

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS CURITIBANOS
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Geisy Bahls Fogaça

Uso da terra e susceptibilidade à erosão no município de Curitibanos, SC

Curitibanos

2022

Geisy Bahls Fogaça

Uso da terra e susceptibilidade à erosão no município de Curitibanos, SC

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.
Orientador: Prof. Dr. Alexandre ten Caten

Curitibanos

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Fogaça, Geisy Bahls

Uso da terra e susceptibilidade à erosão no
município de Curitibanos, SC / Geisy Bahls Fogaça ;
orientador, Alexandre ten Caten, 2022.

42 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Ciências Agrárias, Graduação em Agronomia,
Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. RUSLE. 3. Solos. 4. Santa
Catarina. I. ten Caten, Alexandre. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia.
III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia

Rodovia Ulysses Gaboardi km3

CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC

TELEFONE (048) 3721-4174 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

GEISY BAHLS FOGAÇA

Uso da terra e susceptibilidade à erosão no município de Curitibanos, SC

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 15 de julho de 2022



Documento assinado digitalmente

Douglas Adams Weiler

Data: 18/07/2022 20:49:26-0300

CPF: 008.111.820-10

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

Alexandre Ten Caten

Data: 18/07/2022 15:45:04-0300

CPF: 898.593.590-91

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Alexandre ten Caten
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

ELISANGELA BENEDET DA SILVA

Data: 18/07/2022 17:02:30-0300

Verifique em <https://verificador.td.br>

Prof. Dr^a. Elisângela Benedet da Silva
Membro da banca examinadora
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Fernanda Oliveira da Silva

Data: 18/07/2022 16:48:47-0300

CPF: 029.088.560-42

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. M.^a Fernanda Oliveira da Silva
Membro da banca examinadora
PPGEAN - Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais Suely e Alvino,
e minha avó Dolores (*In Memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde e pela força diária para sempre ir atrás dos meus sonhos.

Aos meus pais Alvino e Suely, pelo apoio que me fizeram mais forte e confiante, além de todo suporte para eu chegar até aqui. Realização de um sonho que sonhamos juntos.

Ao meu namorado Luiz Fernando, por permanecer ao meu lado, apoiando e motivando esses anos com todo amor. Obrigada por tanto!

A minha irmã Gizély e minha tia Rose por todo apoio e incentivo em ir atrás do meu sonho. Sem essas mulheres não seria possível iniciar essa aventura.

Ao Professor Dr. Alexandre ten Caten, pela orientação, suporte, motivação a cada conversa e ensinamentos ao longo dos anos de convivência. Sempre guardarei como muito carinho e inspiração.

Aos meus amigos queridos que conheci ao longo dos anos morando em Curitiba, do Laboratório de Geomática e todos aqueles que fizeram parte da minha história.

Ao meu melhor amigo felino José, que meu deu afeto e companhia.

Aos professores da UFSC por todo apoio e ensinamentos.

A UFSC e responsáveis que deram todo o suporte necessário.

E a todos os amigos, familiares e envolvidos nessa importante etapa.

De todo coração, obrigada!

“O Senhor, pois, é aquele que vai adiante de ti; ele será contigo, não te deixará, nem te desampará. Não temas, não te espantes” (Dt 31:8)

RESUMO

A erosão hídrica é o principal processo responsável pela baixa aptidão agrícola e alta fragilidade ambiental influenciado por fatores como, o clima, o tipo de solo, o relevo e a cobertura vegetal. Assim, o objetivo foi determinar a susceptibilidade à erosão dos solos do município de Curitibanos-SC a partir de mapas com a aplicação do modelo RUSLE. O modelo empregado, conforme os efeitos do uso da terra considerados, têm a capacidade de quantificar e avaliar a erosão do solo, a partir de 5 fatores independentes: erosividade, erodibilidade, comprimento da encosta, declividade da encosta, cobertura do solo para os anos 2000 e 2020, e as práticas agrícolas conservacionistas. Os dados foram obtidos a partir da literatura, MapBiomas e processados no software QGIS. Foram obtidas 7 classes de usos da terra, em que as principais conversões na área ocorreram com a diminuição de 61,02% das áreas de pastagem e incremento de áreas de agricultura e silvicultura. Sendo que, o uso da terra predominante no município foi de agricultura. A concentração das classes de maior susceptibilidade a erosão foi em solos do tipo Cambissolo Háplico. Por outro lado, as classes de nenhuma ou ligeira susceptibilidade a erosão foram predominantes com 91,54% da área total do município em 2020. Ainda assim, é necessário que sejam incentivados as práticas agrícolas adequadas e o planejamento de uso da terra na área de estudo. Possibilitando que, os solos do município sejam menos susceptíveis a processos erosivos.

Palavras-chave: RUSLE 1. Solos 2. Santa Catarina 3.

ABSTRACT

Water erosion is the main process responsible for the low agricultural suitability and high environmental fragility influenced by factors such as climate, soil type, relief and vegetation cover. Thus, the objective was to determine the susceptibility to erosion of soils in the municipality of Curitibanos-SC from maps using the RUSLE model. The model used, according to the effects of land use considered, has the ability to quantify and evaluate soil erosion, based on 5 independent factors: erosivity, erodibility, slope length, slope slope, soil cover for the years 2000 and 2020, and conservation agricultural practices. Data were obtained from the literature, MapBiomass and processed in QGIS. Seven classes of land use were obtained, in which the main conversions in the area occurred with a 61.02% decrease in pasture areas and an increase in agriculture and forestry areas. The predominant land use in the municipality was agriculture. The concentration of the classes of greatest susceptibility to erosion was in Haplic Cambisol type soils. On the other hand, classes of no or slight susceptibility to erosion were predominant with 91.54% of the total area of the municipality in 2020. Even so, it is necessary to encourage appropriate agricultural practices and land use planning in the area of study. Making it possible for the soils of the municipality to be less susceptible to erosive processes.

Keywords: RUSLE 1. Soils 2. Santa Catarina 3.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Localização do município de Curitibanos-SC..... | 20 |
| Figura 2 - Plataforma do Projeto MapBiomass Brasil (A) e a Coleção 6 (B) de códigos das legendas e paleta de cores para os diferentes usos e cobertura da terra. | 21 |
| Figura 3 - MDE recortado para o município de Curitibanos (A) e interface da ferramenta “Ls-factor, field based” (B), utilizados no QGIS para obtenção do fator LS | 24 |
| Figura 4 - Fluxograma dos fatores usados no cálculo da RUSLE através da calculadora raster para obtenção do mapa referente ao fator A. | 26 |
| Figura 5 - Mapa de uso e cobertura da terra para Curitibanos-SC nos anos de 2000 e 2020. | 28 |
| Figura 6 - Gráfico da distribuição das classes de uso e cobertura da terra identificadas no município de Curitibanos-SC. | 29 |
| Figura 7 - Mapas resultantes dos fatores K em “A” e LS em “B” dos solos do município de Curitibanos-SC. | 31 |
| Figura 8 - Mapas referentes a erosão (fator A) do município de Curitibanos-SC, nos anos de 2000 e 2020. | 34 |
| Figura 9 - Áreas destacadas no mapa do fator A com topografia menos declivosa e predominância de Nitossolo Háplico no ano de 2020. | 35 |
| Figura 10 - Áreas destacadas no mapa do fator A com topografia mais declivosa e predominância de Cambissolo Háplico no ano de 2020..... | 36 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Fatores K (erodibilidade) para cada classe de solo encontradas no município de Curitibanos-SC. | 23 |
| Tabela 2 - Fatores C (uso e cobertura da terra) para cada classe biofísica do município de Curitibanos-SC. | 25 |
| Tabela 3 - Classes de perda de solo estimadas através da RUSLE para os anos de 2000 e 2020, relacionada com a área do município de Curitibanos-SC..... | 33 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 | OBJETIVOS..... | 14 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral..... | 14 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos | 14 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 15 |
| 2.1 | SOLO..... | 15 |
| 2.2 | EROSÃO E FATORES CONDICIONANTES..... | 15 |
| 2.3 | MODELOS PREDITIVOS..... | 17 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 20 |
| 3.1 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 20 |
| 3.2 | USO DA TERRA | 21 |
| 3.3 | EROSÃO | 22 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 27 |
| 4.1 | USO DA TERRA | 27 |
| 4.2 | PERDAS DE SOLOS POR EROSÃO | 30 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 38 |
| | REFERÊNCIAS..... | 39 |

1 INTRODUÇÃO

O avanço e expansão da agricultura no Brasil está relacionado diretamente à problemática de degradação dos solos, que afeta tanto terras agrícolas como as áreas de vegetação natural (GUERRA et al., 2014). A degradação dos solos está relacionada diretamente às ocorrências de processos erosivos, uma vez que, abrange práticas agrícolas adotadas e o planejamento de uso da terra, ou até a falta dele. A erosão hídrica é um processo no qual partículas são desprendidas da matriz coesa do solo e em seguida são transportadas, principalmente em decorrência da chuva (MINELLA et al., 2007). É o principal processo responsável pela baixa aptidão agrícola e alta fragilidade ambiental influenciado por fatores como, o clima, o tipo de solo, o relevo e a cobertura vegetal (uso da terra).

