

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE FRANCISCO BELTRÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – MESTRADO EM GEOGRAFIA

BRUNA TAUANA BASSO

**ESTIMATIVA DE EROSÃO UTILIZANDO A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE
PERDAS DE SOLOS (EUPS): O CASO DO ALTO CURSO DO RIO CHOPIM**

Francisco Beltrão

2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE FRANCISCO BELTRÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – MESTRADO EM GEOGRAFIA

BRUNA TAUANA BASSO

**ESTIMATIVA DE EROSÃO UTILIZANDO A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE
PERDAS DE SOLOS (EUPS): O CASO DO ALTO CURSO DO RIO CHOPIM**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia, na linha de pesquisa “Dinâmica, Utilização e Preservação do Meio Ambiente” do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Francisco Beltrão/PR.

Orientadora: Dra. Marga Eliz Pontelli
Co-orientador: Dr. Julio Caetano Tomazoni
Co-orientadora: Dra. Rafaela Harumi Fujita

Francisco Beltrão

2018

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Basso, Bruna Tauana
ESTIMATIVA DE EROSIÃO UTILIZANDO A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLOS (EUPS) : O CASO DO ALTO CURSO DO RIO CHOPIM / Bruna Tauana Basso; orientador(a), Dra. Marga Eliz Pontelli; coorientador(a), Dr. Julio Caetano Tomazoni, coorientador(a)II, Dra. Rafaela Harumi Fujita, 2018.
76 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Francisco Beltrão, Centro de Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2018.

1. Erosão hídrica. 2. Perda de solo. 3. Planalto de Palmas/Caçador. 4. EUPS. I. Pontelli, Dra. Marga Eliz. II. Tomazoni, Dr. Julio Caetano. III. Fujita, Dra. Rafaela Harumi. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS – CCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – MESTRADO/DOUTORADO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ESTIMATIVA DE EROSÃO UTILIZANDO A EQUAÇÃO UNIVERSAL
DE PERDAS DE SOLOS (EUPS): O CASO DO ALTO CURSO DO RIO
CHOPIM

Autora: Bruna Tauana Basso

Orientadora: Profa. Dra. Marga Eliz Pontelli

Este exemplar corresponde à redação final da
Dissertação defendida por Bruna Tauana Basso e
aprovada pela comissão julgadora.

Data: 04 / 09 / 18

Bruna Tauana Basso
Bruna Tauana Basso

Comissão Julgadora:

M. Pontelli
Profa. Dra. Marga Eliz Pontelli (UNIOESTE – F.B)

J. C. Paisani
Prof. Dr. Julio Cesar Paisani (UNIOESTE – F.B)

M. Milanez
Profa. Dra. Michelle Milanez (UTFPR – F.B)

J. A. Andres
Prof. Dr. Juliano Andres (UNIOESTE – F.B)

Francisco Beltrão - PR
2018

AGRADECIMENTOS

É preciso reconhecer todo o apoio e incentivo que tive nos meses de desenvolvimento da dissertação, antes de tudo dos meus pais: Maria Marlene e Jocelei José. Obrigada pela confiança! Agradeço a Deus, pelo dom da vida e por todas as demonstrações de paz que me transmite nos momentos que mais preciso.

Ao meu namorado Luiz, por toda paciência e ajuda principalmente nas coletas de solos. Agradeço também aos meus irmãos Daiane e Luciano e toda a minha família, pelo apoio e compreensão nos períodos de ausência.

A todos os colegas Núcleo de Estudos PaleoAmbientais – NEPA, pelos momentos de distração e ensinamentos compartilhados em especial aos colegas Vitor e a Mayara pela parceria em saídas de campo. Muito obrigada!

A minha orientadora, Prof. Dra. Marga Eliz Pontelli agradeço pela oportunidade, ensinamentos repassados nas orientações e trabalhos de campo e por estar sempre acessível quando surgiam dúvidas. Agradeço por ter confiado em mim, e por sua contribuição que foi fundamental para o desenvolvimento da pesquisa.

A Prof. Dra. Rafaela Harumi Fujita pela disponibilidade e total ajuda durante o desenvolvimento da dissertação, e ao Prof. Dr. Julio Caetano Tomazoni pelas conversas e análises sobre os solos e os demais temas presentes na pesquisa, e por fim, agradeço por terem aceitado ser coorientadores dessa pesquisa e estarem sempre disponíveis.

Ao professor Dr. Julio Cesar Paisani, pelos ensinamentos compartilhados, ajuda em trabalhos de campo e contribuição aplicada a esse trabalho.

Agradeço também, ao professor Dr. Juliano Andres pela disponibilidade e ensinamentos repassados que contribuíram para finalização da pesquisa.

Aos professores Dra. Michelle Milanez e Dr. Hernan Vielmo, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR campus de Francisco Beltrão, e ao professor Dr. Julio Cesar Paisani, agradeço por aceitar o convite para participação da banca de defesa e contribuir com as devidas orientações.

E por último, mas não menos importante, deixo o meu reconhecimento a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Francisco Beltrão, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Geografia pela infraestrutura e locais de estudo oferecidos. Bem como, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo auxílio financeiro por meio da concessão da bolsa de pós-graduação, o que possibilitou a dedicação exclusiva no desenvolvimento da pesquisa.

“Descobri como é bom chegar quando se tem paciência. E para se chegar onde quer que seja, aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão. É preciso, antes de mais nada, querer”.

(Amyr Klink)

RESUMO

ESTIMATIVA DE EROSIÃO UTILIZANDO A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLOS (EUPS): O CASO DO ALTO CURSO DO RIO CHOPIM.

O processo erosivo ocorre de maneira natural, porém pode ser acelerado pela ação antrópica ocasionando mudanças nas características naturais do solo, redução da produtividade de culturas, degradação dos solos, assoreamento de rios e diversos problemas ambientais. A implementação de estudos de modelos sustentáveis em bacias hidrográficas visando a preservação, utilização e dinâmica do meio ambiente possui um papel importante como ferramenta de gestão dos recursos ambientais. Este estudo visou estabelecer estimativas de perda de solo para o setor do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim por meio da aplicação da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), com o auxílio do *software* QGis 3.0. A área de estudo localiza-se no Sul do estado do Paraná, abrange grande parte do município de Palmas. A erosividade anual média, considerando os dados pluviométricos de 1985 a 2015, teve uma variação de 9752 MJ/ha.mm/ano a 8180 MJ/ha.mm/ano, constituindo uma erosividade moderada a forte. Os solos presentes na área de estudo possuem uma erodibilidade média tendo valores mínimos de 0,02030, 0,02092, 0,02410 e 0,02681 Mg.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ para o Nitossolo, Latossolo, Cambissolo e Neossolo respectivamente. O grau de declividade associado ao comprimento de rampa resulta no fator topográfico o que indicou a área de estudo com um relevo plano e suave ondulado. Os fatores de uso e manejo do solo e práticas conservacionistas foram valorados de acordo com a classificação do uso do solo e a revisão da literatura, e alternaram de 0 a 0,143. As classes dos tipos de uso de solos se diferenciaram por *Pinus*, Floresta, Campo Limpos, Cultivo convencional e solo exposto, área urbana. A perda de solo média anual foi estimada em 39,36 ton/ha.ano o que pode ser considerada como perda de solo moderada. Na análise dos mapas não foi possível identificar apenas um fator que individualize as perdas de solos. A associação da erosividade com o fator topográfico indicam os valores elevados de perda de solo, sendo os elementos principais que estariam influenciando na perda de solo na área. Ainda assim, o mapa de estimativa de perdas de solo do Alto Curso da Bacia hidrográfica do Rio Chopim fornece dados suficientes para a análise e planejamento ambiental da área de estudo.

Palavras-chave: Erosão hídrica. Perda de solo. EUPS. Planalto de Palmas/Caçador.

ABSTRACT

EROSION ESTIMATION USING THE UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION (USLE): THE CASE OF THE UPPER COURSE OF CHOPIM RIVER.

The erosive process occurs naturally, however it is being accelerated by anthropic action causing changes in the natural characteristics of soil, reduction of crop productivity, rivers silting and several environmental problems. The implementation of sustainable studies models in watershed, aims preservation, utilization and dynamic of the environment, having an important role as environmental resources management tool. This study aims to establish estimation of soil loss to upper course of Chopim River watershed through application of Universal Soil Loss Equation (USLE), applying Qgis 3.0 *software*. The study area is located in the south of Paraná State. Were considered pluviosity rainfall data from 1985 to 2015 to calculate annual average erosivity and was obtained a variation from 9752 Mj/ha.mm/year to 8180Mj/ha.mm/year, constituting an moderate to strong erosivity. The present soils in the study area have an average erosivity of 0,02030, 0,02092, 0,02410 and 0,02681 Mg.ha.h.ha⁻¹.MJ⁻¹.mm⁻¹ for Nitosol, Latosol, Cambisol, Neosol, respectively. The declivity degree associated with ramp length results in topographic factor, which indicated the study area with flat and smooth wavy relief. The factors of use, management and conservation practices of soil, were estimated according to soil use classification and literature review, alternating from 0 to 0,143. The types of use soil classes were differentiated by *Pine*, Forest, Open Fields, Conventional Cultivation and Exposed Soil, Urban Area. The annual average soil loss was estimated in 39,36 ton/ha.year what can be considered as moderated soil loss. In the maps analysis were not possible to identificate only one factor that individualizes as soil losses. However, was observed that the association of the erosivity factor and the topographic factor, indicates the high values of soil loss. Nevertheless, the soil loss estimation map in the upper course of the watershed of Chopim River provides enough data to the analysis and environmental planning of study area.

KeyWords: Water erosion. Soil loss. USLE. Plateau of Palmas/Caçador.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Uso da terra no Planalto de Palmas: setores com vegetação natural de Campos Limpos (A); agricultura convencional no verão e pastagem plantada no inverno (B)...	14
Figura 2 – Distribuição geográfica do Alto Curso do Rio Chopim e distribuição dos principais afluentes.....	16
Figura 3 – Mapa das unidades litroestratigráficas e estruturas no Alto Curso do Rio Chopim.....	17
Figura 4 – Relevo suave ondulado da região de Palmas.....	18
Figura 5 – Mapa pedológico, organizado até o 4º nível categórico, da bacia hidrográfica do Alto Curso do Rio Chopim.....	19
Figura 6 – Médias de temperaturas e Pluviosidade dos municípios de Palmas, Clevelândia e Coronel Domingo Soares.....	21
Figura 7 – Médias de temperaturas e Pluviosidade dos municípios Água Doce, Passos Maia e Abelardo Luz.....	22
Figura 8 – Etapas do processo de erosão hídrica do solo.....	26
Figura 9 - Tipos de erosão hídrica: (a) erosão laminar; (b) erosão em sulcos (c) erosão em voçorocas.....	27
Figura 10 – Parâmetros (L) e (S) do fator topográfico da EUPS.....	34
Figura 11 - Estações pluviométricas utilizadas no cálculo da erosividade.....	38
Figura 12 - Mapa de solos referente a classificação do primeiro nível categórico de acordo com a Classificação de Solos EMBRAPA (2008) e os pontos e coletas das amostras..	43
Figura 13 - (A) Floresta Ombrófila Mista; (B) Campos naturais. Lavoura (C).....	46
Figura 14 - Distribuição mensal da erosividade média das chuvas no estado do Paraná.....	50
Figura 15 - Mapa de erosividade do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim.....	51
Figura 16 - Mapa do Erodibilidade do Solo – Fator (K) do Alto Curso do Rio Chopim.....	55
Figura 17 - Mapa da declividade da bacia hidrográfica do Alto Curso do Rio Chopim.....	57
Figura 18 – Fator Topográfico do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim..	59
Figura 19 - Mapa do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Chopim.....	61
Figura 20 - Estimativa de perdas de solo do Alto Curso da Bacia hidrográfica do Rio Chopim.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações das estações pluviométricas utilizadas para o cálculo do fator erosividade.....	39
Tabela 2 – Estações localizadas na região seis (6) de acordo com Waltrick (2010).....	39
Tabela 3 – Pontos de coleta de solos na área de estudo.	42
Tabela 4 – Classes de valores de permeabilidade do solo.....	42
Tabela 5 - Classes de declividade e tipo de relevo.....	44
Tabela 6 – Valor dos fatores CP utilizados para estimar a erosão de solo.....	46
Tabela 7- Precipitação média mensal em mm, durante o período de 1985 a 2015, e erosividade em $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.mês^{-1}$ de cada estação pluviométrica.....	49
Tabela 8 – Classes de erosividade.	50
Tabela 9 - Área dos diferentes tipos de solo no Alto Curso do Rio Chopim.	52
Tabela 10 – Parâmetros físicos utilizados para a determinação do fator K.....	53
Tabela 11 – Classe de solo e valor do fator K calculado comparado com erodibilidade $Mg.ha.h.ha^{-1}.MJ^{-1}.mm^{-1}$ presente na literatura.....	53
Tabela 12 – Declividade verificada no Alto Curso da Bacia do Rio Chopim.....	56
Tabela 13 – Fator topográfico (Fator LS) do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim.	58
Tabela 14 – Classes de Uso do Solo no do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim.	60
Tabela 15 - Classes de perda de solo.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Variável dependente, refere-se a taxa anual de perda de solo

C – Uso e manejo do solo

DMP – Diâmetro médio ponderado das partículas de solo

E_i – Índice mensal de erosividade

EUPS – Equação Universal de Perda de Solos

FT – Fator Topográfico

K – Erodibilidade

L – Comprimento da rampa

LS – Comprimento da rampa e declividade da encosta

P – Práticas conservacionistas

R – Erosividade

S – Declividade da encosta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	16
2.2 CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	23
3.1 DEFINIÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA.....	23
3.2 EROSÃO	24
3.2.1 Erosão hídrica	25
3.2.2 Tipos de Fluxos	28
3.3 SOLO.....	30
3.4 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO – EUPS ou USLE.....	31
3.4.1 Erosividade – Fator R	33
3.4.2 Erodibilidade – Fator K	34
3.4.3 Comprimento e Declive da Encosta – Fator LS	34
3.4.4 Uso e Manejo do Solo – Fator C	35
3.4.5 Práticas conservacionistas adotadas – Fator P.....	35
4 MATERIAS E MÉTODOS	37
4.1 DELIMITAÇÃO DO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CHOPIM.....	37
4.2 QUANTIFICAÇÃO DOS FATORES DA EUPS	37
4.2.1 Fator erosividade – (R).....	38
4.2.2 Fator de erodibilidade do solo (K).....	41
4.2.3 Fator topográfico (LS)	43
4.2.4 Fatores Uso e Manejo do Solo (C) e de Práticas Conservacionistas (P)	45
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
5.1 EROSIVIDADE	48
5.2 ERODIBILIDADE	52
5.3 FATOR TOPOGRÁFICO (LS) – Comprimento de Rampa e Declividade	56
5.4 USO E MANEJO DO SOLO – FATOR (CP).....	60
5.5 QUANTIFICAÇÃO DE PERDAS DE SOLO ANUAIS	62
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
7 REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

A necessidade cada vez maior por demanda de alimentos implica não apenas índices maiores de produtividade, mas também aumento das áreas destinadas para tal atividade. Essas atividades aquecem a economia do Brasil, gerando empregos diretos e indiretos desde a produção até o transporte. No entanto, juntamente com este avanço econômico e social ocorrem mudanças ambientais. Essas modificações acontecem pelo uso e a ocupação dos solos e podem alterar o comportamento hidrológico de bacias hidrográficas, particularmente no que se refere à origem e dinâmica do escoamento superficial, ocasionando diversos impactos (BIGUELINI, 2010).

Um desses impactos, é o assoreamento de cursos d'água, que se dá pelo acúmulo de sedimentos, podendo influenciar a vida aquática e também a morfologia do canal e a qualidade da água. Além disso, tem-se o aumento de episódios de inundações, seja em áreas urbanas ou rurais, e em conjunto o processo de perda de solo por erosão. Considerando a dinâmica natural do ambiente, o processo erosivo pode ser percebido ao longo do tempo, principalmente pela ação do vento – erosão eólica – ou pela ação do escoamento da água da chuva, denominado erosão hídrica (BIGARELLA, 2003). De modo geral, a erosão consiste em processo mecânico que age na superfície e em profundidade, sob certos tipos de solo e com determinadas condições físicas, naturalmente relevantes.

Na Superfície de Palmas/Caçador (BIFFI e PAISANI, 2018) no Sudoeste do Estado do Paraná, pesquisas desenvolvidas no Núcleo de Estudos PaleoAmbientais – NEPA, indicam intensa atividade morfogenética ocorrida nos últimos 25.000 anos AP na área, colmatando fundos de vales de baixa ordem hierárquica. Essa colmatação foi efetivada por escoamento superficial e movimentos de massa que ocorreram de forma generalizada na área. Nos últimos 1.000 anos AP registra-se estabilidade ambiental na área, o que permitiu formação de cobertura superficial predominantemente do tipo Neossolos Regolíticos, com horizonte A húmico (PAISANI *et al.*, 2012; 2013a; 2013b; 2014; 2016; 2017).

As características ambientais da área, especialmente a cobertura superficial rasa e o clima subtropical úmido (IAPAR, 1978), permitiram o desenvolvimento de vegetação herbácea composta, predominantemente, por gramíneas, ervas e arbustos, além de mata galerias e capões nos fundos de vale (MAACK, 1981). Essas condições de ambiente influenciaram no tipo de uso da terra que, historicamente, é conhecida pela prática da

pecuária extensiva. Nesta prática, a renovação da vegetação é feita a partir de queimadas dos campos no final do inverno para acelerar a renovação da cobertura de gramíneas. Se por um lado esta prática é vista como prejudicial para a fauna dos Campos Limpos, por outro ela garante a mínima perda de solos pelo escoamento superficial, visto que não ocorre o revolvimento do solo (Figura 1-A).

Figura 1 – Uso da terra no Planalto de Palmas: setores com vegetação natural de Campos Limpos (A); agricultura convencional no verão e pastagem plantada no inverno (B).



Foto: Marga Eliz Pontelli, 08/2008.

A área de estudo está limitada em sua grande parte no município de Palmas no estado do Paraná. Notou-se que nos períodos de primavera/verão a agricultura se dá principalmente com plantação de batata, intercalada com pastagem do tipo aveia e azevém, no outono/inverno (Figura 1-B).

Nos últimos anos nota-se mudanças significativas no uso tradicional da terra no Planalto de Palmas, com incorporação de ciclos econômicos afastando-se da pecuária extensiva e iniciando a atividade de silvicultura e cultivo de grãos e batata (BERNARDON e SALES, 2016). Entre os anos de 2004 a 2013 a área de plantio de batata aumentou de 270 para 1.000ha, assim como a cultura de soja dobrou sua área de produção passando de 20.950ha para 42.300ha no mesmo período (BERNARDON e SALES, 2016).

O cultivo de batata ocorre a partir do plantio do tipo convencional, ou seja, sem nenhuma técnica de proteção do solo. A erosão relacionada ao cultivo de batatas é considerada maior na fase inicial de desenvolvimento das plantas, justamente quando o solo revolvido está completamente exposto (RÓS *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2011). A etapa de plantio associada as fases de colheita, resultam em longo tempo de solo desnudo, o que resulta em grandes perdas de solos pela erosão superficial (FIOREZE, 2005).

Pelo exposto, verifica-se que a superfície de Palmas, drenada pelo Rio Chopim, registra mudanças de uso da terra nas últimas décadas, no entanto resta saber se há aumento significativo da perda de solos na área. Parte-se da hipótese que o aumento da área com plantio de batata inglesa, associado ao cultivo de pastagens plantadas no inverno, resultam em aumento significativo de perda de solos no Alto Curso do Rio Chopim, setor de estudo deste trabalho.

Desta forma, este estudo tem como objetivo geral aplicar a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) para o Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim, de modo a estabelecer estimativas de perda de solo para o setor. Para isso, foram desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

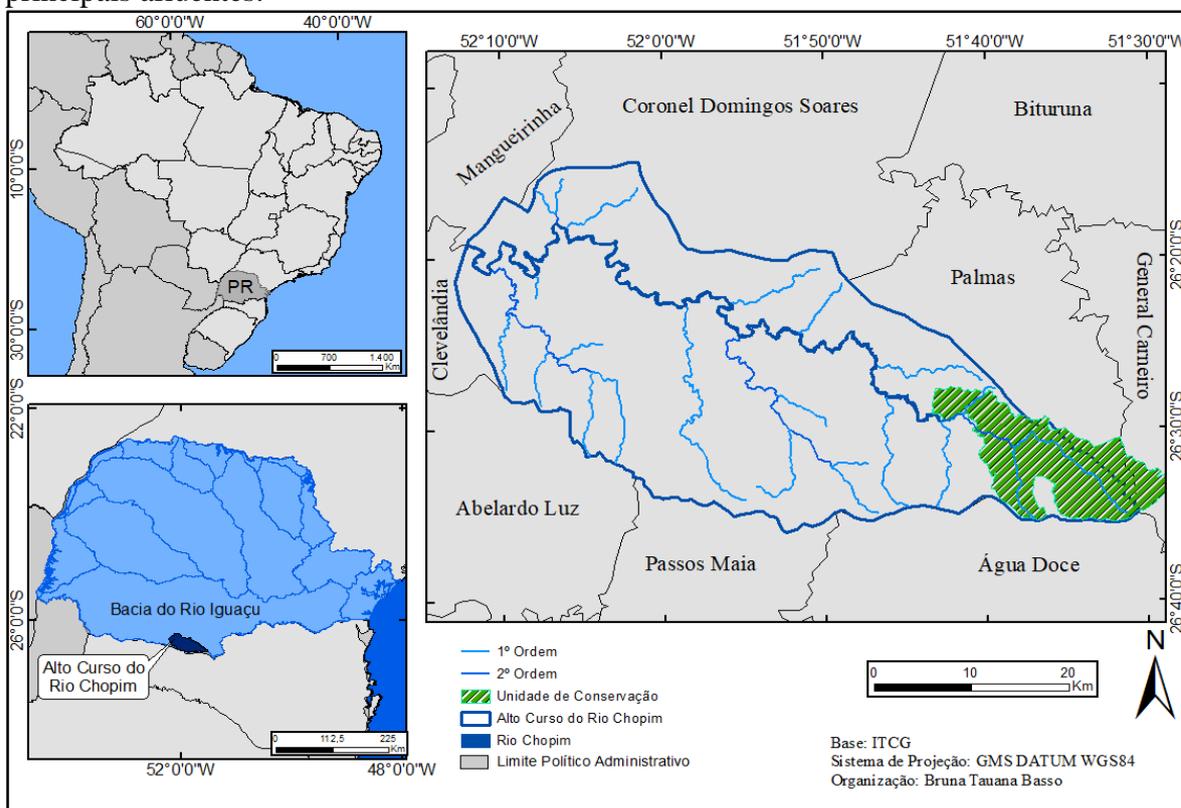
- a) Analisar o uso do solo do alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim a partir de imagens de satélite CBERS 4, sensor MUX;
- b) Analisar a pluviometria da área de estudo, para determinação do fator de erosividade (R);
- c) Obter do fator erodibilidade (K) dos solos;
- d) Determinar o parâmetro de comprimento do declive da encosta e a declividade da encosta (fator L e fator S);
- e) Analisar o uso e manejo da terra para obtenção do fator (C);
- f) Identificar as práticas conservacionistas adotadas para estabelecer o fator (P);
- g) Estimar a perda de solos pelos valores da equação (EUPS).

