

AVALIAÇÃO DE PERDA DE SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO FORMOSO, PARAÚNA-GO

Lorrane Vicente Fabrício¹
Rherison Tyrone Silva Almeida²

Resumo

Este trabalho teve como objetivo diagnosticar as incidências de processos erosivos na bacia hidrográfica do Ribeirão Formoso e no Parque Estadual de Paraúna a partir da aplicação da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) e realização de validação com imagens de satélite de alta resolução espacial. Avaliou-se que a perda de solo ocorre em taxas superiores a 50%. Foram identificadas 65 ocorrências de processos erosivos, categorizadas de acordo com a vulnerabilidade associada ao uso e prática conservacionista, como: solo exposto, APP e terraceamento em nível, sendo essas duas últimas as de maior gravidade. As ocorrências de áreas mais vulneráveis podem estar relacionadas à expansão agrícola, que causaram a supressão da vegetação natural, sobretudo, em áreas próximas aos cursos d'água, as quais deveriam estar sendo preservadas conforme a legislação.

Palavras-chaves: Erosão; Conservação; Equação Universal de Perda de Solo; Sistemas de Informação Geográfica (SIG); Vulnerabilidade.

EVALUATION OF SOIL LOSS IN THE RIBEIRÃO FORMOSO HYDROGRAPHIC BASIN, PARAÚNA-GO

Abstract

The objective of this work was to diagnose the incidence of erosion processes in the Ribeirão Formoso Watershed and in the State Park of Paraúna from the application of the Universal Soil Loss Equation (USLE) and carrying out validation with high spatial resolution satellite images. It can be assumed that soil loss occurs at rates greater than 50%. 65 occurrences of erosion processes were identified, categorized according to the vulnerability associated with the use and conservation practice, such as: exposed soil, permanent preservation area and level terracing, the latter two being the most serious. The occurrences of more independent areas may be related to agricultural expansion, which caused the influence of natural vegetation, especially in areas close to watercourses, which should be preserved according to legislation.

Keywords: Erosion, Conservation; Universal Soil Loss Equation; Geographic Information Systems (GIS); Vulnerability.

¹ Mestranda pelo Programa de Pós-graduação em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais - Universidade Federal de Goiás (PPGeo/IESA/UFG). Email: lorranevf4@gmail.com.

² Professor Adjunto das áreas de recursos naturais, análise ambiental e geomática no Instituto de Estudos Sócio-Ambientais (IESA) da Universidade Federal de Goiás (UFG). Email: rherison_almeida@ufg.br.

EVALUACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SUELO EN LA CUENCA HIDROGRAFICA RIBEIRÃO FORMOSO, PARAÚNA-GO

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo diagnosticar la incidencia de los procesos de erosión en la cuenca del arroyo Formoso y en el Parque Estadual de Paraúna a partir de la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) y validación con imágenes satelitales de alta resolución espacial. Se estimó que la pérdida de suelo ocurre a tasas superiores al 50%. Se identificaron 65 ocurrencias de procesos erosivos, categorizados según la vulnerabilidad asociada al uso y práctica de conservación, tales como: suelo expuesto, APP y aterrazamiento a nivel, siendo estos dos últimos los más graves. Las ocurrencias en áreas más vulnerables pueden estar relacionadas con la expansión agrícola, lo que provocó la supresión de la vegetación natural, especialmente en las áreas cercanas a los cursos de agua, que deben ser preservadas de acuerdo con la legislación.

Palabras clave: Erosión, Conservación; Ecuación Universal de Pérdida de Suelo; Sistemas de Información Geográfica (SIG); Vulnerabilidad.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional tem gerado processos de urbanização acelerado, que vem provocando o aumento da pressão das atividades humanas sobre os recursos naturais, especialmente no solo e na água. Essas alterações comprometem diretamente em uma série de mudanças na qualidade desses recursos, pois são muitas vezes ações que não consideram a capacidade do meio ambiente em reestabelecer seu equilíbrio, após ter sofrido alguma perturbação, resultando em uma série de impactos ambientais negativos, tais como: erosão do solo, infertilidade do solo, assoreamento dos corpos hídricos, conflitos em APP's, entre tantos outros (DIODATO, 2004; PERALTA, 1997 apud DIODATO, 2004).

Com intuito de promover conservação, proteção e utilização sustentável dos recursos naturais, foram criados mecanismos para efetivação da sua garantia, sendo destacada a Lei n. 9.433, de 8.1.1997, que instituiu no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos, visando a proteção ambiental das bacias hidrográficas (PORTO e PORTO, 2002). A delimitação da bacia hidrográfica como unidade de análise para estudos de planejamento ambiental, foi concebida por delimitar uma área natural que possui características ambientais semelhantes. Além disso, considera a integração entre os aspectos sociais e o meio físico, de extrema relevância, uma vez a população faz uso desse recurso natural de inúmeras formas e os resultados dessas ações

antrópicas são refletidos diretamente nos corpos hídricos da bacia hidrográfica (BOTELHO e SILVA, 2004).

Diante disso, diversos estudos relacionados a erosão têm empregado a bacia hidrográfica como célula natural de análise (BOTELHO e SILVA, 2004). Segundo Pereira (2015, p. 77) “a constante modificação da superfície nas bacias hidrográficas tem degradado o solo, pelo seu uso e ocupação, que associados ao regime hidrológico e sedimentológico destas, têm ocasionado no aceleração do processo de erosão hídrica”. Ademais, Oliveira et. al. (2018) salientam que a degradação do solo causada por processos erosivos é um dos principais problemas ambientais enfrentados atualmente.

A erosão é definida como um conjunto de processos físicos que provocam desprendimento e transporte de partículas do solo (BERTONI e LOMBARDI, 2010). Essa ação pode ocorrer de duas formas distintas. A primeira é classificada como erosão geológica, acontece de forma natural, onde a remoção do solo ocorre de maneira muito lenta em relação à taxa de formação de solo. O segundo tipo é classificada como erosão acelerada (também denominada antrópica) e ocorre em razão da interferência das ações humanas na natureza, nesse caso, o processo erosivo ocorre de maneira rápida e destrutiva, pois a taxa de remoção do solo é superior à de formação do solo (SILVA, 1995).

Dentre as diferentes formas de ocorrência de erosão, no Brasil, há o predomínio da erosão de origem hídrica, em razão de ser regido por um clima tropical, caracterizado por elevados índices de chuvas, além disso, muitas áreas apresentam concentração de chuva em dado período do ano, que influencia diretamente no agravamento da erosão (GUERRA, 1999). Segundo Pruski (2006), “a chuva constitui o agente responsável pela energia necessária para a ocorrência da erosão hídrica, tanto pelo impacto direto das gotas sobre a superfície do solo quanto pela sua capacidade de produzir o escoamento superficial”.

As formas mais comuns de degradação do solo causadas pela erosão hídrica, são: a laminar, em que as partículas são desgastadas uniformemente da superfície de forma quase imperceptível, seu avanço é notado somente após algum tempo; os sulcos, que provocam desgastes irregulares concentrados em alguns pontos específicos da superfície, apresentando média profundidade; e as voçorocas, que provocam deslocamento de grandes massas de solo formando imensos sulcos com cavidades extensas e com grande profundidade, também caracterizado pela fase mais avançada do processo erosivo (SILVA, 1995; PRUSKI, 2006; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010).

Guerra e Mendonça (2004) evidenciam que a ocorrência dos processos erosivos sofre influência de diversos fatores, como: intensidade, duração e frequência das chuvas (erosividade); características da composição, estrutura, porosidade e permeabilidade dos solos; desnível, forma e declive das vertentes; presença ou não de cobertura vegetal; e do tipo de uso e manejo do solo realizados na área. Dado que, as consequências resultantes da erosão dos solos, podem ser resumidas pela ocorrência da: remoção dos nutrientes do solo; redução das infiltrações e armazenamento da água; redução das áreas passíveis de serem utilizadas para agricultura e pecuária; ampliação do assoreamento dos corpos hídricos; poluição dos cursos d'água, por conta do transporte de defensivos agrícolas, em conjunto com os sedimentos erodidos (GUERRA e JORGE, 2013).

O desencadeamento dos processos erosivos e suas consequências generalizadas, demandam, cada vez mais, o desenvolvimento de técnicas e ferramentas que visem prevenir, minimizar e avaliar os impactos decorrentes desse fenômeno. Segundo Amorim et al., (2006, p. 80) “diversos modelos matemáticos vêm sendo desenvolvidos e aperfeiçoados desde a década de 1950, com o intuito de prever a magnitude das perdas de solo por erosão”. A vista disso, Silva et al. (2010) destacam que a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) é o modelo matemático mais utilizado no Brasil para realizar estudos acerca da perda de solo pela erosão laminar.

Outrossim, a tecnologia de geoprocessamento surge como um instrumento fundamental para realização de investigações ligadas a análise ambiental (DIAS et al., 2001), uma vez que, utiliza “um conjunto de técnicas, que possibilita a manipulação, a análise, a simulação de modelagens e visualização de dados georreferenciados” (FITZ, 2008, p. 24). De acordo com Demarchi (2012), as operações de geoprocessamento podem ser executadas em ferramentas como Sistema de Informações Geográficas (SIG), auxiliando na avaliação e investigações acerca da estimativa de perdas de solo ocasionadas por erosão, através de análises espaciais e simulações de possíveis cenários de degradação, de modo ágil e preciso.

