



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



Vulnerabilidade Ambiental das Unidades Territoriais das Paisagens do Sudoeste do Paraná

Julio Caetano Tomazoni¹, Elisete Guimaraes² Eduardo Caetano Tomazoni³

¹Pós Doutor em Química Inorgânica, Doutor e Mestre em Geologia, Especialista em Cartografia e Georreferenciamento Rural, Geógrafo, UTFPR Campus Francisco Beltrão, Brasil.caetano@utfpr.edu.br (autor correspondente). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão. Linha Santa Bárbara, s/n – CEP 85601-970 – Caixa Postal 135 – Francisco Beltrão – PR, <https://orcid.org/0000-0002-7932-0255>. ²Doutora e Mestre em Química Inorgânica, Especialista em Metodologia do Ensino Tecnológico, Bacharel e licenciada em Química, UTFPR Campus Francisco Beltrão, Brasil.guimaraes@utfpr.edu.br. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Francisco Beltrão. Linha Santa Bárbara, s/n – CEP 85601-970 – Caixa Postal 135 – Francisco Beltrão – PR, <https://orcid.org/0000-0003-3050-7331>. ³Advogado inscrito na OAB/PR sob o nº 91.628. Atualmente subcoordenador do setor trabalhista patronal do Ordakovski & Portes Lantier - OPL Advogados Associados. Mestrando em Direito pela Universidade Positivo - UP, Especialista em Direitos e Processos do Trabalho e Previdenciário pela Academia Brasileira de Direito Constitucional - ABDConst e Especialista em Direito Aplicado pela Escola da Magistratura do Paraná - EMAP. Graduado em Direito pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, <https://orcid.org/0009-0007-6990-3493>.

Artigo submetido em 29/01/2024 e aceito em 08/11/2024

RESUMO

Este trabalho faz uma aplicação prática da metodologia de mapeamento da vulnerabilidade da paisagem à perda de solo. O trabalho foi desenvolvido sobre o território do Sudoeste do Estado do Paraná, Brasil com área de 1.702.777,5469ha. No trabalho, avaliou-se a vulnerabilidade potencial que está associada a potencialidade natural sem a ação antrópica e a vulnerabilidade emergencial que está associada ao grau de impacto antrópico. Utilizando a metodologia do Zoneamento Ecológico-Econômico determinou-se a vulnerabilidade potencial, constatou-se que o território do Sudoeste do Paraná é naturalmente protegido da vulnerabilidade ambiental, pois, 66,5% de sua área possui o grau moderadamente estável; 33,2%, possui o grau medianamente estável/vulnerável; e 0,3%, tem o grau Estável. A Vulnerabilidade emergencial foi determinada a partir da vulnerabilidade para o uso da terra para quatro coleções do MapBiomas: 1992, 2002, 2012 e 2022. O grau de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável é o predominante. Em 1992 abrangia 67,2% do território, em 2002, 67,7%, em 2012, 64,9% e em 2022, 63,1%. O grau de vulnerabilidade moderadamente estável, aparece em segundo lugar, com o seguinte comportamento: em 1992, abrangia 28,2% do território, em 2002, 27,3%, em 2012, 29,2% e em 2022, 30,4%. O grau Estável variou de 3,3% do território em 1992, 2,9%, em 2002, 3,0% em 2012 e 3,2% em 2022. O grau moderadamente vulnerável variou de 1,4% do território em 1992, para 3,2% em 2022. O grau vulnerável não aparece nenhum ano.

Palavras-chave: Vulnerabilidade potencial; Vulnerabilidade emergencial; Meio ambiente.

Environmental Vulnerability of Territorial Units in the Landscape of Southwest Paraná

ABSTRACT

This work makes a practical application of the mapping methodology of landscape vulnerability to soil loss. The work was developed on the territory of the southwest of the state of Paraná, Brazil with an area of 1,702,777.5469ha. At work, the potential vulnerability that is associated with natural potentiality without anthropic action and emergency vulnerability that is associated with the degree of anthropic impact was evaluated. Using the methodology of ecological-economic zoning was determined the potential vulnerability, it was found that the territory of southwest of Paraná is naturally protected from environmental vulnerability, since 66.5% of its area has moderately stable degree; 33.2%, has the mediumly stable/vulnerable degree; and 0.3%, has the stable degree. Emergency vulnerability was determined from the vulnerability for land use to four Mapbiomas collections: 1992, 2002, 2012 and 2022. The degree of medium stable/vulnerable vulnerability is predominant. In 1992 it covered 67.2% of the territory, in 2002, 67.7%, in 2012, 64.9% and 2022, 63.1%. The degree of moderately stable vulnerability appears in second place, with the following behavior: in 1992, it covered 28.2% of the territory, in 2002, 27.3%, in 2012, 29.2% and 2022, 30.4%. The stable degree ranged from 3.3% of the territory in 1992, 2.9%, in 2002, 3.0% in 2012 and 3.2% in 2022. Moderately vulnerable degree ranged from 1.4% of the territory in 1992, to 3.2% in 2022. The vulnerable degree does not appear any year.

Key words: Potential vulnerability; Emergency vulnerability; Environment.

Introdução

A natureza tem lidado com mudanças significantes nas condições ambientais da Terra desde que a vida apareceu pela primeira vez, há cerca de 3,5 bilhões de anos. Por essa razão, os especialistas em ambiente dizem que quando se enfrenta uma mudança climática isso se torna um problema para a humanidade e outras espécies. Assim, dever-se-ia começar a entender como a natureza tem lidado com essas mudanças e tentar imitar as soluções que ela apresenta (Miller; Spoolman, 2015).

Após a revolução industrial, iniciou-se um processo de intensa poluição ambiental. Nas últimas décadas, a degradação ambiental ganhou mais força, aliada às novas tecnologias de produção e ao anseio por mais lucros, num processo desenfreado de alteração ambiental.

A degradação ambiental, na moderna literatura ambiental científica e de divulgação, é quase sempre ligada à uma mudança artificial ou perturbação de causa humana, é geralmente uma redução percebida das condições naturais ou do estado de um ambiente. O agente causador de degradação ambiental é sempre o ser humano, pois processos naturais não degradam ambiente, apenas causam mudanças (Sánchez, 2013).

Os recursos naturais de caráter renováveis, como o solo, as florestas, a fauna silvestre, a água usada pelas plantas, as fontes, cujo uso e preservação adequados se convencionou denominar amplamente de conservação do solo, têm sido insensivelmente maltratados por uma verdadeira agricultura de exploração. Isso tem sido provocado pelos agricultores, na sua ignorância, ou na luta contra limitações de ordem econômico social. Os solos estão desaparecendo, levados pela água e varridos pelo vento. Atualmente, a destruição da finíssima camada viva do planeta aumenta numa proporção não igualada na história. E, quando o solo desaparecer, as regiões férteis que existiram serão desérticas e inabitáveis (Bertoni; Lombardi neto, 2012).

O processo erosivo é um fenômeno natural no contexto do equilíbrio dinâmico ambiental, no entanto, a ação antrópica, através do desmatamento de áreas geomorfologicamente ativas, do desnudamento e manejo inadequado dos solos em práticas agrícolas ou loteamentos urbanos, para citar alguns exemplos, podem intensificar severamente as taxas de erosão, resultando prejuízos de ordem ambiental, econômica e social (Nörnberg; Rehbein, 2021).

Para mensurar a perda de solo através de erosão hídrica laminar existem vários modelos matemáticos determinantes que podem ser

empregados, envolvendo a modelagem de parâmetros ambientais e dos processos dinâmicos envolvidos. A modelagem para a análise dos efeitos do uso do solo e dos processos hidrossedimentológicos possibilita integrar um conjunto de parâmetros e procedimentos de simulação que consegue assemelhar-se às condições reais, auxiliando no entendimento da situação atual da área onde for aplicada, bem como no planejamento de ações preventivas (Vansan; Tomazoni, 2020).

Como já foi mencionado, muitos modelos podem ser utilizados para quantificar a erosão. Um modelo em destaque é a análise da vulnerabilidade à perda de solo proposta por Crepani, Medeiros e Palmeira (2008). Para eles a noção de vulnerabilidade tem sido matéria de discussão entre os termos utilizados quando se trata de riscos e vulnerabilidades.

Os supracitados autores, em seus estudos, adotaram a metodologia de mapeamento da vulnerabilidade da paisagem à perda de solo, desenvolvida por eles, com o objetivo de subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico. Essa metodologia está fundamentada no conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977) e na potencialidade das imagens de satélites para estudos integrados que permitem uma visão sinótica, repetitiva e holística da paisagem.

Tricart (1977), para analisar a vulnerabilidade à perda de solo das unidades de paisagem, utiliza a caracterização morfodinâmica dessas unidades baseada na ecodinâmica, dentro das seguintes categorias:

1) meios estáveis – cobertura vegetal densa; dissecação moderada; e ausência de manifestações vulcânicas.

2) meios intergrades – equilíbrio entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas.

3) meios fortemente instáveis – condições bioclimáticas agressivas, com ocorrências de variações fortes e irregulares de ventos e chuvas; relevo com vigorosa dissecação; presença de solos rasos; inexistência de cobertura vegetal densa; planícies e fundos de vales sujeitos a inundação; e geodinâmica interna intensa.

Crepani et al. (1996) apud Crepani, Medeiros e Palmeira (2008), fundamentados nesses princípios criaram um modelo no qual buscaram a avaliação de forma relativa e empírica do estágio de evolução morfodinâmica da unidade de paisagem, denominada Unidade Territorial Básica – UTB. O modelo apresenta três categorias morfodinâmicas, onde se tem como resultado a atribuição de valores que variam de 1,0 a 3,0 e ao

identificar a condição morfodinâmica tende-se a apresentar estabilidade ou instabilidade, conforme apresentado no Tabela 1.

Tabela 1 - Avaliação da Estabilidade das Categorias de Morfodinâmicas

Categoria Morfodinâmica	Relação Pedogênese/Morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a Pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio Pedogênese/Morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a Morfogênese	3,0

Fonte: Crepani, Medeiros e Palmeira (2008)

Após essa primeira aproximação, Crepani, Medeiros e Palmeira (2008 p299), procuraram contemplar uma maior variedade de categorias morfodinâmicas, construindo uma escala de vulnerabilidade à perda de solo para situações que ocorressem naturalmente.