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A bacia hidrográfica do Alto Curso do Rio Chopim encontra-se na região Sul do Brasil, especificamente no sul do estado do Paraná. A área de estudo integra a bacia do Rio Iguaçu sendo composta, nessa escala de análise, por afluentes de 1º e 2º ordem resultando no rio principal como um canal de 3º ordem (Figura 2) e totaliza uma área de 1485,313 km². Pode-se perceber que a rede hidrográfica é mais desenvolvida na margem esquerda quando comparado a margem direita. Esse desenvolvimento dos canais resulta em característica assimétrica para este setor.

Figura 2 – Distribuição geográfica do Alto Curso do Rio Chopim e distribuição dos principais afluentes.



Organização: Bruna Tauana Basso, (2018).

A área de estudo, integra a Unidade de Conservação (UC) “Refúgio de Vida Silvestre dos Campos de Palmas” (REVIS – CP) (Figura 2) coordenado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). O REVIS – CP possui 90,7% de área no município de Palmas e 9,3% em General Carneiro (ICMBio, 2016).

De acordo com o Plano de Manejo da Unidade de Conservação a criação do REVIS – CP ocorreu pelo fato da região abrigar um dos últimos remanescentes de campos

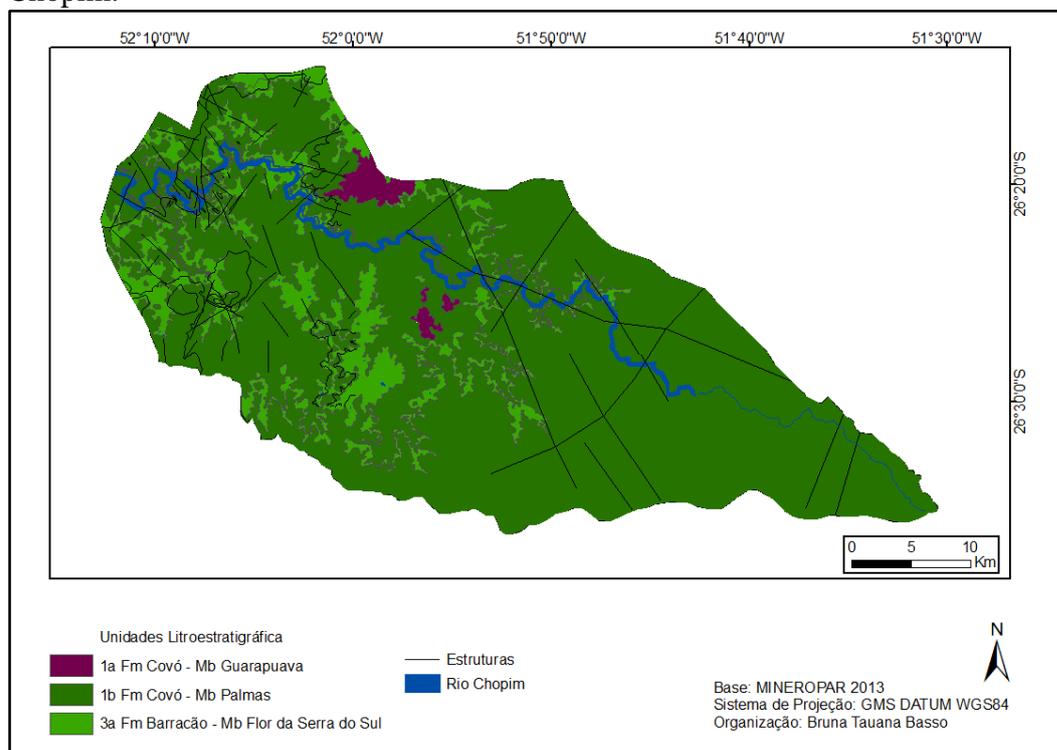
sulinos em bom estado de conservação. Além disso, pelo fato de auxiliar a proteção das nascentes do rio Chopim e Iratim e da ocorrência de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, tais como o papagaio-do-peito-roxo (*Amazona vinacea*), lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), macaquinho-da-várzea (*Scytalopus iraiensis*), entre outros (ICMBio, 2016; APREMAVI, 2016).

2.2 CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO

O Alto Curso do Rio Chopim drena substratos geológicos que integram a Bacia Sedimentar do Paraná. Na superfície afloram rochas de natureza ígnea vulcânica, resultantes do grande derrame ocorrido no Mesozoico (SANTOS *et al.*, 2006). Inicialmente os mapeamentos indicavam, para a área, domínio litológico de natureza ácida da Formação Serra Geral, denominado de Membro Palmas (NARDY *et al.*, 2002).

No entanto, no mapeamento detalhado realizado recentemente pela Mineropar (2013), na região Sudoeste do Estado do Paraná houve diferenciações, o que resulta em subdivisões do substrato vulcânico da Formação Serra Geral em: Formação Covó, Membros Palmas e Guarapuava, e Formação Barracão, Membro Flor da Serra do Sul (Figura 3).

Figura 3 – Mapa das unidades litroestratigráficas e estruturas no Alto Curso do Rio Chopim.



Organização: Bruna Tauana Basso, (2017).

Além dos principais tipos litológicos, verifica-se que na área de estudo ocorrem vários lineamentos estruturais, que influenciam na distribuição da drenagem do rio Chopim (Figura 3). A Formação Covó possui associações faciológicas como interdigitação de ignimbrito reomórfico, lava ignimbrítica e fluxos de lava com composição de riódacito, quartzo-latito, andesito, riolito e vitrófiro.

No entanto, a Formação Barracão apresenta associações faciológicas por derrames tabulares e lobados de basaltos avermelhados, com fartas intercalações de rochas vulcanoclásticas e sedimentares (MINEROPAR, 2013).

As características geológicas regionais mantêm relevo com aspecto de planalto, denominado de Planalto de Palmas/Guarapuava, o qual insere-se na unidade geomorfológica conhecida como Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 1981). No Planalto de Palmas/Guarapuava o relevo se apresenta com interflúvios aplainados, vertentes retilíneas e convexas, vales em U com declividades menores do que 6%. A altitude varia entre 520 a 1.360 metros, o que resulta em gradiente topográfico para alguns setores com mais de 840 metros (MINEROPAR, 2013). Especificamente, no setor compreendido pela área de estudo, a variação altimétrica possui intervalo entre 860 a 1330 metros, verificado através da carta SRTM S27 W052 (VAN ZYL, 2001). As formas de relevo predominantes são vertentes suave onduladas e onduladas (Figura 4).

Figura 4 – Relevo suave ondulado da região de Palmas.



Foto: Autor, (2017).

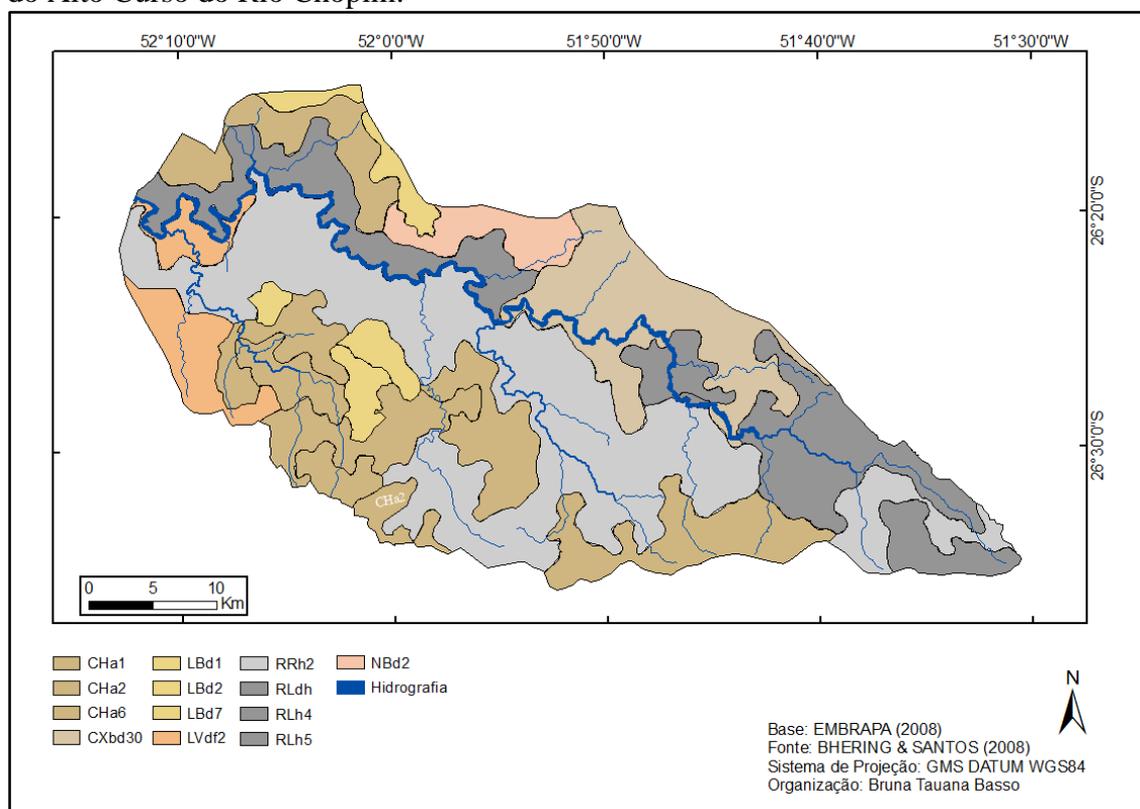
O relevo suave ondulado caracteriza-se pela superfície topográfica pouco movimentada, possui declives suaves predominantemente variáveis de 3 a 8%. Já o relevo

denominado ondulado se diferencia por apresentar declives moderados (EMBRAPA, 2013).

De acordo com o mapa de Solos do Estado do Paraná (Bhering e Santos, 2008) os solos predominantes na área de estudo, até o 2 nível categórico, são os Neossolos e Cambissolos, com menor ocorrência de Latossolos e Nitossolos. O mapa pedológico foi organizado até o 4º nível categórico, e está representado por associações de Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos, Cambissolos Húmicos e Cambissolos Háplico, Latossolo Bruno e Latossolos Vermelho e Nitossolo Háplico (

Figura 5).

Figura 5 – Mapa pedológico, organizado até o 4º nível categórico, da bacia hidrográfica do Alto Curso do Rio Chopim.



Organização: Bruna Tauana Basso, (2018).

CHa1: Cambissolo Húmico; CHa2: Associação de Cambissolo Húmico + Neossolo Litólico Húmico típico fase floresta subtropical; CHa6: Associação de Cambissolo Húmico + Neossolo Litólico Húmico típico fase campo subtropical + Organossolo Háplico; CXbd30: Associação de Cambissolo Háplico + Nitossolo Háplico; LBd1: Latossolo Bruno Distrófico úmbrico; LBd2: Associação de Latossolo Bruno Distrófico úmbrico + Cambissolo Háplico, fase Floresta subtropical; LBd7: Associação de Latossolo Bruno Distrófico úmbrico + Cambissolo Háplico, fase campo subtropical; LVdf2: Latossolo Vermelho Distroférrico úmbrico; RRh2: Associação de NEOSSOLO REGOLÍTICO Húmico típico + afloramento de rocha + Cambissolo Húmico; RLdh: Associação de Neossolo Litólico Distrófico-úmbrico + Cambissolo Háplico; RLh4: Associação de Neossolo Litólico Húmico típico + Organossolo + Nitossolo Háplico Distrófico; RLh5: Associação de Neossolo Litólico Húmico típico + Afloramento de rocha + Cambissolo Húmico; NBd2: Associação de Nitossolo Háplico Distrófico úmbrico + Cambissolo Háplico.

Os solos do tipo Cambissolos, do latim *cambiare* - trocar, são vistos como solos em formação (IBGE, 2015) e caracterizam-se por apresentar horizonte B incipiente, textura franco-arenosa ou mais argilosa, com pequena profundidade (solos rasos) e elevado teor de minerais primários. Já os Neossolos são pouco espessos (menos de 30 cm de espessura), em processo de formação, não apresentam horizonte B diagnóstico definido e as características herdadas do material originário prevalecem. Do grego *néos*, novo, moderno, refere-se a solos muito jovens, em início de formação (IBGE, 2015). Na área de estudo essas duas classes aparecem associadas, ocorrendo em todo o setor montante da área, bem como nas margens do canal do rio Chopim (Figura 5).

Os Nitossolos apresentam avançada evolução pedogenética, com horizonte diagnóstico B nítico, presença de argila de atividade baixa ou caráter alítico, de textura argilosa a muito argilosa. Do latim *nitidus*, conotativo de superfícies brilhantes em unidades estruturais (IBGE, 2015). Ocorrem em pequena mancha no limite da área da bacia, setor de jusante, em sua margem direita (Figura 5).

Assim como os Nitossolos, os Latossolos individualizam-se por evolução muito avançada, muito intemperizados e permeáveis, resultado da textura e da própria mineralogia, o que favorece a lixiviação (KER, 1998). Ocorrem em boa parte da área de estudo, no setor a jusante, margem esquerda, além de pequenas manchas no limite da bacia em sua margem direita (Figura 5).

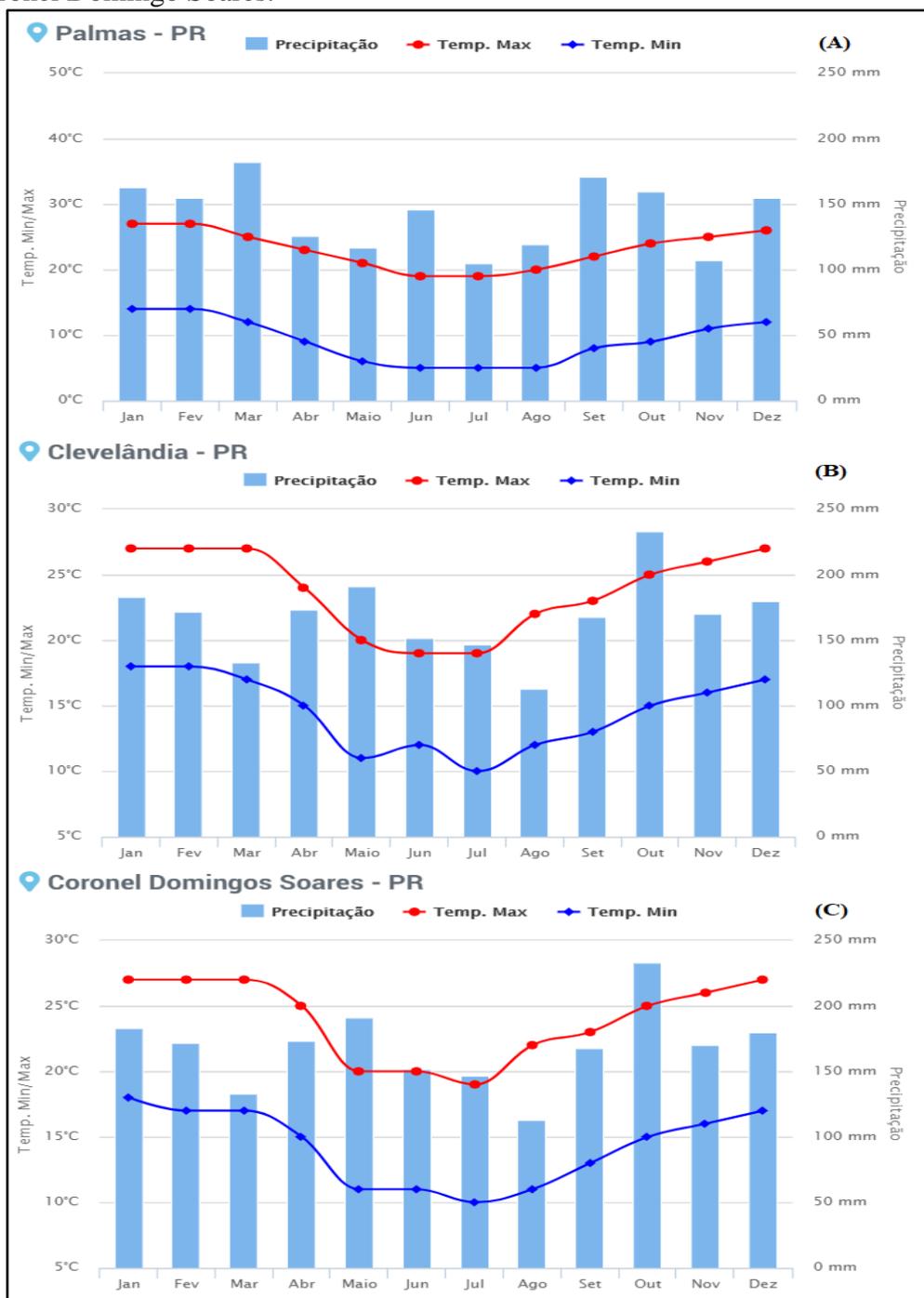
Na área de estudo predomina a fitofisionomia tipo Campos Limpos, associada a Floresta Ombrófila Mista (FOM) com Araucária nos fundos de vales e capões (MAACK, 1981). Os campos são compostos principalmente por gramíneas baixas (*Poaceae*) e arbustos baixos, enquanto a FOM é constituída, predominantemente por árvores ou arbustos arborescentes pertencentes em grande parte às *Mirtaceae* (RAITZ, 2012).

Os campos naturais, também são conhecidos por Estepe Gramíneo-Lenhosa, podem se dividir em diferentes classes de campos nativos. São compostos a partir de vegetação com espécies rasteiras e arbustivas que crescem em condições adversas como solo raso, elevada incidência de ventos (CAMPOS & FILHO, 2010).

O clima da área é interpretado como temperado quente, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e verões brandos com temperaturas amenas. A temperatura média do mês mais frio é menor que 18°C (mesotérmico) e do mês mais quente abaixo de 22°C. Não ocorre estação seca definida, a partir dessas características, o clima é classificado pelo sistema de Köppen, como Cfb (IAPAR, 2017).

Ainda que a classificação climática indique chuvas bem distribuídas no ano para a área de estudo, observa-se pequena variação no índice pluviométrico entre as estações no Planalto de Palmas. Os registros para o município de Palmas indicam os meses de abril, maio, julho, agosto e novembro, respectivamente, como mais secos, o que define tanto outono quanto inverno como períodos mais secos (Figura 6 - A).

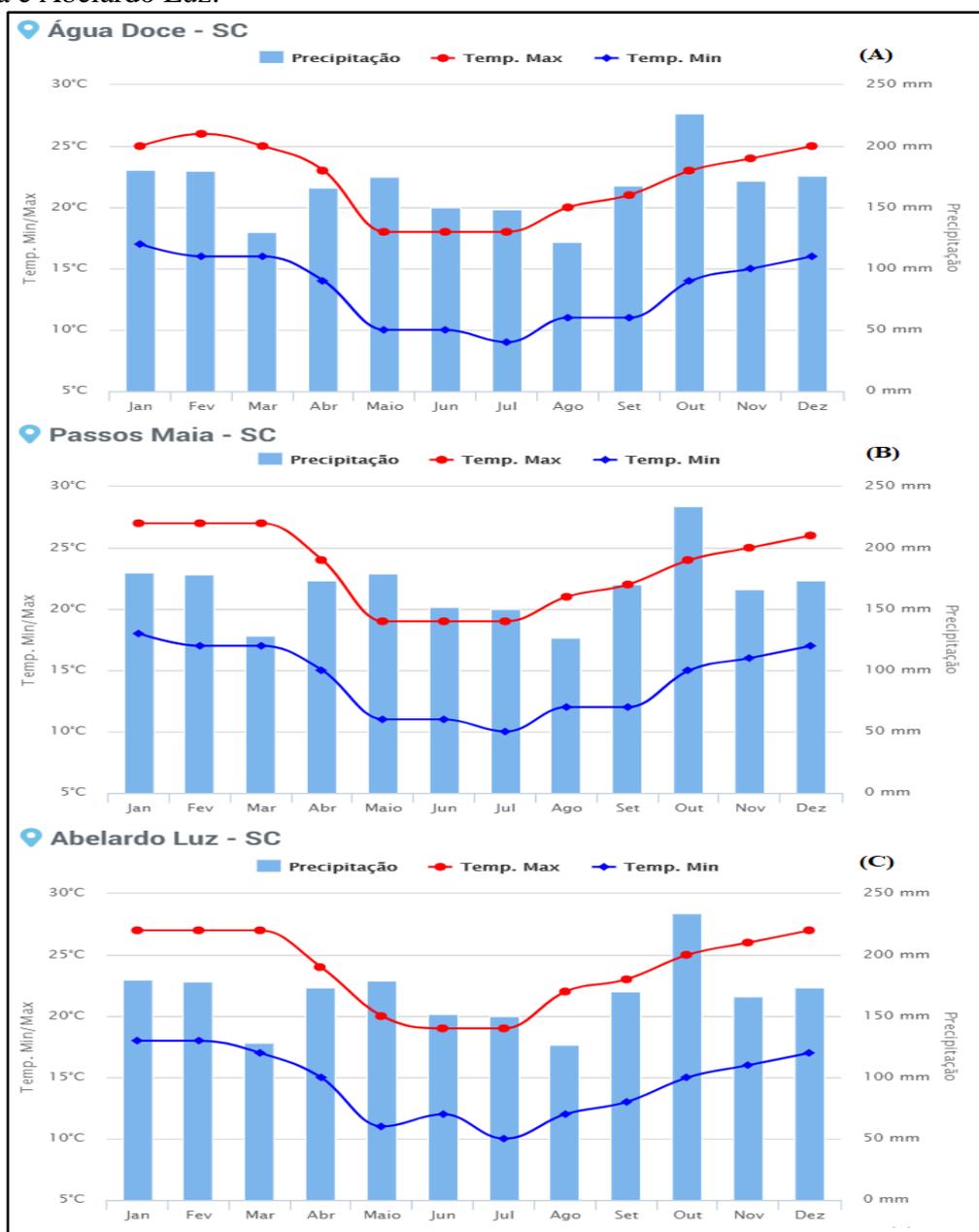
Figura 6 – Médias de temperaturas e Pluviosidade dos municípios de Palmas, Clevelândia e Coronel Domingo Soares.



Fonte: Climatempo (2018).

Os valores registrados para e Clevelândia Coronel Domingues Soares mostram os meses de março, junho, julho e agosto, respectivamente, como os mais secos. Isso configura o período de inverno como de índices pluviométricos menores (Figura 6). Este mesmo comportamento médio da pluviosidade pode ser observado para o limite sul da área de estudo, que abrange os municípios de Água Doce, Passos Maia e Abelardo Luz todos no inseridos no estado de Santa Catarina (Figura 7 - A; Figura 7 - B; Figura 7 - C).

Figura 7 – Médias de temperaturas e Pluviosidade dos municípios Água Doce, Passos Maia e Abelardo Luz.



Fonte: Climatempo (2018).

3 REVISÃO DE LITERATURA

Com o objetivo de organizar a fundamentação teórica necessária para a efetivação deste trabalho, torna-se indispensável abrangente revisão de diversos temas relacionados a ocorrência da erosão hídrica, bem como da aplicação da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS). Diante disto, a revisão organiza-se nos seguintes tópicos: a) definição de bacia hidrográfica; b) erosão; c) solo e d) Equação Universal de Perda de Solos e suas variáveis.