Estudos na bacia hidrográfica do ribeirão Formoso, localizada no município de Paraúna-GO, são importantes visando a promoção da geodiversidade, geoconservação e geoturismo existentes nessa área, haja vista a existência do Parque Estadual de Paraúna, sendo de grande relevância ambiental, cultural e econômica para o município, bem como para o estado de Goiás (JORGE e GUERRA, 2016; FERREIRA, 2016). As características da vegetação natural do município de Paraúna são representadas pelo Cerrado, que suscita a promoção de sua

preservação e conservação. Dado que esse domínio vem sendo ameaçado pelas interferências antrópicas, principalmente ligadas a expansão das atividades agropecuárias, que sem adequado plano de manejo, acarretam diversos impactos ambientais, tal como a degradação do solo causado por processos erosivos (Bacarro, 1999; GUERRA e MENDONÇA, 2004).

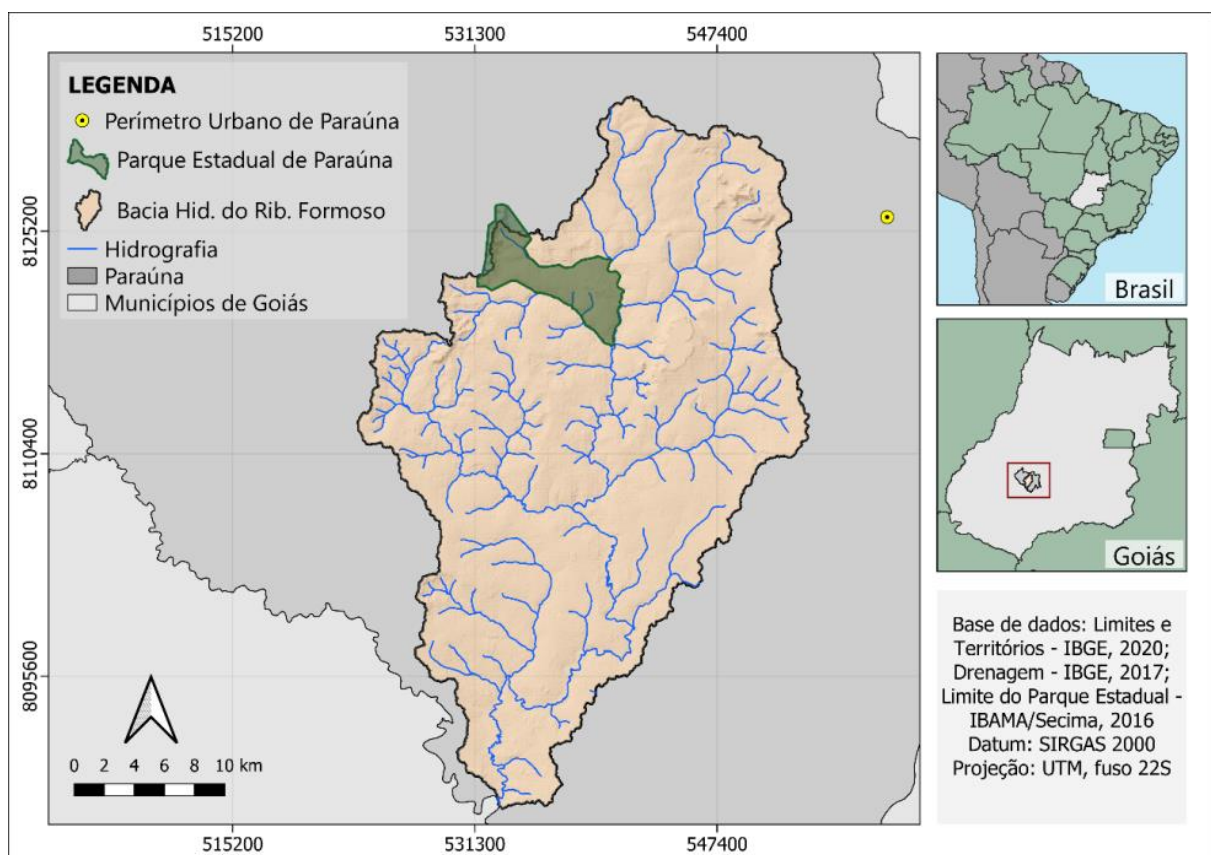
Diante do exposto, este trabalho pretende realizar uma avaliação de perda de solos utilizando técnicas de geoprocessamento visando identificar áreas de vulnerabilidade, na bacia hidrográfica do ribeirão Formoso, localizada em Paraúna-GO.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do ribeirão Formoso está localizada no município de Paraúna (Figura 1), contido na mesorregião sul do território goiano. Situada no domínio morfoclimático do Cerrado.

Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do ribeirão Formoso no município de Paraúna.



Fonte: elaboração própria, 2022.

À montante dessa bacia está localizado o Parque Estadual de Paraúna (GO), criado a partir do decreto nº 5.568, de 18 de março de 2002, com a finalidade de preservar dois monumentos geológicos encontrados na região: A serra das Galés, localizada na parte leste do parque, e a Serra da Portaria, localizada na área oeste do parque. Estes dois monumentos são considerados relevantes por apresentarem características de beleza cênica e de possuírem amostras do ecossistema do Cerrado (SEMAD, 2021).

O município de Paraúna-GO, segundo a classificação de Köppen-Geiger, apresenta tipologia de um clima Aw, representada por uma região dominada pelo clima tropical, que apresenta como principal característica duas estações climáticas muito bem definidas, sendo compostas por um verão chuvoso e um inverno seco (NASCIMENTO e NOVAIS, 2020). Em Paraúna as temperaturas ao longo do ano oscilam entre 16.5°C a 32.8°C, e apresenta temperatura média anual de 24.2°C. O índice de precipitação possui média anual de 1.440 mm. O período de chuvas está concentrado entre os meses de outubro a abril, sendo janeiro o mês mais chuvoso (Climate-Data.org, s. d.).

A formação geológica do município de Paraúna está associada à presença de rochas sedimentares e vulcânicas datadas das Eras Paleozoica à Cenozoica (GOIÁS, 2008). A área da bacia hidrográfica do ribeirão Formoso apresenta cobertura sedimentar do Grupo Itararé (formação Aquidauana); São Bento (formação Serra Geral); Bauru (formação Vale do Rio do Peixe); e Depósitos Aluvionares (GOIÁS, 2008). É relevante salientar que tais características geológicas possuem grande importância para recarga de aquíferos e sobretudo para a conservação de solos que se destacam por sua vulnerabilidade erosiva.

O domínio do relevo do município de Paraúna está associado a bacia sedimentar do Paraná, onde se formaram as faixas intracratônicas, que favoreceram os processos de sequências de camadas sedimentares (horizontais ou sub-horizontais) caracterizando as transformações Morfológicas estruturais, responsáveis pela origem e pela evolução do relevo tabuliforme na região, formada por chapadões, chapadas e mesas (CASSETI, 2005).

As unidades pedológicas que compreendem a área de estudo são representadas por quatro categorias de solo, sendo elas: Argissolo, Gleissolo, Latossolo e Neossolo. Quanto às características de cada uma das classes, de acordo com Embrapa (2018), temos: o Argissolo, composto por materiais minerais, de textura argilosa, suscetível a erosão quando o gradiente de textura é acentuado; o Gleissolo, recorrente em áreas alagadas ou sujeitas a alagamentos e quando saturado facilita o escoamento superficial provocando a remoção e transporte do solo;

o Neossolo constituído por materiais de baixa evolução, pouca profundidade e com alto risco erosivo; e por fim, o Latossolo, formado por materiais com alto grau de intemperismo, muito profundos e com boa drenagem.

A área de estudo está localizada em uma região caracterizada pela intensidade da atividade agrícola, que atua fortemente no mercado produtor de monoculturas de cana-de-açúcar, soja e outras lavouras temporárias. O uso e ocupação do solo é composto predominantemente pelas atividades agropecuárias, que está em processo de expansão.

Estimativa de perda de solo

A Equação Universal de Perda do Solo (EUPS) desenvolvida por Wischmeier e Smith (1958) é um modelo empírico designado para estimar a perda de solo por erosão laminar, (AMORIM et al., 2006; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010). Essa equação leva em consideração a integração dos fatores naturais e antrópicos que influenciam a perda de solo, como: clima, solo, topografia e uso e o manejo do solo (NEARING et al., 1990; LANE et al., 1992 apud AMORIM et al., 2006). Sendo expressa pela seguinte fórmula:

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

Em que: **A** = perda média anual de solo, ($Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$); **R** = fator erosividade da chuva ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$); **K** = fator erodibilidade do solo ($Mg\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$); **L** = fator comprimento de rampa, baseado nos valores, em metros, do comprimento de rampa (adimensional); **S** = fator declividade, baseado nos valores, em porcentagem, da declividade (adimensional); **C** = fator uso e manejo (adimensional); e **P** = fator práticas conservacionistas (adimensional).