No final da década de 60 foi criada a Equação Universal de Perda de Solo (USLE), que em 1990 foi revisada e aprimorada para o modelo RUSLE (Equação Universal de Perda do Solo Revisada) (RENARD et al., 1997). Trata-se de um modelo empírico, fácil, simples e rápido, que mantém princípios da USLE. Porém, apresenta um algoritmo computacional para calcular ou estimar os fatores condicionantes da erosão (CECATTO, 2014). A RUSLE a ser empregado neste projeto, tem a capacidade de quantificar e avaliar a erosão do solo, a partir da erosividade do solo, a erodibilidade do solo, o comprimento da encosta, a declividade da encosta, a cobertura do solo, práticas de manejo do solo e as práticas agrícolas conservacionistas (TEN CATEN et al., 2012).

Nesse contexto, uma análise do recurso solo, especificamente, seu uso e as condições que o torna suscetível a danos, é de grande valia e necessária, seja nas tomadas de decisões para remediação ou na prevenção. Por tanto, este trabalho justifica-se pela inexistência de estudos e informações acessíveis ao município de Curitiba-SC sobre os atuais usos da terra, bem como e a susceptibilidade dos solos à erosão. A hipótese orientadora deste trabalho tem na produção de mapas temáticos relacionados ao solo, uma ferramenta para a adoção de práticas agrícolas e ambientais adequadas, além do planejamento de uso das terras inseridas na área de estudo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Determinar a susceptibilidade à erosão dos solos do município de Curitibanos-SC a partir de mapas com a aplicação do modelo RUSLE.

1.1.2 Objetivos Específicos

- i) Determinar o uso das terras para os anos de 2000 e 2020;
- ii) Demonstrar a importância da produção de mapas temáticos como estratégia de mitigação da erosão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SOLO

O aumento no desenvolvimento de trabalhos e projetos de pesquisa, de assuntos diversos relacionados com o solo pode ser atribuído a atual demanda em conhecimentos para seu uso e manejo adequado. O solo é um importante regulador do clima, atua no armazenamento e na distribuição de água, além de ser substrato para o crescimento de plantas. Contudo, a sua degradação está em uma crescente em decorrência das ações humanas (BRADY, 2013). Alterações as quais ocorrem na medida em que a práticas não conservacionistas do uso do solo são empregadas, além da deterioração da qualidade ambiental, principalmente devido ao uso inadequado deste recurso natural lentamente renovável (DEMATTE et al., 2000).

A erosão é um problema de suma importância, considerado uma forma de degradação que leva a remoção de partículas superficiais por água e/ou vento em solo perturbado por cultivo intensivo e/ou pastoreio (FAO, 2015). A erosão ocorre quando as perdas ocorrem muito mais rapidamente do que a regeneração e formação de um novo solo. Na superfície estão contidos grande parte dos micros e macros nutrientes essenciais às plantas, a matéria orgânica, e estes são responsáveis pela estabilidade estrutural do solo. Portanto, reduzindo a espessura do solo superficial, altera-se as suas propriedades e afeta a dinâmica dos nutrientes (GOMES et al., 2019).

Relacionado às ameaças que a erosão do solo trás, tem-se a limitação por parte dos planejadores em todos os países. Uma vez que, a perda de terras aráveis até mesmo em pousio, é muitas vezes uma perda de riqueza e recursos para as pessoas que moram lá. É por essa razão que a preocupação de quantificar e conhecer a susceptibilidade à erosão é tópico entre tomadas de decisão ao escolher técnicas de conservação (BEDOUI, 2019).

2.2 EROSÃO E FATORES CONDICIONANTES

A erosão hídrica é o principal processo responsável pela baixa aptidão agrícola e alta fragilidade ambiental em grande parte áreas ocupadas pela agricultura familiar no Sul do Brasil. Trata-se de um processo no qual partículas são desprendidas da matriz coesa de solo e

em seguida são transportadas, principalmente em decorrência da chuva (MINELLA et al., 2007). Os fatores por tanto, que influenciam a suscetibilidade regional à erosão podem ser o clima, o tipo de solo, o relevo e a cobertura vegetal (uso da terra).

O clima, mais especialmente eventos pluviais, pela sua intensidade, volume e duração, ocasionam impactos que favorecem a erosão. Para cada chuva é necessário conhecer seu potencial erosivo, obtido pelo índice EI30, que representa o produto da energia cinética total da chuva (E , MJ ha⁻¹) pela intensidade máxima em um período de 30 min (I30, mm h⁻¹) contínuo de chuva. Pois, quanto maior o potencial erosivo das chuvas, mais extremos os eventos e são, geralmente, causam maiores problemas de erosão. A chuva é por tanto, um elemento climático que interfere principalmente em áreas descobertas e fisicamente degradadas, típicas de sistemas convencionais de preparo de solo. Segundo Guadagnin et al. (2005), tais áreas podem sofrer alta erosão hídrica em decorrência da energia de impacto das gotas da chuva que desagregam e transportam partículas, provocam selamento superficial, diminuem a infiltração de água e aumentam a enxurrada. Por outro lado, áreas cobertas com resíduos vegetais, como nos sistemas conservacionistas de preparo de solo, sofrem baixa erosão hídrica.

O tipo de solo e suas características físicas, químicas, mineralógicas e biológicas exercem diferentes influências na erosão (LIMA, 2003). A textura caracteriza-se pelo tamanho das partículas, atua sobre o arraste de material em função da quantidade de água absorvida, bem como pela resistência exercida devido à agregação de partículas de menor tamanho e de maior ação coloidal (DYONISIO, 2010). A estrutura representa a condição de estabilidade dos agregados, desempenha função sobre as forças de dispersão, desagregação e destacamento das partículas pela água. Já a matéria orgânica tem papel fundamental, no sentido de melhorar as condições de arejamento, na aglutinação de partículas, firmando a estrutura e retendo a água (LIMA, 2003).

Outro fator reconhecidamente importante é o relevo, tido como potencializador do processo de erosão hídrica. Nesse contexto, as características do terreno que atuam sobre a erosão hídrica são a declividade e o comprimento da encosta (LIMA, 2003). Estas, atuam fortemente nas perdas de solo e água, pois, à medida que aumentam, modificam o volume e velocidade da enxurrada e diminui a infiltração de água no solo. Com isso, aumenta a capacidade de transporte das partículas pela enxurrada, assim como a própria capacidade desta de desagregar solo, por ação de cisalhamento, principalmente quando concentrada nos sulcos direcionados no sentido da pendente do terreno (COGO et al., 2003).

Por fim, resíduos culturais deixados na superfície proporcionam a cobertura do solo que tem ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica (COGO et al., 2003). A cobertura vegetal natural ou alterada pelo homem, varia conforme o tipo de cobertura e sua densidade. A vegetação pode contribuir para: proteção contra o impacto das gotas de chuva; dispersão da água, através da interceptação e evaporação antes que atinja o solo; decomposição das raízes das plantas pela formação de pequenos canais no solo, os quais aumentam a infiltração da água; melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, conseqüentemente retenção de água; e diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada (LIMA, 2003). Por outro lado, a agropecuária intensiva, com o uso e o manejo muitas vezes inadequados, ocorre a substituição da cobertura de vegetação natural de grandes áreas e disso usualmente se origina o processo de degradação do solo e dos recursos hídricos (PANACHUKI et al., 2006).

2.3 MODELOS PREDITIVOS

A criação de modelos para estimar as perdas de solo e a sua aplicação para a realidade brasileira é considerada um desafio para os pesquisadores, devido as grandes diferenças nas características de solo e de clima, para os quais os modelos foram desenvolvidos (CECATTO, 2014). Além disso, a carência de informações referentes às características pedológicas em diferentes escalas dificulta o uso e aprimoramento desses modelos em estudos relacionados. Estudos de erosão do solo em sua maioria, levam em consideração os fatores condicionantes, no sentido de identificar aqueles que estão exercendo maior importância no processo. Bem como, a abrangência espacial e as marcas deixadas pelos processos erosivos. Alguns exemplos são de Bauer et al. (2019), Gomes et al. (2019), Wang; Oost (2018) e Borrelli et al. (2013), que seguem tais linhas de pesquisa e somam-se a gama de estudos pelo mundo sobre a erosão e na produção de mapas temáticos sobre o tema.

