



# Vulnerabilidade à perda de solo na microbacia Lajeado Pessegueiro, Brasil

Vulnerability to soil loss in the Lajeado Pessegueiro watershed, Brazil

Ludmila Nascimento Machado<sup>1</sup>; Arcângelo Loss<sup>1</sup> \*; Ivan Luiz Zilli Bacic<sup>2</sup>; Denilson Dortzbach<sup>2</sup>; Heloísa de Campos Lalane<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil.

<sup>2</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil.

Received December 1, 2016. Accepted May 8, 2017.

## Resumo

As geotecnologias se apresentam como ferramenta na identificação de áreas vulneráveis, auxiliando nos mapeamentos de vulnerabilidade do solo, permitindo a espacialização dos riscos causados por perdas de solo. Objetivou-se identificar e diagnosticar a vulnerabilidade do solo na microbacia Lajeado Pessegueiro, Guarujá do Sul, Santa Catarina, Brasil, com base nas potencialidades e fragilidades do ambiente, visando fornecer subsídios para o planejamento e gestão ambiental e econômica. O mapeamento de vulnerabilidade foi desenvolvido por meio de análise ambiental integrada com diversas variáveis e com a utilização de um sistema de informação geográfica que permite a espacialização dos riscos por meio de mapas temáticos, o que pode auxiliar no planejamento e ordenamento da bacia hidrográfica e das propriedades agrícolas inseridas nela. A metodologia utiliza a delimitação por unidades de paisagem, e atribui para cada variável temática um valor de estabilidade (que varia de 1 a 3) nos mapas temáticos (fisiográfico, pedológico, uso e ocupação das terras e declividade). O mapa de vulnerabilidade à perda de solo foi elaborado a partir da integração dos mapas temáticos. Os resultados obtidos indicaram a predominância com 51,98% de áreas medianamente estável/vulnerável na microbacia e essa ocorrência está associada principalmente pela presença de um equilíbrio entre os processos de morfogênese e pedogênese. O resultado obtido pode ser utilizado na elaboração de medidas de prevenção e aplicação de práticas e manejo do solo que visam a diminuição da perda do solo.

**Palavras chave:** morfogênese; pedogênese; análise ambiental integrada; mapas temáticos.

## Abstract

Geotechnologies present as an important tool in identifying vulnerable areas, assisting in land vulnerability mapping, allowing the spatial distribution of risks caused by soil loss. This study aimed to identify and diagnose the vulnerability of the soil in the Lajeado Pessegueiro watershed, Guarujá do Sul, Santa Catarina State, Brazil, based on the strengths and weaknesses of the environment, to provide input for the planning and environmental and economic management. The vulnerability mapping was developed through integrated environmental analysis with many variables and with the use of a geographic information system that allows the spatial distribution of risk through thematic maps, which can assist in the planning and management of the river basin and farms placed in it. The methodology uses the delimitation of landscape units, and assigns to each thematic variable a value of stability (ranging from 1 to 3) in thematic maps (physiographic, pedological, use and occupation of land and slope). The vulnerability map of soil loss was drawn from the integration of physiographic maps, slope, soil conditions and use and occupation of land. The results showed the predominance with 51.98% of averagely stable/vulnerable areas in watershed and this occurrence is associated mainly by the presence of a balance between the morphogenesis and pedogenesis processes. The results obtained can be used in the development of prevention and enforcement practices and soil management aimed at decreasing soil loss.

**Keywords:** morphogenesis; pedogenesis; integrated environmental analysis; thematic maps.

\* Corresponding author  
E-mail: [arcangelo.loss@ufsc.br](mailto:arcangelo.loss@ufsc.br) (A. Loss).

## 1. Introdução

O solo é um dos principais recursos naturais para o desenvolvimento das atividades agrícolas. No entanto, de acordo com o processo aplicado na sua exploração, ele pode se tornar esgotável (Lepsch *et al.*, 2015). Sendo assim, o estudo envolvendo este recurso e as questões ambientais advindas dele tornaram-se objetos de pesquisas relacionadas ao planejamento e ordenamento territorial, o que acaba proporcionando discussões perante a sociedade, pois afeta diretamente a qualidade de vida das pessoas (Mesquita *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2011; Rovani *et al.*, 2015; Rovani e Vieira, 2016).

O desconhecimento e, ou, a ausência de um planejamento racional do uso adequado da terra conforme o seu potencial, assim como a falta de informações sobre o recurso solo, tem favorecido a ocorrência de impactos negativos ao ambiente, tais como perdas de solo por erosão, acarretando em degradação ambiental e redução da qualidade de vida das pessoas (Dent e Young, 1993, Pedron *et al.*, 2006; Poelking *et al.*, 2015). Nesse sentido, o diagnóstico do recurso solo, juntamente com os elementos ambientais e as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, representam uma excelente ferramenta para a avaliação, planejamento e adequação dos recursos naturais (Rodrigues *et al.*, 2001; Pedron *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2010; Loss *et al.*, 2011, Silva Neto, 2013).

Dessa forma, os estudos relacionados a essa temática precisam atentar-se para os problemas ambientais causados pela sociedade, assim como recuperá-los. Somado a isso, deve-se realizar o estudo do grau de fragilidade e, ou, vulnerabilidade do ambiente frente às interferências antrópicas (Lima e Martinelli, 2008; Rovani e Vieira, 2016). Para tal, a vulnerabilidade natural do ambiente, a qual é parte integrante de um zoneamento ecológico econômico, é baseada no princípio da ecodinâmica de Tricart (1977), e considera os processos de morfogênese e pedogênese a partir da

análise integrada dos fatores solo, rocha, vegetação e relevo, e representa a análise do meio físico e biótico para a ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais (Beeker e Egler, 1996).