Fator R – Erosividade da chuva

Para determinar os valores das médias de erosividade da região onde está inserida o estado de Goiás, utilizou-se a equação sugerida por Morais et al. (1991), apresentada por Silva (2003 apud PRUSKI, 2006), sendo expressa por:

$$EI_{30} = 36.849 * (M_x^2 / P)^{1.0852}$$

Em que: **EI30** = média mensal do índice de erosão, em $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$; **M_x** = precipitação média mensal, em mm; **P** = precipitação média anual, em mm.

O fator R foi gerado com base nos registros de onze estações pluviométricas do entorno da área de estudo (Tabela 1), disponibilizado pela Superintendência de Geologia e Mineração

de Goiás (2006). Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas. Em seguida, aplicou-se a equação de Morais et al. (1991) e posteriormente o método de interpolação IDW (Inverse Distance Weighted) utilizando *software* livre Qgis (Hannover 3.16).

Tabela 1. Registros de estações pluviométricas presentes no contexto da área de estudo.

Estações (Município)	Registro de Dados	Fonte
Cachoeira de Goiás	1978 a 1997	SIC-Goiás (2006)
Caiapônia	1978 a 2001	
Edéia	1977 a 2002	
Iporá	1976 a 1996	
Israelândia	1979 a 2001	
Jandaia	1976 a 2002	
Maurilândia	1978 a 2002	
Montividiu	1976 a 2001	
Paraúna	1979 a 2002	
Rio Verde	1972 a 2002	
Turvânia	1974 a 2002	

Fator K - Erodibilidade do solo

Para a obtenção do fator K utilizou-se o mapa pedológico, disponibilizado pela Agência Ambiental de Goiás (2005) na escala 1:1.000.000, considerando 1º nível categórico de classificação do solo da EMBRAPA (2018). Em seguida, considerando a similaridade das características desses solos, foram adotados valores (Tabela 2) apontados por Silva e Alvares (2005).

Tabela 2: Valores de erodibilidade dos solos adquiridos da literatura.

Classes de Solos	Fator K*	Fonte
Argissolo	0,0425	Silva e Alvares (2005)
Gleissolo	0,0361	
Latossolo	0,0162	
Neossolo	0,0351	

*em $Mg\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$.

Fator L - Comprimento do declive e Fator S - Declividade da encosta

O fator comprimento de rampa (fator L) e o fator declividade (fator S) foram obtidos com base nos dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 30 metros. Para o cálculo do fator L foi utilizada equação de Desmet e Govers (1996):

$$L = \frac{(A+D^2)^{m+1} - A^{m+1}}{\alpha^m * D^{m+2} * 22,1^m}$$

Em que: **L** = fator de comprimento de rampa de uma célula (adimensional); **A** = área de contribuição ou fluxo acumulado de uma célula (m²); **D** = tamanho da célula, ou seja, tamanho do pixel (m); **m** = coeficiente função da declividade para grade de células; **α** = coeficiente função da direção de fluxo para grade de células.

O fator S foi obtido a partir da equação de McCool et al. (1989), calculada utilizando o parâmetro de declividade em graus “θ”:

$$S = \begin{cases} 10,8 \sin \theta + 0,03 & (S < 9\%) \\ 16,8 \sin \theta - 0,50 & (S \geq 9\%) \end{cases}$$

A classificação atribuída aos valores do fator LS baseou-se na sugestão de Tartari e Constantino (2018), organizada em quatro diferentes classes: 0 – 2 (baixo); 2 – 5 (moderado); 5 – 15 (alto); e > 15 (muito alto).

Fator CP

Os fatores uso e manejo (fator C) e de práticas conservacionistas (fator P) foram baseados no mapeamento de uso e cobertura da terra do Mapbiomas (2021) coleção v6.0 para a área de estudo. Conforme as classes identificadas nesse dado, atribuiu-se os valores de CP conforme os valores encontrados na literatura (Tabela 3).

Tabela 3: Valores de CP obtidos a partir da literatura.

Classes de Uso e Cobertura do Solo	Fator CP	Fonte
Agricultura	0,2	
Corpo D'água	0	
Formação Florestal	0,00004	Stein et al. (1987 apud MATOS, 2015)
Formação Natural não Florestal	0,01	
Silvicultura	0,0001	
Pastagem	0,1	
Outras Áreas não vegetadas	1	Reinring (1992)
Mosaico de Agricultura e Pastagem	0,366	ARS (1975 apud SEGEDI, 2019)

Fator A - estimativa de perda anual de solo

Os valores obtidos do fator A foram divididos em 4 classes de perda de solo, que variam entre nula a moderada até forte a muito forte, de acordo com a classificação adaptada de Carvalho (2008 apud SALES, 2018) (Tabela 4).

Tabela 4. Classes de Perda de solo.

Classes de Perda de Solo	Perda de Solo (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Fonte
Nula a Moderada	< 15	Carvalho (2008) adaptado
Média	15 - 50	
Média a Forte	50 - 120	
Forte a Muito Forte	> 120	

Inspeção visual de pontos de processos erosivos na bacia do ribeirão Formoso, Paraúna – GO

No *software* QGIS (Hannover 3.16), foi acessado o plugin QuickMapServices e adicionado as imagens de alta resolução espacial do Google Satellite (visualizadas no plugin em fevereiro de 2022) sobrepondo à bacia hidrográfica do ribeirão Formoso e, associando ao dado de estimativa de perda de solos. Assim, foi possível realizar a inspeção visual na bacia, visando identificar áreas que apresentassem algum tipo de vulnerabilidade erosiva. Essas áreas foram vetorizadas como pontos e classificadas quanto ao local de ocorrência predominante: solo exposto, APP (Áreas de Preservação Permanente) em desacordo com a legislação ambiental e terraceamento em nível mal dimensionado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fator erosividade (R)

Os valores de R gerados para cada estação pluviométrica apresentaram variação entre 9.270,43 e 11.881,66 Mj.mm/ha.h.ano, correspondendo, respectivamente, aos municípios de Jandaia e Israelândia (Tabela 5). Considerando a classificação de Carvalho (2008) para o fator R, observou-se que os registros de todas as estações estão enquadrados na classe de erosividade “Muito Forte”. Diante disso, conclui-se que a área de estudo está inserida em uma localidade onde o fator R apresenta-se como um condicionante expressivo quando analisado sua interferência nas taxas de perda de solo (Figura 2A).

Tabela 5. Estações pluviométricas respectivas aos municípios do entorno da área de estudo e valor de erosividade do solo médio anual.

Estações Pluviométricas	Fator R*
Cachoeira de Goiás	10.310,05
Caiapônia	10.362,35
Edéia	9.391,11
Iporá	10.672,77

Israelândia	11.881,66
Jandaia	9.270,43
Maurilândia	11.355,3
Montividiu	9.327,93
Paraúna	9.369,37
Rio Verde	11.620,04
Turvânia	9.294,71

*em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

Fator erodibilidade (K)

O Argissolo, Gleissolo e Neossolo apresentaram valores de erodibilidade considerados “alto”, enquanto que, o Latossolo registrou o valor “baixo”, baseado na classificação de Carvalho (1994). Quanto a distribuição espacial dos solos, temos que: o Argissolo está limitado a uma pequena porção ao Nor-noroeste do Parque Estadual de Paraúna, apresentando cobertura de somente 0,02%, o menos expressivo na área de estudo; o Gleissolo com extensão de 7,23%; o Neossolo compreendendo uma parcela relevante de 56,07% da bacia; por fim, o Latossolo correspondendo a 36,67% da área da bacia. Diante disso, evidencia-se que mais de 60% da área de estudo está inserida em uma localidade que apresenta considerável vulnerabilidade de erodibilidade (Figura 2B).

Fator uso e manejo e práticas conservacionistas (CP)

A maior porção da bacia tem sido ocupada pelas atividades agrícolas, que correspondem a cerca de 45,34% da área (Figura 2C). Logo depois, a pastagem, compreendendo 19,69%. Em seguida, temos a formação florestal abrangendo 17,76%. No que diz respeito a espacialização das outras classes identificadas, encontramos: mosaico de agricultura e pastagem, formação natural não florestal, silvicultura, corpo d'água e outras áreas não vegetadas (Tabela 6). Desse modo, identificado que, considerável parcela da área de estudo é composta por áreas que sofreram modificações antrópicas, tais alterações influenciam diretamente na proteção natural do solo, uma vez que a retirada de sua proteção natural interfere diretamente na sua perda de solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010).