Segundo Minella et al. (2007), no Brasil, apesar dos crescentes problemas associados à erosão hídrica e presença de sedimentos nos rios, os estudos de identificação de fontes são incipientes. Para avaliação do potencial de erosão hídrica de áreas distintas tem-se grande importância e são bastante explorados os modelos preditivos. O desenvolvimento e aperfeiçoamento desses modelos permitiram o grande avanço nos estudos dessa natureza. Seja alguns deles já direcionados para uma avaliação espacial do processo, assim como o desenvolvimento de sistemas de geoprocessamento e dos sistemas computacionais como um

todo. Ainda que, os modelos não sejam o objetivo de estudo, são uma ferramenta para atingir um objetivo específico, que é ajudar a entender e representar o comportamento de fenômenos observados. Além de auxiliarem em tomadas de decisões na identificação e na adoção de práticas conservacionistas do solo e da água (TEN CATEN et al., 2012).

Os modelos podem ser classificados através de vários critérios, segundo a literatura: quanto à memória (o quanto do passado afeta o estado presente); quanto à linearidade (validade do princípio da superposição); quanto à variabilidade espacial (se concentrado ou distribuído); quanto à variabilidade temporal (se contínuo ou discreto); quanto à chance de ocorrência de determinada variável (estocástico ou determinístico) e quanto às funções utilizadas (se conceitual ou empírico). Em específico, os modelos empíricos surgiram por volta de 1940 nos Estados Unidos, a fim de as perdas de solo por erosão. Os quais, utilizam funções matemáticas ou advindas de ajustes estatísticos que buscam a melhor representação da saída com base na entrada (CECATTO, 2014).

Dentre os modelos empíricos de erosão, no final da década de 60 foi criada a Equação Universal de Perda de Solo (USLE). Desenvolvida inicialmente a partir do resultado de 10000 dados de perda de solo em parcelas experimentais, com chuva artificial (GUERRA et al., 2014). O intuito foi permitir que planejadores de conservação projetem dados de erosão para as muitas localidades e condições que não foram diretamente representados na pesquisa (WISCHMEIER; SMITH, 1978). No entanto, em 1990 a USLE foi revisada e aprimorada para o modelo RUSLE (Equação Universal de Perda do Solo Revisada) (RENARD et al., 1997). Trata-se de um modelo empírico, fácil, simples e rápido, que mantém princípios da USLE. Porém, apresenta um algoritmo computacional para calcular ou estimar os fatores condicionantes da erosão (CECATTO, 2014).

O cálculo da RUSLE, assim como o processamento de outras modelagens, é realizado a partir de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Este é um sistema que processa dados gráficos e não gráficos com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies. Pode ser empregado como uma ferramenta para produção de mapas, suporte para análise espacial de fenômenos e banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial (INPE, 2006). O QGIS é um software livre de código aberto, um exemplo de SIG, comumente utilizado na visualização, edição e análise de dados georreferenciados (QGIS, 2022). A plataforma MapBiomias Brasil trata-se também de um SIG, com processamento distribuído e automatizado de dados de mapeamento de uso e cobertura da terra para todo o Brasil. O desenvolvimento do MapBiomias teve como base a

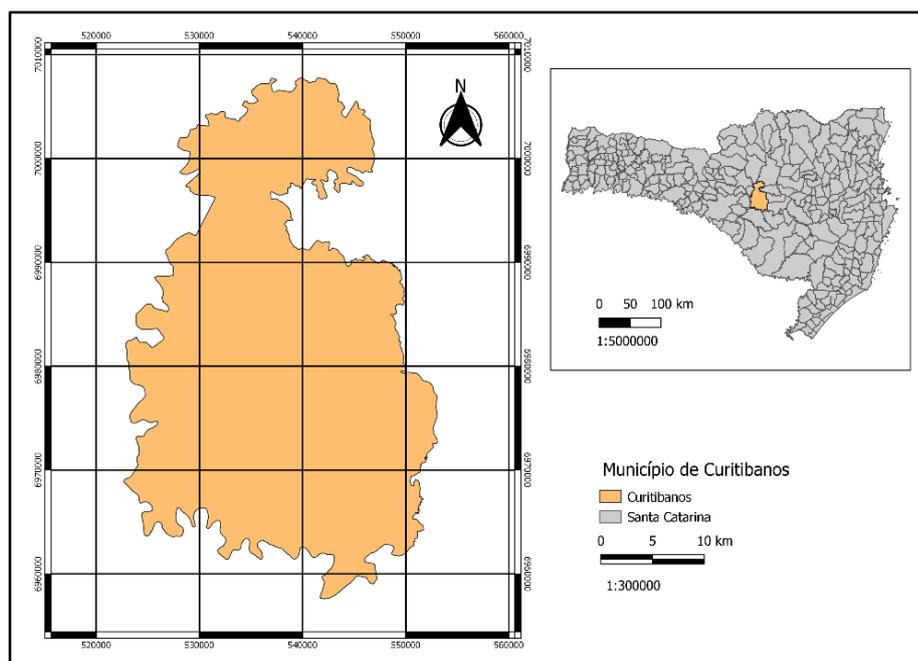
plataforma Google Earth Engine, em parceria com a Google. Que apresenta um catálogo multi-petabyte de imagens e dados de satélite para análises de escala planetária da superfície da Terra (GOOGLE, 2022). Sendo que, estes exemplos de SIG foram empregados neste trabalho conforme a metodologia a seguir.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho compreendeu o município de Curitibanos localizado na região central do Estado de Santa Catarina, com uma área de 949,13 km² (Figura 1). A paisagem em geral é dominada por planalto com relevo ondulado e a altitude do local varia de 900 a 1000 m acima do mar. Segundo a classificação de Köppen o clima da região que se insere o município é Cfb. Caracteriza-se como temperado, com verão ameno (máxima de 22°C), chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca, com precipitação de 1.000 a 2.000 mm e as geadas são severas e frequentes (EMBRAPA, 2004).

Figura 1 - Localização do município de Curitibanos-SC.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

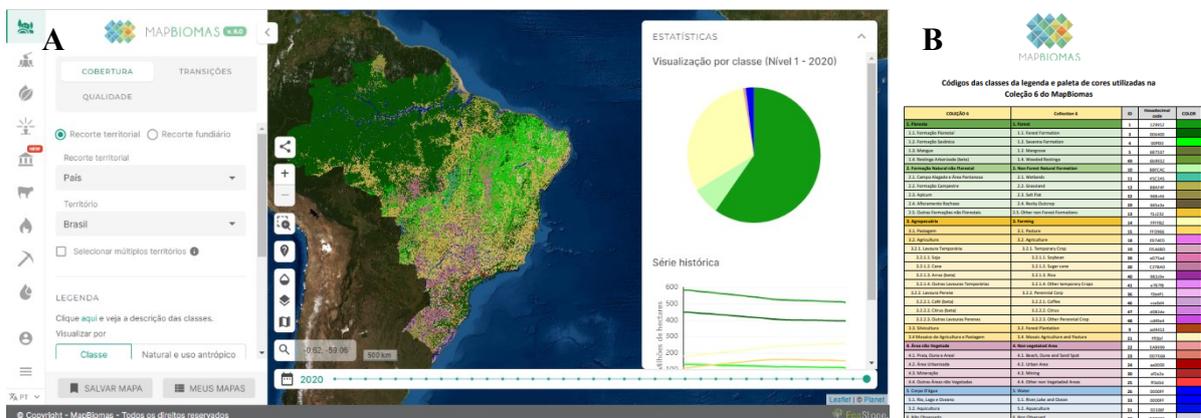
Os solos predominantes na região em geral, são profundos, dessaturados, com avançado grau de intemperismo, a exemplo de Latossolos e Nitossolos Brunos nas áreas de relevo mais suave. Nas áreas de relevo mais movimentado há formação de Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos e de Cambissolos Húmicos e Háplicos, ocorrendo também Nitossolos Brunos nos terços finais das encostas (EMBRAPA, 2004).

3.2 USO DA TERRA

O município de Curitibaanos-SC tem em seu território e economia as atividades principais de agricultura e pecuária, silvicultura, comércio e indústria. Para a determinação do uso da terra, das proporções de algumas atividades em questão, foram utilizados mapas da plataforma do Projeto MapBiomias Brasil (Figura 2A), através do Google Earth Engine. Os mapas são referentes ao uso e cobertura anual da terra, sendo que, para este trabalho os anos selecionados foram 2000 e 2020 em decorrência da maior quantidade de dados disponíveis. O intuito deste intervalo de 20 anos, foi de observar e discutir as mudanças ocorridas e sua influência na susceptibilidade à erosão do solo do município.

