

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

AMANDA BELTRÃO DE SOUZA

**REDUÇÃO DAS PERDAS DE SOLO COM USO DE TERRAÇOS EM UMA
PEQUENA BACIA HIDROGRÁFICA: PREDIÇÃO COM A EUPS**

CAMPO MOURÃO - PR

2024

AMANDA BELTRÃO DE SOUZA

**REDUÇÃO DAS PERDAS DE SOLO COM USO DE TERRAÇOS EM UMA
PEQUENA BACIA HIDROGRÁFICA: PREDIÇÃO COM A EUPS**

**Reduction of soil losses through the use of terraces in a small watershed: prediction
with EUPS**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Gestão e
Regulação de Recursos Hídricos da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof. Dr. André Pellegrini.

CAMPO MOURÃO - PR

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão**



AMANDA BELTRAO DE SOUZA

**REDUÇÃO DAS PERDAS DE SOLO PELO USO DE TERRAÇOS EM UMA PEQUENA BACIA
HIDROGRÁFICA: PREDIÇÃO COM A EUPS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Gestão E Regulação De Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Instrumentos Da Política De Recursos Hídricos.

Data de aprovação: 27 de Fevereiro de 2024

Andre Pellegrini, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Ericson Hideki Hayakawa, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Miriam Fernanda Rodrigues, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Utfpr)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 13/03/2024.

Dedico este trabalho à minha família, meus amados pais, meu esposo e meus filhos que sempre me apoiaram incondicionalmente em todas as etapas da minha vida pessoal e profissional. Agradeço pelo amor, incentivo e compreensão nos momentos de ausência e ansiedade por essa etapa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, fonte de toda sabedoria e inspiração, por me guiar e iluminar durante toda esta jornada de estudos. Agradeço por sua graça e misericórdia, por me fortalecer nos momentos de desafios e por me conceder as oportunidades que me levaram até aqui. Sua presença constante em minha vida foi a base que sustentou meu caminho. Sou grata por cada benção recebida e reconheço que sem o seu amor e orientação, eu não teria alcançado este marco em minha vida. À Deus seja toda a honra e glória.

Agradeço de coração à minha amada família, que sempre esteve ao meu lado durante esta etapa acadêmica. Aos meus pais, pelo amor incondicional, apoio constante e pelos valores que me transmitiram. Ao meu esposo, pelo amor, compreensão e paciência, compreendendo as horas dedicadas a este trabalho. Aos meus filhos, que me inspiram todos os dias e me motivam a buscar sempre o melhor. Vocês são minha força e razão de ser.

Aos meus queridos colegas de curso, especialmente a Mariana Machado e Raquel Emi que compartilharam comigo desafios, alegrias e aprendizados, meu sincero agradecimento. Agradeço pela troca de conhecimentos, pelas discussões enriquecedoras e pelo apoio mútuo ao longo desta caminhada. Vocês foram parte essencial deste percurso acadêmico e levo comigo a amizade e a parceria construídas. A Leticia Framesche e sua mentoria.

Agradeço também ao meu orientador André Pellegrini, e a todos os acadêmicos que trabalham no projeto das megaparcels pela ajuda nessa trajetória. A banca examinadora Miriam Fernanda Rodrigues e Ericson Hideki Hayakawa pelos apontamentos e conhecimento compartilhado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE nº. 2717/2015, e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR pelo apoio recebido.

Enfim, a todos que por algum motivo contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta pesquisa.

RESUMO

A Bacia Hidrográfica (BH) permite avaliar os efeitos do uso do solo, da ocupação humana e das práticas de manejo adotadas nas áreas de encosta, fornecendo informações para prognósticos em prol de uma gestão e conservação mais assertivas dos recursos naturais. Diante disso, o presente estudo utilizou a BH localizada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, do Campus de Dois Vizinhos com o objetivo de avaliar o potencial preditivo da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) para representar o impacto da implementação de terraços na redução das perdas de solo. A EUPS, auxilia na previsão da erosão, utilizando fatores que analisam a pluviosidade (Fator R – Erosividade), tipo de solo (Fator k – Erodibilidade), comprimento e declividade da rampa (Fatores LS), uso e ocupação do solo (Fator C) e práticas conservacionistas (Fator P) da área de estudo. Com a multiplicação desses fatores, encontrou-se o fator de perda de solo, o fator A. Os resultados encontrados apresentaram uma perda de solo maior na bacia calculada sem terraço, especialmente na região leste da bacia, onde há predominância de agricultura. Logo, quando há uma alteração no Fator P, ou seja, quando se aplica práticas conservacionistas, a EUPS assinala que há redução na perda de solo. De porte de tais informações, a proposição de melhorias necessárias e estratégicas podem ser contempladas.

Palavras-chave: curva de nível; erosividade; geoprocessamento; preservação do solo.

ABSTRACT

The Watershed (WS) allows the evaluation of the effects of land use, human occupation, and management practices adopted in hillside areas, providing information for prognostics aimed at a more assertive management and conservation of natural resources. Therefore, this study utilized the WS located at the Federal University of Technology - Paraná, Dois Vizinhos Campus, with the objective of assessing the predictive potential of the Universal Soil Loss Equation (USLE) to represent the impact of terrace implementation in reducing soil losses. The USLE aids in predicting erosion by using factors that analyze rainfall (R Factor – Erosivity), soil type (K Factor – Erodibility), slope length and steepness (LS Factors), land use and cover (C Factor), and conservation practices (P Factor) of the study area. By multiplying these factors, the soil loss factor, or A factor, was determined. The results showed greater soil loss in the watershed calculated without terraces, especially in the eastern region of the watershed, where agriculture predominates. Therefore, when there is a change in the P Factor, i.e., when conservation practices are applied, the USLE indicates a reduction in soil loss. With such information, the proposition of necessary and strategic improvements can be contemplated.

Keywords: contour line; erosivity; geoprocessing; soil preservation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica	25
Figura 2 - Fluxograma de delimitação	27
Figura 3 - Localização das estações pluviométricas.....	29
Figura 4 - Mapa de linhas isoerodentes médias anual e para o mês de outubro para o Estado do Paraná	32
Figura 5 - Tipos de solo da região da bacia hidrográfica	33
Figura 6 - Mapa hipsométrico e curvas de nível.	39
Figura 7 - Precipitações dos meses de outubro dos últimos 30 anos (1992-2022).....	40
Figura 8 - Mapa Pluviométrico do mês de outubro dos anos 1992 a 2022.	41
Figura 9 - Fator R (MJ.mm/ha.h.ano) do mês de outubro	43
Figura 10 - Mapa de erodibilidade (Fator K) dos solos.	45
Figura 11 - Fator topográfico LS da bacia hidrográfica.	47
Figura 12 - Fator C Uso do solo.....	48
Figura 13 - Mapa de perda de solo na bacia hidrográfica	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estações pluviométricas e precipitação pluvial para outubro no intervalo de 1992 a 2012.	30
Tabela 2 - Classificação de erosividade	31
Tabela 3 - Erodibilidade dos solos	33
Tabela 4 - Classificação do Fator LS.....	35
Tabela 5 - Classes de uso do solo e valores C	35
Tabela 6 - Valores do fator P para diferentes espaçamentos horizontais entre os terraços EH	36
Tabela 7 - Classes Potencial à Erosão	37
Tabela 8 - Dados obtidos <i>in loco</i> na bacia de estudo.....	44
Tabela 9 - Perda de solo na bacia.....	50
Tabela 10 - Eventos de precipitação coletados em campo na bacia da UTFPR.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BH	Bacia Hidrográfica
EUPS	Cálculo da Equação Universal da Perda de Solo
Fator A	Fator do Cálculo da Perda de Solo
Fator C	Fator Uso e Manejo da terra
Fator K	Fator de Erodibilidade
Fator LS	Fator Topográfico
Fator P	Fator de Práticas Conservacionistas
Fator R	Fator de Erosividade
IAT	Instituto Água e Terra
MDE	Modelo Digital de Elevação
QGIS	<i>QuantumGis</i>
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
UTFPR – DV	Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2.	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral.....	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	JUSTIFICATIVA.....	15
4	REVISÃO DE LITERATURA	16
4.1	Processos hidrossedimentológicos	16
4.2	Práticas Conservacionistas.....	17
4.2.1	Evolução do sistema de manejo.....	18
4.3	Monitoramento hidrossedimentométrico	19
4.4	Modelagem hidrossedimentológica.....	20
4.5.	Equação Universal da Perda de Solos (EUPS)	21
4.5.1	Aplicação de Geoprocessamento em Estudos sobre Bacias	23
5.1	Descrição da área.....	25
5.2	Processamento digital e delimitação da bacia hidrográfica.....	26
5.3	Determinação dos fatores da EUPS.....	28
5.3.1	Fator R - Erosividade.....	28
5.3.2	Fator K - Erodibilidade.....	32
5.3.3	Fator LS - Fator Topográfico	34
5.3.4	Fator C - Uso e Manejo da terra.....	35
5.3.5	Fator P - Práticas Conservacionistas	36
5.4	Cálculo da Equação Universal da Perda de Solo (EUPS)	37
6	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	38
6.1	Características da bacia	38
6.2	Fator R.....	40
6.3	Fator K.....	44
6.4	Fator LS.....	46
6.5	Fator C.....	47
6.6	Fator P	48
6.7	Fator A.....	49
6.8	Dados de Perda de Solo obtidos na Fazenda Experimental.....	51
7	PRODUTO	53
8	CONCLUSÃO	54

REFERÊNCIAS.....55
ANEXO A63

1 INTRODUÇÃO

Os processos erosivos podem ocorrer de maneira natural ou acelerada. Na primeira condição, caracterizam-se por uma remodelação gradual do relevo, onde as taxas de erosão e perda de sedimentos estão integradas à dinâmica natural da superfície terrestre (ROTTA; ZUQUETTE, 2015). Por outro lado, a erosão acelerada é provocada por intervenções humanas, ocorrendo em taxas superiores às da erosão natural. Isso resulta na degradação ambiental e acarreta perdas nos aspectos ambientais, econômicos e sociais (ROTTA; ZUQUETTE, 2015).

Nos estudos dos processos erosivos, a Bacia Hidrográfica (BH) vem sendo utilizada ao longo do tempo como unidade de estudo para os processos hidrossedimentológicos. Deste modo, tornam-se local ideal para implantar práticas conservacionistas, que visam reduzir as perdas de solo, água e nutrientes (MERTEN, 2011). Nesse sentido, a qualidade do solo representa um atributo essencial para o desenvolvimento das espécies que o habitam, bem como para a manutenção sustentável das culturas e, por conseguinte, para assegurar o fornecimento de alimentos à população global (SILVA *et al.*, 2011).

Nesse sentido, o manejo inadequado e intensivo do solo pode desencadear, gradualmente, degradação, um processo que, em alguns casos, pode ser irreversível (SILVA *et al.*, 2011). Segundo os autores, embora as perdas de solo ocorram naturalmente devido ao intemperismo, as práticas humanas, em grande escala, aceleram tal fenômeno, resultando em impactos ainda mais significativos (SILVA *et al.*, 2011). Paralelamente, o problema dos processos erosivos é agravado pela ausência de cobertura de solo nas áreas de lavoura e pela falta de práticas mecânicas, como os terraços, que reduzem o comprimento da encosta e favorecem que a água infiltre e não transporte os sedimentos (EMBRAPA, 2017).

Em face desta realidade, as mudanças na cobertura do solo e nas práticas de manejo da terra são reconhecidas como os principais fatores que influenciam no sistema hidrológico (CAMPOS *et al.*, 2018). Essas mudanças podem provocar alterações significativas no escoamento superficial, que por sua vez afeta as taxas de erosão e a carga de sedimentos em uma (ABDELWAHABET *et al.*, 2014). Além disso, segundo os autores, tais mudanças também têm o potencial de impactar a qualidade das águas superficiais (ABDELWAHABET *et al.*, 2014).

Frente a esse aspecto, estudos sobre a dinâmica dos processos hidrológicos e erosivos em áreas submetidas a diferentes sistemas de manejo geram informações e possibilitam a construção de ferramentas que são essenciais para a melhora da capacidade de produção agrícola (SILVA, 2022). Assim, segundo o autor mediante adaptações e adoção de técnicas de manejo e conservação adequadas à capacidade de uso do solo, por meio do uso e do manejo dos recursos naturais, promovem um desenvolvimento mais sustentável e estratégico (SILVA, 2022).

Devido a inviabilidade de monitorar a erosão em toda a BH de maneira prática e econômica, a previsão da erosão por meio de modelagem se torna essencial (ALVES, 2000). Nesse contexto, segundo o autor, os modelos hidrológicos são instrumentos essenciais para o gerenciamento de bacias hidrográficas, uma vez que permitem prever o impacto das atividades agrícolas e do uso do solo (ALVES, 2000). Esses modelos simulam processos hidrológicos e erosivos, proporcionando dados precisos para a tomada de decisões e a implementação de práticas de manejo sustentável, visando minimizar a perda de solo e preservar a qualidade das águas nas bacias hidrográficas (SILVA, 2022).

Dentre os modelos existentes para esse procedimento supracitado, tem-se o proposto por Wischmeier e Smith (1978), denominado de Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS (*Universal Soil Loss Equation – USLE*). Esse modelo combinado com um Sistema de Informação Geográfica (SIG) possibilita avaliar a distribuição espacial das perdas de solo por erosão (BACK, 2023). Entretanto, as estimativas de perda de solo por erosão obtidas através da aplicação da Equação Universal de Perda de Solo (USLE) devem ser interpretadas com cautela, levando em conta as críticas existentes em relação a esse modelo, conforme destacado por Tallis et al. (2012).

Embora a EUPS tenha limitações e restrições associadas (THOMPSON; FIDALGO (2013), ela ainda é amplamente utilizada como o principal modelo em estudos de erosão em microbacias utilizando geoprocessamento. Diante disso, a calibração da EUPS com dados reais é fundamental, pois permite validar a equação para as condições específicas de terraceamento a serem investigadas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial preditivo da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) para representar o impacto da implementação de terraços na redução das perdas de solo, a bacia está localizada na Universidade Tecnologia Federal do Paraná (UTFPR) no Campus de Dois Vizinhos.

2.2 Objetivos Específicos

Os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos para cumprir o objetivo geral:

- Estimar as perdas de solo por erosão hídrica utilizando a Equação Universal da Perda de Solo para a situação atual da bacia hidrográfica compará-la aos dados de monitoramento hidrossedimentométrico;
- Simular o uso do terraceamento em toda a área da bacia e avaliar os impactos nas perdas de solo.

3 JUSTIFICATIVA

Na região Sudoeste do Paraná, a avaliação da redução das perdas de solo pelo uso de terraços em pequenas bacias hidrográficas, utilizando o modelo EUPS, são justificadas pela necessidade premente de mitigar os impactos ambientais decorrentes das atividades agrícolas e pecuárias dessa região. Em particular na cidade de Dois Vizinhos.

A produção agrícola e pecuária nessa região desempenha um papel crucial na economia local, representando, inclusive, uma parcela significativa da produção do estado do Paraná (PREFEITURA DE DOIS VIZINHOS, 2021). No entanto, as práticas de manejo inadequadas do solo, como o desmatamento, a monocultura persistente e a negligência em relação às práticas de conservação do solo, têm contribuído para a degradação ambiental, especialmente o fenômeno da erosão hídrica (MACHADO; WADT, 2021).

