Os sulcos podem ser classificados em frequentes ou temporários, sendo esses possivelmente corrigidos através de operações simples de preparo do solo, como aração e gradagem. Porém, de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2010) a correção destes sulcos apenas serve como uma camuflagem, uma vez que o solo já está erodido.

As voçorocas representam o estágio mais avançado da erosão hídrica, resultando na formação de grandes crateras devido ao acúmulo contínuo do escoamento superficial. Esse processo pode comprometer extensas áreas, inviabilizando o uso agrícola e provocando impactos ambientais significativos, como assoreamento de cursos d'água e destruição da infraestrutura local (BAHIA et al., 1992).

A voçoroca apresenta o colapso da paisagem, sendo ela responsável pelo desmoronamento de paredes laterais (taludes) por conta da erosão interna e pela perda de sustentação de base. Em áreas agrícolas esse tipo de erosão faz com que o tráfego de máquinas, o valor comercial da terra e a produção sofram grandes alterações e em áreas urbanas, ameaça infraestruturas, fundações e redes de saneamento. (SALOMÃO, 1999; BERTOL et al., 2003).

Além dessas formas, destaca-se a erosão vertical, que ocorre quando partículas e materiais solúveis são arrastados ao longo do perfil do solo, influenciada por fatores como porosidade, grau de agregação e permeabilidade, e também a erosão em cursos d'água, que ocorre com a remoção dos materiais de solo dos taludes e do leito dos cursos d'água, intermitentes ou permanentes. O processo erosivo é essencialmente causado pelo escoamento superficial da água. Esses tipos de erosão podem afetar a disponibilidade de nutrientes e a

estabilidade estrutural do solo, contribuindo para sua degradação a longo prazo (BAHIA et al., 1992).

2.3 Fatores que afetam a erosão hídrica

A erosão hídrica depende de dois fatores fundamentais: a erosividade da chuva e a erodibilidade do solo. A erosividade é a capacidade da chuva de causar erosão e está relacionada à sua intensidade, volume e duração (ELTZ et al., 1977; LEMOS; BAHIA, 1992). Essas variáveis influenciam a quantidade de enxurrada e sua força de transporte. A erodibilidade, por sua vez, é definida como a suscetibilidade do solo à erosão, dependendo de propriedades como textura, estrutura, permeabilidade e teor de matéria orgânica (CURI et al., 1993; LIMA et al., 1992). Solos com maior teor de silte e areia fina tendem a ser mais erodíveis, enquanto aqueles com maior teor de argila e matéria orgânica geralmente apresentam maior resistência à erosão (WISCHMEIER et al., 1978; GONÇALVES, 2002).

De acordo com Lepsch (2010), quatro fatores principais intensificam a erosão hídrica: o clima, o tipo de solo, a declividade do terreno e o manejo adotado. O clima, especialmente em regiões tropicais, influencia diretamente a erosão por meio da intensidade e volume das precipitações. O tipo de solo determina sua suscetibilidade ao processo erosivo, sendo que solos arenosos e rasos são geralmente mais vulneráveis, enquanto solos argilosos também podem ser afetados caso possuam baixa permeabilidade. A declividade do terreno influencia diretamente a velocidade do escoamento superficial: quanto

maior a inclinação, maior a velocidade da água e a intensidade da erosão. Ademais, a forma do relevo também exerce impacto, pois terrenos côncavos tendem a concentrar fluxos de água, enquanto os convexos dispersam os fluxos (LEPSCH, 2010).

2.3.1 Clima e Precipitação (Fator R)

A erosão hídrica é fortemente influenciada pelo clima, especialmente pela intensidade, volume e duração das precipitações. As gotas de chuva impactam diretamente o solo, promovendo sua desagregação, principalmente quando a superfície não está protegida (LEPSCH, 2011). Essa desagregação facilita o transporte de partículas pelo escoamento superficial, intensificando os processos erosivos (ELTZ et al., 1977).

A precipitação é um dos fatores climáticos mais importantes na erosão hídrica, pois determina a quantidade de água disponível para iniciar o processo erosivo. Chuvas intensas e de curta duração são as que mais contribuem para a erosão, pois produzem enxurradas com alta energia cinética e capacidade de transporte de sedimentos (BERTOL et al., 2007).

Lemos e Bahia (1992) destacam que chuvas mais intensas geram maior volume de enxurradas, amplificando o impacto erosivo, desde que outros fatores, como características do solo, permaneçam constantes.

Além da intensidade, a frequência e a distribuição sazonal das chuvas influenciam o impacto da erosão, sendo que períodos chuvosos contínuos podem saturar o solo, reduzindo sua capacidade de infiltração e aumentando o escoamento superficial (MACHADO et al., 2012).

Regiões com precipitação irregular podem apresentar períodos de seca que reduzem a cobertura vegetal, tornando o solo mais vulnerável à erosão durante eventos chuvosos subsequentes (BERTOL et al., 2007).

2.3.2 Solo (*Fator K*)

O solo é um recurso essencial para o suporte das plantas, armazenamento de nutrientes e habitat da microbiota. O Brasil possui uma grande diversidade de solos, incluindo Argissolos, Latossolos, Cambissolos e Gleissolos, entre outros, variando em textura, cor e composição. Quando manejados inadequadamente, esses solos tornam-se vulneráveis à desagregação e à erosão, levando à perda de fertilidade e sedimentos (MATEUS et al., 2021).

