



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS CERRO LARGO/RS

CURSO DE AGRONOMIA

LUCIANO WASZKIEWICZ

**ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA PARA A REGIÃO
MISSIONEIRA DO RIO GRANDE DO SUL.**

CERRO LARGO

2022

LUCIANO WASZKIEWICZ

**ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA PARA A REGIÃO
MISSIONEIRA DO RIO GRANDE DO SUL.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Waszkiewicz, Luciano

Estimativa de Perdas de Solo por Erosão Hídrica na Região Missioneira do RS. / Luciano Waszkiewicz. -- 2022.

62 f.

Orientador: Douglas Rodrigo Kaiser

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo, RS, 2022.

1. Importância da Conservação do Solo e da qualidade do sistema plantio direto. 2 Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS). 3 Estimativa da tolerância de perda de solo. 4 Cenários para a estimativa da erosão hídrica. I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

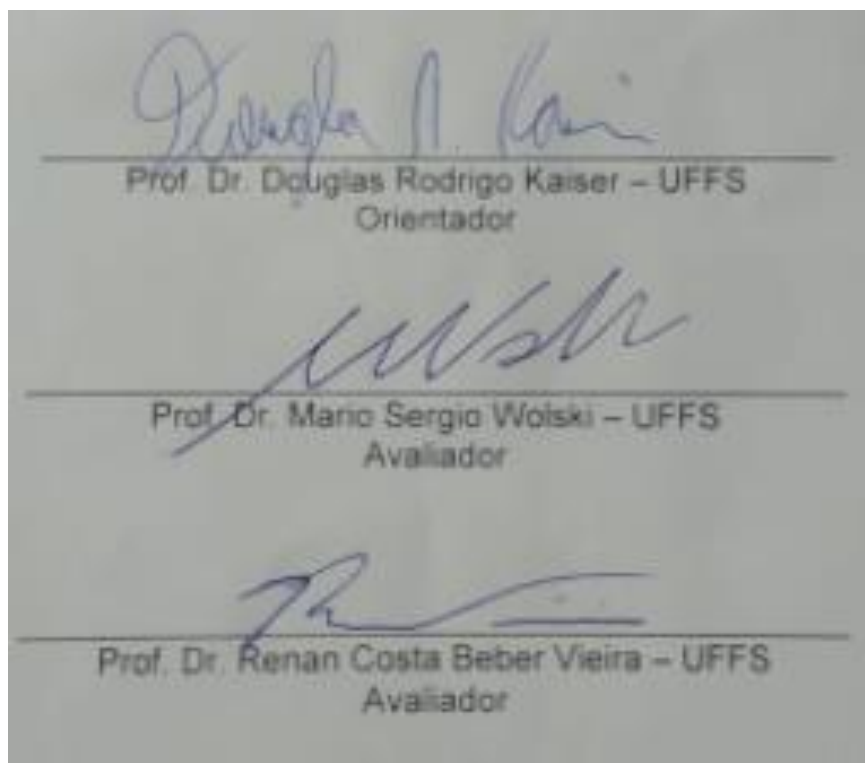
LUCIANO WASZKIEWICZ

**ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO POR EROSÃO HÍDRICA PARA A REGIÃO
MISSIONEIRA DO RIO GRANDE DO SUL.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção de grau em Bacharel em Agronomia na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), *campus* Cerro Largo.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 08/04/2022.

BANCA EXAMINADORA



AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela oportunidade e proteção que me deu nessa fase. Aos meus pais Artur e Tereza Waszkiewicz pelo apoio nesses 5 anos. Aos meus irmãos Dirceu e Adriana que de alguma forma me apoiaram e incentivaram. Meus tios Inês e Edegar que sempre estiveram comigo nessa caminhada.

Em especial a minha namorada Ana Vitória que sempre esteve ao meu lado me apoiando, me incentivando desde o início para não desistir. Aos meus sogros Sávio e Márcio, Margiane e João, pelas lições de vida, e que sem o apoio deles não estaria aqui hoje. A minha cunhada Nadiege e concunhada Giovana que fizeram minha inscrição para chegar onde cheguei e sempre me apoiando também. Aos meus avós de coração Antônio (*in memoriam*) e Ana que sempre me ajudaram e deram belos conselhos. A os colegas de curso pela amizade, em especial aos amigos Rodrigo, Jocemar, Maicon e Letícia, que deixavam os dias mais alegres.

A minha supervisora de estágio Dra. Larissa Gomes Araújo Tormen, me ensinou muito e deu todo o suporte necessário para concluir o estágio.

O meu muito obrigado ao professor orientador Dr. Douglas Rodrigo Kaiser que me orientou e prestou todo o suporte necessário para o projeto de pesquisa e elaboração deste trabalho, e demais professores pelos ensinamentos ao longo do curso. A todos vocês, muito obrigado!

RESUMO

A erosão hídrica é atualmente um problema de nível mundial, que está ocasionando a perda de solo. Esse fenômeno pode acarretar diversos danos econômicos e sociais, entre eles está a perda de nutrientes e posterior eutrofização de ambientes aquáticos, além de reduções na produtividade, e também a degradação dos solos agricultáveis que é um importantíssimo recurso natural necessário para a sobrevivência dos seres humanos e de toda forma de vida que nele habita. No entanto, a erosão está ligada diretamente ao manejo adotado pelos agricultores. Neste estudo foi utilizado a Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS), assim, verificando se essas perdas estão dentro do limite máximo tolerável para a região em estudo. Foi avaliado as perdas de solos por meio da criação de diferentes cenários de manejo, com presença ou ausência de práticas conservacionistas em solo representativo da região missioneira do RS. Sendo balizado em dados sobre estimativa de perdas de solo obtidos em trabalhos científicos da região, para poder estimar o momento que essas perdas ficam acima do limite tolerável. Pode se afirmar que, com a utilização do plantio convencional as perdas atingiram o limite máximo em todos os cenários, entretanto quando se utiliza o plantio direto aliado com práticas complementares não se atinge o limite de perdas para Latossolo Vermelho. A utilização dessa equação vem se tornando muito importante para que as decisões de manejo sejam tomadas da melhor forma possível, e que se tenha mais efetividade na conservação do solo.

Palavras-chave: Conservação; Danos ambientais; Manejo do solo; Perdas de Solo.

ABSTRACT

Water maintenance is currently a worldwide problem, which is causing soil loss. This process can bring several environmental resources, among them, a natural resource necessary for the survival of human beings. And every form of life that dwells in it. However, availability is directly related to handling by the animals. This study was used in the Universal Soil Loss Equation (EUPS), thus, verifying if these species are within the maximum tolerable limit for the region under study. It was evaluated as soil losses through the creation of different management scenarios, with presence or conservation practices in soil representative of the RS mission region. Based on data on estimated soil losses in scientific works in the region, in order to estimate the moment when these losses are above the tolerable limit. It can be said that, with the use of the conventional maximum, they can reach the maximum planting in all planting scenarios, when using no-tillage combined with complementary practices, it does not reach the limit of Latosol Vermelho losses. The use, grateful and that will be very important for the preservation of the soil.

Keywords: Conservation; Environmental damage; Soil management; soil losses

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Ilustração de um problema de erosão em laterais de estradas que circundam lavouras, encontrado na região missioneira do RS	22
Figura 2. Print da tela do Software NetErosividade	28
Figura 3. Mapa da região das Missões do Rio Grande do Sul. Adaptado de PROCERGS RS/GOV	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios anuais do fator uso e manejo do solo (C) para diferentes usos e manejos do solo obtidos em experimento de perdas de solo pela Fepagro no município de Ijuí	30
Tabela 2. Valores de P da USLE para algumas práticas conservacionistas	31
Tabela 3. Cenários para estimativa de perdas de solo.....	32
Tabela 4. Cenário 1. No município de Santo Ângelo, com Latossolo Vermelho, em diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio convencional e utilizando semeadura morro abaixo.....	35
Tabela 5. Cenário 2. No município de Santo Ângelo em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura em contorno.....	36
Tabela 6: Cenário 3. No município de Santo Ângelo em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e com semeadura morro abaixo.....	36
Tabela 7. Cenário 4. No município de Santo Ângelo em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando terraços.....	37
Tabela 8. Cenário 5. No município de Santo Ângelo em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja cultivo mínimo e utilizando terraços.....	37
Tabela 9. Cenário 6. No município de São Luiz Gonzaga em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio convencional e utilizando semeadura morro abaixo.....	39
Tabela 10. Cenário 7. No município de São Luiz Gonzaga em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no	

cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura em contorno.....	39
Tabela 11. Cenário 8. No município de São Luiz Gonzaga em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura morro abaixo.....	40
Tabela 12. Cenário 9. No município de São Luiz Gonzaga em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando terraços.....	40
Tabela 13. Cenário 10. No município de São Luiz Gonzaga em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja cultivo mínimo e utilizando terraços.....	41
Tabela 14. Cenário 11. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio convencional e utilizando semeadura morro abaixo.....	43
Tabela 15. Cenário 12. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura em contorno.....	44
Tabela 16. Cenário 13. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura morro abaixo.....	44
Tabela 17. Cenário 14. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando terraços.....	45
Tabela 18. Cenário 15. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja cultivo mínimo e utilizando terraços.....	45

Tabela 19. Cenário 16. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio convencional e utilizando semeadura morro abaixo.....	47
Tabela 20. Cenário 17. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura em contorno.....	48
Tabela 21. Cenário 18. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura morro abaixo.....	48
Tabela 22. Cenário 19. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando terraço....	49
Tabela 23. Cenário 20. Em São Borja com Latossolo Vermelho, em valores máximos de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja cultivo mínimo e utilizando terraços.....	49
Tabela 24. Cenário 21. No município de Santa Rosa em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio convencional e utilizando semeadura morro abaixo.....	51
Tabela 25. Cenário 22. No município de Santa Rosa em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura em contorno.....	51
Tabela 26. Cenário 23. No município de Santa Rosa em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura morro abaixo.....	52
Tabela 27. Cenário 24. No município de Santa Rosa em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades,	

onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando terraços.....52

Tabela 28. Cenário 25. No município de Santa Rosa em Latossolo Vermelho, com valores máximos de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja cultivo mínimo e utilizando terraços.....53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo geral	18
2.2. Objetivos específicos	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1. Importância da Conservação do Solo e da qualidade do sistema plantio direto.	19
3.2. Erosão Hídrica.....	20
3.3. Fatores que Influenciam a Erosão Hídrica	22
3.4. Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS)	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1. Fator Erosividade da chuva (R).....	28
4.2. Fator Erodibilidade do solo (K)	29
4.3. Fator comprimento e declividade de encosta (LS)	29
4.4. Fator uso e manejo do solo (C)	30
4.5. Fator práticas conservacionistas do solo (P).....	31
4.6. Estimativa da tolerância de perda de solo.....	31
4.7. Cenários para a estimativa da erosão hídrica	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
5.1. Cenários referentes ao município de Santo Ângelo, com dados médios anuais de erosividade.....	35
5.2. Cenários referentes ao município de São Luiz Gonzaga, com dados de erosividade média anual	39
5.3. Cenários referentes ao município de São Borja, com dados médios de erosividade anual	43
5.4. Cenários referentes ao município de São Borja, com dados extremos de erosividade.....	47

5.5. Cenários para o município de Santa rosa, com valores máximos históricos de erosividade	51
6. CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral que o Brasil é uma grande potência na produção agrícola, e com o aumento da população mundial a produção de alimentos precisa aumentar em conjunto. Portanto, a grande parte dos alimentos para os seres humanos são oriundos da agricultura, assim, fica bem evidente a necessidade de preservar os recursos naturais, onde que, um amplamente explorado é o solo que apresenta uma diversidade enorme de características e propriedades. Tendo isso como base, é imprescindível a utilização do mesmo de forma racional, visando a preservação de suas características físicas, químicas e biológicas, para isso é necessário a aplicação de muito conhecimento científico, visando sua exploração adequada e que cause menor impacto possível.