A crescente incidência da erosão hídrica tem causado preocupações ambientais, econômicas e sociais, tornando-se imperativo a adoção de práticas de contenção. Uma técnica reconhecida e utilizada há décadas no Brasil, são os terraceamentos, que de maneira eficaz reduz a erosão do solo em função de diminuir o comprimento das rampas e controlar o volume e velocidade do escoamento superficial (MACHADO; WADT, 2021).

Portanto, a realização deste estudo visa avaliar a eficácia do terraceamento na contenção da erosão do solo na região em análise. Utilizando a Equação Universal da Perda de Solo (EUPS) como ferramenta de modelagem, pretende-se estimar as perdas de solo por erosão hídrica, tanto na situação atual da bacia quanto após a implementação dos terraços. Essa abordagem integrada entre modelagem computacional e observação direta de dados coletados localmente permitirá uma análise abrangente dos impactos do terraceamento, fornecendo informações valiosas para a gestão sustentável dos recursos naturais na região, e consequentemente, na proposição de melhorias na produção agrícola local.

4 REVISÃO DE LITERATURA

Perspectivas, contribuições e fundamentações sobre os termos chave desta pesquisa foram abordadas de maneira detalhada nesta seção, partindo dos processos hidrossedimentológicos, práticas conservacionistas para mitigação e o uso de ferramentas para análises mais completas.

4.1 Processos Hidrossedimentológicos

O ciclo hidrossedimentológico é uma sequência de etapas, que se inicia com o impacto das gotas de chuva no terreno, desencadeando o desprendimento das partículas de solo e resultando no transporte dessas partículas, por salpicamento, a curtas distâncias (CARVALHO NETO, 2011). Esse material desagregado é sequencialmente transportado ao longo do terreno pelo escoamento superficial, que eventualmente alcança o canal fluvial, e começam a ser transportados pelo fluxo de água no canal (WEIS *et al.*, 2022).

A interação simultânea dos processos hidrológicos e sedimentológicos, denominada ciclo hidrossedimentológico, ocorre de maneira simultânea ao ciclo hidrológico e abrange os fenômenos de desagregação, transporte e deposição de sedimentos, os quais resultam da influência da água ao longo de uma BH (BORDAS; SEMMELMANN, 2014). Esses fenômenos possibilitam a obtenção de resultados relacionados à dinâmica e ao funcionamento do ciclo em uma área específica, contribuindo para a compreensão do desenvolvimento dos processos hidrossedimentológicos, principalmente no que diz respeito à erosão (DANTAS, 2016).

Os processos do ciclo hidrossedimentológico podem ser investigados por meio de diversas técnicas de pesquisa, como o monitoramento da vazão e de sólidos em suspensão em rios, a coleta de amostras de sedimentos no leito de rios, o acompanhamento da produção de sedimentos em parcelas de erosão e a aplicação de modelagem hidrossedimentológica (CARVALHO NETO, 2011). Esses métodos oferecem abordagens distintas, permitindo a obtenção de dados que contribuem para a compreensão da dinâmica do ciclo hidrossedimentológico em uma determinada área (CARVALHO, 2008).

4.2 Práticas Conservacionistas

A eliminação da cobertura vegetal expõe a superfície do solo à ação do impacto das águas pluviais e da enxurrada (BARBOSA *et al.*, 2015). Essas são as principais causas da modificação das condições físicas da superfície do solo, da rugosidade superficial, da porosidade e da taxa de infiltração do solo (ALBUQUERQUE *et al.*, 2002).

As práticas e manejo de solo conservacionistas, entre elas o plantio direto e terraceamento, têm por objetivo diminuir os processos erosivos (DE MARIA; PECHE FILHO, 2009). O Sistema de Plantio Direto (SPD) é uma tecnologia que surgiu a partir da década de 1990 no Brasil e agora é amplamente difundida entre os sistemas disponíveis, pois se adapta a diferentes regiões e níveis tecnológicos (EMBRAPA, 2016). Nessa técnica, o plantio é realizado sem as etapas convencionais de preparo do solo e gradagem. Em vez disso, é mantido o solo sempre coberto com plantas em desenvolvimento e resíduos vegetais, protegendo o solo da ação direta das gotas de chuva, do escoamento superficial e da erosão hídrica e eólica (EMBRAPA, 2016). Desta forma, o SPD é considerado uma forma de cultivo mínimo, já que o preparo do solo se limita ao sulco de semeadura, onde ocorrem a semeadura, a adubação e, eventualmente, a aplicação de herbicidas em uma única operação (EMBRAPA, 2016).

Frente ao combate a erosão, o terraceamento da lavoura é uma prática que se baseia na construção de terraços para controlar o volume de escoamento das águas das chuvas, sendo considerada uma prática conservacionista do tipo mecânica, pois há instalação de corte e aterros na terra, ou seja, construção de estruturas físicas no sentido transversal ao declive do terreno, com a intenção de controlar o escoamento superficial (SOUZA; DOMINGUES, 2006). Os terraços são estruturas compostas por diques e canais, que são projetados para reter e infiltrar a água das chuvas nos terraços em nível, ou para permitir um escoamento lento para áreas adjacentes nos terraços em desnível ou com gradiente (EMBRAPA, 2016).

Esses terraços se dividem em dois tipos: os terraços de armazenamento e de drenagem, e possuem funções específicas. Os terraços de armazenamento são construídos visando facilitar a infiltração da água no terreno, demandando um conhecimento detalhado do local, especialmente em solos com níveis satisfatórios de porosidade, onde a infiltração é mais eficiente (MACHADO; STIPP, 2003). Por outro

lado, os terraços de drenagem são projetados para direcionar a água pluvial para locais onde possa ser reaproveitada ou onde não ocorra o processo de erosão e desgaste do solo, demandando um estudo técnico aprofundado para garantir a eficácia do escoamento (MACHADO; STIPP, 2003).

4.2.1 Evolução do sistema de manejo

As demandas pelo uso da água, especialmente nos últimos anos, fizeram com que estímulos para o desenvolvimento de soluções adequadas para o gerenciamento dos recursos hídricos, a nível local, regional e nacional, fossem adotadas, em decorrência dos inúmeros impactos quantitativos e qualitativos (TUNDISI, 2003).

Desta forma, a partir da promulgação da Lei nº. 9.433/97, definiu-se a BH como a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Assim, este marco regulatório, objetivou a preservação das características físicas, econômicas e sociais de cada BH para que pudessem ser utilizadas de diferentes formas (GUANDIQUE; MORAIS, 2015). Os estudos sobre as bacias hidrográficas têm sido desenvolvidos para entender o ciclo hidrológico e as transformações causadas no ambiente terrestre, a fim de obter informações que auxiliem no manejo e planejamento dessas unidades territoriais (DE SOUZA *et al.*, 2012; GUANDIQUE; MORAIS, 2015).

Frente a conservação do solo, o Paraná é pioneiro na implementação de programas voltados a esse tema, com destaque às práticas mecânicas de preservação, como o plantio em nível e a construção de terraços, implementadas de maneira integrada em bacias hidrográficas (TELLES; ARAÚJO, 2016). Na década de 1980, o estado do Paraná implementou políticas públicas voltadas para a conservação do solo em bacias hidrográficas, com destaque para o Programa de Manejo Integrado de Solos (PMIS) no período de 1983 a 1986, o Programa de Manejo Integrado dos Solos e Água (PMISA) estabelecido pela Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná de 1987 a 1990, e o Programa de Desenvolvimento Rural do Paraná (Paraná Rural) de 1989 a 1996, que concentrou esforços na construção de terraços e na adequação de estradas, abrangendo cinco milhões de hectares em 2.100

microbacias hidrográficas, e tais ações beneficiaram diretamente 165.000 agricultores (TELLES; ARAÚJO, 2016).

4.3 Monitoramento Hidrossedimentométrico

Os processos hidrossedimentológicos de uma BH dependem de todos os fatores responsáveis pelo processo erosivo, além da capacidade de percepção dos efeitos do uso e manejo do solo e de um adequado monitoramento. O monitoramento hidrossedimentométrico baseia-se na aquisição de uma série temporal da vazão, precipitação e concentração de sedimentos, possibilitando assim o cálculo do fluxo de sedimento que é caracterizado pela descarga sólida de sedimentos em suspensão (MINELLA *et al.*, 2007). Quanto maior a quantidade de amostragem em um curto tempo, melhores os resultados, necessitando assim de uma grande frequência em coletas para análises, motivo esse que aumenta os custos e dificuldades com logística (WALLING, 1990).

No Brasil, o método amplamente reconhecido e utilizado na hidrossedimentometria é o da carga de sedimentos, expressa como descarga sólida (unidade de peso por unidade de tempo) (CARVALHO, 2008). Essa carga pode ser subdividida em carga do leito e carga de sedimentos em suspensão, sendo esta última facilmente mensurável, diferentemente da descarga sólida em suspensão que é calculada a partir de dados de vazão e concentração de sedimentos em suspensão (CARVALHO, 2008). Em âmbito nacional, essas informações são predominantemente quantificadas e disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA) por meio de sua rede sedimentométrica (DOS SANTOS *et al.*, 2001).

Frente aos processos erosivos, os mesmos podem ser descritos e analisados por meio de modelos matemáticos, proporcionando ferramentas essenciais para o planejamento e controle de intervenções em áreas suscetíveis à erosão. Esse meio tem como vantagem a possibilidade de estudar inúmeros cenários, com diferentes tipos de manejo e práticas, com custo reduzido e rápido, porém os modelos possuem limites de aplicação (SILVA *et al.*, 2003).

Os modelos matemáticos podem ser classificados em três categorias: 1) fenomenológica, que se baseia na aplicação de princípios fundamentais; 2) empírica, que utiliza dados experimentais; e 3) híbrida, uma combinação ponderada das duas anteriores (MINELLA *et al.*, 2007). Segundo o autor, um exemplo desse último tipo de

modelo são as relações estatísticas envolvendo variáveis de importância crucial, estabelecendo conexões entre fatores controladores e as variáveis de interesse, como escoamento e perda de solo, requerendo uma quantidade reduzida de variáveis em comparação com os modelos fenomenológica e empírica, o que pode resultar em uma aproximação adequada, especialmente quando utilizado para períodos longos ou em situações onde há limitação de dados disponíveis (MINELLA *et al.*, 2007).

4.4 Modelagem Hidrossedimentológica

A modelagem hidrossedimentológica, conforme proposta por Tucci (2005), refere-se a um conjunto de técnicas e ferramentas utilizadas para estudar e prever a dinâmica da água e dos sedimentos em sistemas hidrológicos, como rios, bacias hidrográficas e reservatórios. Esses modelos hidrossedimentológicos são fundamentais para uma variedade de aplicações, desde o planejamento e gestão de recursos hídricos até a previsão e mitigação de impactos de enchentes, erosão do solo e assoreamento de corpos d'água (TUCCI, 2005). Eles permitem aos pesquisadores e tomadores de decisão entender melhor como as intervenções humanas e as mudanças climáticas podem influenciar a dinâmica dos sedimentos e da água em um determinado ambiente, auxiliando na formulação de políticas e estratégias de manejo mais eficazes (DURÃES, 2013).

Nesse sentido, a aplicação do geoprocessamento é utilizada para elaborar modelos computacionais que facilitem a interpretação dos fenômenos ambientais e antecipem suas implicações, promovendo assim, a implementação de ações de preservação e manejo ambientalmente responsáveis (OLIVEIRA, 2011). Esses modelos fornecem dados essenciais para embasar o planejamento estratégico das práticas de uso e conservação dos recursos naturais, especialmente água e solo (OLIVEIRA, 2011).

Uma das formas de realizar a modelagem hidrossedimentológica é por meio da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS), que permite estimar a erosão sob variadas condições de uso e cobertura do solo, declividade, comprimento de rampa e tipos de solo e chuva, por meio da elaboração de mapas temáticos, representando um importante instrumento de investigação sobre o processo erosivo e compartimentação da paisagem em níveis de instabilidade (BARBOSA *et al.*, 2015).

Atualmente, há uma variedade de SIG gratuitos disponíveis *online*, os quais têm demonstrado resultados promissores na modelagem hidrossedimentológica, essas ferramentas se tornaram estratégicas na condução eficaz de atividades de modelagens, oferecendo uma abordagem acessível e eficiente para análise e previsão dos processos hidrossedimentológicos (SANTOS, 2018). Estudos utilizando a EUPS, vem sendo executados no Paraná, como por exemplo Cassuli (2016), que estimou as perdas de solo na bacia do Rio Pinto, em São Miguel do Iguaçu – PR, demonstrando que característica física ou valor de índice, isoladamente, é capaz de simplificar a complexidade dinâmica de uma BH. Neste contexto, destacou-se os usos do solo e suas principais práticas conservacionistas que visam um controle da erosão (CORSEUIL, 2023).

4.5. Equação Universal da Perda de Solos

Os modelos de erosão do solo desempenham um papel crucial na identificação de áreas suscetíveis à erosão, na estimativa das taxas de erosão e na identificação das possíveis causas desse fenômeno, contribuindo para o manejo adequado do solo (MAJHI *et al.*, 2021). No final da década de 1950 um modelo matemático foi aprovado, utilizando um processo de plantio em declives, que supera as restrições geográficas e climáticas, restrições essas, que surgiram nos modelos antigos, foram aperfeiçoados e receberam a denominação de EUPS (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

A EUPS, também conhecida como *Universal Soil Loss Equation* (USLE), foi desenvolvida por Wischmeier e Smith em 1978 e expressa a quantidade média anual de perda de solo (toneladas por hectare por ano), que pode ocorrer em uma área cultivada (COLODRO *et al.*, 2002). Essa equação foi revisada para incorporar algoritmos computacionais no cálculo da perda de solo, adotando conceitos de base física para determinar alguns de seus componentes (BERNINI, 2012).

A equação da EUPS, é considerada um modelo do tipo empírico, não sendo baseado na descrição e simulação detalhada do processo, mas sim na compreensão do modelo. O modelo captura parâmetros mensuráveis e delineia um algoritmo matemático ao estabelecer a relação entre parâmetros e medições da erosão (ALEWELL *et al.*, 2019). A equação envolve a multiplicação de fatores naturais, como a erosividade (R), erodibilidade (K), topografia (LS), e fatores sujeitos à influência

antrópica (CP). A EUPS é utilizada como um dos modelos mais empregados para previsão de perda de solo ao longo das últimas décadas, sendo aplicada em mais de 109 países (ALEWELL *et al.*, 2019).

Frente aos parâmetros, o fator R é denominado como fator de erosividade, e calcula a capacidade potencial da precipitação em causar erosão no solo, podendo variar pelo clima e região (HUDSON, 1995). A unidade para se expressar o fator R é a multiplicação da energia (megajoule – MJ), pluviosidade (milímetro – mm), área (hectare – ha) e tempo (hora – h), resultando em MJ.mm/ha.h.ano (LOMBARDI NETO, 2008).

O fator K descreve o efeito da susceptibilidade do solo a degradação, do desprendimento e do transporte das partículas, sofrendo a influência pela textura, estabilidade estrutural e quantidade de conteúdo da matéria orgânica presente, a mineralogia das argilas e os diferentes componentes químicos do solo, representando o grau que o solo tende a sofrer erosão em diferentes situações (GOMEZ, 2012).

