

AValiação DO USO DA TERRA E DA VULNERABILIDADE À EROSÃO DO SOLO ANTES E APÓS OS DECRETOS DE CRIAÇÃO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL E DO PARQUE ESTADUAL DOS PIRENEUS-GO

Rita de Cássia¹

Rherison Almeida²

Elaine Barbosa³

RESUMO

Objetivou-se avaliar, no período de 1985 a 2022, o uso da terra e as áreas de vulnerabilidade à perda de solos na Área de Proteção Ambiental (APA) dos Pireneus-GO e no Parque Estadual dos Pireneus-GO (PEP), adotando como recortes temporais os períodos anteriores e posteriores aos seus decretos de implementação. Utilizou-se a Equação Universal de Perda de Solos e técnicas de geoprocessamento. A implementação da APA e do PEP teve impacto parcialmente positivo na redução do desmatamento e perdas de solo. No entanto, ações adicionais são necessárias para alcançar resultados mais expressivos. O principal desafio é o monitoramento das atividades agropecuárias que ainda avançam nessas áreas. Recomenda-se o monitoramento, reflorestamento de áreas críticas e cumprimento do plano de manejo.

PALAVRAS-CHAVE: Perda de Solo; Geoprocessamento; Unidade de Conservação.

ASSESSMENT OF LAND USE AND SOIL EROSION VULNERABILITY BEFORE AND AFTER THE CREATION DECREES OF THE AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL AND PARQUE ESTADUAL DOS PIRENEUS-GO

ABSTRACT

The objective was to evaluate, from 1985 to 2022, land use and areas vulnerable to soil loss within the Pireneus Environmental Protection Area (APA) and the Pireneus State Park (PEP) in Goiás, Brazil, considering the periods before and after their respective implementation

¹Geógrafa, Universidade Federal de Goiás - UFG, Email: ritaoficial946@gmail.com

²Dr. em Agronomia, Universidade Federal de Goiás - UFG, Email: rherison.almeida@gmail.com

³Dra. Em Geografia, Universidade Federal de Goiás - UFG, Email: elaine_silva@ufg.br

decrees. The Universal Soil Loss Equation and geoprocessing techniques were employed. The establishment of the APA and PEP had a partially positive impact in reducing deforestation and soil loss. However, additional actions are necessary to achieve more significant results. The main challenge lies in monitoring agricultural activities that continue to encroach upon these areas. Monitoring, reforestation of critical areas, and adherence to the management plan are recommended.

KEYWORDS: Soil Loss; Geoprocessing; Conservation Unit.

EVALUACIÓN DEL USO DEL SUELO Y DE LA VULNERABILIDAD A LA EROSIÓN DEL SUELO ANTES Y DESPUÉS DE LOS DECRETOS DE CREACIÓN DEL ÁREA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y DEL PARQUE ESTADUAL DOS PIRENEUS-GO

RESUMEN

El objetivo fue evaluar, en el período de 1985 a 2022, el uso del suelo y las áreas de vulnerabilidad a la pérdida de suelos en la Área de Proteção Ambiental (APA) dos Pireneus-GO y en el Parque Estadual dos Pireneus-GO (PEP), adoptando como cortes temporales los períodos anteriores y posteriores a sus decretos de implementación. Se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos y técnicas de geoprocésamiento. La implementación del APA y del PEP tuvo un impacto parcialmente positivo en la reducción de la deforestación y la pérdida de suelo. Sin embargo, son necesarias acciones adicionales para lograr resultados más significativos. El principal desafío es el monitoreo de las actividades agropecuarias que aún avanzan en estas áreas. Se recomienda el monitoreo, la reforestación de áreas críticas y el cumplimiento del plan de manejo.

PALABRAS CLAVE: Pérdida de Suelo; Geoprocésamiento; Unidad de Conservación.

INTRODUÇÃO

A pressão das atividades antrópicas no território brasileiro, principalmente nas áreas de Cerrado, vem se intensificando sobre as áreas de vegetação remanescentes. Segundo o Sistema de Alerta de Desmatamento do Cerrado (SAD Cerrado) (2023), em 2023 o Cerrado atingiu área de 742 mil hectares desmatados, representando aumento de 20,9% (613.274 ha) em relação ao mesmo período de 2022.

Para enfrentar essas pressões sobre o meio ambiente, o Brasil adotou o modelo de áreas protegidas destacando as Unidades de Conservação (UCs), visando a preservação e manutenção da diversidade biológica, dos recursos naturais e culturais (MEDEIROS, 2006). As UCs são regulamentadas pela Lei Federal nº 9.985 de 2000 (BRASIL, 2000) que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e a Lei nº 14.247 de 2002 (GOIAS, 2002), que institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC). Essas áreas são classificadas em duas categorias: proteção integral, voltada à preservação estrita, e uso sustentável, que permite o aproveitamento responsável dos recursos naturais (SEMAD, 2023a).

De acordo com os dados do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC, 2023), até 2023 o estado de Goiás possuía apenas 0,9% do seu território protegido por Unidades de Proteção Integral e cerca de 4,7% protegido por Unidades de Uso Sustentável no bioma Cerrado. Esses números ressaltam a importância de fortalecer e ampliar as estratégias de conservação no estado para assegurar a proteção de um dos biomas mais ameaçados do país.

Nessa concepção, a Área de Proteção Ambiental dos Pireneus (APA dos Pireneus), criada pelo decreto nº 5.174/2000, enquadra-se na categoria de Uso Sustentável, que visa proteger os remanescentes de Cerrado, os recursos hídricos, a região serrana e o Parque Estadual dos Pireneus (PEP) – criado pela Lei nº 10.321/1987 –, objetivando melhorar a qualidade de vida das populações residentes, com base em orientação e disciplinamento das atividades econômicas locais, o turismo ecológico, além de fomentar a educação ambiental e preservar as culturas e as tradições locais.

O Parque Estadual dos Pireneus (PEP), é uma Unidade de Proteção Integral situado no centro da APA dos Pireneus. O PEP tem como princípios a utilização limitada dos seus recursos naturais, permitindo pesquisas científicas, atividade de educação ambiental, visitação pública, recreação e turismo ecológico, tornando-se sujeitas a restrições no regimento da lei (SEMAD, 2023b).

No limite oeste da APA dos Pireneus está localizado o centro urbano do município de Pirenópolis-GO, o qual segundo Conceição et al. (2009), é permeado de atrativos ecológicos, como rios, belas cachoeiras, trilhas e mirantes de onde se pode contemplar uma paisagem que

ainda preserva boa parte de remanescentes de Cerrado. Ainda segundo esses autores, a prefeitura catalogou mais de 80 cachoeiras no entorno do seu perímetro urbano.

Esses atrativos naturais fizeram de Pirenópolis-GO um dos principais destinos turísticos do estado de Goiás, o que contribuiu para que a região alcançasse o "topo do ranking do turismo nacional" (D'ABADIA et al., 2021). Como consequência, essa popularidade atrai milhares de visitantes anualmente, intensificando a pressão do mercado imobiliário e turístico sobre a área, o que pode representar desafios para a preservação ambiental e o equilíbrio sustentável da região.