Streck *et al* (2018, p. 10), descreveram o conceito de solo da seguinte maneira:

O solo é um recurso natural que sustenta a flora e a fauna, a agricultura, a pecuária, o armazenamento da água e as obras de engenharia humana. Além de ser um meio insubstituível para a agricultura, é também um componente vital do agroecossistema no qual ocorrem processos e ciclos de transformações físicas, químicas e biológicas. Por outro lado, quando for mal manejado e receber o aporte de resíduos indesejáveis, em curto espaço de tempo poderá contribuir para a degradação do ecossistema.

A agricultura vem sendo praticada desde o período Neolítico, onde que os seres humanos começaram a desenvolver técnicas para o cultivo de alimentos, e já nesse período era de fundamental importância as características do solo, pois existia fluxos migratórios para locais onde os solos propiciavam melhores condições para exploração na época, como por exemplo a fertilidade elevada e a presença de água. Ainda citado que, este período ficou marcado pelo momento da transição de caçador/coletor para a produção do seu próprio alimento em um local fixo, assim, ficando notório a necessidade do solo para o desenvolvimento dos seres humanos e também da agricultura em geral (MAZOYER; ROUDART, 2010).

O solo apresenta inúmeras funções, sendo a base para a produção agrícola e influenciando na economia do país. Segundo dados da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o Agronegócio teve uma participação de 26,6% no Produto Interno Bruto (PIB) no ano de 2020, ficando ainda mais evidente a fundamental importância do solo também para a crescente na economia.

A América Latina apresenta condições de solos que possuem um grande potencial para a agricultura, no entanto, apresenta alguns entraves, sendo destacado a elevada susceptibilidade de erosão nos solos, entretanto é relatado que o principal motivo para tal consequência é o mau uso/manejo ineficaz dessas áreas. Ainda cabe ressaltar que, no mundo cerca de 33% dos solos estão degradados ou se apresentam em processo de desertificação, e destes, 14 % estão localizados na América Latina (FAO, 2018).

A erosão do solo pode causar variados problemas, tendo em vista que, a história demonstra que na antiguidade algumas civilizações foram exauridas e chegaram a decadência pelo esgotamento dos recursos naturais, como a redução da fertilidade natural dos solos, onde foi citado alguns desertos como o no norte da China e norte da África, sendo os mesmos afetado devido a intensidade exploratória e levando a uma intensificação do processo erosivo, e isso acabou esgotando os recursos do local (BERTOL et al., 2018).

Segundo a FEBRAPDP (Federação Brasileira do Sistema Plantio Direto), a conservação do solo no Sul do Brasil em meados dos anos 1980 era baseada principalmente no uso de terraços, sendo uma técnica que garantia o controle da erosão pela enxurrada. Além disso, não era levado em consideração na tomada de decisões no manejo adotado pelos agricultores que as gotas das chuvas principalmente em solos descoberto tem impacto importante para o desencadeamento inicial do processo erosivo (WILDNER; BASSANI; GARCEZ, 2020).

No Brasil, a introdução do plantio direto foi em meados dos anos de 1970, e após a sua consolidação vários agricultores tomaram a decisão de retirar os terraços das lavouras tendo como justificativa que a palhada na superfície seria o suficiente para conter a erosão. No entanto, ao longo dos anos com o manejo inapropriado do solo, ocorreram sérios problemas de compactação, levando a diminuição na infiltração de água, e por final gerando graves problemas erosivos (WILDNER; BASSANI; GARCEZ, 2020).

A cobertura vegetal que permanecia sobre o solo no plantio direto encobria os danos da erosão, mesmo que esse sistema ter propiciado uma redução do processo erosivo em relação ao sistema convencional, ainda permitia grandes perdas de água do sistema e ela dava continuidade a degradação dos solos (BERTOL et al., 2018). Ainda segundo o autor acima, essa percepção levou agricultores a desprezar algumas

práticas conservacionistas como a semeadura em nível, e desmontar o sistema de terraços das lavouras, o que acentuou a erosão.

Um fator que impulsionou a erosão no sistema de semeadura direta foi às características físicas deficitárias, pois o preparo convencional antes muito utilizado acabou deixando camadas no perfil do solo com baixa infiltração de água, e isso afetava diretamente a permeabilidade da água no solo, fazendo com que em períodos chuvosos se potencializava a erosão hídrica, visto que, a água que não era infiltrada no perfil escoava pela superfície (BERTOL, *et al.* 2018).

Dechen *et al* (2015), avaliando e quantificando as perdas de nutrientes com a erosão hídrica em um experimento com diferentes taxas de cobertura de solo chegaram a uma estimativa de que no Brasil se for cultivado todas as áreas de cultivos anuais sem a presença de cobertura vegetal teria uma perda de 1,3 bilhão de dólares ao ano somente com perdas de Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio; No entanto, quando analisaram o solo com a cobertura de 90% (palhada) observaram uma diminuição nas perdas de solo e de nutrientes em mais de 50%. Assim, fica evidente a importância da cobertura vegetal para diminuição das perdas recorrentes do processo erosivo.

Cassol *et al* (2002), citaram que o Rio Grande do Sul tem uma ampla exploração na pecuária, e que enxurradas no momento que acontece a preparação dos solos para introdução das pastagens pode ser observado perdas elevadas com a erosão hídrica. Visto que, boa parte da fertilização e calagem do solo é realizada a lanço, ficando concentrado os nutrientes nas camadas superficiais, e no momento que ocorrem chuvas com potencial erosivo os nutrientes presentes na parte superior do solo podem ser transportados para longe do local aplicado podendo levar a problemas ambientais, além de baixar a produtividade das áreas afetadas.

Mazurana *et al* (2009), avaliando a precipitação pluvial no período entre 1975 até 2003 para o município de Santa Rosa, no Noroeste do Rio Grande do Sul, chegaram em uma média anual de 1832 mm, e deste total a média anual das chuvas com potencial erosivo é de 1641 mm, ainda ressaltaram que existe uma variação da erosividade média mensal, verificada pelo índice EI30, sendo que no mês com menor índice é em julho com $525 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, por outro lado, o mês que teve maior valor foi em fevereiro com $1.345 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, ainda relatado que esses topos ou máximas nos dados são os que apresentam mais capacidade de proporcionar erosão hídrica em lavouras.

De acordo com Bonetti e Fink (2020), entender os processos que regem a erosão, e conduzir a água para evitar a degradação do solo são essenciais para aumentar a produtividade das áreas sem que aumente a área explorada, visto que a demanda de alimento pela população mundial vem aumentando, e para que a produção aumente com sustentabilidade, sendo necessário práticas que elevam a produção por hectare.

A erosão ocorre naturalmente em solos que não tiveram ação do homem, mas em locais antrópicos o processo pode ser intensificado, o que causa graves problemas ambientais e econômicos para a sociedade em geral, e que essa degradação está associada às características intrínsecas dos solos, do clima local, e do fator manejo do solo/recursos naturais adotado pelos agricultores (HERNANI et al., 2002).

Assim, visto a importância que é manejar o solo para que diminua as perdas por erosão é necessário para que a agricultura se torne mais sustentável, desta forma, estimar as perdas de solo por erosão hídrica através da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) que vai ser abordado nesse trabalho, se torna fundamental para avaliar se os sistemas de manejo adotados pelos agricultores e sua sustentabilidade ao longo dos anos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Estimar as perdas de solos por meio da equação universal de perdas de solo, com a criação de cenários diferentes, em manejos distintos, com presença ou ausência de práticas conservacionistas.

2.2. Objetivos específicos

- Verificar a influência do uso dos terraços sobre outras práticas de manejo.
- Verificar a influência da presença de cobertura do solo permanente nas perdas de solo.
- Quantificar as perdas do solo em Latossolo Vermelho.
- Estimar as perdas de solos, em anos que apresentaram máximas históricas de erosividade.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Importância da Conservação do Solo e da qualidade do sistema plantio direto

O solo apresenta várias funções importantíssimas, tanto para o desenvolvimento da espécie humana, como para toda e qualquer espécie de vida que nele habita. Visto que, ele é um recurso natural que é amplamente utilizado e que está sujeito a degradação pelo seu mau uso/manejo, e sua renovação leva diversos anos pois é muito lenta, assim fica claro a sua necessidade de preservação (MUGGLER, *et al.* 2006). De acordo com dados da FAO (2021), em condições de solos com presença de clima temperado, para que se forme 1-2 cm de solo é necessário em média 100 anos, desta forma, classificando em um recurso não renovável dentro da escala de tempo dos seres humanos.

De acordo com Hernani *et al* (2002), a perda de solo no Brasil devido a erosão hídrica chega em 822,7 milhões de toneladas somado áreas de lavouras com as pastagens, em valores econômicos essa perda é de US\$ 4,2 bilhões ao ano, esse valor se refere a reconstrução de estradas degradadas, menor produção, gastos para repor os nutrientes e corretivos que foram levados embora com as enxurradas, e ainda para fazer o tratamento da água contaminada.

Em um experimento de dez anos de duração, foi avaliado as perdas de nutrientes e matéria orgânica pelo processo erosivo em diferentes preparo de solo, onde foi relatado que, na condição de sistema plantio direto apresentou elevados índices de perdas de Fósforo e cálcio diluídos na água de escoamento superficial, visto que, a camada da superfície do solo é a que mais concentra nutrientes e matéria orgânica, mesmo que a água que esco superficialmente ser translucida ela transporta elevadas quantidade de nutrientes, assim se percebe a importância das práticas conservacionistas como a utilização de terraços sobre essas áreas, deixando claro a criteriosa análise a ser tomada para fazer a retirada do mesmo das lavouras (HERNANI, 1999).

De acordo com Wadt (2003), a manutenção do sistema plantio direto é fundamental para o sucesso do sistema ao longo dos anos, como por exemplo a

semeadura das culturas sempre seguindo o sentido dos terraços ou paralelamente a eles. Relata ainda que, manutenções devem ser realizadas anualmente ou quando notar que elas ficaram danificadas com chuvas intensas, isso deve ser feito para manter a integridade do canal, deixando as dimensões originais para garantir a proteção ao solo.

3.2. Erosão Hídrica

A erosão hídrica pode acontecer pela energia oriunda de diferentes fontes, quando é causada pela ação dos mares é denominada “erosão hídrica marinha”; entretanto sendo originada pela água dos lagos se chama de “lacustre”; e “fluvial” é no momento em que é devido a ação das águas dos rios; mas a que será abordada nesse trabalho é a erosão hídrica pluvial, que tem a energia provinda da água das chuvas (BERTOL *et al*, 2018).

Um fator que precisa estar presente para desencadear a erosão hídrica pluvial é a água, que é originada das chuvas, ela confere ação sobre o solo através do golpeamento da gota de água sobre a superfície, onde a mesma tem uma energia e velocidade de impacto que variam conforme o diâmetro da gota (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005). Oliveira *et al* (2012) citaram que, a erosão hídrica faz o desprendimento e transporte de partículas de solo de maneira acelerada, e nesse movimento carrega consigo elementos nutritivos na solução.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005, p. 70), “o movimento do solo pela água é um processo complexo, influenciado pela quantidade, intensidade e duração da chuva, natureza do solo, cobertura vegetal, declividade da superfície do terreno”, onde que, a atuação desses vários fatores que são ligados uns aos outros, influenciam na remoção das partículas de solo de seu local de origem.

Bertol *et al* (2018, *apud* Ellison, 1947), citaram que a erosão passa por três fases que ocorrem majoritariamente em conjunto: desagregação, transporte e deposição.

A desagregação é o rompimento dos grânulos de areia, silte, argila, juntamente com macro e microagregados, e a matéria orgânica presente no solo, sendo está a fase que define o início da erosão, pois na ausência não ocorre erosão. O transporte é o carregamento das partículas que foram desprendidas do solo para um local diferente da sua origem. Já a deposição é a fase final, que consiste no paradeiro das

partículas que foram liberadas em algum ponto da superfície, geralmente a jusante do local de origem (BERTOL *et al*, 2018).