O solo é um dos principais fatores que determinam a suscetibilidade à erosão, pois suas propriedades físicas, químicas e biológicas afetam a infiltração e o escoamento da água (CURI et al., 1993). De acordo com Wischmeier e Smith (1978), fatores como textura, estrutura, teor de matéria orgânica e capacidade de armazenamento de água influenciam diretamente a erodibilidade.

Solos arenosos, por apresentarem maior porosidade, absorvem água mais rapidamente, mas possuem fraca coesão entre seus agregados, facilitando sua remoção por enxurradas (TOLEDO, 2023). Em contrapartida, solos argilosos tem menor permeabilidade e podem formar poças d'água durante chuvas intensas, mas sua estrutura agregada resiste melhor à erosão.

A matéria orgânica também desempenha papel fundamental, pois aumenta a retenção de água e fortalece os agregados do solo, reduzindo sua suscetibilidade à erosão. No entanto, teores muito elevados podem resultar em estrutura granular fina e baixa densidade, aumentando a erodibilidade. (GONÇALVES, 2002)

2.3.3 Relevo e Declividade (Fator LS)

A topografia do terreno é determinante para a erosão hídrica, pois influencia a velocidade e a força da enxurrada. Quanto maior a declividade do terreno, maior será a velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, a intensidade dos processos erosivos (LEPSCH, 2010). Terrenos com superfície convexa favorecem uma erosão mais uniforme e laminar, enquanto os côncavos tendem a concentrar fluxos de água, intensificando processos de sulcamento e voçorocas (RESENDE, 1985).

O comprimento do declive também afeta a intensidade da erosão. Estudos indicam que, à medida que o comprimento da encosta aumenta, a quantidade de solo transportado também cresce (HUDSON, 1995; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010). Esse fenômeno ocorre porque a enxurrada percorre uma distância maior, ganhando energia e capacidade de transporte de partículas (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003).

2.3.4 *Uso e manejo do solo (Fator C)*

O preparo e o manejo do solo são fundamentais no controle da erosão, pois influenciam diretamente suas propriedades físicas, como rugosidade, densidade e porosidade, determinando a infiltração da água e o escoamento superficial (BÁRBARA, 2020). O uso do solo para diferentes finalidades, como agricultura, edificações, pastagens e florestas, impacta de maneira distinta a perda de solo e água por erosão. Áreas urbanizadas ou modificadas estruturalmente tendem a sofrer maior degradação devido à impermeabilização e à ausência de práticas conservacionistas (BÁRBARA, 2020).

A remoção da vegetação natural, mesmo em sistemas agrícolas, torna o solo mais suscetível à erosão. Fatores como o tipo de cultura, o manejo agrícola e as condições climáticas influenciam a dinâmica da erosão, ressaltando a importância da adoção de práticas sustentáveis (TOLEDO, 2023). A erosão e a contaminação dos recursos naturais são consequências das rápidas e intensas transformações no sistema produtivo agrícola. Atualmente, poucas áreas permanecem inalteradas pelo uso intensivo para a produção agropecuária (TOLEDO, 2023).

A cobertura vegetal desempenha um papel essencial na proteção do solo contra a erosão hídrica, reduzindo a velocidade do escoamento superficial, favorecendo a infiltração da água e amortecendo o impacto das gotas de chuva (GONÇALVES, 2002).

O manejo adequado das culturas também é um fator determinante na conservação do solo. A escolha de espécies com maior densidade de plantio, crescimento vigoroso e qualidade das sementes contribui para reduzir a erosão.

Além disso, práticas edáficas, como fertilização, rotação de culturas e prevenção de queimadas, são fundamentais para manter a qualidade do solo e minimizar perdas hídricas e de nutrientes (BÁRBARA, 2020). A correta gestão dos resíduos orgânicos também desempenha um papel relevante, pois sua composição, estágio de decomposição e forma influenciam a proteção e a fertilidade do solo (BÁRBARA, 2020).

A adoção de técnicas conservacionistas, como plantio direto, terraceamento e rotação de culturas, favorece a estabilidade do solo, reduzindo o escoamento superficial e aumentando a retenção de água (ZONTA et al., 2012; BERTOL et al., 2010). A cobertura vegetal permanente também auxilia na manutenção da fertilidade do solo e na mitigação da degradação causada pelo impacto das chuvas (MACHADO et al., 2012).

Além das abordagens vegetativas e edáficas, as estratégias mecânicas são fundamentais no combate à erosão. Técnicas como cultivo em contorno, terraceamento e construção de bacias de captação de água são eficientes para controlar o escoamento superficial e promover a conservação do solo (BÁRBARA, 2020).

2.4 Impactos da Erosão Hídrica

A erosão hídrica impacta diretamente a produtividade agrícola, resultando na perda contínua da capacidade produtiva do solo (BAHIA et al., 1992). Além disso, o transporte de sedimentos oriundos das áreas afetadas contribui para o assoreamento de rios e lagos, comprometendo a qualidade da água e

interferindo na vida aquática, especialmente por meio da eutrofização (MARTINS et al., 2003).

Os impactos da erosão podem ser classificados como internos (on-site) e externos (off-site). No local afetado, os efeitos imediatos incluem perdas de solo, água, sementes e fertilizantes transportados pela enxurrada, além do desenraizamento de mudas. A longo prazo, há degradação da qualidade do solo, comprometendo sua profundidade efetiva de enraizamento, retenção de umidade e fertilidade, devido à exposição do subsolo menos produtivo (LAL, 1998). Já os efeitos externos são mais abrangentes, podendo ocasionar inundações e danos a infraestruturas urbanas e rurais (HARTANTO et al., 2003).