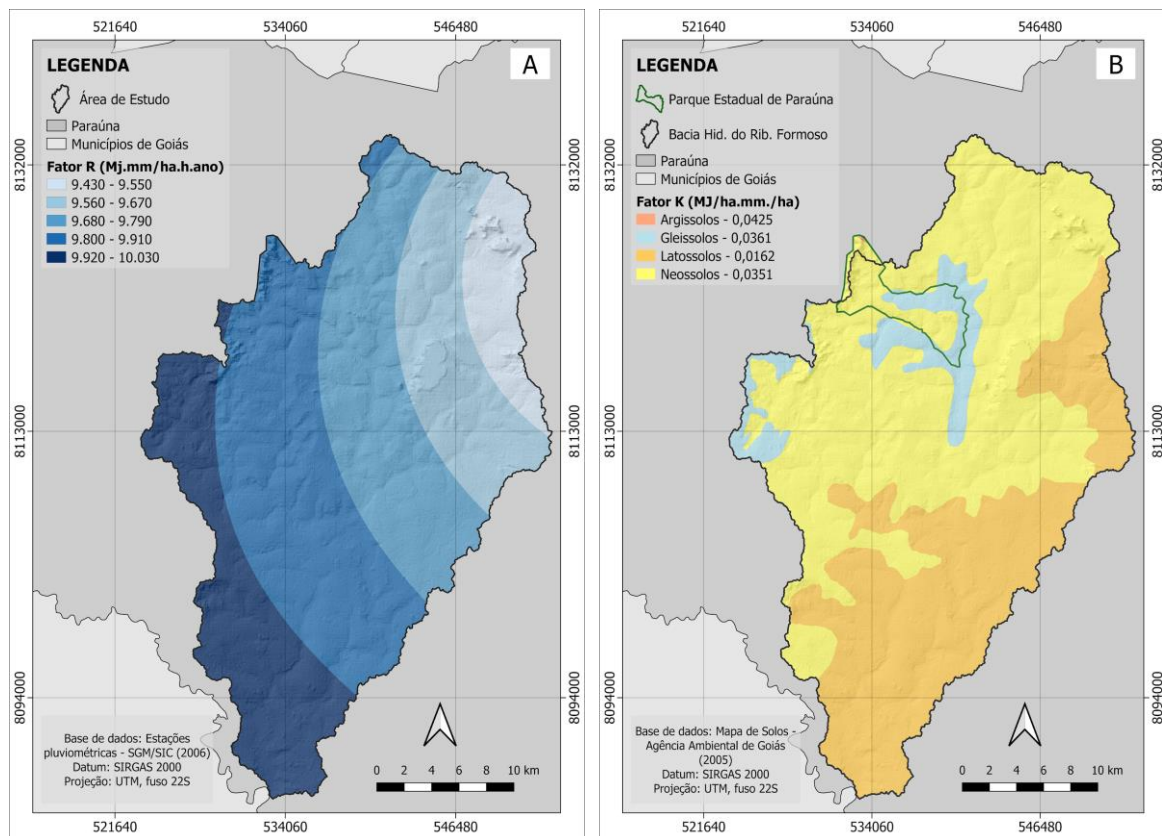
Tabela 6. Quantificação da distribuição das classes de uso e cobertura do solo, associadas aos valores de CP da literatura.

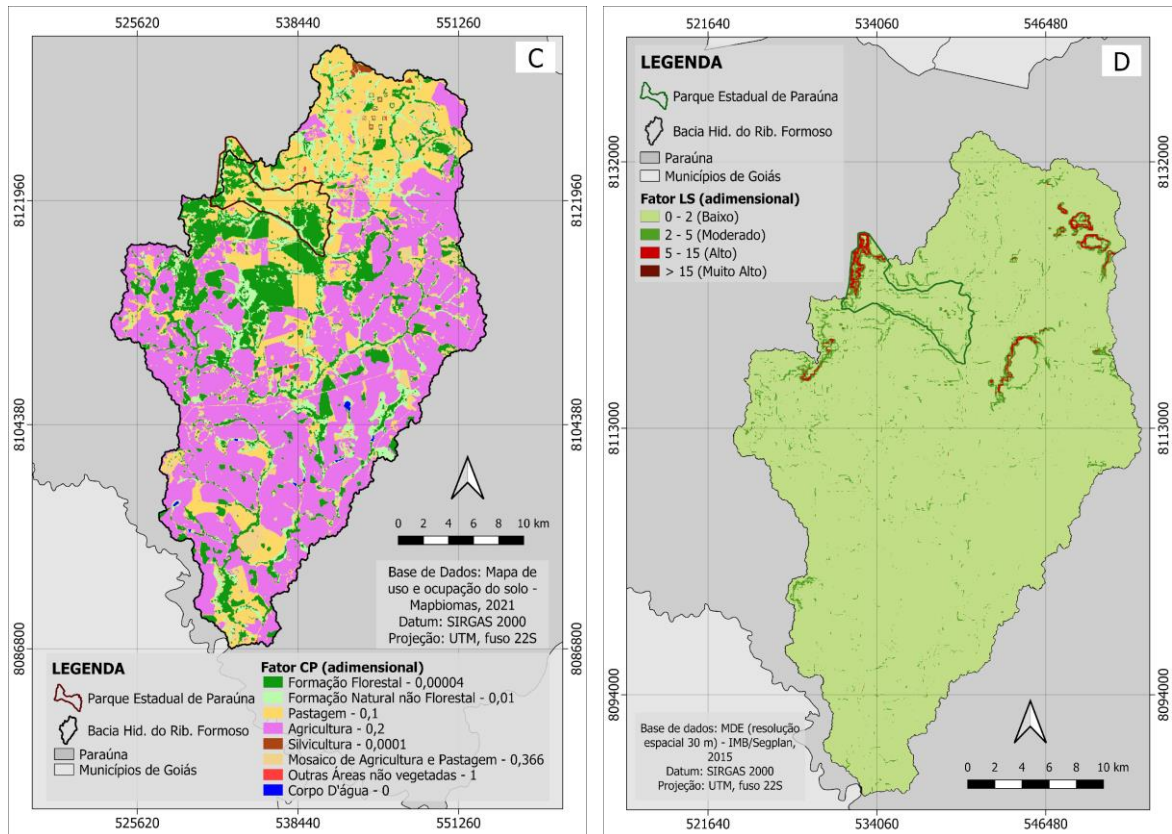
Classes de Uso e Cobertura do Solo	Fator CP	Área (em %)
Agricultura	0,2	45,34
Corpo D'água	0	0,11
Formação Florestal	0,00004	17,76
Formação Natural não Florestal	0,01	8,34
Mosaico de Agricultura e Pastagem	0,366	8,49
Outras Áreas não vegetadas	1	0,08
Pastagem	0,1	19,69
Silvicultura	0,0001	0,14

Fator topográfico (LS)

Os resultados do fator LS (Figura 2D) indicam que maior parte da área de estudo expressa valores baixos, variando entre 0 a 2, correspondente às porções de relevo plano e suavemente ondulado. Os valores mais acentuados, que variam de 5 a 15 e superiores a 15, estão localizados em relevos mais movimentados, coincidindo com as bordas das chapadas.

Figura 2. A) Fator erosividade (R); B) Fator erodibilidade (K). C) Fator uso e manejo do solo e práticas conservacionistas (CP); D) Fator topográfico (LS).





Fonte: autores, 2022.

Estimativa de perda de solos dos cenários da EUPS (A)

Observou-se que o conjunto dos fatores (R, K e CP) da equação EUPS exercem considerável influência na ocorrência de perda de solo, expressa em taxas relevantes de mais de 50% da área de estudo. Visto que, a área apresenta alto grau de erosividade causado pelas chuvas; condições pedológicas com características naturais de vulnerabilidade à erosão; somadas as expressivas práticas agropecuárias. As ocorrências de perdas de solo, estão distribuídas espacialmente em diferentes locais da área de estudo, dado que as classes que apresentaram maior ocorrência são a nula a moderada com 47,45%, e a média, correspondendo a 41,70% (Tabela 7).

Tabela 7. Quantificação das áreas das classes de perda de solo da área de estudo.