O ciclo hidrológico é o movimento contínuo das águas, no entanto as chuvas fazem parte do mesmo, quando o solo está coberto com materiais vegetais tais como biomassa vegetal de plantas as gotas de chuva são interceptadas e protegem a superfície do solo da primeira fase da erosão (desagregação). Entretanto, quando o solo apresenta descoberto a energia cinética contida nas gotas de chuvas dão início a desagregação das partículas e ocorre o salpicamento das mesmas para diferentes direções (GUADAGNIM *et al*, 2005).

De acordo com Bertol *et al* (2018), grande parte da água da chuva quando atinge a superfície do solo tende a infiltrar na parte porosa, entretanto, outra parte fica retida na superfície rugosa que é denominada de retenção superficial, quando esses ficam preenchidos por completo é que se dá início ao escoamento superficial, onde que será o início do segundo processo da erosão, que é o transporte das partículas que foram desprendidas com a energia contida na gota da chuva.

Ainda relatado por Bertol *et al* (2018, p. 433. *apud* FOSTER, 1982), que, esse deslocamento da água pode ser dividido pela sua intensidade, quando é deslocado em apenas alguns metros é representado pela erosão laminar, entretanto, no momento em que essa massa começa a se concentrar em pequenos canais devido ao manejo (semeadura morro abaixo) ou ao sentido do declive do terreno, ela é definida como erosão em sulcos, no entanto, essa erosão pode evoluir para voçorocas, onde que em condições de enxurradas o fluxo de água aumenta muito, e a concentração nos sulcos é alto e com isso acaba degradando as laterais dos sulcos pelo impacto das gotas, e também a base do mesmo vai sendo desagregada pela intensidade das chuvas e do fluxo elevado da água dentro do canal.

De acordo com Rabelo e Griebeler (2012), a erosão não está presente apenas nas lavouras, pois também é comum ocorrer em estradas não pavimentadas caso não tenham práticas que garantem a conservação das mesmas, relatado ainda que, a erosão quando acontece pode dificultar o tráfego de máquinas e veículos, dificultando o escoamento da produção, e o acesso a propriedade fica comprometido principalmente em períodos de elevadas chuvas. Na figura 1 é possível visualizar um início do processo erosivo, ressaltando a necessidade de práticas conservacionistas não somente nas lavouras, e também nas estradas.

Figura 1: Ilustração de um problema de erosão em laterais de estradas que circundam lavouras, encontrado na região missioneira do RS.



Fonte: Elaborado pelo autor, localizado em Caibaté (RS) (2021).

3.3. Fatores que Influenciam a Erosão Hídrica

Baena (1983), relatou que para fazer um controle do processo erosivo é preciso conhecer os fatores que desencadeiam esse processo, e as medidas de controle para contornar essa situação, aonde os fatores citados são os seguintes: A chuva, o solo, o comprimento da rampa, a declividade, o manejo adotado nas culturas e a utilização de práticas conservacionistas. Cabe frisar que, esses fatores citados não atuam separadamente, e sim em conjunto.

Durante os períodos de oscilações climáticas tem variação na erosão do solo, em anos de “La Niña” foi observado uma redução das perdas de solo e água, no entanto, quando tem forma o fenômeno “El niño” se teve um aumento nas perdas. Cabe ressaltar, na condição de solo descoberto no experimento as perdas ficaram elevadas e nas parcelas com plantio direto a massa de plantas foi suficiente para minimizar as perdas durante o fenômeno El niño que teve elevado volume de chuvas (AMADO; PROCHNOW; ELTZ, 2002).

A erosão é ocasionada por vários motivos que acarretam um desgaste prematuro do solo, afetando a capacidade/qualidade de produção, sendo propiciada pela utilização do recurso solo de maneira ineficaz e inadequada. Ainda ressaltado que, é um processo que tem múltiplos fatores se relacionando, tanto biofísicos como socioeconômicos, pois afetam a função básica do solo que é a de depositar nutrientes que são estritamente necessários para sustentar crescimento e desenvolvimento dos vegetais e animais, além disso, tem as funções de controlar o ciclo hidrológico e fornecer matéria prima para atividades dos seres humanos (BERTOL, *et al.* 2018).

Hernani *et al* (2002), afirmam que o principal desencadeador da erosão e degradação dos solos tropicais e subtropicais é o manejo inadequado do recurso natural, como os seguintes fatores: o desmatamento acelerado, utilização de solos sem aptidão agrícola, falta de planejamento e implementação de práticas conservacionistas, uso indiscriminado de arados e grades de discos que elevam as perdas de matéria orgânica e posterior perda de produtividade.

Bertoni e Lombardi Neto (2005, p. 45) relataram que os fatores que influenciam nas perdas de solo por erosão são os seguintes:

A erosão é causada por forças ativas, como as características da chuva, a declividade e comprimento do declive do terreno e a capacidade que tem o solo de absorver água, e por forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal.

Com a utilização da semeadura em contorno as perdas de solo são reduzidas em até 50% quando comparadas com a semeadura morro abaixo, visto que, com a semeadura em nível as linhas onde passam a semeadora deixam pequenas barreiras que limitam o livre escoamento da água no sentido do declive, além de aumentar as taxas de infiltração de água no perfil (DENARDIN, *et al.* 2005).

A intensidade da chuva, juntamente com a frequência dela são fatores importantíssimos que influenciam na erosão, pois quanto mais intensa for maior é o potencial erosivo, ou quando as chuvas forem muito espaçadas a vegetação sobre o solo pode ficar menor (estiagem) e com o solo descoberto a capacidade erosiva se eleva. Ainda relatado que, a gota da chuva atinge o solo com velocidades variáveis em relação ao seu diâmetro, onde seu máximo diâmetro é 7 mm, quando essas gotas atingem um solo sem material vegetal, elas desprendem partículas do solo até 1m de altura e 1,5 m de distância lateral, desta forma são movidas por salpicamento e

posterior concentram energia como turbulência, assim é possível de serem transportadas por longas distâncias, logo, uma forma de combater a erosão seria o broqueio ou impedir que as partículas sejam soltas do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

Cassol *et al* (2007) relataram que, na medida que aumenta a declividade do terreno a cobertura vegetal presente no solo pode não ser suficiente para controlar o processo da erosivo e a formação de enxurrada em momentos de ocorrência de chuvas torrenciais.

A água é transportada no perfil do solo através de dois fatores, sendo a gravidade e a capilaridade, sendo que a infiltração em condição de solo saturado é por meio principal a gravidade e quando não está saturado é por capilaridade que ela se desloca, majoritariamente a infiltração é maior no início das chuvas e posterior vai decrescendo. Ainda citado pelo autor que esse processo é influenciado pelas características dos solos, pois em solos arenosos existem poros maiores e sua infiltração é maior se comparado com um solo argiloso que apresenta poros menores, no entanto é regido também por características de manejo, onde solo com maior agregação física das partículas podem aumentar a infiltração e aumentar as taxas de infiltração de água no perfil e por consequência diminuir a erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

A mobilização do solo ocasionada pelo revolvimento do solo, juntamente com a declividade da lavoura e o comprimento da rampa na lavoura afetam a capacidade do solo em ser erodido. Como citado também pelos autores, quando se desestrutura o solo com o manejo adotado se reduz a infiltração e também a rugosidade superficial, aumentando os problemas com enxurradas pois o solo já está com os agregados destruídos (CASTRO, *et al.* 2006).

Castro *et al* (2006), relatam que a presença de cobertura na superfície ajuda a combater a erosão hídrica, pois, o complexo de raízes abre poros no perfil do solo e aumenta a infiltração no solo, e também não deixa a energia cinética presente na gota a desagregar as partículas e não ocorrer o início do processo erosivo. Além disso, foi relatado que conforme o manejo utilizado afeta tanto a rugosidade superficial como a cobertura do solo, e a escolha do manejo adotado deve ser baseado nas condições de clima e tipos de solos.

Denardin *et al* (2005) relatam que os solos da região das missões são oriundos do material de origem arenito Botucatu que é responsável pela elevada

susceptibilidade de ocorrer erosão, e ainda citado que é predominante a classe de Latossolo vermelho na região que apresentam altos teores de argila.

Como relatado por Bertoni e Lombardi Neto (2005), cada solo apresenta fatores distintos que afetam a erosão como a textura por exemplo, em solos arenosos as forças de coesão que atuam sobre as partículas são menores em casos de enxurradas pode ser mais fácil ter erosão se comparado a condições de solos argilosos que tem tamanho de partículas menores.

3.4. Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS)

Os objetivos para a utilização de modelos matemáticos para avaliar a erosão hídrica segundo Bertol *et al* (2018) são os seguintes: a programação de um sistema conservacionista de utilização do solo e manejo mais apropriado em determinado local com a visão de baixar a erosão; criação de normas para adotar práticas de controle do processo erosivo e conservacionista do solo, interagindo o manejo utilizado na agricultura, com a construção civil, exploração de florestas, pelos órgãos dos governos; e por último, para a ampliação do conhecimento e na utilização sistematizada pelos profissionais da área, referindo a ciência da erosão e conservação do solo.

Na sequência está disposto a equação universal de perdas de solos, onde que os referidos componentes da formula são os seguintes: **A** é perda média anual de solo expressada em toneladas $ha^{-1} ano^{-1}$; **R** é a erosividade do solo na unidade de MJ mm $ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}$; o fator **K** é a erodibilidade do solo em $t ha^{-1} h^{-1} MJ mm^{-1}$; **L** é o comprimento do declive do terreno em metros; o fator **S** é a inclinação do declive; o **C** é a cobertura e o manejo do solo; e por último o **P** que é a utilização de práticas conservacionistas (BERTOL *et al.* 2018; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

O potencial que uma chuva tem de erodir o solo (fator **R**) está relacionado com a função do solo, da declividade e das características da chuva, e ela expressa a perda de solo por unidade de área derivada da chuva que cai em uma área sem cobertura e restos vegetais, mas tendo os iguais tratos das outras operações do

cultivo, sendo calculada pelo produto da energia cinética desempenhado pela chuva multiplicado pela intensidade máxima em 30 minutos (LOMABARDI NETO; MOLDENHAUER, 1992).

Mazurana *et al* (2009), chegaram à conclusão de que o fator **R** da Equação Universal de Perdas de Solo para o município de Santa Rosa - RS é de 11.217 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, sendo caracterizado por apresentar um elevado potencial erosivo, e a probabilidade de ocorrer é 43,3% em cada 2,3 anos.

A erodibilidade que é o fator **K** da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) é relatada que está ligada a propriedades naturais dos solos a serem erodidos, pois está associado a suas características físicas e químicas (WISCHMEIER; SMITH, 1978). As características intrínsecas dos solos que influenciam podem ser separadas em três partes: onde a primeira são os fatores que afetam a degradação, estão vinculados ao tamanho e a resistência dos agregados da estrutura do solo para resistir a ação da água; por segundo, está o motivo que afeta o transporte das partículas, e são influenciados ao tamanho e a densidade das partículas, e ainda relacionado ao volume da massa de água, pois quanto maior o seu volume maior é a energia e aumenta o poder de carregar materiais; e por terceiro, os fatores que afetam a infiltração da água, são afetados pelo tamanho, sua proporção, continuidade, e estabilidade dos poros que proporcionam o escoamento (BERTOL *et al.* 2018; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

O fator **L** se caracteriza pelo comprimento da rampa, onde que consiste na distância do local onde começou iniciar a erosão (majoritariamente o ponto mais alto da área) até o local de parada ou drenagem da enxurrada a jusante, sendo que o valor do fator **L** é 1 quando o comprimento da rampa é 22,1 m, para comprimentos maiores esse valor é maior, quando menor a distância o valor fica menor que 1 (BERTOL *et al.* 2018; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Já o componente **S** da equação corresponde a porcentagem de inclinação do declive da lavoura, pode ser expressa em % ou cm m⁻¹, é a diferença do nível entre a parte mais a montante onde inicia a enxurrada com o nível a jusante onde ela para (BERTOL *et al.* 2018; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Um dos fatores com maior importância na equação é o **C**, que engloba a qualidade e quantidade da cobertura vegetal, ainda juntamente com manejo do solo, onde estes estão associados diretamente a erosão hídrica, sendo um fator possível de ser ajustado e melhorado pelos agricultores (BERTOL *et al.* 2018).