Na agricultura, a erosão hídrica afeta aspectos essenciais da produção e sustentabilidade das lavouras. A remoção da camada superficial do solo reduz sua fertilidade, enquanto a compactação do solo diminui a infiltração da água, prejudicando sua retenção. O assoreamento de corpos d'água compromete sua capacidade de armazenamento e pode provocar alagamentos. Além disso, solos encharcados favorecem o desenvolvimento de doenças fúngicas e bacterianas, impactando a produtividade agrícola. Esses prejuízos resultam em custos adicionais para os produtores, que precisam investir em insumos e práticas de recuperação do solo (AEGRO, 2025).

Outro fator relevante é o transporte de fertilizantes, pesticidas e resíduos animais pela enxurrada. A otimização do uso desses insumos e o desenvolvimento de técnicas eficazes de manejo de resíduos são fundamentais para reduzir a erosão e minimizar suas perdas (THOMPSON et al., 2001; CASSOL; LIMA, 2003; MARTINS FILHO et al., 2009; IZIDÓRIO, 2004). O

transporte de solo ocorre por meio da interação entre diferentes processos erosivos, como erosão causada pelo preparo do solo, erosão hídrica e erosão eólica. Essas perdas modificam as propriedades do solo original, reduzindo sua produtividade e aumentando a variabilidade da produção agrícola.

A erosão pode resultar em perdas de produtividade de até quatro vezes para cada 10 cm de solo erodido, dependendo da diferença de textura, fertilidade e estágio do processo erosivo entre a superfície e o subsolo (BAKKER et al., 2004). A concentração de nutrientes na enxurrada é diretamente influenciada pela fertilidade do solo e pela forma de aplicação de fertilizantes e corretivos. Assim, as perdas totais de nutrientes por erosão dependem tanto da concentração inicial desses elementos no solo quanto da quantidade de sedimentos transportados (BERTOL et al., 2003; MARTÍNEZ-CASANOVAS; RAMOS, 2004; GUADAGNIN et al., 2005).

De modo geral, há uma relação linear entre a concentração de nutrientes no material erodido e a da camada superficial do solo, sendo essa dinâmica influenciada pelas práticas de adubação e manejo adotadas (FAVARETTO, 2002; SEGANFREDO et al., 1997; MELLO, 2002). As perdas de nutrientes por erosão não apenas empobrecem o solo, mas também representam um potencial contaminante das águas superficiais. No entanto, quando práticas conservacionistas são adotadas para reter esses nutrientes dentro das lavouras, há uma redução na necessidade de fertilizantes e corretivos, aumentando a eficiência do sistema produtivo (PIMENTEL et al., 1995; IBÁÑEZ et al., 2004).

Para mitigar os impactos da erosão e minimizar as perdas de solo e nutrientes, é essencial adotar sistemas de preparo e manejo adequados. Métodos como o sistema convencional, cultivo mínimo e plantio direto são amplamente estudados por sua eficácia na conservação do solo, contribuindo para a redução da degradação e para a sustentabilidade da produção agrícola (HAQUE et al., 2016).

2.5 Sistemas de Preparo e Manejo do Solo

O preparo e o manejo do solo desempenham um papel fundamental na taxa de erosão hídrica, podendo expor o solo de maneira variável ao impacto das gotas de chuva e à ação da enxurrada. Essas práticas influenciam diretamente a estrutura do solo, sua fertilidade e a conservação de água e nutrientes, sendo determinantes para a sustentabilidade do setor agropecuário (OLIVEIRA et al., 2012).

Diferentes estudos avaliam os impactos do manejo na erosão hídrica, destacando as perdas de solo, água e nutrientes sob diversos sistemas de cultivo. O Sistema Plantio Direto, por exemplo, tem sido amplamente estudado devido à sua eficácia na conservação do solo (BEUTLER et al., 2003; COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003; GUADAGNIN et al., 2003).

Os métodos de preparo do solo diferem em extensão da superfície mobilizada, profundidade de intervenção e grau de fragmentação da massa de solo. Essas variáveis influenciam a manutenção de cobertura por resíduos

culturais, o microrrelevo e a compactação da superfície, afetando diretamente a infiltração de água e a resistência do solo à erosão (GILLES et al., 2009).

A cobertura vegetal, seja por palhada ou resíduos culturais, é um fator essencial na redução da erosão hídrica. Ela dissipa a energia das gotas de chuva, reduzindo o selamento superficial e favorecendo a infiltração da água. Essa cobertura também minimiza a velocidade do escoamento superficial, diminuindo sua capacidade erosiva (COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003; VOLK et al., 2004). Além disso, resíduos incorporados ao solo melhoram sua estrutura e servem de alimento para a microbiota, promovendo a estabilização dos agregados e o desenvolvimento radicular das plantas.

O manejo adequado das culturas também desempenha um papel significativo na prevenção da erosão. A rotação de culturas melhora as propriedades físicas e químicas do solo, tornando-o menos suscetível à degradação (SCHICK et al., 2000). Solos bem estruturados apresentam maior retenção de água e menor erodibilidade, reduzindo as perdas por escoamento superficial (VOLK et al., 2004).

A forma como fertilizantes e corretivos são aplicados também influencia a erosão. Nutrientes depositados na superfície do solo são mais propensos a serem transportados pela enxurrada, especialmente em solos mal manejados. Como a remoção dos nutrientes ocorre de maneira seletiva, as partículas finas e a matéria orgânica, que concentram a maior parte dos nutrientes, são as primeiras a serem perdidas, impactando diretamente a fertilidade do solo (CASSOL et al., 2003).