3.1 DEFINIÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA

A LEI Nº 9.433 de 1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos do Brasil (PNRH), descreve em seu artigo primeiro a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Bacia hidrográfica pode ser entendida como uma célula básica de análise ambiental permitindo conhecer e avaliar seus diversos componentes, bem como os processos e interações que nela ocorrem (VITTE *et al.*, 2004). Para Salles (2010) bacia hidrográfica é determinada como uma área de captação natural de água proveniente da precipitação pluvial, que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, o exutório.

Silveira (2009) afirma que uma área de captação natural de água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, o exutório, pode ser considerada como bacia hidrográfica. Possui atuação como um sistema aberto e dinâmico, referindo-se a uma compartimentação natural a qual é delimitada por divisores de água. Vários fatores compõem a bacia hidrográfica principalmente, a rede de drenagem formada pelos cursos da água que confluem até chegar a um ponto único de saída.

Importante ressaltar que uma bacia hidrográfica atua como um sistema dinâmico e aberto, referente a uma compartimentação natural a qual é delimitada por divisores de água. No processo de exploração de novas áreas devido a demanda crescente de produção de alimento e o uso do solo de forma inadequada, ocorrem desmatamentos, queimadas, práticas de cultivos inadequadas dos solos, exploração de minérios, execução de estradas (LEMOS, 2002). Atribuindo esses resultados no sistema dinâmico e aberto da bacia hidrográfica, ocorrem perdas de solo e erosão, por exemplo.

Para poder verificar a influência de um ou outro elemento físico na contribuição do processo erosivo se faz necessário trabalhar com um recorte geográfico que funcione como um sistema fechado, sendo este a bacia hidrográfica.

3.2 EROSÃO

A erosão como processo natural consiste no desprendimento e arraste das partículas do solo (PRUSKI, 2009). Para Grilo e Enami (2008) a erosão natural acontece pelo desgaste da superfície da terra por água, gelo ou outros agentes naturais, sem perturbações provocadas pelo homem.

O processo erosivo consiste basicamente em três etapas: desagregação do solo, transporte de partículas desagregadas e depósito de partículas nas áreas mais baixas (COSTA *et al.*, 2013). No entanto para Guerra & Cunha (2001) a erosão ocorre em duas fases, a partir do momento em que as forças removem as partículas e pelo transporte desse material, efetuado pelos agentes erosivos. A erosão natural auxilia na evolução do relevo do planeta e possui a capacidade de modelar a paisagem por meio do desgaste do material de um local, transportando-o por meio da água ou do vento, e depositando-o quando não tem mais capacidade de transportá-lo (PINESE JÚNIOR *et al.*, 2008).

A erosão pode incidir pela força do vento, sendo nomeada erosão eólica, bem como pode iniciar-se pela precipitação influenciada por diversos fatores, designada como erosão hídrica. O processo da erosão causado pela ação dos ventos apresenta três fases distintas em relação as partículas do solo, sendo o movimento, transporte e deposição (PASQUATTO, 2016). No caso da erosão hídrica, as partículas são removidas pela precipitação devido ao impacto das gotas sobre o solo. O transporte é realizado pelo escoamento superficial da água, desde o ponto de retirada na vertente até o local de deposição (LIMA, 2003).

Além disso, a erosão pode ser gerada por remoção de grande massa de material, sendo denominada então, erosão acelerada (BIGARELLA, 2003). O processo de erosão acelerada sucede quando a retirada é mais rápida do que os processos de formação do solo não permitindo então, que este se regenere. A erosão acelerada do solo, consiste em um resultado do desequilíbrio, geralmente provocado pela ação antrópica, que provoca uma modificação de algum componente da paisagem (USDA 1948; PEREIRA, 2010b).

Para Faria *et al.*, (2003) o acelerado processo de erosão do solo pode ser desenvolvido por um conjunto de fatores: chuva, escoamento, solo, encosta, cobertura

vegetal e práticas conservacionistas. Esse processo ocasiona o rompimento da estrutura do solo bem como o transporte das partículas juntamente com o carregamento dos nutrientes, matéria orgânica e microrganismos, resultando no empobrecimento das áreas agrícolas, diminuição da capacidade produtiva dos solos e poluição das fontes hídricas (COSTA, 2015).

As causas da degradação do solo são complexas e têm natureza e dimensões diversas, dependendo das características da região, sendo influenciada pela ação combinada de fatores naturais e socioeconômico-culturais (PAES *et al.*, 2010). Os fenômenos erosivos são causados pela ocupação de forma desordenada do solo, causando problemas de ordem ambiental e socioeconômica, ocasionando consequências como a redução da fertilidade dos solos, assoreamento de cursos de água, enchentes, voçorocas, entre outros (VIEIRA, 2008).

A interferência do processo de erosão no comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, na origem e dinâmica do escoamento superficial, motiva grandes prejuízos tanto na área urbana com o aumento das enchentes provocadas pelo assoreamento dos cursos d'água e em áreas rurais, na ocorrência da redução de fertilidade e perda do solo (VIEIRA, 2008; LEMOS, 2002). A intensidade da erosão está associada a variáveis que influenciam nesse processo: a erosividade das chuvas, a erodibilidade do solo, ao comprimento da rampa, grau do declive das vertentes, às características do solo e o seu uso e manejo (TOMAZONI *et al.*, 2005).

Além disso, a erosão resulta na redução da produtividade das culturas, e pode ocasionar sérios problemas ambientais, especialmente pelo assoreamento de rios e reservatórios, bem como pela poluição dos recursos hídricos (CASSOL *et al.*, 2008). Para Pereira (2010b), dentre as diversas formas de erosão do solo, a erosão resultante do escoamento superficial das águas pluviais é a que resulta em consequências mais graves à população. A erosão hídrica é causada pela chuva e pelo escoamento superficial, sendo afetada por grande número de agentes naturais e antropogênicos (SILVA *et al.*, 2007). Em campo, foi possível observar ravinas, o que comprova que há o processo erosivo na área de estudo. A erosão hídrica, consiste no objeto de estudo neste trabalho e será abordada no tópico a seguir.

3.2.1 Erosão hídrica

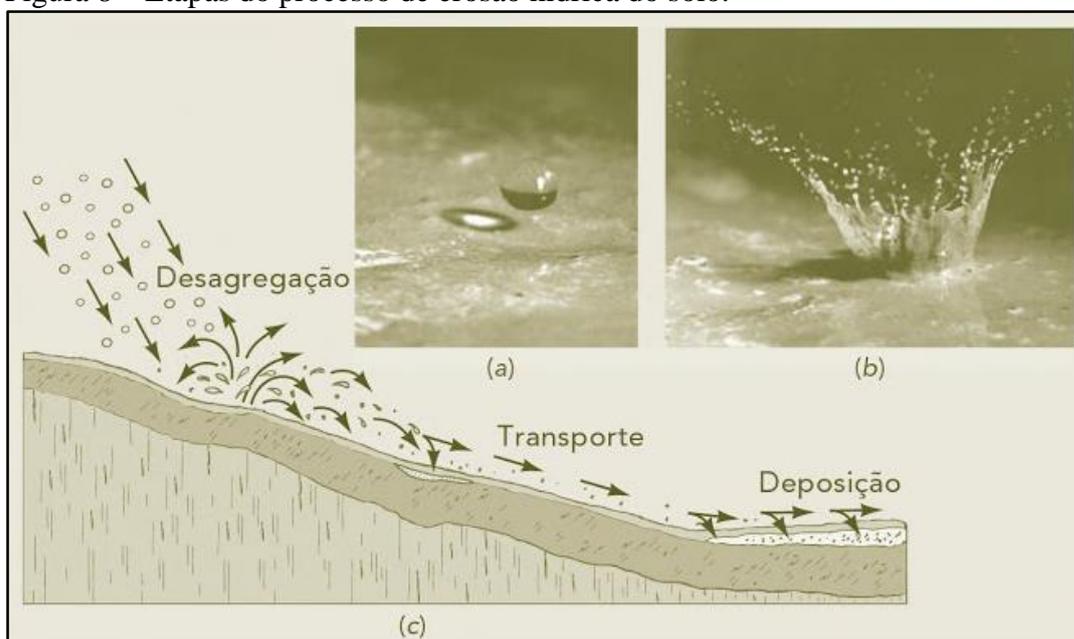
O processo de erosão hídrica, inicia-se com a incidência das precipitações pluviométricas, onde parte do total precipitado é interceptado pela vegetação, enquanto o

restante atinge a superfície do solo, provocando umedecimento dos agregados do solo e reduzindo suas forças coesivas (PRUSKI, 2009). Com a continuidade da precipitação ocorre a desintegração dos agregados do solo em partículas menores causados pelo impacto direto das gotas de chuva no solo, o qual depende da intensidade da precipitação, velocidade e tamanho das gotas (CARDOSO *et al.*, 2004).

Nomeada como erosão por “*splash*” ou salpico, constitui no estágio inicial do processo erosivo, pois prepara as partículas que compõe o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial (GUERRA *et al.*, 2007). Além disso, com o impacto das gotas de chuva no solo desprotegido ocorre a ruptura dos agregados, que são quebrados em partículas menores podendo preencher a superfície do solo induzindo a selagem e a diminuição da porosidade e contribuindo para o aumento do escoamento das águas.

A erosão hídrica, basicamente, ocorre em um processo de três etapas (Figura 8): a) desagregação de partículas da massa do solo pelo impacto da gota d’água; b) transporte das partículas desagregadas morro abaixo por salpicamento; e c) deposição das partículas transportadas em algum lugar de altitude inferior (BRADY & WEIL, 2013).

Figura 8 – Etapas do processo de erosão hídrica do solo.



Fonte: BRADY & WEIL, 2013.

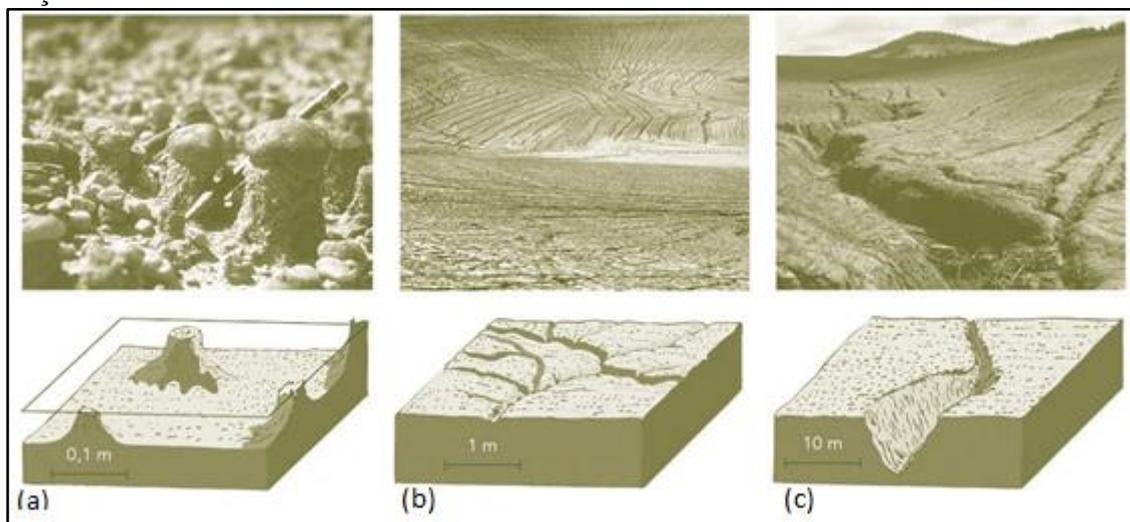
O transporte desse material desprendido pode ocorrer por salpicamento bem como por escoamento ao longo do perfil principalmente pela ação da água no sentido vertical, que é caracterizado o maior agente de transporte do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2012; SILVA *et al.*, 2007).

A erosão laminar pode ser caracterizada pela ocorrência de remoção de uma camada fina e relativamente uniforme do solo pela precipitação pluvial e pelo escoamento superficial (SILVA *et al.*, 2007). A erosão laminar arrasta horizontalmente as camadas superficiais como uma varredura, transporta o melhor solo das camadas produtivas, furtando-o à produção agrícola (NOLLA, 1982). O processo erosivo tende a aumentar com a concentração de água em pequenas depressões e aumento de velocidade à medida que o fluxo de água e a declividade do terreno aumentam (MACHADO *et al.*, 2009). Três tipos principais de erosão hídrica são reconhecidos: laminar, em sulcos e em voçorocas.

A erosão laminar (Figura 9a) envolve o solo juntamente com fertilizantes e agroquímicos, que tendem gerar a contaminação na rede hidrográfica e o assoreamento, causando a diminuição da seção de vazão dos leitos dos rios, aumentando os riscos de cheias (SANTOS *et al.*, 2010a). A intensidade deste tipo de erosão (erosão hídrica) pode originar erosão em sulcos e em voçorocas que são facilmente reconhecidas, em seus diferentes graus de intensidade, pela profundidade e frequência ou extensão das grotas deixadas no solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2012).

A erosão em sulcos (Figura 9b), resulta de irregularidades na superfície do solo pela concentração da enxurrada em determinados locais, tendo profundidade de até 30 cm, bem como arranca visivelmente as reservas de húmus e minerais do solo originando traços nas lavouras (DERPSCH, *et al.*, 1990; NOLLA, 1982). Os sulcos rasos podem ser desfeitos com a passagem de máquinas agrícolas de preparo rotineiro, no entanto se o preparo do solo não os desfaz, denominam-se sulcos profundos (LEPSCH, 2011).

Figura 9 - Tipos de erosão hídrica: (a) erosão laminar; (b) erosão em sulcos (c) erosão em voçorocas.



Fonte: BRADY & WEIL, 2013.

A erosão em ravinas ou voçorocas (Figura 9c) consiste na fase mais avançada do processo erosivo, formada por sulcos com profundidade superior a 30 cm e largura superior a 1 m, e incide no deslocamento de grande quantidade de solo, compondo canais de consideráveis dimensões (DERPSCH, *et al.*, 1990; PRUSKI, 2009).

No início do processo erosivo - quando as gotas de chuva que golpeiam o solo - além da desintegração das partículas do solo, também ocorre a compactação do solo pelo impacto das gotas da chuva que tende a diminuir a capacidade de infiltração. Denomina-se infiltração o processo pelo qual a água entra no solo, e persiste enquanto houver disponibilidade de água em superfície (REICHARDT & TIMM, 2012). A diminuição da infiltração é maior nos terrenos planos, e diminui progressivamente à medida que aumenta o grau de declive do terreno (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2012).

A infiltração é um dos fatores que determina a erosão laminar, pois sua taxa ou velocidade muitas vezes determina o deflúvio superficial (*runoff*) ou enxurrada, responsável pelo fenômeno de erosão durante precipitações (REICHARDT & TIMM 2012).

3.2.2 Tipos de Fluxos

A duração da precipitação, a capacidade de infiltração do solo, o clima e a vegetação são fatores que contribuem para o predomínio de um ou outro tipo de fluxo (STEVAUX & LATRUBESSE, 2017). Geralmente, o escoamento de encostas e a infiltração são controlados por dois fatores principais, que são as características da precipitação e as características da encosta (LU e GODT, 2013).

Quando a intensidade da chuva é superior a capacidade de infiltração do solo, formando-se poças na superfície, podendo dar início ao escoamento superficial, denominado de *fluxo hortoniano* ou *runoff* (GUERRA *et al.*, 1999). Para Guerra e Cunha (2001) no momento em que a água da chuva começa a acumular na superfície, ela é retida em pequenas depressões do solo que variam de acordo com o tipo de solo e a estação do ano, e o *runoff* iniciará a partir do momento em que a capacidade de armazenamento do solo for saturada.

Quando a capacidade de infiltração do solo é alcançada, ocorre a saturação do solo, e então água emerge na superfície iniciando o processo de escoamento saturado (DUNNE, 1990). No escoamento superficial, os fluxos laminares resultantes do volume de água excedente correspondem à lei da gravidade e escoam conforme a superfície do terreno podendo evoluir através de uma gradativa concentração linear, originando

pequenos e estreitos canais erosivos, conhecidos como sulcos, que aprofundados e alargados resultam em voçorocas (OLIVEIRA, 2011).

Além do escoamento superficial, que também pode ser nominado de fluxo hortoniano, há também, o escoamento de base. O dossel de vegetação e os solos mais permeáveis podem aumentar a capacidade de infiltração, ou seja, grande parte da precipitação será absorvida. Assim, contribuirá para o lençol freático que seria responsável pela sucessiva recarregar a água de alguns rios, sendo este processo definido como fluxo de base (baseflow) (PAISANI, 1998).

A erosão laminar é consequência da integração de dois processos diferentes: a ação do efeito mecânico do impacto das gotas de chuva e o escoamento laminar superficial (KNIGHTON, 1998).

3.2.3 Fatores condicionantes da erosão hídrica

A infiltração constitui no resultado do processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo, e a capacidade de infiltração deve ser entendida como a quantidade máxima de água que pode infiltrar no solo em um determinado intervalo de tempo (BRANDÃO *et al.*, 2006). O movimento da água no interior do solo pode ser influenciado pelo tamanho e a disposição dos espaços porosos do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2012).

O uso e manejo do solo são fatores que podem ser uma variável responsável pela variabilidade da infiltração ao longo do ano (GUERRA, *et al.*, 1999). As perdas de solo causadas pela erosão hídrica diminuem a espessura do solo, bem como a capacidade de retenção e redistribuição da água no perfil, ocasionando maiores escoamentos superficiais, e por vezes, maiores taxas de erosão do solo (SANTOS *et al.*, 2010).

O relevo se constitui em elemento de significativa importância quando se analisa a erosão hídrica, uma vez que é um fator potencializador do processo, exercendo influência sobre o volume e a velocidade da enxurrada (LIMA, 2003). A erosão hídrica ocorre com maior facilidade em áreas com forte grau de declividade, pois a velocidade e a força de transporte da enxurrada são maiores (PASQUATTO, 2016).

Outro fator que contribui diretamente na erosão do solo é a precipitação pois, o volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, permanência e frequência da chuva (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2012). Esta capacidade da chuva em causar erosão é denominada de erosividade. Para Santos *et al.*, (2010a) as precipitações

pluviométricas de maior intensidade e com grande frequência favorecem a ocorrência da erosão. Lima (2003) afirma que entre os agentes erosivos, entretanto, a água é o mais importante, pela ação das chuvas, escoamento das águas em superfície, mares e lagos, dos quais resulta a chamada erosão hídrica de superfície.

3.3 SOLO

O solo é um dos recursos naturais que se encontra disponível na superfície terrestre, sendo essencial para grande parte das atividades do ser humano, entre elas a produção de alimentos (GALLARDO, 1988). Em geral consiste em camada superficial de terra arável possuidora de vida microbiana. Algumas vezes pode ser espesso, outras vezes pode ser reduzido a uma delgada película ou mesmo deixar de existir (GUERRA, 1987).

A formação do solo resulta da ação de cinco fatores, tais como: material original (rocha); o clima, através das variáveis umidade e a temperatura, que definem a ação de reações do intemperismo; o relevo, controlador da quantidade de água que infiltra; o tempo que o material fica exposto; e os organismos vivos, que atuam na decomposição e transformação da rocha, bem como no fornecimento de matéria orgânica (REICHARDT & TIMM, 2012; BRADY & WEIL, 2013).

Pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) o solo é denominado como:

“... coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas. p. 31.”

Devido à combinação de forças físicas, químicas e bióticas que atuam nos materiais orgânicos e na rocha aerada, o solo é constituído de diferentes proporções de partículas minerais, orgânicas e por organismos de diversos grupos biológicos e de diferentes tamanhos, além de espaços vazios – poros, que podem estar preenchidos por água e/ou ar (WHITE, 2009; SILVA *et al.*; 2007). A parte correspondente às partículas minerais e substâncias orgânicas, de várias formas e tamanho, denominam-se esqueleto, sólidos ou matriz do solo. A parte porosa consiste em poros interconectados e recebe o

nome de espaço poroso ou poros do solo. Esses abrigam quantidade variável da solução aquosa de vários eletrólitos e também de uma solução aquosa (LIBARDI, 2005).

Diversas pesquisas e modelos são utilizados para quantificar a perda de solo por erosão e podem ser diferenciados por modelos diretos ou estatísticos, conceitual e fundamentado em processos físicos, ou por mensurações em campo. As medidas adquiridas por métodos diretos, fornecem dados mais realísticos, porém são resultados mais difíceis devido a influência de mudanças e interferências ocorrentes em campo (MORGAN, 2005). Além disso, o custo dessa metodologia se torna alto quando a área de estudo está distante.

O modelo que frequentemente é mais utilizado em pesquisa, visto que possui uma ampla integração das variáveis presentes no processo de erosão, para estimar a perda de solo consiste na *Universal Soil Loss Equation* (USLE), ou seja, na Equação Universal de Perda de Solo (EUPS).

3.4 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO – EUPS ou USLE

Entre os anos de 1954 a 1965 agências de pesquisa e extensão dos EUA, se empenharam na revisão das equações, quando o Soil and Water Conservation Research Division of the Agricultural Research Service reuniu, na Universidade de Purdue (EUA), dados de escoamento superficial e de perdas de solo de 48 estações experimentais localizadas em 26 Estados dos EUA (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005). Após isso, sugeriram, derivado de uma reunião e interpretação dos dados de perdas de solo e água, um novo modelo empírico denominado *Universal Soil Loss Equation* (USLE), ou simplesmente a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) (BERNINI, 2012).

A Equação Universal de Perdas de Solo foi desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978) e expressa a quantidade de perda média anual de solo ($m \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) que poderá ocorrer em uma área cultivada (COLODRO *et al.*, 2002). Posteriormente esta equação foi revisada e nomeada como a Equação Universal de Perdas de Solo (RUSLE), a mesma utiliza algoritmos para o cálculo de perda de solo e considera conceitos de base física para determinação de alguns dos seus componentes em ambiente computacional (BERNINI, 2012). No entanto, a EUPS continua sendo utilizada e difundida pelos pesquisadores para estimar a perda de solo no meio agrícola, pois oferece uma análise conjunta dos fatores condicionantes da erosão para estimativa de perda de solo pela ação do escoamento das águas pluviais em superfície, com ênfase nos processos de erosão laminar (PINTO, 2005).

A equação estima a erosão do solo com base em séries de coletas de informações sobre as diferentes variáveis que regem o processo erosivo, dentre os quais estão incluídos precipitação, comprimento da encosta, declividade da encosta, erodibilidade do solo, cultivo (uso do solo) e as práticas agrícolas uma vez que, esses fatores ambientais são agentes que participam do processo erosivo (BERNINI, 2012; PRUSKI, 2009).

A EUPS é o modelo de erosão mais utilizado no mundo e fornece informações apropriadas para o planejamento do solo e conservação da água, assim como estratégias para o controle e diminuição da erosão (OLIVEIRA, *et al.*, 2012). Para Bernini (2012) a equação tornou-se referência após os autores realizarem ajustes e incorporarem dados ao modelo criando um manual de boas práticas nos EUA com a publicação “Predicting rainfall erosion losses from cropland” (Wishmeier & Smith, 1965).