Por final tem o fator **P**, que expressa as práticas conservacionistas utilizadas ou não em determinado local estudado, onde são compostas pelas seguintes situações de preparo de solo: cultivo em contorno; cultivo em faixas ou em contorno; terraços; semeadura moro abaixo. Todos esses fatores citados acima influem tanto beneficemente no controle da erosão ou ajudam na degradação do solo se tal prática for utilizada (BERTOL *et al.* 2018; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

4. MATERIAIS E METODOS

A estimativa de perdas de solos para a região das Missões do Rio Grande do Sul foi realizada através da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) desenvolvida por Wischmeier e Smith (1958), conforme apresentado na equação 1.

$$A = R. K. L. S. C. P \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: **A**= perda de solo ($t \text{ ha}^{-1}$);

R= fator Erosividade da chuva ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$);

K= fator erodibilidade do solo ($t \text{ ha}^{-1}/\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$);

L= fator comprimento de encosta (adimensional);

S= fator declividade de encosta (adimensional);

C= fator de uso e manejo do solo (adimensional);

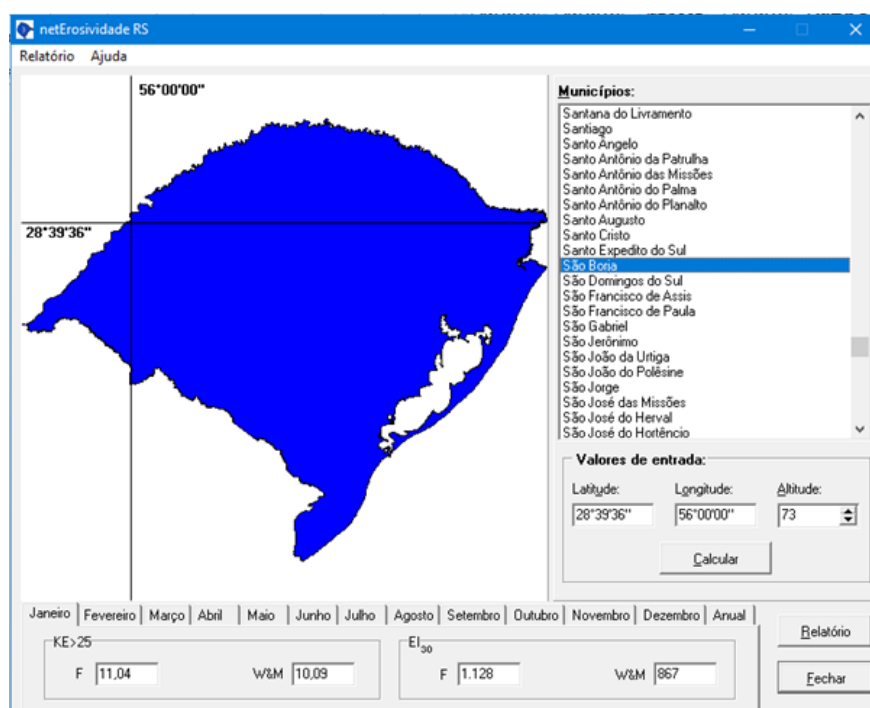
P= fator de práticas conservacionistas (adimensional);

Os parâmetros da EUPS foram estimados a partir de modelos matemáticos elaborados para as condições tropicais e por dados obtidos na literatura, obtidos em experimentos de perda de solo conduzidos a campo, para as condições do Rio Grande do Sul. A seguir será descrito como foram obtidos cada parâmetro.

4.1. Fator Erosividade da chuva (R)

A erosividade da chuva é representada por um índice numérico que expressa a sua capacidade, esperada em dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção. Para esse estudo, a erosividade será obtida através do Software NetErosividade (Figura 2) desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa em Minas Gerais (<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>), onde consegue estimar a erosividade das chuvas para os meses do ano, e as médias anuais para todos os municípios do RS.

Figura 2. Print da tela do Software NetErosividade.



Para esse estudo, foram obtidos os dados de erosividade para os municípios Santo Ângelo, São Luiz Gonzaga, e São Borja (Figura 3). Além disso, serão obtidos da literatura, dados de valores extremos de **R** da chuva para a região das Missões do RS. Mazurana *et al* (2009) descreveram que no ano de 1997 para o município de Santa Rosa observou-se uma **R** máxima de $19.343 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, por outro lado em 1978 obteve a mínima anual de $3.295 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Cassol *et al* (2008) relataram que em São Borja a máxima anual foi observada em 2002 com $23.088 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e a mínima de $3.166 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em 1960.

A intensidade da erosão hídrica é afetada tanto pela distância (**L**) ao longo do qual ocorre o escoamento superficial quanto pela declividade (**S**) do terreno. Esses dois fatores são considerados em conjunto, e para as condições do Brasil, podem ser estimados pela equação 2, desenvolvida por Bertoni e Lombardi Neto (1990).

$$LS = 0,00984 L^{0,63} S^{1,18} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: **LS**= fator comprimento e declive;

L= comprimento da encosta (m);

S= declividade da encosta (%);

4.4. Fator uso e manejo do solo (**C**)

O fator uso e manejo do solo da EUPS é obtido em parcelas experimentais e representa o grau de proteção média à erosão fornecida pelo uso (lavoura, pastagem etc) e manejo do solo (preparo convencional, cultivo mínimo, plantio direto). Para esse estudo, utilizou-se os valores do fator **C** obtidos em um experimento de perdas de solo conduzidos por 10 anos no município de Ijuí pela Fepagro e descritos em Nuernberg, (1998) e apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Valores médios anuais do fator uso e manejo do solo (**C**) para diferentes usos e manejos do solo obtidos em experimento de perdas de solo pela Fepagro no município de Ijuí.

Uso/manejo do solo	Fator C
Sucessão trigo/soja em preparo convencional	0,120
Sucessão trigo/soja em plantio direto	0,005
Sucessão trigo/soja em cultivo mínimo (escarificação)	0,031
Sucessão aveia/milho em preparo convencional	0,093
Sucessão aveia/milho em plantio direto	0,008
Alfafa	0,002

4.5. Fator práticas conservacionistas do solo (P)

As práticas conservacionistas (**P**) representam o efeito da semeadura em nível, terraceamento e cultivo em faixas nas perdas de solo por erosão. Na tabela 2 são apresentados alguns valores de **P** utilizados nesse estudo.

Tabela 2. Valores de **P** da USLE para algumas práticas conservacionistas.

Prática conservacionista	Valor de P
Plantio morro abaixo	1,00
Plantio em contorno	0,50
Pastagens	0,50
Terraceamento	0,16

4.6. Estimativa da tolerância de perda de solo

Os solos apresentam uma certa capacidade de suportar perdas por erosão, no entanto essa tolerância é variável devido as propriedades intrínsecas deles, como os parâmetros morfológicos de profundidade efetiva, e textura, juntamente com a localização topográfica. Portanto, a tolerância é a quantidade de solo retirado do ambiente natural que não reflète em perdas produtivas ao longo dos anos, e que mantem a conservação do solo ou que as perdas sejam menores que a taxa de renovação do mesmo. São estimadas em megagramas por unidade de superfície ao ano ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), e variam muito de um solo para outro. Esses limites não restringem o uso e manejo do solo, no entanto, as decisões precisam ser norteadas por elas para um melhor planejamento conservacionista utilizando a EUPS. Em estudos no Estado de São Paulo para solos com a presença de horizonte B latossólico que são profundos e bem drenados, os limites de perda média de solo toleráveis foi de 9,6 a 15 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, já em solos menos desenvolvidos como os que apresentam B textural tem valores de tolerância menores, pois apresentam pequena profundidade para crescimento de raízes e com gradiente que dificulta a drenagem da água, nestes casos as perdas médias foram de 4,5 a 13,4 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

Demarchi e Zimback (2014), analisando a tolerância em perdas de solo na Sub-Bacia do Ribeirão das Perobas no Estado de São Paulo, chegaram em resultados para diversos solos, como Nitossolo Vermelho Eutrófico, Latossolo Vermelho Eutrófico, e Neossolo Litólico Eutrófico, os respectivos níveis de tolerância estão expressos em $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$: 15,94; 13,56; 5,28. Deixando claro a grande variabilidade de perdas nos diversos solos existentes.

No entanto, para o Estado do Rio Grande do Sul tem-se os valores para os seguintes locais, Eldorado do Sul, Santa Maria, e Ijuí, onde que os limites de tolerância são respectivamente 6, 5 e 11 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, portanto esses valores servem como base para tomadas de decisões nos manejos conservacionistas para a região (NUERNBERG, 1998).

4.7. Cenários para a estimativa da erosão hídrica

Com base em dados de Erodibilidade (**K**) do município de Ijuí para Latossolo Vermelho (UM Santo Ângelo), e após é obtido dados de erosividade (**R**) no Software Neterosividade para as respectivas cidades abrangidas, ainda foi utilizado dados extremos do fato **R** disponíveis em estudos realizados nos municípios de Ijuí e Santa Rosa para ver como se comportam as perdas de solo nessas condições atípicas. Calculou-se o quantitativo de perdas de solo ao ano em diferentes comprimentos de rampa e graus de declive, e variadas condições de uso e manejo do solo, com ou sem a adição de práticas conservacionistas.

Tabela 3: Cenários para estimativa de perdas de solo.

A =	R	K	L	S	C	P
Perda de solo	Erosividade	Erodibilidade e $\text{Mg}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}^{-1}$ $\text{MJ}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$	Comprimento de rampa (m)	Declividade (%)	Uso e Manejo	Prática conservacionista
C. 1	Santo Ângelo	Latossolo Vermelho	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. convencionada	Semeadura Morro abaixo
C. 2	S. A.	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Semeadura em Contorno

C. 3	S. A.	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Semeadura Morro abaixo
C. 4	S. A.	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Terraços
C. 5	S. A.	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja C. Mínimo.	Terraços
C. 6	São Luiz Gonzaga	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. convencion I	Semeadura Morro abaixo
C. 7	S. L. G.	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Semeadura em Contorno
C. 8	S. L. G.	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Semeadura Morro abaixo
C. 9	S. L. G.	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Terraços
C. 10	S. L. G.	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja C. Mínimo	Terraços
C. 11	São Borja	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. convencion I	Semeadura Morro abaixo
C. 12	S. B.	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Semeadura em Contorno
C. 13	S. B.	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Semeadura Morro abaixo
C. 14	S. B.	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Terraços

C. 15	S. B.	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja C. Mínimo.	Terraços
C. 16	S. B. (Máx. Hist)	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. convenciona l	Semeadura Morro abaixo
C. 17	S. B. (Máx. Hist)	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Semeadura em Contorno
C. 18	S. B. (Máx. Hist)	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Semeadura Morro abaixo
C. 19	S. B. (Máx. Hist)	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Terraços
C. 20	S. B. (Máx. Hist)	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja C. Mínimo.	Terraços
C. 21	Santa Rosa (Máx. Hist)	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. convenciona l	Semeadura Morro abaixo
C. 22	S. R. (Máx. Hist)	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Semeadura em Contorno
C. 23	S. R. (Máx. Hist)	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Semeadura Morro abaixo
C. 24	S. R. (Máx. Hist)	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja P. direto	Terraços
C. 25	S. R. (Máx. Hist)	L. V	10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100	2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16	Trigo /soja C. Mínimo.	Terraços

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com essas simulações propostas foi analisado como se comportam as perdas de solo quando se altera as características morfológicas do solo, e quanto de perdas se observa nas condições de diferentes declividades e manejos. E na utilização de práticas conservacionistas, em qual condição se reduz as perdas até limites toleráveis para os Latossolos Vermelhos da região missioneira do RS.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados três cenários para cada município, alterando entre eles os fatores **C** e **P** da equação universal de perdas de solo (EUPS), que são as práticas conservacionistas e o uso e manejo do solo, e também com a utilização de dados máximos históricos de erosividade para os municípios de São Borja e Santa Rosa.