O Fator LS representa as perdas de solo por unidade de área em um declive específico, comparadas com as perdas de solo correspondentes de uma parcela unitária de 25 metros de comprimento com 9% de declive (BERTONI; LOBARDI NETO, 2008). Esse fator topográfico é composto pelo comprimento de rampa (L) e a declividade de rampa (S), sendo calculado conjuntamente para facilitar manipulações matemáticas. É denominado Fator LS devido à sua maior sensibilidade frente ao fator S do que ao fator L, quando analisados separadamente, assim, esse fator desempenha um papel crucial no aumento ou diminuição da energia potencial para o transporte de partículas de solo (FERREIRA, 2002).

O fator CP leva em consideração os tipos de uso e cobertura da terra, os quais refletem a aplicação de práticas conservacionistas do solo sendo que, alguns tipos de cobertura auxiliam na proteção do solo e na redução dos processos erosivos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008). Segundo os autores, o cálculo da perda de solo possa ser determinado pelos fatores R, K e LS, reconhece-se que os tipos de cobertura da terra, especialmente a presença de vegetação nativa, impactam nos valores finais (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

O Fator C representa a relação entre valores menores ou maiores de perda de solo, dependendo se o terreno permanece sempre cultivado ou descoberto, ou seja, está relacionado ao uso e manejo da terra (NASCIMENTO; PEREIRA; MEDEIROS,

2014). Nesse sentido, o Fator P está associado à presença ou ausência de práticas conservacionistas do solo, variando de acordo com as tecnologias empregadas ou o tipo de cultivo na área (GOMEZ, 2012).

A EUPS oferece vantagens operacionais em comparação com outros modelos, pois não demanda uma grande quantidade de dados de entrada e permite sua implementação em um ambiente de SIG (SAVABI, 1993, apud CASTRO; VALÉRIO FILHO, 1997). No entanto, ao ser aplicada em extensas áreas, seus resultados quantitativos podem não ser considerados precisos, servindo principalmente para uma avaliação qualitativa da susceptibilidade à erosão espacializada na região (FARINASSO *et al.*, 2006).

4.5.1 Aplicação de Geoprocessamento em Estudos sobre Bacias

Estudos em BH são necessários, e adoção de geoprocessamento tornam-se necessários, pois envolvem a análise de sistemas complexos de água e terreno em uma escala espacial significativa. O geoprocessamento é utilizado na delimitação das próprias bacias, empregando algoritmos que identificam as áreas de contribuição de água para um ponto específico na paisagem, etapa é essencial para definir os limites da área de estudo. Além disso, o geoprocessamento possibilita uma análise detalhada da rede de drenagem da bacia, mapeando rios, riachos e suas características, como comprimento, densidade e ordem de fluxo. Essa análise é crucial para compreender a dinâmica hidrológica da bacia e sua resposta a eventos como chuvas intensas e inundações (SILVA, 2002). Os modelos hidrológicos baseados em SIG são outra aplicação importante do geoprocessamento em estudos de bacias, pois permitem simular o comportamento hidrológico da bacia, prever vazões de rio, gerenciar recursos hídricos e avaliar os impactos de mudanças ambientais (CARVALHO JUNIOR *et al.*, 2003). Nos SIG as informações são representadas principalmente na forma de geometrias espaciais (pontos espacialmente referenciados conectados por linhas). Assim, é um sistema de dados, sendo eles gráficos ou não, que foca em análises espaciais e modelagens de superfícies, caracterizando-se como uma base de dados de informações espaciais vindas de dados cartográficos, dados de censo rural ou urbano, imagens de satélite, redes e modelos numéricos. Além disso, oferecem mecanismos de combinação das informações utilizando os algoritmos de

manipulação e análise para consultar, recuperar e visualizar os conteúdos e assim gerar mapas (COWEN, 1988).

5 MATERIAL E MÉTODOS

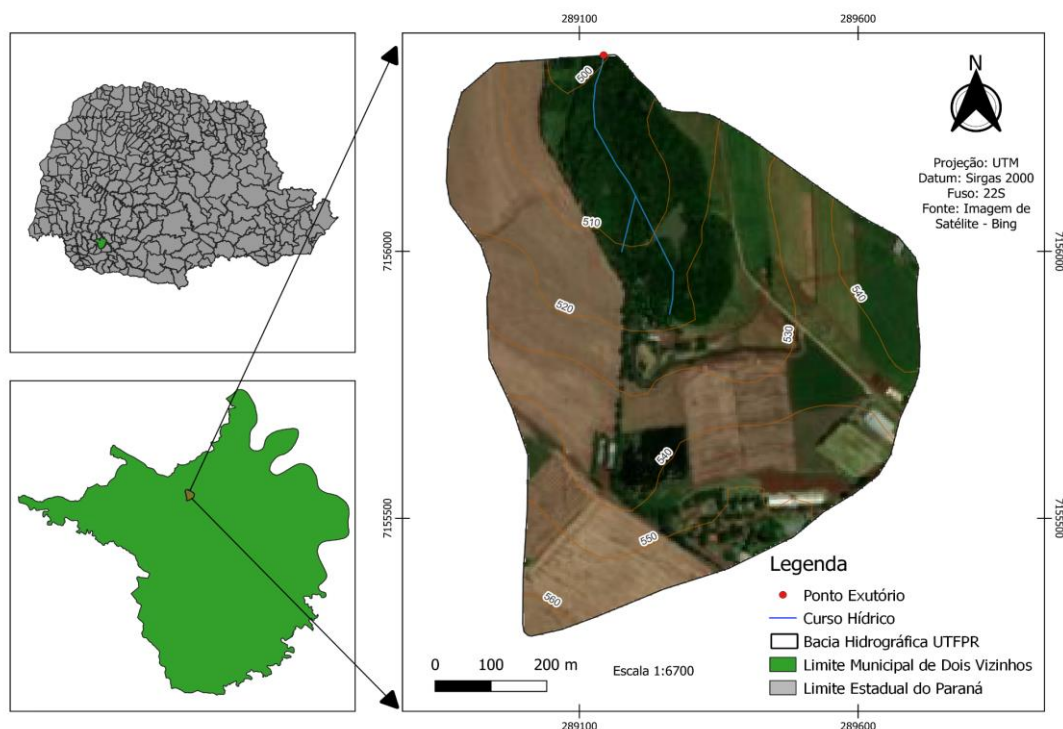
Para alcançar o objetivo geral, os processos a serem aplicados neste estudo foram apresentados em detalhes nesta seção, sendo iniciado com a descrição da área escolhida para este estudo, após a escolha da área foi realizada sua delimitação com o uso do *software* QGIS, onde delimitou-se o ponto exutório e a área.

Para a determinação do fator final da EUPS, foi necessário realizar a determinação individual de cada fator (Fator R, Fator K, Fator LS, Fator C e Fator P), encontrando assim, o Fator A, o fator de perda de solo. Após a determinação do Fator A, realizou-se o comparativo do resultado qualitativo com os dados obtidos *in loco*.

5.1 Descrição da área

A área de estudo é a fazenda experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR-DV, localizada no município de Dois Vizinhos, na região sudoeste do estado do Paraná (Figura 1). A bacia possui as coordenadas geográficas 25°41'55" de latitude Sul e 53°06'01" de longitude Oeste e altitude de 540 metros.

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica



Fonte: Autoria Própria (2023).

O clima desta porção territorial é classificado como *Cfa* – subtropical úmido segundo Koppen-Geiger, com precipitações acumuladas entre 1900 mm e 2200 mm por ano (ALVARES *et al.*, 2014). As temperaturas mínimas ocorrem no mês de julho (inferior a 18 °C) e as máximas no mês de janeiro (superior a 22 °C), com verões quentes e geadas menos frequentes, quando comparado com o restante da região Sul do Brasil (ALVARES *et al.*, 2014).

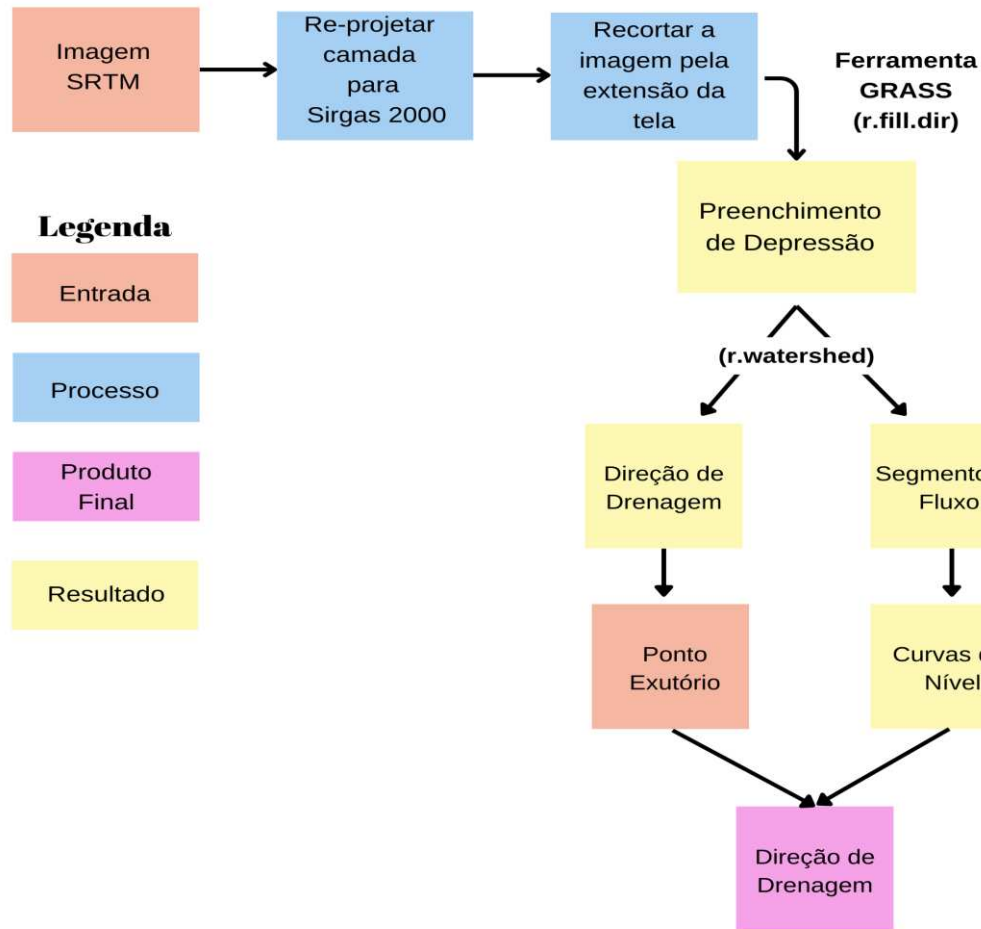
A bacia de estudo está localizada no município de Dois Vizinhos, o qual está situado no terceiro planalto, com formação de rochas basálticas da formação Serra Geral, com erosividade média da região de 10.000 a 12.000 MJ mm⁻¹ ha⁻¹ (WALTRICK *et al.*, 2015). Além disso, possui solo Latossolo/Nitossolo e teores médios de silte e altos de argila de 0,47, 0,45 e 0,08 kg kg⁻¹, respectivamente, e densidade de partícula de 2,89 g cm⁻³, camada de 0,0 – 0,15 m (GUGEL *et al.*, 2017). Estas proporções influenciam diretamente nas propriedades físicas e químicas do solo, como sua capacidade de retenção de água, aeração e fertilidade (EMBRAPA – SNLCS, 1984).

5.2 Processamento digital e delimitação da bacia hidrográfica

O processamento digital da BH foi realizado com o uso do *software livre QGIS* versão 3.28, aplicando a imagem do Modelo Digital de Elevação (MDE) proveniente da SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), obtida do TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>.)

O *software* QGIS foi adotado para o processamento da imagem SRTM, utilizando o componente GRASS para delimitação da BH (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma de delimitação



Fonte: Autoria Própria (2024).

Com a imagem SRTM aplicada ao QGIS realizou-se a reprojeção de camadas, adotando-se o sistema de referências Sirgas 2000, fuso 22S e projeção UTM. Para facilitar o trabalho, executou-se o recorte da imagem. Procedeu-se com o preenchimento das depressões utilizando a ferramenta GRASS, e obtendo-se os parâmetros de direção de drenagem e segmento de fluxo. Com os parâmetros encontrados, extraiu-se a curvas de níveis utilizando a ferramenta contorno do QGIS. Com os processos realizados e o ponto exutório determinado, obteve-se o contorno da BH de estudo.

Após os processos anteriormente citados, os arquivos de *raster* foram convertidos para arquivos de vetor, que são necessários para a determinação dos fatores da EUPS de maneira individual.

Utilizando-se dos dados encontrados foi determinado o mapa hipsométrico, uma ferramenta crucial na análise topográfica de uma região, revelando as variações altimétricas que caracterizam o seu relevo. Ao observar tais representações,

destacaram-se padrões que indicam a relação entre altitude e proximidade com elementos hidrográficos, como cursos d'água. As áreas próximas aos cursos d'água frequentemente exibiram uma tendência à planície, com altitudes mais baixas em comparação com regiões distantes desses corpos hídricos (OLIVEIRA; CURCIO, 2022).

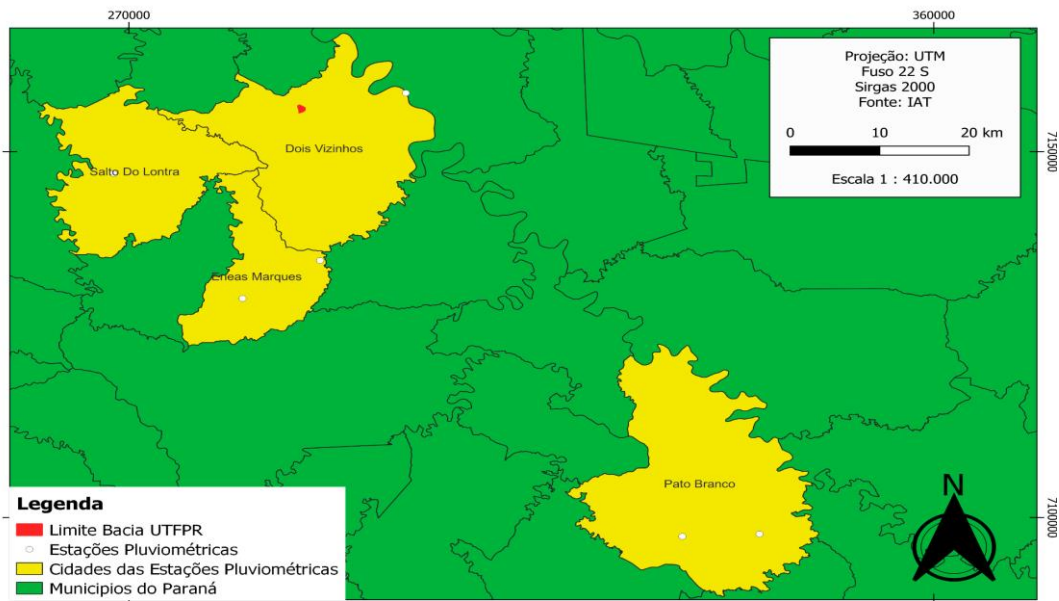
Frente ao mapa hipsométrico que representa as classes altimétricas de uma região por meio de variações de cores, a cor verde e suas nuances foram atribuídas às menores declividades, enquanto as cores quentes, como laranja e vermelho, refletiram nas maiores declividades (Figura 6). Essa codificação cromática ofereceu uma representação visual intuitiva das elevações na área, facilitando a interpretação e análise das características topográficas (OLIVEIRA; CURCIO, 2022).