A equação é um modelo paramétrico, empírico e seu ajuste depende do rigor com que os seus fatores reproduzam as condições do meio, refere-se a uma formulação empírica que pretende interpretar os mecanismos erosivos por suas causas e efeitos (RISSO *et al.*, 2005). Essa metodologia foi utilizada em diversos trabalhos científicos, por exemplo BERNINI (2012); BORGES *et al.*, (2012); CHAVES (2010); CORRÊA *et al.*, (2015b); MACHADO *et al.*, (2009); MATA *et al.*, (2007); OLIVEIRA (2015); PAES *et al.*, (2010); PASQUATTO (2016); PETSCH *et al.*, (2015); PULIDO GÓMEZ (2012); RISSO *et al.*, (2005); SCHICK (2014); SERIO *et al.*, (2008); THOMPSON *et al.*, (2013); TOMAZONI & GUIMARÃES (2005); TOMAZONI *et al.*, (2005) finalizando em importantes resultados para determinar a taxa de erosão.

Usada para estimar a quantidade total de sedimentos erodidos anualmente na bacia, esta produção total de sedimentos tenta ser compreendida pela erosão composta por erosão laminar, erosão entre sulcos, pelos movimentos de massa e desprendimentos do canal (PULIDO GOMÉZ, 2012).

As variáveis atuantes na erosão do solo são integradas por fatores condicionados pela natureza – erosividade, erodibilidade, comprimento e declive da rampa – bem como por fatores antrópicos – tipo de uso e ocupação do solo. Esses fatores são utilizados para o cálculo da perda do solo médio anual e estão descritas na Equação Universal de Perdas de Solos (Equação 1).

$$A = R.K.L.S.C.P$$

Equação 1

A: perda de solo calculado por ano (t/ha.ano);

R: representa a erosividade de um evento de chuvas ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

K: parâmetro referente a erodibilidade do solo ($t\ ha^{-1}\ h\ mm^{-1}\ ha\ MJ^{-1}$);

L: parâmetro de comprimento do declive da encosta (adimensional);

S: parâmetro de declividade da encosta (adimensional);

C: parâmetro relativo ao fator uso e manejo do solo (adimensional);

P: parâmetro relativo a práticas conservacionistas adotadas (adimensional).

A equação possui seis fatores de erosão que são separadamente quantificados, que permitem comparação rápida e efetiva não só das taxas de erosão, como também da distribuição espacial dos principais fatores que influenciam as taxas de erosão (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

O valor encontrado de perda de solo poderá ser utilizado como um indicativo ambiental, demonstrando locais mais vulneráveis à perda de solo. A partir disso, medidas preventivas podem e devem ser associadas ao uso do solo visando a diminuição e prevenção da ocorrência da erosão hídrica na bacia hidrográfica de estudo. Os fatores que constituem a equação serão abordados separadamente nos itens seguintes.

3.4.1 Erosividade – Fator R

É um fator diretamente ligado com a precipitação, que pode ser qualquer deposição d'água em forma líquida ou sólida proveniente da atmosfera, é medida em altura, normalmente expressa em milímetros (CAVIGLIONE, *et al.*, 2000).

O processo de erosividade inicia-se pelo impacto direto da gota de chuva sobre o solo que desagregam as partículas, ou seja, os agregados. Além disso a ruptura desses agregados sela a superfície do solo e com isso diminui a taxa de infiltração, tendendo a formação de poças (*ponds*) que poderão dar início ao escoamento superficial, influenciando no aumento da perda de solo (GUERRA, *et al.*, 1999).

As partículas desprendidas da superfície desprotegida do solo, são transportados por salpicamento rompendo os grânulos e torrões, dividindo-os em partículas menores (BERTONI & LOMBARDI, 2012). A capacidade erosiva da precipitação constitui-se por meio das características físicas das chuvas, ou seja, intensidade, duração e distribuição de tamanho das gotas (ABDON, 2004). A intensidade da chuva nada mais é que o volume da queda d'água por unidade de tempo, quanto maior a intensidade maior também é o potencial para a desagregação e carreamento dos sedimentos do solo (PERREIRA, 2006).

3.4.2 Erodibilidade – Fator K

A erodibilidade do solo representa a suscetibilidade do solo em ser erodido, ou seja, o grau de resistência natural do solo ao processo erosivo (CONCEIÇÃO, 2014). Pode variar significativamente dependendo o tipo de solo, pois está relacionada diretamente com as características que o solo apresenta como, capacidade de infiltração de água e resistência à desagregação e ao transporte de partículas e pequenos agregados (DE SÁ, *et al.*, 2004). A erodibilidade do solo está associada principalmente a solos argilosos em virtude do grau de dispersão das argilas, quanto maior o grau de dispersão, logo, a erodibilidade do solo será maior (MERTEN *et al.*, 2016).

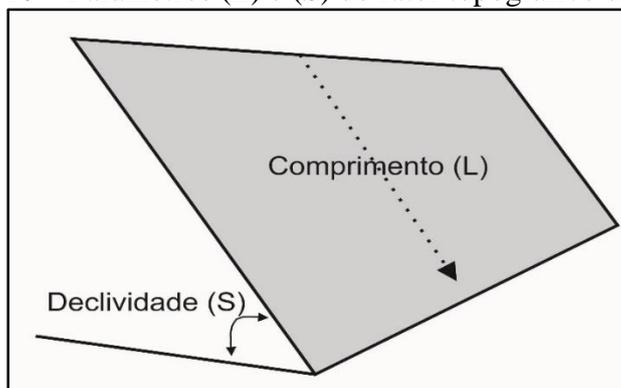
A permeabilidade, é uma característica importante da erodibilidade, e se associa a fatores como a quantidade, continuidade e tamanho dos poros presentes no solo, sendo a compactação e a descontinuidade dos poros a causa responsável pela redução significativa da permeabilidade do solo à água (MARCATTO, *et al.*, 2015).

Nolla (1982) descreve que quanto maior a matéria orgânica no solo, maior será a permeabilidade visto que esta tem influência na estrutura, porosidade, retenção de água e na temperatura do solo. Solos ricos em silte e areia e com pouco material cimentante (M.O e óxidos de ferro e alumínio) são muito propensos ao processo erosivo, em razão da pequena resistência que oferecem ao desprendimento de partículas durante a precipitação (PRUSKI, 2009).

3.4.3 Comprimento e Declive da Encosta – Fator LS

O fator topográfico é constituído por duas variáveis do relevo, que modificam a ação erosiva exercida pela água das chuvas sobre os solos, sendo elas: o comprimento das encostas e a declividade (Figura 10) (PARANHAS FILHO *et al.*, 2003).

Figura 10 – Parâmetros (L) e (S) do fator topográfico da EUPS.



Fonte: Paranhas Filho *et al.*, (2003).

A inclinação do terreno, ou seja, o grau de declive, juntamente com o comprimento da encosta, determina a velocidade do escoamento da água, e conseqüentemente, a capacidade de remover os agregados do solo, assim individualizando o potencial de carregamento pela erosão em termos de tamanho e quantidade material (TOMAZONI & GUIMARÃES, 2005).

Devido a formação geológica, o estado do Paraná possui predominância do relevo fortemente ondulado com uma declividade média de 9% nas áreas cultivadas (DERPSCH, *et al.*, 1990). Para Morgan (2005) o potencial erosivo aumenta com o grau do declive e com a extensão da vertente, os quais originam o aumento da velocidade e do volume do escoamento superficial.

3.4.4 Uso e Manejo do Solo – Fator C

Integrando a EUPS o fator C representa o tipo de uso e também a cobertura da terra, que consiste em proteção natural contra os efeitos negativos que a erosão produz no terreno, bem como o tipo de uso e manejo do solo (CORRÊA, *et al.*, 2015b). A vegetação auxilia na redução do impacto das gotas da chuva na superfície, reduzindo a força de impacto das mesmas sobre o solo (BERTONI & LOMBARDI, 2012). O fator de uso e manejo do solo é a relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado em determinadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente coberto (GUERRA *et al.*, 2007).

3.4.5 Práticas conservacionistas adotadas – Fator P

Este fator está diretamente relacionado a utilização ou não de práticas conservacionistas, sendo a relação entre a intensidade esperada de perdas de solo com a aplicação de determinada prática conservacionista e aquela quando a cultura está plantada no sentido do declive (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2012).

O fator de práticas conservacionistas (P), representa o efeito de práticas de conservação do solo como preparo e plantio em contorno (nível), terraceamento e plantio em faixas em contorno (EDUARDO, *et al.*, 2013). O valor varia de zero (0) a um (1), aproximando-se de zero, nos sistemas de manejo conservacionistas, e de um, nos sistemas não-conservacionistas (BERTOL *et al.*, 2002).

Para Guerra *et al.*,(2007) este fator representa a relação entre a intensidade prevista de perdas de solo por erosão, com determinada prática conservacionista, e quando a cultura está plantada no sentido de declive, ou seja, morro abaixo.

4 MATERIAS E MÉTODOS

Para determinar a perda de solos no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Chopim, utilizou-se a Equação Universal de Perdas de Solos (Wischmeier e Smith, 1978), descrita no item 4.4. Inicialmente foi necessário delimitar a área de estudo bem como adquirir as variáveis da equação, que estão descritos a seguir.

4.1 DELIMITAÇÃO DO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CHOPIM

A delimitação da área de estudo, bem como a classificação da rede de drenagem, foi realizada com o auxílio do *software* Global Mapper versão 12. Devido à grande abrangência da bacia hidrográfica do Rio Chopim e ao curto tempo para o desenvolvimento deste trabalho, o local de estudo foi delimitado o Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim.

Sabe-se da existência de cartas topográficas em escala 1:25.000, mas não foram utilizadas por não envolverem toda a área de estudo. Para definir a área a partir da rede de drenagem utilizou-se cartas topográficas em escala 1:50.000, disponibilizadas pelo Exército Brasileiro.

As cartas que recobrem a área são: Palmas (Folha SG.22-Y-B-I-4 MI-2863/4) do ano de 1980, Palmas (Folha SG-22-Y-B-II-3 MI 2864-3) do ano de 2001, Faxinal dos Santos (Folha SG-22-Y-B-II-4 MI-2864-4) do ano de 2001, Santo Antônio (Folha SG-22-Y-B-V-1 MI-2876-1) do ano de 2000 e Indumel (Folha SG.22-Y-B-IV-2 MI-2875/2) do ano de 1980.

4.2 QUANTIFICAÇÃO DOS FATORES DA EUPS

As variáveis atuantes na erosão do solo envolvem fatores naturais e antrópicos, sendo esses utilizados para o cálculo da perda do solo médio anual e estão descritas na Equação Universal de Perdas de Solos, abordados anteriormente. A quantificação da perda de solos foi realizada utilizando Sistemas de informações Geográficas (SIG) no *software* QGIS 3.0.2. Antes disso, foi necessário adquirir os fatores: fator de erosividade, fator de erodibilidade, fator topográfico, fator de uso e manejo do solo e o fator de práticas conservacionistas, separadamente para então, aplicar EUPS e estimar a quantificação da perda de solos para o Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim.

4.2.1 Fator erosividade – (R)

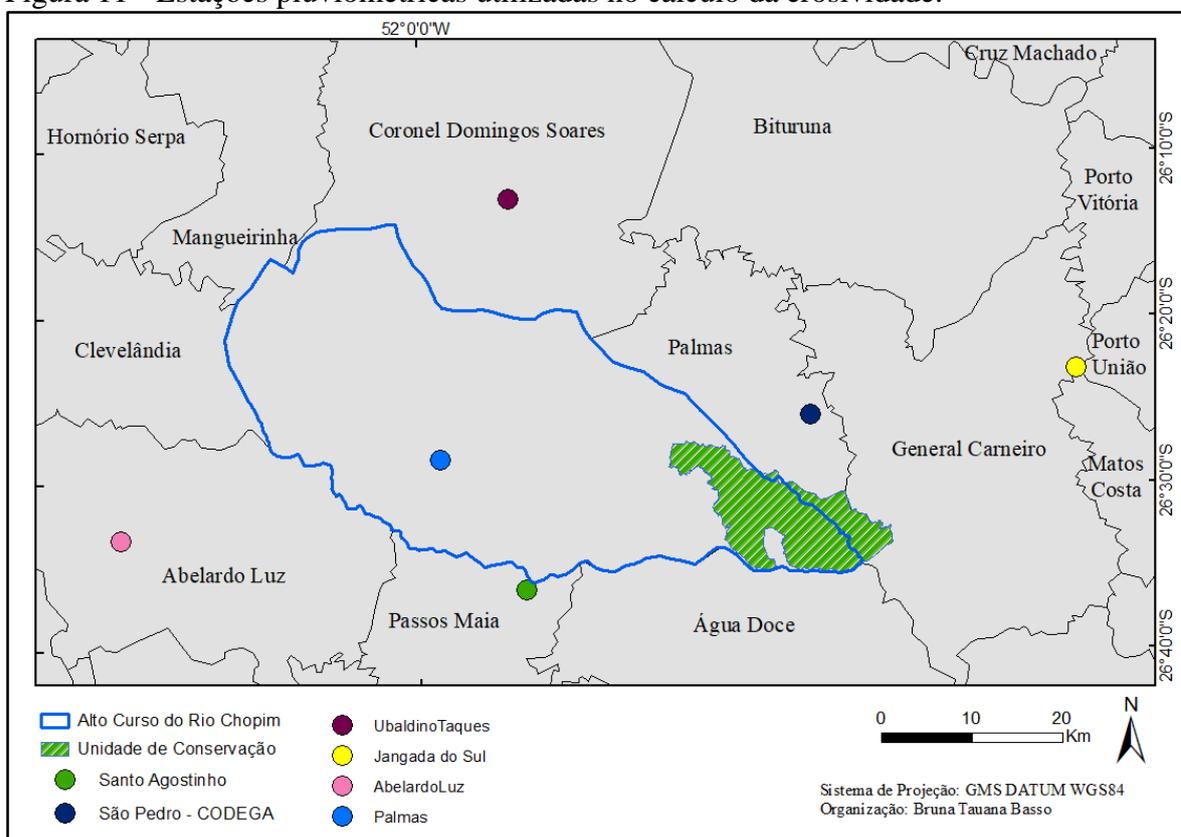
A erosividade refere-se à capacidade da chuva em causar erosão, variando de região para região por ser dependente do clima. A determinação do fator R necessita, no mínimo de 22 anos de séries históricas de precipitação, sendo o índice de erosividade (EI) EI₃₀ um dos parâmetros utilizados com mais frequência para quantificar a erosividade (WALTRICK *et al.*, 2015).

Para determinar o fator erosividade, se fez uso dos dados pluviométricos das estações de São Pedro – CODEGA, Palmas, Ubaldino Taques, Jangada do Sul, Santo Agostinho e Abelardo Luz que estão distribuídas espacialmente na região de estudo (

Figura 11) e possuem série de dados pluviométricos mensais dos anos de 1985 a 2015. Não foram utilizados dados até 2017 pois algumas estações não continuaram com o monitoramento, ou seja, não ofereciam dados referente ao ano de 2017.

Os dados mensais de precipitação foram obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas do Instituto das Águas do Paraná – AGUASPARANÁ, no site HidroWeb – Sistemas de Informações Hidrológicas, o qual é uma extensão do site da Agência Nacional de águas – ANA.

Figura 11 - Estações pluviométricas utilizadas no cálculo da erosividade.



Organização: Bruna Tauana Basso, (2018).

As estações pluviométricas utilizadas (Tabela 1), possuem dados completos de 1985 a 2015 resultando em uma série histórica de 30 anos. Se encontram em torno da área de estudo, tendo municípios no estado do Paraná Palmas, Coronel Domingos Soares, General Carneiro, bem como, no estado de Santa Catarina os municípios de Passos Maia e Abelardo Luz.

Tabela 1 – Informações das estações pluviométricas utilizadas para o cálculo do fator erosividade.

Código	Estação	Município	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
2651029	São Pedro CODEGA	Palmas	26° 25' 59"	51° 34' 00"	1150
2652010	Palmas	Palmas	26° 28' 40"	51° 58' 37"	1124
2651031	Ubaldo Taques	Coronel Domingos Soares	26° 13' 00"	51° 54' 00"	1100
2651003	Jangada do Sul	General Carneiro	26 23' 13"	51°16' 18"	800
2651022	Santo Agostinho	Passos Maia	26 36' 31"	51° 52' 54"	1250
2652000	Abelardo Luz	Abelardo Luz	26 33' 22"	52° 19' 51"	760

Organização: Autor, 2018.

No estado do Paraná, observa-se pesquisas inicialmente regionais e com um período de séries históricas relativamente curto, avaliando estimativas de erosividade média anual. A partir de três estimativas de erosividade para o estado do Paraná, realizadas por Castro Filho *et al.*, (1982), Rufino (1986) e Rufino *et al.*, (1993), no ano de 2015 Waltrick, *et al.*, realizaram uma quarta estimativa visando a atualização das informações de erosividade anual das chuvas para o estado, utilizando dados de 1986 a 2008.

A erosividade do estado do Paraná foi estimada por Waltrick (2010), de acordo com a região em que a estação está localizada e então, convertida para o Sistema Internacional de Unidades – SI. O autor utilizou as oito equações lineares propostas por Rufino *et al.*, (1993). A erosividade foi estimada empregando utilizando a Equação 2, proposta por Waltrick (2010) para a região seis (6) do Paraná, pois abrange os municípios banhados pela drenagem da área de estudo (Tabela 2).

Tabela 2 – Estações localizadas na região seis (6) de acordo com Waltrick (2010).

Localidade	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
Clevelândia	26° 25'	52° 21'	930
Cruz Machado	25° 56'	51° 15'	880
General Carneiro	26° 23'	51° 16'	800

(Continuação)

Localidade	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
Laranjeiras do Sul	25° 25'	52° 25'	1100
Palmas*	26° 29'	51° 59'	1100
Pinhão	25° 51'	51° 46'	1245

Fonte: Adaptado de Waltrick (2010).

*Município que abrange a maior área do Alto Curso do Rio Chopim.

A equação é composta por uma variável dependente que deriva do índice mensal de erosividade, e por uma variável independente que representa o coeficiente da chuva (X), presente na equação 3, adaptada por Lombardi Neto (1977):

$$Y = 107,52 + 46,89X \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

Y: variável dependente que procede no EI30 mensal (índice mensal de erosividade); E a soma dos EI30 mensais durante 12 meses que resulta no Ei30 anual em MJ mm há⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹;

X: variável independente adaptada por LOMBARDI NETO (1977):

$$Rc = \frac{p^2}{P} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

Rc: coeficiente de relação da chuva;

p: precipitação média mensal em mm;

P: precipitação média anual em mm.

Inicialmente, os cálculos foram efetuados separadamente para cada estação pluviométrica, por meio de uma planilha no *software* Microsoft Excel (2016), para se obter o valor da erosividade. Após isso, realizou-se a interpolação e geração das isolinhas no *software* Surfer 8.0. Os valores da erosividade de cada estação pluviométrica foram inseridos no *software* e foram interpolados por meio do método geostatístico de *krigagem* de 1º ordem (método de regressão usado em geostatísticas para aproximar ou interpolar dados), para gerar a interpolação dos dados geração do grid e isolinhas o que resultou no mapa de erosividade.

4.2.2 Fator de erodibilidade do solo (K)

Para determinar a erodibilidade foi necessário determinar as classes de solo presente na área de estudo. Para se obter este resultado, utilizou-se o mapeamento de solos do estado do Paraná, apresentado pelo IAPAR/EMBRAPA na escala 1:250.000. O setor da área de estudo corresponde à Folha SG.22-Y-B MIR-517 (BHERING & SANTOS, 2008). As áreas correspondentes as diferentes classes de solos que ocorrem na área foram digitalizadas no *software* Global Mapper, versão 12.

Em função da escala que o mapeamento de solos da área é apresentado, efetuou-se reconhecimento de campo para verificar a precisão dos tipos de solos do mapa em relação à distribuição real. Nesse levantamento verificou-se que os limites existentes no mapa correspondem com a ocorrência, em campo, das grandes associações de solos presentes na área de estudo, validando então o uso do mapa de solos em escala 1:250.000.

Com base em dados de 31 classes de solos brasileiros, Denardin (1990) propôs uma equação para estimar a erodibilidade a partir das propriedades do solo, integrando a permeabilidade do solo, a porcentagem de matéria orgânica, areia fina e grossa, silte e argila (PRUSKI, 2009). A equação, é considerada a de maior precisão para estimativas de erodibilidade dos solos brasileiros (CORRECHEL, 2004).

Determinou-se a erodibilidade por meio do método indireto de estimativa expresso por Denardin, 1990 (Equação 4).

$$K = (7,48 \times 10^{-6} M + 4,48059 \times 10^{-3} P) - (6,31175 \times 10^{-2} DMP + 1,039567 \times 10^{-6} R)$$

Equação 4

Onde:

K = erodibilidade estimada, em $t \text{ ha}^{-1} \text{ h mm}^{-1} \text{ ha MJ}^{-1}$;

M = (areia fina + silte) x [(areia fina + silte) + (areia grossa)];

P = valor de permeabilidade do solo, adotando os valores: 1 = muito baixa, 2 = baixa, 3 = baixa a moderada, 4 = moderada, 5 = moderada a rápida e 6 = rápida;

DMP = diâmetro médio ponderado das partículas de solo (mm); e

R = [areia grossa x ($\frac{\text{Teor de matéria orgânica}}{100}$)].

O cálculo do Diâmetro médio ponderado das partículas de solo (DMP) foi realizado a partir da Equação 5.

$$DMP = \frac{[(0,65 \times \text{areia grossa}) + (0,15 \times \text{areia fina}) + (0,0117 \times \text{silte}) + (0,00024 \times \text{argila})]}{100}$$

Equação 5

Como as equações 4 e 5 (Denardin, 1990) necessitam dos valores das classes granulométricas de argila, silte e areia e o teor de matéria orgânica, coletou-se amostras representativas dos solos correspondente ao horizonte A, na profundidade de 0-30 cm da superfície do solo. As amostras foram coletadas, (Tabela 3) e (Figura 12), em triplicata e devidamente misturadas para obter a amostra de análise. Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Pato Branco, para as devidas determinações de matéria orgânica, pelo método Walkley Black, e a análise granulométricas do solo determinada pelo método de pipetagem.

Tabela 3 – Pontos de coleta de solos na área de estudo.

Tipo de Solo	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
Latossolo	26° 26' 58''	52° 1' 14''	1102
Neossolo	26° 21' 40''	52° 0' 19''	1028
Cambissolo	26° 23' 49''	51° 53' 57''	1038
Nitossolo	26° 19' 48''	51° 56' 15''	1114

Organização: Autor, 2018.

Além disso, é necessário determinar a permeabilidade que constitui na capacidade que o solo tem de se deixar penetrar pela água e ar, depende principalmente da textura e estrutura, porosidade, espécies vegetais, temperatura e da matéria orgânica (NOLLA, 1982). O valor de permeabilidade foi definido através de análises no Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná TOMO I e TOMO II (EMBRAPA, 1984) a partir do detalhamento das classes de solo. A partir disso, adotou-se os valores de 4 representando uma permeabilidade moderada e moderada a rápida valor de 5 (Tabela 4).