Segundo Silva Neto (2013), pode-se relacionar a vulnerabilidade da paisagem à perda de solos com as rupturas desencadeadas pela atuação da sociedade na natureza, compreendendo uma nova organização dos fenômenos e dinâmicas nas formas espaciais que se materializam na paisagem. Sendo assim, a análise do relevo é importante não só para a própria geomorfologia, mas também para as outras ciências da terra que estudam os componentes da superfície terrestre (rochas, solos, vegetação e água), bem como na definição do grau de fragilidade e, ou, vulnerabilidade do meio ambiente e no estabelecimento de legislação para a sua ocupação e proteção (Florenzano, 2008). Os mapeamentos de vulnerabilidade vêm sendo desenvolvidos por meio de análise ambiental integrada, utilizando técnicas de geoprocessamento que permitem a espacialização dos riscos, assim auxiliando no planejamento urbano e na proposição de medidas de prevenção (Rovani e Vieira, 2016).

Os critérios desenvolvidos por Crepani *et al.* (1996, 2008) permitiram a criação de um modelo no qual se buscou a avaliação, de forma relativa e empírica, do estágio de evolução morfodinâmica da unidade de paisagem, sendo no presente trabalho, este modelo definido pela fisiografia. A partir dessa análise, pode-se verificar quando predominam os processos erosivos e modificadores do relevo, indicando que prevalece a morfogênese, e quando predominam os processos formadores do solo, prevalecendo a pedogênese. De acordo com Rovani e Vieira (2016), que avaliaram a vulnerabilidade natural à perda de solo no município de Silveira Martins, Rio Grande do Sul, Brasil, a análise ambiental, com base nos processos de morfogênese e pedogênese, possibilita informações importantes para a elaboração de políticas

públicas visando o uso e ocupação da paisagem de maneira sustentável.

As geotecnologias se apresentam como importante instrumento na identificação de áreas vulneráveis, principalmente em locais de relevo acidentado e áreas nas quais estão inseridas as bacias e microbacias hidrográficas. Neste sentido tem-se a microbacia do rio Lajeado Pessegueiro, no município de Guarujá do Sul, em Santa Catarina, que está inserida em local de relevo acidentado e acima de 700 m de altitude. Dessa forma, o correto uso das terras em uma microbacia, assim como o conhecimento sobre o grau de vulnerabilidade a perda de solo, é de suma importância para a preservação dos mananciais e dos demais recursos naturais, e para recomendações de práticas adequadas de manejo desses recursos.

Este trabalho teve como objetivo identificar e diagnosticar a vulnerabilidade do solo na microbacia Lajeado Pessegueiro, Guarujá do Sul, SC, com base nas potencialidades e fragilidades do ambiente, visando fornecer subsídios para o planejamento e gestão ambiental e econômica, em bases sustentáveis.

## 2. Material e métodos

O estudo foi realizado na Microbacia Lajeado Pessegueiro, a qual abrange uma área de 980,51 hectares e localiza-se na região extremo oeste do estado de Santa Catarina, SC, no município de Guarujá do Sul, SC, Brasil (S 26°23'4" e W 53°31'15", altitude de 707 metros) Segundo Santa Catarina (2014), o município localiza-se totalmente dentro da Formação Serra Geral, que é na verdade, a escarpa do planalto modelado nos derrames de rochas efusivas e nas camadas de rochas sedimentares da Bacia Sedimentar do Paraná. A formação florestal predominante é da Floresta Ombrófila Mista (Santa Catarina, 1986), classificada como floresta de Araucária. O tipo climático, de maneira geral, segundo Köppen, pode ser classificado como clima temperado constantemente úmido (Cfb), sem estação seca definida. Em relação aos

solos de Guarujá do Sul, a área é caracterizada por um relevo dissecado, constituído por patamares. A classe de solo predominante na região é a dos Cambissolos Háplicos, segundo Embrapa (2004) e Uberti (2005).

Para a elaboração desse estudo foi utilizada a base cartográfica e extração de dados do Projeto Edital/Chamada 58/2010 – Chamada 1 - Inovação Tecnológica, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Machado, 2016) e as fotos aéreas em escala 1:25.000, as quais foram obtidas pelo Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de Santa Catarina realizado em 2010/2011, e disponível na Secretaria de Desenvolvimento Sustentável (SDS/SC, 2011).

A metodologia de mapeamento da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo adotada neste estudo é uma adaptação da metodologia desenvolvida por Crepani *et al.* (2001). Para o processamento das informações foi utilizado o software ArcGis 10.

Perante o objetivo de se analisar a vulnerabilidade a partir do cruzamento de mapas temáticos, iniciou-se com a organização e edição dos dados vetoriais da área de estudo, tais como curvas de nível, fisiografia, pedologia e uso e ocupação das terras. A partir disso, foram elaborados os mapas de declividade, fisiografia, pedologia e de uso e ocupação das terras.