Essa região é também marcada pela atividade de mineração, o que contradiz o turismo ecológico que visa a preservação dos recursos naturais. E dado o potencial da diversidade geológica com elevado valor geocientífico devido à raridade de serras e formas estruturais ali existentes (CPRM, 2023), o Serviço Geológico do Brasil propôs, inclusive, a criação do Projeto Geoparque dos Pireneus, a ser reconhecido pela UNESCO (THOMÉ FILHO et al., 2012, p. 112).

Dada a importância dessa região, este estudo tem como objetivo avaliar o uso da terra e a vulnerabilidade à erosão dos solos na APA dos Pireneus e no Parque Estadual dos Pireneus (PEP) durante o período de 1985 a 2022. A análise será centrada nos períodos anteriores e posteriores aos anos de implementação oficial dessas áreas protegidas, marcados pelos decretos de 1997 (PEP) e 2000 (APA), permitindo uma compreensão mais ampla das mudanças no uso do solo e nos processos erosivos ao longo do tempo.

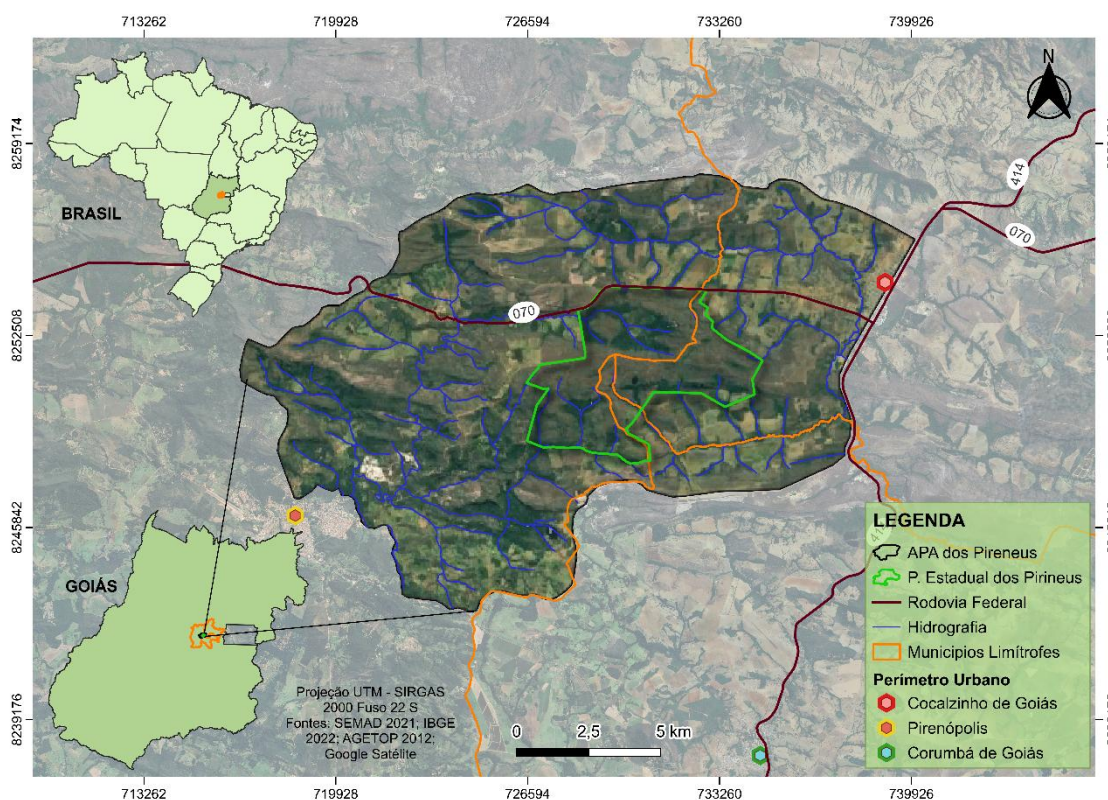
ÁREA DE ESTUDO

A APA dos Pireneus possui área de 22.880 hectares e está localizada na região leste do estado de Goiás, fazendo parte os municípios de Pirenópolis (à oeste), Cocalzinho de Goiás (à leste) e Corumbá de Goiás (à sudeste). Conforme Thomé Filho et al., (2012), o local é um divisor de águas continental entre as bacias hidrográficas do Paraná/Prata e a do Tocantins. Os

principais cursos de água são os ribeirões dos Castelhanos, das Araras, Dois Irmãos, São João e do Inferno, afluentes do Rio das Almas; e o Ribeirão Rasgão, afluente do Rio Corumbá.

Na região central da APA está localizado o PEP, criado pela lei nº 10.321, de 20 de novembro de 1987 (GOIAS, 1997), alterada pela Lei nº 13.121, de 16 de junho de 1997 (GOIAS, 1997), mesmo ano em que finalmente foi estabelecida sua delimitação a partir do Decreto nº 4.830 de 15 de outubro de 1997, com uma área de 2.833 hectares (Figura 1). Dessa forma, para o PEP este trabalho estabeleceu como data de implantação seu ano de registro de delimitação, isto é, 1997. Ressalta-se que, dentro do PEP está localizado o segundo maciço mais alto do Estado de Goiás, o Pico dos Pireneus com 1.385 metros de altitude (SEMAD, 2023a).

Figura 1. Localização do Parque Estadual e da APA dos Pireneus - GO.



Fonte: Autores (2025).

MATERIAL E MÉTODOS

Avaliação da vulnerabilidade à erosão do solo

A vulnerabilidade à erosão foi avaliada a partir da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) proposta por Wischmeier e Smith (1978), a qual é modelo empírico para estimar a perda média de solo a longo prazo causada pela erosão hídrica laminar e em sulcos, sob diferentes condições de chuva, solo, relevo, uso e práticas conservacionistas (Equação 1).

$$A = R * K * (L * S) * (CP) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: A = perda de solo média de longo prazo por unidade de área (ton/ha.ano); R = fator erosividade da chuva ($\text{Mj mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); K = fator erodibilidade do solo ($\text{Mg h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); L = fator 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).

A erosividade, representada pelo fator R na EUPS, foi elaborada utilizando os registros históricos de 1973 até o ano de 2002 das médias de precipitações diárias das cinco estações pluviométricas dos municípios vizinhos da área de estudo: Alexânia, Jaraguá, Ouro Verde, Padre Bernardo e Vila Propício. Estes dados foram obtidos através da Superintendência de Geologia e Mineração de Goiás datado de 2006 disponível na plataforma <https://goias.gov.br/imb/sieg/>. Os dados foram organizados em planilha, na qual aplicou-se a Equação 2 elaborada por Moraes et al. (1991), a qual é recomendada por Silva (2004) para a região central do Estado de Goiás.

$$EI_{30} = 36.849 * (Mx^2/P)^{1.0852} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: EI_{30} = média mensal do índice de erosão, em $\text{Mj mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; Mx = precipitação média mensal, em mm; P = precipitação média anual, em mm.