A definição e caracterização das classes de uso da terra dos respectivos mapas, foram realizadas através dos códigos das legendas e paleta de cores utilizadas na Coleção 6 do MapBiomias (MAPBIOMAS, 2019), a versão disponível mais atualizada e apresentada na figura 2B. Nessa coleção, os usos são divididos em 5 grandes classes: Floresta, Formação Natural não Florestal, Agropecuária, Área não Vegetada e Corpo D'água. Para cada classe existem subclasses e elas foram agrupadas, conforme os usos apresentados nos mapas. Com exceção à classe Agropecuária, que foi substituída pelas suas subclasses Agricultura, Pastagem e Silvicultura, mais representativas para o local.

Figura 2 - Plataforma do Projeto MapBiomias Brasil (A) e a Coleção 6 (B) de códigos das legendas e paleta de cores para os diferentes usos e cobertura da terra.



Fonte: MAPBIOMAS (2019).

Por fim, os mapas resultantes do uso e cobertura da terra do município foram também utilizados na RUSLE. Além de, serem informações atuais disponíveis que podem contribuir para a adequação de uso e planejamento racional dos recursos naturais em nível municipal.

3.3 EROSÃO

O modelo RUSLE empregado, conforme os objetivos do estudo e efeitos do uso da terra considerados, têm a capacidade de quantificar e avaliar a erosão do solo, a partir de 5 fatores independentes. Através da multiplicação simples dos fatores (Equação 1) foi possível obter a taxa de perda de solo média anual por unidade de área ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$):

$$A = R * K * LS * C * P \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que:

A - taxa de perda de solo média anual por unidade de área ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$),

R - erosividade do solo ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$),

K - erodibilidade do solo ($t\ ha\ h)/(ha\ MJ\ mm)$,

L - comprimento da encosta (adimensional),

S - declividade da encosta (adimensional),

C - cobertura do solo e práticas de manejo do solo (adimensional, varia de zero a um),

P - práticas agrícolas conservacionistas (adimensional, varia de zero a um).

O fator de erosividade da chuva é representado por *R*, o qual quantifica o efeito do impacto da chuva e reflete a taxa de escoamento associadas a eventos de precipitação. Este fator pode ser obtido através de uma expressão matemática ou de dados já existentes na literatura para o local ou suas proximidades. Uma vez que, segundo as normas da OMM (2022), para estudos de caracterização climática podem ser utilizados dados meteorológicos de um raio de até 150 quilômetros. Assim, a erosividade média anual foi obtida do estudo realizado por Schick et al. (2014) para Lages-SC, com um valor médio de $5.033\ MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$ no período de 24 anos.

A erodibilidade (*K*) é a manifestação da resistência inerente e coesão das partículas do solo através da separação e transporte ocasionado pela precipitação (WISCHMEIER;

SMITH, 1978). Em outras palavras, trata-se da taxa de perda de solo pela chuva. Os valores para este fator são dependentes principalmente da textura do solo, taxa de infiltração, permeabilidade, estrutura e matéria orgânica. Para a obtenção deste fator, foi utilizado um mapa do Levantamento de reconhecimento dos solos do estado de Santa Catarina, escala 1:250.000 para identificação das classes de ocorrência no município de Curitibanos. Já os valores de erodibilidade, foram obtidos com base na literatura disponível para as classes de solos encontradas e com características locais em comum (Tabela 1).

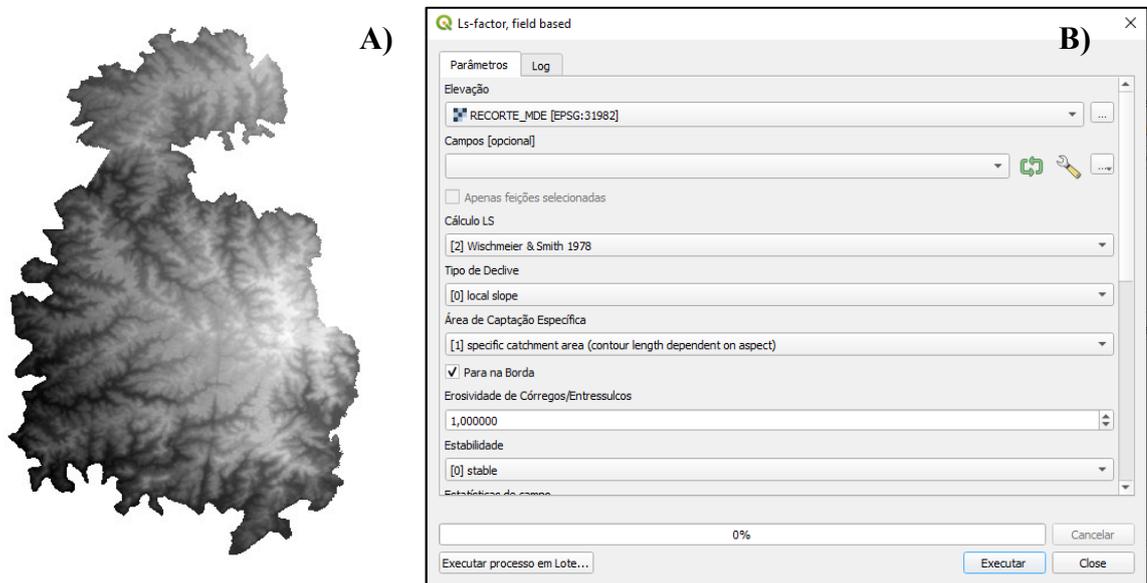
Tabela 1 - Fatores K (erodibilidade) para cada classe de solo encontradas no município de Curitibanos-SC.

| Classe | Fator K (t.ha.h/ha.MJ.mm) | Referência |
|--------------------|---|------------------------|
| Cambissolo Háptico | 0,0355 | Silva et al. (2009) |
| Cambissolo Húmico | 0,0175 | Bertol et al. (2007) |
| Gleissolo Háptico | 0,0044 | Mannigel et al. (2008) |
| Nitossolo Háptico | 0,0111 | Bertol et al. (2007) |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O papel da topografia da área de estudo no RUSLE dá-se pelos fatores LS . É correspondente ao fator L o comprimento de rampa, ou seja, a influência do comprimento da declividade do terreno. O fator S por sua vez, trata-se da influência do gradiente de declividade do terreno sob a erosão. Os valores de LS foram gerados a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) disponível no banco de dados Topodata <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>. O MDE representa as altitudes da superfície topográfica junto aos elementos geográficos existentes sobre ela (IBGE, 2022), o qual foi recortado para a área de extensão do município (Figura 3A). Os dados foram processados no QGIS e empregada a ferramenta “Ls-factor, field based” (Figura 3B), que resultou em um raster do fator LS calculado.

Figura 3 - MDE recortado para o município de Curitibaanos (A) e interface da ferramenta “Ls-factor, field based” (B), utilizados no QGIS para obtenção do fator *LS*.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O fator *C* empregado na RUSLE reflete o efeito do uso da terra e o manejo do solo em determinada área. Este fator traz a relação da perda de solo em determinado período entre uma área vegetada e uma área sem cobertura de solo. Ao ser considerado inicialmente, em experimentos de longo período sob chuva natural, foi constatado que os efeitos da proteção de um solo com cobertura vegetal têm variações ao longo do tempo. Além disso, é resultante de uma série de subfatores, como por exemplo, biomassa, umidade do solo e crescimento radicular (RENARD et al., 1997). O mapa de uso e cobertura da terra anteriormente citado, foi utilizado como referência das classes biofísicas presentes no município. Para cada classe foi realizada uma busca na literatura para obter valores de *C* que melhor representassem o local apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Fatores *C* (uso e cobertura da terra) para cada classe biofísica do município de Curitiba-SC.

| Uso e Cobertura | Fator <i>C</i> | Referência |
|--------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Floresta | 0,001 | Morgan (2005) |
| Formação Natural não Florestal | 0,025 | Morgan (2005) |
| Pastagem | 0,010 | Pavani (2018) e Souza (2010) |
| Agricultura | 0,200 | Morgan (2005) |
| Silvicultura | 0,048 | Oliveira et al. (2007) |
| Área não Vegetada | 0,005 | Souza (2010) |
| Corpo D'água | 0,000 | Morgan (2005) |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Por fim, o *P* representa a perda de solo em áreas com práticas específicas de conservação. Aparentemente, o fator da prática de conservação se assemelha com o fator de cobertura vegetal, isso porque ambos podem indicar o impacto de práticas de manejo sobre a erosão. Para obtenção do valor de *P*, pode-se realizar um levantamento para quantificar o percentual de áreas sob práticas de conservação, as quais são comumente adotadas pelos próprios agricultores. No entanto, este levantamento detalhado abrange outras finalidades destes dados é considerado oneroso e para este trabalho foi considerado o valor de 1.

Todos os fatores do RUSLE foram integrados em SIG, com erosividade, erodibilidade, comprimento de rampa, declividade do terreno, uso da terra e práticas conservacionistas, todos em formato de arquivo raster. Os fatores foram processados no software QGIS e inseridos na equação 1, a partir da calculadora raster (Figura 4). Todos os fatores, exceto uso e cobertura da terra, foram mantidos constantes ao longo dos 20 anos observados. O intuito foi a obtenção da erosão bruta média anual para o município de Curitiba-SC nos anos de 2000 e 2020.