Em sequência foi atribuído para cada variável temática um valor de estabilidade ou vulnerabilidade, segundo as relações de morfogênese e pedogênese, que variam numa escala de 1 a 3. São adotados intervalos de valores de estabilidade ou vulnerabilidade distribuídos entre as situações da relação pedogênese/morfogênese, sendo que valores próximos de 1 indica o predomínio dos processos pedogenéticos, valores próximos de 3 predomina a morfogênese, sendo altamente vulnerável a perda de solo e, valores ao redor de 2,0 indicam situações intermediárias, ou seja, o equilíbrio entre os processos de pedogênese e a morfogênese. Nas Tabelas 1, 2,

3 e 4 estão apresentados os valores de grau de vulnerabilidade estabelecidos para cada componente utilizados nos mapas e suas respectivas áreas.

**Tabela 1**

Valores do grau de vulnerabilidade para os tipos de uso da terra

Uso da terra	Área (ha)	Área (%)	Grau
Área Desmatada	17,72	1,81	2,5
Área Urbanizada	34,24	3,49	1,3
Cultura temporária	491,15	50,09	3
Floresta	204,83	20,89	1
Massa d'água	10,88	1,11	1,5
Pastagem	193,07	19,69	2
Reflorestamento	24,6	2,51	1,5
Solo Exposto	4,02	0,41	3

Fonte: adaptado de Crepani *et al.* (2001).

Para se chegar a uma caracterização da vulnerabilidade, é realizada uma média aritmética entre os valores já definidos de cada um dos temas: Vulnerabilidade = (Fisiografia + Pedologia + Uso das terras + Declividade) / 4. O mapa de vulnerabilidade apresentado neste trabalho foi obtido a partir da integração dos mapas de fisiografia, declividade, pedologia e uso da terra. Cada um desses mapas temáticos (fisiográfico, pedológico, uso e ocupação das terras e declividade) foi transformado para formato raster, seguindo os seguintes procedimentos no ArcMap: ArcToolbox, Conversion tools, To raster, Feature to raster. Após converter os arquivos vetoriais dos mapas temáticos em raster, foram definidos os pesos para cada classe dos mesmos. Foram estabelecidas notas de 1 a 3 para cada componente da legenda dos mapas, como proposto por Crepani (2001), de maneira que quanto maior a nota, maior a vulnerabilidade à perda de solo.

Em seguida, os mapas em formato raster foram então reclassificados, considerando cada uma dessas notas de 1 a 3. Utilizou-se para isso a ferramenta Reclassify, encontrada em ArcToolbox - Spatial Analyst. Para gerar o mapa da vulnerabilidade final foi realizado então o cruzamento dos 4 mapas reclassificados na etapa anterior. Empregou-se a ferramenta Raster Calculator, também encontrada em ArcToolbox -

Spatial Analyst: ("Declividade\_reclass") + ("uso\_solo\_reclass") + ("solos\_reclass") + ("fisiografia\_reclass") = Vulnerabilidade.

**Tabela 2**

Valores de vulnerabilidade para a declividade de encostas

Declividade		Vulnerabilidade/Estabilidade
Grau	%	
<2	<3,5	1,0
2 - 3,3	3,5 - 5,8	1,1
3,3 - 4,6	5,8 - 8,2	1,2
4,6 - 5,9	8,2 - 10,3	1,3
9 - 7,3	10,3 - 12,9	1,4
7,3 - 8,6	12,9 - 15,1	1,5
8,6 - 9,9	15,1 - 17,4	1,6
9,9 - 11,2	17,4 - 19,8	1,7
11,2 - 12,5	19,8 - 22,2	1,8
12,5 - 13,8	22,2 - 24,5	1,9
13,8 - 15,2	24,5 - 27,2	2,0
15,2 - 16,5	27,2 - 29,6	2,1
16,5 - 17,8	29,6 - 32,1	2,2
17,8 - 19,1	32,1 - 34,6	2,3
19,1 - 20,4	34,6 - 37,2	2,4
20,4 - 21,7	37,2 - 39,8	2,5
21,7 - 23,0	39,8 - 42,4	2,6
23,0 - 24,4	42,4 - 45,3	2,7
24,4 - 25,7	45,3 - 48,1	2,8
25,7 - 27	48,1 - 50	2,9
> 27	> 50	3,0

Fonte: Crepani *et al.* (2008).

**Tabela 4**

Valores do grau de vulnerabilidade para fisiografia

Fisiografia	Área (%)	Área (ha)	Grau de Vulnerabilidade
Encosta em patamar	21,55	204,1	1,5
Encosta coluvial erosional	5,23	45,0	2,0
Encosta erosional	27,13	238,7	3,0
Encosta erosional coluvial	35,53	307,1	2,5
Fundo de vale coluvial aluvial	10,51	57,9	2,0

Fonte: modificado de Crepani *et al.* (2001).

As unidades que apresentaram valores entre 1 a 1,4 foram consideradas como estáveis, e as que apresentaram valores de 1,4 a 1,8 foram definidas como moderadamente estáveis. O grau entre 1,8 a 2,2 representam a classe medianamente estável/vulnerável, os valores entre 2,2 a 2,6 referem-se a moderadamente vulnerável e os valores de 2,6 a 3,0 definem as áreas vulneráveis (Crepani, 2001).