Tabela 4 – Classes de valores de permeabilidade do solo

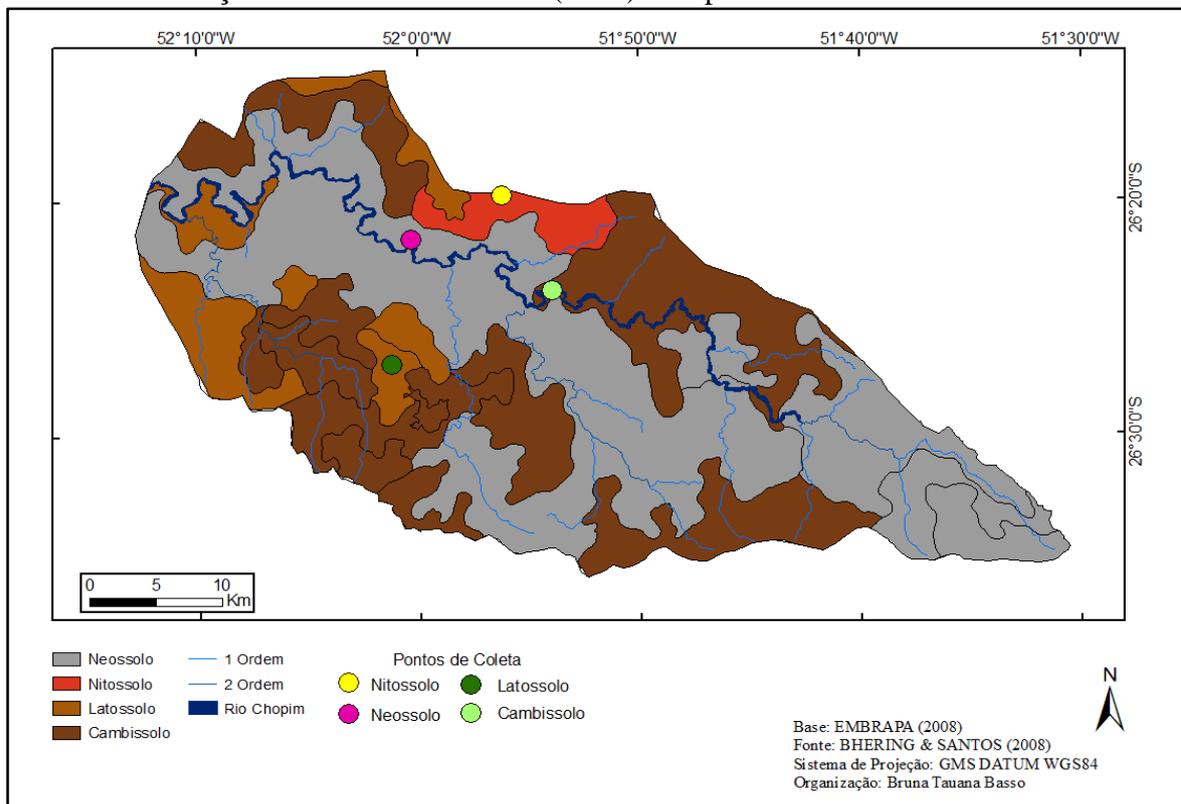
Tipo de Solo	Permeabilidade	Classe
Latossolo	Moderada	4
Neossolo	Moderada a rápida	5
Cambissolo	Moderada	4
Nitossolo	Moderada	4

Organização: Autor, 2018.

Integrando a permeabilidade e os dados resultantes da análise de solo efetuou-se os cálculos separadamente para os diferentes tipos de solo presentes na área de estudo, no

software Microsoft Excel (2016). Em seguida, realizou-se a correlação dos tipos de solo com os valores de erodibilidade e assim gerou-se o mapa de erodibilidade.

Figura 12 - Mapa de solos referente a classificação do primeiro nível categórico de acordo com a Classificação de Solos EMBRAPA (2008) e os pontos e coletas das amostras.



Organização: Bruna Tauana Basso, (2018).

4.2.3 Fator topográfico (LS)

Para facilitar a aplicação da EUPS, a maioria dos autores que trabalham com esse método recomendam a utilização dos fatores L e S combinados, uma vez que comprimento de rampa e declividade estão diretamente relacionados à topografia (PRADO & NÓBREGA 2005).

O Modelo Digital de Elevação – MDE foi organizado a partir das imagens obtidas no site do Earth Explorer (NASA) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) referentes a área do Alto Curso do Rio Chopim. Então, gerou-se o mapa de declividade a partir do MDE utilizando o SRTM Void Filled com resolução espacial de 90 metros.

Após a organização do mapa de declividade determinou-se os valores de acordo com as classes de declividade (Tabela 5).

Tabela 5 - Classes de declividade e tipo de relevo.

Relevo	Grau de Declividade (%)
Plano	0 a 3
Suave ondulado	3 a 8
Ondulado	8 a 20
Forte ondulado	20 a 45
Montanhoso	45 a 75
Escarpado	<75

Fonte: EMBRAPA, 2013.

Organização: Autor, 2018.

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2013), definiu-se os tipos de relevo considerando o grau de declividade:

- A classe de relevo é reconhecida como plano quando a superfície topográfica se comporta de forma horizontal, cujos desnivelamentos são muito pequenos.
- O relevo suave ondulado é determinado pela superfície topográfica pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros, ou seja, elevações de altitudes relativas até 50 metros e de 50 a 100 metros, apresentando declives suaves.
- Já o relevo ondulado se caracteriza pela superfície topográfica pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas ou outeiros, apresentando declives moderados.
- Logo, o relevo considerado forte ondulado, possui uma superfície movimentada, formada por outeiros e/ou morros e raramente declives fortes.
- Para o relevo ser denominado montanhoso a superfície topográfica deve ser vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, constituídas por morros, montanhas, maciços e alinhamentos montanhosos, exibindo desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes.
- Nas áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpas, como: aparados, itaimbés, frentes de cuevas, falésias, vertentes de declives muito fortes, são nomeados como relevo escarpado.

O Fator L pode se caracterizar como a distância do ponto de origem do caimento da água até o ponto em que ela decresce, promovendo o início de uma sedimentação em rupturas de uma vertente junto a vales, ou quando vai de encontro a um canal definido

(WISCHMEIER & SMITH, 1978). A área de estudo apresenta uma associação de solos, sendo eles Neossolo Litólicos, Nitossolo, Latossolo e Cambissolo que apresentam vertentes longas e médias. A partir de análises descritivas desses solos no Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná TOMO I e TOMO II (EMBRAPA, 1984) optou-se por utilizar um comprimento médio de rampa de 100 metros.

Com os valores da declividade e de comprimento da rampa já definidos, esses foram multiplicados no *software* Arcgis 10.2.2 com auxílio do *raster calculator* objetivando o valor integrado dos fatores, ou seja, o fator topográfico (*ft*) que foi calculado a partir da Equação 6 apresentada por Bertoni e Lombardi Neto (2012).

$$ft = 0,00984 \cdot L^{0,63} \cdot S^{1,18}$$

Equação 6

Onde:

L: comprimento de vertente em metros (m);

S: grau de declividade em porcentagem (%)

4.2.4 Fatores Uso e Manejo do Solo (C) e de Práticas Conservacionistas (P)

A variável de uso e manejo do solo está relacionada com as possibilidades de erosão em função das condições de solo descoberto ou cultivado. De acordo com Paranhas Filho *et al.*, (2003) os fatores C e P são adimensionais e interdependentes e, por isso, não devem ser analisados individualmente.

Com o objetivo de gerar o mapa de uso e manejo do solo a partir de análises de imagens de julho de 2017 do satélite CBERS 4, sensor MUX, utilizou-se o *software* SPRING 5.5.2. Inicialmente, efetivou-se o contraste linear na imagem do satélite, para posteriormente iniciar a classificação, utilizando o algoritmo de classificação supervisionado Bhattacharya. Este, é um algoritmo de classificação supervisionada e requer a seleção de áreas de treinamento, utilizando as regiões separadas durante o processo de segmentação das regiões a serem classificadas (SANTOS, *et al.*, 2010b).

Em campo foi possível observar que o uso do solo (Figura 13) é composto por áreas de vegetação natural de Campos Limpos e de Floresta Ombrófila Mista (FOM). O solo é utilizado em algumas áreas por lavoura e períodos de pastagem visando a produção animal a pasto, em outras áreas há o cultivo de pinus e eucalipto.

Com a área cultivada, as perdas de solo teoricamente são reduzidas devido a proteção que a cultura oferece ao solo, no entanto, essa redução depende das combinações de cobertura vegetal, consequência de cultura e práticas de manejo bem como, do estágio de crescimento e desenvolvimento da cultura durante o período de chuvas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2012).

Figura 13 - (A) Floresta Ombrófila Mista; (B) Campos naturais. Lavoura (C).

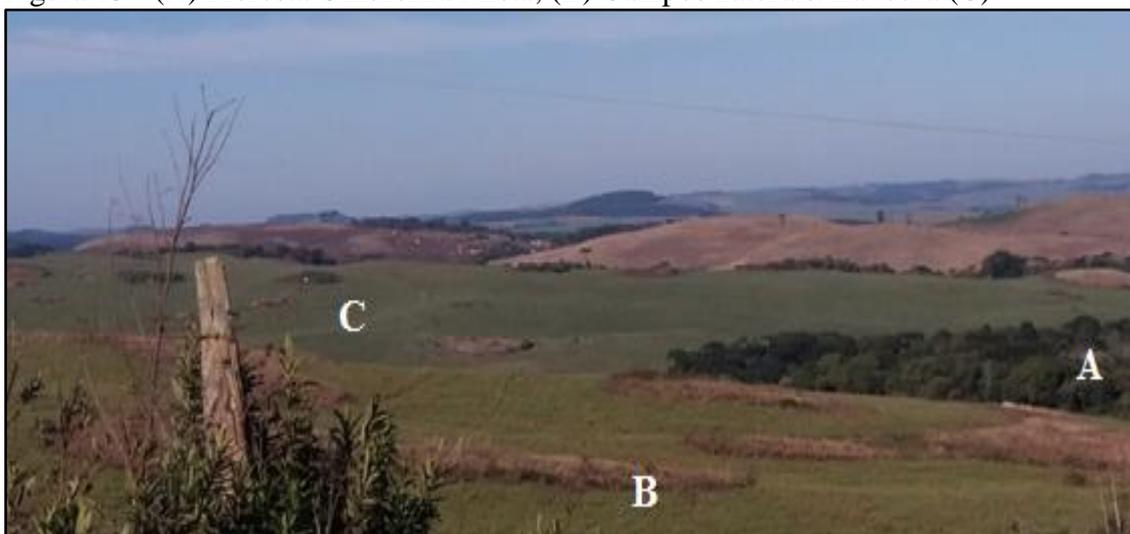


Foto: Autor, 07/2017.

A partir das classes de uso de solos previamente classificadas no mapa de uso do solo foram obtidos na literatura os valores e foi possível determinar os valores do C e P integrados (Tabela 6). O fator de práticas conservacionistas (P) foi definido a partir de Bertoni e Lombardi Neto (2012). Visto que o objetivo do trabalho é identificar a perda de solos nas áreas agrícolas adotou-se o valor de zero para a área urbana, considerando que esta não apresenta atividade agrícola e, portanto, não possui um valor representativo no uso e manejo do solo.

Tabela 6 – Valor dos fatores CP utilizados para estimar a erosão de solo.

Tipo de uso do solo	Valor de CP	Fonte
Cultivo de Pinus	0,008	FRIZZARIM, <i>et al.</i> , (2015)
Floresta	0,001	FERREIRA E FRANCISCO (2009)
Campo Limpos	0,003	TOMAZONI & GUIMARÃES, (2005)
Cultivo convencional e solo exposto*	0,143	BERTOL <i>et al.</i> , (2001)
Área urbana**	0	

* O valor de CP para o solo exposto foi considerado o mesmo do cultivo, pois o solo exposto presente na área de estudo indica áreas de pousio de inverno.

** Visto que esta não apresenta cultivo/atividade agrícola e, portanto, não possui um valor representativo no uso e manejo do solo, adotou-se o valor de 0.

Organização: Autor, 2018.

O valor de C para o tipo de uso cultivo de eucalipto de 0,017 está relacionado ao estágio mais avançado de desenvolvimento do cultivo de eucalipto (Frizzarim *et al.*, 2015), o mesmo estágio que foi observado em campo. O cultivo de eucalipto aliado ao plantio em nível e à manutenção dos resíduos vegetais sobre a superfície, proporcionam uma boa conservação do solo nesse sistema e por isso adotou-se o valor de 0,5 para práticas conservacionistas visto que não há revolvimento do solo para esta cultura (FRIZZARIM *et al.*, 2015).

Os campos nativos são formados por gramíneas de porte baixo, geralmente utilizado para a prática da pecuária extensiva sem critérios de raça (WACHHOLZ *et al.*, 2004). Por este motivo, considerou-se o valor de CP para pastagem visto que os campos nativos se igualam a essa vegetação e são utilizados para a pastagem de gados na área de estudo.

Para o tipo de uso do solo de cultivo convencional e solo exposto (áreas que indicam pousio de inverno), considerou-se o valor de 0,1437 definido por BERTOL *et al.*, (2001) para o cultivo de soja com A + G, ou seja, aração e duas gradagens do solo. Sabe-se que na área de estudo ocorre o cultivo de batatas na primavera-verão enquanto que no outono-inverno há cultivo de azevém e aveia, sendo esses cultivos convencionais sem nenhuma prática de manejo. Ainda que o valor definido por BERTOL *et al.*, (2001) seja para o cultivo de soja, o valor usado é o que mais se assimila com as culturas cultivadas na área, visto que no estudo o autor considera aração e duas gradagens, o mesmo que ocorre no cultivo das culturas na área de estudo.

O termo referente a cultivo engloba todas as atividades agrícolas que podem ser desenvolvidas na área. No caso da área estudada percebe-se que o cultivo predominante é o cultivo de batata no verão e pastagem de aveia e azevém no inverno. Tanto a plantação de batata quanto a plantação de pastagem utilizam o plantio do tipo convencional, sem nenhuma prática conservacionistas, resultando no valor de P igual a 1.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente serão apresentados e analisados, separadamente, as características de cada variável relacionada à equação de perdas de solo para o Alto Curso do Rio Chopim. Posteriormente, descreve-se e analisa a estimativa de perda de solo para a área de estudo.

5.1 EROSIVIDADE

A erosividade (Fator R) é a capacidade potencial das chuvas em causar erosão constituindo-se, portanto, num grande problema para áreas com utilização agrícola dos solos (Mazurana *et al.*, 2009). Logo, a erosividade está ligada diretamente ao valor da precipitação que ocorre em determinado local.

O sul do Brasil caracteriza-se por apresentar regularidade na distribuição anual da pluviometria (entre 1250 e 2000 mm). Essa característica é apontada como resultante da associação entre posição geográfica, relevo e atuação dos sistemas atmosféricos intertropicais e polares na região sul (MENDONÇA *et al.*, 2007).

Na análise da pluviosidade média anual das estações (Tabela 7) que abrangem a área de estudo, verifica-se que ocorre variação de 1694,39 a 2078,93 mm/ano. Para Waltrick *et al.*, (2015) a elevada precipitação anual na região Sudoeste do estado do Paraná deriva das frentes frias que favorecem a diminuição da temperatura, o aumento da pressão atmosféricas e os ventos de sul. No sul do Brasil a maior regularidade na distribuição anual da pluviometria (entre 1250 e 2000 mm) associada a baixas temperaturas do inverno são características resultantes da associação entre posição geográfica da área, o relevo e a atuação dos sistemas atmosféricos intertropicais e polares (MENDONÇA *et al.*, 2007).

Quando se analisa os valores mensais da pluviosidade na área de estudo verifica-se que os índices pluviométricos diminuem no período de outono-inverno, sendo o mês de agosto o que apresenta menor índice geral (Tabela 7). A partir do mês de setembro, a precipitação mensal aumenta, atingindo o valor máximo o mês de janeiro (Tabela 7).

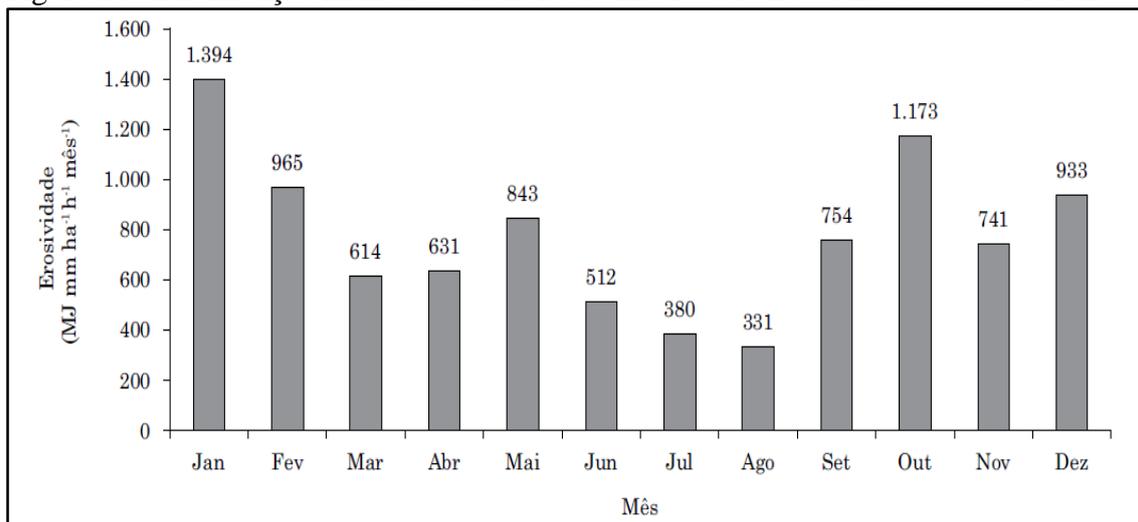
Visto que a precipitação é fator determinante para o cálculo da erosividade, o mesmo comportamento relacionado a precipitação é verificado para o Fator R (Tabela 7). Essa tendência também foi verificada por Waltrick *et al.*, (2015) quando estabelecem a erosividade média anual das chuvas no estado do Paraná para o período de 1986 a 2008 (Figura 14).

Tabela 7- Precipitação média mensal em mm, durante o período de 1985 a 2015, e erosividade em MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.mês⁻¹ de cada estação pluviométrica.

Estação Pluviométrica	São Pedro CODEGA		Palmas		Ubalдино Taques		Jangada do Sul		Santo Agostinho		Abelardo Luz	
Meses	Precipitação	Fator R	Precipitação	Fator R	Precipitação	Fator R	Precipitação	Fator R	Precipitação	Fator R	Precipitação	Fator R
Janeiro	196,29	1100,33	204,54	1051,13	195,47	986,65	176,18	932,1	174,84	953,5	180,05	920,19
Fevereiro	153,21	712,36	163,37	709,54	163,21	720,41	175,85	929,05	164,23	853,9	156,34	720,25
Março	136,9	590,48	155,15	650,44	149,37	620,86	125,43	525,44	113,35	463,1	147,54	635,21
Abril	134,9	576,43	167,83	742,84	153,31	648,27	137,18	607,42	134,88	610,9	158,81	739,80
Maio	161,45	779,21	177,9	821,35	187,35	915,08	147,9	688,6	154,39	767,2	153,18	695,74
Junho	162,76	790,19	174,35	793,13	183,9	885,6	152,51	725,38	138,49	638,3	150,88	678,21
Julho	128,84	535,26	131,77	499,14	139,12	552,84	119,5	486,9	111,57	452,9	134,4	560,35
Agosto	104,47	388,78	114,61	403,77	108,55	378,65	92,86	336,62	89,14	327,39	114,82	438,03
Setembro	174,41	891,36	195,21	967,04	184	886,44	164,51	826,5	151,66	744,04	161,89	764,54
Outubro	190,14	1039,08	260,11	1633,56	235,34	1381,75	191,21	1078,81	196,2	1172,84	219,48	1315,10
Novembro	132,26	558,31	151,08	622,32	152,82	644,86	138,09	614,09	124,95	539,61	131,79	542,95
Dezembro	144,05	642,26	183,01	862,91	185,57	899,8	143,85	657,25	140,69	655,29	161,26	759,47
Total	1819,68	8604,05	2078,93	9757,17	2038,01	9521,21	1765,07	8408,16	1694,39	8178,97	1870,44	8769,84

Organização: Autor, 2018

Figura 14 - Distribuição mensal da erosividade média das chuvas no estado do Paraná.



Fonte: WALTRICK *et al.*, (2015).

Interpolando-se os valores da erosividade pelo método de krigagem, verificou-se que os setores noroeste e oeste da área de estudo apresentaram erosividade média anual superior a 9300 MJ/ha.mm/há, com concentração máxima ao norte da área urbana do município de Palmas (Figura 15).

No entanto, os valores menores que 9300MJ/ha.mm/ha registraram-se nos setores leste e sudeste da área de estudo, inclusive com diminuição gradativa do centro para montante da área de estudo. Nas cabeceiras do rio Chopim observa-se menores valores, inferior a 8300 MJ/ha.mm/ha.

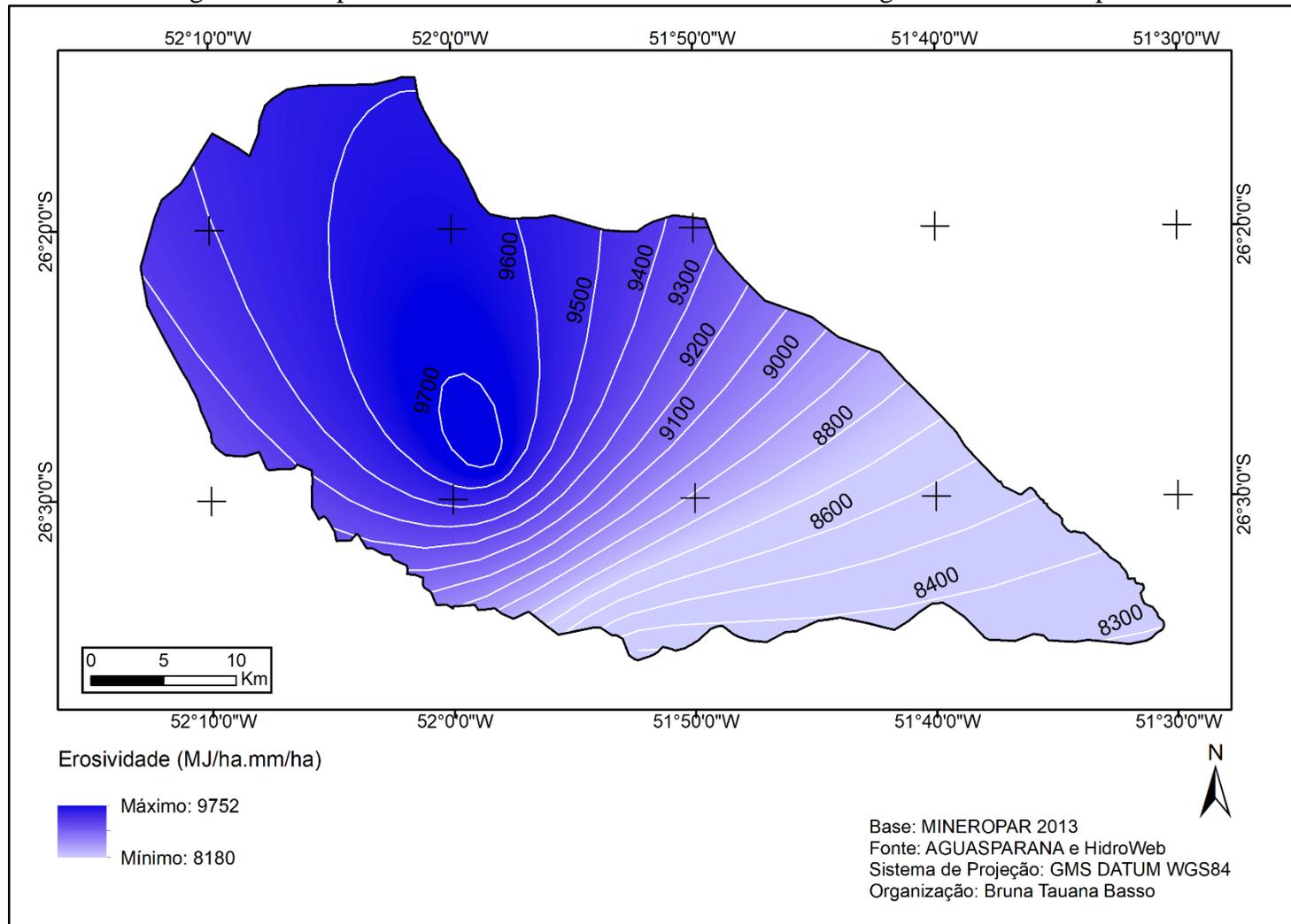
Os mapas isoerodentes podem ser úteis para conservacionistas e agricultores, pois fornecem informações sobre o potencial erosivo das chuvas na área de interesse e colaboram no sentido de apurar o conhecimento das necessidades de implementação de planos para atuar na minimização da erosão (SILVA *et al.*, 2007). Na área de estudo, o índice de erosividade anual média (EI₃₀) variou de 9752 a de 8180 MJ/ha.mm/ha. Esses valores coincidem com os registrados por Waltrick *et al.*, (2015) para o estado do Paraná, os valores da área de estudo indicam erosividade moderada a forte (Tabela 8).