5.3 Determinação dos fatores da EUPS

Nesse tópico descreve-se como foi determinado cada Fator para a aplicação da EUPS.

5.3.1 Fator R - Erosividade

Para compreender o regime sazonal das chuvas na região da BH de estudo, foram realizados levantamentos de dados de precipitação, utilizando estações pluviométricas localizadas próxima a bacia, nas cidades do Paraná de Sulina, Pato Branco, Dois Vizinhos, Enéas Marques, sendo duas estações desse último município, no bairro Pinhalzinho (Figura 3).

Figura 3 - Localização das estações pluviométricas

Fonte: Autoria Própria (2024).

A estação de Sulina fica a nordeste da bacia, a de Pato Branco a sudeste, a de Pinhalzinho a sul, a de Enéas Marques a sudoeste, sendo a de Dois Vizinhos a mais próxima da bacia, por estar no mesmo município.

O cálculo do Fator R foi baseado nos índices pluviais do mês de outubro no intervalo de 1992 a 2012. Essa decisão foi tomada considerando que os dados coletados a campo foram obtidos durante esse mês, devido aos elevados índices de precipitação e aos eventos de chuva mais intensos. Assim, o objetivo é assegurar que o fator final esteja alinhado com as observações feitas durante a coleta de dados em campo.

Para a compreensão do regime sazonal da chuva, foi escolhido estações pluviométricas próximas a bacia de estudo. Após a escolha e a partir do site do IAT (Instituto Água e Terra), na seção de Sistema de Informações Hidrológicas e opção Pluviometria – Relatórios de Alturas de Precipitação Anual, foi adicionado o nome da cidade de proximidade da bacia, a escala de 30 anos (1992 a 2012), selecionado as estações com dados disponíveis, e gerado o relatório em Arquivo XLS (planilha), resultando em planilhas para cada ponto escolhido, citados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estações pluviométricas e precipitação pluvial para outubro no intervalo de 1992 a 2012.

Estações		Coordenadas (UTM)		Precipitação (mm)	
		X	Y	Outubro	Anual
Sulina	01	331883.02	7097415.21	252.5	2.179,33
Pato Branco	02	340510.01	7097739.10	257.2	2.167,01
Dois Vizinhos	03	300956.10	7158013.05	255.1	2.165,16
Enéas Marques	04	282704.04	7129929.93	282.3	2.177,89
Pinhalzinho	05	291361.52	7135118.79	264.2	2.109,10

Fonte: Autoria Própria (2023).

Selecionado os dados do mês de outubro do ano de 2022 e inseridos os dados no *software* QGIS, foi realizada a interpolação dos dados adicionados, obtendo-se os dados de chuva, gerando assim um *raster* de pluviosidade. Com o propósito de calcular o Fator R, utilizou-se a Equação 1 proposta por Rufino *et al.* (1993). O autor prescreve que para cada área de estudo, deve-se adotar um modelo de equação específica, assim, a microbacia em estudo está situada na Região 6. No modelo, o autor sugere valores para os parâmetros a e b. Consequentemente, a equação é empregada mensalmente, resultando no valor de EI (Erosividade média mensal). Esse cálculo foi realizado para o mês de outubro, assim obtendo um *raster* (imagem resultado) com o valor do Fator R.

$$R = \sum_i^n EI = a + b \cdot \left(\frac{p^2}{P}\right) = 107,52 + 46,86 \cdot \left(\frac{p^2}{P}\right) \quad (1)$$

onde:

R: Erosividade da chuva (MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹);

EI: Erosividade média mensal (MJ mm ha⁻¹ mês⁻¹);

p: Precipitação média mensal (mm);

P: Precipitação média anual (mm);

a, b: Índices da equação variáveis para cada região.

A Tabela 2 possibilita a classificação da erosividade em classes, onde cada intervalo de valores em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ indica uma categoria baseada na intensidade da erosividade anual, conforme proposto por Carvalho (1994).

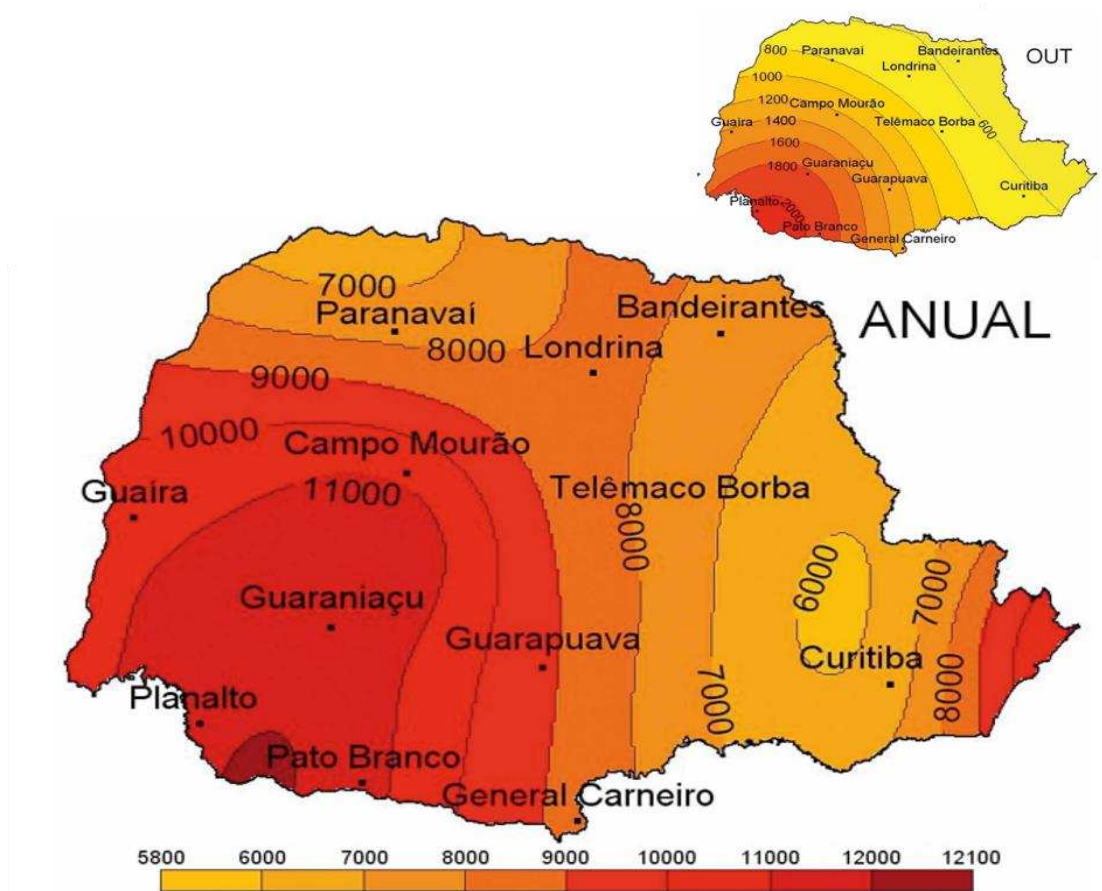
Tabela 2 - Classificação de erosividade

Erosividade ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)	Classe de erosividade
R < 2452	Erosividade fraca
2452 < R < 4905	Erosividade média
4905 < R < 9810	Erosividade média - forte
7357 < R < 9810	Erosividade forte
R > 9810	Erosividade muito forte

Fonte: Carvalho (1994).

No Estado do Paraná, existem diferenças significativas na erosividade das chuvas que afetam seu território, logo a erosividade pode ser definida como a capacidade potencial das chuvas de causar erosão (WALTRICK *et al.*, 2015). Conforme os autores, do ponto de vista da distribuição geográfica, os valores mais elevados de erosividade ocorrem nas extremidades do Estado, ou seja, nas regiões oeste, sudoeste e no litoral, enquanto os valores mais baixos são encontrados nas regiões centrais (Figura 4).

Figura 4 - Mapa de linhas isoerodentes médias anual e para o mês de outubro para o Estado do Paraná



Fonte: Adaptado de Waltrick *et al.* (2011).

Nota: Unidade em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{ano}^{-1}$

5.3.2 Fator K - Erodibilidade

Para a análise do Fator K, utilizou-se o mapa temático pedológico, que foi aproximado para melhor visualização dos solos (Figura 5), para o levantamento do tipo de solo, mapa este disponível no site do IAT na parte dos Dados e Informações Geoespaciais Temáticos. Utilizando da literatura, encontrou-se os valores de erodibilidade ($\text{t h MJ}^{-1} \text{mm}^{-1}$) para cada tipo de solo (Tabela 3).

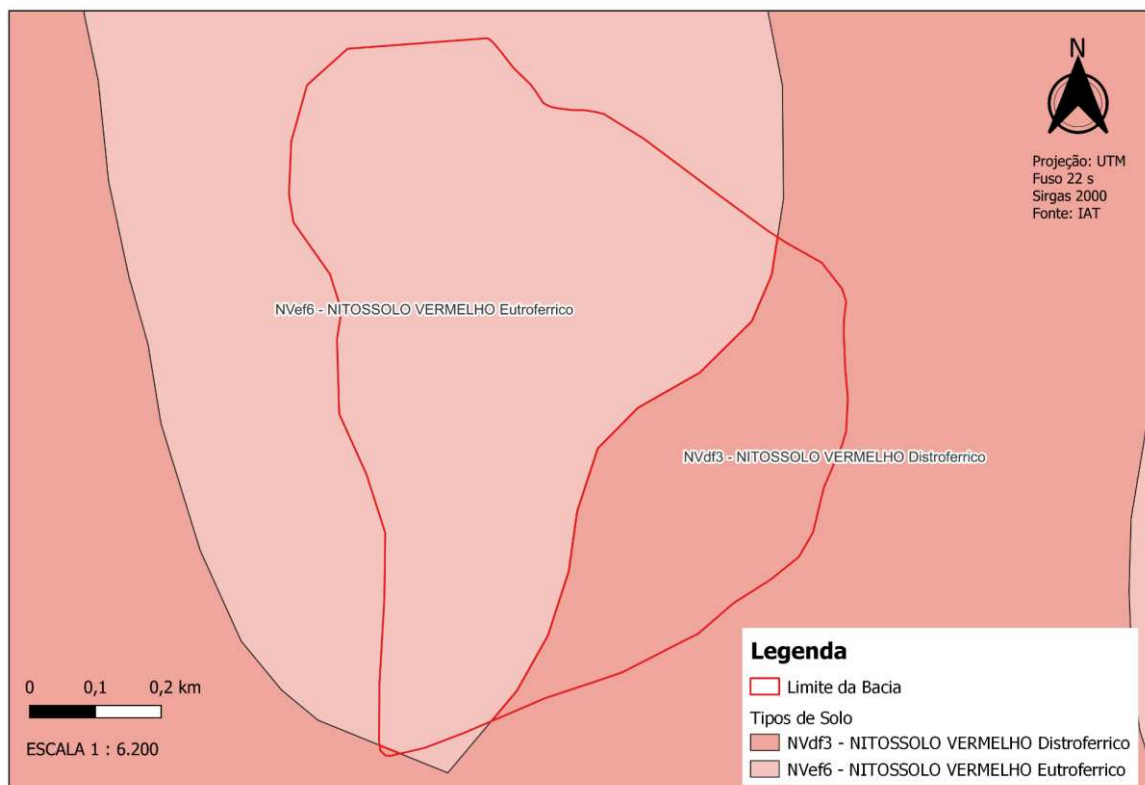
Tabela 3 - Erodibilidade dos solos

Tipo de solos	Erodibilidade ($t\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$)
Nitossolo Vermelho Distroférrico	0,0130
Nitossolo Vermelho Eutroférrico	0,0317

Fonte: Mannigel *et al.* (2002)

Posteriormente, o valor encontrado do Fator K foi introduzido ao mapa pedológico, que foi aproximado na região da bacia para melhor compreensão (Figura 5). Para a realização desse projeto, no QGis foi aberta a tabela de atributos e o valor adicionado para cada solo correspondente. Vale ressaltar que, tomou-se o devido cuidado para que todos os arquivos e valores estivessem no mesmo formato. Dessa forma, obteve-se o mapa da bacia, com os valores do Fator K.

Figura 5 - Tipos de solo da região da bacia hidrográfica



Fonte: Adaptado de IAT, 2024.

5.3.3 Fator LS - Fator Topográfico

Para obtenção do valor do LS foram utilizados como base de cálculo a Equação 2, desenvolvida por Moore e Wilson (1992), que deriva da teoria da energia de fluxo, sendo adaptada para a aplicação no QGIS.

$$LS = \left(\frac{As}{22,13} \right)^{0,4} \times \left(\frac{\sin\beta}{0,0896} \right)^{1,3} \quad (2)$$

onde:

LS: Fator topográfico;

As: Área de influência específica;

β : Ângulo de inclinação.

Para o cálculo do fator LS, o procedimento iniciou-se com o cálculo do fator L em seguida, o fator S. Após isso, multiplicaram-se os dois *raster*. Utilizou-se o *raster* do MDF com as correções referentes ao preenchimento das falhas e a partir desse *raster*, obteve-se o *raster* de declividade em graus. Com o mesmo calculou-se a variável beta (β) usando a calculadora *raster*, gerando assim um novo arquivo que representou o beta calculado com a equação.

Seguidamente, utilizou-se o QGIS e a ferramenta GRASS, encontrando a direção de fluxo e a acumulação de fluxo. Na calculadora *raster*, empregou-se os três últimos *rasters* gerados e obteve-se como resultado o Fator L.

Por fim, para o cálculo do Fator S usou-se a ferramenta calculadora *raster*, dentro do complemento SAGA, aplicando-se o *raster* de declividade para encontrar o Fator S. Então com a calculadora *raster* do QGIS, multiplica o Fator L e S encontrado, identificando o Fator LS.

A classificação realiza-se com a intensidade de influência do Fator LS (Tabela 4), juntamente com o resultado do cálculo do Fator LS, dividindo-os em quatro intervalos de acordo com o potencial de erosão, variando de 0-2, 2-5, 5-15 e <15. O Fator LS está associado ao aumento da declividade do terreno, contribuindo para seu incremento à medida que a inclinação aumenta (MICHETTE, 2015).

Tabela 4 - Classificação do Fator LS

Intervalo do Fator LS	Classificação
Baixo	0 - 2
Moderado	2 – 5
Alto	5 – 15
Muito Alto	> 15

Fonte: Michette, (2015)

5.3.4 Fator C – Uso e Manejo da terra

A presença de cobertura vegetal exerce uma influência significativa no manejo do solo, especialmente quando há presença de vegetação nativa, impactando diretamente os níveis de perda de solo (ALMEIDA et al., 2012). Calculou-se o Fator C, que é o fator de Uso e Manejo da Terra com a imagem de satélite onde classificou-se os tipos de uso e cobertura do solo, método que foi realizado manualmente dentro do QGIS. A cada classe identificada foram atribuídos os valores listados na Tabela 4.

Tabela 5 - Classes de uso do solo e valores C

Classes	Fator C	Descrição
Vegetação rasteira	0,01	Vegetação de porte rasteiro abaixo
Agricultura	0,02	Vegetação de porte baixo a médio
Vegetação porte médio	0,00004	Vegetação de porte médio à grande
Área impermeável	0	Ocupação Antrópica
Açude	0	Água

Fonte: Ferreira et al. (2012); Bueno & Stein (2004).