Na tabela que os autores mencionados apresentam na página 299 do trabalho deles, quando há o predomínio de processos pedogenéticos, atribuíram-se valores próximos a 1; nas situações intermediárias o valor atribuído fica em torno de 2; já, quando predominam os processos morfogenéticos, atribuíram-se valores próximos a 3. Na escolha das cores obedeceram aos critérios de comunicação visual, associando às cores quentes as matizes do vermelho, amarelo e laranja e às cores frias as matizes do azul e do verde.

Assim sendo, este trabalho tem como objetivo realizar uma aplicação prática da

metodologia de mapeamento da vulnerabilidade da paisagem à perda de solo desenvolvida por Crepani, Medeiros e Palmeira (2008), visando apresentar métodos para avaliar e controlar a erosão do solo. O trabalho foi desenvolvido sobre o território do Sudoeste do Estado do Paraná, Brasil, utilizando o SIG QGIS 3.34.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

O Sudoeste, indicado na Figura 1 é constituído por 42 municípios e está localizado no Estado do Paraná, Brasil e possui Área de 1.702.777,5469 ha ou 17.027,775469km² e Perímetro de 1.076.687m ou 1.076,687km. O Sudoeste corresponde a 8,54% da área do Estado do Paraná.

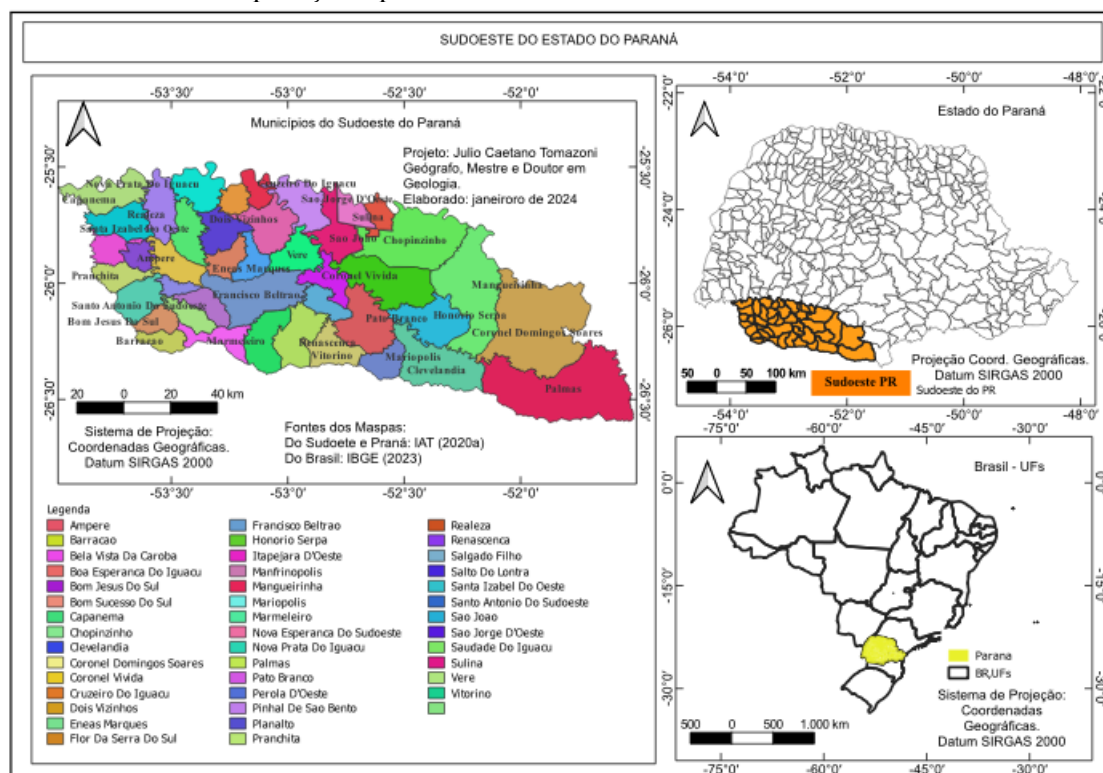


Figura 1 - Municípios do Sudoeste e Localização no Estado do Paraná e Brasil. Fonte: IAT (2020a), IBGE (2023).

Mapeamento de vulnerabilidade à perda de solo

Para Crepani, Medeiros e Palmeira (2008), o mapa de vulnerabilidade à perda de solo representa a análise do meio físico e biótico para a ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais.

Na metodologia adotada neste estudo para geração do mapa final de vulnerabilidade à perda de solo, cada componente da paisagem: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação/uso da terra e clima é uma imagem raster com resolução espacial de 30 m do banco de dados do software Qgis 3.30. Essas imagens têm o valor de seus pixels numa escala de 1 a 3.

Vulnerabilidade potencial

A vulnerabilidade potencial está associada a potencialidade natural sem a ação antrópica. Para determiná-la utilizou-se a equação 1, a qual foi introduzida na Ferramenta do Qgis 3.34 Raster/Calculadora raster.

$$Vp = \frac{G + R + S + Vg + C}{5} \quad (1)$$

Em que: Vp – Vulnerabilidade potencial das unidades de paisagens; G – Vulnerabilidade para o tema geologia; R – Vulnerabilidade para o tema geomorfologia; S - Vulnerabilidade para o tema solos; Vg - Vulnerabilidade para o tema vegetação/uso da terra; C - Vulnerabilidade para o tema clima.

Todo o processo de sistematização para cálculo da vulnerabilidade potencial no QGIS 3.34, consta em um fluxograma na Figura 2.

Na determinação da vulnerabilidade para o tema geologia, Crepani, Medeiros e Palmeira (2008), apresentaram uma relação com a posição das rochas mais comumente encontradas na superfície terrestre, dentro da escala de vulnerabilidade à perda de solo relacionada a denudação (intemperismo + erosão). Nessa escala, as rochas menos suscetíveis à perda de solo foram os Quartzitos ou Metaquartzitos, para os quais os autores adotaram o grau 1. Já, os mais suscetíveis foram os Sedimentos inconsolidados: aluviões e colúvios, dentre outros, para os quais adotaram o grau 3.

A estrutura geológica do Sudoeste do Estado do Paraná é constituída por rochas basálticas, desse modo, para as rochas Andesitos, Dioritos e Basaltos os autores adotaram o valor 1,5 que é um grau de suscetibilidade à erosão intermediário. Portanto, para a vulnerabilidade do tema geologia, para todo o território do Sudoeste do Paraná o valor considerado foi 1,5.

Na determinação da vulnerabilidade para o tema geomorfologia Crepani, Medeiros e Palmeira (2008) adotaram a Equação 2.

$$R = \frac{G + A + D}{3} \quad (2)$$

Em que: R – Vulnerabilidade para o tema geomorfologia; G – Vulnerabilidade atribuída ao grau de dissecação; A – Vulnerabilidade atribuída à amplitude altimétrica; D – Vulnerabilidade atribuída à declividade.

Para os valores de vulnerabilidade para a intensidade de dissecação do relevo (amplitude interfluvial), adotou-se o que foi proposto por Crepani, Medeiros e Palmeira (2008 p301). Os autores adotaram uma escala de 21 valores, sendo que amplitude >5000m, o índice de Vulnerabilidade é 1,0 (menor valor). Os valores de vulnerabilidade foram aumentando no índice de 0,1, a cada 250m de amplitude a menos, chegando no índice 3,0 (maior valor), na amplitude <250m.

Para os valores de vulnerabilidade para a amplitude altimétrica, adotou-se o que foi proposto por Crepani, Medeiros e Palmeira (2008 p301). Os autores adotaram uma escala de 21 valores, sendo que amplitude <20m, o índice de Vulnerabilidade é 1,0 (menor valor). Os valores de vulnerabilidade foram aumentando no índice de 0,1, a cada 9,5m de amplitude a mais, chegando no índice 3,0 (maior valor), na amplitude >200m.

Para os valores de vulnerabilidade para a declividade das encostas, adotou-se o que foi proposto por Crepani, Medeiros e Palmeira (2008 p301). Os autores adotaram uma escala de 21 valores, sendo que declividade <2,0 graus (<3,5%), o índice de Vulnerabilidade é 1,0 (menor valor). Os valores de vulnerabilidade foram aumentando no índice de 0,1, a cada 1,3 graus de declividade a mais, chegando no índice 3,0 (maior valor), na declividade >27,0 graus (>50,0%).

Na determinação da vulnerabilidade de cada tipo de solo deve ser considerado o grau de maturidade que é o produto direto do balanço da morfogênese/pedogênese. Ela indica se prevalecem os processos erosivos da morfogênese, comum em solos jovens e pouco desenvolvidos, ou se as condições de estabilidade permitem o predomínio dos processos de pedogênese, que gera solos maduros, profundos, lixiviados e bem desenvolvidos.

Para a área de estudos, utilizou-se de acordo com Crepani, Medeiros e Palmeira (2008), os graus de vulnerabilidade dos solos indicados na Tabela 2. Nas associações de solos efetuou-se uma

ponderação em função dos tipos de solos que as compõem.