5.1 Cenários referentes ao município de Santo Ângelo, com dados médios anuais de erosividade.

Abaixo está representado nas tabelas 4, 5, 6, 7 e 8, os respectivos cenários 1, 2, 3, 4 e 5. Onde as perdas apresentadas nas tabelas são representadas no eixo “x” a declividade em porcentagem (%), já no eixo “y” está descrito o comprimento de rampa em metros (m), e os valores encontrados com a utilização da EUPS apresentam dados médios anuais de perda de solo, expressos em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 4: Cenário 1. No município de Santo Ângelo, com Latossolo Vermelho, em diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio convencional e utilizando semeadura morro abaixo.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,95	1,48	1,90	2,28	2,63	2,95	3,25	3,53	3,81	4,07
4	2,16	3,34	4,32	5,17	5,95	6,68	7,36	8,01	8,62	9,21
6	3,49	5,39	6,96	8,35	9,61	10,78	11,88	12,92	13,91	14,87
8	4,89	7,57	9,78	11,72	13,49	15,13	16,68	18,14	19,54	20,88
10	6,37	9,86	12,72	15,25	17,56	19,69	21,70	23,61	25,42	27,17

12	7,90	12,22	15,78	18,91	21,77	24,42	26,91	29,27	31,53	33,69
14	9,47	14,66	18,93	22,69	26,11	29,29	32,28	35,11	37,82	40,41
16	11,09	17,16	22,16	26,56	30,57	34,29	37,79	41,10	44,27	47,31

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 5: Cenário 2. No município de Santo Ângelo em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura em contorno.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08
4	0,05	0,07	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19
6	0,07	0,11	0,15	0,17	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,31
8	0,10	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,35	0,38	0,41	0,43
10	0,13	0,21	0,27	0,32	0,37	0,41	0,45	0,49	0,53	0,57
12	0,16	0,25	0,33	0,39	0,45	0,51	0,56	0,61	0,66	0,70
14	0,20	0,31	0,39	0,47	0,54	0,61	0,67	0,73	0,79	0,84
16	0,23	0,36	0,46	0,55	0,64	0,71	0,79	0,86	0,92	0,99

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 6: Cenário 3. No município de Santo Ângelo em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e com semeadura morro abaixo.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17
4	0,09	0,14	0,18	0,22	0,25	0,28	0,31	0,33	0,36	0,38
6	0,15	0,22	0,29	0,35	0,40	0,45	0,49	0,54	0,58	0,62
8	0,20	0,32	0,41	0,49	0,56	0,63	0,69	0,76	0,81	0,87
10	0,27	0,41	0,53	0,64	0,73	0,82	0,90	0,98	1,06	1,13
12	0,33	0,51	0,66	0,79	0,91	1,02	1,12	1,22	1,31	1,40
14	0,39	0,61	0,79	0,95	1,09	1,22	1,34	1,46	1,58	1,68

16 0,46 0,72 0,92 1,11 1,27 1,43 1,57 1,71 1,84 1,97

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 7: Cenário 4. No município de Santo Ângelo em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando terraços.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
4	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
6	0,02	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10
8	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14
10	0,04	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18
12	0,05	0,08	0,11	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,22
14	0,06	0,10	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,23	0,25	0,27
16	0,07	0,11	0,15	0,18	0,20	0,23	0,25	0,27	0,30	0,32

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 8: Cenário 5. No município de Santo Ângelo em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja cultivo mínimo e utilizando terraços.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,04	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17
4	0,09	0,14	0,18	0,21	0,25	0,28	0,30	0,33	0,36	0,38
6	0,14	0,22	0,29	0,35	0,40	0,45	0,49	0,53	0,58	0,61
8	0,20	0,31	0,40	0,48	0,56	0,63	0,69	0,75	0,81	0,86
10	0,26	0,41	0,53	0,63	0,73	0,81	0,90	0,98	1,05	1,12
12	0,33	0,51	0,65	0,78	0,90	1,01	1,11	1,21	1,30	1,39
14	0,39	0,61	0,78	0,94	1,08	1,21	1,33	1,45	1,56	1,67
16	0,46	0,71	0,92	1,10	1,26	1,42	1,56	1,70	1,83	1,96

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Portanto, no cenário 1 onde temos o plantio convencional e semeadura morro abaixo, nele podemos observar que as perdas ficaram dentro do limite tolerável que é $12 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com as declividades de 2 e 4 %, mas na medida que a declividade vai aumentando essas perdas atingem o limite e extrapolam o valor, indicando que essa prática não é benéfica para o sistema de manejo, pois em um curto período vai ser degradado o solo, pois as perdas estão acima do que o solo consegue suportar. No cenário 1 pode ser visualizado os valores grifados em negrito, pois os mesmos representam o momento em que as perdas começam a ficar acima do tolerável. Como mencionado por Ayer et al (2015), a utilização do plantio convencional, onde predominam a aração e gradagem, e aliado a inexistência de práticas conservacionistas, levam os solos a degradação e a perdas acima do limite tolerável para determinado tipo de solo, acarretando em contaminação dos recursos hídricos devido o transporte de sedimentos contendo moléculas de defensivos, e fertilizantes. Ficando claro que a utilização do plantio convencional sem a utilização de práticas conservacionistas resulta em perdas acima das toleráveis.

Já no cenário 2, onde é utilizado o sistema plantio direto mais a semeadura em contorno as perdas foram menores que $1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em todos os comprimentos de rampa e declives avaliados, mostrando então que o sistema plantio direto aliado com a semeadura em nível proporciona condições favoráveis para a conservação dos solos, sendo um sistema que é sustentável ao longo dos anos. Como evidenciado por Amaral et al (2008), quando tem a presença de plantas em crescimento no solo, com a cobertura vegetal a erosão pluvial é atenuada, pois as raízes impostas auxiliam na infiltração da água no perfil do solo visto que elas interferem positivamente na estrutura física do solo, além disso, o dossel criado pelas plantas, reduzem o impacto das gotas de chuva, assim reduzindo o processo erosivo. Deixando mais evidente a importância do sistema plantio direto para a conservação de solos da região.

O sistema plantio direto é muito importante para a preservação do solo, no entanto, é uma prática que deve vir acompanhada da utilização de terraços e semeadura em contorno. De acordo com Wadt (2003, p. 17), “a utilização do plantio direto não elimina a necessidade do plantio em nível e a construção dos terraços, uma prática facilmente adotada quando em conjunção com a outra”. Assim, podemos observar nos cenários 3 e 4, quando se tem a utilização do plantio direto e se faz a semeadura morro abaixo as perdas dobram de valores, já quando se utiliza terraços

por exemplo no caso do cenário 4, as perdas diminuem muito e não chegam a causar danos ao solo.

No cenário 5, podemos observar que as perdas foram inferiores a 2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, onde é notável que as práticas do cultivo mínimo e a utilização dos terraços garantiram uma proteção ao solo, pois assegurou perdas bem abaixo do limite tolerável descrito na literatura.

5.2 Cenários referentes ao município de São Luiz Gonzaga, com dados de erosividade média anual.

Tabela 9: Cenário 6. No município de São Luiz Gonzaga em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio convencional e utilizando semeadura morro abaixo.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	1,05	1,62	2,10	2,51	2,89	3,24	3,57	3,89	4,19	4,47
4	2,38	3,68	4,75	5,69	6,55	7,35	8,10	8,81	9,49	10,14
6	3,83	5,93	7,66	9,18	10,57	11,85	13,06	14,21	15,31	16,36
8	5,38	8,33	10,76	12,89	14,84	16,65	18,34	19,95	21,49	22,97
10	7,01	10,84	14,00	16,78	19,31	21,66	23,87	25,97	27,97	29,88
12	8,69	13,44	17,36	20,81	23,95	26,86	29,60	32,20	34,68	37,06
14	10,42	16,13	20,82	24,96	28,72	32,22	35,50	38,62	41,60	44,45
16	12,20	18,88	24,37	29,21	33,62	37,72	41,56	45,21	48,69	52,04

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 10: Cenário 7. No município de São Luiz Gonzaga em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura em contorno.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09

4	0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21
6	0,08	0,12	0,16	0,19	0,22	0,25	0,27	0,30	0,32	0,34
8	0,11	0,17	0,22	0,27	0,31	0,35	0,38	0,42	0,45	0,48
10	0,15	0,23	0,29	0,35	0,40	0,45	0,50	0,54	0,58	0,62
12	0,18	0,28	0,36	0,43	0,50	0,56	0,62	0,67	0,72	0,77
14	0,22	0,34	0,43	0,52	0,60	0,67	0,74	0,80	0,87	0,93
16	0,25	0,39	0,51	0,61	0,70	0,79	0,87	0,94	1,01	1,08

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 11: Cenário 8. No município de São Luiz Gonzaga em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura morro abaixo.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,04	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19
4	0,10	0,15	0,20	0,24	0,27	0,31	0,34	0,37	0,40	0,42
6	0,16	0,25	0,32	0,38	0,44	0,49	0,54	0,59	0,64	0,68
8	0,22	0,35	0,45	0,54	0,62	0,69	0,76	0,83	0,90	0,96
10	0,29	0,45	0,58	0,70	0,80	0,90	0,99	1,08	1,17	1,25
12	0,36	0,56	0,72	0,87	1,00	1,12	1,23	1,34	1,44	1,54
14	0,43	0,67	0,87	1,04	1,20	1,34	1,48	1,61	1,73	1,85
16	0,51	0,79	1,02	1,22	1,40	1,57	1,73	1,88	2,03	2,17

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 12: Cenário 9. No município de São Luiz Gonzaga em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando terraços.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
4	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07
6	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11
8	0,04	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15

10	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20
12	0,06	0,09	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23	0,25
14	0,07	0,11	0,14	0,17	0,19	0,21	0,24	0,26	0,28	0,30
16	0,08	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,30	0,32	0,35

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 13: Cenário 10. No município de São Luiz Gonzaga em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja cultivo mínimo e utilizando terraços.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,04	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18
4	0,10	0,15	0,20	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42
6	0,16	0,25	0,32	0,38	0,44	0,49	0,54	0,59	0,63	0,68
8	0,22	0,34	0,44	0,53	0,61	0,69	0,76	0,82	0,89	0,95
10	0,29	0,45	0,58	0,69	0,80	0,90	0,99	1,07	1,16	1,24
12	0,36	0,56	0,72	0,86	0,99	1,11	1,22	1,33	1,43	1,53
14	0,43	0,67	0,86	1,03	1,19	1,33	1,47	1,60	1,72	1,84
16	0,50	0,78	1,01	1,21	1,39	1,56	1,72	1,87	2,01	2,15

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Para o município de São Luiz Gonzaga, com as mesmas condições do cenário 1, o que alterou foi a erosividade, pois as chuvas predominam com frequência e volumes distintos. Assim, é possível observar que as perdas de solo são mais intensas em relação a Santo Ângelo, desta forma as perdas de solos são variáveis de uma região para outra, em cenários com as mesmas condições de manejo de solo e de características de solo iguais. No cenário 6, onde o manejo é composto de plantio convencional e utilizando semeadura morro abaixo as perdas anuais de solo são elevadas, sendo um manejo insustentável. Com comprimento de rampa de 70 metros e declividade de 6 % já podemos verificar perdas que superam os níveis de tolerância, e na medida que aumenta a declividade e o comprimento de rampa esses valores de perdas se acentuam mais.