O tipo de implemento e a intensidade do preparo também determinam a quantidade de resíduos culturais remanescentes na superfície. No preparo convencional e no cultivo mínimo, os resíduos podem ser parcial ou totalmente incorporados ao solo, enquanto na semeadura direta, a maior parte permanece na superfície, garantindo maior proteção contra a erosão (BEUTLER et al., 2003).

No Brasil, os sistemas de cultivo mínimo e convencional predominam, sendo necessário um entendimento aprofundado de suas vantagens e limitações para que sejam aplicados de maneira eficiente e sustentável em diferentes condições edafoclimáticas (SIMÕES et al., 1981; COSTA et al., 2002).

2.5.1 Sistema Convencional

O sistema convencional de manejo do solo é amplamente utilizado na agricultura, caracterizando-se pelo preparo intensivo que envolve aração e gradagem para descompactação, incorporação de matéria orgânica e eliminação de plantas invasoras. Esse método busca criar condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas, mas pode acarretar impactos negativos, como degradação do solo, aumento da erosão e perda de nutrientes (GILLES et al., 2009).

Uma das principais consequências do sistema convencional é a maior suscetibilidade à erosão hídrica. O revolvimento do solo remove a cobertura vegetal, facilitando a formação do selamento superficial, uma camada compactada gerada pelo impacto direto das gotas de chuva. Esse fenômeno reduz a infiltração de água e intensifica o escoamento superficial, aumentando a

remoção de partículas do solo (PANACHUKI et al., 2011). Além disso, a erosão hídrica pode provocar o acúmulo de sedimentos e nutrientes em corpos d'água, contribuindo para a eutrofização dos mananciais (HERNANI et al., 1999).

Apesar dos impactos negativos, o preparo convencional também apresenta algumas vantagens. A incorporação de resíduos culturais e de adubos orgânicos melhora a estrutura do solo, o que pode, em certas condições, aumentar sua resistência à erosão quando manejado corretamente (ALMEIDA et al., 2016). Além disso, logo após o preparo, a rugosidade superficial gerada pelo revolvimento pode favorecer a infiltração da água da chuva, retardando o início do escoamento superficial. No entanto, esse efeito é temporário, pois as partículas soltas tendem a ser rapidamente transportadas pela enxurrada (ALMEIDA et al., 2016).

Embora o sistema convencional facilite o estabelecimento inicial das culturas e reduza a concorrência com a vegetação espontânea, ele se mostra menos eficiente na proteção contra a erosão quando comparado a sistemas conservacionistas, como o plantio direto. Esses sistemas, que minimizam o revolvimento do solo e mantêm a cobertura vegetal, favorecem a formação de agregados mais estáveis e reduzem significativamente a degradação do solo (ENGEL et al., 2009).

Dados históricos e recentes apresentam uma relação de perda de solo por hectare em Mg, tendo o SPC como o sistema que apresenta maiores taxas de perda de solo. O sistema de plantio convencional apresenta taxas de perda que podem variar de 15 a 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, dependendo do relevo e da taxa de precipitação da área. (PANACHUKI et al., 2011).

Dessa forma, apesar de ser amplamente utilizado, o sistema convencional apresenta desafios significativos para a conservação do solo. Sua escolha deve considerar os impactos a longo prazo, uma vez que a intensificação do revolvimento e a redução da cobertura vegetal podem acelerar a degradação do solo e comprometer a sustentabilidade da produção agrícola (ALMEIDA et al., 2016).

2.5.2 *Plantio direto*

O Sistema de Plantio Direto (SPD) é uma técnica conservacionista que visa reduzir a erosão do solo e aumentar a eficiência produtiva. Diferente dos métodos convencionais, que envolvem o revolvimento do solo por meio de aração e gradagem, o SPD consiste na semeadura direta sobre a palhada, sem mobilização do solo além do necessário para a deposição das sementes (ZONTA et al., 2012). Essa prática mantém a cobertura vegetal, preserva a estrutura do solo e minimiza sua compactação e degradação (DALLA ROSA et al., 2017).

A cobertura vegetal desempenha um papel essencial na proteção contra agentes erosivos como vento e chuva, além de contribuir para a retenção de umidade e melhoria da fertilidade do solo. O acúmulo de matéria orgânica favorece a disponibilidade de macro e micronutrientes, promovendo um equilíbrio biológico mais estável. Além disso, o SPD permite um uso mais eficiente do solo conforme suas características edafoclimáticas, reduzindo a necessidade de insumos agrícolas e o uso de maquinário, o que impacta positivamente nos custos de produção (GASSEN, 2010).

Dados da Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação (FEBRAPDP, 2024) indicam que o SPD ocupa atualmente 35 milhões de hectares no território

nacional, sendo o Brasil referência nesse sistema de plantio. O sistema de plantio direto apresenta uma redução de 90% em perdas de solo se comparado ao sistema convencional.

Estudos indicam que o SPD melhora a infiltração e a retenção de água na camada superficial do solo, reduzindo a formação de crostas e as perdas por erosão hídrica (FRANCHINI et al., 2009; ENGEL et al., 2009). O preparo mínimo do solo, outra prática conservacionista, mantém parte da palhada na superfície, o que ajuda a reduzir o escoamento superficial e a preservar a umidade do solo (DALLA ROSA et al., 2012). Em contrapartida, o preparo convencional remove a cobertura vegetal, favorecendo a desagregação da camada superficial e a formação de crostas que reduzem a porosidade do solo e comprometem a infiltração de água (DALLA ROSA et al., 2017).