Após a delimitação das áreas gerou-se o mapa de uso e ocupação do solo, no qual adicionou-se os valores de C na tabela de atributos e transformou o mapa que estava em formato vetor para *raster*, tendo como resultado da Imagem

5.3.5 Fator P - Práticas Conservacionistas

Para compreender o uso dos terraços, foi calculado o Fator P, tanto com a utilização dos terraços quanto sem eles, a fim de realizar uma comparação do fator de perda de solo final. Essa etapa seguiu a metodologia desenvolvida para condições brasileiras, conforme descrito por Lombardi Neto e Bellinazzi Júnior (1994), que dimensiona os espaçamentos vertical (EV) e horizontal (EH) entre os terraços.

Com base nos dados contidos na Tabela 5 apresentada acima, adaptada de Foster e Highfill (1983), determinou-se o número de multiplicação para os terraços. Esse valor de multiplicação foi então aplicado à área do fator C, e utilizou-se duas situações, primeiro onde todas as áreas de agricultura contêm terraços e segundo onde nenhuma das áreas agrícolas utilizam terraços. Além disso, adotou-se os terraços como sendo menores de 33,528 metros, gerando dois mapas do fator P: um com terraços na área agrícola e outro para a área agrícola sem terraços, permitindo a realização de uma comparação.

O arquivo vetorial que continha os polígonos foi transformado em um formato *raster*, no qual as células tinham dimensões de 30x30 metros. Durante esse processo, os valores dos *pixels* foram reclassificados, atribuindo o valor 0,5 para multiplicar o valor de C. Isso possibilitou uma representação mais detalhada e compatível com os dados *raster* de 30x30 metros, facilitando a análise e interpretação da presença ou ausência de terraços na área mapeada.

Com o método proposto por Lombardi Neto e Bellinazzi Júnior (1994), o *raster* com terraço foi utilizado o valor 0,5 para as áreas de agricultura (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores do fator P para diferentes espaçamentos horizontais entre os terraços EH

EH		Fator P
Pé (ft)	Metro (m)	Terraço
<110	<33,528	0,5
110-140	33,528 – 42,672	0,6

Fonte: Adaptado de Foster e Higfill (1983).

5.4 Cálculo da Equação Universal da Perda de Solo

Os autores Wischmeier e Smith (1978) desenvolveram a EUPS para estimar a perda anual de solo devido à erosão laminar. No processo de cálculo, arquivos *raster* de cada fator (R, K, LS e CP) foram incorporados no software QGIS. Utilizando a ferramenta "Calculadora Raster", esses fatores foram multiplicados de acordo com a Equação 4, resultando em um novo *raster*. Para tornar a interpretação dos resultados mais fácil, a Tabela 7 foi empregada para comparar os dados com base nas classes potenciais de erosão.

Tabela 7 - Classes Potencial à Erosão

Classificação (Potencial)	Potencial à Erosão (Mg ha⁻¹ ano⁻¹)
Muito baixo	5
Baixo	5 – 10
Médio	10 – 20
Alto	20 – 50
Muito alto	>50

Fonte: FERREIRA; OKA-FIORI; KOZCIAK (2012).

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (4)$$

onde:

A: Perda de solo (t ha⁻¹ano⁻¹);

R: Fator da Erosividade da chuva (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹);

K: Fator da Erodibilidade do solo (t h MJ⁻¹ mm⁻¹);

L: Fator de Comprimento da rampa (adimensional);

S: Fator do grau de declividade (adimensional);

C: Fator de uso e manejo (adimensional);

P: Fator prática conservacionista (adimensional).

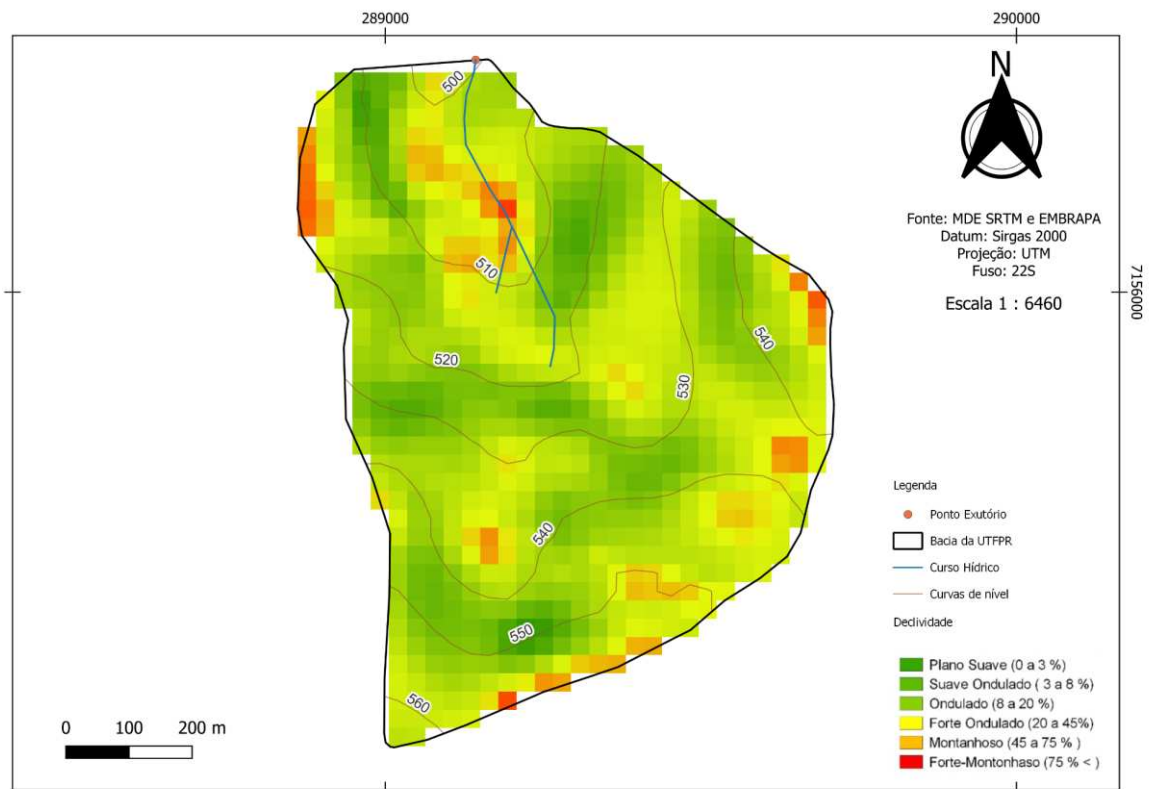
6 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa revelaram informações significativas e padrões relevantes relacionados ao cálculo dos fatores da EUPS, destacando a influência dos fatores R, K, L, S, C e P na obtenção do resultado final da perda de solo. Informações mais detalhadas foram apresentadas na sequência.

6.1 Características da bacia

A BH analisada tem uma área de 0,618 km², um perímetro de 3,159 km, uma largura média de 0,88 km, um comprimento do seu curso principal de 1,35 km e a soma total dos afluentes do curso d'água de 2,248 km. O padrão de drenagem da microbacia, conforme descrito por Christofolletti (1974), foi caracterizado como dendrítico, assemelhando-se a configuração ramificada de uma árvore. Nesse contexto, os cursos d'água principais se conectam por meio de afluentes menores, e tal organização permite uma eficiente distribuição da água ao longo da bacia, refletindo a influência da topografia e da geologia na formação desse padrão específico de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1974).

Figura 6 - Mapa hipsométrico e curvas de nível.



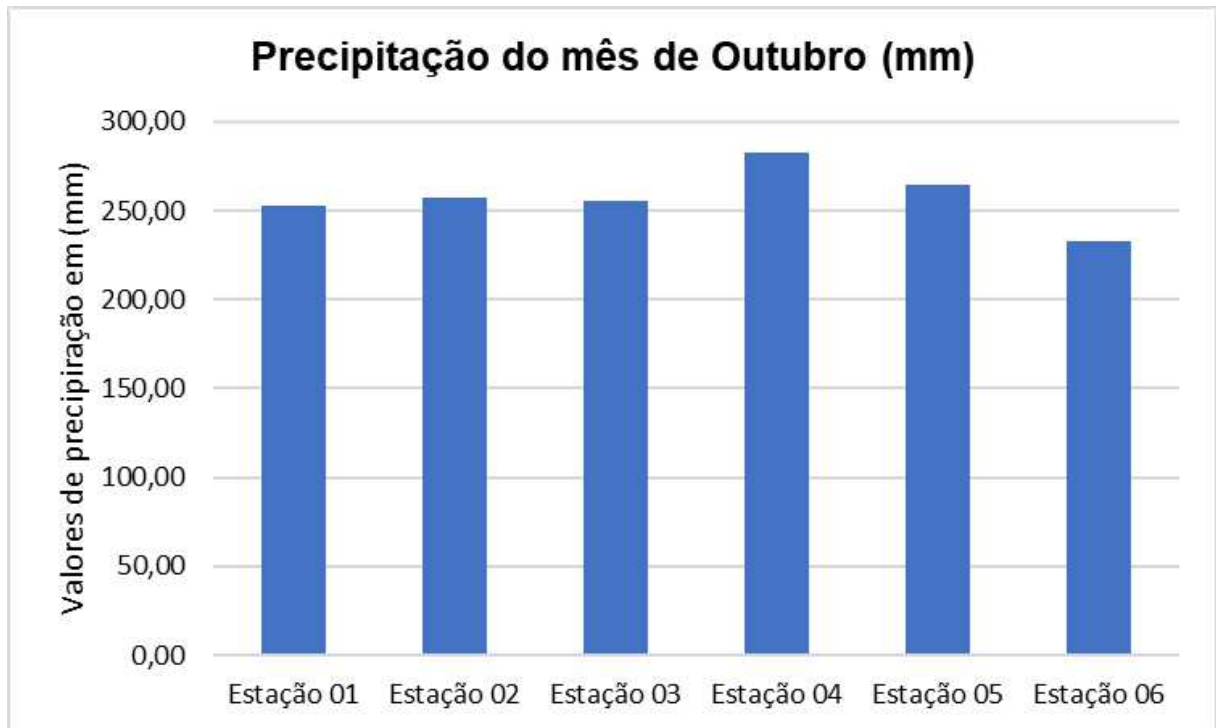
Fonte: Autoria Própria (2023).

Ao analisar o mapa apresentado na Figura 6, observa-se que a área de estudo apresenta predominantemente declividades que variam de “Suave Ondulado” a “Forte Ondulado”. Nota-se que essas variações acompanham as curvas de nível. A área também inclui alguns pontos de relevo “Forte Montanhoso”, embora sejam de extensão limitada. As diferentes elevações e declividades identificadas no mapa hipsométrico são fundamentais para compreender a suscetibilidade à erosão na área. Terrenos mais inclinados, especialmente nas zonas montanhosas, são mais propensos à erosão, especialmente sob condições de chuvas intensas. Essas informações são cruciais para o planejamento do uso da terra, indicando áreas que necessitam de práticas conservacionistas mais intensivas, como a implementação de terraços e outras medidas de controle de erosão (ARAUJO *et al.*, 2018).

6.2 Fator R

As estações escolhidas exibiram-se valores de precipitação para a média história de 30 anos (1992-2022), para o mês de outubro, sendo: Estação 01 de Sulina 252.5 mm, Estação 02 de Pato Branco: 252.2 mm, Estação 03 de Dois Vizinhos: 255.1 mm, Estação 04 Enéas Marques: 282.3 mm e Estação 05 de Pinhalzinho: 264.2 mm, indicando uma uniformidade nos padrões de chuva para o mês ao longo dos anos analisados (Figura 7).

Figura 7 - Precipitações dos meses de outubro dos últimos 30 anos (1992-2022)



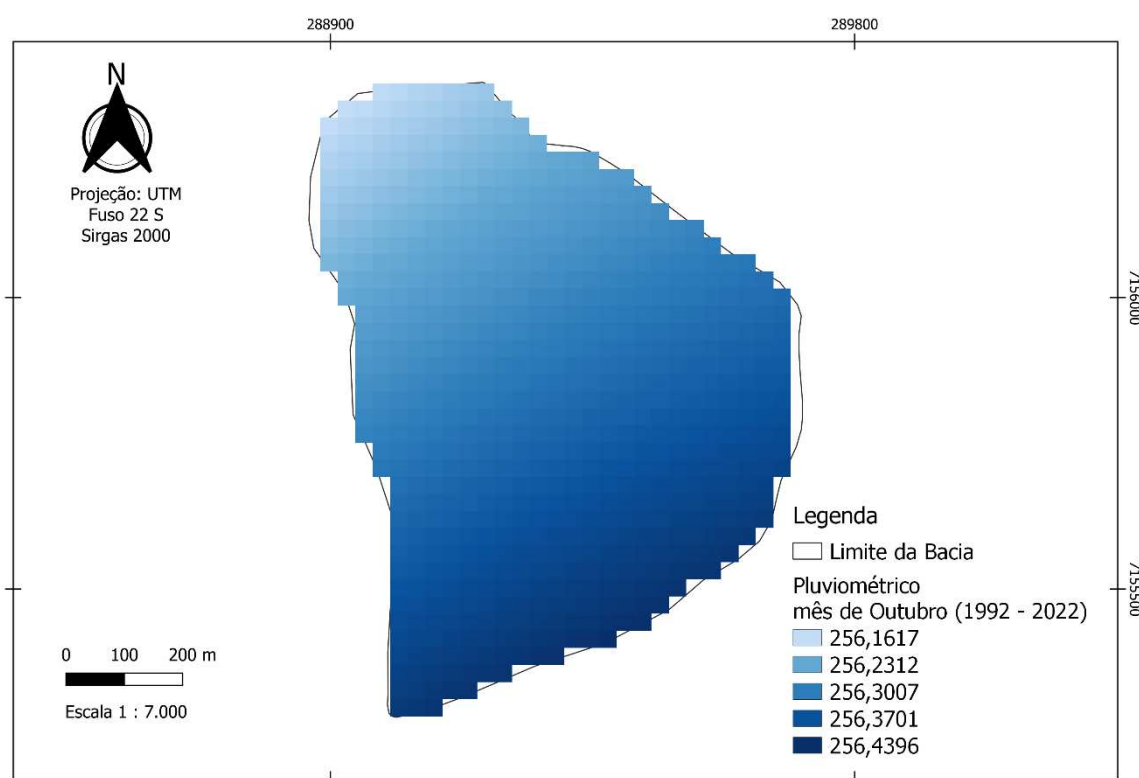
Fonte: Autoria Própria (2023).

Vale ressaltar que, o mês de outubro é caracterizado pela chegada da primavera na Região Sul do Brasil, onde a área avaliada está inserida. Neste período, há um aumento na ocorrência de raios e complexos convectivos, os quais resultam em uma grande quantidade de precipitação em curtos períodos, representando a maior precipitação anual, atingindo 286 mm para o mês de outubro, logo quanto maior é a intensidade de chuva, maior a probabilidade de lixiviação (METSUL, 2023). Por outro lado, o mês de julho registra a menor precipitação, com apenas 72,7 mm, de acordo com estudos realizados por Cavalcanti *et al.* (2009).