Tabela 8 – Classes de erosividade.

Erosividade Anual	Classes de erosividade*
R < 6000	Erosividade fraca
6000 <R< 8000	Erosividade moderada
8000 <R< 10000	Erosividade moderada a forte
10000 <R< 12000	Erosividade forte
R < 12000	Erosividade muito forte

*Organizado de acordo com os valores de Waltrick *et al.*, (2015).

Figura 15 - Mapa de erosividade do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim.



Organização: Bruna Tauana Basso, 2018.

5.2 ERODIBILIDADE

A erodibilidade do solo, corresponde a capacidade do solo em sofrer erosão por meio das forças que geram a desagregação e o transporte das partículas do solo. Esse fator está diretamente relacionado com o tipo de solo que ocorre no local pois depende diretamente das características próprias dos solos que definem se os mesmos são mais ou menos suscetíveis a erosão. De modo geral, solos mais arenosos são mais suscetíveis a erosão pois, as partículas finas de areia possuem menor poder de se agregar e são facilmente arrastadas pela água da enxurrada (MONARDO *et al.*, 1977). No entanto, os solos argilosos possuem características contrárias, as partículas se agregam com facilidade, resultando em uma maior resistência a erosão.

Os solos da área de estudo correspondem ao levantamento desenvolvido pela EMBRAPA/IAPAR (2008). Na área de estudo, os Neossolos e Cambissolos representam um terço de área, 35,53 e 37,16 % respectivamente, enquanto os solos do tipo Latossolos e Nitossolo englobam uma parcela menor da área de estudo, sendo 23,75 e 3,56% (Tabela 9).

Tabela 9 - Área dos diferentes tipos de solo no Alto Curso do Rio Chopim.

Tipo de Solo	Hectares (ha)	Área (km ²)
Cambissolo	55194,4	551,944
Neossolo	52773,1	527,731
Latossolo	35276,1	352,761
Nitossolo	5287,7	52,877
Total	1485313,911	1485,313

Organização: Autor, 2018.

Os Neossolos são solos pouco espessos (menos de 30 cm de espessura), em processo de formação, não apresentam horizonte B diagnóstico definido e as características herdadas do material originário prevalecem. Já os Cambissolos, do latim *cambiare*, trocar, são vistos como solos em formação (IBGE, 2015). Caracterizam-se por apresentar horizonte B incipiente, textura franco-arenosa ou mais argilosa, com pequena profundidade (solos rasos) e elevado teor de minerais primários. Os Latossolos individualizam-se por evolução muito avançada, muito intemperizados e permeáveis, resultado da textura e da própria mineralogia, o que favorece a lixiviação (KER, 1998). A classe dos Latossolos está presente na maioria das regiões brasileiras, diferenciando-se pela coloração e teores de óxidos de ferro (IBGE, 2015).

Assim como os Latossolos, os Nitossolos possuem avançada evolução pedogenética, com horizonte diagnóstico B nítico, presença de argila de atividade baixa

ou caráter alítico, com textura argilosa a muito argilosa. Do latim *nitidus* (brilhante), conotativo de superfícies brilhantes em unidades estruturais (IBGE, 2015).

A partir dos resultados das variáveis: areia fina, areia grossa, silte, argila, matéria orgânica e permeabilidade do solo (Tabela 10; Figura 16), foi possível estimar a erodibilidade dos solos. Classes de solos com maiores percentagens de areias finas e grossas são pouco erodíveis devido a sua alta capacidade de permeabilidade, já os solos que contém maior teor de argila são solos mais coesivos, ou seja, diminui a dispersão e assim o impacto da gota de chuva (DEVICARI, 2009). De acordo com cada classe de solo registrada na área, os valores de erodibilidade para o Alto Curso do Rio Chopim variam de 0,0203 a 0,02681 Mg.ha.h.ha⁻¹. MJ⁻¹. mm⁻¹.

Tabela 10 – Parâmetros físicos utilizados para a determinação do fator K.

Tipo de Solo	Areia Fina*	Areia Grossa*	Silte*	Argila*	M.O*	Permeabilidade
Latossolo	2,8	3,8	17,4	76,0	3,4	Moderada
Neossolo	5,3	5,3	18,4	71,0	3,8	Moderada a rápida
Cambissolo	3,9	3,6	22,5	70,0	6,1	Moderada
Nitossolo	3,3	4,2	14,5	78,0	3,6	Moderada

*Valor representados em porcentagem (%)

Organização: Autor, 2018.

Tabela 11 – Classe de solo e valor do fator K calculado comparado com erodibilidade Mg.ha.h.ha⁻¹. MJ⁻¹. mm⁻¹ presente na literatura.

Tipo de Solo e Fator K calculado para a área de estudo	Erodibilidade	Localização
Latossolo 0,02092	0,03	Bacia do Rio Jirau – PR ¹
	0,019	São Paulo – SP ²
	0,0138	Coronel Vivida – PR ³
	0,0093	Augusto Pestana – RS ⁴
	0,0233	Extrema – MG ⁵
Neossolo 0,02681	0,0197	Coronel Vivida – PR ³
	0,0400	Campos dos Goytacazes – RJ ⁶
	0,050	Bacia do Rio Jirau – PR ¹
Cambissolo 0,02410	0,0225	Extrema – MG ⁵
	0,0175	Lages – SC ⁷
	0,0240	Rio Claro – SP ⁸
	0,011	São José do Cerrito – SC ⁹
Nitossolo 0,02030	0,0137	Coronel Vivida – PR ³
	0,0271	São Paulo – SP ¹⁰

Fonte: ¹TOMAZONI E GUIMARAES (2005); ²CORRECHEL (2003); ³PASQUATTO (2016); ⁴SCHMIDT *et al.*, (2016); ⁵AVALOS (2016); ⁶RIBEIRO *et al.*, (2007); ⁷SCHICK, *et al.*, (2013); ⁸Correa *et al.*, (2015a); ⁹BERTOL *et al.*, (2007); ¹⁰MANNIGEL *et al.*, (2002).

Organização: Autor, 2018.

Além dos valores encontrados para a erodibilidade do Latossolo (Tabela 11), Silva *et al.*, (1999) apresentaram modelos para estimar a erodibilidade de Latossolos brasileiros

e encontraram valores de K mínimo de 0,002 médio de 0,011 e máximo de 0,034 Mg.ha.h.ha⁻¹. MJ⁻¹. mm⁻¹. Desta maneira, o valor de erodibilidade calculado para o Latossolo da área de estudo, de 0,02092 Mg.ha.h.ha⁻¹. MJ⁻¹. mm⁻¹, corresponde com o encontrado na literatura. Esta classe ocorre em uma pequena proporção na área de estudo, concentrando-se no setor jusante da bacia (Figura 16) e correspondendo a proporção de 23,75% em relação ao total da área (Tabela 9).

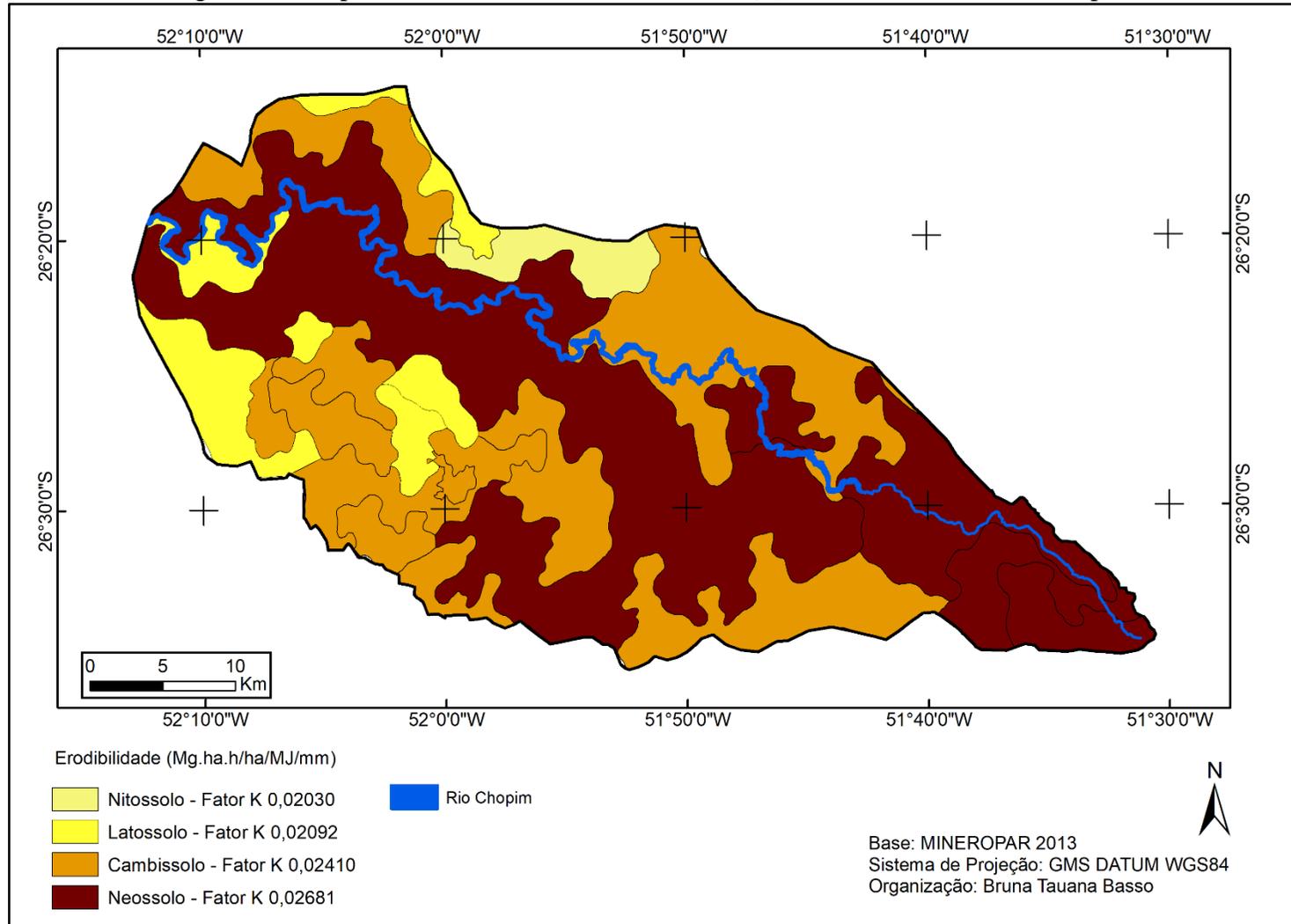
Já a classe de solo Nitossolo apresentam, na literatura, valores mínimos de erodibilidade de 0,011 e valor máximo de 0,0271 Mg.ha.h.ha⁻¹. MJ⁻¹. mm⁻¹ (Tabela 11), a erodibilidade obtida para essa classe é de 0,02030 Mg.ha.h.ha⁻¹. MJ⁻¹. mm⁻¹ tornando-se adequada quando comparada com os valores registrados na literatura. Os Nitossolos são os solos de menor ocorrência na área de estudo, restringindo-se a pequena mancha localizada na margem direita a jusante da bacia hidrográfica (Figura 16), correspondendo apenas 3,56% do total da área (Tabela 9).

Os valores de erodibilidade encontrados na literatura para o Neossolo, mínimo de 0,0197 e máximo de 0,0400 Mg.ha.h.ha⁻¹. MJ⁻¹. mm⁻¹ (Tabela 11) permitem aceitar o valor de erodibilidade calculado para a área de estudo de 0,02681. Os Neossolos são a classe de solo que apresentam maior erodibilidade. Isso se justifica por ser um solo em processo de formação e com baixa intensidade dos processos pedogenéticos. Logo, são solos rasos com baixa permeabilidade e muito suscetíveis a perda de solo pelo processo erosivo. Na área de estudo os Neossolos correspondem cerca de 35,53% da área (Tabela 9), concentrando-se no extremo montante da área e margeando o canal principal ao longo de toda a extensão do Alto Curso do Rio Chopim (Figura 16).

A erodibilidade obtida para os Cambissolos na área de estudo é de 0,02410 Mg.ha.h.ha⁻¹. MJ⁻¹. mm⁻¹, esse valor está de acordo com os valores obtidos na literatura (Tabela 11). A área de ocorrência do Cambissolo na área de estudo é de 37,16% do total do Alto Curso do Rio Chopim (Tabela 9) e estão localizados principalmente no setor mediano da bacia (Figura 16).

Observa-se a predominância da erodibilidade de e 0,0203 a 0,0268 Mg.ha.h.ha⁻¹. MJ⁻¹. mm⁻¹ em toda a área do Alto Curso do Rio Chopim, o que caracteriza-se como erodibilidade média (Carvalho, 2008). No entanto, é necessário ressaltar que a maior erodibilidade está associada aos Neossolos e Cambissolos que juntos, na área de estudo, englobam mais de 70% da área (Figura 16). Essas classes de solos correspondem ao total da área do setor centro-montante do Alto Curso do Rio Chopim (Figura 16).

Figura 16 - Mapa do Erodibilidade do Solo – Fator (K) do Alto Curso do Rio Chopim.



Organização: Bruna Tauana Basso, (2018).

5.3 FATOR TOPOGRÁFICO (LS) – Comprimento de Rampa e Declividade

A declividade (S) é informação básica de topografia, utilizada nas metodologias e identificação de áreas potenciais aos processos de erosão e nos sistemas de avaliação do planejamento de uso da terra (FUJIHARA, 2002). Além disso, o comprimento da rampa (L) auxilia para determinar a velocidade de escoamento das águas. Os fatores de comprimento de rampa e o fator declividade são diretamente proporcionais e são combinados para o cálculo do fator LS.

Dos diferentes intervalos de grau de declividades utilizados para a representação espacial (Tabela 12), pode-se observar que cerca de 58,4% do total da área do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim apresentam declividades entre 0-3 e 3-8 % (Tabela 12; Figura 17). Isso corresponde a ocorrência de um relevo plano, a suave ondulado, em boa parte da área de estudo (Figura 17). Esse resultado já era esperado visto que o relevo da região é considerado com relevo suave ondulado (MINEROPAR, 2013).

Tabela 12 – Declividade verificada no Alto Curso da Bacia do Rio Chopim.

Relevo*	Grau de Declividade (%)	Área (%)
Plano	0 a 3 %	44
Suave ondulado	3 a 8 %	14,4
Ondulado	8 a 20 %	21,8
Forte ondulado	20 a 45 %	10,5
Montanhoso	45 a 75 %	9,1
Escarpado	>75 %	0,22

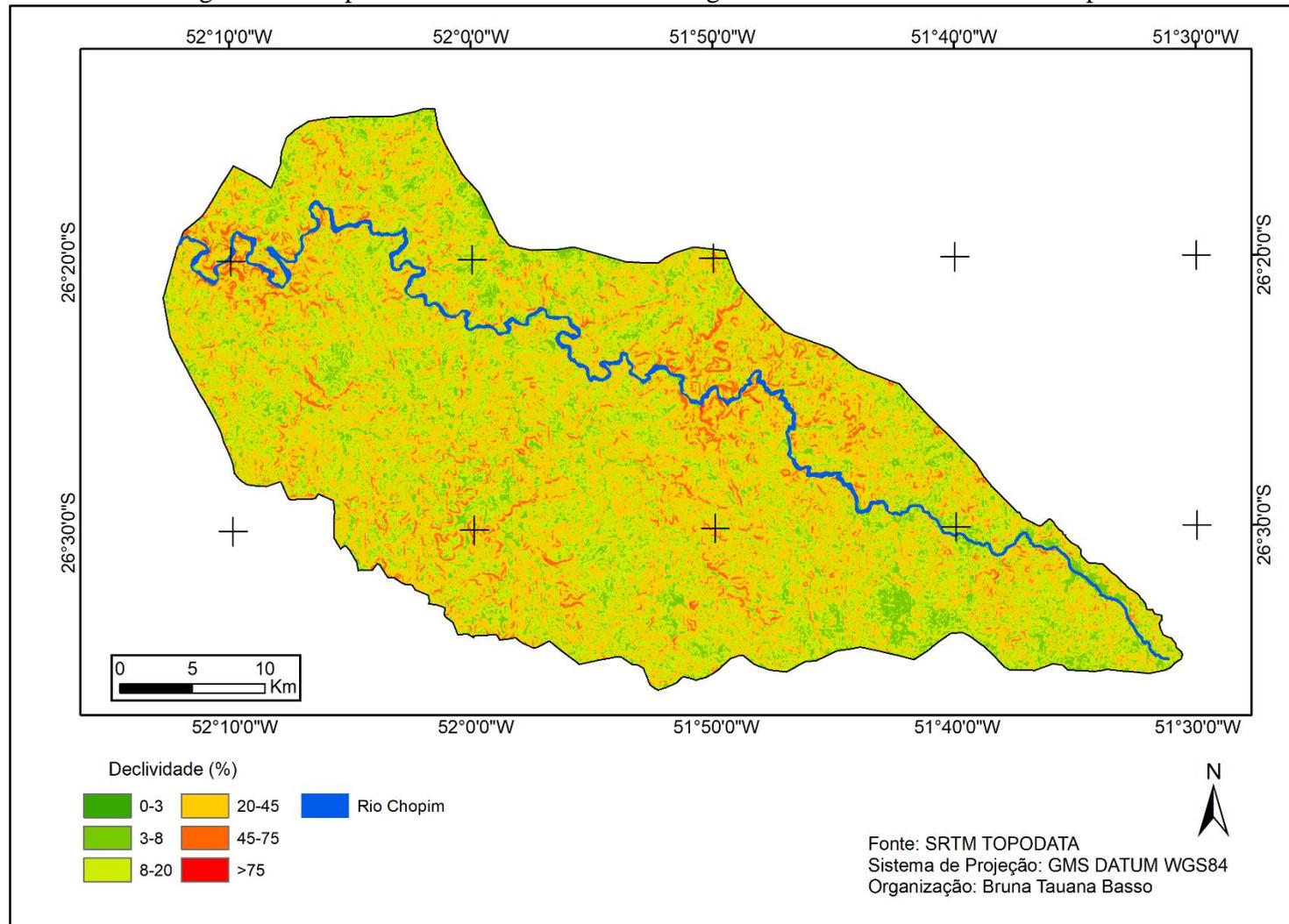
*EMBRAPA, (2013).

Organização: Autor, 2018.

Cerca de 41,4% do total da área de estudo correspondem aos intervalos de grau de declividade entre 8 a 75%. Esses setores constituem a superfície topográfica que se apresenta com formas planas e desnivelamentos muito pequenos (EMBRAPA, 2013). O intervalo de grau de declividade acima de 75% ocorre em apenas 0,22% (Tabela 12) do total da área de estudo, concentrando-se no setor central na parte esquerda da área e à jusante (Figura 17).

A classe de maior declividade presente no mapa (Figura 17), se repete em todas as partes da área de estudo e representam uma superfície topográfica que se conduz de forma horizontal com desnivelamentos muito pequenos no caso do relevo plano. No entanto, o relevo suave determina-se por uma superfície topográfica pouco movimentada, constituída por elevações de altitudes relativas apresentando declives suaves (EMBRAPA, 2013).

Figura 17 - Mapa da declividade da bacia hidrográfica do Alto Curso do Rio Chopim.



Organização: Bruna Tauana Basso, (2017).

Além da declividade (S), o comprimento de rampa (L) integra o fator topográfico (Tabela 13) essas duas variáveis resultam na velocidade de escoamento superficial caracterizando o potencial de carregamento pelo processo erosivo em termos de tamanho e quantidade de material (TOMAZONI e GUIMARÃES, 2005).

Em relação ao fator topográfico (LS), 70,75% do total da área de estudo apresenta valores muito baixos e baixos, do mesmo modo que aproximadamente 30% do total da área é representado pelo fator topográfico entre moderado e moderadamente forte (Tabela 13; Figura 18). Foi possível observar que onde há predomínio das classes moderado a moderadamente forte esses setores correspondem a declividade maior que 45% (Figura 17).

A classificação do fator LS permite reconhecer graus de fragilidade à erosão hídrica relacionado às características do relevo da área de estudo, compondo-se um importante instrumento de planejamento do uso das terras na bacia hidrográfica (GALDINO e WEILL, 2010).

Tabela 13 – Fator topográfico (Fator LS) do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim.