### 3. Resultados e discussão

De acordo com os mapas gerados (Figura 1) para o cruzamento de dados na elaboração dos mapas de vulnerabilidade, foi possível observar que embora a área apresente uma declividade diversificada, possui um predomínio de terras na classe de relevo ondulado (8 a 20%), ocupando 41,45% da área total, seguido da classe com relevo plano (0 a 3%), com 29,38% da área. Também bastante representativa na área avaliada foi a classe de relevo forte ondulado (20 a 45%), que ocupa 19,76% da microbacia. As classes suave ondulado, montanhoso e escarpado ocupam, respectivamente, as menores áreas, 8,14%, 1% e 0,27% (Figura 1B).

O uso das terras é predominantemente ocupado com culturas temporárias, com destaque para a cultura do milho e da soja, totalizando 491,15 hectares, o que corresponde 50,09% da área total que é de 980,5 hectares (Figura 1C). Também evidenciou-se o uso com floresta nativa (20,89%), principalmente em áreas como topos de morro e com maiores declividades, assim como tem-se poucas áreas desmatadas (1,81%) e com solo exposto (0,41%). As áreas com pastagem, principalmente azevém, ocupam 19,69% da área total, voltadas para a criação de gado leiteiro, atividade agrícola observada na maior parte das propriedades da microbacia, sendo também a principal atividade local. As áreas de reflorestamento ocupam 2,51%, sendo estas com cultivo de eucalipto e pinus. A massa d'água correspondente aos rios, açudes e nascentes é representada com 1,11%. A área urbanizada aparece com 3,49% da área total.

De acordo com a análise fisiográfica foram observadas cinco subpaisagens: Encosta Erosional Coluvial (Eec) com a maior representatividade (35,53%), Encosta Erosional (Ee) com 27,13% da área, Encosta em Patamar (Ep) ocupando 21,55%, Fundos de Vale Coluviais Aluviais (FVca) com 10,51% e Encosta Coluvial Erosional (Ece) com a menor porção (5,23%) (Figura 1 D). No que se refere às ordens de solo, segundo Embrapa (2013), verifica-se que existe uma predominância da classe dos Nitossolos e Cambissolos, que representam 45,76 e 39,12%, respectivamente, da área total da microbacia. Os Nitossolos Vermelhos e os Cambissolos Háplicos são predominantes (Figura 1A).

Com o cruzamento dos mapas gerados (declividade, fisiografia, pedologia e uso e ocupação das terras) com os valores do grau de vulnerabilidade estabelecido para cada componente utilizados nos mapas temáticos, obteve-se uma mapa de vulnerabilidade para cada tema, que pode ser observado na Figura 2.

#### Vulnerabilidade: Declividade

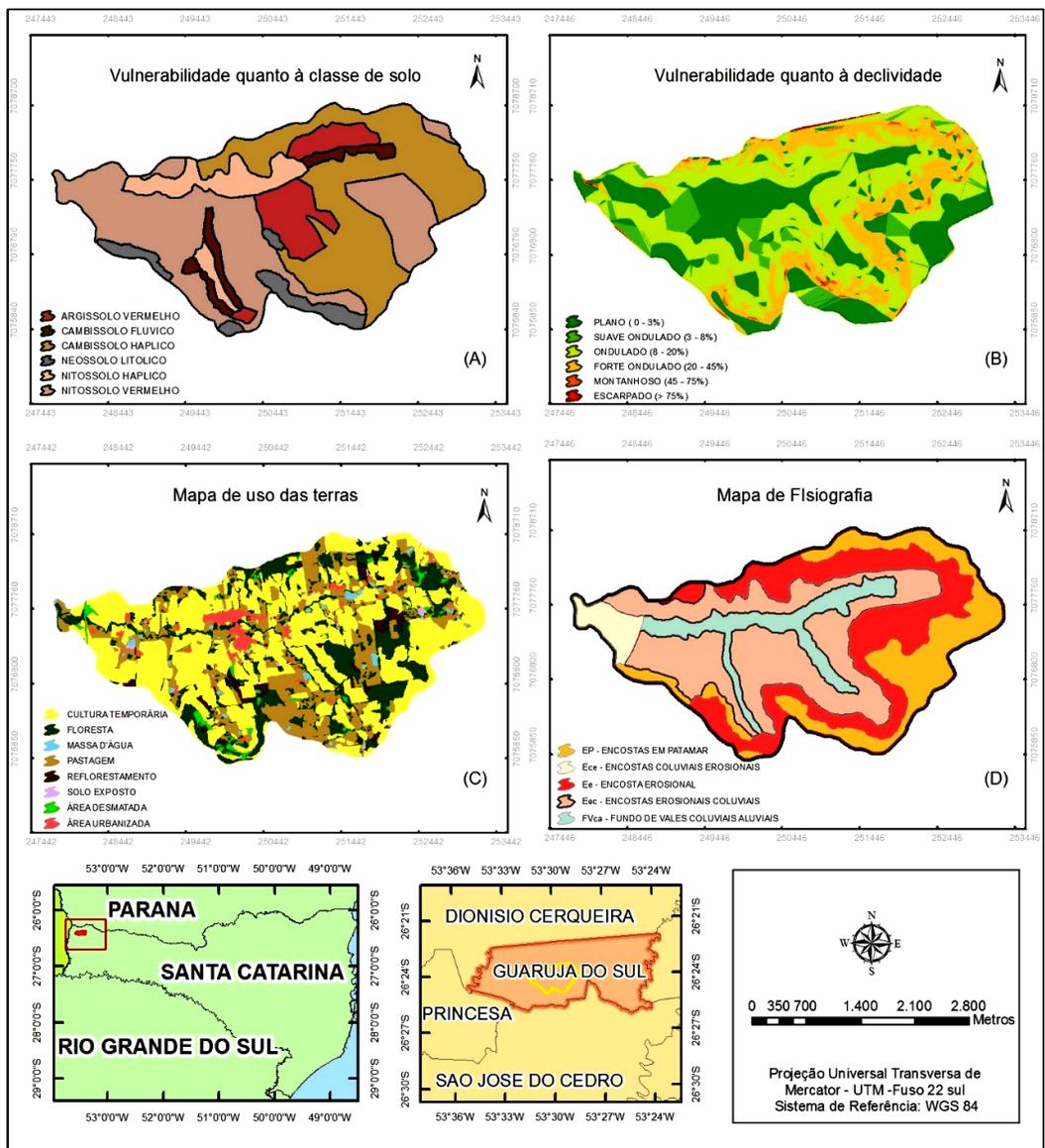
Quando avaliado o atributo declividade observou-se uma predominância das classes estável (58,44%) e moderadamente estável (24,36%), somando 82,80 % da área de estudo, com grau de vulnerabilidade variando de 1 a 1,8. Dessa forma, prevalecendo os processos de pedogênese. Nessas áreas os processos de perda de solo são considerados estáveis por estarem localizadas na maior parte em relevo com superfícies planas a suavemente ondulado e em algumas áreas de relevo ondulado.