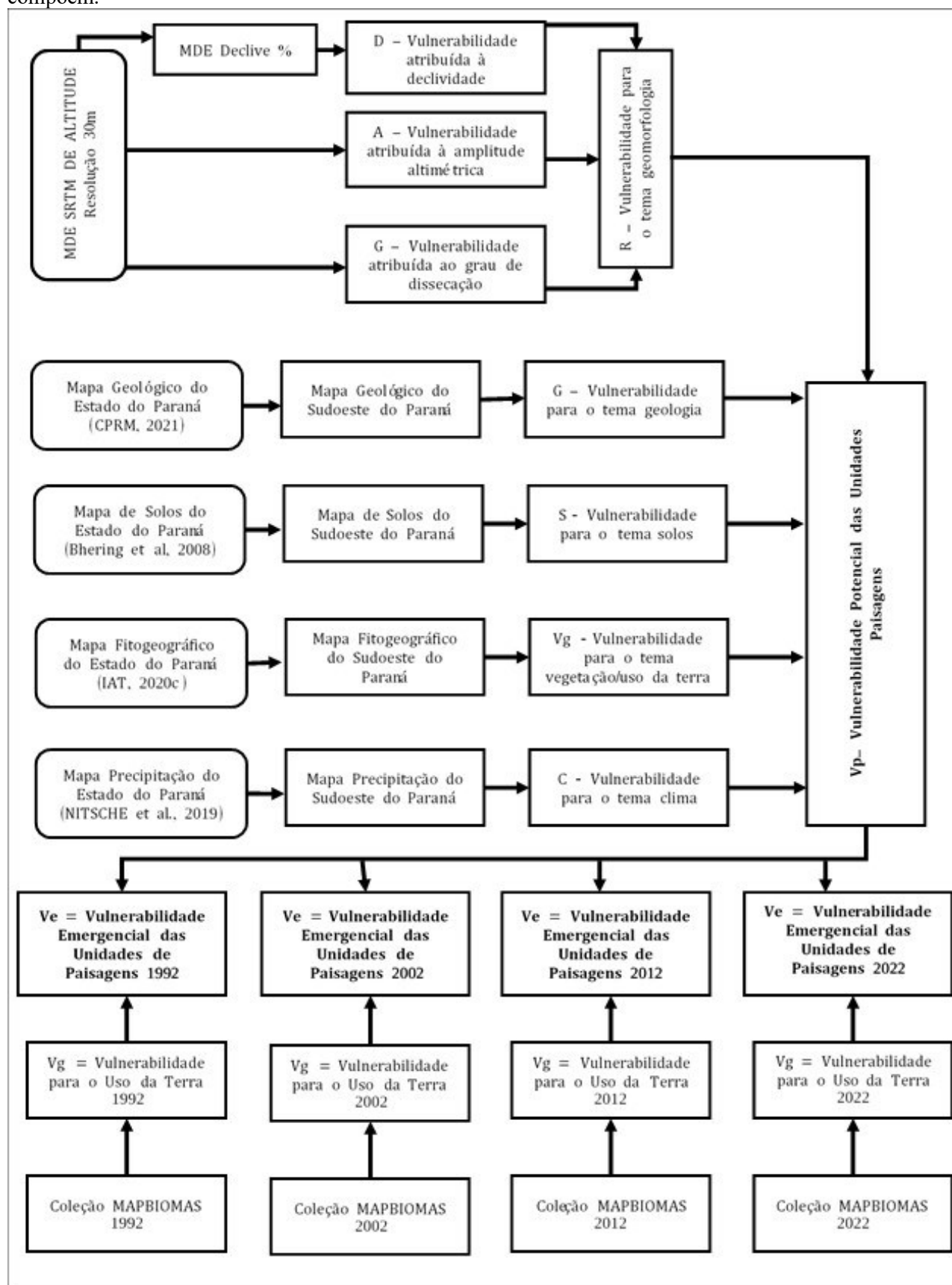


Figura 2 - Fluxograma de Procedimentos Adotados para Cálculos das Vulnerabilidades Potencial e Emergencial.

Tabela 2 - Valores de Vulnerabilidade para o Tema Solos

Descrição dos solos	Vulnerabilidade	
	Índice	Grau
LATOSSOLO BRUNO Distrófico, LATOSSOLO VERMELHO Distrófico e LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico	1,0	Estável
Água, LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico + NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico e NITOSSOLO VERMELHO Distrófico + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	1,5	Moderadamente estável
CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico + LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, LATOSSOLO BRUNO Distrófico + CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico e LATOSSOLO BRUNO Distrófico + CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico	1,8	Medianamente estável/vulnerável
NITOSSOLO VERMELHO Distrófico, NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico	2,0	
CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico úmbrico + NITOSSOLO HÁPLICO Distrófico, NITOSSOLO HÁPLICO Distrófico + CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico, CAMBISSOLO HÚMICO Alumínico, NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico + GEISSOLO indiscriminado, NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico + NEOSSOLO LITÓLICO Eutroférico, NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico + NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico, NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico + NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico + CHERNOSSOLO HÁPLICO Órtico, NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico + CHERNOSSOLO ARGILÚVICO Férrico + NITOSSOLO VERMELHO Distrófico e NEOSSOLO REGOLÍTICO Húmico + NITOSSOLO VERMELHO Distrófico	2,3	Moderadamente vulnerável
CAMBISSOLO HÚMICO Alumínico + NEOSSOLO LITÓLICO Húmico, CAMBISSOLO HÚMICO Alumínico + NEOSSOLO LITÓLICO Húmico + ORGANOSSOLO MÉSICO Sáprico, CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico + NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico, NEOSSOLO LITÓLICO Distro-úmbrico + CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico, NEOSSOLO REGOLÍTICO Húmico + AFLORAMENTOS DE ROCHA + CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico.	2,8	Vulnerável
Áreas urbanas, GLEISSOLO HÁPLICO Indiscriminado, NEOSSOLO LITÓLICO Húmico, NEOSSOLO LITÓLICO Húmico + ORGANOSSOLO Indiscriminado e NEOSSOLO REGOLÍTICO Distro-úmbrico + AFLORAMENTOS DE ROCHA	3	

Fonte: adaptado de Crepani, Medeiros e Palmeira (2008), Bhering et al. (2008) e EMBRAPA (2006).

Para determinação da vulnerabilidade da cobertura vegetal da área de estudos, inicialmente verificou-se as vegetações primitivas que cobriam a mesma e para isso elaborou-se o mapa Fitogeográfico do Sudoeste do Paraná, a partir do Mapa Fitogeográfico do Estado do Paraná (IAT, 2020c). Segundo esta fonte as formações que cobriam todo o Sudoeste do Paraná eram: Campos Naturais; Floresta Estacional Semidecidual Montana; Floresta Estacional Semidecidual Submontana; Floresta Ombrófila Mista Alto-montana; Floresta Ombrófila Mista Montana; Floresta Ombrófila Mista Submontana.

Segundo Crepani et al. (2001), são atribuídos valores próximos a 1,0 (estabilidade) para cobertura vegetal das unidades de paisagem

natural do tipo Floresta Ombrófila Mista, independente da sua posição topográfica (Aluvial, Submontana, Montana e Alto-montana), por isso adotou-se o índice 1,3.

Segundo Crepani et al. (2001), são atribuídos valores entre 1,4 e 1,7 para Floresta Estacional Semidecidual (20 a 50% de caducifolia), independente da sua posição topográfica (Aluvial, Terras baixas, Submontana e Montana) e de sua fisionomia específica (dossel uniforme ou emergente), por isso para essas formações adotou-se o índice 1,4.

Para os Campos Naturais, adotou-se a recomendação de OPENGIS (2023) e usou-se o índice 2,3.

Para determinação da vulnerabilidade para o tema clima, inicialmente georreferenciou-se o Mapa de Precipitação pluviométrica do Estado do Paraná constante no Atlas climático do estado do Paraná elaborado por NITSCHKE et al. (2019). Em seguida criou-se uma camada vetorial e digitalizou-se as isoietas de precipitação para todo o Estado. Criou-se um campo precipitação mensal na tabela de atributos do arquivo e converteu-se a precipitação anual em mensal, que depois foi convertida em índice de vulnerabilidade.

Vulnerabilidade emergencial

A Vulnerabilidade emergencial está associada com a relação entre o grau de impacto antrópico e a Vulnerabilidade potencial. Para calculá-la utilizou-se a Equação 3. Todo o processo de sistematização para cálculo da vulnerabilidade emergencial no QGIS 3.34, consta em um fluxograma na Figura 2.

$$Ve = \frac{(Vp + Vg)}{2} \quad (3)$$

Em que: Ve = Vulnerabilidade Emergencial das Unidades de Paisagens; Vp = Vulnerabilidade Potencial da Unidade de Paisagem; Vg = Vulnerabilidade para o Uso da Terra.

Para interpretação da Vulnerabilidade para o Uso da Terra, utilizou-se as formas de uso das coleções baixadas do site do MapBiomas (2023). Para o Sudoeste do Paraná baixou-se as coleções do Estado do Paraná, dos anos de 1992, 2002, 2012 e 2022. Nessas coleções encontrou-se as formas de uso, que estão discriminadas na Tabela 3.

Como considerou-se a Vulnerabilidade para o uso da terra para quatro coleções do MapBiomas (1992, 2002, 2012 e 2022), foi necessário rodar a Ferramenta do Qgis 3.30 Raster/Calculadora raster, por quatro vezes.

Após rodar a ferramenta por quatro vezes obteve-se os arquivos: Ve Vulnerabilidade Emergencial Unidades Paisagens 1992; Ve Vulnerabilidade Emergencial Unidades Paisagens 2002; Ve Vulnerabilidade Emergencial Unidades Paisagens 2012; e Ve Vulnerabilidade Emergencial Unidades Paisagens 2022.

Tabela 3 - Valores de Vulnerabilidade para o Tema Uso do Solo

Forma de uso	Índice	Grau	Fonte
Floresta	1,3	Estável	Crepani et al. (2001)
Reflorestamento	1,5	Moderadamente estável	Adaptado pelos autores
Banhado	1,5	Moderadamente estável	Lopes e Saldanha (2016)
Hidrografia	1,5	Moderadamente estável	Lopes e Saldanha (2016)
Pastagem	2,0	Medianamente estável/vulnerável	OPENGIS (2023)
Campo	2,3	Moderadamente vulnerável	OPENGIS (2023)
Agricultura e Pastagem	2,4	Moderadamente vulnerável	Adaptado pelos autores
Lavoura de soja	2,7	Vulnerável	Crepani, Medeiros e Palmeira (2008)
Agricultura em geral	2,7	Vulnerável	Crepani, Medeiros e Palmeira (2008)
Área urbana	3,0	Vulnerável	OPENGIS (2023)
Solo exposto	3,0	Vulnerável	OPENGIS (2023)

Resultados e discussão

Vulnerabilidade para o tema geologia

Conforme o Mapa Geológico do Estado do Paraná, elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (2021) a geologia do Sudoeste do Paraná assim se enquadra:

a) Subgrupo Serra Geral Sul ($K1\beta s$): unidades vulcânicas correspondentes à Subprovíncia Ígnea Sul.

$K1\alpha p$ - Formação Palmas: dacitos e riolitos de cor cinza claro arroxeados, geralmente afíricos, faneríticos finos a afaníticos quando na forma pitchstones pretos. Quando diversificados exibem textura sal e pimenta, com esferulitos. Ocorrem na forma de derrames espessos, domos ou coullés. $134 \pm 1,4$ Ma (U-Pb SHRIMP em zircão).