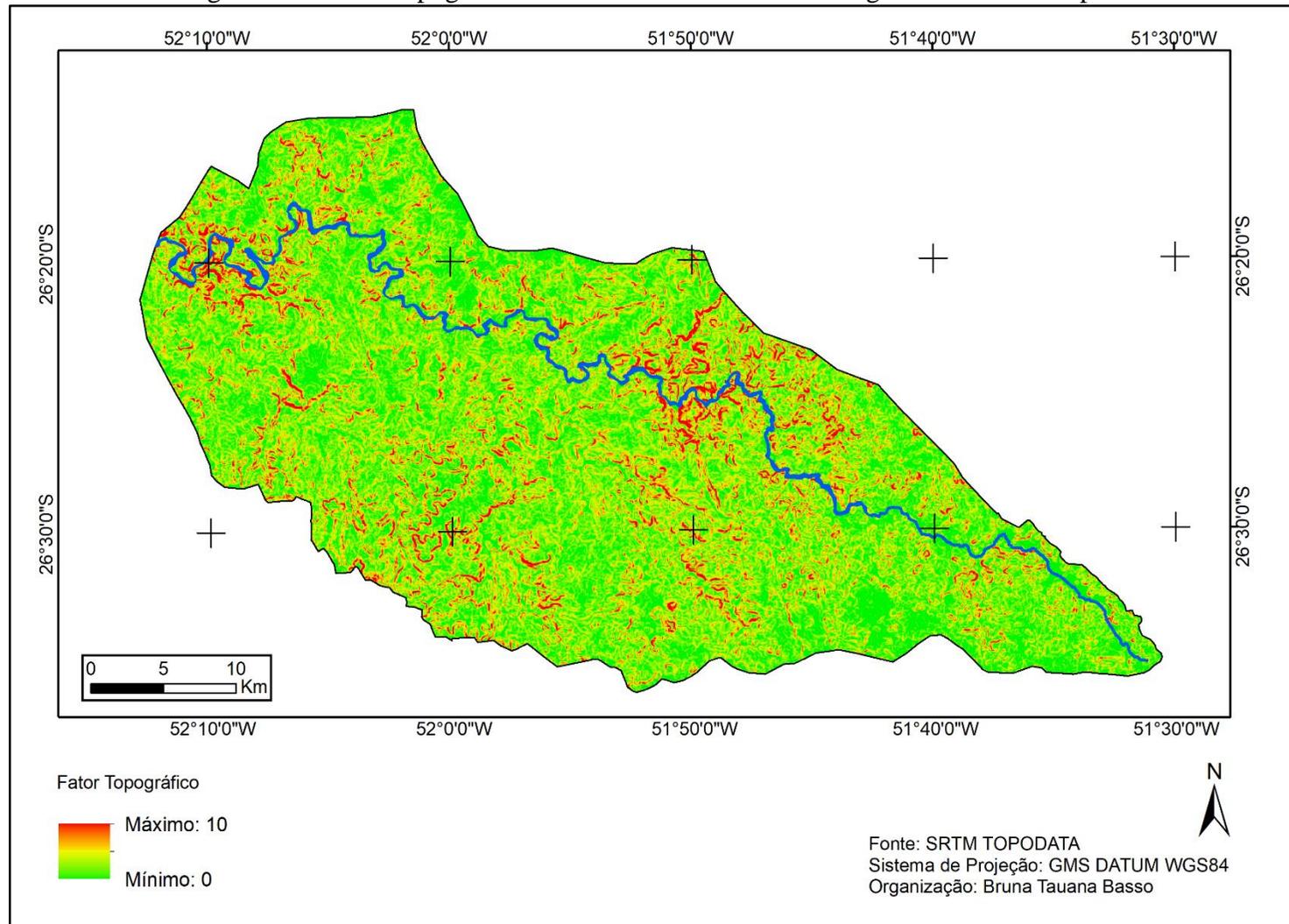
Fator topográfico	Classes*	Área %
0 – 1	Muito baixo	23,44
1,1 – 2,0	Baixo	47,31
2,1 – 5,0	Moderado	23,28
5,1 – 10,0	Moderadamente forte	5,96
10,1 – 50,0	Forte	0
>50	Muito Forte	0
Total		100

Fonte: *FORNELO E NEVES (2006).

Organização: Autor, 2018.

Ainda que o fator topográfico (LS) seja importante no controle da velocidade do escoamento superficial e, por sua vez, na capacidade do transporte, isoladamente não fornece dados necessários para estimar os processos erosivos. Por isso, é necessário a combinação com os demais fatores como tipo de solo, formas de encostas, substrato geológico que permitem a possibilidade das modelagens em erosão hídrica do solo com a realidade (GUERRA e CUNHA, 2011). Ainda assim, de acordo com Oliveira *et al.*, (2010), a declividade possui maior influência que o comprimento de rampa no fator topográfico.

Figura 18 – Fator Topográfico do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim.



Organização: Bruna Tauana Basso, (2018).

5.4 USO E MANEJO DO SOLO – FATOR (CP)

Para a realização do mapa de uso do solo utilizou-se a imagem de julho de 2017 do satélite CBERS 4 do sensor MUX, com a resolução de 20 metros. Identificou-se e definiu-se seis classes: Cultivo de Pinus, Floresta nativa, Cultivo de pastagem e solo exposto, Corpos d'água, Campo Limpos e a Área urbanizada (Figura 19). As classes de floresta e cultivo e solo exposto representam cerca de 70% da área de estudo (Tabela 14).

Tabela 14 – Classes de Uso do Solo no do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim.

Classes	Área (%)
Cultivo de Pinus	8,45
Floresta	36,92
Cultivo e Solo Exposto	36,97
Rio Chopim	0,93
Campo Limpos	13,53
Área urbana	3,20

Organização: Autor, 2018.

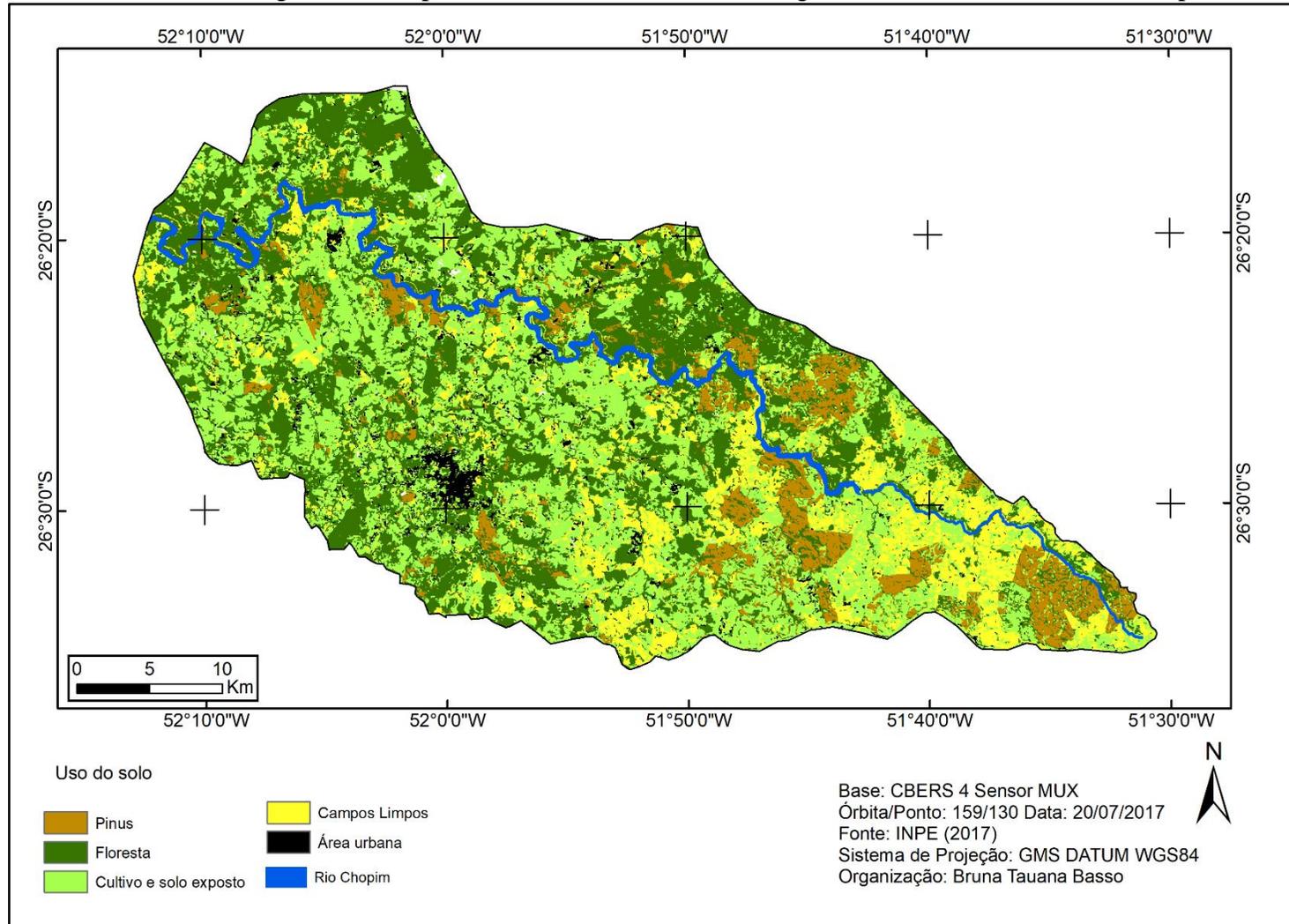
Observa-se que boa parte do setor centro-montante da área da bacia do Alto Curso do Rio Chopim corresponde aos usos de solo de Campo, Cultivo e solo exposto e Cultivo de Pinus, sendo esse setor correspondente ao domínio de solos do tipo Cambissolo e Neossolo (Figura 19).

O fator CP está diretamente ligado com a proteção do solo, podendo interferir no aumento ou diminuição do processo erosivo. Logo, as práticas de uso do solo são importantes para estimar as perdas de solo pelo escoamento superficial.

Os valores de uso e manejo do solo considerados no trabalho (Tabela 6) variaram de 0 a 0,143 e são valores adimensionais. O maior valor refere-se a classe de cultivo convencional e solo exposto, isso se explica pelo fato do cultivo na área de estudo não ser em plantio direto e não ter nenhuma outra ação de práticas de manejo. No outono é realizada a plantação de aveia e azevém para pastagem, enquanto que na primavera ocorre o preparo para a plantação de batata inglesa.

A plantação de batatas aumentou de 270 para 1000ha, no período de 2004 a 2013, nos municípios que compõem a região nas áreas dos Campos de Palmas (BERNARDON e SOARES, 2016). Na plantação de batatas o preparo do solo é realizado com aração em torno de 20 cm de profundidade, a fim de permitir melhor desenvolvimento das raízes.

Figura 19 - Mapa do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Chopim.



Organização: Bruna Tauana Basso, (2017).

O ideal é a lavração ser feita cerca de 90 dias antes do plantio, para enterrar restos de culturas presentes no solo (PEREIRA, 2010a). Essa atividade de uso do solo constitui-se de grande degradação ambiental, visto que desde o início do processo convencional de plantação, o solo fica completamente exposto.

A partir de visitas na área de estudo foi possível observar que o uso do solo se constitui basicamente por períodos de lavoura e pastagem plantada. O solo da área de estudo possui cerca de 14% de campos limpos o qual é também utilizado para a pastagem natural da criação extensiva de bovinos e ovinos. Nesse tipo de uso é realizada a prática de queimada, no final do inverno, para renovar as gramíneas. Essas áreas de campo nativo estão sendo substituídas por atividades de alto impacto ambiental, como é caso dos cultivos anuais e *commodities* grãos e batata ou perenes, como o *Pinus* (BERNARDON e SOARES, 2016).

As formações florestais produtivas no setor ambiental, a partir dos florestamentos com espécies do gênero *Pinus*, podem contribuir de maneira significativa na conservação do solo, como cultura de longo prazo e como atividade caracterizada de baixo impacto ambiental por promover a proteção do solo e reduzir a exploração dos remanescentes florestais nativos (VASQUES *et al.*, 2007).

5.5 QUANTIFICAÇÃO DE PERDAS DE SOLO ANUAIS

A quantificação de perdas de solo do Alto Curso da Bacia hidrográfica do Rio Chopim (Figura 20) foi realizada a partir da multiplicação dos fatores de erosividade, erodibilidade, fator topográfico e uso e manejo do solo. Esses fatores foram inseridos E multiplicados no *software* QGis 3.0. Todos os fatores foram organizados com resolução do pixel a pixel de 30 m de X (30 m) e Y (30 m) e com o sistema de coordenadas UTM e Datum WGS 84 e fuso 22S.

As perdas de solo foram qualificadas de acordo com a organização de classes de perda de solos pela FAO – Food and Agriculture organization (1967) de acordo com a Tabela 15.

Ton.ha ⁻¹ .ano	Classes
0 – 10	Baixa
10 – 50	Moderada
50 – 200	Alta
> 200	Muito alta

Fonte: FAO (1967).

O valor estimado para a perda de solo calculado para o ano de 2017 teve valores entre 0 e 140 toneladas por hectare e por ano, com o respectivo valor médio de 39,36 ton/ha.ano. Esse valor corresponde a perda de solo moderada.

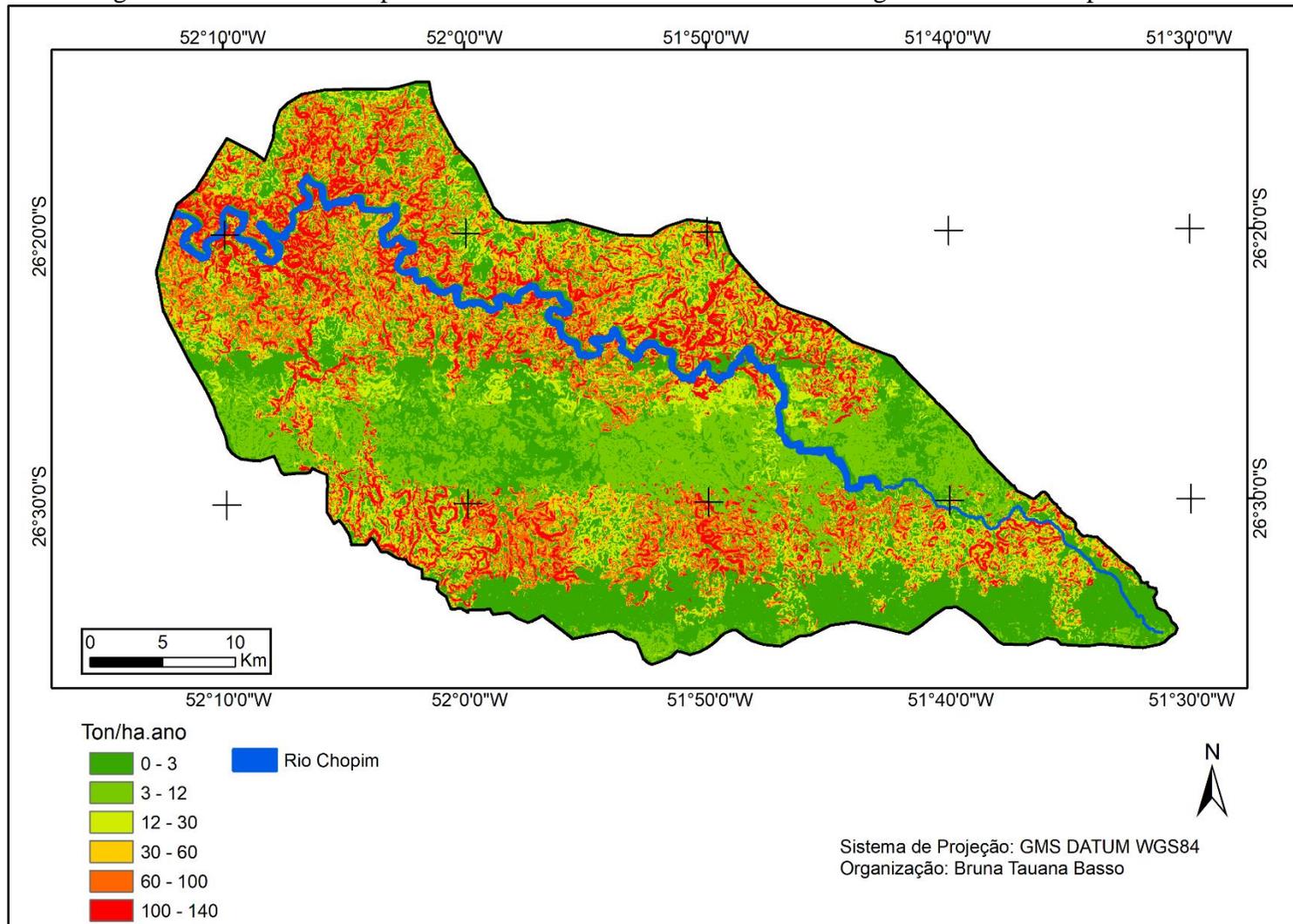
Mesmo possuindo valores altos, cerca de 40 % da área de estudo possui valor até 30 ton/ha.ano com uma distribuição geral na área de estudo, o que representa os valores mais baixos (Figura 20).

No setor central Leste-Oeste da área de estudo nota-se que há predominância de valores entre 0 a 12 ton/ha.ano, o que pode ter relação com os fatores de erosividade e fator topográfico. Devido a distribuição de erosividade da área de estudo que está crescente de leste a oeste, bem como a baixa variabilidade do fator topográfico nessa região. Além disso, esses valores entre 0 a 12 ton/ha.ano, podem ser explicados pelo intervalo das classes de perda de solos representados no mapa. Visto que, na confecção do mapa, quando se diminui os intervalos de perda de solo nesse setor central Leste-Oeste nota-se a presença da distribuição dos valores com intervalo menores, por exemplo de 0-2, 2-4 e assim por diante. Mesmo sabendo disso, optou-se por utilizar os intervalos representados no mapa para indicar os valores de 0 a 140 toneladas por alqueires por ano, de perda de solo.

No setor noroeste da área de estudo observa-se valores superiores de 30 ton/ha/ano, isso ocorre pelo fato de ser o setor com a mais elevada erosividade em toda a área de estudo. Além disso, há predomínio de valores elevados do fator topográfico, o que indica que a combinação do fator erosividade com o fator topográfico pode estar contribuindo para a maior perda de solo no setor norte da área estudada.

Na análise dos mapas não foi possível identificar apenas um fator que pode estar estimulando esse comportamento de perdas de solos. Nesse sentido, estudos como o monitoramento sistemático da água dos cursos fluviais que compreendam essas faixas com baixas perdas de solos, poderiam explicar esse comportamento. Ainda assim, o mapa de estimativa de perdas de solo do Alto Curso da Bacia hidrográfica do Rio Chopim fornece dados suficientes para a análise e planejamento ambiental da área de estudo.

Figura 20 - Estimativa de perdas de solo do Alto Curso da Bacia hidrográfica do Rio Chopim.



Organização: Bruna Tauana Basso, (2018).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido a mudança gradativa do tipo de uso do solo na área de estudo, que antes era utilizado em sua maior parte para a pecuária extensiva e atualmente vem sendo utilizado para a plantação de batatas. Sendo este, um cultivo que favorece a erosão por apresentar em sua produção um longo tempo de solo desnudo desde a etapa de plantio até a de colheita (FIOREZE, 2005; RÓS *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2011).

O estudo visou a aplicação da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) para estimar a perda de solo para o Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim. A equação é composta por variáveis que englobam fatores naturais: erosividade, erodibilidade, fator topográfico e os fatores antrópicos: o tipo de uso e manejo do solo bem como as práticas conservacionistas adotadas ou não na área de estudo.

O índice de erosividade (Fator R) anual média EI₃₀ teve uma variação de 9752 MJ/ha.mm/ano a 8180 MJ/ha.mm/ano, resultando em uma erosividade moderada a forte. Este resultado comparado com as médias de erosividade do Estado do Paraná (Waltrick *et al.*, 2015) está de acordo com os valores encontrados na literatura.

Os dados de erodibilidade (Fator K) encontrados estão entre 0,203 a 0,0268 Mg.ha.h.ha⁻¹. MJ⁻¹. mm⁻¹ e se caracterizam como erodibilidade média em toda área do Alto Curso do Rio Chopim. A declividade mais representativa na área de estudo se encontra de 0 a 8% o que representa um relevo plano e suave ondulado. Por esse motivo, pode-se observar que o fator topográfico, possui valores baixos FT de 0 a 2, classificados como baixo e muito baixo. Isso indica a contribuição do relevo, integrando a declividade e o comprimento da rampa, nas perdas de solo que contribuem para o processo erosivo da bacia hidrográfica.

A classe de uso do solo cultivado e solo exposto representam cerca de 37% da área de estudo, possui um valor de uso e manejo do solo (Fator CP) de 0,147. Esta classe de uso solo expõe mais o solo à erosão, devido o tipo de cultivo presente na área de estudo o que já foi abordado anteriormente, o que pode ter ressaltado a perda de solos em alguns pontos da bacia hidrográfica. O Fator CP está diretamente ligado com a proteção do solo, podendo interferir no aumento ou diminuição do processo erosivo.

Os valores médios de perda de solos encontrados no trabalho, de 39,36 ton/ha.ano representam uma perda de solo moderada (FAO, 1967). Ainda que a equação forneça dados estimativos, com o resultado é possível identificar as áreas mais vulneráveis à perda

de solo e a partir disso utilizar práticas conservacionistas para diminuir o processo erosivo.

Não foi possível individualizar um fator que pode ter ocasionado esse resultado. Para justificar isto, se faz necessário realizar análises geoestatísticas para refinar o resultado da perda de solo e analisar o que pode estar ocorrendo nestas áreas de menor e maior perda de solo.

Sugere-se então, continuar o trabalho a partir de uma análise mais refinada dos resultados juntamente com um trabalho de monitoramento sistemático da água dos cursos fluviais, nos canais tributários e no canal principal do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Chopim.

7 REFERÊNCIAS

ABDON, de M. M. **Os impactos ambientais no meio físico – erosão e assoreamento na bacia hidrográfica do rio Taquari, MS, em decorrência da pecuária.** 2004. 322 f. Tese. (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2004.

AVALOS, F. A. P. **Variabilidade espacial da erodibilidade do solo e relações com paisagem na Sub-Bacia das Posses, Extrema – MG.** 48 p. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra. Lavras, Minas Gerais. 2016.

AGUASPARANÁ. Instituto das Águas do Paraná. Sistema de Informações Hidrológicas. Acesso em: 07 Fev. 2018. Disponível em: <<http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sihweb/gerarRelatorioAlturasMensaisPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial>>.

ALBUQUERQUE, Abel W. de.; FILHO, Gilson M.; SANTOS, José R.; COSTA, José P. V.; SOUZA, José L. Determinação de fatores da equação universal de perda de solo em Sumé, PB. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.153-160, 2005.

APREMAVI. Associação de Preservação do Meio Ambiente e da Vida. **Refúgio de Vida Silvestre dos Campos de Palmas** Out. 2016. Acesso em: 22 Abr. 2018. Disponível em: <<http://www.apremavi.org.br/areas-tematicas/conservacao-da-biodiversidade/refugio-de-vida-silvestre-dos-campos-de-palmas/>>.

BERNARDON, A.; SOARES, A. B. Campos de Palmas: um ecossistema ameaçado. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis, Santa Catarina. v. 29, n.3, set/dez. 2016.

BERNINI, H. **Diagnóstico da erosão hídrica para planejamento de conservação e manutenção de mananciais de abastecimento público: o caso de Espigão D'Oeste – RO.** 2012. 127f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Rondônia – UNIR. Rondônia, 2012.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para as culturas de soja e trigo em três sistemas de preparo em um cambissolo húmico alumínico. **Revista Brasileira Ciência de Solo**. v. 25, p.451-461, 2001.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. **Revista Brasileira Ciência de Solo**. v. 26, n. 2, p. 545-522, 2002.

BERTOL, I.; LEITE, D.; ENGEL, F. L.; COGO, N. P.; GONZÁLEZ, A. P. Erodibilidade de um Nitossolo háplico alumínico determinada em condições de campo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v.31, p.541-549, 2007.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8 ed. São Paulo: Editora Ícone. 355p. 2012.

BIFFI, V. H.; PAISANI, J. C. Superfícies de Cimeira do Planalto das Araucárias – Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo, v.19, n.3. p. 465-481. 2018.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos. **Mapa de solos do Estado do Paraná: Legenda Atualizada**. 74 p. Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto agrônômico do Paraná. Rio de Janeiro, RJ. 2008.

BIGARELLA, J. J.; *et al.*, **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis. Ed. Da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. v.3, p. 877-1436, 2003.

BIGUELINI, C. P. Contextualização da paisagem em uma avaliação de indicadores ambientais de degradação hídrica. **Perspectiva Geográfica**. Colegiados de Geografia. ISSN 1981-4801p. 130-152. 2010.