Figura 4 - Fluxograma dos fatores usados no cálculo da RUSLE através da calculadora raster para obtenção do mapa referente ao fator *A*.



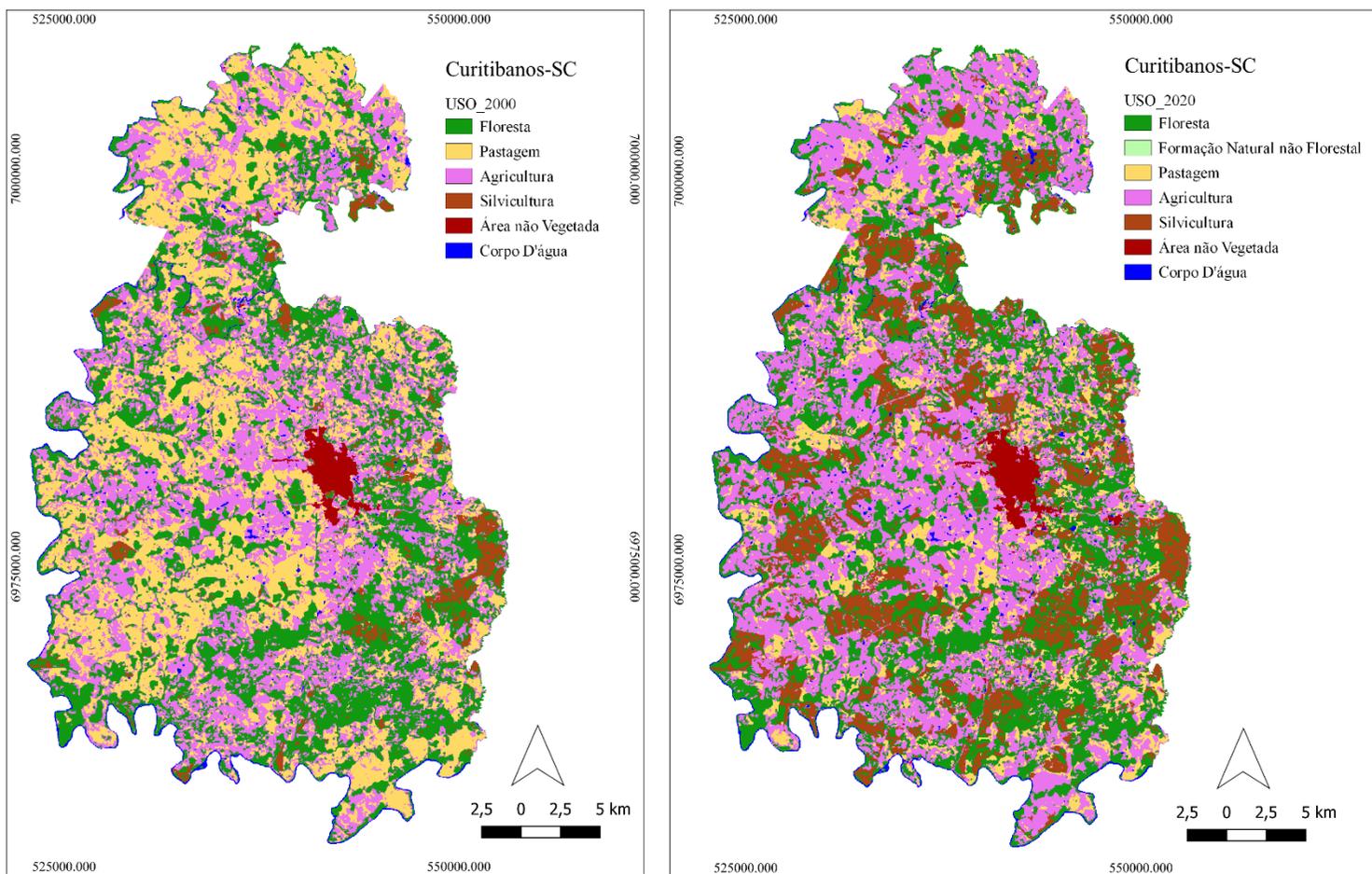
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 USO DA TERRA

Os dados utilizados do MAPBIOMAS (2021), possibilitaram a elaboração de um mapa de uso e cobertura do solo do município para os anos de 2000 e 2020 (Figura 5). Estes mapas possibilitaram identificar não somente o uso e cobertura, mas também o comportamento e possíveis conversões de uso dessa área.

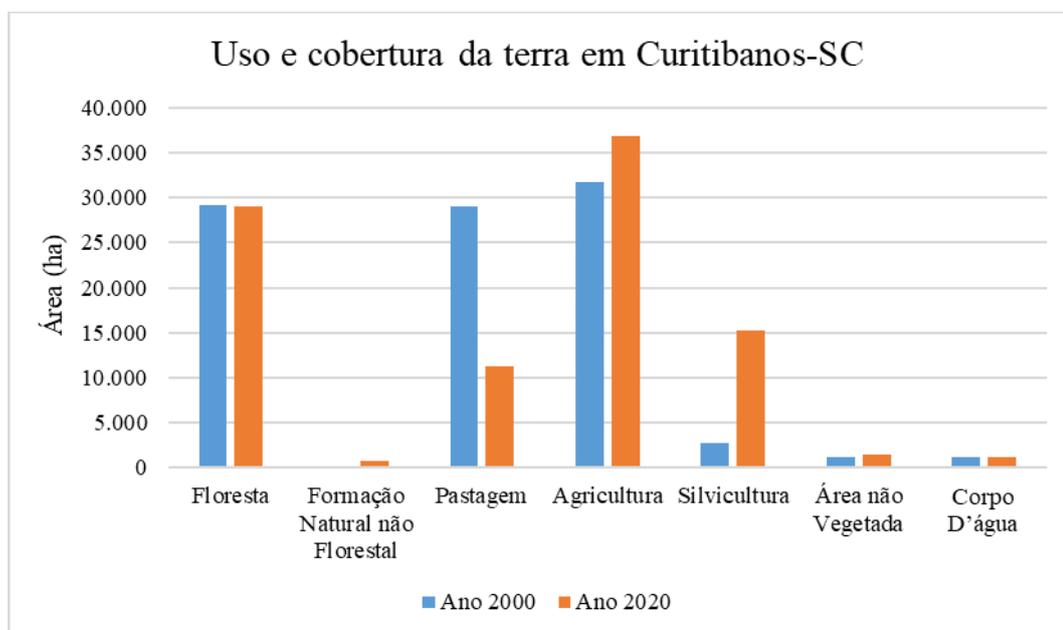
Figura 5 - Mapa de uso e cobertura da terra para Curitibaanos-SC nos anos de 2000 e 2020.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados do MapBiomas (2021).

Ao longo do período de 20 anos observados, nota-se mudanças consideráveis na área de estudo (Figura 5). As conversões principais na área ocorreram com a diminuição de 61,02% das áreas de pastagem e incremento de áreas de agricultura e silvicultura. A produção de espécies florestais teve uma crescente nos últimos anos, com um aumento de 82,10% das áreas de produção. No ano de 2000, havia apenas 2719 ha sob uso de silvicultura. Em 2020, foram 15193 ha destinados ao cultivo de Pinus, Eucalipto e outras espécies. Sendo que, nesta área total, cerca de 14000 ha são destinados exclusivamente ao cultivo de Pinus, segundo dados do IBGE (2021).

Figura 6 - Gráfico da distribuição das classes de uso e cobertura da terra identificadas no município de Curitibaanos-SC.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor com dados do MapBiomias (2021).