**Tabela 3**

Valores do grau de vulnerabilidade para as classes de solo

Pedologia	Área (ha)	Área (%)	Grau de Vulnerabilidade
Cambissolo Háplico	35,20	368,1	2,5
Nitossolo Háplico	8,22	345,1	1,5
Nitossolo Vermelho	37,54	98,9	1,5
Argissolo Vermelho	10,09	80,6	2,0
Cambissolo Flúvico	3,92	40,4	2,0
Neossolo Litólico	5,04	38,4	3,0

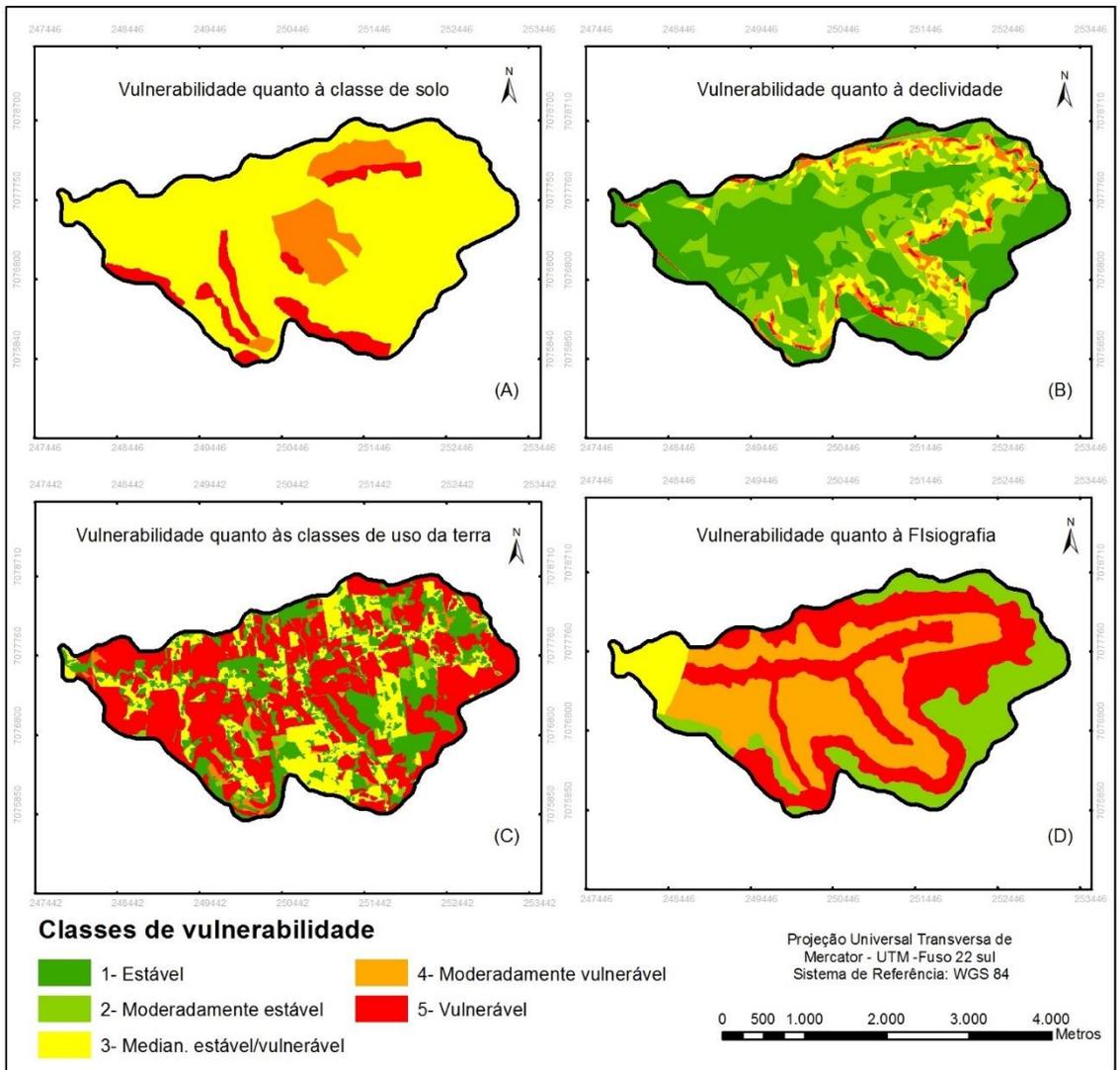
Fonte: modificado de Crepani *et al.* (2001).