Amaral et al (2008, p.2) citou que, “ o manejo do solo é o fator que mais influência na erosão pluvial do solo”, como podemos observar nos diversos cenários

presentes no texto. O preparo convencional do solo, com a utilização de aração e gradagem afetam propriedades físicas do solo, tanto elas superficiais como na subsuperfície, e além da diminuição da cobertura do solo devido a incorporação dos resíduos no preparo mecânico, ocorrendo um aumento da densidade e uma diminuição da porosidade isso em camada mais profundas, o que vai resultar em uma diminuição na taxa de infiltração de água, acentuando a erosão com água que escoar na superfície (BERTOL, et al. 2008). Verificando isso, é possível dizer que o preparo convencional pode ocasionar elevadas perdas com a erosão, devendo ser levado em consideração esse cenário na hora de tomar uma decisão de manejo e utilizar essa prática.

No cenário 7, quando se tem o plantio direto e semeadura em contorno as perdas anuais ficam bem abaixo dos limites críticos, deixando claro a importância das práticas conservacionistas nos manejos dos solos na região missioneira, pois com a presença dela é notável a diminuição das perdas de solo, chegando a perdas baixíssimas que não serão problemas aos agricultores, visto que a taxa de recuperação de solo por ano é mais de dez vezes superior se comparada com a quantidade de perdas em uma declividade de 16 % e com 100 metros de comprimento de rampa.

Amaral et al. (2008), relataram que o sistema plantio direto é eficiente para controlar o processo erosivo, visto que ele proporciona uma continuidade de poros com a utilização de vários tipos de plantas com sistemas radiculares distintos, e também uma redução na taxa de decomposição da matéria orgânica devido a não revolvimento do solo, e proporcionando uma maior estabilidade dos agregados do solo.

Wadt (2003) relatou que, os terraços implantados em nível possuem função de evitar a erosão e também ajudam na regulação das vazões dos rios, auxiliando na disponibilidade de recursos hídricos para as lavouras. Nos cenários 8 e 9, são situações onde que a água infiltra no perfil de solo e não chega a escoar de forma volumosa na superfície evitando assim o processo erosivo e além disso garantindo um aumento no estoque de água para as plantas, pois toda chuva que chega na lavoura é infiltrada no local.

Volk e Cogo (2009) relatam que, quanto maior o comprimento da rampa e maior a declividade maior é o volume e a velocidade da enxurrada, ficando elevado a capacidade de desagregar partículas aumentando o processo erosivo no local. Como

é possível observar nos diferentes cenários, na medida que aumenta a declividade e o comprimento de rampa as perdas também são aumentadas.

Cogo, Levien, e Schwarz (2003) relatam que, quando tem a presença de cobertura vegetal como é o caso do sistema plantio direto, essa presença de resíduos afeta diretamente a erosão, pois elas dissipam a energia cinética que está presente nas gotas da chuva, o que ocasiona uma diminuição do primeiro processo desencadeador da erosão, que é a desagregação das partículas de solo, além de reduzir a velocidade de escoamento da água na superfície.

Uma forma de reduzir as perdas de solo é a utilização dos terraços, um exemplo é a junção terraços com a estrada (redirecionamento da água escoada na estrada para dentro da lavoura), o que proporciona uma maior viabilidade na implantação das mesmas pelos agricultores, pois normalmente as estradas não pavimentadas também são afetadas pela erosão, chegando até inviabilizar o escoamento da produção em alguns casos (RABELO; GRIEBELER, 2012). Com base nisso, e com dados avaliados nos cenários onde se utiliza os terraços, é visualizado que as perdas diminuem com a presença dos mesmos, sendo fundamental para o manejo conservacionista dos solos, principalmente quando se tem maiores declividades.

Guadagnin *et al* (2005) relatam que a perda não fica somente no solo deslocado, mas na água podem ficar vários nutrientes que são solubilizados e transportados para fora da lavoura. Com base nisso, é possível observar que alguns cenários indicaram baixas perdas de solo, no entanto, quando não se utiliza práticas complementares, essa água que escoar para fora da lavoura leva consigo diversos nutrientes. Assim como Hernani (1999) afirmou que no plantio direto, apesar da água escoada na superfície ser transparente ela carrega nutrientes como Fósforo e Cálcio. Ficando claro a importância da utilização de práticas conservacionistas que fazem com que essa água da chuva infiltre na lavoura e não vá embora com a enxurrada.

5.3 Cenários referentes ao município de São Borja, com dados médios de erosividade anual.

Tabela 14: Cenário 11. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio convencional e utilizando semeadura morro abaixo.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,96	1,49	1,92	2,31	2,65	2,98	3,28	3,57	3,84	4,11
4	2,18	3,38	4,36	5,23	6,01	6,75	7,43	8,09	8,71	9,31
6	3,52	5,45	7,03	8,43	9,71	10,89	12,00	13,05	14,05	15,02
8	4,94	7,65	9,88	11,84	13,63	15,29	16,85	18,32	19,74	21,09
10	6,43	9,96	12,85	15,41	17,73	19,89	21,92	23,84	25,68	27,44
12	7,98	12,35	15,94	19,11	21,99	24,67	27,18	29,57	31,85	34,03
14	9,57	14,81	19,12	22,92	26,38	29,59	32,60	35,47	38,20	40,82
16	11,20	17,34	22,38	26,83	30,88	34,64	38,17	41,52	44,72	47,79

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 15: Cenário 12. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura em contorno.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09
4	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18	0,19
6	0,07	0,11	0,15	0,18	0,20	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31
8	0,10	0,16	0,21	0,25	0,28	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44
10	0,13	0,21	0,27	0,32	0,37	0,41	0,46	0,50	0,54	0,57
12	0,17	0,26	0,33	0,40	0,46	0,51	0,57	0,62	0,66	0,71
14	0,20	0,31	0,40	0,48	0,55	0,62	0,68	0,74	0,80	0,85
16	0,23	0,36	0,47	0,56	0,64	0,72	0,80	0,86	0,93	1,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 16: Cenário 13. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura morro abaixo.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17
4	0,09	0,14	0,18	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
6	0,15	0,23	0,29	0,35	0,40	0,45	0,50	0,54	0,59	0,63

8	0,21	0,32	0,41	0,49	0,57	0,64	0,70	0,76	0,82	0,88
10	0,27	0,41	0,54	0,64	0,74	0,83	0,91	0,99	1,07	1,14
12	0,33	0,51	0,66	0,80	0,92	1,03	1,13	1,23	1,33	1,42
14	0,40	0,62	0,80	0,95	1,10	1,23	1,36	1,48	1,59	1,70
16	0,47	0,72	0,93	1,12	1,29	1,44	1,59	1,73	1,86	1,99

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 17: Cenário 14. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando terraços.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
4	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
6	0,02	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10
8	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14
10	0,04	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18
12	0,05	0,08	0,11	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23
14	0,06	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25	0,27
16	0,07	0,12	0,15	0,18	0,21	0,23	0,25	0,28	0,30	0,32

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 18: Cenário 15. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja cultivo mínimo e utilizando terraços.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,17
4	0,09	0,14	0,18	0,22	0,25	0,28	0,31	0,33	0,36	0,38
6	0,15	0,23	0,29	0,35	0,40	0,45	0,50	0,54	0,58	0,62
8	0,20	0,32	0,41	0,49	0,56	0,63	0,70	0,76	0,82	0,87
10	0,27	0,41	0,53	0,64	0,73	0,82	0,91	0,99	1,06	1,13
12	0,33	0,51	0,66	0,79	0,91	1,02	1,12	1,22	1,32	1,41
14	0,40	0,61	0,79	0,95	1,09	1,22	1,35	1,47	1,58	1,69

16	0,46	0,72	0,93	1,11	1,28	1,43	1,58	1,72	1,85	1,98
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

O cenário 11 representa as condições de semeadura morro abaixo e com a utilização do sistema trigo/soja em plantio convencional, e como nos demais locais analisados as perdas com esse manejo adotado é bem elevada, sendo um problema, pois com essas perdas elevadas os solos vão sendo degradados rapidamente e com um curto espaço de tempo se tornarão em áreas improdutivas, além do grande problema ambiental que é gerado, pois todos os sedimentos desprendidos carregam consigo nutrientes e moléculas de defensivos que vão ser tóxicos e causar danos ambientais, e ainda causar grandes perdas monetárias para os produtores que adotam essa prática.

Atualmente a prática do sistema plantio direto é amplamente utilizado pelos produtores em todo o país, com os dados do cenário 12 podemos fazer algumas observações desse sistema. Com a utilização de práticas conservacionistas as perdas de solo não atingem os níveis limites de perdas, sendo que para a condição mais extrema avaliada que é de 16 % de declividade e 100 m de comprimento de rampa as perdas foram de 1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, desta maneira podemos perceber que essas práticas conservacionistas são muito eficientes e garantem a conservação dos solos onde são adotadas.

Stefanoski et al. (2013) citaram que, o solo tem propriedades e componentes que precisam de muitos anos para serem reconstruídos, deixando claro a importância da adoção de um manejo adequado nas atividades sobre o solo. Assim podemos observar no cenário 14 que um bom manejo do sistema plantio direto aliado com as práticas complementares as perdas ficam insignificante ao longo dos anos. No entanto, quando essas práticas não são aliadas, como podemos observar no cenário 13, onde tem o plantio direto e é utilizado a semeadura morro abaixo, as perdas ficam bem maiores, onde se pode ligar um sinal de alerta para as perdas.

No cenário 15, onde tem a utilização de terraços e a prática do cultivo mínimo esses valores de perdas também permaneceram bem abaixo do limite de 12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ que é o máximo de perdas que esse solo consegue tolerar. Rabelo e Griebeler (2012), relataram que a utilização de terraços que englobam a água provinda da

estrada e juntamente com a água da lavoura são eficientes para conter o processo erosivo.

Denardin et al (2005), citaram que a utilização de semeadura em contorno e a presença de terraços são práticas conservacionistas muito eficientes pois por exemplo os terraços reduzem o comprimento dos declives e se aliado com plantas de cobertura garantem um manejo mais eficiente das águas pluviais que poderiam causar enxurradas se não as utilizar. Assim, correlacionando com os cenários vistos acima, é possível afirmar que, com a utilização de práticas conservacionistas reduzem as perdas de solo não deixando ficarem acima de níveis toleráveis para esse solo.

A semeadura em contorno que consiste na semeadura da cultura em perpendicularmente ao sentido do declive da lavoura, esse sistema conservacionista produz pequenas barreiras nos sulcos de semeadura, o que vai auxiliar na infiltração da água e impedir o escoamento livre da água das enxurradas, assim reduz a velocidade de transporte da água e sedimentos, auxiliando na redução da erosão hídrica (DENARDIN et al. 2005). Desta maneira, com a utilização de mais de uma prática conservacionista é benéfico para o sistema, pois acabam reduzindo o processo erosivo no local.