$K1\beta vs$ - Formação Vale do Sol: andesitos basálticos ocorrem na forma de derrames espessos e extensos de morfologia rubbly pahoe-hoe, com brechas de topo de derrame. Ocorrem intercalações

com camadas de rochas vulcanoclásticas e arenitos. Continental Flood Basalts.

b) Subgrupo Serra Geral Centro Norte (K1β_{cn}): unidades vulcânicas correspondendo à Subprovincia Ígnea Centro-Norte

K1β_{pr} - Formação Paranapanema: derrames de basaltos pahoe-hoe espessos e inflados. Localmente rubbly pahoe-hoe. Camada vulcanoclástica na base da unidade.

K1β_{pi} - Formação Pitanga (pi): derrames delgados de lavas básicas do tipo pahoe-hoe simples e/ou composto, associados a depósitos vulcanoclástico máficos (brechas, tufo-brechas e tufos). Intercalações comuns com arenitos e lamitos. Subordinadamente ocorrem derrames rubbly pahoe-hoe e derrames pahoe-hoe tabulares espessos. Localmente ocorrem paleolagos de lavas com disjunções colunares hexagonais de grande porte 134,4±1,1Ma (U-Pb SHRIMP). K1β_{tp}

Formação Três Pinheiros - Membro Três Pinheiros (tp): derrames de lavas básicas hipohialinas de cor preta.

K1α_{ch} - Formação Chapecó: derrames de dacitos, traquidacitos e riolitos porfíricos, comumente com autobrechas basais, núcleo maciço e topo vesiculado. Derrames estão em contato basal com arenitos da formação Botucatu no Norte do Estado do Paraná e localmente recobertos por eles. 134,8±1,4Ma e 135,6±1,8Ma (U-Pb SHRIMP em zircão).

A quantificação na Tabela 4. Pelo que consta na Tabela 6, para o tema geologia, 100% da área do Sudoeste do Paraná possui vulnerabilidade 1,5, que a enquadra no grau moderadamente estável.

Tabela 4 - Dados da vulnerabilidade para o tema geologia

Unidade		Área		Vulnerabilidade	
Sigla	Nome	ha	% da área	Índice	Grau
K1α _{pa}	Palmas	261383,54	15,4	1,5	Moderadamente estável
K1β _{vs}	Vale do Sol	51376,89	3,0	1,5	
K1β _{pr}	Paranapanema	602328,01	35,4	1,5	
K1α _{ch}	Chapecó	37812,80	2,2	1,5	
K1β _{pi}	Pitanga	617408,87	36,3	1,5	
K1β _{tp}	Três Pinheiros	109261,14	6,4	1,5	
	Água (não classificado)	23206,30	1,4	1,5	
Total		1702777,55	100,0		

Vulnerabilidade para o tema geomorfologia

A determinação da vulnerabilidade para o tema geomorfologia é resultante da média ponderada da vulnerabilidade atribuída ao grau de dissecação, da vulnerabilidade atribuída à amplitude altimétrica e da Vulnerabilidade atribuída à declividade.

Os dados da Tabela 5, demonstram que em termos de vulnerabilidade para o tema

geomorfologia, 70,9% do território do Sudoeste do Paraná tem vulnerabilidade entre 1,8 e 2,2, grau medianamente estável/vulnerável; 16,1% da área tem vulnerabilidade entre 2,3 e 2,6, grau moderadamente vulnerável; em 10% da área a vulnerabilidade fica entre 1,4 e 1,7, grau moderadamente estável; já em 3,0% do território a vulnerabilidade fica entre 2,7 e 3,0, grau vulnerável.

Tabela 5 - Dados da Vulnerabilidade para o Tema Geomorfologia

Vulnerabilidade	Grau de Vulnerabilidade	Área ha	% da área
1,0 a 1,3	Estável	0,0000	0,0
1,4 a 1,7	Moderadamente estável	169.972,8657	10,0
1,8 a 2,2	Medianamente estável/vulnerável	1.207.179,4330	70,9
2,3 a 2,6	Moderadamente vulnerável	274.202,1041	16,1
2,7 a 3,0	Vulnerável	51.423,1441	3,0
Total		1.702.777,5469	100,0

Vulnerabilidade para o tema solo

Os dados da vulnerabilidade para o tema solo, consta na Tabela 6.

Na Tabela 6 consta que os solos com graus de vulnerabilidade moderadamente vulneráveis ocorrem em 600.209,7808 ha, ou 35,2 % da área; os solos de grau estável ocorrem em uma área de 407.179,5309 ha ou 24,0% do território; os solos

medianamente estável/vulneráveis ocorrem em 325.863,0491 ha ou 19,1 % do território; os solos de grau vulnerável ocorrem em 240.913,2035 há ou 14,1 % do território já os solos moderadamente estáveis ocorrem em 128.611,9826 ha ou 7,6 % da área.

Tabela 12 - Dados da Vulnerabilidade para o Tema Solo

Vulnerabilidade			Área	
Índice	Valor encontrado	Grau	Ha	%
1,0 – 1,3	1,0	Estável	407179,5309	24,0
1,4 – 1,7	1,5	Moderadamente estável	128611,9826	7,6
1,8 – 2,2	1,8 e 2,0	Medianamente estável/vulnerável	325863,0491	19,1
2,3 – 2,6	2,3 e 2,5	Moderadamente vulnerável	600209,7808	35,2
2,7 – 3,0	2,8 e 3,0	Vulnerável	240913,2035	14,1
	Total		1702777,5466	100,0

Vulnerabilidade para o tema cobertura vegetal e do uso da terra.

A área de estudos era coberta pelas seguintes vegetações primitivas: Floresta Ombrófila Mista Montana, Floresta Ombrófila Mista Submontana, Floresta Ombrófila Mista Alto-montana, Floresta Estacional Semidecidual Montana, Floresta Estacional Semidecidual Submontana e Campos Naturais. Essas formações vegetais tinham as seguintes características:

Floresta Ombrófila Mista Submontana: ocorre em altitudes inferiores a 400 metros. Essa formação compreende pequenas disjunções localizadas em diferentes pontos do Cráton Sul-Rio-grandense e de outras áreas da periferia do Planalto das Araucárias (IBGE, 2012, p-81).

Floresta Ombrófila Mista Montana: ocorre aproximadamente entre as altitudes de 400 a 1000 metros. Atualmente reduzida a poucas localidades, já ocupou quase inteiramente o planalto acima de 500 metros de altitude, nos três estados sulinos. Na década de 1950 podia observar a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, ocupando e emergindo de submatas associadas a outras espécies, entre os terrenos da cidade de Lages (SC) e Rio Negro (PR). Entre o Norte de Santa Catarina e o Sul do Paraná, o pinheiro brasileiro estava associado à imbuia e formavam agrupamentos característicos, que, atualmente, foram substituídos pela monocultura de soja e trigo (IBGE, 2012, p-81,82).

Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana: compreendendo altitudes superiores a 1000 metros, tendo maior ocorrência no Parque Nacional Aparados da Serra, localizado na crista do Planalto

Meridional, na divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, até a década 1960, quando se iniciou a exploração dos últimos remanescentes expressivos da cultura (IBGE, 2012, p-88).

A Floresta Ombrófila Mista Montana, a Floresta Ombrófila Mista Submontana e a Floresta Ombrófila Mista Alto-montana, eram as que ocorriam no Sudoeste do Estado do Paraná segundo Mapa Fitogeográfico do Estado do Paraná (IAT, 2020c).

Floresta Estacional Semidecidual Montana - São poucas as áreas ocupadas por esta formação estabelecida acima de 500 m de altitude. Situam-se principalmente na face interiorana da Serra dos Órgãos, no Estado do Rio de Janeiro e na Serra da Mantiqueira, nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Itatiaia) e do Espírito Santo (Caparaó). Outras áreas ainda menores ocupam os pontos culminantes dos planaltos areníticos. A formação Montana é quase sempre dominada pelo gênero *Anadenanthera* que às vezes constitui consorciações da *ochlospécie* *Anadenanthera peregrina* (L) Speg. de origem amazônica, localizada principalmente nos sills basálticos ainda conservados. (IBGE, 2012, p-96)

Floresta Estacional Semidecidual Submontana - Esta formação ocorre frequentemente nas encostas interioranas das Serras da Mantiqueira e dos Órgãos, e nos planaltos centrais capeados pelos arenitos Botucatu, Bauru e Caiuá, dos períodos geológicos Jurássico e Cretáceo. No Estado do Paraná ocorre nas regiões norte e sudoeste. Nas encostas interioranas das serras marítimas, os gêneros dominantes, com indivíduos deciduais, são os mesmos que ocorrem

na Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica), como: Cedrela, Parapiptadenia e Cariniana, sendo que, nos planaltos areníticos, as espécies decíduas que caracterizam esta formação pertencem aos gêneros amazônicos Hymenaea (jatobá), Copaifera (óleo-vermelho), Peltophorum (canafístula), Astronium, Handroanthus, Balfourodendron e muitos outros. Contudo, o gênero dominante que a caracteriza, principalmente no Planalto paranaense e no oeste do Estado de São Paulo, é Aspidosperma, com seu ecótipo Aspidosperma polyneuron Müll. Arg. (peroba-rosa). (IBGE, 2012, p-94)

Campos Naturais

No Estado do Paraná os campos limpos aparecem sob o formato de manchas que se espalham por meio dos planaltos paranaenses. Dentre as regiões com campos naturais aparece a de Palmas e demais, pequenas áreas no Sudoeste do Paraná. Os campos limpos abrangem mais de nove por cento do território do Paraná. Constituem pequenas manchas no planalto paleozoico e no planalto basáltico.