**Figura 1.** Mapas temáticos (Solos, A; Declividade, B; Uso da terras, C; Fisiografia, D) necessários para a elaboração dos mapas de vulnerabilidade.

A classe medianamente estável/vulnerável apresentou 11,6% da área total, representando a maioria das áreas de relevo ondulado e uma pequena parcela de relevo forte ondulado. O grau de vulnerabilidade ficou entre 1,8 a 2,2. Sendo uma transição de uma unidade mais estável para uma unidade instável, as características dessa área e de acordo com o grau, seriam de áreas mais instáveis do que estáveis,

ocorrendo, portanto, equilíbrio entre pedogênese e a morfogênese. As áreas mais vulneráveis (moderadamente vulnerável e vulnerável) somam 5,59%, e localizam-se nas áreas de relevo forte ondulado, montanhoso e escarpado, onde existe uma predominância de processos morfogenéticos. O grau de vulnerabilidade nessas áreas varia de 2,2 a 3,0.



**Figura 2.** Mapas de vulnerabilidade: (A) Vulnerabilidade quanto ao fator classe de solo; (B) Vulnerabilidade quanto ao fator declividade; (C) Vulnerabilidade quanto ao fator uso da terra; (D) Vulnerabilidade quanto ao fator fisiografia.

**Vulnerabilidade: Fisiografia**

As áreas moderadamente estáveis referem-se à subpaisagem encosta em patamar (Ep). Ocupando 21,55%, representam as áreas próximas aos divisores de água, apesar de estarem nas áreas de maior altitude da microbacia, possuem pequena declividade, variando de 3 a 8%, em relevo suave ondulado. Por isso, essas áreas não possuem um grau de vulnerabilidade elevado, e são indicadas para agricultura sem oferecer muitos riscos de degradação e perda de solo.

A classe medianamente estável/vulnerável, que indica uma transição entre classes estáveis e classes vulneráveis, estão localizadas nas encostas coluviais erosionais (Ece), e representam a menor porção com 5,23% da área de estudo. Essas áreas são caracterizadas por apresentarem processos de transporte e deposição de sedimentos e fragmentos de rocha, que são originários da ação das chuvas ocorrentes em áreas de declividades mais acentuadas. Diante disso, pode-se entender essa transição e classes, pois ao mesmo tempo apresenta

processos de perda de solo e de formação de solo.

Representada pela subpaisagem de encosta erosional coluvial (Eec), encontra-se a classe de vulnerabilidade moderadamente vulnerável com 35,53% da área e de acúmulo nessas áreas, o que determinam a formação dessa subpaisagem. Essas áreas apresentam variadas formas de relevo, mas com predominância de relevo ondulado (8 a 20%).

As áreas moderadamente vulneráveis e vulneráveis quando somadas predominam na área da microbacia, ocupando 73,17%, sendo que a classe moderadamente vulnerável ocorre nas encostas erosionais coluviais (Eec) e a classe vulnerável (37,64%) nas subpaisagens de encostas erosionais (Ee) e fundos de vale (Fv). Nas áreas erosionais, existe uma predominância de processos erosivos (morfogênese), pois são áreas com declividades acentuadas, o que favorece esses processos. Nessas áreas a presença de relevo ondulado a forte ondulado exige cuidados na exploração agrícola dessas áreas, pois há uma necessidade que medidas de prevenção de controle de erosão sejam praticadas. Já nas áreas de fundo de vale, estão sujeitas à inundação, tornado essas áreas um meio instável.

#### **Vulnerabilidade: Uso da terra**

Diante das classes de uso da terra observadas na área de estudo foi possível analisar a vulnerabilidade em relação ao uso do solo. As áreas mais estáveis somaram 28% (estável e moderadamente estável), sendo que nessas áreas houve o predomínio de ocupação do solo com floresta, que apresentam grau de vulnerabilidade 1. Essa estabilidade deve-se ao fato de que essa cobertura vegetal aumenta a capacidade de infiltração de água, diminuindo a perda por escoamento superficial e, conseqüentemente, o processo de erosão do solo.

No grau medianamente estável/vulnerável, que ocupa 19,69% da área, está inserido o uso com pastagens, grau 2,0. Essas se encontram em transição entre as unidades

mais estáveis e mais vulneráveis. Mesmo que em determinadas áreas o uso ideal não seja a pastagem, essa utilização evita a exposição do solo e o sistema radicular das gramíneas auxiliam no processo de agregação do solo. O que pode acarretar perdas de solo nessas áreas é o mau manejo das pastagens.

As áreas moderadamente vulneráveis e vulneráveis ocupam juntas 52,71% e abrangem exatamente as áreas em que existe exploração de atividade agrícola com lavouras e pequenas porções com solo exposto. O uso com culturas agrícolas ocupa mais de 50% da área e essa atividade, se praticada de forma excessiva e sem práticas de manejo adequadas, pode acarretar não só em prejuízos econômicos como também o esgotamento do solo, perdendo seus nutrientes, além de processo erosivo e degradação do solo. Solo exposto ou sem proteção vegetal, diante de eventos climáticos como chuva, pode ocasionar desgastes e o aparecimento de voçorocas.