A introdução de plantas de cobertura no SPD contribui para a adição de biomassa, a fixação biológica de nitrogênio e a melhoria da estrutura do solo por meio do sistema radicular. Essas práticas influenciam positivamente a matéria orgânica, a resistência à erosão e a distribuição de partículas no perfil do solo (FREITAS et al., 2012). Além disso, o SPD aumenta a concentração de carbono orgânico na camada superficial do solo, promovendo benefícios estruturais e químicos em relação ao cultivo convencional (CAMPOS et al., 2013). Contudo, pode haver maior compactação da camada superficial devido à menor mobilização do solo e ao tráfego de máquinas (REICHERT et al., 2018).

Diferentemente do preparo mínimo, que ainda permite algum revolvimento do solo, o SPD mantém a cobertura permanente da palhada, promovendo a ciclagem de nutrientes e reduzindo a desagregação e o transporte de partículas.

Esse manejo favorece a conservação das características físico-químicas e biológicas do solo (OLIVEIRA et al., 2012).

Como prática conservacionista, o SPD busca manter a fertilidade e a estrutura do solo, reduzindo impactos ambientais e promovendo maior estabilidade dos agregados. A manutenção da cobertura vegetal minimiza a erosão hídrica, reduzindo o impacto das gotas de chuva e a força do escoamento superficial, além de diminuir o transporte de sedimentos (BERTOL, 1986).

A adoção de técnicas complementares, como a rotação e a consorciação de culturas, é fundamental para a sustentabilidade do sistema. A rotação evita o esgotamento do solo e melhora sua estrutura, enquanto a consorciação possibilita um uso mais eficiente dos recursos naturais (TOLEDO, 2023). O uso de fertilizantes e corretivos na superfície também auxilia na melhoria da estruturação e resistência à erosão, embora a acidificação do solo possa ser um efeito colateral, mitigado pela presença de matéria orgânica (ALMEIDA et al., 2016).

Embora o SPD apresente desafios, como possível compactação do solo e redução na infiltração de água devido à menor presença de macroporos (BERTOL et al., 2004), seus benefícios no controle da erosão e na conservação dos recursos naturais são amplamente reconhecidos. Quando manejado adequadamente, o sistema de plantio direto se destaca como uma das estratégias mais eficazes na conservação do solo e na mitigação da degradação ambiental (DALLA ROSA et al., 2017).

2.5.3 *Cultivo mínimo*

O cultivo mínimo é uma prática conservacionista que busca reduzir a degradação do solo ao minimizar as operações de preparo e semeadura, diminuindo o tráfego de maquinário e, conseqüentemente, os custos operacionais. Essa abordagem preserva a estrutura do solo, mitigando sua compactação por meio do uso de implementos como enxada rotativa, escarificador e subsolador. Em comparação ao preparo convencional, o cultivo mínimo promove um menor revolvimento da terra, tornando-se uma alternativa menos agressiva ao solo (HAQUE et al., 2016).

Na implantação de florestas, essa técnica é adotada para otimizar a adição de nutrientes ao solo, o plantio de mudas e o controle da matocompetição, sem comprometer o desenvolvimento das árvores. O preparo do solo ocorre de forma localizada, concentrando-se apenas na linha ou cova de plantio. Como as entrelinhas costumam apresentar espaçamento amplo, variando entre 2,5 m e 3,0 m, o volume de solo revolvido é significativamente menor em comparação às culturas anuais. Entre os principais implementos utilizados nesse sistema estão o subsolador e o coveador mecânico, sendo este último recomendado para áreas declivosas ou com obstáculos físicos, como tocos remanescentes de vegetação anterior (ZEN et al., 1995; GONÇALVES et al., 2002).

Um dos equipamentos mais utilizados no cultivo mínimo é o subsolador florestal multifuncional, que permite realizar simultaneamente diversas operações, como corte de resíduos e raízes, subsolagem, adubação de base e aplicação de herbicidas. Esse implemento reduz a necessidade de múltiplas

passagens de máquinas, diminuindo os impactos ao solo e os custos operacionais (GAVA, 2002).

Dentre as principais vantagens do cultivo mínimo, destaca-se a conservação dos nutrientes do ecossistema, pois a manutenção dos resíduos vegetais na superfície possibilita uma mineralização gradual, reduzindo perdas por lixiviação, volatilização e erosão. Além disso, a presença de resíduos vegetais melhora a atividade biológica do solo, favorecendo sua fertilidade e reduzindo a emergência de plantas invasoras, já que impede o estímulo luminoso necessário para a germinação de sementes (GONÇALVES, 2002).

Entretanto, alguns desafios precisam ser considerados. A decomposição mais lenta dos resíduos pode levar a um crescimento inicial desuniforme das árvores, pois a imobilização de nutrientes pelos organismos decompositores reduz sua disponibilidade para as mudas. Além disso, o acúmulo excessivo de matéria orgânica aumenta o risco de incêndios e pode favorecer a incidência de pragas e doenças nas fases iniciais do crescimento florestal. Outros fatores limitantes incluem o crescimento radicular reduzido em solos compactados e a dificuldade na realização de tratos culturais mecanizados devido à presença de resíduos vegetais na superfície (GONÇALVES, 2002).