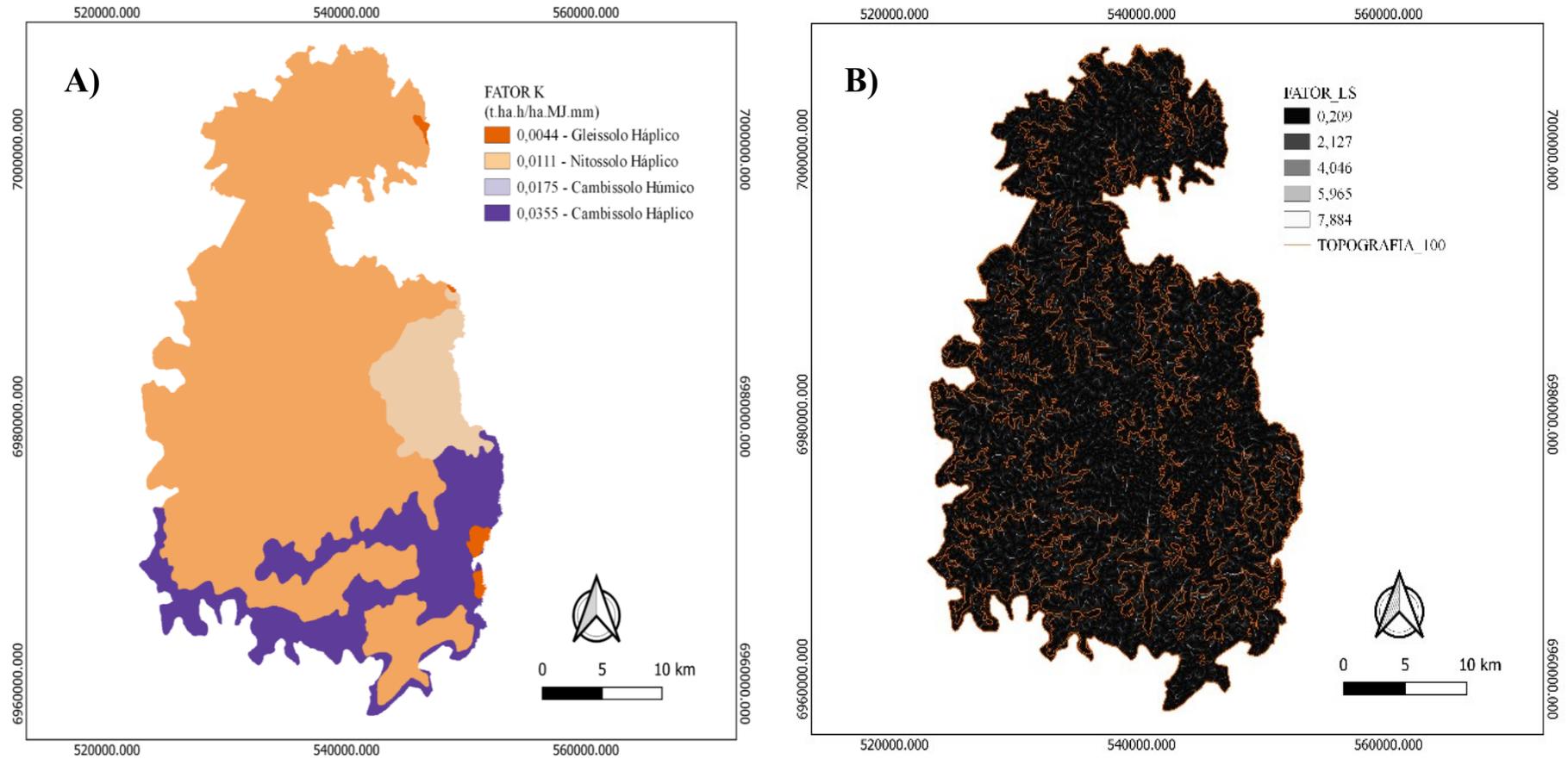
Parte das conversões de áreas, foram destinadas para a agricultura, com aumento das áreas de 19,77% e um total de 36879 ha destinados para produção agrícola (Figura 6). Apesar da agricultura ser predominante no uso e cobertura da terra do município de Curitibaanos, o uso de florestas se manteve em segundo lugar com uma redução das áreas de 0,53% até 2020, com 28981 ha totais. Tal dinâmica do uso da terra observado implica em mudanças no potencial erosivo em decorrência do efeito que o uso e cobertura exerce no modelo RUSLE, principalmente em áreas declivosas.

4.2 PERDAS DE SOLOS POR EROSÃO

Os dados obtidos na literatura durante a realização deste trabalho foram essenciais para o emprego da equação RUSLE. O estudo de Schick et al. (2014) para Lages-SC, possibilitou a produção de um raster referente à erosividade (fator R) do município estudado. Levou-se em consideração que além da proximidade entre as localidades, a precipitação pluvial média anual de Lages-SC foi de 1533 mm, próxima à de Curitiba-SC. Segundo o trabalho de Miretki (2021), sua precipitação pluvial média anual foi de 1479,7 mm para períodos próximos. Além disso, Back e Poletto (2018) corroboram através de seu estudo que, ambos os municípios estão classificados com média erosividade. Nesta classe, encontram-se 51,5% da área do estado de Santa Catarina, e destes 18,4% têm erosividade entre 5000 e 6000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

O fator K de erodibilidade, também foi obtido através de dados da literatura apresentados na tabela 1. Um mapa de erodibilidade foi gerado em função das 4 principais classes de solos encontrados e distribuídos conforme a figura 7A.

Figura 7 - Mapas resultantes dos fatores K em “A” e LS em “B” dos solos do município de Curitibaanos-SC.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Nesse contexto, observa-se que o Nitossolo Háplico detém a maior porção territorial do município com 75,10% das áreas. Uma classe predominante e que tem características importantes a ser considerada para o manejo conforme seu uso. Uma vez que, suas condições de solos muito argilosos requerem manejo específico para evitar a compactação e, conseqüentemente, o aumento da suscetibilidade à erosão (EMBRAPA, 2004). Em seguida, está o Cambissolo Háplico com 17,22% das áreas, o Cambissolo Húmico com 7,04% e o Gleissolo Háplico com a menor porção de 0,64%. Outras classes de solos mencionadas por EMBRAPA (2004), como os Latossolos e Neossolos, necessitam de um levantamento de solos mais detalhado no município para introdução dos dados neste estudo ou em estudos futuros.

O fator *LS* referente a declividade e comprimento de rampa estão relacionados com a topografia da área. O mapa resultante deste fator apresentou valores mínimos próximos de zero para áreas mais planas e os valores máximos próximos de 7,88 em área mais declivosa (Figura 7B). Os valores obtidos quando comparados com outros trabalhos, ficaram próximos aos de Guimarães et al. (2011) em estudo realizado na microbacia do Rio Campinas, em Joinville-SC. Foram encontrados valores entre 0 e 8 para o fator *LS*, que correspondem as características locais de relevo ondulado a forte ondulado. Estes resultados são próximos aos obtidos para Curitiba, que também são considerados baixos em decorrência do relevo ondulado predominante.

Além dos fatores *R*, *K*, *LS* e *P* mencionados, o fator *C* decorrente ao uso e cobertura da terra foi determinante para a equação RUSLE e este tem impactos sob o potencial erosivo dos solos (TEN CATEN et al., 2012). Assim, em decorrência das mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra entre os anos 2000 e 2020, foram obtidos valores de perdas de solo que variaram de 0 a 209,32 e de 0 a 161,12 t ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Esses valores foram divididos em 8 classes segundo a FAO (1967), apresentados na tabela 3.

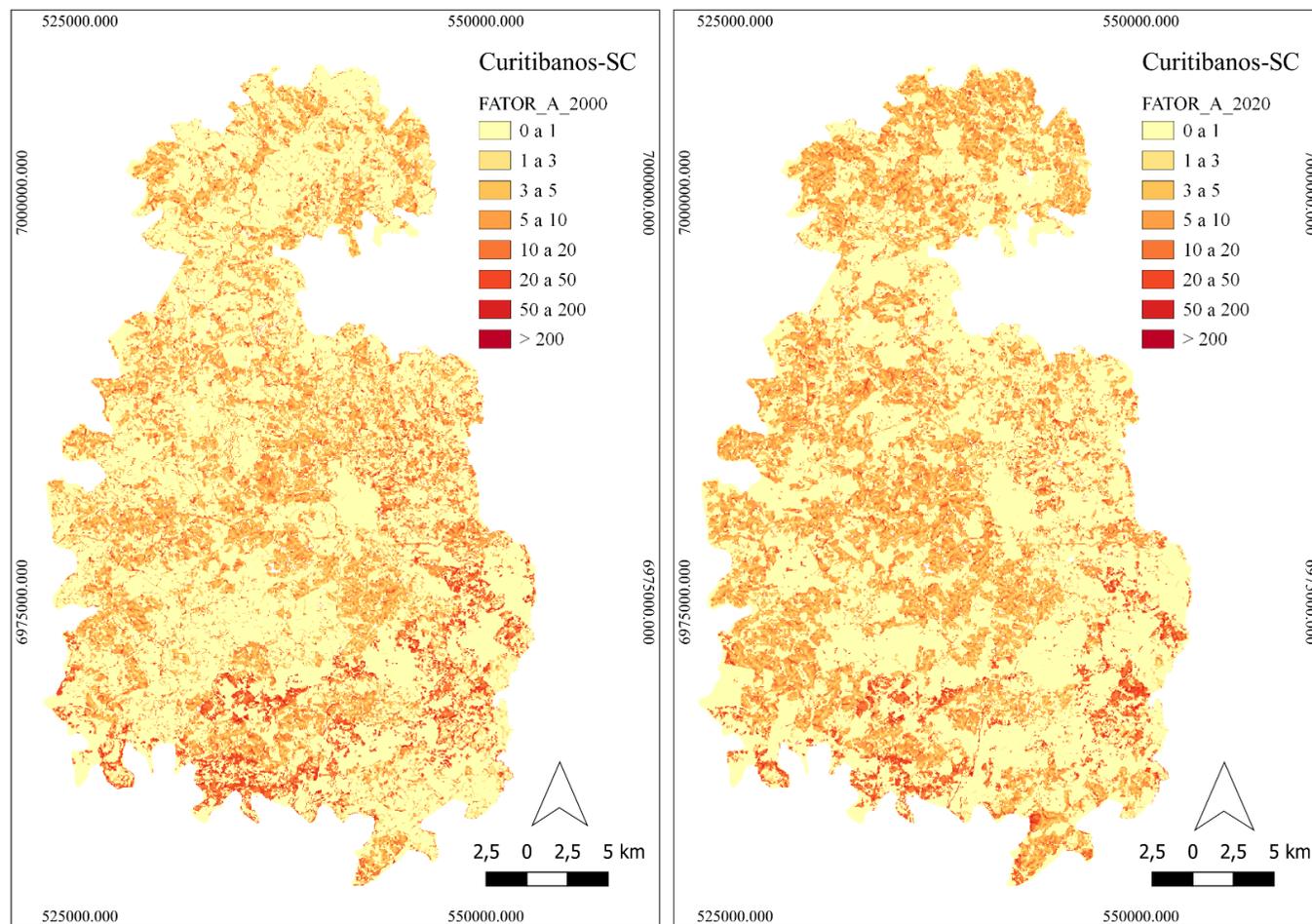
Tabela 3 - Classes de perda de solo estimadas através da RUSLE para os anos de 2000 e 2020, relacionada com a área do município de Curitiba-SC.