5.4 Cenários referentes ao município de São Borja, com dados extremos de erosividade.

Tabela 19: Cenário 16. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio convencional e utilizando semeadura morro abaixo.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	2,37	3,67	4,74	5,68	6,54	7,33	8,08	8,79	9,47	10,12
4	5,37	8,32	10,74	12,87	14,81	16,61	18,31	19,92	21,45	22,92
6	8,67	13,42	17,32	20,76	23,90	26,81	29,54	32,13	34,61	36,98
8	12,17	18,84	24,32	29,16	33,56	37,64	41,48	45,12	48,60	51,93
10	15,84	24,52	31,65	37,94	43,67	48,98	53,98	58,72	63,24	67,58
12	19,64	30,40	39,25	47,05	54,15	60,74	66,93	72,81	78,42	83,80
14	23,56	36,47	47,08	56,43	64,95	72,86	80,29	87,33	94,06	100,52

16 **27,58** 42,69 55,11 66,06 76,04 85,29 93,99 102,24 110,11 117,67

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 20: Cenário 17. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura em contorno.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,05	0,08	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21
4	0,11	0,17	0,22	0,27	0,31	0,35	0,38	0,41	0,45	0,48
6	0,18	0,28	0,36	0,43	0,50	0,56	0,62	0,67	0,72	0,77
8	0,25	0,39	0,51	0,61	0,70	0,78	0,86	0,94	1,01	1,08
10	0,33	0,51	0,66	0,79	0,91	1,02	1,12	1,22	1,32	1,41
12	0,41	0,63	0,82	0,98	1,13	1,27	1,39	1,52	1,63	1,75
14	0,49	0,76	0,98	1,18	1,35	1,52	1,67	1,82	1,96	2,09
16	0,57	0,89	1,15	1,38	1,58	1,78	1,96	2,13	2,29	2,45

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 21: Cenário 18. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura morro abaixo.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,10	0,15	0,20	0,24	0,27	0,31	0,34	0,37	0,39	0,42
4	0,22	0,35	0,45	0,54	0,62	0,69	0,76	0,83	0,89	0,96
6	0,36	0,56	0,72	0,87	1,00	1,12	1,23	1,34	1,44	1,54
8	0,51	0,79	1,01	1,21	1,40	1,57	1,73	1,88	2,02	2,16
10	0,66	1,02	1,32	1,58	1,82	2,04	2,25	2,45	2,63	2,82
12	0,82	1,27	1,64	1,96	2,26	2,53	2,79	3,03	3,27	3,49
14	0,98	1,52	1,96	2,35	2,71	3,04	3,35	3,64	3,92	4,19
16	1,15	1,78	2,30	2,75	3,17	3,55	3,92	4,26	4,59	4,90

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 22: Cenário 19. No município de São Borja em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando terraços.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07
4	0,04	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
6	0,06	0,09	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,21	0,23	0,25
8	0,08	0,13	0,16	0,19	0,22	0,25	0,28	0,30	0,32	0,35
10	0,11	0,16	0,21	0,25	0,29	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45
12	0,13	0,20	0,26	0,31	0,36	0,40	0,45	0,49	0,52	0,56
14	0,16	0,24	0,31	0,38	0,43	0,49	0,54	0,58	0,63	0,67
16	0,18	0,28	0,37	0,44	0,51	0,57	0,63	0,68	0,73	0,78

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 23: Cenário 20. Em São Borja com Latossolo Vermelho, em valores máximos de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja cultivo mínimo e utilizando terraços.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,10	0,15	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42
4	0,22	0,34	0,44	0,53	0,61	0,69	0,76	0,82	0,89	0,95
6	0,36	0,55	0,72	0,86	0,99	1,11	1,22	1,33	1,43	1,53
8	0,50	0,78	1,01	1,21	1,39	1,56	1,71	1,87	2,01	2,15
10	0,65	1,01	1,31	1,57	1,80	2,02	2,23	2,43	2,61	2,79
12	0,81	1,26	1,62	1,94	2,24	2,51	2,77	3,01	3,24	3,46
14	0,97	1,51	1,95	2,33	2,68	3,01	3,32	3,61	3,89	4,15
16	1,14	1,76	2,28	2,73	3,14	3,53	3,88	4,23	4,55	4,86

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

As máximas históricas de erosividade ocorrem em anos atípicos de presença de chuva em altos volumes, que diferem muito da média anual de erosividade. Sendo que no município de São Borja a média de erosividade anual é $9.376 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no entanto a máxima observada no ano de 2002 foi de $23.088 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, praticamente o dobro se comparada na média anual. Desta forma, podemos observar que as perdas no cenário 16 onde tem a presença de plantio convencional e semeadura morro abaixo mais que dobraram os valores de perdas, assim, as perdas de solos se acentuaram de forma alarmante quando se tem esses períodos atípicos, no entanto quando se observa o cenário 17 onde se em o sistema plantio direto e a semeadura em nível as perdas aconteceram mas, não chegaram atingir o nível limite de perdas, assim ressaltando que as práticas conservacionistas são de extrema importância para o manejo conservacionista dos solos da região.

As perdas por erosão são menores quando se utiliza o sistema plantio direto em comparação ao sistema convencional, pois se perde menos água e solo, conseqüentemente menos nutrientes perdidos, no entanto, como é perceptível a diminuição das perdas nesse sistema, produtores acabam deixando de lado a utilização de terraços e semeadura em nível (SILVA; MARIA. 2011). Portanto, como podem ver nos cenários 18 e 19, as perdas de solos reduzem em muito quando essas práticas são utilizadas, e esses valores são mais expressivos quando ocorrem anos de valores extremos de erosividade. No cenário 18, é possível ver que as perdas chegaram em $4,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em quanto que no cenário 19 as perdas não atingiram $1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, isso, só com a utilização das práticas complementares no sistema, entretanto as perdas mesmo assim não atingiram os limites toleráveis de perda.

Já quando se observa o cenário 20, onde tem o sistema de cultivo mínimo e com terraços, as perdas são bem abaixo do limite tolerável, indicando ser um manejo eficiente.

Denardin et al. (2005), relatou que a combinação do sistema plantio direto com a semeadura em contorno, é o manejo que mais minimiza a energia provinda das chuvas, acabando em reduzir perdas de solo. Ainda citado pelos autores que, quanto maior o comprimento da rampa e maior declive mais importante é a utilização dessas práticas. E como visto nos cenários, quando vai aumentando a declividade e ficando maior o comprimento da rampa mais se eleva as perdas de solo, visto isso, sendo extremamente necessário a utilização das mesmas.

5.5 Cenários para o município de Santa rosa, com valores máximos históricos de erosividade.

Tabela 24: Cenário 21. No município de Santa Rosa em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio convencional e utilizando semeadura morro abaixo.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	1,99	3,07	3,97	4,76	5,48	6,14	6,77	7,36	7,93	8,48
4	4,50	6,97	8,99	10,78	12,41	13,92	15,34	16,68	17,97	19,20
6	7,26	11,24	14,51	17,40	20,02	22,46	24,75	26,92	29,00	30,99
8	10,20	15,78	20,38	24,43	28,12	31,54	34,75	37,80	40,72	43,51
10	13,27	20,54	26,52	31,79	36,58	41,04	45,22	49,19	52,98	56,62
12	16,46	25,47	32,88	39,42	45,37	50,89	56,08	61,00	65,70	70,21
14	19,74	30,55	39,44	47,28	54,42	61,04	67,26	73,17	78,80	84,21
16	23,11	35,76	46,17	55,35	63,70	71,46	78,74	85,65	92,25	98,58

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 25: Cenário 22. No município de Santa Rosa em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura em contorno.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17	0,18
4	0,09	0,15	0,19	0,22	0,26	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40
6	0,15	0,23	0,30	0,36	0,42	0,47	0,52	0,56	0,60	0,65
8	0,21	0,33	0,42	0,51	0,59	0,66	0,72	0,79	0,85	0,91
10	0,28	0,43	0,55	0,66	0,76	0,85	0,94	1,02	1,10	1,18
12	0,34	0,53	0,69	0,82	0,95	1,06	1,17	1,27	1,37	1,46
14	0,41	0,64	0,82	0,98	1,13	1,27	1,40	1,52	1,64	1,75
16	0,48	0,75	0,96	1,15	1,33	1,49	1,64	1,78	1,92	2,05

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 26: Cenário 23. No município de Santa Rosa em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando semeadura morro abaixo.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,08	0,13	0,17	0,20	0,23	0,26	0,28	0,31	0,33	0,35
4	0,19	0,29	0,37	0,45	0,52	0,58	0,64	0,70	0,75	0,80
6	0,30	0,47	0,60	0,72	0,83	0,94	1,03	1,12	1,21	1,29
8	0,42	0,66	0,85	1,02	1,17	1,31	1,45	1,58	1,70	1,81
10	0,55	0,86	1,10	1,32	1,52	1,71	1,88	2,05	2,21	2,36
12	0,69	1,06	1,37	1,64	1,89	2,12	2,34	2,54	2,74	2,93
14	0,82	1,27	1,64	1,97	2,27	2,54	2,80	3,05	3,28	3,51
16	0,96	1,49	1,92	2,31	2,65	2,98	3,28	3,57	3,84	4,11

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 27: Cenário 24. No município de Santa Rosa em Latossolo Vermelho, com valor máximo de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja no plantio direto e utilizando terraços.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06
4	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13
6	0,05	0,07	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21
8	0,07	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29
10	0,09	0,14	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,35	0,38
12	0,11	0,17	0,22	0,26	0,30	0,34	0,37	0,41	0,44	0,47
14	0,13	0,20	0,26	0,32	0,36	0,41	0,45	0,49	0,53	0,56
16	0,15	0,24	0,31	0,37	0,42	0,48	0,52	0,57	0,62	0,66

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Tabela 28: Cenário 25. No município de Santa Rosa em Latossolo Vermelho, com valores máximos de erosividade, com diferentes comprimentos de rampa e

declividades, onde o manejo é baseado no cultivo de Trigo/soja cultivo mínimo e utilizando terraços.

Declive (%)	Comprimento de rampa (m)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
2	0,08	0,13	0,16	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35
4	0,19	0,29	0,37	0,45	0,51	0,58	0,63	0,69	0,74	0,79
6	0,30	0,46	0,60	0,72	0,83	0,93	1,02	1,11	1,20	1,28
8	0,42	0,65	0,84	1,01	1,16	1,30	1,44	1,56	1,68	1,80
10	0,55	0,85	1,10	1,31	1,51	1,70	1,87	2,03	2,19	2,34
12	0,68	1,05	1,36	1,63	1,88	2,10	2,32	2,52	2,72	2,90
14	0,82	1,26	1,63	1,95	2,25	2,52	2,78	3,02	3,26	3,48
16	0,96	1,48	1,91	2,29	2,63	2,95	3,25	3,54	3,81	4,07

Fonte: Elaborado pelo autor (2022). *Dados em Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

No município de Santa Rosa, a máxima histórica foi observada em 1997, com 19.343 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (MAZURANA et al. 2009), já a média anual está em 9.408 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ de acordo com o Software NetErosividade, destacando que os valores extremos são mais que o dobro da média anual. No cenário 21, onde tem a presença do sistema de preparo convencional as perdas foram enormes e apenas não atingiu o nível limite de perdas quando a declividade é baixa como 2%, quando se aumenta a declividade é possível observar um aumento exponencial das perdas, deixando claro que esse sistema de manejo utilizado não é adequado para a conservação do solo, pois todo esse material vai ser depositados nos leitos dos rios, acarretando em contaminação com fertilizantes e defensivos. Quando o solo fica exposto ao contato das gotas da chuva é intensificado as perdas de solo (WADT, 2003), como no plantio convencional onde não tem presença de palhada na superfície, principalmente quando tem valores históricos de erosividade como é observado no cenário 21.

Nos cenários de 22 e 25, onde tem a utilização do plantio direto e o cultivo mínimo as perdas aconteceram também, mas em nenhuma situação ele chegou a atingir o limite de tolerância, desta maneira fica claro que esse manejo se for adotado de forma correta vai ter benefícios para o sistema de produção, minimizando as perdas.

De acordo com Resck (2002), o manejo conservacionista deve ir além da própria gleba nas propriedades, e se expandir para a bacia hidrográfica onde ficam distribuídas as propriedades, ficando de extrema importância a sua utilização, que vai beneficiar os cursos de água e a qualidade da mesma. Nos cenários onde se utiliza práticas conservacionistas é notável a importância dos mesmos, pois as perdas são menores como observado nos cenários 24 e 25.