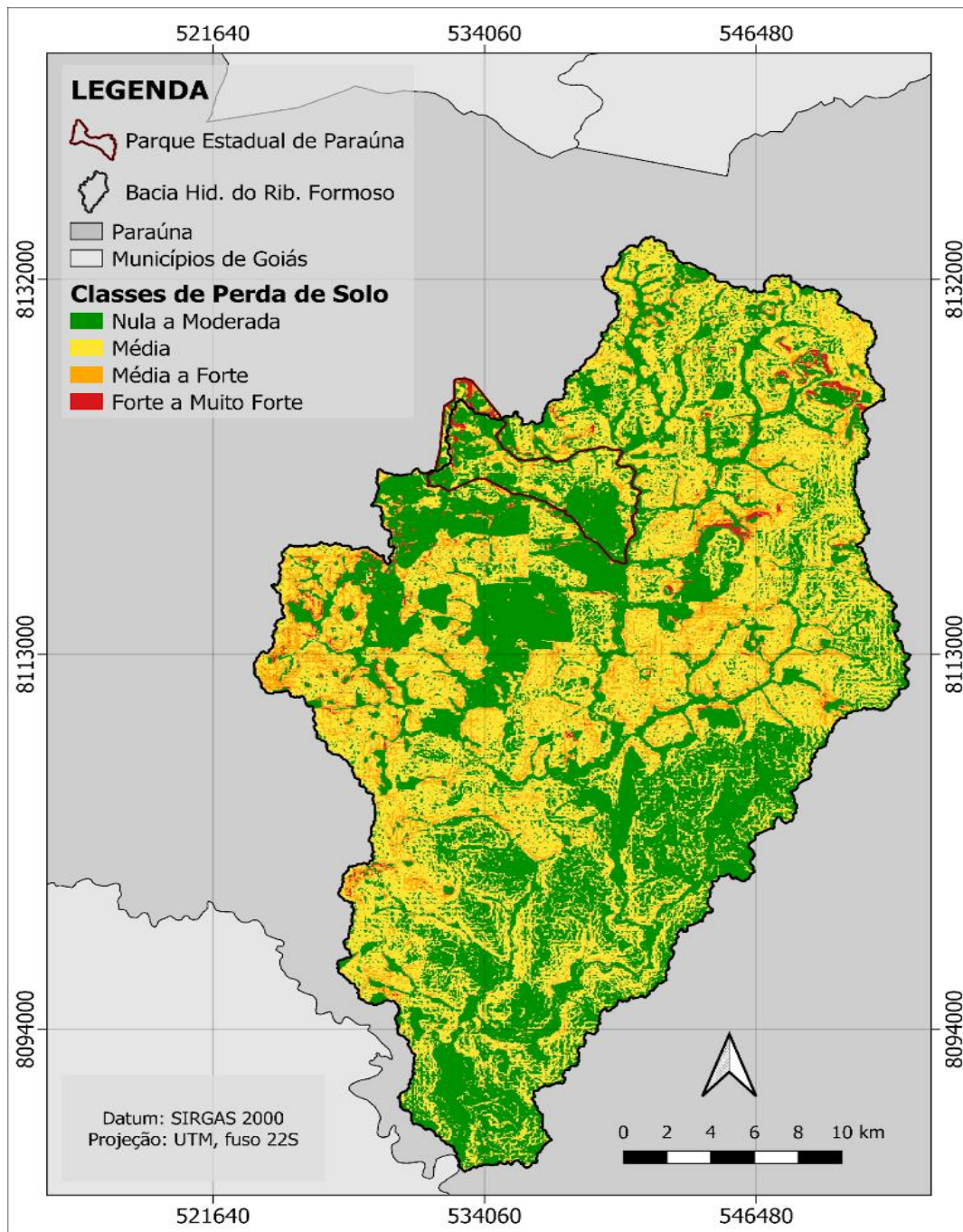
Classes de perda de solo	Área (em km ²)	Área (em %)
Nula a Moderada	374,11	47,45
Média	328,8	41,70
Média a forte	75,98	9,65
Forte a Muito Forte	9,40	1,20

Quanto à predominância de cada uma das classes na área da bacia, temos: a classe nula a moderada nas partes noroeste, sul e sudeste, correspondendo as áreas com maior presença de cobertura vegetal e baixo fator LS; a classe média, nas porções oeste, sudoeste, leste, norte e nordeste, relacionadas as áreas ocupadas por atividades agrícolas e solos de alta suscetibilidade erosiva; relativo à classe média a forte, indica espacialização semelhante à classe média; enquanto, a classe forte a muito forte, está localizada em dois pontos a noroeste da bacia, compostos por mosaicos de agricultura e pastagem, em áreas com solos de alta vulnerabilidade erosiva e locais com alto fator LS.

No Parque Estadual de Paraúna, a leste, onde está localizada a Serra das Galés, observou-se que apresenta baixa perda de solo e ainda presença de vegetação natural em seu entorno, principalmente na sua porção mais a sudeste, enquanto, na sua porção mais a noroeste foi possível indicar médio potencial de perda de solo, estando essa parte ocupada pela pastagem. A área central do parque é composta predominante pela classe de perda média de solo e também está inserida em uma área ocupada pela pastagem. Em relação à localização oeste do parque, destacam-se as faixas do extremo oeste, onde está localizada a Serra da Portaria, verificou-se que as bordas das chapadas expressam os maiores valores relativo à perda de solo, estando relacionadas as áreas com elevados valores dos fatores R, K e LS.

Ferreira (2012) descreve que a classe relativa à nula a moderada não representa significativas perdas de solo ou, ao menos, são áreas que não demonstram ameaça à ocorrência de processos erosivos. Considerando a mesma linha de raciocínio, entende-se que a classe média até forte a muito forte, são as áreas mais suscetíveis de gerar perda de solo, bem como passíveis de ocorrência de processos erosivos (Figura 3).

Figura 3. Estimativa de perda de solo da área de estudo.



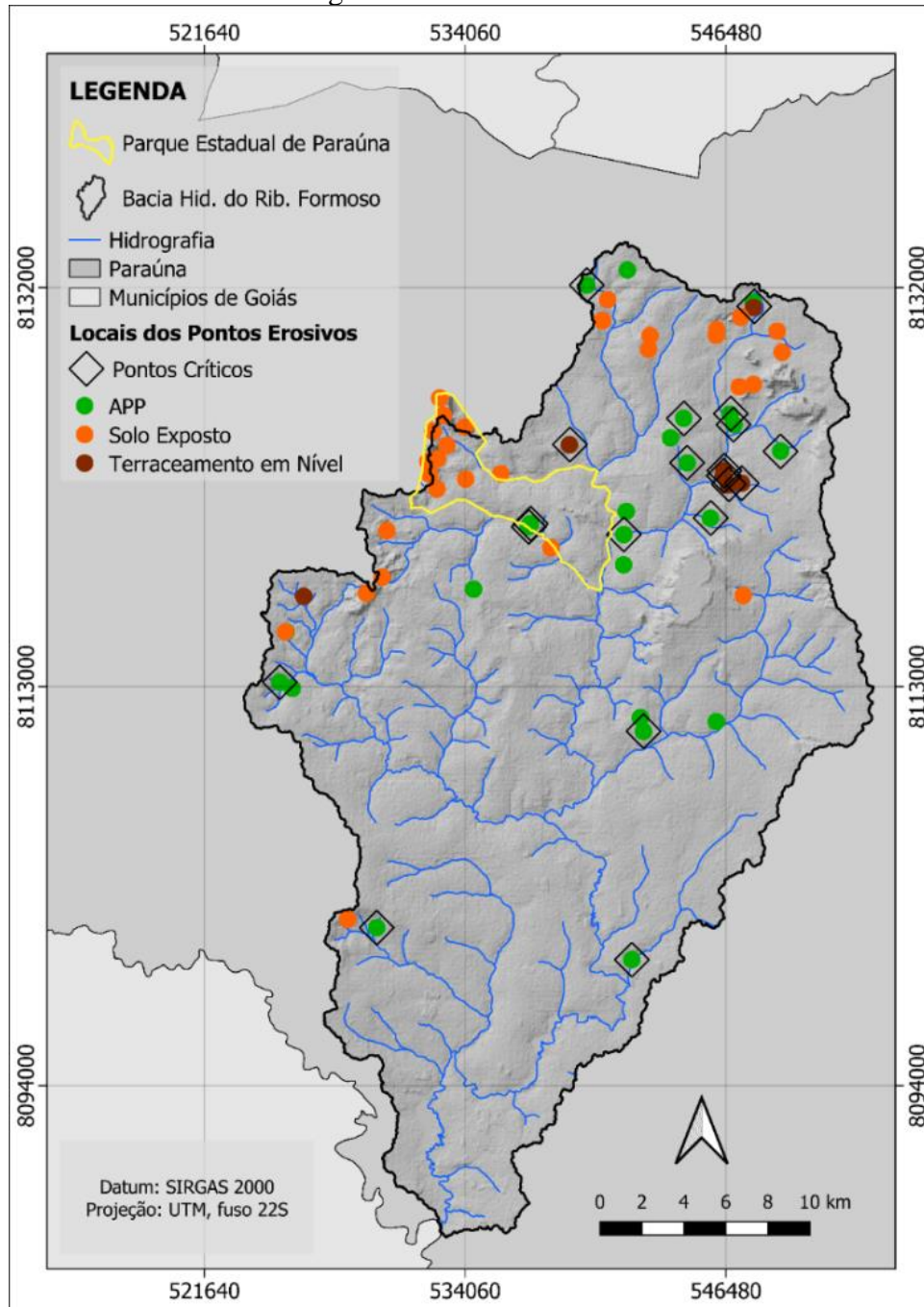
Fonte: autores, 2022.

Localização dos processos erosivos identificados na bacia do ribeirão Formoso, Paraúna

Foram identificados 65 pontos associados à ocorrência de processos erosivos, dos quais estão localizados predominantemente na porção norte da bacia (Figura 4). Desses pontos, 20 foram classificados como críticos, apresentando dois padrões de local de ocorrência:

terraceamento em nível mal dimensionados e APP's em desacordo com a legislação ambiental da Política Florestal do Estado de Goiás (Lei Estadual nº 18.104/2013, art. 9º).

Figura 4. Identificação dos pontos erosivos quanto ao seu local de ocorrência na bacia hidrográfica do ribeirão Formoso.



Fonte: autores, 2022.