| Perdas de solo (t. ha⁻¹ ano⁻¹) | Área (ha) 2000 | (%) | Área (ha) 2020 | (%) | Classes |
|---|---------------------------|------------|---------------------------|------------|--------------------|
| 0 - 1 | 59665 | 63,61 | 55293 | 58,98 | Nenhuma ou ligeira |
| 1 - 3 | 3841 | 4,10 | 3679 | 3,92 | Nenhuma ou ligeira |
| 3 - 5 | 9048 | 9,64 | 12132 | 12,94 | Nenhuma ou ligeira |
| 5 - 10 | 12319 | 13,13 | 14722 | 15,70 | Nenhuma ou ligeira |
| 10 - 20 | 5565 | 5,93 | 5284 | 5,64 | Moderada |
| 20 - 50 | 2934 | 3,13 | 2351 | 2,51 | Moderada |
| 50 - 200 | 424 | 0,45 | 278 | 0,30 | Alta |
| > 200 | 10 | 0,01 | 8 | 0,009 | Muito alta |

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Com base nos dados apresentados, observou-se que, a classe de 0 a 1 t ha⁻¹ ano⁻¹, considerada com nenhuma ou ligeira susceptibilidade a erosão teve a maior ocorrência no município. Foram 63,61% no ano de 2000 e 58,98% em 2020 da área total, equivalentes a 59665 e 55293 ha respectivamente. Além desta, as demais classes consideradas com nenhuma ou ligeira susceptibilidade a erosão também abrangem a maior parte das áreas (Figura 8).

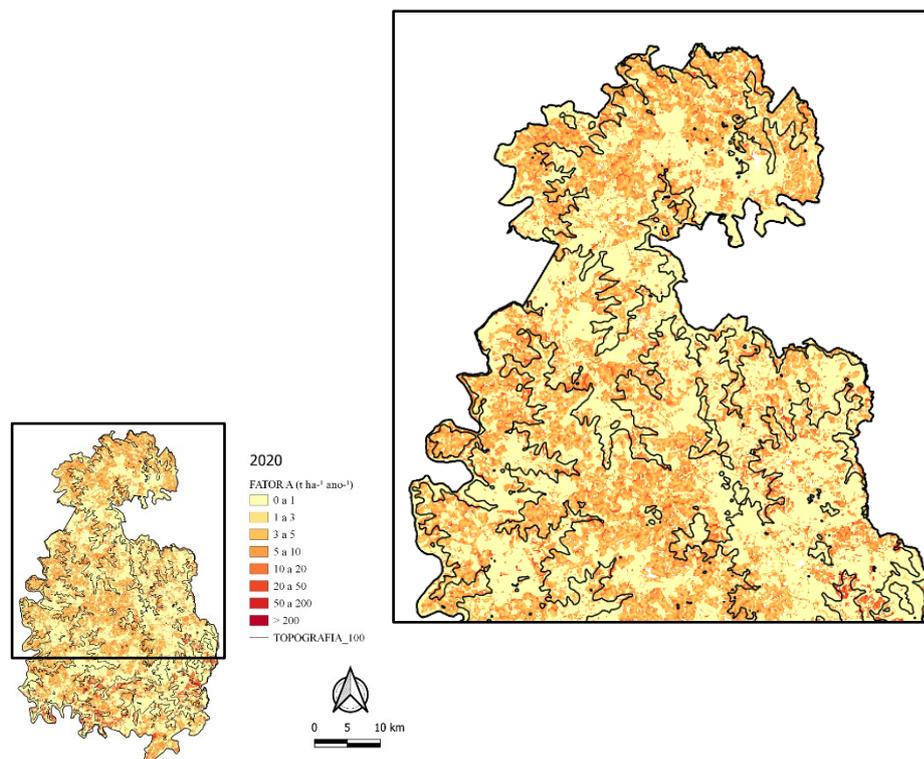
Figura 8 - Mapas referentes a erosão (fator *A*) do município de Curitibaanos-SC, nos anos de 2000 e 2020.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A distribuição dessas classes apresentou-se por todo o território com predominância em áreas menos declivosas e em solos classificados como Nitossolo Háplico, destacados na figura 9. Com relação aos diferentes anos de estudo, notou-se que apenas as classes de 3 a 5 t ha⁻¹ ano⁻¹ e 5 a 10 t ha⁻¹ ano⁻¹ tiveram aumento das áreas com susceptibilidade a erosão correspondente, principalmente para áreas destinadas para a agricultura. Além disso, a redução de áreas com florestas apesar de ser um valor baixo, contribuiu para o aumento de áreas com crescente de susceptibilidade a erosão, já que anteriormente esses valores eram praticamente nulos.

Figura 9 - Áreas destacadas no mapa do fator *A* com topografia menos declivosa e predominância de Nitossolo Háplico no ano de 2020.



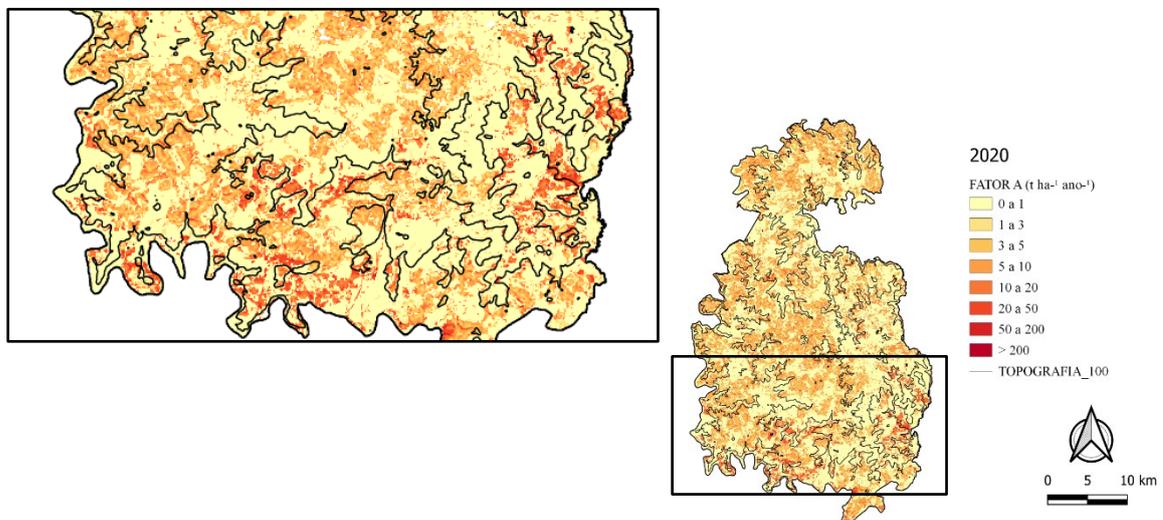
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

De forma geral, as mudanças no uso da terra, com destaque ao aumento das áreas destinadas a silvicultura contribuíram para menores perdas de solo por erosão para 2020. Mas é uma situação pontual, pois estas áreas ao longo dos anos passarão por atividades de colheita, que promoverá a exposição do solo aos processos erosivos. Segundo Guimarães et al. (2011),

essa situação pode alcançar índices de perdas de solo superiores a $200 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ se não forem adotadas medidas que diminua a área de solo exposto. Além de, ser necessário priorizar o planejamento na utilização de maquinários, respeitando-se as faixas limites de declividades.