Com a utilização do plantio convencional é possível afirmar que se tem mais perdas de solos. Agora em comparação com os outros manejos temos uma grande diferença nos valores de perdas. Quando se compara o cenário 21 de plantio convencional com o cenário 23 no plantio direto morro abaixo e o cenário 25 com cultivo mínimo utilizando terraços, é possível observar que nos cenários 23 e 25 temos uma média de perdas de 4,1% do total das perdas do cenário 21 (plantio convencional). Agora quando se compara o cenário 21 com o 22 (plantio direto com semeadura em contorno), no cenário 22 tem apenas 2,1% das perdas de solo encontradas no cenário 21. E ainda quando se analisa o cenário 21 com o 24 (plantio direto utilizando terraços), temos uma perda de apenas 0,7% do total do cenário 21. Assim, pode ser visualizado que as perdas ficaram bem abaixo do limite tolerável para a região quando se utiliza o plantio direto aliado com práticas complementares.

Denardin *et al* (2005) citaram que com a utilização de semeadura em nível tem uma redução de 50% das perdas em relação a semeadura morro abaixo. Nesse sentido podemos observar que com o cenário 22 (plantio direto em contorno) tem a metade das perdas do cenário 23 (plantio direto morro abaixo).

6. CONCLUSÃO

As perdas de solos aumentaram a medida que a declividade e o comprimento da rampa se elevarem, variando a quantidade de perdas entre os cenários.

Quando é utilizado o preparo convencional do solo com a semeadura morro abaixo, as perdas ficaram dentro do limite apenas quando teve declividade de 2 e 4 %, nas outras condições as perdas ficaram acima do limite tolerável. No entanto, quando se utilizou máximas históricas de erosividades somente na declividade de 2 % as perdas ficaram dentro dos limites para o Latossolo Vermelho. Mas quando se alterou para o plantio direto, em nenhum cenário atingiu o limite tolerável, onde que as menores perdas aconteceram quando teve a utilização das práticas complementares como terraços e semeadura em nível.

Em condições de sistema plantio direto/cultivo mínimo, com a utilização de alguma prática complementar como terraços ou semeadura em nível as perdas não atingiram o limite tolerável em nenhum cenário.

Quando se utiliza o plantio direto e se altera as práticas complementares os valores de perdas se alteram, quando se faz a semeadura morro abaixo as perdas atingem $6,34 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no entanto quando se utiliza semeadura em contorno as perdas ficam em no máximo $2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, entretanto quando tem terraços no cenário essas perdas não atingem $1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Com a utilização da semeadura em contorno é observado uma redução de 50% das perdas de solo, em comparação da semeadura morro abaixo.

REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. C., PROCHNOW, D. e ELTZ, F. L. F. **Perdas de solo e água em períodos de anomalias climáticas: "El Niño" e "La Niña" no sul do Brasil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2002, v. 26, n. 3. Acessado em 8 Setembro de 2021, p. 819-827. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/BT956KSMPSzTfQgkm34cLtb/?lang=pt>.

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, 2008, v. 32, n. 5. Acessado em 24 de Março 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/HP49bXgjN7Cz4SsKbDZ5VYx/?lang=pt>.

AYER. J. E. B. et al. **Erosão hídrica em Latossolos Vermelhos distróficos¹.** Pesquisa Agropecuária Tropical. 2015, v. 45, n. 2. Acessado em 24 de Março 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/tbJ74RLDbbQvXPXK3Kmvh6g/?lang=pt>.

BAENA, A. R. C. **Equação Universal de perda de Solo e seus Fatores.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU). Pará, 1983, p. 8. Acesso em: 08 set. 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/busca/Equacao+universal+de+perdas+do+solo?p_auth=R7pnIMP3.

BERTOL, I.; CASSOL, E. A.; MERTEN, G. H. XV - **Modelagem e modelos utilizados para estimar a erosão do solo.** In: BERTOL, I.; CASSOL, E. A.; MERTEN, G. H. Manejo e conservação do solo e da água. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018, p. 462-494.

BERTOL, I.; CASSOL, E. A.; MERTEN, G. H. XIV - **Erosão do solo.** In: BERTOL, I.; CASSOL, E. A.; MERTEN, G. H. Manejo e conservação do solo e da água. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018, p. 424-459.

BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** São Paulo: Editora Ícone Ltda, 2005 - 5 edição, 354 p.

BONETTI, J. de A.; FINK, j. R. **Manejo e conservação da água e do solo**. Editora UFLA, Lavras MG, 2020, 151p. Acesso em: 26 julho de 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/45446>.

CASTRO, L. G. et al. **Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Tese de Mestardo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, p 14. 2006. Acesso em 09 abril de 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/DLjW36RfBVTkQQwQt879RR/?format=pdf&lang=pt>.

CASSOL, E. A. et al. **Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento de pastagem nativa no Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2002, v. 26, n. 3. Acessado em 25 de Julho 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/rkZwsQrRYjn6ZtKtgfsBMvx/?lang=pt>.

CASSOL et al. **Tópicos em ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – MG, 2007. ISSN 15193934. Acessado em: 09 de abril de 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/841141/1/SP15419.pdf>.

CASSOL, E. A. et al. **Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2008, v. 32, n. 3. Acessado em: 23 de Setembro 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/Ly6DMnC5wNS4Z5nGfJyQPqq/?lang=pt>.

COGO, N. P., LEVIEN, R. e SCHWARZ, R. A. **Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2003, v. 27, n. 4. Acessado em 24 de Março 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/JCtmNdm5N7LhFn3BfmqPbHG/?lang=pt>.

CNA, Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **PIB do Agronegócio tem crescimento recorde de 24,31% em 2020**. Brasília – DF, 2021. Acesso em: 27 julho de 2021. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/pib-do-agronegocio-tem-crescimento-recorde-de-24-31-em-2020>.

DECHEN, S. C. F. et al. **Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo**. Bragantia. 2015, v. 74, n. 2. Acesso em: 8 Julho

2021. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/brag/a/nCjy5nDxcp4tDGwhx6CbjHp/?lang=pt>.

DENARDIN, J. E. et al. **Manejo de enxurrada em sistema plantio direto**. Porto Alegre, RS: Fórum estadual de Solo e Água, 2005. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/documents/1355291/11341263/Livro+-+Manejo+de+Enxurrada+em+Sistema+de+Plantio+Direto.pdf/01c6e4c1-657d-4f0c-87e3-aace4661296c?version=1.0>. Acesso em 25 mar. 2022.

DEMARCHI, J. C.; ZIMBACK, C. R. L. **Mapeamento, erodibilidade e tolerância de perdas de solo na sub – bacia do Ribeirão das Perobas**. Revista energia na Agricultura, ISSN: 1808 – 8759, Universidade estadual Paulista (UNESP), 2014, 13 p. Acesso em 26 set. 2021. Disponível em:
<https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/841/973>.

FAO. **Situação dos recursos dos solos do mundo. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura**, Painel Técnico Intergovernamental sobre solos, Roma, Itália, 2015, p. 650. Disponível em: <<http://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/387547/>>. Acesso em: 27 junho de 2021.

FAO. **Importância da conservação dos solos para a produção de alimentos no mundo**. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Brasília - DF, Brasil, 2018. Disponível em:< <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1116677/>>. Acesso em: 23 de julho de 2021.

FAO. **A preservação do solo e da água na América Latina e no Caribe**. Texto Online, 2021. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Disponível em: <http://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/pt/>. Acesso em: 24 julho 2021.

GUADAGNIM, J. C. et al. **Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo**. Seção VI – Manejo e conservação do solo e da água. Tese de Mestrado, Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 2005, p.10. Acesso em 10 abril 2022. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/ySZwC4T8bnqfyYPL38NCyMm/?format=pdf&lang=pt>.

GPRH, Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos. **Software NetErosividade RS**. Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, MG. Acesso em: 08 set. 2021. Disponível em: <http://www.gprh.ufv.br/index.php?area=softwares>.

HERNANI, L. C. FREITAS, P. L.; PRUSKI, F. F.; MARIA, I. C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J. N. **A erosão e seu impacto**. Embrapa Solos - Capítulo em livro técnico, 2002. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (Ed.). *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 5, p. 47-60. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1124240>. Acesso em: 25 julho 2021.

HERNANI, L. C. **Perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão**. Dez anos de pesquisa, ISSN 1676-4412. Embrapa, Agropecuária Oeste, Dourados, MS, 1999. Acesso em: 08 set. 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/242270/1/COL19992.pdf>.

LOMABARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP)**. *Bragantia*. 1992, v. 51, n. 2. Acessado em 27 Julho 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/JVzbSngjismGX3mFhQyXQNG/?lang=pt>.

MAZURANA, J. et al. **Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS)**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2009, v. 13. Acessado em 26 Julho 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/WB8vCBW83ZQQmrCSRVyjcQy/?lang=pt>.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**; tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. – São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. 568p. Disponível em: http://docs.fct.unesp.br/docentes/geo/bernardo/BIBLIOGRAFIA%20DISCIPLINAS%20POS-GRADUACAO/HISTORIA%20DA%20AGRICULTURA/Historia_das_agriculturas.pdf. Acesso em: 26 de junho de 2021.

MUGGLER, C. C; PINTO, S., Fábio de Araújo e Machado, Vinícius Azevedo. **Educação em solos: princípios, teoria e métodos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2006, v. 30, n. 4. Acessado em 24 Julho 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/Nm8pcwCzY4dh87dzkzQKQ9z/?lang=pt>.

NUERNBERG, N. J. (Ed.). **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. 160 p.

OLIVEIRA, J. G. R. et al. **Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes**. Universidade Federal do Paraná, p.8, 2012. Acesso em 10 de abril de 2022. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/17644/9666>.

PROCERGS RS/GOV. **Mapa da 12ª Coordenadoria Regional de Saúde**. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Saúde, Porto Alegre. Acesso em: 08 set. 2021. Disponível em: <https://saude.rs.gov.br/12-crs-santo-angelo>.

RABELO. M. W. O. e GRIEBELER. N. P. **Determinação de incremento de altura de camalhão na integração terraço-estrada**. Pesquisa Agropecuária Tropical. 2012, v. 42, n. 1. Acessado em 24 Março 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/zLn8YJLFL7kbsnxwXzWfdHg/?lang=pt>.

RESCK, D. V.S. **A conservação da água via terraceamento em sistemas de plantio direto e convencional no Cerrado**. Planaltina, Circular Técnica 22, 8 p. 2002. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/cirtec_22_000fxoliayd02wyiv80soht9hrsw1t47.pdf. Acesso em 28 março de 2022.

SILVA. R. L; MARIA, I.C. **Erosão em sistema plantio direto: influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2011, v. 15, n. 6. Acessado em 28 Março 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/XN5DNFVzZZkxpB83xYr6ntL/?lang=pt>.

STEFANOSKI. D. C. et al. **Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2013, v. 17,

n. 12. Acessado em 28 Março 2022. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Kqg4dHBX4yfnxwWFTpqBVzb/?lang=pt>.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Emater/RS, 3ª edição Revisada e ampliada, p. 251. 2018.

VOLK, L. B. S. e COGO, N. P. **Relações entre tamanho de sedimentos erodidos, velocidade da enxurrada, rugosidade superficial criada pelo preparo e tamanho de agregados em solo submetido a diferentes manejos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2009, v. 33, n. 5. Acessado em 24 Março 2022. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/S44G5Ww59vsKgWDP74Tt7mp/?lang=pt>.

WADT, P. G. S. (Ed.). **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Embrapa Acre, Rio Branco, 2003. Documento 30, 32 p. Disponível em < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/498802/1/doc90.pdf>>. Acesso em 28 março de 2022.

WILDNER, L. P.; BASSANI, M. H.; GARCEZ, J. G. FEBRAPDP. **Conservação do solo: com ou sem terraços?** Federação Brasileira do Sistema Plantio Direto. Paraná, Brasil, 2020. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/noticias/829/conservacao-do-solo-com-ou-sem-terraços>. Acessado em: 06 Julho 2021.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall Erosion Losses: A guide to conservation planning**. USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537). Acesso em: 27 julho 2021. Disponível em:
<https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>.