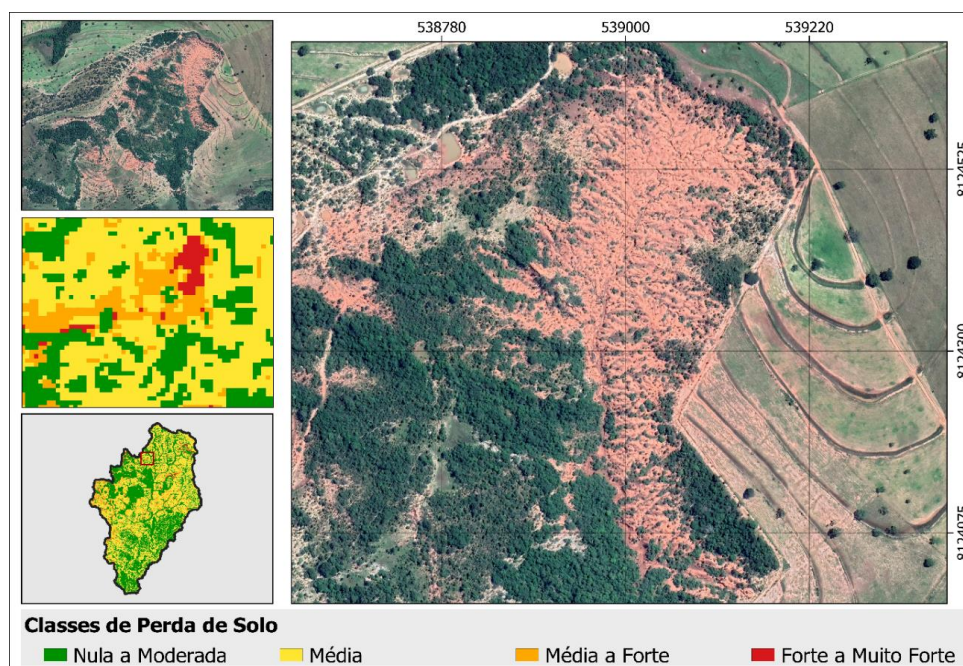
O terraceamento é uma prática utilizada na superfície do terreno com objetivo de controlar a erosão nos solos, sendo uma das mais eficientes (BERTONI e LOMBARDI NETO).

Todavia, quando mal planejadas, podem trazer malefícios ao solo e favorecer a ocorrência de processos erosivos, sendo tais consequências, ainda piores do que a escolha de não adotar nenhum tipo de práticas conservacionistas no solo (OLIVEIRA, 2009).

Além disso, Oliveira (2009) enfatiza que o rompimento do terraceamento ocorre em função de elevadas chuvas ou pelo terreno apresentar algum ponto de fragilidade, estando relacionado a priori a um mau dimensionamento e falta de manutenção dessas áreas. Na área que compreende a bacia hidrográfica do ribeirão Formoso, observou-se que os terraceamentos em nível apresentaram algum problema quanto ao seu dimensionamento, que resultaram na erosão do solo dessa área.

Na figura 5, correspondente ao ponto 2, foi possível observar que, de forma geral, as informações geradas pela EUPS estabelecem conexão com os pontos de riscos erosivos encontrados por interpretação visual. Averiguou-se que esse ponto mapeado é pertencente às classes “média a forte” e “forte a muito forte”. Analisando os fatores de perda de solo e associando às imagens, foi inferido que as atividades agrícolas (soja, café, outras lavouras temporárias) realizadas nessa área da bacia de solos predominantemente arenosos (Neossolo) e de alto índice de erosividade, podem ter provocado os processos erosivos. Em relação ao fator topográfico, verificou-se que a área expressa baixos valores.

Figura 5. Ponto crítico erosivo associado a retirada da cobertura vegetal e terraceamento em nível mal dimensionado.

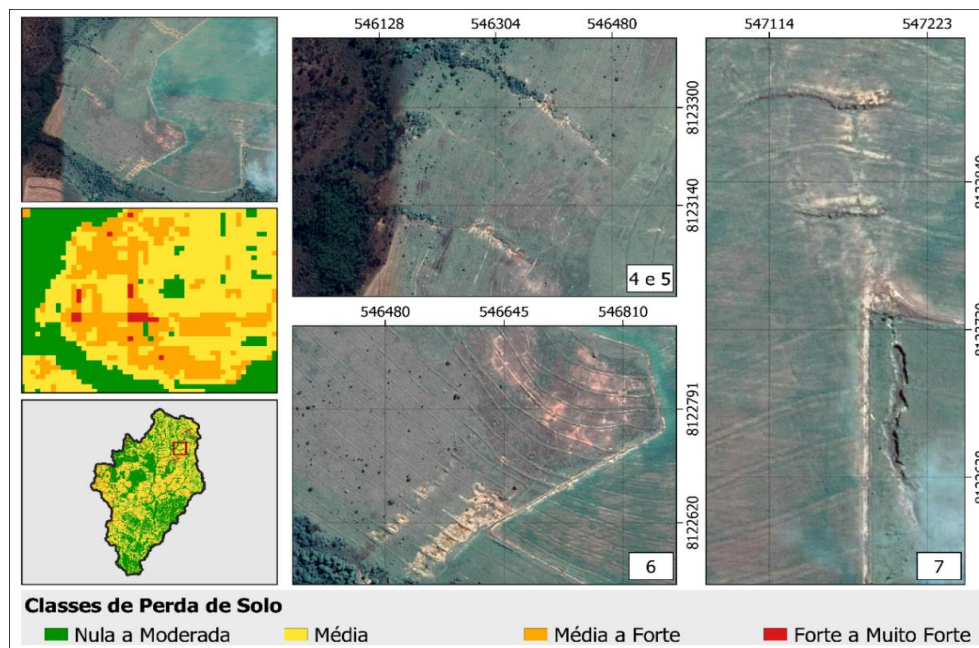


Fonte: autores, 2022.

Conforme Brito et al. (1998, apud SEGEDI, 2019), o modo de uso e ocupação da terra é um dos principais fatores que favorecem o agravamento da degradação do solo. Além disso, como já exposto, a perda de solo também é influenciada pela ausência da proteção natural da cobertura do solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2010). Com isso, ausente de cobertura vegetal, essa área com solo exposto, está suscetível à erosão hídrica, a qual em um evento de chuva, poderá carrear os sedimentos para áreas mais rebaixadas do relevo, provocando assoreamento de corpos hídricos, perda da qualidade d'água e biodiversidade.

Na figura 6, relativo aos pontos 4, 5, 6 e 7, verificou-se que a área apresenta classe de perda de solo majoritariamente entre “média” e “média a forte”. À vista disso, foram identificadas 3 ocorrências de processos erosivos, em diferentes estágios, também relacionados aos terraceamentos em nível.

Figura 6. Área com solo severamente degradado, causado pelo mau planejamento do terraceamento em nível.



Fonte: autores, 2022.

Nos pontos 4 e 5 foi possível verificar haver anteriormente um curso d'água que foi ocupado por área agrícola. As modificações relacionadas as atividades agrícolas culminaram no desmatamento da APP presente nesse local. Entretanto, constatou-se que o motivo primordial do processo erosivo foi originado pelos terraceamentos mal dimensionados.

No ponto 6, o rompimento do terraceamento em nível suprimiu a vegetação, expondo o solo. Enquanto, no ponto 7 observou-se que houve uma tentativa à montante de conter o avanço

de uma erosão linear, provavelmente desencadeada por um terraceamento mal dimensionado. Observa-se que foram inseridos aterros acima da erosão de maior altura visando quebrar a velocidade do escoamento superficial à montante.

As áreas de preservação permanentes (APP), de acordo com Coutinho (2010), são áreas que têm por finalidade garantir o desenvolvimento sustentável e a preservação dos recursos naturais. A delimitação dessa área tem como principal objetivo promover a sua proteção contra as ações antrópicas. Inclusive, a manutenção sustentável dessas áreas está presente no Código Florestal Nacional (Lei 4.771 de 15/09/1965), como também no código florestal do estado de Goiás (Lei Estadual n.º 12.596 de 14 de março de 1995). Entretanto, segundo Borges et al. (2012) essa legislação carece de aplicabilidade, cumprimento, tal como de esclarecimento sobre seus limites e penalidades, caso seja transgredida.