Segundo Crepani, Medeiros e Palmeira (2008), tem índice de vulnerabilidade das formações vegetais que ocorriam o Sudoeste do Paraná é conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Vulnerabilidade das formações vegetais que ocorriam o Sudoeste do Paraná

Designação	Área		Vulnerabilidade	
	Ha	%	Índice	Grau
Floresta Ombrófila Mista Montana	1200163,27	70,5	1,3	Estável
Floresta Ombrófila Mista Submontana	109010,53	6,4	1,3	Estável
Floresta Ombrófila Mista Alto-montana	56123,85	3,3	1,3	Estável
Floresta Estacional Semidecidual Montana	42316,98	2,5	1,4	Moderadamente estável
Floresta Estacional Semidecidual Submontana	60347,47	3,5	1,4	Moderadamente estável
Campos Naturais	234815,44	13,8	2,3	Moderadamente vulnerável
Total	1702777,55	100,0		

Em relação a vulnerabilidade para o uso do solo segundo coleções do MapBiomias (2023) conforme Figuras 3 e 4 e Tabela 8, no Sudoeste do Paraná, em primeiro lugar aparece o Grau Vulnerável (índice 2,7 a 3,0), que abrange as formas de uso Lavouras de soja, Agricultura em geral, Área urbana e Solo exposto. Esse grau de vulnerabilidade foi a predominante, comportando-se da seguinte forma: em 1992 abrangia 34,6% do

território, em 2002, 33,7%, em 2012, 36,2% e em 2022, 38,0%.

Em segundo lugar está o Grau Estável (índice 1,3) sendo o local de ocorrência das Floretas, com o seguinte comportamento: em 1992 abrangia 25,6% do território, em 2002, 24,4%, em 2012, 24,8% e em 2022, 25,9%.

Tabela 8 - Uso do solo e Índice e Grau de Vulnerabilidade e 1992, 2002, 2012 e 2022.

Forma de uso	Áreas ha				Vulnerabilidade	
	1992	2002	2012	2022	Índice	Grau
Floresta	436182,36	414942,68	422624,48	440263,35	1,3	Estável
Reflorestamento	14308,62	16889,54	56767,32	71828,59	1,5	Moderadamente estável
Banhado	2675,93	3791,90	5096,85	7911,84	1,5	Moderadamente estável
Hidrografia	26504,29	28810,21	28898,14	30177,41	1,5	Moderadamente estável
Pastagem	290464,25	310856,52	252395,52	197960,11	2,0	Medianamente estável/vulnerável
Campo	505,99	1278,97	1204,96	2123,96	2,3	Moderadamente vulnerável
Agricultura e Pastagem	342659,85	353082,37	318668,56	305427,00	2,4	Moderadamente vulnerável
Lavoura de soja	214816,27	346843,54	492992,39	589408,42	2,7	Vulnerável
Agricultura em geral	368299,17	215483,12	108878,77	36850,28	2,7	Vulnerável
Área urbana	5887,84	10001,73	13972,59	17337,66	3,0	Vulnerável
Solo exposto	472,99	796,98	1277,96	3488,93	3,0	Vulnerável
Total		1702777,55	1702777,55	1702777,55		

Fonte: MapBiomias (2023).

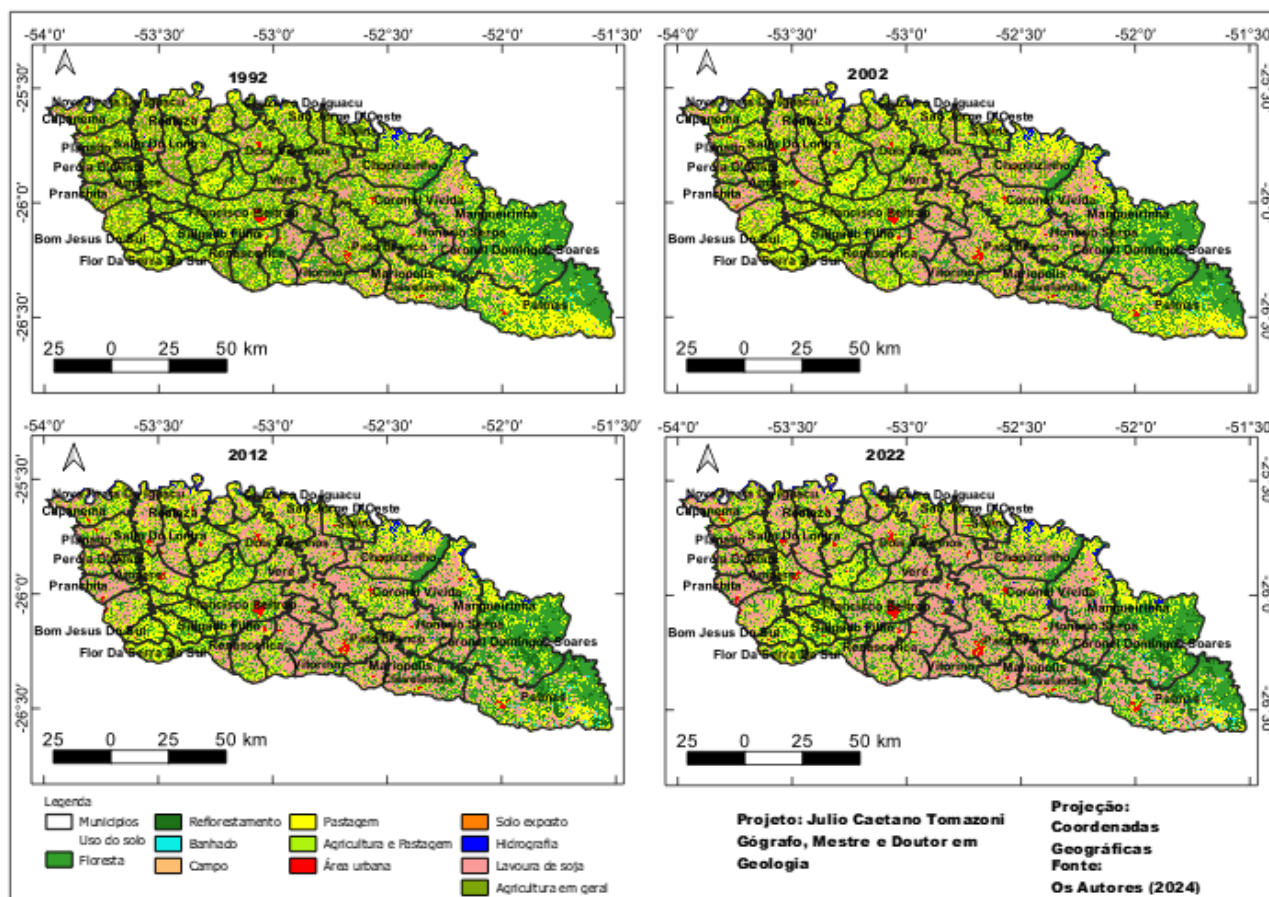


Figura 3 - Mapa da Vulnerabilidade para o Tema Uso do Solo.

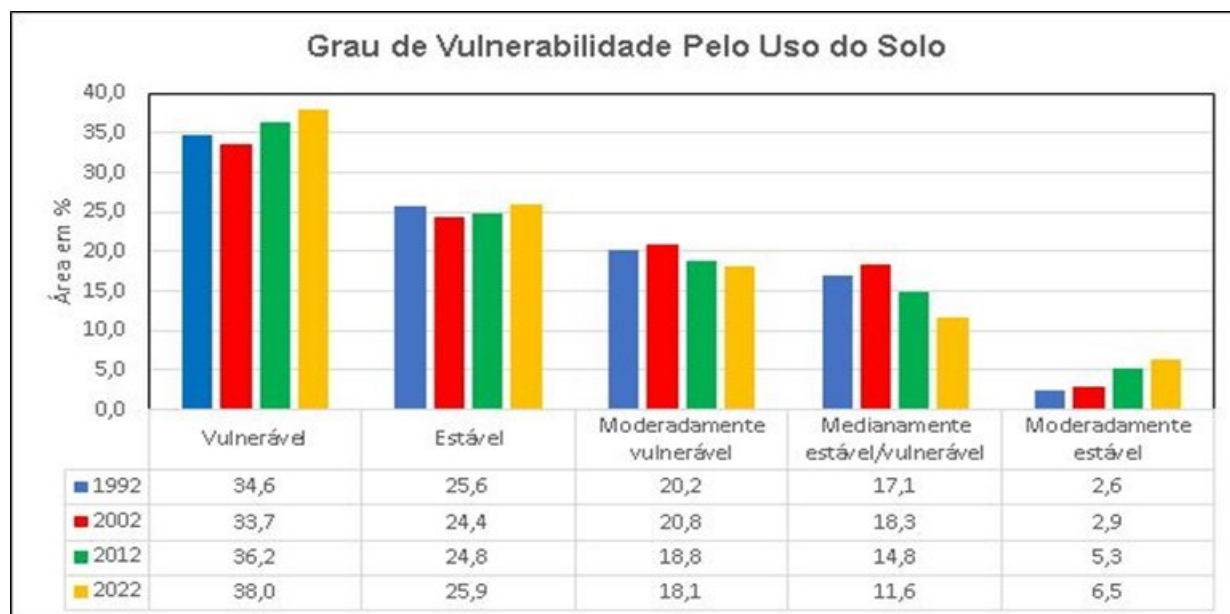


Figura 4 - Mapa da Vulnerabilidade para o Tema Uso do Solo.

Em terceiro lugar aparece o Grau Moderadamente vulnerável (índice 2,4), que corresponde a forma de uso Agricultura e pastagem e Campo tendo o seguinte comportamento: em 1992 abrangia 20,2% do território, em 2002, 20,8%, em 2012, 18,8% e em 2022, 18,1%.

Em quarto lugar ocorre o Grau Medianamente estável/vulnerável (índice 2), local de Pastagens, com o seguinte comportamento: em 1992 abrangia 17,1% do território, em 2002, 18,3%, em 2012, 14,8% e em 2022, 11,6%.

Em quinto lugar ocorre o Grau Moderadamente estável (índice 1,5), local de

Reflorestamento, Hidrografia e Banhado, com o seguinte comportamento: em 1992 abrangia 2,6% do território, em 2002, 2,9%, em 2012, 5,3% e em 2022, 6,5%.

Vulnerabilidade para o tema clima

Com relação a vulnerabilidade para o clima, após a extrapolação da precipitação média mensal para cada ponto do território do município, constatou-se que os índices pluviométricos mensais ficaram entre 166mm e 183mm. Esses dados quando convertido para índices de vulnerabilidade conforme demonstrado na Tabela 9, ficaram entre 1,5 e 1,6, que corresponde ao Grau Moderadamente estável.