Os dados foram interpolados no QGIS utilizando *Inverse Distance Weighted* (IDW), resultando no raster de erosividade.

A erodibilidade, representada pelo fator K na EUPS foi elaborada a partir dos dados de solos, na escala de 1:250.000 da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER). Posteriormente, considerando as características pedológicas de cada tipo de solo, foram adotados valores de erodibilidade dos solos disponibilizados na literatura (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de solos com os valores de K adquiridos na literatura.

Classes de Solos	Fator K (MJ. mm ha- 1h-1)	Área km ²	Fonte
Cambissolo	0,035	55,2	Silva et al. 2009
Latossolo Vermelho	0,0009	0,5	Silva et al. 1997
Latossolo Vermelho Amarelo	0,015	102,5	Bertoni e Lombardi Neto 1993
Neossolo	0,044	62,1	Lima 2007

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Para o fator LS (comprimento de rampa e declividade) ou também chamado de fator topográfico, adotou-se como Modelo Digital de Elevação (MDE) o *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), de resolução espacial de 30 metros. A partir deste dado, o fator L foi calculado através da Equação 3, proposta por Desmet e Govers (1996)

$$L = (A+D^2)^{m+1} - A^{m+1} / a^m * D^{m+2} * 22,1^m \text{ (Equação 3)}$$

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; a = coeficiente função da direção de fluxo para grade de células. Para o fator S foi utilizado a Equação 4 proposta por McCool et al., (1987).

$$S = \{10,8 \sin \theta + 0,03 \text{ (S < 9\%)} \text{ (Equação 4)}$$

$$S = \{16,8 \sin \theta - 0,50 \text{ (S } \geq 9\%)$$

Em que: S = declividade da vertente; θ = ângulo em graus da encosta.

Para determinar o fator CP (uso e manejo do solo e práticas conservacionistas), utilizou-se os dados de uso e cobertura da terra de 1985, 1997, 2000 e 2022, oriundos do MapBiomias da coleção 8, em escala de 1:100.000. Para a compreensão da dinâmica do uso e cobertura da terra na área de estudo, considerou-se um intervalo de 37 anos com ênfase para os anos de 1985 (primeiro dado disponibilizado pela série histórica do MapBiomias), 1997 (ano do decreto de delimitação do PEP), 2000 (ano de implementação da APA) e 2022.

Posteriormente, visando atender à escala local da área de estudo e também devido à miscelânea entre pastagem, mosaico de usos e formação campestre identificadas a partir de inspeções visuais nos dados do MapBiomias na região, realizou-se o refinamento dos dados utilizando as imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, para os anos de 1985 e 1997; Landsat 7, sensor ETM+ para 2000 e as imagens do Landsat 8, sensor OLI para 2022. Realizou-se ainda, o agrupamento das subclasses de formação florestal, savânica, campestre e campo alagado/área pantanosa como vegetação nativa. Da mesma forma, as classes de mosaico de usos em pastagem, soja e outras lavouras temporárias foram agrupadas com agricultura. Os valores de CP foram atribuídos a cada classe conforme indicado pela literatura (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de CP obtido a partir da literatura.

Classes de Uso e Cobertura da Terra	Fator CP	Fonte
Vegetação Nativa	0,00004	
Pastagem	0,1	
Agricultura	0,2	
Silvicultura	0,0001	
Afloramento Rochoso	0	Stein et al. (1987)
Área Urbana	0	

Curso d'Água	0	
Mineração	1	
Áreas não Vegetadas	1	Reinring (1992)
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)		

Por fim, foi aplicada a equação da EUPS, e seus valores das estimativas anuais de perda de solo em $\text{Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ foram reclassificados seguindo 4 classes qualitativas (Tabela 3).

Tabela 3. Classes de estimativas anuais de perda de solo ($\text{Mg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$)

Classe de perda	Valor
Nula a Moderada	< 15
Média	15 a 50
Média a Forte	50 a 120
Forte a Muito Forte	> 120

Fonte: Adaptado de Carvalho (2008).

Mapeamento das feições erosivas

Por meio de imagens de alta resolução do *Google* Satélite (complemento *Quick Map Services*) sobrepostas ao dado de vulnerabilidade à erosão pela EUPS, foi realizada uma análise visual das áreas mais suscetíveis visando identificar as regiões de maior perda de solo. Os pontos erosivos descritos como críticos representam feições erosivas lineares com extensão superior a 20 metros de comprimento. Para avaliar a evolução das erosões foi feita uma inspeção visual de todo período histórico no *software Google Earth Pro*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A erosividade média na APA é de 10.855 a 11.829 MJ. mm/ha.h.ano e as maiores faixas se encontram na região sudoeste (Figura 2a). Seguindo a classificação de Carvalho (2008), evidencia-se que a APA possui erosividade considerada muito forte. Thomé Filho et al. (2012) ressaltam que a precipitação média anual na região da APA é de 1.500 mm, concentrando-se principalmente durante os meses de dezembro a março. Mencionam ainda que, devido à influência do relevo, ocorrem microclimas particulares, tanto nas partes altas das serras, como nas encostas e vales encaixados.

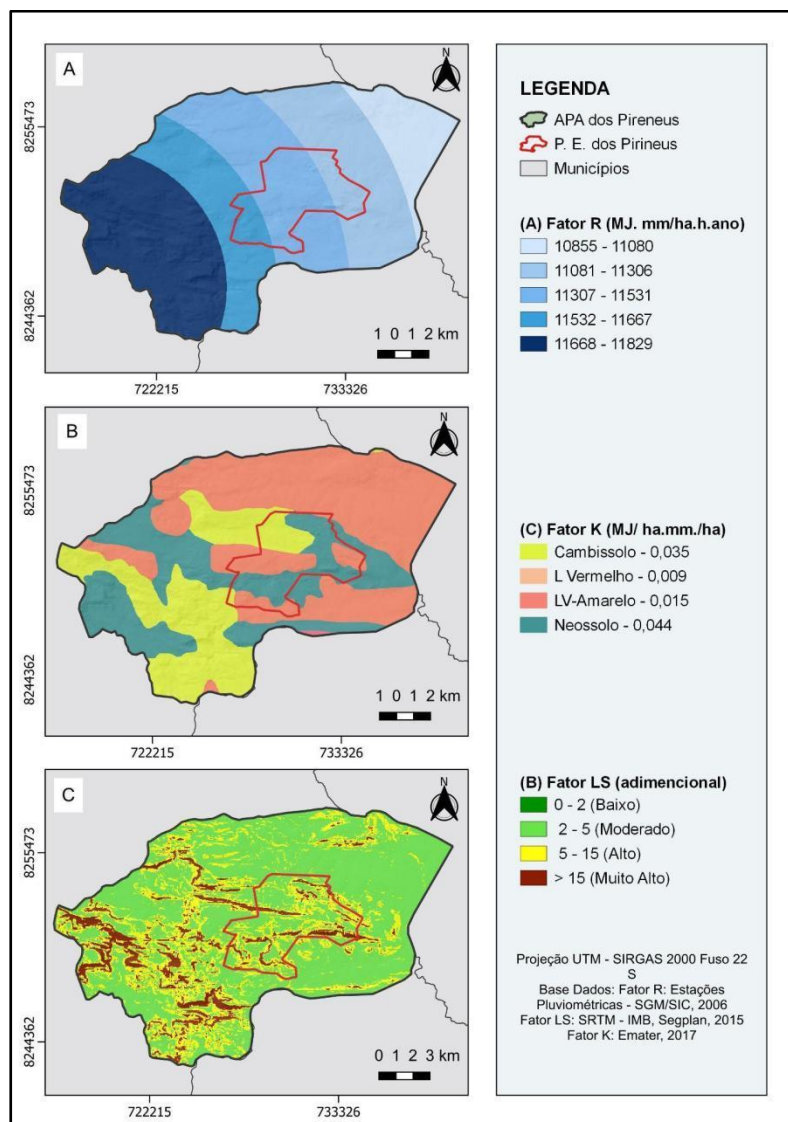
O alto volume de chuva, associado à concentração em períodos curtos, característicos dessa região, apresentam maior capacidade erosiva, pois geram um fluxo superficial mais forte, aumentando a mobilização de partículas do solo. Nachtigall *et al.* (2020), em um estudo empregando a EUPS também alertam e correlacionam as chuvas do período de verão com o maior potencial erosivo.