#### **Vulnerabilidade: Pedologia**

As ordens de solo possibilitaram diagnosticar os graus de perda à erosão como moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável, moderadamente vulnerável e vulnerável. Foi possível constatar que 46% da área são moderadamente estáveis, sendo representadas pelos Nitossolos Háplicos e Vermelhos, com grau de vulnerabilidade 1,5. Os Nitossolos possuem textura argilosa ou muito argilosa, e apresentam susceptibilidade à erosão devido ao relevo movimentado em que ocorrem.

Na classe moderadamente vulnerável está inserido o Cambissolo Háplico, com 35% e grau de vulnerabilidade 2,5. Essa ordem de solo caracteriza-se por apresentar pouca profundidade e muita pedregosidade. A classe medianamente estável/vulnerável apresenta 14%, representada pelos Argissolos Vermelhos e Cambissolos Flúvicos, ambos com grau 2,0. Os Cambissolos Flúvicos, principalmente por apresentarem argila de alta atividade, o que promove movimentos de contração quando

secos e expansão quando úmidos, podendo ocasionar fendas nas áreas ocupadas com esse tipo de solo, desencadeando processos erosivos. Para os Argissolos Vermelhos, as principais limitações desses solos se relacionam à erosão, especialmente por apresentarem elevado gradiente textural. Os solos classificados como vulneráveis foram os Neossolos Litólicos, apresentando grau 3,0 de vulnerabilidade e representando 5% da área. Os Neossolos são solos rasos e pouco desenvolvidos, com ausência de horizonte B, sendo o horizonte A sobre o horizonte C, tornando-se bastante instável, por ocorrerem em relevos acidentados, possuem alta susceptibilidade à erosão.

### Vulnerabilidade final

O resultado da vulnerabilidade final à perda de solos obtida com o cruzamento dos quatro mapas de vulnerabilidade, pode ser observado na Figura 3, assim como as áreas de cada classe e suas respectivas porcentagens na Tabela 5. O mapa de vulnerabilidade natural do solo, elaborado através da interpolação das informações geradas com a declividade, ordens de solo, fisiografia e uso do solo, mostrou que a classe considerada medianamente estável/vulnerável predomina em 509,63 ha, representando 51,98% da área. Essas áreas são caracterizadas por estarem numa faixa transicional entre a unidade estável e a unidade vulnerável. As classes, estável e moderadamente estável, que somaram 32,81 %, definem as áreas mais estáveis e possuem características similares, na maior parte situam-se na mesma subpaisagem de encosta em patamar, ordem de solo (Cambissolo Háplico) e declividade, em relevos planos a suave ondulado, com cobertura vegetal e com pouca atuação de processos morfogenéticos.

### Tabela 5

Distribuição das classes de vulnerabilidade do solo em área (ha) e porcentagem (%)

Classes de Vulnerabilidade	Grau	Área (ha)	Percentual (%)
Estável	1 a 1,4	32,78	3,34
Moderadamente estável	1,4 a 1,8	288,96	29,47
Medianamente estável/vulnerável	1,8 a 2,2	509,63	51,98
Moderadamente vulnerável	2,2 a 2,6	145,57	14,85
Vulnerável	2,6 a 3,0	3,56	0,36
Total		980,50	100

As áreas com grau de vulnerabilidade moderadamente vulnerável e vulnerável, somam 14,88 %, se encontram em relevo ondulado a forte ondulado e algumas pequenas áreas de relevo montanhoso e escarpado. A presença de relevo com características de encostas erosionais não favorecem a estabilidade da área e possuem um constante processo de perdas de solos, principalmente nas áreas desmatadas, fator esse que explica essa alta vulnerabilidade. Nessas áreas os processos de morfogênese e que alteram o relevo são predominantes, por isso deve-se ter mais atenção na utilização dessas áreas (Rovani *et al.*, 2015).

Na análise da vulnerabilidade natural do solo de Silveira Martins, estado do Rio Grande do Sul, Brasil, Rovani *et al.* (2016) concluíram que depois da identificação de áreas estáveis com processos formadores de solo e áreas moderadamente vulneráveis com a predominância de processos erosivos, pode-se atentar para a importância dessas unidades na indicação de práticas adequadas que visam menores impactos ambientais com o uso do solo.

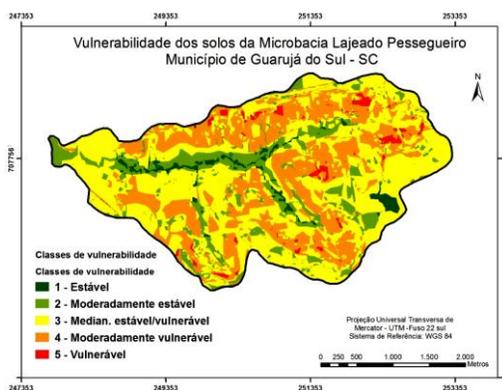


Figura 3. Mapa da vulnerabilidade final à perda de solo da microbacia Lajeado Pessegueiro, Guarujá do Sul, SC, Brasil.