A adoção do cultivo mínimo desempenha um papel fundamental na conservação do solo e da água, pois a menor perturbação do solo mantém uma maior cobertura de resíduos vegetais, aumentando sua resistência à erosão (GAVA, 2002). Para garantir a eficiência desse sistema, é essencial um planejamento adequado, incluindo a distribuição uniforme dos resíduos na superfície. Caso essa distribuição seja irregular, pode ser necessário picá-los ou

removê-los das linhas de plantio. O uso de implementos adequados e um manejo bem estruturado são fatores decisivos para o sucesso dessa prática (GAVA, 2002).

2.5.4 Comparação de perdas de solo e água

A comparação entre os diferentes tipos de sistema de preparo e manejo do solo evidencia a superioridade dos sistemas conservacionistas em diferentes experimentos de longa duração já realizados. A tabela abaixo consolida dados típicos observados na literatura brasileira. (Adaptado de Cogo, Levien e Schwarz (2003):

Tabela 1 – Perdas de solo e água por sistema de preparo do solo

Sistema de Manejo	Perda de Solo (Mg ha ⁻¹)	Perda de Água (%)	Redução de Solo vs SPC (%)
Preparo Convencional (SPC)	13,0	< 4 (maior)	-
Cultivo Mínimo (CM)	4,20	< 4 (menor)	67,7
Plantio Direto (SPD)	1,20	< 4 (intermed.)	90,8

Fonte: adaptado de Cogo, Levien e Schwarz (2003).

Nota: enquanto o revolvimento intensivo do solo no SPC deixa o solo vulnerável à desagregação e ao transporte, a cobertura morta no SPD faz com que a energia das gotas de chuva seja dissipada, reduzindo a perda de solo. A redução de 13,0 Mg ha⁻¹ para 1,2 Mg ha⁻¹ evidencia que a manutenção da cobertura superficial e dos estoques de nutrientes é fundamental para a sustentabilidade do sistema agrícola. As perdas de água, sob cultivo, mantiveram-se, de modo geral, muito baixas (inferiores a 4% do volume total precipitado) e pouco diferenciadas entre os sistemas de preparo, com leve tendência de serem maiores no preparo convencional e menores no preparo reduzido, situando-se a semeadura direta em posição intermediária. Isso indica que a eficácia do sistema de preparo do solo no controle da erosão é mais expressiva sobre as perdas de solo do que sobre as perdas de água.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A erosão hídrica é um dos principais desafios enfrentados na conservação do solo e da água em sistemas agrícolas, sendo responsável por significativas perdas de nutrientes e matéria orgânica, além de comprometer a produtividade e a sustentabilidade do meio rural. O entendimento dos fatores que influenciam esse processo, como o tipo de solo, a declividade do terreno, a intensidade das chuvas e as práticas de manejo adotadas, é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de controle e mitigação.

Dentre os diferentes sistemas de preparo e manejo do solo, o preparo convencional, apesar de amplamente utilizado, apresenta maior vulnerabilidade à erosão devido ao revolvimento excessivo do solo. Em contrapartida, o plantio direto e o cultivo mínimo tem se mostrado alternativas viáveis para reduzir a degradação do solo, pois favorecem a manutenção da cobertura vegetal e a estruturação do solo, minimizando a remoção de partículas pela ação da água.

A adoção de práticas conservacionistas, aliada ao uso de sistemas de manejo adequados às condições edafoclimáticas de cada região, é fundamental

para minimizar os impactos da erosão hídrica. Além disso, o planejamento agrícola deve considerar técnicas como rotação de culturas, adubação verde e manutenção da matéria orgânica para preservar a qualidade do solo e garantir a sustentabilidade da produção agrícola.

A escolha do sistema de preparo e manejo do solo deve estar alinhada com os princípios da conservação do solo e da água, buscando equilibrar produtividade e sustentabilidade. Dessa forma, será possível reduzir os impactos ambientais e promover uma agricultura mais resiliente e eficiente diante dos desafios impostos pelas condições climáticas e pelo uso intensivo dos recursos naturais.

Apesar do tamanho da ciência do solo brasileira, ainda existem lacunas que devem ser preenchidas para nortear trabalhos futuros. Tendo como primeiro desafio o estudo do tráfego de máquinas no sistema de plantio direto e sua compactação. Atualmente há uma carência nos estudos que relacionem o contato das máquinas com a física do solo, principalmente em sistema que não possuem o revolvimento do solo.

Dados históricos relacionados ao fator K, apresenta-se como a segunda lacuna que deve ser observada e estudada para futuros trabalhos na área, tendo em vista que a maioria deles está desatualizado e a ocorrência de chuvas extremas tem se dado cada vez mais presente.

Fatores biológicos, como a influência da micro e macrofauna na estabilidade dos agregados do solo, com o intuito de reduzir a erosão também aparece como um assunto que necessita de uma maior atenção.

Por fim, a quantificação econômica da erosão é extremamente necessária pela ciência do solo, a perda monetária por cada centímetro de terra erodido em relação a produção, uso de fertilizantes e valor da terra. Por meio de ações como essa é possível um maior entendimento sobre a gravidade do problema e maior preocupação por parte do produtor para com a sustentabilidade do sistema produtivo.

4. REFERÊNCIAS

AEGRO. **Erosão hídrica: Impactos na lavoura**. 2025. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/erosao-hidrica/>. Acesso em: 1 fev. 2025.

ALMEIDA, W. S. de; CARVALHO, D. F. de; PANACHUKI, E.; VALIM, W. C.; RODRIGUES, S. A.; VARELLA, C. A. A. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1110-1119, 2016.