Tabela 9 - Índice e Grau de Vulnerabilidade para o Tema Clima

Vulnerabilidade		Área	
Índice	Grau	ha	%
1,6	Moderadamente estável	355817,0836	20,9
1,5	Moderadamente estável	1346960,463	79,1
Total		1702777,5469	100,0

Vulnerabilidade das unidades de paisagem

Vulnerabilidade potencial

Ao analisou-se a vulnerabilidade potencial, que está associada a potencialidade natural sem a ação antrópica, pela Tabela 10 e Figura 5, constatou-se que o território do Sudoeste do Paraná é naturalmente protegido da vulnerabilidade ambiental, pois, 66,5% (1.132.523,9499ha) de sua área possui índice de 1,4 a 1,7, o que corresponde ao grau Moderadamente estável; 33,2% (565.361,3833ha), possui índice 1,8 a 2,2, grau Medianamente estável/vulnerável; e 0,3% (4.892,2137ha), tem índice 1,0 a 1,3, grau Estável.

A contribuição dos temas na formação da vulnerabilidade potencial foi: em primeiro lugar vulnerabilidade ao tipo de solo, em segundo lugar a geomorfologia, em terceiro lugar o clima, em quarto lugar a geologia e por último em quinto lugar a vegetação primitiva.

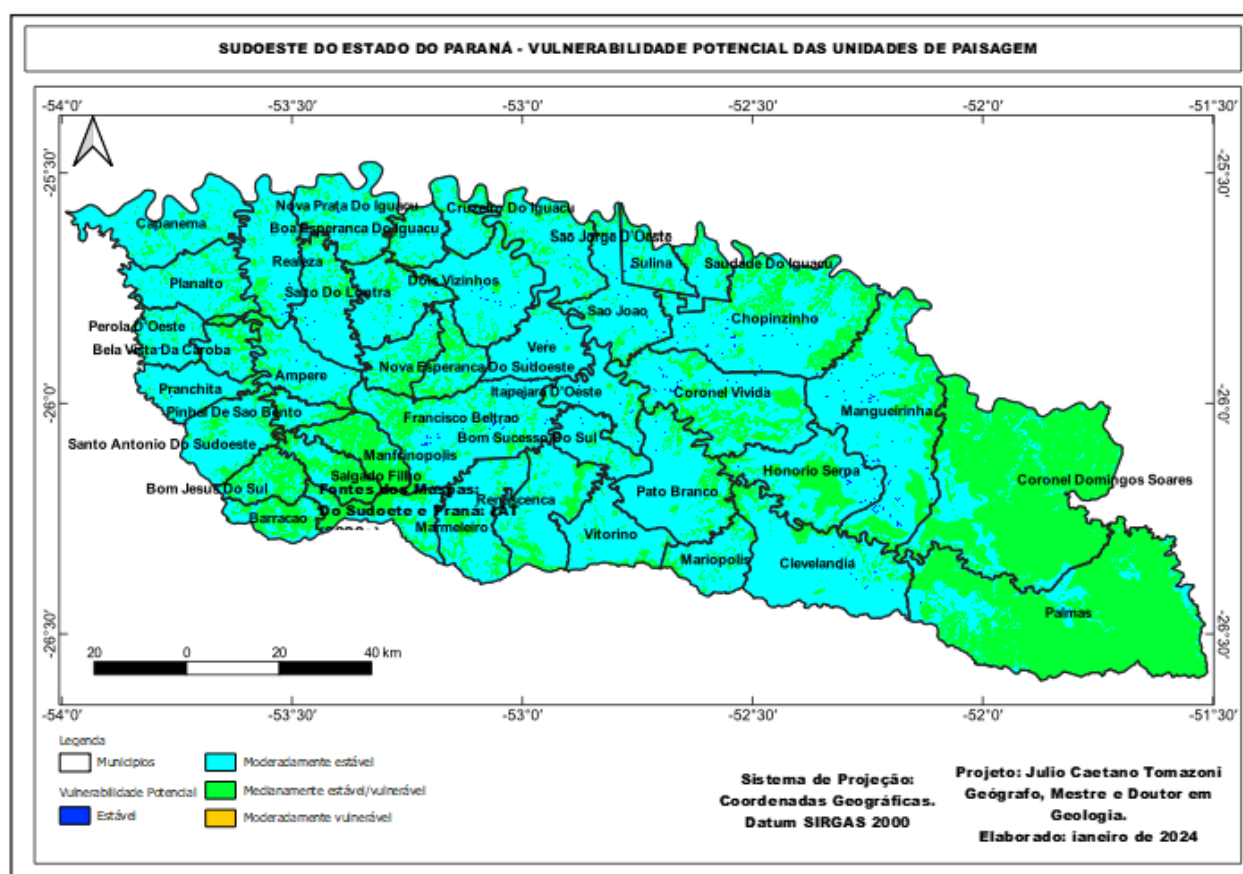


Figura 5 - Vulnerabilidade Potencial das Unidades de Paisagem

Tabela 10 - Vulnerabilidade Potencial das Unidades de Paisagem

Vulnerabilidade		Área	
Índice	Grau	ha	%
1,0 a 1,3	Estável	4892,2137	0,3
1,4 a 1,7	Moderadamente estável	1132523,9499	66,5
1,8 a 2,2	Medianamente estável/vulnerável	565361,3833	33,2
2,3 a 2,6	Moderadamente vulnerável	0,00	0,0
2,7 a 3,0	Vulnerável	0,00	0,0
Total		1702777,5469	100,0

Vulnerabilidade emergencial

Determinado a Vulnerabilidade emergencial, que é resultante da relação entre o grau de impacto antrópico e a Vulnerabilidade potencial, analisando a Tabela 11, e as Figuras 6 e 7, é possível efetuar as seguintes constatações:

O grau de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável (índice 1,8 a 2,2) é o predominante. Em 1992 abrangia 67,2% do território, em 2002, 67,7%, em 2012, 64,9% e em 2022, 63,1%. Esse decréscimo na abrangência do território de 1992 para 2022 de 4,1%, se deve a diminuição das áreas com atividade agropecuária no período, mais vulneráveis, e o aumento das áreas de floresta e reflorestamento, menos vulneráveis.

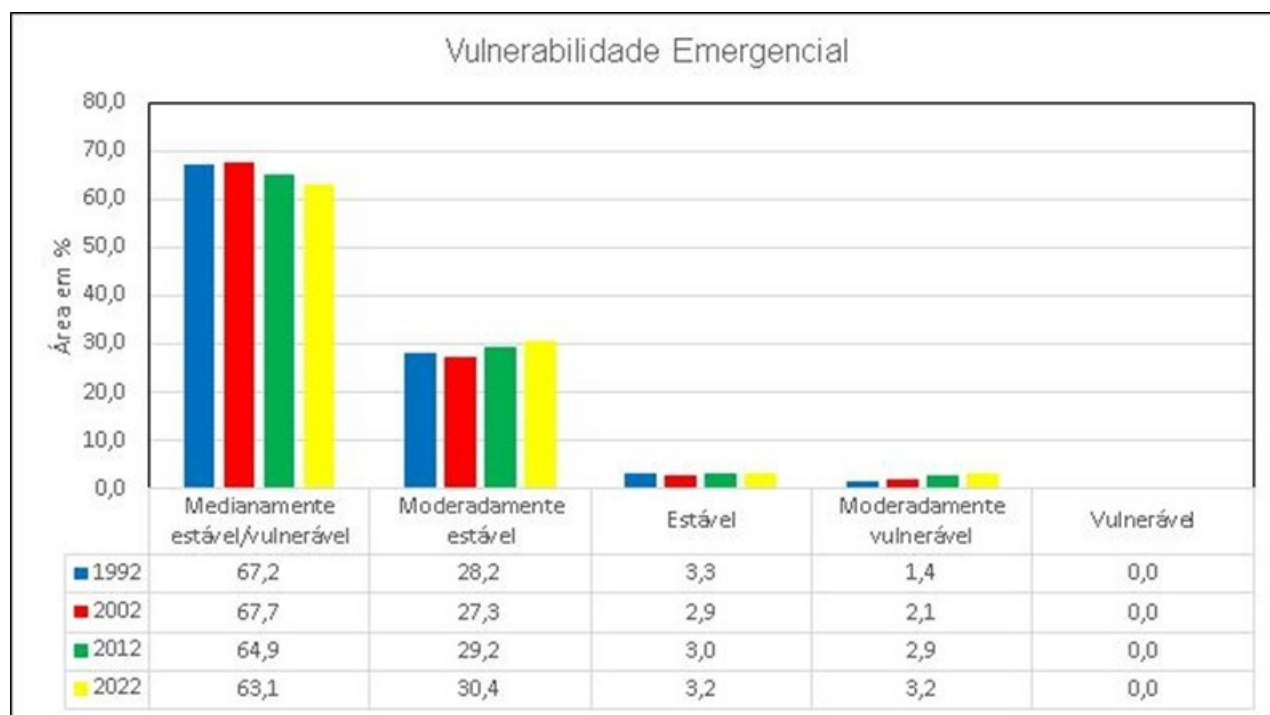
O grau de vulnerabilidade moderadamente estável (índice de 1,4 a 1,7), aparece em segundo

lugar, com o seguinte comportamento: em 1992, abrangia 28,2% do território, em 2002, 27,3%, em 2012, 29,2% e em 2022, 30,4%. Verifica-se que no período esse tipo de vulnerabilidade, teve um aumento de 2,2%, isso se deve ao aumento das formas de uso do solo menos vulneráveis no período.

O grau Estável (índice de 1,0 a 1,3) variou de 3,3% do território em 1992, 2,9%, em 2002, 3,0% em 2012 e 3,2% em 2022.

O grau moderadamente vulnerável variou de 1,4% do território em 1992, para 3,2% em 2022. Esse aumento está associado principalmente ao incremento de área urbanas.

O grau vulnerável não aparece nenhum ano.