Quanto à erodibilidade, a principal classe de solos na região é composta por Latossolos. Ressalta-se a presença de Neossolos e Cambissolos distribuídos em proporção considerável na APA e no PEP. Os maiores valores de erodibilidade pertencem aos solos do tipo Neossolo e Cambissolo, os quais normalmente estão localizados em áreas de relevo ondulados a montanhosos e se caracterizam por serem rasos e com pouco poder de coesão entre partículas, apresentando limitações para uso agrícola devido à alta suscetibilidade aos processos erosivos. Além disso, estes solos, quando expostos ou com cobertura vegetal insuficiente estão suscetíveis a esses processos, uma vez que a vegetação atua como barreira física, reduzindo o impacto direto das gotas de chuva e promovendo a infiltração de água.

O menor valor de erodibilidade está relacionado ao solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, o qual encontra-se em regiões de relevos planos a suave ondulados e, devido às suas condições físicas e topográficas possui alto potencial agrícola. Está distribuído em quase toda área da APA, com predominância na região norte a nordeste, recobrimdo uma área de 102,48 km². Vale ressaltar que o Latossolo Vermelho não apresentou valores de área significativos para a APA (Figura 2b).

Quanto ao comprimento de rampa e declividade (fator LS), evidenciou-se que a maior parte da área de estudo possui fator topográfico considerado moderado, segundo a classificação de Tartari e Constantino (2018), variando de 2 a 5, que correspondem às regiões de relevos planos a ondulados. A classe alto e muito alto, superiores ao valor 5, corresponderam às áreas de relevos ondulados e montanhosos, contribuindo para altas taxas de escoamento superficial, favorecendo a atenuação da perda de solo. Tais aspectos corroboram com Thomé Filho *et al.* (2012) ao caracterizarem o relevo da região como um conjunto de serras, com profundos vales encaixados e encostas côncavas, com gradiente elevado de 20% a 45% ou mais, podendo ter escarpas verticais e amplitudes superiores a 80 metros.

Figura 2. a) erosividade (fator R); b) Erodibilidade (fator K); Comprimento de rampa e declividade (fator LS).



Fonte: Autores (2025).

Uso e cobertura da terra (fator CP) na APA dos Pireneus

Entre 1985 e 2000, a APA dos Pireneus perdeu 32,5 km² de vegetação nativa, equivalente a 19,4% de sua cobertura original. Após a criação da APA, em 2000, observou-se uma significativa desaceleração da supressão da vegetação nativa: entre 2001 e 2022, foram

suprimidos apenas 10,9 km², correspondendo a 5,0%. Esses dados destacam o impacto positivo da implementação da APA na conservação da vegetação nativa, demonstrando uma redução expressiva no ritmo de degradação ambiental.

Em 2000, a vegetação nativa cobria 134,6 km², correspondendo a 61,1% da área da APA dos Pireneus. Em 2022, essa cobertura foi reduzida para 123,7 km², ou 56,1% da APA. A supressão da vegetação ocorreu de forma distribuída em todo perímetro da área protegida, mas foi mais intensa nas regiões norte, nordeste, sul e sudoeste, concentrando-se especialmente em terrenos planos e ondulados (favoráveis à urbanização e agropecuária), além de áreas próximas aos centros urbanos de Pirenópolis e Cocalzinho de Goiás, revelando a pressão urbana e a vulnerabilidade das áreas mais acessíveis

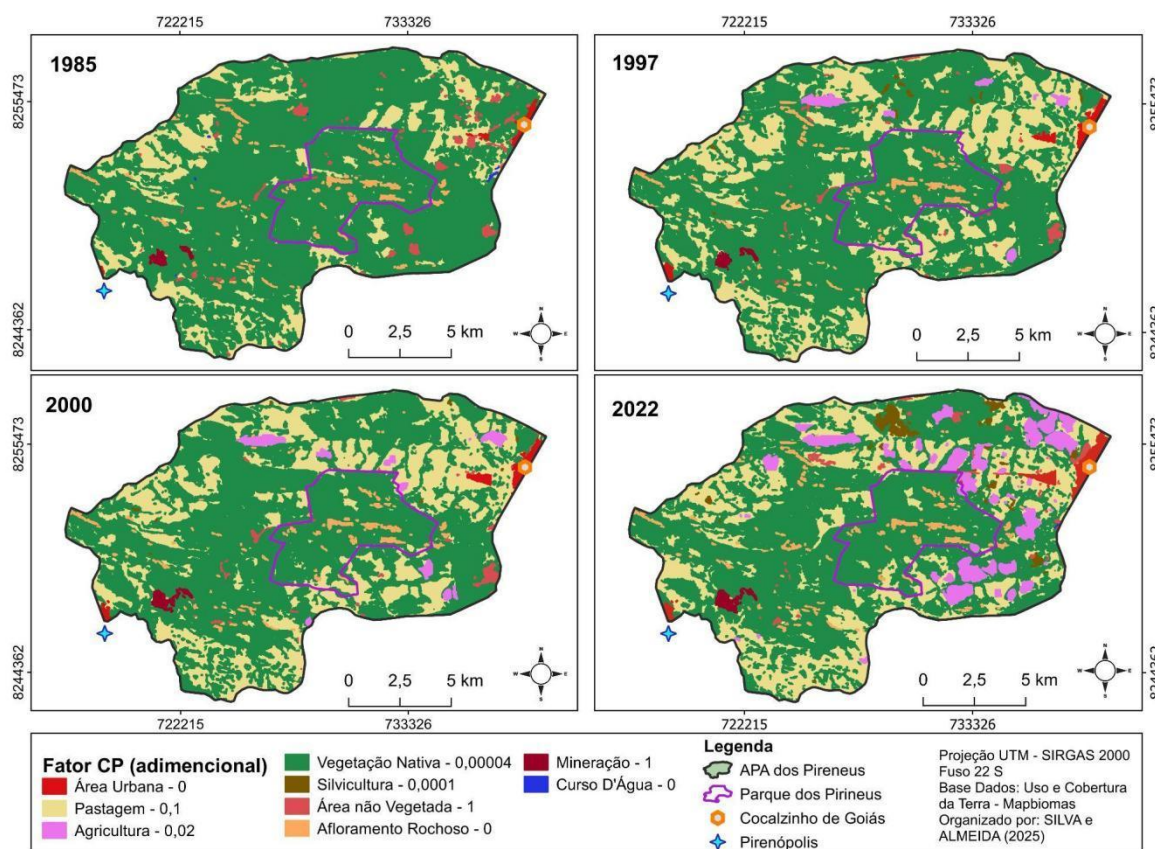
Em 2000, as pastagens, segunda classe de uso predominante, ocupavam 76,7 km², representando 34,8% da área total, com distribuição uniforme nas regiões noroeste, nordeste, sul e sudeste. Desde 1985, houve um aumento de 29,6 km² (14,5%) nessa categoria. Em 2022, porém, observou-se uma redução de 3,4 km² (1,6%), concentrada nas porções leste e nordeste, resultando em uma cobertura de 73,2 km², equivalente a 33,2% da área total. Nesse sentido, observa-se uma dinâmica de transformação no uso da terra ao longo do tempo, com as pastagens possuindo um aumento significativo entre 1985 e 2000, seguido por uma leve redução após a implementação da APA até o ano de 2022.