Tem-se também que uma das características distintivas de outubro é que este mês é considerado um dos meses mais tempestuosos do ano na região Sul do país. Isso se deve à convergência das massas de ar frio e quente, juntamente com a influência de áreas de baixa pressão e sistemas convectivos de mesoescala, que são aglomerados de nuvens carregadas (METSUL, 2023).

Na Figura 8 apresenta-se o mapa da precipitação espacialmente distribuída sobre a bacia, que variou de 256,1617 mm mês⁻¹ ano⁻¹ até 256,4396 mm mês⁻¹ ano⁻¹, podendo observar que na região sudeste o índice de precipitação foi maior que na parte noroeste da bacia.

Figura 8 - Mapa Pluviométrico do mês de outubro dos anos 1992 a 2022.



Fonte: Autoria Própria (2023).

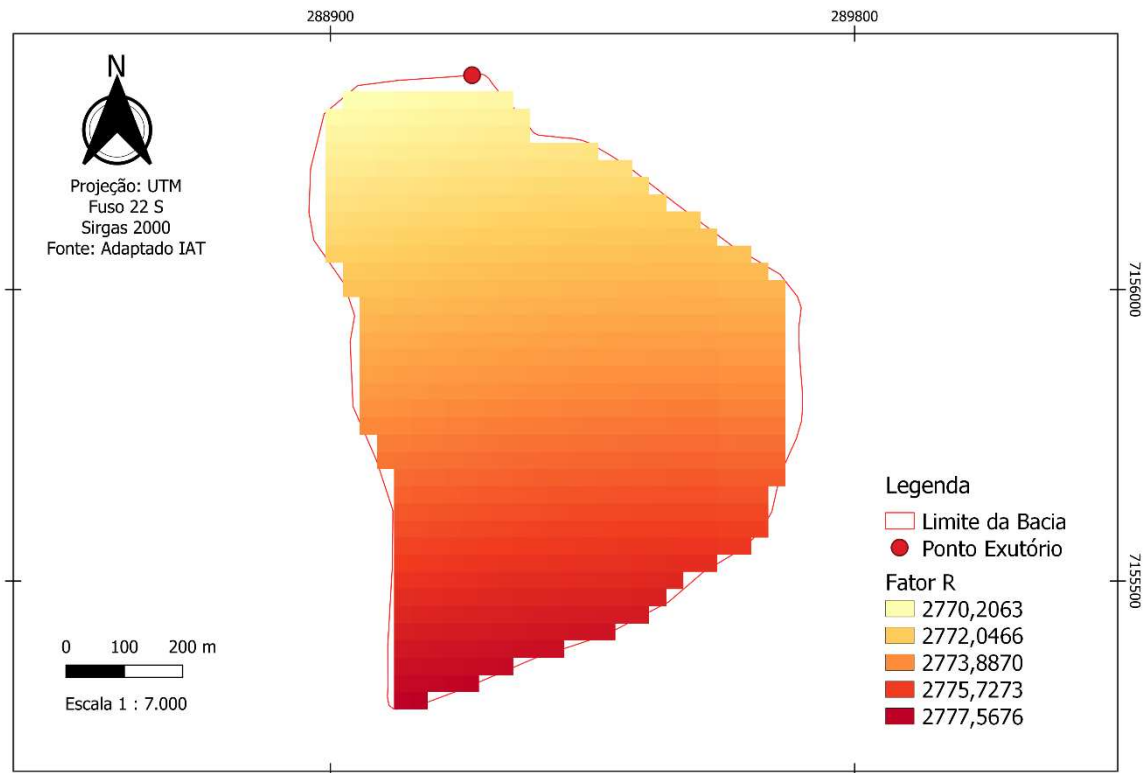
Observou-se uma maior incidência de precipitação nas áreas sudoeste, devido à intensidade mais acentuada das chuvas nessa estação em comparação com as demais. A região noroeste, por outro lado, apresentou um índice pluviométrico menor, possivelmente devido ao efeito de escala, uma vez que não dispomos de

estações analisadas nessa área. Dessa forma, a intensidade concentrou-se predominantemente nas regiões sul e sudoeste da bacia.

A maior preocupação em relação a esses índices de erosividade no mês de outubro residiu no fato de que é um mês com menor cobertura vegetal, devido ao recente plantio e à pós-colheita das culturas (WALTRICK *et al.*, 2015). Essa condição aumenta o potencial de erosão hídrica, especialmente quando combinada com a exploração do solo por métodos convencionais (WALTRICK *et al.*, 2015). Fica evidente, portanto, a necessidade premente de adotar práticas conservacionistas do solo para mitigar os impactos negativos desse cenário.

Paralelamente, ao identificar as áreas com maior precipitação (Figura 8), tem-se que as mesmas apresentam a maior erosividade (Figura 9), podendo estar associado aos impactos das gotas de chuva, que resultam na desagregação das partículas do solo, um processo que se intensifica quando o solo está desprotegido (WALTRICK *et al.*, 2015). Portanto, em casos de chuvas intensas e com pouca proteção do solo, a perda de solo é significativa. Isso se aplica a esta bacia, uma vez que a quantidade de vegetação presente é baixa.

Figura 9 - Fator R (MJ.mm/ha.h.ano) do mês de outubro



Fonte: Autoria Própria (2024).

Com os dados coletados *in loco*, pode-se provar essa análise, pois o Índice de Erosividade (EI_{30}) foi calculado. Conforme descrito por Wischmeier & Smith (1978), o produto da energia cinética da chuva, multiplicado pela sua intensidade máxima em 30 minutos, representa os efeitos combinados do impacto das gotas e das turbulências, juntamente com a capacidade de transporte do escoamento superficial. Esse produto é conhecido como EI_{30} e é o índice mais amplamente utilizado para descrever a erosividade das chuvas por (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Durante os eventos com maior precipitação e com o acumulado de precipitação, obteve-se os maiores índices de erosividade dado em $J/m^2.mm/h$ (Tabela 8).

Tabela 8 - Dados obtidos *in loco* na bacia de estudo

Evento (Data)	A (m²)	P (mm)	El ₃₀ (J/m².mm/h)
6/out/2022	640100	28,28775	946,04
10/out/2022	640100	207,9866	8819,75
13/out/2022	640100	52,63131	2696,545
19/out/2022	640100	39,39591	3341,452
20/out/2022	640100	38,52045	295,1867
29/out/2022-1	640100	26,48668	1384,429
29/out/2022-2	640100	38,54049	1935,821
30/out/2022	640100	32,83079	879,1264
31/out/2022	640100	23,63182	695,9813
Total outubro	-	488,3118	20.994,331

Fonte: Autoria Própria (2023).

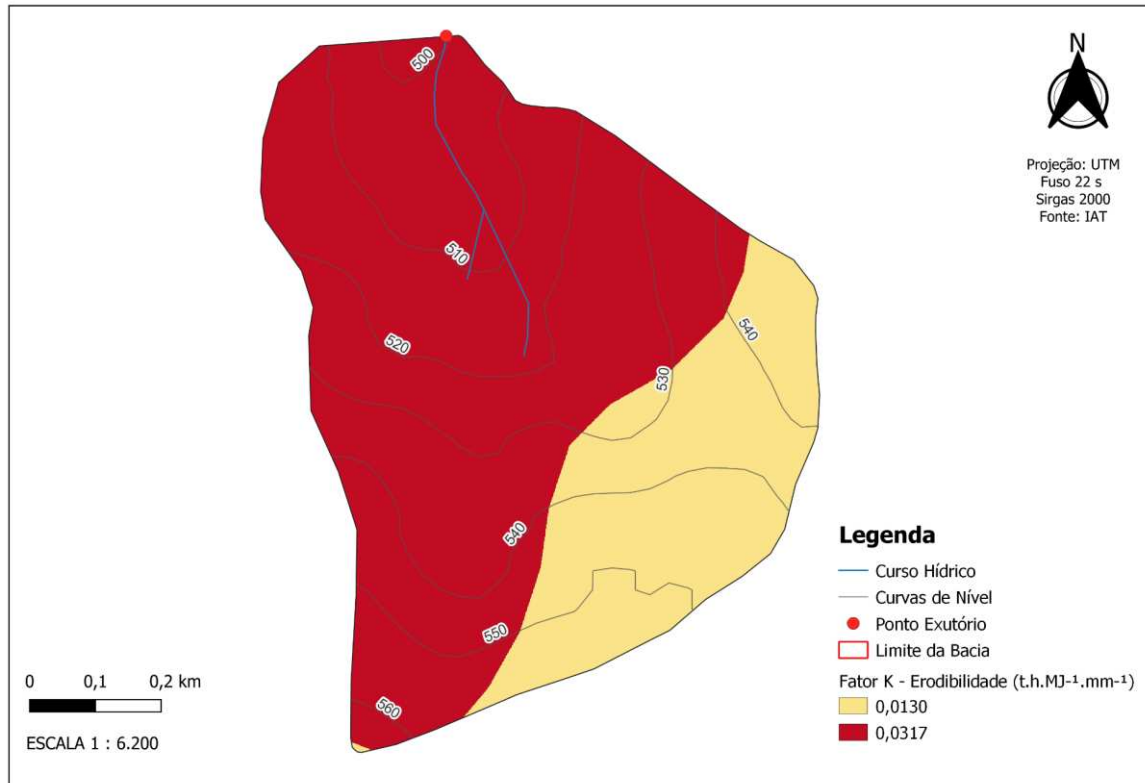
Corroborando com as conclusões das pesquisas realizadas pelos autores Rufino *et al.* (1993) e Waltrick *et al.* (2015), quando o índice pluviométrico é maior, o que envolve a quantidade de precipitação pluviométrica em uma região específica durante um período determinado, isso indica que houve uma maior quantidade de chuva naquela área durante o período considerado.

6.3 Fator K

O fator k destaca-se como o componente mais complexo na equação. Ele é altamente sensível e tem o potencial de causar variações significativas nos resultados das estimativas de erosão (JUNIOR, 2023). Assim identificou-se, com ajuda da literatura, que na bacia de estudo, ocorrem dois tipos de solo sendo eles: o NVdf3 – Nitossolo Vermelho Distroférico e o NVef6 – Nitossolo Vermelho Eutroférico (Figura

10) (PRADO; NÓBREGA, 2005). Como observado, o Nvef6 predomina na área de estudo, apresentando características de textura muito argilosa (NUNES, 2020)

Figura 10 - Mapa de erodibilidade (Fator K) dos solos.



Fonte: Autoria Própria (2023).

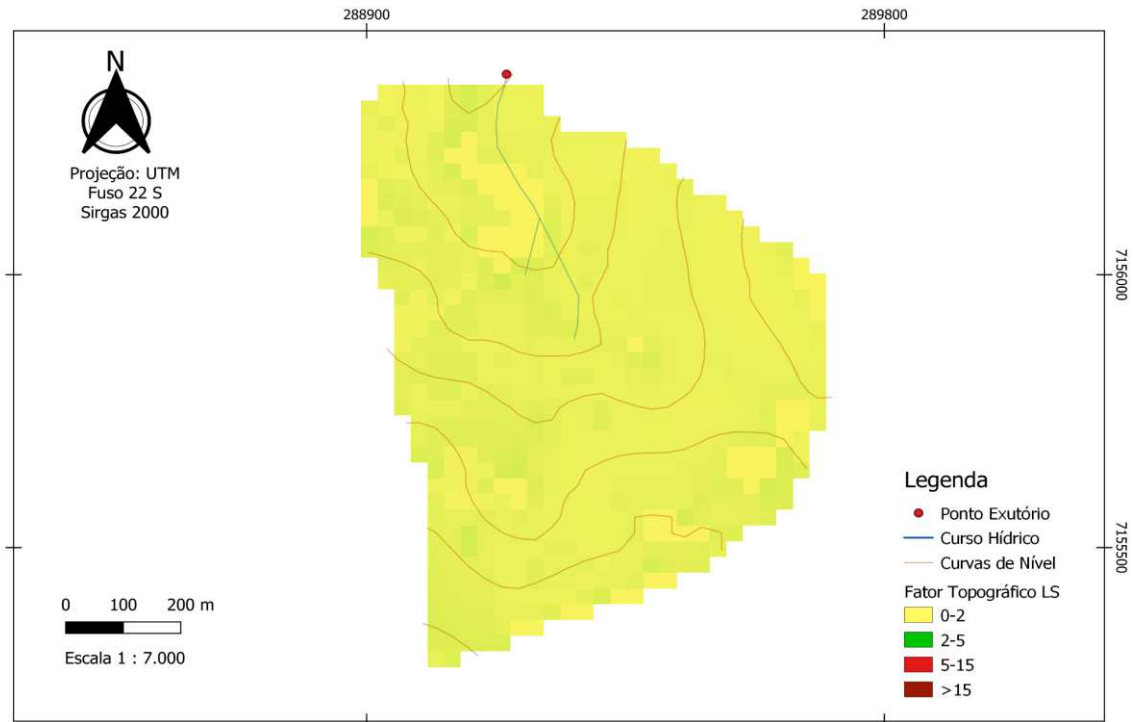
Estes solos, possuem grande potencial para agricultura e produção de grãos, necessitando também de adequado manejo do solo, especialmente relacionado ao tráfego de máquinas, devido às características intrínsecas. Isso inclui a presença de estrutura em blocos com um nível mais avançado de desenvolvimento, resultando inevitavelmente em uma menor velocidade de infiltração de água (GOMES *et al.*, 2011).

Os desafios relacionados à suscetibilidade à erosão são predominantemente moderados, podendo atingir níveis mais acentuados em casos específicos, como em locais onde ocorre variação do relevo, que pode variar de ondulado a fortemente ondulado. Deve-se considerar também a quantidade de tráfego de máquinas pesadas na área, devido aos dois cultivos anuais, além do poder erosivo das chuvas em toda a região. Nesse contexto, torna-se essencial a implementação de terraços, alguns com base estreita ou até mesmo de base invertida (BOGNOLA et al., 2020). Assim, sabe-se que o tipo de solo predominante na bacia necessita de práticas conservacionistas para seu melhor uso, sem agredi-lo.

6.4 Fator LS

Referente ao Fator LS, pode-se observar que há uma predominância na classificação de 2-5, a direita do curso hídrico, indicando que tem um fator LS moderado. Além disso, pode-se observar também que em alguns pontos da bacia o índice sobe, passando para os fatores 5-15 e >15 principalmente na área a esquerda do curso hídrico (Figura 11).

Figura 11 - Fator topográfico LS da bacia hidrográfica.