**Figura 6** - Vulnerabilidade Emergencial das Unidades de Paisagem

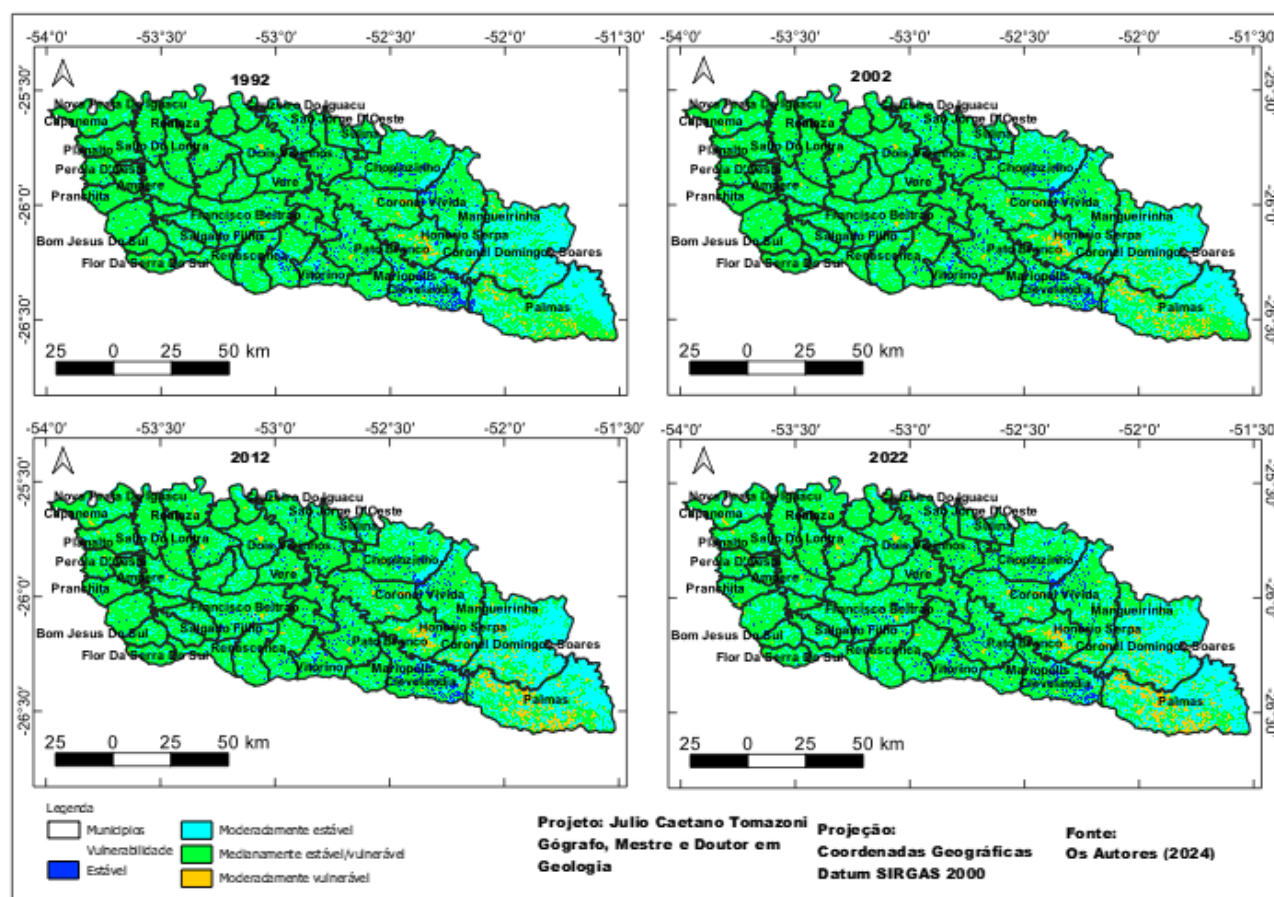


Figura 7 - Vulnerabilidade Emergencial das Unidades de Paisagem por Ano de Estudo

Tabela 16 - Vulnerabilidade Emergencial das Unidades de Paisagem

Vulnerabilidade		Área ha			
Índice	Grau	1992	2002	2012	2022
1,0 a 1,3	Estável	55660,94	49799,36	51931,97	54983,44
1,4 a 1,7	Moderadamente estável	480090,35	465058,21	496603,21	517947,14
1,8 a 2,2	Medianamente estável/vulnerável	1143699,27	1152914,02	1105110,55	1075130,71
2,3 a 2,6	Moderadamente vulnerável	23326,99	35005,96	49131,81	54716,26
2,7 a 3,0	Vulnerável	0,00	0,00	0,00	0,00
Total		1702777,55	1702777,55	1702777,55	1702777,55

Considerações finais

O objetivo deste trabalho foi o de realizar uma aplicação prática da metodologia de mapeamento da vulnerabilidade da paisagem à perda de solo, desenvolvida por Crepani, Medeiros e Palmeira (2008), visando apresentar métodos de avaliar e controlar a erosão do solo. O trabalho foi desenvolvido sobre o território do Sudoeste do Estado do Paraná, Brasil, com área de 1.702.777,5469ha.

A vulnerabilidade para o tema geologia segundo Crepani, Medeiros e Palmeira (2008), indicou que 100% da área do Sudoeste do Paraná possui vulnerabilidade 1,5, que a enquadra no grau

moderadamente estável, pois todo o território é coberto por estruturas geológicas basálticas.

A vulnerabilidade para o tema geomorfologia foi determinada a partir da média ponderada da vulnerabilidade atribuída ao grau de dissecação, da vulnerabilidade atribuída à amplitude altimétrica e da Vulnerabilidade atribuída à declividade. Os dados demonstram que em termos de vulnerabilidade para o tema geomorfologia, 70,9% do território do Sudoeste do Paraná tem vulnerabilidade entre 1,8 e 2,2, grau medianamente estável/vulnerável; 16,1% da área tem vulnerabilidade entre 2,3 e 2,6, grau moderadamente vulnerável; em 10% da área a

vulnerabilidade fica entre 1,4 e 1,7, grau moderadamente estável; já em 3,0% do território a vulnerabilidade fica entre 2,7 e 3,0, grau vulnerável.

Em relação ao tema pedologia, verifica-se que os solos com graus de vulnerabilidade moderadamente vulneráveis ocorrem em 600.209,7808 ha, ou 35,2 % da área; os solos de grau estável ocorrem em uma área de 407.179,5309 ha ou 24,0% do território; os solos medianamente estável/vulneráveis ocorrem em 325.863,0491 ha ou 19,1 % do território; os solos de grau vulnerável ocorrem em 240.913,2035 há ou 14,1 % do território já os solos moderadamente estáveis ocorrem em 128.611,9826 ha ou 7,6 % da área.

O índice de vulnerabilidade das formações vegetais que ocorriam o Sudoeste do Paraná são: o grau estável (Floresta Ombrófila Mista Montana, Floresta Ombrófila Mista Submontana e Floresta Ombrófila Mista Alto-montana), índice 1,3, ocorriam em 1365297,65ha ou 80,2% da área; o grau Moderadamente estável (Floresta Estacional Semidecidual Montana e Floresta Estacional Semidecidual Submontana), índice 1,4, ocorriam em 102664,45ha ou 6,0% da área; já o grau Moderadamente vulnerável (campos naturais), ocorria em 234815,44ha ou 13,8% da área.

Em relação a vulnerabilidade para o tema uso da terra, pode-se fazer as seguintes constatações:

Em primeiro lugar aparece o Grau Vulnerável (índice 2,7 a 3,0), que abrange as formas de uso Lavouras de soja, Agricultura em geral, Área urbana e Solo exposto, foi a predominante, comportando-se da seguinte forma: em 1992 abrangia 34,6% do território, em 2002, 33,7%, em 2012, 36,2% e em 2022, 38,0%.

Em segundo lugar está o Grau Estável (índice 1,3) sendo o local de ocorrência das Floretas, com o seguinte comportamento: em 1992 abrangia 25,6% do território, em 2002, 24,4%, em 2012, 24,8% e em 2022, 25,9%.

Em terceiro lugar aparece o Grau Moderadamente vulnerável (índice 2,4), que corresponde a forma de uso Agricultura e pastagem e Campo tendo o seguinte comportamento: em 1992 abrangia 20,2% do território, em 2002, 20,8%, em 2012, 18,8% e em 2022, 18,1%.

Em quarto lugar ocorre o Grau Medianamente estável/vulnerável (índice 2), local de Pastagens, com o seguinte comportamento: em 1992 abrangia 17,1% do território, em 2002, 18,3%, em 2012, 14,8% e em 2022, 11,6%.

Em quinto lugar ocorre o Grau Moderadamente estável (índice 1,5), local de

Reflorestamento, Hidrografia e Banhado, com o seguinte comportamento: em 1992 abrangia 2,6% do território, em 2002, 2,9%, em 2012, 5,3% e em 2022, 6,5%.

Para o tema clima, constatou-se que os índices pluviométricos mensais ficaram entre 166mm e 183mm. Esses dados quando convertido para índices de vulnerabilidade conforme demonstrado na Tabela 09, ficaram entre 1,5 e 1,6, que corresponde ao Grau Moderadamente estável.

A vulnerabilidade potencial está associada a potencialidade natural sem a ação antrópica. Foi determinada a partir da vulnerabilidade para o tema geologia, Vulnerabilidade para o Tema Geomorfologia, Vulnerabilidade para o Tema Solo, Vulnerabilidade para o Tema Cobertura Vegetal e Vulnerabilidade para o tema Clima.

Determinada a vulnerabilidade potencial, constatou-se que o território do Sudoeste do Paraná é naturalmente protegido da vulnerabilidade ambiental, pois, 66,5% (1.132.523,9499ha) de sua área possui índice de 1,4 a 1,7, o que corresponde ao grau Moderadamente estável; 33,2% (565.361,3833ha), possui índice 1,8 a 2,2, grau Medianamente estável/vulnerável; e 0,3% (4.892,2137ha), tem índice 1,0 a 1,3, grau Estável.

A Vulnerabilidade emergencial está associada com a relação entre o grau de impacto antrópico e a Vulnerabilidade potencial. Para calcula-la utilizou-se a Vulnerabilidade Potencial da Unidade de Paisagem e a Vulnerabilidade para o Uso da Terra. Considerou-se para a Vulnerabilidade para o Uso da Terra para quatro coleções do MapBiomias (1992, 2002, 2012 e 2022), por isso foi possível determinar a vulnerabilidade emergencial para esses quatro anos. Feitos os cálculos efetuou-se as seguintes constatações:

O grau de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável (índice 1,8 a 2,2) é o predominante. Em 1992 abrangia 67,2% do território, em 2002, 67,7%, em 2012, 64,9% e em 2022, 63,1%. Esse decréscimo na abrangência do território de 1992 para 2022 de 4,1%, se deve a diminuição das áreas com atividade agropecuária no período, mais vulneráveis, e o aumento das áreas de floresta e reflorestamento, menos vulneráveis.