A classe de agricultura começou a ser identificada na APA dos Pireneus em 1997, com área inicial pouco representativa de 1,6 km² (0,7%), localizadas em pontos específicos das regiões noroeste, nordeste e sudeste. Em 2000, a agricultura alcançou 2,7 km² (1,21%). Em 2022, o avanço dessas atividades foi mais expressivo: a área ocupada pela agricultura quadruplicou em relação a 2000, atingindo 13,0 km² (5,9%) e expandindo-se para as regiões noroeste, norte, nordeste, leste e sudeste, consolidando-se como uma classe em ascensão no uso do solo. As análises indicam que a expansão da atividade agrícola pode estar associada à conversão de áreas de vegetação nativa e de pastagens, o que explicaria a redução observada em 2022, sobretudo no caso da vegetação nativa (Figura 3 e Tabela 4).

Tabela 4. Área do Uso e Cobertura da Terra da APA dos Pireneus-GO

Período	1985		1997*		2000**		2022	
Classes	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%
Vegetação Nativa	167,1	75,5	138,1	62,7	134,6	61,1	123,7	56,1
Pastagem	47,1	21,3	74,0	33,6	76,7	34,8	73,2	33,2
Agricultura	0,0	0,0	1,6	0,7	2,7	1,2	13,0	5,9
Silvicultura	0,0	0,0	0,4	0,2	0,1	0,0	2,5	1,1
Área não vegetada	2,6	1,2	1,1	0,5	1,2	0,6	1,3	0,6
Mineração	0,5	0,2	0,6	0,3	0,8	0,4	0,9	0,4
Afloramento Rochoso	3,0	1,4	2,9	1,3	2,3	1,1	3,0	1,4
Área Urbana	0,8	0,4	1,6	0,7	1,7	0,8	2,5	1,1
Corpo d'Água	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0

* Ano de delimitação do PEP, ** Ano de implementação da APA, **Fonte:** Autores(2023).

Figura 3. Uso e Manejo do solo e Práticas Conservacionistas (CP).

Fonte: Autores (2025)

Uso e cobertura da terra (fator CP) no PEP

Os resultados no Parque Estadual dos Pirineus revelam que em 1985, antes da delimitação do parque em 1997, a vegetação nativa dominava 88,0% (25,0 km²) da área total. No ano de implantação do parque em 1997, essa cobertura foi reduzida para 81,7% (23,2 km²), representando uma perda de 6,3%. Nos anos subsequentes ao decreto de delimitação do PEP, a vegetação nativa apresentou estabilidade, variando de 23,6 km² em 2000 para 24,0 km² em 2022, indicando que a estratégia de delimitação do parque freou a supressão e até possibilitou um leve acréscimo da vegetação nativa.

Em relação às pastagens, de 1985 a 1997, ocorreram expansão de 7,3% (2,1 km²) para 13,8% (3,9 km²), representando um aumento de 6,5%, concentrado principalmente nas regiões sul e norte, onde a vegetação nativa foi mais impactada. Por outro lado, após a delimitação do

PEP, as pastagens sofreram redução de 3,4 km², passando de 11,2% (3,4 km²) em 2000 para 10,1% (2,9 km²) em 2022. Essa redução ocorreu principalmente nas regiões nordeste e sudeste, onde as pastagens deram lugar à agricultura (Tabela 5 e Figura 3).

Tabela 5. Área do Uso e Cobertura da Terra do Parque Estadual dos Pireneus-GO.

Período	1985		1997*		2000**		2022	
Classes	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Vegetação Nativa	25,0	88,0	23,2	81,7	23,6	77,0	24,0	84,5
Pastagem	2,0	7,3	3,9	13,8	3,4	11,2	2,9	10,1
Agricultura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,3	0,9
Silvicultura	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Área não Vegetada	0,0	0,2	0,0	0,	1,3	4,1	0,0	0,0
Afloramento Rochoso	1,3	4,5	1,3	4,4	2,3	7,6	1,2	4,4

* Ano de delimitação do PEP, ** Ano de implementação da APA, **Fonte:** Autores (2023).

Após a publicação do decreto que delimitou o Parque Estadual dos Pireneus (PEP), sua conservação manteve relativa estabilidade até o ano 2000. A partir desse período, observou-se um possível processo de regeneração do estrato arbóreo em áreas anteriormente ocupadas por pastagens naturais destinadas ao pastoreio de gado, especialmente após a desocupação dessas áreas, conforme evidenciado em 2022.

A baixa ocupação do PEP pode ser atribuída às características da região, que incluem relevo declivoso, solo arenoso e pouco profundo. Ou seja, fatores que dificultam a exploração agrícola e limitam as atividades econômicas à pecuária de baixo rendimento e à mineração. Nesse sentido, grande parte do território do parque permanece preservada.

A redução das áreas de pastagem após a delimitação do parque também reflete o abandono dessas terras, consequência da desapropriação realizada, como destacado por Salmona (2014). Andrade (2018) complementa que a maioria das terras do PEP possuía baixo valor agropecuário e pouco potencial econômico, levando ao início do processo de regularização fundiária, marcado por conflitos que, em parte, ainda persistem.

Apesar da regeneração observada, foi detectado o avanço da agricultura em algumas áreas próximas ao parque, indicando um risco potencial à conservação. Essa situação reforça a necessidade de maior fiscalização por parte dos órgãos ambientais e de um controle rigoroso da visitação, fundamentais para garantir a preservação da biodiversidade e o equilíbrio ecológico da região.