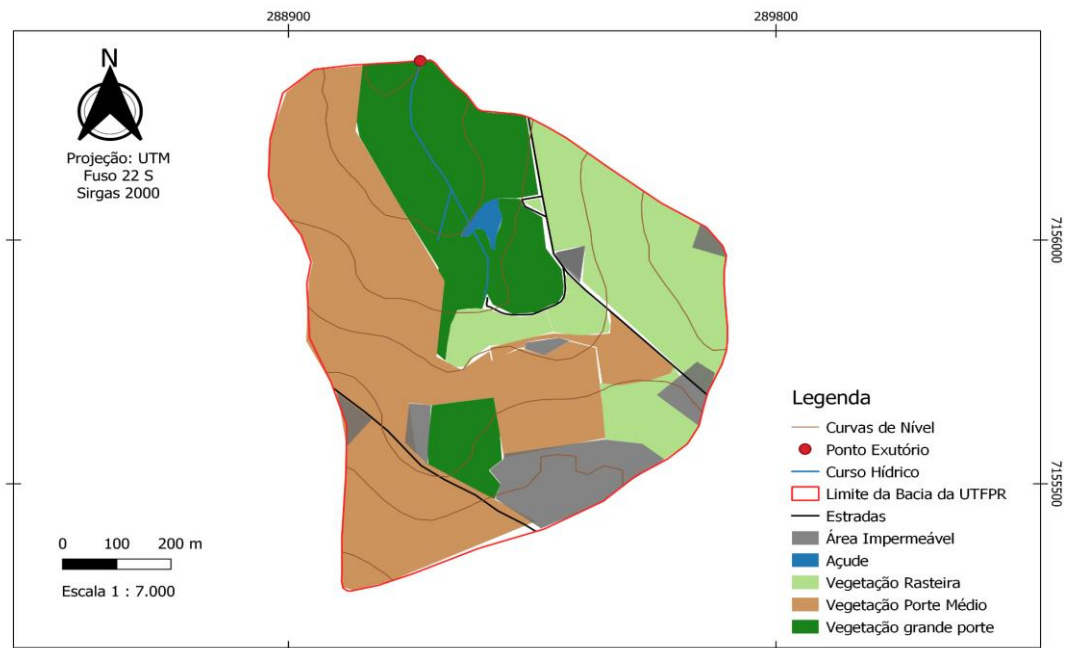
Fonte: Autoria Própria (2023).

Ao analisar os valores obtidos, observou-se que à esquerda encontra-se os mais íngremes e tendem a apresentar valores mais elevados. Além disso, a predominância de valores com menor declividade. Conforme apontado por Bertono; Lobardi Neto (2008), o grau de declive influencia diretamente na velocidade do escoamento superficial, sendo um fator significativo na determinação do potencial de carregamento pela erosão em termos de tamanho e quantidade de material transportado.

Essa relação entre o índice topográfico e o potencial erosivo do escoamento superficial destacou a importância de se considerar a topografia ao avaliar os riscos de erosão em determinadas áreas.

6.5 Fator C

Através do mapeamento de uso e ocupação do solo da microbacia (Figura 12), foi possível realizar uma interpretação visual que evidenciou a predominância de áreas destinadas à agricultura, algo já esperado, em vista do histórico da região sudoeste do Paraná.

Figura 12 - Fator C Uso do solo.

Fonte: Autoria Própria (2023).

Essa predominância da agricultura, embora contribua para o desenvolvimento econômico, também pode desencadear impactos negativos quando não realizado as práticas conservacionistas para mitigar os impactos gerados pelas atividades de modificação do ambiente natural. Quando o solo é inadequadamente manejado, enfrenta consequências, como erosão, contaminação da água e significativos prejuízos financeiros (RUAS, 2021). De maneira sinérgica, a perda de nutrientes não apenas encarece a produção, mas também acarreta consequências negativas para o produtor e, de maneira mais ampla, para toda a humanidade, comprometendo não apenas a viabilidade econômica da produção agrícola, mas também a sustentabilidade ambiental e segurança alimentar em escala global (RUAS, 2021).

6.6 Fator P

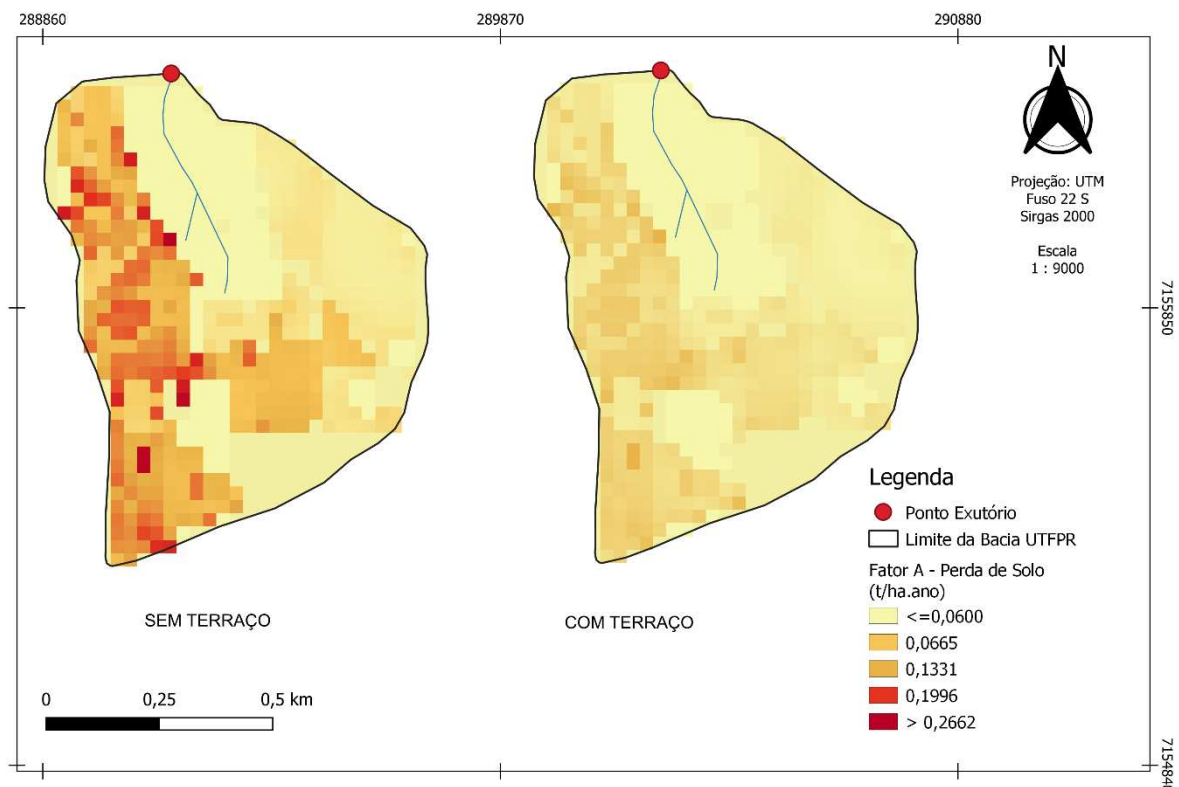
Para o fator P, que é o fator de práticas conservacionistas, pode-se afirmar que é o fator mais crucial do ponto de vista do planejamento de conservação (ALMEIDA *et al.*, 2012). Os resultados encontrados foram dois arquivos do tipo *raster*, com valores de dados internos apresentados no software. Esses arquivos *raster* não geraram mapas, como os demais, mas forneceram dados extremamente importantes

para o cálculo final, contribuindo de maneira crucial para a análise precisa e eficaz da suscetibilidade à erosão na região estudada, visto a importância do fator P conforme apresentado pelo autor Almeida *et al.* (2012).

6.7 Fator A

A aplicação da EUPS resultou no mapa de potencial à erosão, como ilustrado na Figura 13. Isso possibilitou a realização de uma análise quantitativa em termos da área de perda de solo na bacia. Ao analisar os resultados, podemos observar que as áreas destinadas à produção agrícola, representadas no mapa à direita e sem o uso de terraços, apresentam uma probabilidade significativamente maior de perda de solo, podendo enfrentar sérios problemas relacionados à degradação do solo, resultando na perda de sua fertilidade.

Figura 13 - Mapa de perda de solo na bacia hidrográfica



Fonte: Autoria Própria, 2023.

Uma observação a ser realizada foi quanto a intensa erosão hídrica nessas regiões, gerando como consequência, a diminuição da produtividade ao longo do

tempo, afetando negativamente a sustentabilidade e a viabilidade econômica das atividades agrícolas. Além disso, foi possível notar que as áreas onde há agricultura sem terraços podem ocorrer maior perda de solo. Comparando essa mesma região no outro mapa onde apresentam os terraços, foi possível observar que as medidas de conservação do solo podem mitigar os impactos da erosão e garantir a manutenção da produtividade e da saúde do solo em longo prazo (EMBRAPA, 2021).

Percebeu-se que quando as cores do mapa se aproximaram de vermelho (> 0,26 t/ha.ano), apresentaram maior probabilidade de perda de solo. No mapa a direita, essas características estão concentradas principalmente nas regiões noroeste e sudoeste da bacia. Nas outras regiões notou-se variação das cores amarela, com os valores próximos a 0,06 t/ha.ano, áreas estas com vegetações (Tabela 9).

Tabela 9 - Perda de solo na bacia				
Perda de solo (t/ha ano)	Sem Terraço		Com Terraço	
	Porcentagem	Área	Porcentagem	Área
	(%)	(km)	(%)	(km)
<= 0,06	56,69%	332,708	74,86%	462,752
0,0665 – 0,1330	21,32 %	148,564	25,14%	155,365
0,1331 – 0,1995	19,73%	123,587		
0,1996 – 0,2662	2,26%	2,26		

Fonte: Autoria Própria, 2024.

Foi perceptível a diferença em relação ao mapa à esquerda da Figura 13, onde foi assumido que toda a área agrícola possui terraços implantados. Neste mapa, não foram observados nas regiões noroeste e sudoeste pontos com perda de solo superior a 0,20 t/ha.ano-1.

Conforme destacado por Ferreira, Oka-Fiori e Kozciack (2012), às classes de perda de solo "Baixa" e "Muito Baixa" são consideradas valores mínimos em relação ao agravamento dos processos erosivos, sendo, portanto, intervalos desejáveis para assegurar uma boa conservação do solo. Para alcançar esses valores e, assim, reduzir a suscetibilidade à perda de solo por erosão laminar, é necessário buscar a alteração do valor do Fator C e no Fator P nessas áreas, uma vez que este é o único fator que pode ser modificado pela ação humana. Portanto, a transição de usos da terra, passando de práticas agrícolas e de pastagem convencionais para sistemas mais conservacionistas, como os agrossilvopastoris, poderia melhorar

significativamente a conservação do solo e, por conseguinte, dos recursos hídricos na bacia em estudo (FERREIRA; OKA-FIORI; KOZCIACK, 2012).

Com a citação acima, corrobora o que é observado na Imagem 13, pois quando se calcula o Fator A, considerando áreas com terraços, diminui-se a probabilidade de perda de solo.

6.8 Dados de Perda de Solo obtidos na Fazenda Experimental

No que tange os dados de precipitação, Índice de Erosividade (El_{30}) e Produção de Sedimentos (PS) da bacia, os dados estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Eventos de precipitação coletados em campo na bacia da UTFPR.

Data do evento	P (mm)	El_{30} (J/m² mm/h)	PS (kg)
6/out/2022	28,28775	946,04	10,90035
10/out/2022	207,9866	8819,75	3821,108
13/out/2022	52,63131	2696,545	84,65633
19/out/2022	39,39591	3341,452	148,5802
20/out/2022	38,52045	295,1867	239,4012
10/29/2022-1	26,48668	1384,429	72,02467
10/29/2022-2	38,54049	1935,821	141,6345
30/out/2022	32,83079	879,1264	171,8801
31/out/2022	23,63182	695,9813	113,7096
Total	488,3118	20.994,33	4.8033,895

Fonte: Adaptado dos dados encontrados em *in loco* (2023).

Os eventos ocorridos no mês de outubro de 2022 revelaram uma precipitação máxima na bacia de 207,99 mm/dia. Na primeira coleta, foi observada uma produção de sedimentos de 3821,1 kg. No primeiro dia de chuva, 06/10/2022, o registro de precipitação foi de 28,28 mm e com produção de sedimentos na coleta de 10,9 kg, enquanto no último dia do mês 31/10/2022 foi de 113,7 kg com precipitação de 23,63

mm. Observando esses dados notou-se que o acúmulo de chuva durante o mês fez com que aumentasse a produção de sedimentos.

Desta forma, quanto mais prolongada e intensa for uma chuva, e quanto mais dias ela perdurar, maior será o impacto no solo em termos de erosão hídrica. Esse fenômeno está relacionado ao aumento da energia cinética da chuva, que pode resultar em processos erosivos mais significativos, como a desagregação do solo e o transporte de sedimentos. Portanto, a duração, intensidade e frequência das chuvas são fatores essenciais a serem considerados ao avaliar seu impacto sobre o solo (TUCCI, 2005).

7 PRODUTO

Considerando a importância do terraceamento para as áreas agrícolas e conservação do solo e a qualidade hídrica disponível nas bacias hidrográficas, o produto fruto do desenvolvimento da pesquisa foi um *folder* informativo (Anexo A). Tal produto contém informações sobre alguns aspectos do terraço, bem como os resultados obtidos da EUPS. O objetivo do *folder* foi orientar os produtores rurais da região sobre a importância de manter e cuidar de seus terraços, destacando as inúmeras vantagens que essas estruturas oferecem para a preservação do solo em suas propriedades.

8 CONCLUSÃO

O emprego do geoprocessamento para a aplicação da EUPS em um *software* livre, como o QGIS, proporcionou uma sólida compreensão dos fatores associados à bacia analisada. Isso possibilitou entender suas interações com a dinâmica ambiental e antrópica. Além disso, essa abordagem permitiu a geração de dados que subsidiaram a identificação de regiões com maior perda de solo.

Com a aplicação da EUPS para a bacia de estudo, notou-se que o emprego de práticas conservacionistas pode contribuir para a redução da perda de solo, assegurando uma maior conservação em termos de fertilidade e produtividade, bem como na preservação dos recursos hídricos em relação aos sedimentos carreados para o curso d'água. Ao observar a bacia sem terraços, constatou-se que a mesma apresentava uma perda de solo qualitativamente mais considerável do que aquela com terraços. A bacia sem conservação revela potencial para perda de solo, embora não demonstre perdas significativas, principalmente devido à sua caracterização com um declive suave.

Ao comparar os dados coletados em campo com os dados obtidos por meio do geoprocessamento, concluiu-se que os terraços desempenham efetivamente seu papel na contenção da perda de solo, disciplinando o volume de escoamento das águas das chuvas que escoam superficialmente e perdem sua força, removendo uma quantidade reduzida de sedimentos do solo. Assim pode-se validar os resultados obtidos com a EUPS, pois o método confirma aquilo que foi levantado em campo, a conservação do solo por meio de terraços protege o solo e a BH de sofrer com uma perda e carreamento significativo do solo.

A ideia de realizar uma avaliação mais aprofundada com a mesma série histórica, tanto com dados obtidos *in loco* quanto aqueles coletados pela pesquisa, é de grande relevância para estudos futuros. Além disso, a utilização de imagens mais próximas do local de estudo, que permitam uma resolução mais detalhada dos mapas, seria um aprimoramento significativo. Essa abordagem mais abrangente e precisa contribuiria para uma compreensão mais completa e refinada dos fenômenos estudados, proporcionando *insights* valiosos para futuras investigações e planejamento de conservação.

REFERÊNCIAS

ABDELWAHAB, O. M. M.; BINGNER, R. MILILLO, F.; GENTILE, F. Effectiveness of alternative management scenarios on the sediment load in a mediterranean agricultural watershed. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 45, n. 3, p. 125-136. 2014.

ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SCINIVASAN, V.S.; SANTOS, J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 136-141, 2002.

ALEWELL, C.; BORRELLI, P.; MEUSBURGER, K.; PANAGOS, P. Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. **International Soil and Water Conservation Research**. v. 7, p. 203-225. 2019. ISSN 2095-6339.

ALMEIDA, N. V.; CUNHA, S. B.; NASCIMENTO, F. R. A cobertura vegetal e sua importância na análise morfodinâmica da bacia hidrográfica do rio Taperoá – nordeste do Brasil/ Paraíba. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.3, n.4, p. 365-378, 2012.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L.; DE M., SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 711-728. 2014.