AMARAL, A.; BERTOL, I.; COGO, N.; BARBOSA, F. 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, 2008.

ARAÚJO, F. C. et al. Cover crops in the off-season in the weed management at no-tillage area. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 34, n. 1, p. 50-57, 2021.

BAGATINI, T.; COGO, N. P.; GILLES, L.; PORTELA, J. C.; PORTZ, G.; QUEIROZ, H. T. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 999-1011, 2011.

BAHIA, V. G. Fundamentos da erosão acelerada do solo (tipos, formas, mecanismos, fatores atuantes e controle). **Informe Agropecuário**, v. 16, n. 176, p. 25-31, 1992.

BÁRBARA, B. **Relações da erosão hídrica com sistemas de manejo do solo e com comprimentos de declive**. 2020. 143 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2020.

BERTOL, I. **Relações da erosão hídrica com métodos de preparo do solo, na ausência e na presença de cobertura vegetal por resíduos culturais de**

trigo. 1986. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986.

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 ausência de resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 409-418, 1997.

BERTOL, I.; COGO, N.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J.; AMARAL, A. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 133-142, 2007a.

BERTOL, I.; ENGEL, F.; MAFRA, A.; BERTOL, O.; RITTER, S. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff water and sediments under different soil tillage systems during soybean growth. **Soil and Tillage Research**, v. 94, n. 1, p. 142-150, 2007b.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355 p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone Editora, 2010. 355 p.

BEUTLER, J. F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L. P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho Aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 509-517, 2003.

CAMPOS, M. C. C. et al. Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 743-753, 2013.

CARVALHO FILHO, O. M. de et al. Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 437-445, 2005.

CASSOL, E. A.; LIMA, V. S. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 117-124, 2003.

COELHO, M. R.; FONTANA, A.; SANTOS, H. G. dos; PEREZ, D. V. O solo e a sustentabilidade agrícola no Brasil: um enfoque pedológico. **Boletim Informativo da SBCE**, p. 30-37, 2014.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declividade e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 743-753, 2003.

CURI, N. et al. Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 3, p. 395-403, 1993.

DALLA ROSA, J.; COOPER, M.; DARBOUX, F.; MEDEIROS, J. C. Soil roughness evolution in different tillage systems under simulated rainfall using a semivariogram-based index. **Soil and Tillage Research**, v. 124, p. 226-232, 2012.

DALLA ROSA, J. COOPER, M.; DARBOUX, F.; MEDEIROS, J. C.; CAMPANARO, C.; PINTO, L. R. M. Influence of crust formation on soil porosity under tillage systems and simulated rainfall. **Hydrology**, v. 4, n. 3, 2017.

ELTZ, F. L. F. Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais. 1977. 97 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1977.

ENGEL, F. L.; BERTOL, I.; RITTER, S. R.; PAZ GONZÁLEZ, A.; PAZ-FERREIRO, J.; VIDAL VÁZQUEZ, E. Soil erosion under simulated rainfall in relation to phenological stages of soybeans and tillage methods in Lages, SC, Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 103, p. 216-221, 2009.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Status of the World's Soil Resources (SWSR). Main Report**. Rome: FAO, 2015. 648 p.

FAVARETTO, N. **Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium related to water quality and plant nutrition**. 2002. 150 f. Tese (Doutorado) – Purdue University, West Lafayette, 2002.

FEBRAPDP – FEDERAÇÃO BRASILEIRA DO SISTEMA PLANTIO DIRETO. **Área sob plantio direto**. Ponta Grossa, 2024. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/area-de-pd>.

FRANCHINI, I. C.; DEBIAIS, H.; SACOMAN, A.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. Manejo do solo para redução das perdas de produtividade pela seca. **Embrapa Soja**, Londrina, 2009.

FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; CURI, N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 417-428, 2012.

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. Plantio direto. **Revista Plantio Direto**, mar./abr. 2010, p. 33.

GAVA, J. L. Cultivo mínimo de solos com textura arenosa e média em áreas planas e suave-onduladas. In: **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 223-243.

GILLES, L.; COGO, N. P.; BISSANI, C. A.; BAGATINI, T.; PORTELA, J. C. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas por métodos de preparo do solo e tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1427-1440, 2009.

GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. Manejo de resíduos vegetais e preparo do solo. In: **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 133-204.

GUADAGNIN, J. C. **Perdas de nutrientes e carbono orgânico pela erosão hídrica, em um Cambissolo Húmico alumínico-léptico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo**. 2003. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2003.

HAQUE, M. E.; BELL, R. W.; ISLAM, M. A.; RAHMAN, M. A. Minimum tillage unpuddled transplanting: an alternative crop establishment strategy for rice in conservation agriculture cropping systems. **Field Crops Research**, v. 185, p. 31-39, 2016.

HARTANTO, H.; PRABHU, R.; WIDAYAT, A. S. E.; ASDAK, C. Factors affecting runoff and soil erosion: plot-level soil loss monitoring for assessing sustainability of forest management. **Forest Ecology and Management**, v. 180, p. 361-374, 2003.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 145-154, 1999.

HUDSON, N. W. Soil conservation. 3. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1995. 392 p.

IBÁÑEZ, A.; MARTÍNEZ, C.; RAMOS, M. C.; MARTÍNEZ-CASANOVAS, J. A. Effects of composted cattle manure on erosion rates and nutrient losses. In: EUROSOIL, 2004, Freiburg. **Abstracts**. Freiburg: CD-ROM, 2004.