Vulnerabilidade à Perda de Solo

Ao longo do período analisado, na APA dos Pireneus, a categoria de perdas de solo classificada como Nula a Moderada apresentou uma tendência de redução. Em 1985, essa categoria correspondia a 84% do território, diminuindo para 75% em 2000, ano de implementação da APA, e atingindo 71,1% em 2022. O declínio dessa categoria de menor suscetibilidade à erosão, sugere o aumento da expansão agropecuária em áreas de relevo com tendência à maiores perdas de solo, mesmo após a implementação da APA. No entanto, observa-se que a redução foi mais acentuada entre 1985 e 2000 do que no período subsequente, de 2000 a 2022.

As categorias Média, Média a Forte e Forte a Muito Forte apresentaram crescimento expressivo ao longo do período avaliado. Em particular, a classe Média aumentou consideravelmente de tamanho entre 1985 a 2022, avançando de 18,8 km² para 32,4 km² representando um crescimento de aproximadamente 72,3%. No entanto, é relevante observar que, após a implementação da APA, a taxa de crescimento dessa categoria foi reduzida. Entre 1985 e 2000, a classe Média aumentou 6,2%, passando de 8,5% para 14,7%. Já no período posterior à implementação da APA, de 2000 a 2022, o crescimento foi de apenas 2%, isto é, de 14,7% para 16,7%, indicando uma desaceleração no aumento da intensidade de perda de solo em um intervalo de tempo mais extenso.

O aumento das classes de maior intensidade de perda de solo pode estar associado às mudanças no uso e cobertura da terra, representadas pelo fator CP. Na APA dos Pireneus, em particular, a conversão de áreas de pastagem para agricultura contribuiu para esse crescimento, uma vez que o solo em áreas agrícolas está mais suscetível à erosão hídrica, especialmente durante os períodos de entressafra e no início do plantio, quando o solo tende a ficar descoberto a depender do tipo de manejo adotado: enquanto o plantio convencional tende a intensificar a perda de solo, o plantio direto pode atenuar os impactos.

Rosa *et al.* (2023) também observaram que as perdas de solo em duas unidades de conservação estão diretamente associadas ao tipo de uso e à pressão antrópica exercida. Nesse estudo, enquanto o Parque Nacional de Brasília apresentou maior perda de solo devido à expansão urbana, o Parque Nacional das Emas é predominantemente impactado pela conversão de vegetação nativa em áreas destinadas à agropecuária.

É importante destacar ainda que, de acordo com o fator LS, as características naturais do relevo tornam a APA intrinsecamente mais propensa à perda de solo. Essa predisposição indica que qualquer alteração no uso e cobertura da terra desempenha um papel crucial na modulação da intensidade das classes de perda de solo. Alterações que priorizem práticas de manejo conservacionistas são essenciais para atenuar os impactos, especialmente nessa região cuja sensibilidade ao relevo agrava os processos erosivos (Tabela 6).

Tabela 6. Área das Classes de Perda de Solo na APA.

Período	1985		1997*		2000**		2022	
Perda de Solo	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Nula a Moderada	184,8	84,0	168,4	76,6	164,8	75,0	156,3	71,1
Média	18,8	8,5	31,4	14,3	32,4	14,7	36,7	16,7
Média a Forte	9,5	4,3	12,6	5,7	13,7	6,2	16,5	7,5
Forte a Muito Forte	7,0	3,2	7,4	3,4	8,9	4,0	10,3	4,7

* Ano de implementação do PEP, ** Ano de implementação da APA. **Fonte:** Autores (2023).

Quanto ao Parque Estadual dos Pirineus, entre 1985 e 1997, período anterior à delimitação do parque, observa-se um aumento geral nas perdas de solo nas categorias mais intensas. A classe Nula a Moderada, que indica menores perdas de solo, reduziu de 93,1% para 88,3%. Esse declínio é acompanhado por um aumento expressivo na classe Média, que passou de 2,5% para 7,0%, e também na classe Média a Forte, que cresceu de 1,6% para 3,1%. Por outro lado, a classe Forte a Muito Forte apresentou uma diminuição, reduzindo de 2,8% para 1,6%.

Esses dados indicam que, nesse período, houve uma intensificação da degradação do solo nas categorias de Média à Média a Forte, possivelmente em decorrência de práticas inadequadas de manejo do solo e da ausência de medidas conservacionistas efetivas. A redução na classe Forte a Muito Forte pode estar associada principalmente a uma área linear à oeste do PEP que, em 1985 foi interpretada como pastagem mas, em 1997, observou-se regeneração.

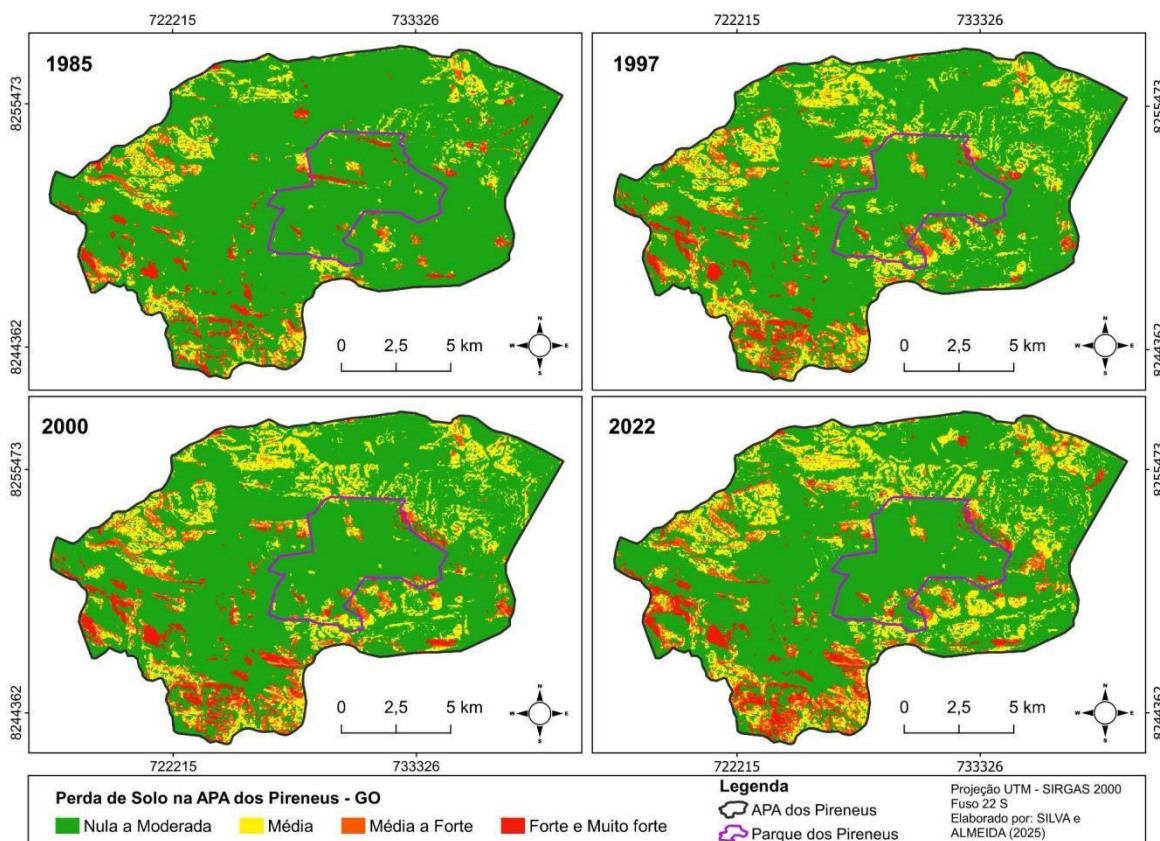
Após a implementação do PEP, entre 1997 e 2022, observou-se uma melhoria relativa nas condições de perda de solo que pode ser evidenciada através do aumento de 88,3% para 90,5% da classe Nula a Moderada, indicando uma possível recuperação parcial dessas áreas. Paralelamente, a classe Média reduziu de 7,0% para 4,5%, e a classe Média a Forte passou de 3,1% para 2,8%. Contudo, a classe Forte a Muito Forte apresentou um leve aumento, de 1,6% para 2,2%, que pode ter sido ocasionado principalmente por uma conversão de vegetação nativa em pastagem localizada na porção sul do parque, o qual ocasionou uma fragmentação (Tabela 7 e Figura 4).