ALVES, M. **Estimativa da perda de solo por erosão laminar na bacia do rio São Bartolomeu-DF usando técnicas de geoprocessamento**. 2000. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser300/Trabalhos/mariza.pdf>. Acesso em 20 set. 2023.

ARAÚJO, E. P. Aplicação de dados SRTM à modelagem da erosão em microbacias por geoprocessamento. 88f. **Dissertação** (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos - SP. 2006.

ARAUJO, I. N. F.; DE MELO, J. F. G.; MARINHO, A. P. F.; RIBEIRO, A. C. S.; CUNHA, G. K. G.; DA CUNHA, K. P. V. Influência da declividade na erosão e degradação ambiental do médio Piranhas Potiguar. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. V. 6, 505 – 512. Congestas 2018

BACK, Á. J. Estimativas de perdas de solo por erosão hídrica por meio da Equação Universal de Perdas de Solo. Florianópolis: Epagri, 2023. 80p. (**Boletim Técnico, 210**). Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/1714>. Acesso em 10 fev. 2024.

BARBOSA, A. F.; OLIVEIRA, E. F.; MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C. Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em Softwares Livres e Gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 38, n. 1, 2015.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. São Paulo: **Icone**, 2008.

BOGNOLA, I. A.; GOMES, J. B. V.; HOLLER, W. A.; CÚRCIO, G. R.; RAUEN, M. DE J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O.; CARDOSO, A. Atualização do levantamento de reconhecimento de solos dos municípios da Bacia do Paraná 3. **Municípios formadores da Bacia do Paraná 3 e Palotina**: estudos de clima, solos e aptidão das terras para o cultivo do eucalipto. Cap. 03 p. 41-72. 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/219127/1/1805-capitulo-3.pdf>. Acesso em 11 dez. 2023.

BORDAS, M. P.; SEMMELMANN, F. R. Elementos de engenharia de sedimentos. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Universitária da UFRGS/ABRH, 2001, p. 915-943.

BUENO, C.R.P.; STEIN, D.P. Potencial natural e antrópico de erosão na região de Brotas, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, p.15, 2004.

CAMARA, G. Desenvolvimento de Sistemas de Informação Geográfica no Brasil: Desafios e Oportunidades. In: **Semana de Geoprocessamento do Rio de Janeiro** 1996. Rio de Janeiro.

CAMPOS, S.; CAMPOS, M.; DE SOUZA, T. L.; LEME, M. C.; CURY, L. D. Sistema de Informação geográfica aplicado na discriminação morfométrica das bacias hidrográficas. **Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. v. 1, p.41, 2018.

CARVALHO NETO, J. G. Simulação Hidrossedimentológica da Bacia do Riacho dos Namorados Com o Modelo SWAT. 2011. 201 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia Prática. 2. ed. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2008, 599 p.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia Prática. 2.ed. Rio de Janeiro/RJ: Interciência, 2008. 600p. **Revisado e Ampliado**. ISBN 978-85-719-3181-7

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro, CPRM - **Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais**, 372p.1994.

CASSULI, D. C. Estimativa de perda de solo na Bacia do Rio Pinto, em São Miguel do Iguaçu-PR. 2016. 112 f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.

CASTRO, A. G.; VALÉRIO FILHO, M. Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacia sob diferentes manejos florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, 1997.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: **Oficina de Texto**, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: **Edgard Blücher**, Ed. da Universidade de São Paulo, 1974.

COWEN, D.J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 54, p. 1551-1554, 1988.

DANTAS, J. C. Processo hidrossedimentológicos na Bacia do Rio Taperoá. Universidade Federal da Paraíba. **Monografia**. Universidade Federal da Paraíba. 2016.

DE MARIA, I. C; PECHE FILHO, A. Terraceamento complementa proteção da superfície. **Visão Agrícola**, n. 9, p. 140-143, 2009.

DE SOUZA, F. A. O.; DA SILVA, C. L.; MAGGIOTTO, S. R.; OLEIVEIRA JÚNIOR, M. P. Caracterização das vazões em uma pequena bacia hidrográfica do Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 10-17, 2012.

do Paraná pelo método da pluviometria: atualização com dados de 1986 a 2008. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p.256-267, fev. 2015.

DOS SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M.; BUBA, H.; KISHI, R.; MARONE, E.; LAUTERT, L. Hidrometria Aplicada. CEHPAR–Centro de hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza. **Instituto de tecnologia para o Desenvolvimento**. Curitiba, Brasil, 2001.

DURÃES, M. F. Desenvolvimento do índice de perturbação hidrossedimentológica: aplicação nas bacias hidrográficas dos rios Paraopeba e Sapucaí, MG. 2013. 224p. **Tese** (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Região Oeste do Paraná é modelo em agricultura conservacionista. **Notícias**. 10 nov. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/66091862/regiao-oeste-do-parana-e-modelo-em-agricultura-conservacionista>. Acesso em 12 dez. 2023.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Região Oeste do Paraná é modelo em agricultura conservacionista. **Notícias**. 10 nov. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/66091862/regiao-oeste-do-parana-e-modelo-em-agricultura-conservacionista>. Acesso em 12 dez. 2023.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná – Tomo I. Curitiba, EMBRAPA – SNLCS/SUDESUL/IAPAR. **Boletim técnico**, 57. 414p. 1984.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Sistemas conservacionistas e terraços evitam e reduzem erosão. **Notícias**. 21 jan. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/->

/noticia/19774492/sistemas-conservacionistas-e-terracos-evitam-e-reduzem-erosao. Acesso em: 7 dez. 2023.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Solo saudável produz mais alimentos e traz benefícios ao meio ambiente. **Notícias**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/76870138/artigo-solo-saudavel-produz-mais-alimentos-e-traz-beneficios-ao-meio-ambiente>. Acesso em 10 nov. 2023.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Terraceamento. **Boas práticas agrícolas**. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/13599347/ID01.pdf>. Acesso em 10 jul. 2023.

FARINASSO, M. Avaliação qualitativa do potencial erosivo em grandes áreas por meio da EUPS - Equação universal de perdas de solos utilizando novas metodologias de SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba - PI. 2005. 105 f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília (DF), 2005

FERREIRA, S. L. da S.; OKA-FIORI, C; KOZCIAK, S. Análise multitemporal da erosão nas bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado, Altônia - PR, decorrente da dinâmica agropastoril. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 44, p.15-34, dez. 2012.

FIDALGO, E. C. C.; THOMPSON, D. Estimativa da perda de solos por meio da equação universal de perdas de solos (USLE) com uso do invest para a bacia hidrográfica do Rio Guapi-Macacu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013. Bento Gonçalves, RS. **Anais [...]** Bento Gonçalves, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2013.

FILHO, O. K.; MAFRA, Á. L.; GATIBONI, L. C. (Eds.) **Tópicos em Ciência do Solo**. 1. ed. Viçosa - MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 307–366. 2011. Disponível em: https://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/123.pdf. Acesso em 06 dez. 2023

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. Oficina de textos, 2016.

FOSTER, G. R.; HIGHFILL, R. E. Effect of terraces on soil loss: USLE P-factor values for terraces. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 38, p. 48-51, 1983.

GÓMEZ, J. D. P. Estimativa de erosão pela Equação Universal de Perda de Solo e transferência de sedimentos para todo o território brasileiro. 2012. 90 f. **Dissertação** (Mestrado) - Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

GUANDIQUE, M. E. G.; MORAIS, L. C. Estudo de variáveis hidrológicas e do balanço hídrico em bacias hidrográficas. **Ecologia de reservatórios e interfaces. São Paulo: Universidade de São Paulo**, p. 434-447, 2015.
Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/download/1714/1569>. Acesso em 06 dez. 2023.

GUGEL, R. F.; PELLEGRINI, A.; BACKES, E. DOS S.; FREITAS, L.A. Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de uso na bacia hidrográfica escola da UTFPR-DV. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017.
Disponível em: <https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/paper/viewFile/793/176>. Acesso em: 06 mai. 2024.

HUDSON, N. Soil conservation. 3ed. **Ames**, Iowa State University. 391 p. 1995.

HUDSON, N. W. Soil conservation. 3.ed. **Ithaca, Cornell University Press**. P. 324. 1995.

IAT (Instituto Água e Terra). Sistema de Informações Hidrológicas. **Relatório de Alturas Mensais de Precipitação**. Disponível em: <http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioAlturasMensaisPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial>. Acesso em 22 jun. 2023

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. **TOPODATA**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em 10 jun. 2022.

JUNIOR, I. L. M. V. O impacto do carreamento de solo na drenagem pluvial de vias pavimentadas: análise prática e por ferramentas de precisão à erosão. Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba. 2023.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: **Verlag Justus Perthes**. 1928.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; LEPSCH, I; OLIVEIRA, J. B.; BERTOLINI, D.; GALETI, P.A.; DRUGOWICH, M.I. Terraceamento agrícola. Campinas: **Coordenadoria de Assistência Técnica Integral**, 1994.

MACHADO, P. L. O. DE A. WADT, P. G. S. **Terraceamento**. 29 set. 2021.
Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/arroz/producao/sistema-de-cultivo/arroz-de-terras-altas/terraceamento>. Acesso em 15 jul. 2023.

MACHADO, W.; STIPP, N. A. F. Caracterização do manejo de solo na Microbacia Hidrográfica do Ribeirão dos Apertados-pr. **Geografia (Londrina)**, v. 12, n. 2, p. 57-86, 2003.

MANNIGEL, A. R., e CARVALHO, M. de P., MORETI, D., MEDEIROS, L. da R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 24, 1335-1340. 2008.

MERTEN, G. H; MINELLA, J. P. G.; REICHERT, J. M.; MORO, M. Implicações do uso e manejo do solo e das variações climáticas sobre os recursos hídricos. In:

MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; REICHERT, J. M., SANTOS, D.R. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31. p. 1637-1646. 2007.

MOORE, I.; WILSON, J. P. Length Slope factor for the revised universal soil loss quation: simplified method of estimation. **Journal of Soil and Water Conservation**, n. 47, p. 423 – 428, 1992.

NASCIMENTO, A. T. P.; PEREIRA, B. S.; MEDEIROS, P. H. A. Revisão dos valores do fator de cobertura vegetal da USLE para condições brasileiras. **XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos**. 2014. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/170/08041b314cea05484b0b2177ca298f00_159794c4ce4e2d169eed6b089d9dfc0b.pdf. Acesso em 01 dez. 2023

NUNES, N. DA C. Análise espaço-temporal da erosão hídrica em bacias hidrográficas no sudoeste de Goiás. **Dissertação**. Dissertação em Mestrado Profissional em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade. Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

OLIVEIRA, D. P. de; CURCIO, G. R. Mapa Hipsométrico, Hillshade: suas interações e aplicações para mapeamento de solos – parte 1. **Programa Nacional de Solos-Pronasolos Paraná**. 2022. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/PronasolosPR/Pagina/MAPA-HIPSOMETRICO-HILLSHADE-suas-interacoes-e-aplicacoes-para-mapeamento-de>. Acesso em 10 dez. 2023.

PRADO, J.P.B.; NÓBREGA, M.T. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 27, n.1, p. 33-42, 2005.

PREFEITURA DE DOIS VIZINHOS. **Dois Vizinhos é o 1º. lugar do sudoeste na produção agropecuária**. Disponível em: <https://www.doisvizinhos.pr.gov.br/noticia/DOIS-VIZINHOS-e-O-1%C2%BA.-LUGAR-DO-SUDOESTE-NA-PRODUCAO-AGROPECUARIA#:~:text=Na%20somat%C3%B3ria%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20agr%C3%ADcola,%2C%20silagem%20de%20milho%2C%20feij%C3%A3o>. Acesso 20 jun. 2022.
QGIS Development Team. QGIS *Geographic Information System*. **Versão 3.28**, QGIS Association, 2023.

ROTTA, C. M. S.; ZUQUETTE, L. V. Processos erosivos. In: ZUQUETTE, L. **Geotecnia ambiental**. Rio de Janeiro: Elsevier. p. 115-152. 2015

RUAS, M. F. de O. **Paraná: Referência na Agricultura Conservacionista Nacional**. Sociedade Brasileira de Ciência e Solo – Núcleo Estadual do Paraná. 20 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://sbcs-nepar.org.br/noticias/parana-referencia-na-agricultura-conservacionista-nacional/>. Acesso em 12 dez. 2023.

RUFINO, R.L.; BISCAIA, R.C.M.; MERTEN, G.H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná através da pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 17, p. 439-444, 1993.

SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M. A. C.; SILVA, A. P. M.; LUEDEMANN, G. A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios. **Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Brasília**: Rio de Janeiro. ISSN 1415-4765. 2012. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1050/1/TD_1782.pdf. Acesso em 05 dez. 2023.

SANTOS, A. DA S. Introdução ao ambiente SIG QGIS. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**. Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/outros_documentos_tecnicos/introducao_sig_qgis/Introducao_ao_ambiente_SIG_QGIS_2edicao.pdf. Acesso em 18 jan. 2024.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; DE OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 115-123, 2010.

SAVABI, M. R. Modeling subsurface drainage and surface runoff with WEPP. **Journal of irrigation and drainage engineering**, v. 119, n. 5, p. 801-813, 1993.

SILVA, M. de O.; SANTOS, M.P dos; SOUSA, A.C da P.; SILVA, R.L.V da; MOURA, I.A.A de; SILVA, R.S da; COSTA, K.D da S. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 1, pág. 6853-6875, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23374>. Acesso em: 7 dez. 2023.

SILVA, T. P. **Modelagem do impacto do uso e manejo do solo nos processos hidrológicos e erosivos em pequenas bacias hidrográficas**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2022.

TALLIS, H.; RICKETTS, T., GUERRY, A.; WOOD, S.; SHARP, R. **InVEST 2.3.0 user's guide: integrated valuation of environmental services and tradeoffs**. 2012. Disponível em: <http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html>. Acesso em: 06 dez. 2023.

TELLES, T. S.; ARAÚJO, A. G. de. Evolução do manejo do solo convencional ao conservacionista: panorama da erosão no Paraná. In: MERTEN, G. H.; ARAÚJO, A. G.; BARBOSA, G. M. C. **Erosão no Estado do Paraná**: fundamentos, estudos experimentais e desafios. Londrina: IAPAR, 2016. p. 16-26.

TUCCI, C. EM. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**. v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

WALTRICK, P.C., MACHADO, M.A.M., OLIVEIRA, D., GRIMM, A.M. and DIECKOW, J. Erosividade de chuvas no Estado do Paraná: atualização e influência do “El Niño” e “La Niña”. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná. 38 p. **Boletim Técnico**. 2011.

WEIS, M. G.; SILVA, N. M.; PESSI, D. D.; BARBOSA, D. S.; MOREIRA, R. M.; LUIZ, R. B.; FILHO, A. C. P. Identificação de processos erosivos através de modelos hidrológicos e imagens aéreas de alta resolução. **Nativa**, v. 10, n. 3, p. 391-399, 2022.

WERLANG, M. K. Monitoramento de voçorocas em solos podzólicos da região de Rondonópolis-MT. **Ciência e Natura**, p. 177-195, 2000.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Soil loss estimation as a tool in soil and water management planning. Inst. Ass. Sci. **Hidrology Common Land Erosion**. Pub. 1962, p. 148159, 1978.