IZIDORIO, R. **Perdas de nutrientes e sua distribuição espacial num Latossolo Vermelho**. 2004. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

KALKHOFF, S. J.; HUBBARD, L. E.; TOMER, M. D.; JAMES, D. E. Effect of variable annual precipitation and nutrient input on nitrogen and phosphorus transport from two Midwestern agricultural watersheds. **Science of the Total Environment**, v. 559, p. 53-62, 2016.

LAL, R. Agronomic consequences of soil erosion. In: PENNING DE VRIES, F. W. T.; AGUS, F.; KERR, J. (Eds.). **Soil Erosion at Multiple Scales – Principle and**

Methods for Assessing Causes and Impacts. Queensland: CAB International, 1998. p. 149-160.

LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; SANTOS, E. J.; RITTER, S. R. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 1033-1044, 2004.

LEMONS, M. do S. S.; BAHIA, V. G. Erosividade da chuva. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 25-31, 1992.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIMA, V. S.; CASSOL, E. A.; SEVERO, M. D. A. Determinação da erosividade das chuvas nos municípios de Ijuí e São Borja, RS, no período de 1982-1991. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 4., 1992, Porto Alegre. **Resumos**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. v. 1, p. 185.

LIMA, C. A.; MONTENEGRO, A. A. de A.; LIMA, J. L. M. P. de; ALMEIDA, T. A. B.; SANTOS, J. C. N. Uso de coberturas alternativas do solo para o controle das perdas de solo em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 531-542, 2020.

MACHADO, P. L. O. A. et al. Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 3, p. 743-753, 2012.

MARTÍNEZ-CASANOVAS, J. A.; RAMOS, M. C. Soil erosion and nutrient losses in vineyards under different tillage systems. **Soil Use and Management**, v. 20, n. 4, p. 432-441, 2004.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 395-403, 2003.

MARTINS FILHO, M. V.; LICCIOTI, T. T.; PEREIRA, G. T.; MARQUES JUNIOR, J.; SANCHEZ, R. B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 1, p. 8-18, 2009.

MATEUS, G. P.; ARAÚJO, H. S.; MÜLLER, R. do V.; CRUSCIOL, C. A. C.; BORGES, W. L. B. Erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 45, n. 3, p. 743-753, 2021.

MELLO, E. L.; BERTOL, I.; ZAPAROLLI, V.; CARRAFA, M. R. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico submetido à

chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 901-909, 2002.

OLIVEIRA, J. G. R.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F. de; BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J. Erosão no plantio direto: Perda de solo, água e nutrientes. **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 3, p. 91-98, 2012.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B. 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, p. 1777-1785, 2011.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; MCNAIR, M.; CRIST, S.; SHPIRITZ, L.; FITTON, R.; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science**, v. 267, n. 5201, p. 1117-1123, 1995.

PINHEIRO, A. G.; SANTOS, J. C. N.; PALÁCIO, H. A. de Q.; ARAÚJO NETO, J. R.; ANDRADE, E. M. Eficiência da cobertura vegetal na redução das perdas de água e solo no município de Iguatu. **Irriga**, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2018.

POSTHUMUS, H.; DEEKS, L. K.; RICKSON, R. E.; QUINTON, J. N. Costs and benefits of erosion control measures in the UK. **Soil Use and Management**, v. 31, n. 1, p. 16-33, 2015.

POTE, D. H.; DANIEL, T. C.; SHARPLEY, A. M. Relating extractable soil phosphorus to phosphorus losses in runoff. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, n. 3, p. 855-859, 1996.

PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; BRANDAO, V. S. Infiltração da água no solo: manejo de solos, percolação da umidade dos solos. Viçosa: Editora UFV, 2003. 98 p.

REICHERT, J. M.; MENTGES, M. I.; RODRIGUES, M. F.; CAVALLI, J. P.; AWE, G. O.; MENTGES, L. R. Compressibility and elasticity of subtropical no-till soils varying in granulometry organic matter, bulk density and moisture. **Catena**, v. 165, p. 345-357, 2018.

RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 128, p. 38-54, 1985.

SCHÄFER, M. J.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; CASSOL, E. A. Erosão em entressulcos em diferentes preparos e estados de consolidação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 431-441, 2001.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico Alumínico submetido a diferentes sistemas de

preparo e cultivo do solo. I - Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 427-436, 2000.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 1, p. 287-291, 1997.

THOMPSON, A. L.; GHIDAY, F.; REDMI, T. P. Raindrop energy effects on chemical and sediment transport. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v. 44, n. 4, p. 835-841, 2001.

TIAN, X.; FAN, H.; WANG, J.; IPPOLITO, J.; LI, Y.; FENG, S.; WANG, K. Effect of polymer materials on soil structure and organic carbon under drip irrigation. **Geoderma**, v. 340, p. 94-103, 2019.

TOLEDO, J. A. C. Relações entre manejo do solo e erosão hídrica: uma revisão bibliográfica. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 8, n. 1, p. e13255, 2023.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 4, p. 585-596, 2004.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).

ZEN, S.; YONEZAWA, J. T.; FELDEBERG, J. E. Implantação de florestas no sistema de cultivo mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1., 1995, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1995. p. 65-72.

ZONTA, J. H.; MARTINEZ, M. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. da; SANTOS, M. R. Efeito da aplicação sucessiva de precipitações pluviais com diferentes perfis na taxa de infiltração de água no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 377-388, 2012.