Tabela 7. Área das classes de Perda de Solo do Parque Estadual dos Pirineus.

Período	1985		1997*		2000**		2022	
Perda de Solo	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Nula a Moderada	26,4	93,1	25,1	88,3	25,4	89,4	25,7	90,5
Média	0,7	2,5	2,0	7,0	1,6	5,6	1,3	4,5
Média a Forte	0,5	1,6	0,9	3,1	0,9	3,1	0,8	2,8
Forte a Muito Forte	0,8	2,8	0,5	1,6	0,5	1,8	0,6	2,2

* Ano de delimitação do PEP, ** Ano de implementação da APA, **Fonte:** Autores (2023).

Figura 4. Estimativa de perda de solo da APA dos Pireneus e do Parque Estadual dos Pireneus, em Goiás.



Fonte: Autores (2025).

Foli e Faria (2020) ressaltam que a perda da biodiversidade e a decorrente fragmentação de ambientes tem se mostrado um dos maiores desafios ambientais da atualidade. Um dos grandes problemas relacionados ao avanço da expansão urbana e/ou agrícola nas áreas de proteção são os processos erosivos que podem ocorrer de acordo com as alterações no uso e ocupação da terra, provocadas por eventos antropogênicos como remoção da vegetação, sobrepastoreio, queimadas, mineração, criação de estradas vicinais utilizados por animais e seres humanos, seguido por eventos pluviométricos (KUHN et al., 2023).

Esse cenário aponta para a efetividade parcial das estratégias de conservação implementadas a partir da delimitação do PEP. Assim como outros estudos demonstraram que

a simples designação de uma área como UC não é suficiente para garantir a conservação total da área protegida, mas, pode possibilitar a redução do avanço da degradação (OLIVEIRA e ALMEIDA, 2024; ROSA *et al.* 2023). No PEP, as melhorias observadas na classe Nula a Moderada pode revelar os esforços de proteção e manejo sustentável, enquanto o aumento nas classes Média e Forte a Muito Forte sugere a necessidade de ações de monitoramento, fiscalização ambiental e controle das áreas mais sensíveis à erosão.

CONCLUSÃO

O modelo matemático da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) associado ao Sistema de Informações Geográficas mostra-se eficaz para avaliar as áreas de vulnerabilidade à perda de solo em Unidades de Conservação, como na APA dos Pireneus e no Parque Estadual dos Pireneus, apesar das limitações de disponibilidade de dados e de escala compatível entre os fatores de solo, precipitação, relevo e uso e cobertura da terra.

Na APA dos Pireneus, a categoria de perda de solo classificada como Nula a Moderada apresentou uma tendência de redução considerável. Essa redução reflete o aumento das pressões ambientais, mesmo após a implementação da APA em 2000, com maior intensidade observada antes de sua criação (1985-2000). Por outro lado, as categorias de média à maior intensidade de perda de solo (Média, Média a Forte e Forte a Muito Forte) apresentaram crescimento expressivo, com destaque para a classe Média, que aumentou aproximadamente 72,3% ao longo de 1985 a 2022. Apesar desse crescimento, observa-se que, após a criação da APA, a intensificação da perda de solo desacelerou, indicando que a unidade de conservação pode ter exercido um papel moderador, ainda que insuficiente para conter completamente o avanço dos processos erosivos.

No Parque Estadual dos Pireneus (PEP), ao comparar os períodos analisados, nota-se que, entre 1985 e 1997, a ausência do parque resultou no agravamento das perdas de solo nas categorias Média e Média à Forte. Por outro lado, entre 1997 e 2022, após a delimitação do parque, constata-se melhoria, especialmente nas classes de perda de solo Nula a Moderada. No entanto, o aumento da perda de solo na classe Forte a Muito Forte em 2022 evidencia que ainda

são necessárias intervenções mais robustas para lidar com a pressão antrópica, principalmente em áreas de maior vulnerabilidade.

As mudanças no uso e cobertura da terra foram identificadas como principais impulsionadoras do aumento das classes de maior intensidade de perda de solo. A vegetação nativa na APA apresentou redução ao longo do tempo, com desaceleração do desmatamento após sua implementação, enquanto no PEP foi observado um incremento na cobertura vegetal após sua delimitação. Na APA, as pastagens, também dominantes, são substituídas aos poucos por áreas agrícolas. Ressalta-se que essa substituição associada a práticas de manejo inadequadas, intensificou a vulnerabilidade do solo, especialmente em terrenos caracterizados por relevo acidentado. No PEP, as pastagens, antes em expansão, reduziram após a delimitação do parque, sendo em parte substituídas por agricultura e silvicultura, o que merece atenção por ser um parque de proteção integral.

Em síntese, a criação da APA dos Pireneus e do Parque Estadual dos Pireneus apontam um impacto parcialmente positivo na desaceleração do desmatamento, bem como na redução das intensificações das perdas de solo, embora ainda sejam necessárias ações para alcançar resultados mais expressivos.

Recomenda-se, portanto, o cumprimento dos planos de manejo aprovados pelo Governo Estadual em fevereiro de 2024, o reflorestamento de áreas críticas — com prioridade para margens de cursos d'água e nascentes próximas de erosões —, o monitoramento contínuo e o desenvolvimento de práticas de educação ambiental voltadas para turistas e residentes da APA e entorno. Essas ações visam mitigar as perdas de solo e promover uma gestão mais eficaz, ordenada e equilibrada dos recursos naturais e da biodiversidade na APA e no PEP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E. A. **Gestão territorial e conflitos socioambientais no Parque Estadual dos Pireneus (GO)**. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/items/7e2a6ca6-e5e7-4e8b-838d-ff88a1501ec2>. Acesso em: 15 jan. 2024.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 3. ed. São Paulo: Ícone, 1993.