Ainda no ano de 2020, observou-se que as classes de susceptibilidade moderada, alta e muito alta tiveram maior concentração sob o tipo de solo Cambissolo Háplico, em que também se encontram mais variações na topografia da área de estudo destacada na figura 10. Segundo Oliveira (2005), os cambissolos são solos em estágio intermediário de intemperismo, não muito profundos, com média a alta suscetibilidade à erosão conforme condições do relevo em que se encontram. Mas, apesar de ser uma combinação propícia a ocorrência de processos erosivos, comparado com o ano de 2000 essa situação não se agravou, seu valor máximo de erosão bruta reduziu. O que não significa que o problema está solucionado, pois ainda detém os valores mais altos de susceptibilidade a erosão.

Figura 10 - Áreas destacadas no mapa do fator *A* com topografia mais declivosa e predominância de Cambissolo Háplico no ano de 2020.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Levando-se em consideração que nessas áreas são predominantes atividades da agricultura, é fundamental que seja discutida a aptidão dessas terras para tais usos a nível municipal. Pois a desintensificação do uso da terra precisa ser incentivada e práticas de manejo adequadas sejam priorizadas. Essa é uma configuração mais favorável de conservação do solo e de menores possibilidades de perdas. Pois a recuperação dos efeitos negativos

provocados por algum distúrbio na qualidade ambiental de um recurso utilizado envolve gastos. Segundo Panavi (2018), em estudo sobre pagamentos por serviços ecossistêmicos, os gastos com todo o processo de recuperação do bem, ou do serviço ecossistêmico, servem como medida aproximada do benefício que a sociedade auferir por ter um determinado recurso.

5 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, conclui-se que a produção de mapas temáticos é uma ferramenta essencial para a compreensão da variabilidade espacial e temporal da paisagem e do uso da terra. Sendo que, para os anos de 2000 e 2020, o uso da terra predominante no município foi de agricultura e destaca-se o aumento de 82,10% das áreas utilizadas para silvicultura.

Este trabalho não se voltou para valores exatos relacionados a erosão, mas trouxe um direcionamento dos locais com maior susceptibilidade de sua ocorrência. Uma vez que, a concentração das classes de maior susceptibilidade a erosão foi em solos do tipo Cambissolo Háplico. Por outro lado, as classes de nenhuma ou ligeira susceptibilidade a erosão foram predominantes com 91,54% da área total do município em 2020.

Ainda assim, é necessário que sejam incentivados as práticas agrícolas adequadas e o planejamento de uso da terra na área de estudo. Possibilitando que, os solos do município sejam menos susceptíveis a processos erosivos.

REFERÊNCIAS

- BACK, A. J.; POLETO, C. Distribuição espacial e temporal da erosividade das chuvas no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.
- BAUER, M. et al. Risk to residents, infrastructure, and water bodies from flash floods and sediment transport. **Springer Nature**, Switzerland, v. 191, n. 85, 2019. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10661-019-7216-7.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- BEDOUI, C. Predicting water erosion in arid lands using the GIS-based RUSLE model: A case study of Bedour catchment, central Tunisia. **Journal of Water and Land and Development**, Tunisia, n. 40, p. 59-66, 2019.
- BERTOL, I. et al. Erodibilidade de um cambissolo húmico alumínico léptico, determinada sob chuva natural entre 1989 e 1998 em Lages (SC). **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 465-471, 2002.
- BORRELLI, P. et al. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. **Nature Communications**, n. 8, 2013. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41467-017-02142-7.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- BRADY, N. C. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- CECATTO, C. A. **Modelagem das perdas de solo e água por erosão hídrica pluvial**. 2014. Tese (doutorado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo, Lages, 2014.
- COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 27, p. 743-753, 2003.
- DEMATTE, J. A. M. et al. Avaliação espectral de solos desenvolvidos em uma topossequência de diabásio e folhelho da região de Piracicaba, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 12, p. 2447-2460, 2000.
- DYONISIO, H. A. F. Erosão hídrica: susceptibilidade do solo. **Revista Eletrônica Thesis**, São Paulo, p. 15-25, 2010. Disponível em: <http://www.cantareira.br/thesis2/ed_13/2_hidrica.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2019.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solos do estado de Santa Catarina**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: n.46. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.
- FAO and ITPS. **Status of the World's Soil Resources (SWSR) - Main Report**; Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils: Rome, Italy, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2019.

FAO - Food and Agriculture Organization. 1967. La erosión del suelo por el agua. **Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Cuadernos de fomento agropecuario da Org. de Las Naciones Unidas-FAO**. Roma, n. 81, 207 p.

GOMES, L. et al. Agricultural Expansion in the Brazilian Cerrado: Increased Soil and Nutrient Losses and Decreased Agricultural Productivity. **University of Leeds**, United Kingdom, v. 8, n. 1, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-445X/8/1/12>>. Acesso em: 19 abr. 2019.

GOOGLE. Introdução ao Google Earth Engine. 2022. Disponível em: <<https://newsinitiative.withgoogle.com/pt-br/resources/lessons/introduction-to-google-earth-engine/>>. Acesso em: 21 jul. 2022.

GUADAGNIN, J. C. et al. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 277-286, 2005. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214036013>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: temas, conceitos e aplicações**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand brasil, 2014. 340 p.

GUIMARÃES, R. Z. et al. Espacialização da perda de solo por erosão laminar na microbacia do Rio Campinas, Joinville SC. **RA'E GA**, v. 23, p. 534-554, 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. MDE – Modelo Digital de Elevação. 2022. Acesso em: 20 jul. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10856-mde-modelo-digital-de-elevacao.html?=&t=o-que-e>>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da Extração Vegetal e Silvicultura 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Acesso em: 07 mai. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/curitibanos/pesquisa/16/12705>>.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Manuais: Tutorial de Geoprocessamento. 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html>. Acesso em: 21 jul. 2022.

LIMA, E. R. V. Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática. **Revista Cadernos do Logepa**, v. 3, n. 1, 2003. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpb.br/index.php/logepa/article/view/10981/6166>>. Acesso em: 19 abr. 2019.

MANNIGEL, A. R. et al. Fator de erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002.

MAPBIOMAS - PROJETO DE MAPEAMENTO ANUAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NO BRASIL. Código de legenda. 2019. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/codigos-de-legenda>>. Acesso em: 19 jun. 2022.

MAPBIOMAS - PROJETO DE MAPEAMENTO ANUAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NO BRASIL. 2021. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>>. Acesso em: 19 jun. 2022.

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

MIRETKI, E. M. **Caracterização Pluviométrica de Curitiba, SC no período de 2010 a 2020**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitiba, Graduação em Agronomia, Curitiba, 2021. 38 p.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. Victoria: Blackwell Publishing, 2005, 3.ed, 320p.

OLIVEIRA, A. M. M. et al. Caracterização de indicadores da erosão do solo em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e modelo preditivo. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, n. 5, v. 1, p. 63-86, 2007.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). 2022. Instruments and Methods of Observation Programme. Disponível em: <<https://public.wmo.int/en/programmes/instruments-and-methods-observation-programme>>. Acesso em: 19 jun. 2022.

PANACHUKI, E. et al. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 261-268, 2006.

PAVANI, B. F. **Pagamentos por serviços ecossistêmicos: proteção de recursos hídricos por Unidades de Conservação ambiental no Brasil**. Tese de doutorado – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica, Área de Engenharia de Infraestrutura Aeroportuária – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2018.

QGIS. Um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto. 2022. Disponível em: <https://qgis.org/pt_BR/site/#>. Acesso em: 21 jul. 2022.

RENARD, K. et al. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). **Government Printing Office**, Washington, 1997. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/64080530/rusle/ah_703.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2019.

SCHICK, J. et al. Erosivity of rainfall in Lages, Santa Catarina, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* [online], v. 38, n. 6, p. 1890-1905, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600024>>. Acesso em: 5 jun. 2022.

SILVA, A. M. et al. Erosividade da chuva e erodibilidade de cambissolo e latossolo na região de Lavras, Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1811-1820, 2009.

SOUZA, V. **Estimativa de perdas de solo por erosão laminar na bacia do córrego Pinhalzinho II com suporte de geoprocessamento**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2010. 63 f.

TEN CATEN, A.; MINELLA, J. P. G.; MADRUGA, P. R. A. Desintensificação do uso da terra e sua relação com a erosão do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 1006-1014, 2012.

WANG, Z.; OOST, K. V. Modeling global anthropogenic erosion in the Holocene. **The Holocene**, v. 29, n. 3, p. 367-379, 2019.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. **Agriculture Handbook**, Washington, v. 537, p. 13-27, 1978.