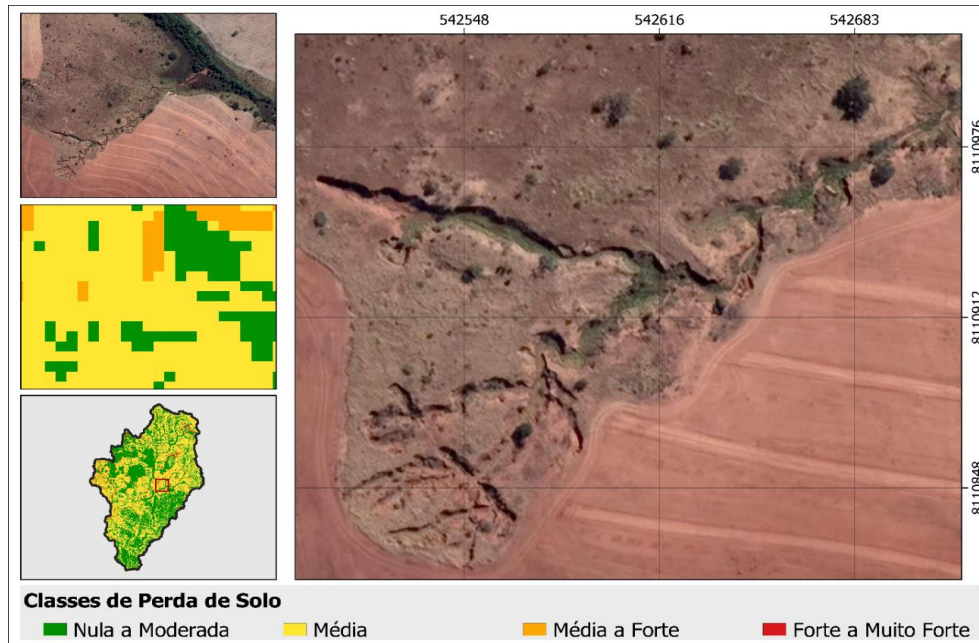
Em razão disso, essas áreas vêm sofrendo com a intensa expansão das atividades antrópicas, que estão comprometendo a função ambiental desses recursos naturais (CARDOSO e AQUINO, 2013). Desse modo, encontram-se suscetíveis ao “desenvolvimento de processos erosivos como, sulcos, ravinas, voçorocas, movimento de massa e assoreamento dos corpos d’água, resultando na degradação dos recursos naturais e em sérios problemas à população” (ZANATTA et al., 2012 apud CARDOSO e AQUINO, 2013). Em relação à bacia hidrográfica do ribeirão Formoso, averiguou-se que as modificações antrópicas realizadas, provocaram a remoção de APP’s, que gerou como consequência processos erosivos.

Na figura 7, referente ao ponto 16, encontra-se em estágio avançado de erosão, caracterizado como voçoroca. Examinando o estado atual dessa erosão, é possível apontar que ela ameaça não somente a qualidade do solo, como também do curso d’água dessa área, tendo em vista, que as águas que escoam das encostas provocam o transporte de sedimentos do solo deslocando-os para dentro do curso d’água, ocasionando assoreamento dos rios (CUNHA, 2006).

As voçorocas são as formas mais agressivas de erosão hídrica e provocam danos significativos ao meio ambiente, dado que gera a movimentação de quantidades consideráveis de partículas de solo, causando degradação dos recursos naturais (MACHADO, 2006). É possível considerar que o processo erosivo foi fomentado pela retirada da cobertura vegetal dessa área, que realizou modificações na paisagem, comprometendo o seu equilíbrio natural. As informações obtidas de estimativa de perda de solo, nesse ponto, não apresentam contraste

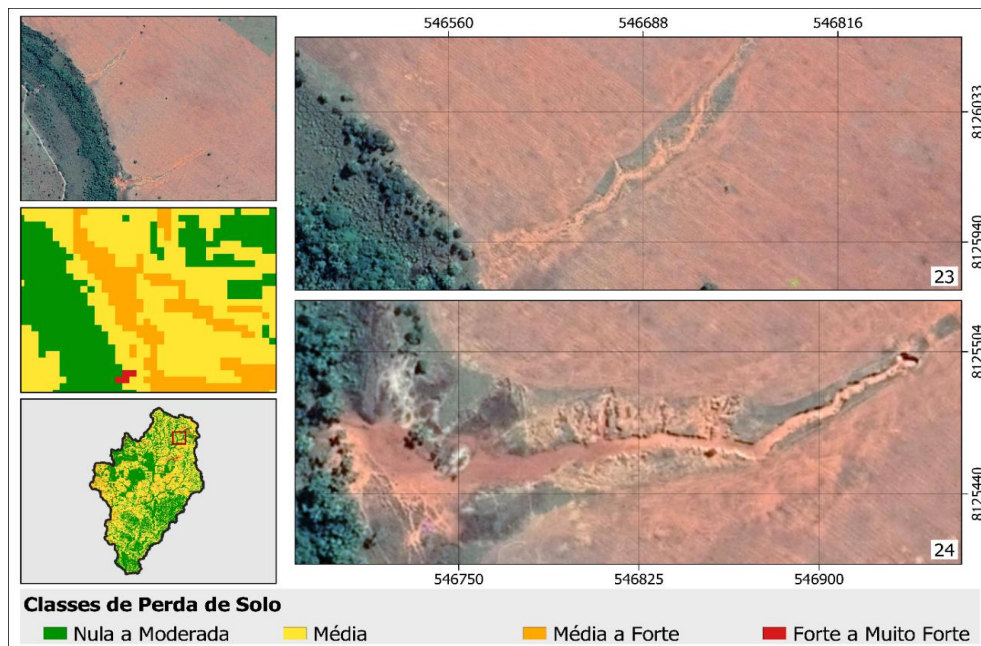
significativo com o estado atual da área, dado que configuração dessa erosão já está em uma condição avançada de perda de solo.

Figura 7. Ponto crítico de voçorocamento relacionado à ausência de APP e conflito de uso.



Fonte: autores, 2022.

Na figura 8, conforme os resultados obtidos pelo mapeamento da EUPS, a área que concentra os pontos 23 e 24 indica classes de “média” a “média forte” de vulnerabilidade a perda de solo. Assim, como em outros pontos identificados na bacia, essa área também sofreu com o desmatamento de sua APP e com a ocupação sobre o corpo hídrico existente. Foi observado que o ponto 23 encontra-se em processo inicial de erosão, enquanto, o ponto 24 apresenta estágio de voçorocamento. Vale destacar que, apesar de o ponto 23 ainda não indicar sinal crítico, está totalmente passível de evoluir para o estágio de voçorocamento, semelhante ao ponto 24, caso não seja tomada nenhuma medida de mitigação.

Figura 8. Área com processo inicial de erosão e de voçorocamento.

Fonte: autores, 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estimativa de perda de solo da bacia hidrográfica do ribeirão Formoso a partir da modelagem EUPS demonstra os locais em que ocorrem maior vulnerabilidade à perda de solos. Assim, os resultados obtidos da EUPS puderam auxiliar na identificação dos pontos críticos erosivos. Avaliou-se que a perda de solos na bacia hidrográfica do ribeirão Formoso varia entre: 47,45% correspondendo a classe nula a moderada; 41,70% a classe média; 9,65% entre a classe média a forte; e 1,20% expressa pela classe forte a muito forte. Enquanto, os pontos de risco estão concentrados na porção norte e centro-oeste. Em relação ao Parque Estadual de Paraúna, os pontos de maior relevância, quanto a perda de solo, concentram-se na sua porção do extremo oeste, onde está localizada a Serra da Portaria. Além disso, a EUPS estima perda de solo na sua porção central e nordeste.

Os principais problemas ambientais verificados estão associados à degradação dos solos e ao desmatamento da vegetação natural do Cerrado, que causaram, como consequência, impactos ambientais negativos relacionados a erosão do solo. Destaca-se como sendo os principais motivadores dessa degradação ambiental, a exploração excessiva das atividades agrícolas e da pastagem, que ocupam juntas 65% da área de estudo. Vale ressaltar que a área de estudo apresenta condições naturais pedológicas (solos predominantemente da classe

Neossolo) de suscetibilidade a processos erosivos, que quando associadas a inadequadas práticas de manejo e conservação do solo condicionam expressiva perda de solo.

Tendo em vista os aspectos observados, recomenda-se que medidas visando o controle dos processos erosivos sejam tomadas nessa área de estudo. Assim, expõe-se a necessidade da reavaliação do planejamento e práticas conservacionistas utilizadas, salientando que tal planejamento deve ser aplicado de modo integrador, visando promover a manutenção e a conservação dos solos. Ressalta-se, inclusive, a indispensável recuperação das APP's presentes nessa área. Para isso, deve ser adotado a metodologia, conforme indica a resolução nº 429 do CONAMA, que dispõe acerca da promoção da regeneração natural das espécies nativas do Cerrado, viabilizando assim, o desenvolvimento sustentável dessa área, que se destaca por promover a geodiversidade e geoconservação.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F. Principais modelos para estimar as perdas de solo em áreas agrícolas. In: AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: UFV, 2006. p. 240.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7. ed. São Paulo: Ícone, 2010. 355 p.
- BORGES, R. de O.; NEVES, C. B. das; CASTRO, S. S. de. Delimitação de áreas de preservação permanente determinadas pelo relevo: aplicação da legislação ambiental em duas microbacias hidrográficas no estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 12, 2012. DOI: 10.20502/rbg. v12i0.263. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/263>. Acesso em: 16 mar. 2022.
- BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. Cap. 6, 2004 In: VITTE, A. C. e GUERRA, A. J. T. (org.). **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- BRASIL. Lei Nº4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o Código Florestal**. Diário oficial da República do Brasil, Brasília. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=4771&ano=1965&ato=e21UTQ61UeZRVT553>. Acesso em: 24 de mar. de 2022.
- CARDOSO, Josenete Assunção; AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de. Mapeamento dos conflitos de uso nas áreas de preservação permanente (apps) da microbacia do riacho do roncador, Timon (MA). **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, n. 3, p. 477-492, 9 set. 2013. Semestral. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/27338/15609>. Acesso em: 18 mar. 2022.

CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005].

CLIMATE-Data.org. Paraúna climate: Average Temperature, weather by month, Paraúna weather averages. Disponível em: <https://en.climate-data.org/south-america/brazil/goias/parauna-43426/>. Acesso em: 16 nov. 2021.

COUTINHO, L. M. **Impacto das áreas de preservação permanente sobre a erosão hídrica na bacia hidrográfica do Rio da Prata, Castelo-ES**. Orientador: Roberto Avelino Cecílio. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/jspui/bitstream/10/5796/1/Dissertacao%20Luciano%20Melo%20Coutinho.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2022.

CUNHA, K. L. **Diagnóstico das áreas suscetíveis à erosão na bacia hidrográfica do ribeirão são Bartolomeu (Viçosa-MG) como subsídio à conservação do solo e da água**. Orientador: André Luiz Lopes de Faria. 2006. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. Disponível em: <https://www.novos cursos.ufv.br/graduacao/ufv/geo/www/wp-content/uploads/2013/08/Karoley-Lima-Cunha.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2022.

DIAS, J. E.; GOMES, O. V. D. O.; GOES, M. H. D. B. Áreas de riscos de erosão do solo: uma aplicação por Geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**, [s. l.], v. 8, p. 01-10, jan. 2001 Disponível em: <https://www.floram.org/article/588e21f4e710ab87018b45b7/pdf/floram-8-%C3%BAnico-1.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2022.

DEMARCHI, J. C. **Geotecnologias Aplicadas à Estimativa de Perdas de Solo Por Erosão Hídrica na Sub-bacia do Ribeirão das Perobas, Município de Santa Cruz do Rio Pardo-SP**. 2012. 167 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2012.

DESMET, P. J. J.; GOVERS, G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. **Journal of Soil and Water Conservation, Ankeney**, v. 51, p. 427-433, 1996.

DIODATO, A. M. **Estudo dos impactos ambientais**. 2004. Disponível em: <http://danielbertoli.synthasite.com/resources/Apostila%20EIA.pdf>. Acesso em: 24 de fev. de 2022.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília: [s. n.], 2018. 356 p.

GOIÁS (Governo do Estado de Goiás). Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Geologia do Estado de Goiás e do Distrito Federal. Por MOREIRA, Maria Luiza Osório; et al. Goiânia, GO. 2008.

GOIÁS. Lei Estadual Nº. 12.596 de 14 de março de 1995. **Dispõe sobre a política florestal do Estado de Goiás**. Ministério Público do Estado de Goiás. Disponível em: [http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/decreto_no_4.593_de_1995_\(regulamenta_a_lei_no_12.596\).pdf#:~:text=Regulamenta%20a%20Lei%20n%C2%BA%2012.596%2C%20de%2014%20de,n%C2%BA%2011921609%2C%20DECRETA%3A%20CAP%3%8DTULO%20I%20DAS%20DISPOSI%C3%87%C3%95ES%20PRELIMINARES](http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/decreto_no_4.593_de_1995_(regulamenta_a_lei_no_12.596).pdf#:~:text=Regulamenta%20a%20Lei%20n%C2%BA%2012.596%2C%20de%2014%20de,n%C2%BA%2011921609%2C%20DECRETA%3A%20CAP%3%8DTULO%20I%20DAS%20DISPOSI%C3%87%C3%95ES%20PRELIMINARES). Acesso em: 24 de mar. de 2022.

GOIÁS. Lei Estadual nº 18.104 de 28 de julho de 2013, art. 9º. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Casa Civil do Estado de Goiás. Disponível em: https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa_legislacao/90203/lei-18104. Acesso em 24 de mar. de 2022.

JORGE, M. do C. O.; GUERRA, A. J. T. **Geodiversidade, Geoturismo e Geoconservação: Conceitos, Teorias e Métodos.** Espaço Aberto, v. 6, n. 1, p. 151-174, 2 jun. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2016.5241>. Acesso em: 17 mar. 2022.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas.** São Paulo: Oficina de textos, 2013. 192 p.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. Cap. 8, 2004 In: VITTE, A. C. e GUERRA, A. J. T. (org.). **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações.** Editora Bertrand Brasil, Ed. 1999.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem compilação.** São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FERREIRA, B. M. **Geodiversidade no município de Paraúna.** 2016. 83 p. Dissertação de mestrado — Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/6932>. Acesso em: 17 mar. 2022.

FERREIRA, S. L. da S.; OKA-FIORI, C.; KOZCIAK, S. Análise multitemporal da erosão nas bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado, Altônia - PR, decorrente da dinâmica agropastoril. Revista Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 13, n. 44, p.15-34, dez. 2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16690/11291>. Acesso em: 20 de mar. de 2022.

MCCOOL, D. K.; FOSTER, G. R.; MUTCHLER, C. K.; MEYER, L. D. Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation. **Transactions American Society of Agricultural Engineers**, [S.I.], v. 32, p. 1571-1576, 1989.

MACHADO, R. L.; REZENDE, A. S. D.; CAMPELLO, E. F. C. **Recuperação de Voçorocas em áreas rurais.** Seropédica: EMBRAPA, 2006. 63 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/629509/recuperacao-de-voçorocas-em-areas-rurais>. Acesso em: 19 mar. 2022.

MATOS, T. V. D. S. **Determinação de áreas de vulnerabilidade à erosão hídrica com base na Equação Universal de Perda de Solo (USLE).** Orientador: Jorge Luis Zegarra Tarqui. 2015. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-A3FETB/1/disserta__o_thiago_corre__o_setembro.pdf. Acesso em: 2 jan. 2022.

NASCIMENTO, D.T.F., Novais, G.T., 2020. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. **Élisée - Revista De Geografia Da UEG**, 9. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/344190600_Clima_do_Cerrado_dinamica_atmosferica_e_caracteristicas_variabilidades_e_tipologias_climaticas. Acesso em 14 de nov. 2021.

OLIVEIRA, F. F.; SANTOS, R. E. S. dos; ARAUJO, R. da C. de. Processos erosivos: dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes. **Revista brasileira de iniciação científica**, v. 5, n. 3, p. 60-83, 2018. Disponível em: <https://periodicos.itp.ifsp.edu.br/index.php/IC/article/view/699#:~:text=O%20estudo%20da%20dinâmica%20dos%20processos%20erosivos,%20agentes,plantar%20ou%20construir%20e%20as%20perdas%20por%20erosão>.

OLIVEIRA, J. D. M. Atenuação de riscos em sistemas de terraceamento em Goiás. Orientador: Nori Paulo Griebeler. 2009. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/2645/1/Janaina%20Moura%20%28FINAL%29.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2022.

PEREIRA, T. S. R. Determinação e espacialização da perda de solo da bacia hidrográfica do córrego cascavel, goiás. **Revista geográfica acadêmica**, v. 9, n. 2, p. 76-93, 2015. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/3161>.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10292>. Acesso em: 09 abr. 2022.

PRUSKI, F. F. **Conservação de solo e água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. Viçosa: UFV, 2006. 240 p.

SEGEDI, G. C. **Estimativa de erosão pela equação universal de perda de solo (USLE) para a bacia de São Marcos**. TCC (Especialização). Curso de especialização em geoprocessamento ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

SEMAD. **Parque Estadual de Paraúna (PEPa)**. 2021. Disponível em: <https://www.meioambiente.go.gov.br/aceso-a-informacao/118-meio-ambiente/unidades-de-conservacao/1105-parque-estadual-de-parauna-pepa.html>. Acesso em: 16 nov. 2021.

SALES, J. F. S. de. **Estimativa de perdas de solo por erosão em propriedades rurais registradas no cadastro ambiental rural no município de alagoa nova-PB**. 2018. 46 p. Trabalho de Conclusão de Curso — Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/4551/1/JFSS20072018.pdf>. Acesso em: 1 mar. 2022.

SILVA, A. M.; ALVARES, C. A. (2005). Levantamento de informações e estruturação de um banco de dados sobre erodibilidade de classes de solos no Estado de São Paulo. Unesp, Geociências, v. 24, nº 1, São Paulo, p. 33-41, 2005.

SILVA, F. G. B.; MINOTTI, R. T.; LOMBARDI NETO, F.; PRIMAVERESI, O.; CRESTANA, S. 2010. Previsão da perda de solo na Fazenda Cachim – SP (Embrapa) utilizando o geoprocessamento e o USLE 2D. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 15 (2): 141-148.

SILVA, M. S. L. da. **Estudos da Erosão**. 1995. Disponível em:
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/133340>. Acesso em: 15 dez. de 2021.

TARTARI, R.; CONSTANTINO, K. C. Estimativa da perda de solo na bacia hidrográfica do ribeirão do Prado, Altônia - PR. *In: XIV SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, IX - 002.*, 2018, Foz do Iguaçu. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, p. 1-9, Disponível em:
<https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento40/TrabalhosCompletoPDF/IX-002.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning**. Washington: Agriculture Handbook, n. 537, U.S. Department of Agriculture. 1978.

Recebido em 07 de julho de 2022.

Aceito em 24 de março de 2023.

Publicado em 13 de abril de 2023.