BRASIL. Lei n.º 9.985 de 18 de julho de 2000. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 24 maio 2023.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia Prática.** Rio de Janeiro: CPRM - Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, 2008. 600 p.

CASTRO, Selma Simões de. Erosão hídrica na alta bacia do rio Araguaia: distribuição, condicionantes, origem e dinâmica atual. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 38-60, 2005.

CNUC/MMA – Cadastro Nacional de Unidades de Conservação/Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação Brasileiras.** 2023. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>. Acesso em: 26 dez. 2023.

CONCEIÇÃO, L. F.; COSTA, C. F.; BARRETO, M. B.; NASCIMENTO, D. T.; OLIVEIRA, I. J. Geologia e turismo: perspectivas para a geoconservação e a promoção do geoturismo no município de Pirenópolis-GO. **Ateliê Geográfico**, v. 3, n. 3, p. 74-91, dez. 2009.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Levantamento da geodiversidade.** 2023. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Gestao-Territorial/Levantamento-da-Geodiversidade-5407.html>. Acesso em: 28 jun. 2023.

D'ABADIA, M. I. V.; VALVA, M. D.; CURADO, J. G. T. Pirenópolis/GO: de antigas Minas de Nossa Senhora do Rosário a circuito de turismo nacional. **Dimensões – Revista de História da UFES**, n. 46, p. 196-216, 2021.

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**, v. 51, p. 427-433, 1996.

FOLI, A. C. A.; FARIA, K. M. S. DE. Oportunidades e desafios da criação de Unidades de Conservação: reflexões sobre as experiências no Estado de Goiás, Brasil. **Revista Cerrados**, Montes Claros-MG, v. 18, n. 2, p. 424-446, jul./dez. 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/3235>. Acesso em: 19 jan. 2024.

GOIÁS (Estado). Decreto n.º 4.830 de 15 de outubro de 1997. **Estabelece a área e os limites do Parque Estadual dos Pireneus.** Casa Civil do Estado de Goiás, Goiânia, GO, 15 out. 1997. Disponível em: <https://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/62312/pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

GOIÁS (Estado). Lei n.º 10.321 de 20 de novembro de 1987. **Cria o Parque Estadual dos Pireneus e dá outras providências.** Casa Civil do Estado de Goiás, Goiânia, GO, 20 nov. 1987. Disponível em:

<https://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/85280/pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

GOIÁS (Estado). Lei n.º 14.247 de 29 de julho de 2002. **Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação no Estado de Goiás e dá outras providências**. Casa Civil do Estado de Goiás, Goiânia, GO, 29 jul. 2002. Disponível em: https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa_legislacao/81809/lei-14247. Acesso em: 20 de jun. 2023.

KUHN, C. E. S.; REIS, F. A. G. V.; ZARFL, C.; GRATHWOHL, P. Ravines and gullies, a review about impact valuation. **Natural Hazards**, v. 117, p. 597–624, 2023.

LIMA, J.E.F.W. et al. Desenvolvimento e verificação de métodos indiretos para a estimativa da erodibilidade dos solos da bacia experimental do Alto Rio Jardim - DF. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 8, n. 2, p. 23-36, 2007. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/92/85>. Acesso em: 20 de jun. 2023.

MCCOOL, D. K.; BROWN, L. C.; FOSTER, G. R.; MUTCHLER, C. K.; MEYER, L. D. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.30, n.5, p.1387-1396, 1987.

MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de Áreas Protegidas no Brasil. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 41-64, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/C4CWbLfTKrTPGzcN68d6N5v/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 de jun. 2024.

NACHTIGALL, S. D.; NUNES, M. C. M.; MOURA-BUENO, J. M.; LIMA, C. L. R.; MIGUEL, P.; BESKOW, S.; SILVA, T. P. Modelagem espacial da erosão hídrica do solo associada à sazonalidade agroclimática na região sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. e1-e12, nov./dez. 2020.

OLIVEIRA, D. F.; ALMEIDA, R. T. S. Avaliação da Vulnerabilidade à Perda de Solo com a Implementação do Parque Estadual da Serra Dourada – Goiás. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 18, n. 3, p. 211–245, 2024.

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

REINNING, L. **Erosion in Andean hillside farming: characterization and reduction of soil erosion by water in small scale cassava cropping systems in the southern central cordillera of Colombia**. ed. 1, Verlag Josef Margraf, 1992.

ROSA, L. E.; CHEREM, L. F. S.; SIAME, L. Perda de solos no bioma Cerrado: estudo comparativo entre áreas protegidas e não protegidas por Unidades de Conservação. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 43, n. 01, 2023.

SALMONA, Y. B.; RIBEIRO, F. F.; MATRICARDI, E. A. T. Parques “no papel” conservam? O caso do Parque dos Pireneus em Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 2, p. 295-310, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/31740/17009>. Acesso em: 29 de dez. 2023.

SAD-Cerrado / Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia- IPAM. Desmatamento cresce 60,5% no Cerrado e chega a 83 mil hectares em setembro. 2023. Disponível em: <https://ipam.org.br/desmatamento-cresce-605-no-cerrado-e-chega-a-83-mil-hectares-em-setembro/>. Acesso em: 15 de jan. 2024.

SEMAD. **Área de Proteção Ambiental dos Pireneus (APA dos Pireneus)**. 2023a. Disponível em: <https://goias.gov.br/meioambiente/area-de-protecao-ambiental-dos-pireneus-apa-pireneus/>. Acesso em: 24 de mai. 2023.

SEMAD. **Parque Estadual dos Pireneus (PEP)**. 2023b. Disponível em: <https://goias.gov.br/meioambiente/parque-estadual-dos-pirineus-pep/>. Acesso em: 23 de jun. 2023.

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**, Viçosa, v. 33, p. 1811-1820, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/cnstKFMGXyTJzKth5QTyHK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 de jun. 2023.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEUX, P.; CURTI, N.; LIMA, J. M. Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro em Goiânia (GO). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 21, p. 131-137, 1997. Disponível em: <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010015595>. Acesso em: 20 de jun. 2023.

SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. *Catena*, Amsterdam, v. 57, n. 3, p. 251-259, 2004.

STEIN, D. P.; DONZELLI, P. L.; GIMENEZ, A. F. PONÇANO, W. L. LOMBARDI NETO, F. Potencial de erosão laminar, natural e antrópica na Bacia do Peixe-Paranapanema. **Anais do IV Simpósio Nacional de Controle de Erosão**, Marília, SP, p. 105-135, 1987.

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., Foz do Iguaçu, 2018. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 1-9. Disponível em: <https://anais.abes-dn.org.br/download.php?idtema=9&idevento=40>. Acesso em: 15 de jan. 2024.

THOMÉ FILHO, J. J.; MORAES, J. M.; PAULA, T. L. F. DE. **Geoparque Pireneus (GO)**. Geoparque do Brasil/Propostas. v. 1, 2012. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17153>. Acesso em: 26 de jun. 2023.

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.