#### 4. Conclusões

Os resultados obtidos na análise da vulnerabilidade natural do solo da microbacia Lajeado Pessegueiro, por meio de diagnóstico utilizando Sistema de Informação Geográfica (ArcGis 10.0) indicaram a predominância de áreas medianamente estável/vulnerável na área estudada no município de Guarujá do Sul, Santa Catarina, Brasil. Essa ocorrência está associada principalmente pela presença de um equilíbrio entre os processos de morfogênese e a pedogênese. O resultado obtido pode ser utilizado na elaboração de medidas de prevenção e no auxílio ao planejamento urbano de órgãos públicos e privados, por meio de projetos que financiem esse tipo de pesquisa.

#### Referências bibliográficas

- Beeker, B.K.; Egler, C.A.G. 1996. Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos Estados da Amazônia Legal. Brasília: SAE: MMA. Pp 1-43.
- Crepani, E.; Medeiros, J.S.; Filho, P.H.; Florenzano, T.G.; Duarte, V.; Barbosa, C.C.F. 2001. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE – 8454-RPQ/722), 103 pp.
- Crepani, E.; Medeiros, J.S.; Azevedo, L.G.; Duarte, V.; Hernandez, P.; Florenzano, T. 1996. Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico. INPE, São José dos Campos, SP, 26 pp.
- Crepani, E.; Medeiros, J.S.; Azevedo, L.G.; Hernandez, P.; Florenzano, T.G.; Duarte, V. 2008. Zoneamento Ecológico Econômico. In: Florenzano, T.G. Editor. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos; pp. 285-318.
- Dent, D.; Young, A. 1993. Soil survey and land evaluation. London: E & FN Spon, 1993. 292 pp.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2004. Solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 745 pp.
- Embrapa. 2013. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, v.1. 353 pp.
- Florenzano, T.G. 2008. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. 318 pp.
- Lepsch, I.F.; Espindola, C.R.; Filho, O.J.V.; Hernani, L.C.; Siqueira, D.S. 2015. Manual para Levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 1ª edição. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 175 pp.
- Lima, L.P.Z.; Louzada, J.; Carvalho, L.M.T.; Scoloro, J.R.S. 2011. Análise da vulnerabilidade natural para implantação de unidades de conservação na microrregião da Serra de Carrancas, MG. Revista Cerne 17: 151-159.
- Lima, F.R.; Martinelli, M. 2008. As unidades ecodinâmicas na Cartografia Ambiental de Síntese. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal/12/Nuevastecnologias/Cartografiatematica/08.pdf>
- Loss, A.; Chaves, D.A.; Bernini, T.A.; Couto, W.H.; Miguel, D.L.; Anjos, L.H.C.; Francelino, M.R. 2011. Aplicação de Modelo Digital de Elevação Para o Levantamento de Solos da Microbacia do Rio Bengala, em Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brasil. Interciência 36: 121-127.
- Machado, L.N. 2016. Caracterização das Classes de Solos, Aptidão Agrícola das Terras e Análise da Vulnerabilidade do Solo na Microbacia Lajeado Pessegueiro, Guarujá do Sul, SC. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 135 pp.
- Mesquita, C.; Assis, A.Q.S.; Souza, R.M. 2010. Vulnerabilidade natural à perda de solos da bacia hidrográfica do rio Sagrado – Morretes/P.R. Revista de Geografia 8: 249-264.
- Pedron, F.A.; Poelking, E.L.; Dalmolin, R.S.D.; Azevedo, A.C.; Klamt, E.A. 2006. Aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João Polênise – RS. Ciência Rural 36: 105-112.
- Poelking, E.L.; Dalmolin, R.S.D.; Pedron, F.A.; Fink, J.R. 2015. Sistema de informação geográfica aplicado ao levantamento de solos e aptidão agrícola das terras como subsídios para o planejamento ambiental do município de Itaara, RS. Revista Árvore 39: 215-223.
- Rodrigues, J.B.T.; Zimback, C.R.L.; Piroli, E.L. 2001. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu (SP). Revista Brasileira de Ciência do Solo 25: 675-681.
- Rovani, F.F.M.; Cassol, R.; Wollmann, C.A.; Simioni, J.P.D. 2015. Análise da vulnerabilidade natural à perda de solo de Baão de Cotegipe, R.S. Revista do Departamento de Geografia 29: 262-278.
- Rovani, F.F.M.; Vieira, M. 2016. Vulnerabilidade natural do solo de Silveira Martins – RS. Revista Floresta e Ambiente 23: 151-160.
- Santa Catarina. 2014. Atlas Geográfico de Santa Catarina, Diversidade da Natureza. Fascículo 2. Rocha, I. O (Org.). Florianópolis: Ed. UDESC, 188p.
- Santa Catarina. 1986. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. 173p.
- SDS/SC. 2011 Secretaria de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <http://www.sds.sc.gov.br/index.php/editar-noticias/1327-levantamento-aerofotogrametrico-chegaaos-295-municipios-catarinenses>
- Silva, E.B.; Nogueira, R.E.; Uberti, A.A.A. 2010. Avaliação da aptidão agrícola das terras como subsídio ao assentamento de famílias rurais, utilizando sistemas de informações geográficas. Revista Brasileira de Ciência do Solo 34: 1977-1990.
- Silva Neto, J.C.A. 2013. Evaluation of vulnerability to loss of soil in watershed of Salobra river, MS, based on the forms of terrain. Geografia 22: 05-25.
- Tricart, J. 1977. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN (Recursos Naturais e Meio Ambiente 1), 91 pp.
- Uberti, A.A.A. 2005. Proposta de Divisão Territorial em Regiões Edafoambientais Homogêneas. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 185 pp.