BORGES, K. M. R.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES, R. F. Vulnerabilidade natural: a perda de solo da bacia do Rio Carinhonha (MG/BA) usando uma abordagem qualitativa da equação universal de perda de solos. p. 101-125. 2012.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Tradução técnica Igo Fernando Lepsch. 3 ed. 685 p. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRANDÃO, Viviane dos Santos; CECÍLIO, Roberto Avelino; PRUSKI, Fernando Falco; SILVA, Demetrius David da Silva. **Infiltração da água no solo**. 3 ed. 120 p. Viçosa. Editora: UFV, 2006.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Política Nacional de Recursos Hídricos. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Acesso em: 09 Abr. 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>.

CAMPOS, J. B.; FILHO, L. S. Campos Naturais. **Série Ecossistemas Paranaenses**. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA. Curitiba, Paraná. v, 7. 8 f., 2010.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SÁFADI, T.; FONSECA, S.; FERREIRA, M. M.; MARTINS, S. G.; MARQUES, J. J. G. de S. e M.; Erosão hídrica avaliada pela alteração na superfície do solo em sistemas florestais. **Scientia Forestalis**. n. 66. p.25-37. Dez. 2004.

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

CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F.; MARTINS, D.; LEMOS, A. M. de; LIMA, V. S. de; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n. 32. p.1239-1251. 2008.

CASTRO FILHO C, CATANEO A, BISCAIA RCM. Utilização da metodologia de Wilkinson para cálculo do potencial erosivo das chuvas em cinco localidades do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n.6. p. 240-1. 1982.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. de; GALDINO, J.; BORROZINO, E.; GIACOMINI, C. C.; SONOMURA, M. G. Y.; PUGSLEY, L. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Congresso e mostra de agro informática. Out. 2000. Ponta Grossa. Paraná. Disponível em: <http://infoagro.deinfo.uepg.br/artigos/pdf/info_102.pdf>. Acesso em: 20 Set. 2017.

CHAVES, H. M. L. Incertezas na predição da erosão com a USLE: impactos e mitigação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. n. 34 p. 2021-2029, 2010.

CLIMATEMPO. **Climatologia**. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/767/>>. Acesso em: 11 Mar. 2018.

COLODRO, G.; CARVALHO, M.P.; ROQUE, C.; PRADO, R. M. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). **Revista Brasileira Ciência do Solo**. n.26. p.809-818. 2002.

CONCEIÇÃO, J. R. Da. **Metodologia para identificação de áreas prioritárias para redução da erosão hídrica em bacias de mananciais de abastecimento público do Paraná: Estudo de caso Bacia do Passaúna**. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbana e Industrial do setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná em parceria com o SENAI – PR e *Universität Stuttgart*, Alemanha. 94 f. Curitiba, 2014.

CORRÊA, E. A.; MORAES, I. C.; PINTO, S. dos A. F. Estimativa da erodibilidade e tolerância de perdas de solo na região do centro leste paulista. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v.34, n. 4, p. 848-860, 2015a.

CORRÊA, E. A.; PINTO, S. dos A. F.; COUTO JUNIOR, A. A. Espacialização temporal das perdas de solo em uma microbacia hidrográfica com predomínio de solos arenosos. **Geografia**, Rio Claro, v. 40, n. 1, p. 101-118, jan./abr. 2015b.

CORRECHEL, V. **Avaliação de Índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise da redistribuição do “fallout” do ¹³⁷C. 2003**. 79f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2003.

COSTA, K. V. de M.; BARRETO, A. C.; FONTENELE, S. de B.; MENDONÇA, L. A. R. Estimativa de perda de solo distribuída em uma bacia hidrográfica de pequeno porte através de técnicas de geoprocessamento. **Anais... XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. INPE. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. p.5705-5712. abr. 2013.

COSTA, J. T. **Modelagem da capacidade de transporte de sedimentos em latossolo férrico**. 66 f. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP. Campus de Jaboticabal. 2015.

DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 113 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. 272 p. Rossodorf: TZ-Verl.-Ges, 1990.

DE SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M. De; CURI, N.; MASSAROTO, J. A.; DE SÁ, J. J. G.; MARQUES, M. **Estimativa da erodibilidade pela desagregação por ultra-som e atributos de solos com horizonte B textural**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília. v.39, n.7, p.691-699, jul. 2004.

DEVICARI, L. F. **O modelado de dissecação do relevo como fator topográfico na Equação Universal de Perda de Solo aplicado ao município de São Pedro do Sul – RS**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências. Área de concentração em Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, Rio Grande do Sul. 124 f. 2009.

DUNNE, T. Hydrology, mechanics and geomorphic implications of erosion by subsurface flow. **Geological Society of American Special Paper**. n. 252, p. 1-28, 1990.

EDUARDO, E. N.; CARVALHO, D. F. de; MACHADO, R. L.; SOARES, F. C.; ALMEIDA, W. S. de. Erodibilidade, fatores cobertura e manejo e práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. n. 37, p. 796-803. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. TOMO I. 420p. Curitiba, EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. TOMO II. 383p. Curitiba, EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. 286p. Brasília, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Mapa de solos do Estado do Paraná: Legenda Atualizada**. 74 p. Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto agrônomico do Paraná. BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos. Rio de Janeiro, RJ. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. 353p. Brasília, 2013.

FAO. *Food and Agricultura Organization. La erosion del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla em las tierras de cultivo.* Cuadernos agropecuário. Roma. Org. de Las Naciones Unidas – FAO, n. 81, 1967.

FARIA, A.L.L.; SILVA, J.X.; GOES, M.H.B. Análise ambiental por geoprocessamento em áreas com susceptibilidade à erosão do solo na bacia hidrográfica do ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG). *Caminhos de geográfica.* ISSN 1678-6343. **Instituto de Geografia.** Programa de Pós-Graduação em Geografia. vol. 9, n. 4, p.50-65. Jun. 2003.

FRIZZARIM, S. S.; SILVA, B. P. C.; SILVA, M. L. N.; BOTEGA, A. A.; BATISTA, P. V. G.; ELISEI, L. G. Fator uso e manejo do solo em cultivos de eucalipto e floresta nativa no município de Eldorado do Sul, RS. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais...** Centro de Convenções. Natal – RN. 2015.

FIGUEIREDO, C. **Transição agroecológica em sistemas de produção de batata.** 2005. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

FORNELOS, L. F.; NEVES, S. M. A. S. Uso de modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométrico (SRTM) na estimativa de perdas de solo. In: I Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande. **Anais...** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 182-191, Nov. 2006.

FUJIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do Oeste Paulista com suporte de geoprocessamento.** 136 f. Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciências Florestais. Piracicaba, São Paulo. 2002.

GALDINO, S.; WEILL, M. A. M.; Estimativa e análise do fator topográfico (LS) da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE) para a bacia do Alto Taquari – MS/MT. **Anais...** In: III Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cáceres, MT, 16-20 Outubro, 2010. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.260-269. 2010.

GALLARDO, D. J. **Usos y Conservación de Suelos. Geología Ambiental.** Série Ingeniería Geoambiental. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid. 1988.

GRILO, R. C.; ENAMI, L. **Gestão de bacias hidrográficas com o uso de modelo preditivo de erosão dos solos e sistemas de informação geográfica.** UNAR. ISSN 1982-4920, Araras, SP, v.2, n.1, p.21-33, 2008.

GUERRA, A. J. T.; **Dicionário Geológico-Geomorfológico.** 446p. 7 ed. Rio de Janeiro: IBGE. 1987.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.; **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** 340p. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1999.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da; **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 10ed. 472.p. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2011.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.; **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 340p. 3 ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2007.

HIDROWEB. Sistema de Informações Hidrológicas. **Séries Históricas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriaArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true>>. Acesso em: 16 Out. 2017

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p.275-370, 1945.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Classificação Climática**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 10 Ago. 2017.

IBGE. Instituto brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de pedologia**. 430p. 3.ed. n.4. Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598. Rio de Janeiro, 2015.

ICMBio. Instituto Chico Mendes. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Manejo do Refúgio de Vida Silvestre dos Campos de Palmas**. 196 f. 2016. Acesso em: 08 Abr. 2018. Disponível em: <<http://rvscamposdepalmas.blogspot.com.br/p/plano-de-manejo.html>>.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**. n. 5, p. 17-40, 1998.

KNIGHTON, D. **Fluvial forms & processes – A New Perspective**. London: Arnold, 1998.

LEMOS, C. F. de. **Avaliação da erosão superficial em áreas de cultivo com plantio direto e plantio convencional, utilizando o aparelho de Inderbitzen**. 2002. 97 f. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

LEPSCH, I. F. **19 lições de Pedologia**. 456 p. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 335f. 2005.

LIMA, E. R. V. Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática. **Revista Cadernos do Logepa – Série Pesquisa**. v.2, n.1. ISSN 1677-1117. Universidade Federal da Paraíba. Laboratório e Oficina de Geografia da Paraíba. Departamento de Geociências. João Pessoa – PB. 2003.

LOMBARDI NETO, Francisco. **Rainfall erosivity – its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil**. 1997. 53 f. Tese (Mestrado) – Purdue University, West Lafayette, 1977.

LU, N.; GODT, J. W. **Hillslope Hydrology and Stability**. New York: Cambridge, 2013, 453p.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2ª. Edição, Curitiba, Liv. José Olympio Edit., 1981.

MACHADO, M. L.; ALVES, J. S.; GOMES, I.; VIEIRA, E. M.; SIMÃO, M. L. R.; NAIME, U. J. NAIME, U. J. Levantamento dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) para o delineamento de áreas com potencial erosivo da Bacia do Rio Paranaíba PN1 – IGAM, Minas Gerais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil. **Anais...** INPE, p. 7733-7739. Abril, 2009.

MANNIGEL, A. R.; 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**. Maringá, v.24, n. 5, p.1335-1340, 2002.

MARCATTO, F. S.; GRAÇA, C. H.; SILVEIRA, H.; ALVES, F. R. P. Permeabilidade dos solos no campus sede da Universidade Estadual de Maringá-PR: Subsídios para implantação de sistemas de drenagem sustentável. **Revista Nacional de Gerenciamento das Cidades**. v. 03, n. 20, p. 66-81, 2015.

MATA, C. L.; JÚNIOR DE CARVALHO, O. A.; DE CARVALHO, A. P. F.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. de S.; GUIMARÃES, R. F. Avaliação multitemporal da susceptibilidade erosiva na bacia do Rio URUCUIA (MG) por meio da equação universal de perda de solos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.8, n.2, p.57-51, 2007.

MAZURANA, J.; CASSOL, E. A.; SANTOS, L. C. dos; ELTZ, F. L. F.; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande, PB. v.13, p. 975-983, 2009.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. 206 p. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MERTEN, G. H.; ARAÚJO, A. G.; BARBOSA, G. M. de C. **Erosão no Estado do Paraná: fundamentos, estudos experimentais e desafios**. Londrina: IAPAR. 116 p. 2016.

MINEROPAR. Serviço Geológico do Paraná. **O grupo Serra Geral no Estado do Paraná. Mapeamento geológico das cartas 1:250.000 de Guaíra, Cascavel, Campo Mourão, Foz do Iguaçu, Guaraniaçu, Guarapuava, Pato Branco e Clevelândia**. v.1, 454p. Curitiba. 2013.

MONARDO, A.; HENKLAIN, J. C.; DE FARIAS, G. S.; RUFINO, R. L.; JUCKSCH, I.; VIEIRA, M. J. **Controle da erosão no estado do Paraná**. Circular nº3. 2 ed., 70p. Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. Londrina, Paraná. 1977.

MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation**. 3º ed. Inglaterra: Blackwell Publishing. p. 304. 2005.

NARDY, Antonio José Ranalli; OLIVEIRA, Marcos Aurélio Farias de.; BETANCOURT, Ram Horizonte Seixas.; VERDUGO, Diego Roberto Huete.;

MACHADO, Fábio Braz. **Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral. Geociências**, São Paulo, UNESPE. v. 21, n. 1/2. p. 15-32. 2002.

NOLLA, D. **Erosão do solo: o grande desafio**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Diretoria Geral, Divisão de Divulgação e Informação Rural. 412 p. 1982.

OLIVEIRA, P. T. S. de.; RODRIGUES, D. B. B.; SOBRINHO, T. A.; PANACHUKI, E. Estimativa do fator topográfico da USLE a partir de três algoritmos. **Revista Ambiente & Água**. An Interdisciplinary Journal of Applied Science. v.5, n.2, 2010.

OLIVEIRA, A. H. **Erosão hídrica e seus componentes na sub-bacia hidrográfica do Horto Florestal Terra Dura, Eldorado do Sul (RS)**. 181 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras: UFLA, 2011.

OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. ELSEVIER. **Catena**. p.139-147. v.100, Jan. 2012. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816212001713> >. Acesso em: 10 Fev. 2018.

OLIVEIRA, J. A.; DOMINGUEZ, J. M. L.; NEARING, M. A.; OLIVEIRA, P. T. S. A gis-based procedure for automatically calculating soil loss from the universal soil loss equation: gisus-m. *Applied Engineering in Agriculture*. v. 31 (6) p. 907-917. 2015. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**. ISSN 0883-8542 DOI 10.13031/aea.31.11093. 2015.

PAES, Fernanda da Silva.; DUPAS, Francisco Antônio.; SILVA, Fernando das Graças Braga da.; PEREIRA, Júlio César Domingos. **Espacialização da perda de solo nas bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí (MG)**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 29, n. 4, p. 589-601, 2010.

PASQUATTO, M. C. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água e no processo erosivo da bacia de captação do rio Barro Preto, Coronel Vivida (PR)**. 214f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

PAISANI, J. C. **Descontinuidades hidrológicas, escoamento superficial e desenvolvimento de incisões erosivas em áreas de cabeceira de drenagem: estudo de caso na Colônia Quero-Quero, Palmeira (PR)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC), 1998, 184p.

PAISANI, J.C.; PONTELLI, M.E.; CALEGARI, M.R. Evolução de bacias de baixa ordem hierárquica nos 41.000 anos AP – Brasil Meridional. **Mercator**, Fortaleza, v.11, n.26, p. 131-148, 2012.

PAISANI, J.C.; CALEGARI, M.R.; PONTELLI, M.E.; PESSENDA, L.C.R.; CÔRREA, A.C.B.; PAISANI, S.D.L.; RAITZ, E. O papel das mudanças climáticas do Quaternário Superior na dinâmica evolutiva de paleovale de segunda ordem (Sul do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, p.103-116, 2013a.

PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; CORRÊA, A. C. de B.; RODRIGUES, R. A. R. Pedogeochemistry and micromorphology of oxisols – A basis for understanding etchplanation in the Araucárias Plateau (Southern Brazil) in the Late Quaternary. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 48, p.1-12. 2013b.

PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; OSTERRIETH, M.L.; PAISANI, S.D.L.; FACHIN, A.; GUERRA, S.; OLIVEIRA, L. Paleosols in low-order streams and valley heads in the Araucaria Plateau – record of continental environmental conditions in Southern Brazil at the end of MIS 3. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 54, p. 57-70, 2014.

PAISANI, J. C.; FACHIN, A.; PONTELLI, M. E.; OSTERRIETH, M.L.; PAISANI, S.D.L.; FUJITA, R.H. Evolução de paleocabeceira de drenagem do rio Chopinzinho (Sul do Brasil) durante o Quaternário Superior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.17, n. 1, p.43-59, 2016.

PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E.; PEREIRA, J. S.; CAVAZINI, A. J. Pedogênese e morfogênese no médio vale do rio Marrecas durante o quaternário tardio – Sul do Brasil. **Revista Ra'E Ga**. Curitiba, v.41 Temático de Geomorfologia, p.49-64, Ago. 2017.

PARANHAS FILHO, A. C.; FIORI, A. P.; DISPERATI, L.; LUCCHESI, C.; CIALI, A.; LASTORIA, G. Avaliação multitemporal das perdas de solos na bacia do rio Taquarizinho-MS. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 52, p.49-59, Editora UFPR. 2003.

PEREIRA, A. R.; Determinação da perda de solo. **Boletim técnico nº 001**. Belo Horizonte: FAPI, 2006.

PEREIRA, A. S. Produção de batata no Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 95 p. Embrapa Clima Temperado. **Sistema de produção 19**. 2010a.

PEREIRA, L. H. **Caracterização da erosão hídrica laminar do solo em bacia hidrográfica com base na malha fundiária, por meio de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelagem**. 125 p. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Campus Rio Claro. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. São Paulo. 2010b.

PETSHC, C.; SANTOS, M. L. Dos.; Análise comparativa entre métodos de estimativas de perda de solos, o caso do Ribeirão Morangueira – PR. **Boletim Geográfico**. v. 33, n. 1, p. 15-26, jan.-abr., 2015.

PINESE JÚNIOR, JOSÉ FERNANDO; CRUZ, LÍLIA MOREIRA; RODRIGUES, SILVIO CARLOS. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia – MG. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 20 (2): p. 157-175, Dez. 2008.

PRADO, J. P. B. do; NÓBREGA, M. T. de. 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 Sci. Technol**. Maringá, v.27, n.1, p. 33-42, Jan/Jun, 2005.

PULIDO GÓMEZ, J. D. **Estimativa de erosão pela Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) e transferência de sedimentos para todo o território Brasileiro**. 2012.

90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2012.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2 ed. Viçosa, Minas Gerais. Editora UFV. 279p. 2009.

RAITZ, E. **Coleção de referência de silicofitólitos da flora do Sudoeste do Paraná: subsídios para estudos paleoambientais**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. Francisco Beltrão, Paraná, 2012.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 500p. 2. ed. Barueri, SP: Manole, 2012.

RIBEIRO, L. S.; ALVES, M. da G. Quantificação de perda de solo por erosão do município de Campos dos Goytacazes/RJ através de técnicas de geoprocessamento. **Anais...** In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil. p. 3039-3046, Abril, 2007.

RISSO, A.; REIS, L. G. de M.; DA PAZ, A. R.; LIMA, H. V. C.; **Estimativa da produção de sedimento de forma distribuída usando a equação universal de perdas de solo (EUPS) e geoprocessamento: aplicação na bacia do Lago Guaíba (RS)**. 2005. Disponível em:
<http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/Risso_et_al_SBRH_2005.pdf>. Acesso em: 14 Mar. 2017.

RÓS, A. B.; FILHO, J. T.; BARBOSA, G. M. C. Produtividade de raízes tuberosas de batata-doce em diferentes sistemas de preparo de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria. ISSN 0103-8478. v.44, n.11, p.1929-1935, nov. 2014.

RUFINO R.L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o estado do Paraná: Segunda aproximação **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n.10 p. 279-81. 1986.

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 Ciência do Solo**. n. 17 p.439-44. 1993.

SALLES, M. M. O uso do SIG na análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio São João – MG. Instituto de Geociências – UFMG. Belo horizonte. **XII Curso de Especialização em Geoprocessamento**. 2010. Disponível em:
<<http://csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/MOACIR.pdf>>. Acesso em: 11 Nov. 2016.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A.P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J.L.S. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, n. 2, p. 3-12, 2006.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.2, p.115-123. Campina Grande, PB. UAEA/UFCG. 2010a.

SANTOS, A. R. dos; PELUZIO, T. M. de O.; SAITO, N. S. **SPRING 5.1.2 Passo a Passo: aplicações práticas**. 153 p. Alegre, Espírito Santo. CAUFES, 2010b.

SCHMIDT, M. R.; CASSOL, E. A.; SILVA, T. S. MURLIKI, J. D.; MARIANI, P. P. Erodibilidade de um Latossolo vermelho determinada a campo em condições de chuva natural durante cinco anos. **XI Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo**. Qualidade do solo & ambiente de produção. Frederico Westphalen, RS. 2016.

SCHICK, J. BERTOL, I.; WERNER, R. S.; RAMOS, J. C.; BANDEIRA, D. H.; FLORES, M. C. Erodibilidade do solo determinada com dados coletados durante 20 anos, em um Cambissolo Húmico sob chuva natural. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Florianópolis, SC. 2013.

SCHICK, J. **Fatores R e K da USLE e perdas de solo e água em sistema de manejo sobre um cambissolo húmico em Lages, SC**. Tese. 149f. Tese (doutorado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agro veterinárias, Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo, Lages, 2014.

SERIO, J.; COSTA, C. A. G.; TEIXEIRA, A. dos S.; ORTEGA, E. Aplicação da USLE e SIG na caracterização de três micro bacias hidrográficas no Brasil. **Revista Acadêmica Ciência Agrária Ambiental**. Curitiba. v. 6, n. 2, p. 213-221, abr./jun. 2008.

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; LIMA, J. M. de; FERREIRA, D. F. Proposição de modelos para estimativa da erodibilidade de latossolos brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.34, n.12, p.2287-2298. Dez, 1999.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: Rima. 2 ed. 158 p. 2007.

SILVA, I. P. F.; JUNIOR, J.F.S.; ARALDI, R.; TANAKA, A.A.; GIROTTO, M.; BOSQUÊ, G.G.; LIMA, F.C.C. Preparo de solo e calagem na cultura da batata. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. ISSN 1677-0293. v.10, n.20, Dez. 2011.

STVEAUX, J. C; LATRUBESSE, E. M. Geomorfologia Fluvial. **Coleção Geografia**. v.3. São Paulo: Oficina de Textos. 2017.

THOMPSON, D.; FIDALGO, E. C. C. 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 – RJ. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...** p. 1-7. nov. 2013.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do Rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia**. p. 235-244 n.57 v. 03, 2005. (ISSN 1808-0936). 2005.

TOMAZONI, J. C.; MONTAVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L.; FILHO, E. F. da R. **A Sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Anta Gorda (PR)**. Estudos Geográficos. Rio Claro. jan-jun. 2005.

U.S.D.A. SOIL CONSERVATION SERVICE. **Guide for soil conservation surveys.** Washington: U.S.D.A., 1948.

VAN ZYL, J. J. The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote sensing of topography. **Acta Astronautica**, 48(5–12), Pag. 559–565. 2001.

VASQUES, A. G.; NOGUEIRA, A. S.; KIRCHNER, F. F.; BERGER, R. Uma síntese da contribuição do gênero *Pinus* para o desenvolvimento sustentável no sul do Brasil. **Floresta**, v. 37, n.3, p.445-450, set./dez. 2007.

VIEIRA, V. F. **Estimativa de perdas de solo por erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica.** Geografia – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências. v. 17, n. 1, p. 73-81, jan./jun. 2008.

VITTE, A. C.; TEIXEIRA, A. J. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 280p. 2004.

WACHHOLZ, F.; FILHO, W. P.; Mapeamento do uso da terra na bacia hidrográfica do Arroio Barriga – RS, utilizando o Sensoriamento Remoto. **4º Jornada de Educação em Sensoriamento Remoto no Âmbito do Mercosul.** Ago, 2014, São Leopoldo, RS, Brasil. 2014.

WALTRICK, P. C. **Erosividade de chuvas no Paraná: atualização, influência do “el niño” e “la niña” e estimativa para cenários climáticos futuros.** 107 f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Área de concentração em Pedologia e Manejo do Solo. Linha de Pesquisa Física, Manejo e Qualidade do Solo e da Água. Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

WALTRICK, P. C.; MACHADO, M. A. de M.; DIECKOW, J.; OLIVEIRA, D. de; Estimativa da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: atualização com dados de 1986 a 2008. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n.39. p.256-267, 2015.

WHITE, Robert. E. **Princípios e Práticas da Ciência do Solo – O solo como um recurso natural.** 4ed., 426f. Andrei editora LTDA. São Paulo. 2009.

Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. Predicting rainfall erosion losses; a guide to consevation planning. Washington: United States - Department of Agriculture, 58 p. **USDA Agric. Handbook**, n. 537, 1978.