O grau de vulnerabilidade moderadamente estável (índice de 1,4 a 1,7), aparece em segundo lugar, com o seguinte comportamento: em 1992, abrangia 28,2% do território, em 2002, 27,3%, em 2012, 29,2% e em 2022, 30,4%. Verifica-se que no período esse tipo de vulnerabilidade, teve um aumento de 2,2%, isso se deve ao aumento das

formas de uso do solo menos vulneráveis no período.

O grau Estável (índice de 1,0 a 1,3) variou de 3,3% do território em 1992, 2,9%, em 2002, 3,0% em 2012 e 3,2% em 2022.

O grau moderadamente vulnerável variou de 1,4% do território em 1992, para 3,2% em 2022. Esse aumento está associado principalmente ao incremento de área urbanas.

O grau vulnerável não aparece nenhum ano.

Conclusões

O trabalho faz uma aplicação prática da metodologia de mapeamento da vulnerabilidade da paisagem à perda de solo, desenvolvida por Crepani, Medeiros e Palmeira (2008), visando apresentar métodos de avaliar e controlar a erosão do solo. O trabalho foi desenvolvido sobre o território do Sudoeste do Estado do Paraná, Brasil, com área de 1.702.777,5469ha.

No trabalho, avaliou-se a vulnerabilidade potencial que está associada a potencialidade natural sem a ação antrópica e a vulnerabilidade emergencial que está associada ao grau de impacto antrópico.

Utilizando a metodologia do Zoneamento Ecológico-Econômico determinou-se a vulnerabilidade potencial, constatou-se que o território do Sudoeste do Paraná é naturalmente protegido da vulnerabilidade ambiental, pois, 66,5% de sua área possui o grau moderadamente estável; 33,2%, possui o grau medianamente estável/vulnerável; e 0,3%, tem o grau Estável.

A vulnerabilidade para o tema geologia indicou que o Sudoeste do Paraná se enquadra no grau moderadamente estável, pois todo o território é coberto por estruturas geológicas basálticas. Esse parâmetro, portanto, não contribui vulnerabilidade da paisagem à perda de solo.

Para a vulnerabilidade para o tema geomorfologia os dados demonstram que no Sudoeste do Paraná, o grau medianamente estável/vulnerável, seguido do grau moderadamente vulnerável; depois o grau moderadamente estável e por último o grau vulnerável. Esses dados são resultados da caracterização do relevo na região, predominando a classe ondulado e em menor proporção o forte ondulado, com amplitudes altimétricas baixas. Portanto, onde estão as formas de relevo mais vigorosa é que estão os piores índices de vulnerabilidade.

Em relação ao tema pedologia, predominam solos com graus de vulnerabilidade moderadamente vulneráveis, seguidos do grau

estável, depois aparecem na sequência o medianamente estável/vulneráveis, os de grau vulnerável e por último os moderadamente estáveis. Esse comportamento de intensidade intermediária desse parâmetro é devido a predominância de solos profundos a medianamente profundos (latossolos e nitossolos), no Sudoeste do Paraná.

O índice de vulnerabilidade das formações vegetais que ocorriam o Sudoeste do Paraná são: predominava o grau estável, seguido do Moderadamente estável e por último o Moderadamente vulnerável. A baixa intensidade desse parâmetro é por predominar no Sudoeste do Paraná diversas formas das Floresta Ombrófila que protegem melhor o solo e uma pequena área de campos naturais que são mais vulneráveis.

Em relação a vulnerabilidade para o tema uso da terra, pode-se fazer as seguintes constatações:

Em primeiro lugar aparece o Grau Vulnerável que abrange as formas de uso Lavouras de soja, Agricultura em geral, Área urbana e Solo exposto. Nota-se que a área abrangida por esse parâmetro aumentou de 1992 para 2022, devido a expansão das lavouras de soja no Sudoeste do Paraná. Em segundo lugar está o Grau Estável sendo o local de ocorrência das Floretas. Esse parâmetro em termos de área se manteve praticamente estável de 1992 a 2022. Em terceiro lugar aparece o Grau Moderadamente vulnerável, que são os locais de Agricultura e pastagem e Campo. Percebe-se que a área abrangida por esse parâmetro, tiveram decréscimo de 1992 para 2022, por cederem lugar as lavouras de soja. Em quarto lugar ocorre o Grau Medianamente estável/vulnerável, local de Pastagens. Percebe-se que a área abrangida por esse parâmetro, tiveram decréscimo de 1992 para 2022, por cederem lugar as lavouras de soja. Em quinto lugar ocorre o Grau Moderadamente estável, local de Reflorestamento, Hidrografia e Banhado. Percebe-se que a área abrangida por esse parâmetro, tiveram acréscimo de 1992 para 2022, devido ao aumento de áreas com reflorestamento.

Para o tema clima, constatou-se que os índices pluviométricos mensais ficaram entre 166mm e 183mm, que correspondem ao Grau Moderadamente estável. Portanto, esse parâmetro, embora o Sudoeste do Paraná esteja entre as áreas de maior pluviosidade do Estado do Paraná, tem uma intensidade de atuação fraca.

Para determinar a Vulnerabilidade emergencial usou-se a vulnerabilidade para o uso da terra para quatro coleções do MapBiomass: 1992,

2002, 2012 e 2022. O grau de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável é o predominante, seguido do moderadamente estável, depois o estável e por último o moderadamente vulnerável. De forma geral mostram sobre o Sudoeste do Estado, no período de 1992 a 2022, houve uma diminuição nas áreas de grau mais vulneráveis e um acréscimo nas menos vulneráveis. Isso se deve ao aumento das áreas de florestas e reflorestamento que protegem mais o solo, em função de uma legislação mais rigorosa e uma maior conscientização da população.

Para diminuir a vulnerabilidade em locais mais vulneráveis em todo o Sudoeste do Paraná, deve-se incentivar ainda mais o florestamento e o reflorestamento de áreas mais declivosas e de solos mais rasos, bem como nas áreas agrícolas cultivar espécies que protejam melhor o solo e adotar práticas conservacionistas adequadas para contribuir na diminuição desse fenômeno nessas áreas.

Referências

- Bertoni, J., Lombardi Neto, F., 2012. Conservação do Solo. 8 ed. São Paulo. SP: Ícone. 355 p.
- Bhering, S. B., Dos Santos, H. G., Bognola, I. A., Cúrcio, G. R., Manzatto, C. V., De Carvalho Junior, W., Chagas, C. Da S., Áglio, L. D., De Souza, J. S., 2008. Mapa de Solos do Estado do Paraná. Escala 1:250.000: legenda/Silvio Barge Bhering ... [et al.]. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2021. Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Paraná. Escala 1:600.000. <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/22492>
- Crepani, E.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V., 2001. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: INPE.. Disponível em: <http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>.
- Crepani, E., Medeiros, J. S. De., Palmeira, A. F., Silva, E. F. Da., Zoneamento Ecológico-Econômico. In Florenzano, T. G., 2008. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária., 2006. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 306 p.
- Fushimi, M., Oliveira, R. C., Nunes, J. O. R. 2023. Atribuição de pesos aplicada à vulnerabilidade ambiental à erosão linear: estudo de caso nas bacias hidrográficas do rio dos Cachorros (São Luís-MA) e do córrego Timburi (Presidente Prudente-SP). Santa Maria, Geografia Ensino & Pesquisa, v. 27, e71887, p. 1-23. DOI <https://doi.org/10.5902/2236499471887>
- IAT - Instituto Água e Terra., 2020a. Mapa de Limites Municipais do Paraná. Curitiba: Disponível em: ftp://geo_iat@200.189.114.112/Mapeamento_Uso_e_Cobertura_da_Terra/Limites_Municipais_2020/. Acesso em 28-12-2023.
- IAT – Instituto Água e Terra. 2020b. Mapa clima do Paraná. Curitiba. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/clima.rar. Acesso em 28-12-2023
- IAT – Instituto Água e Terra. Mapa Fitogeográfico do Estado do Paraná., 2020c. Curitiba.. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/fitogeografico.rar. Acesso em 28-12-2023
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. IBGE. 2 ed. ISSN 01303-9598. Disponível em: <https://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-tecnico-da-vegetacao-brasileira.pdf>. Acesso em: 22 jun 2022.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023. Malhas Territoriais. IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais.html>. Acesso em 28-12-2023.
- Lopes, M. S., Saldanha, D. L., 2016. Análise de Vulnerabilidade Natural à Erosão como Subsídio ao Planejamento Ambiental do Oeste da Bacia Hidrográfica do Camaquã – Rs. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, No 68/9, p. 1689-1708, Out/2016. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv68n9-44437>
- MapBiomass. 2023. Collection 8 of the Annual Land Cover and Land Use Maps of Brazil (1985-2022). DOI: <https://doi.org/10.58053/MapBiomass/VJIJCL>. Acesso em 23-12-2023.
- Miller, G. T. Spoolman, S. E., 2015. Ciência Ambiental. Tradução Noveritis do Brasil. Revisão Técnica Sabrina Anselmo Joanitti. São Paulo: Cengage Learning 464 p.
- Nitsche, P. R., Caramori, P. H., Ricce, W. Da S., Pinto, L. F. D., 2019. Atlas climático do estado do Paraná. Londrina (PR): Instituto

- Agrônomo do Paraná, 210 p. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>
- Nörnberg, S. O. Rehbein, M. O. 2021. Fragilidade Ambiental e Vulnerabilidade à Perda de Solos no Município de Pelotas/Rs: Aplicação e Comparação de Modelos. Revista Caminhos De Geografia. Uberlândia-MG v. 22. n. 81 jun./2021 p. 42–59. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/RCG228155365>
- OPENGIS. 2023. Índice de Dissecção do Relevo (IDR). Entalhamento dos Vales e Dimensão Inter fluvial Média no QGis 3. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FbD8Ig6JJqo>. Acessado em 19-12-2023.
- Sánchez, L. E., 2013. Avaliação de Impacto ambiental: conceitos e métodos. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos.
- Tricart, J. 1977. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: FIBGE: Supren.
- Vansan, A. P., Tomazoni, J. C., 2020. Uso de Técnicas de Geoprocessamento para Estudo da Erosão Hídrica Laminar em Microbacia Hidrográfica do Sudoeste do Paraná. Revista Brasileira de Geografia Física. v.13. n.03. P. 1117 a 1131. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.3.p1117-1131>