DOI 10.5418/RA2018.1423.0001

VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS EROSIVOS LINEARES DAS PAISAGENS DE PARTE DOS MUNICÍPIOS DE MARABÁ PAULISTA (SP) E PRESIDENTE EPITÁCIO (SP), BRASIL

VULNERABILITE ANVIRONNEMENTALE AUX PROCESSUS EROSIFS LINEAIRES DES PAYSAGES DES MUNICIPALITES DE MARABA PAULISTA (SP) ET DE PRESIDENT EPITACIO (SP), BRESIL

ENVIRONMENTAL VULNERABILITY TO LINEAR EROSIVE PROCESSES OF LANDSCAPES IN PARTS OF MARABÁ PAULISTA (SP) AND PRESIDENTE EPITÁCIO (SP), BRAZIL

Melina Fushimi
Professora doutora do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço e do Departamento de História e Geografia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), campus de São Luís. E-mail: melinafushimi@yahoo.com.br

João Osvaldo Rodrigues Nunes
Professor livre-docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Presidente Prudente/SP. E-mail: joaosvaldo@fct.unesp.br

RESUMO

O objetivo principal do presente artigo foi analisar a vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) das paisagens de parte dos municípios de Marabá Paulista (SP) e Presidente Epitácio (SP), Brasil. Para tanto, levaram-se em consideração os aspectos do relevo, da declividade, dos solos, do substrato rochoso, do uso da terra, da cobertura vegetal e da curvatura da superfície na elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares. O referido documento cartográfico apresentou quatro classes de vulnerabilidade: baixa, média, alta e muito alta. Dessa forma, quatro pontos representativos de amostragem foram caracterizados e analisados. Este estudo poderá contribuir no sentido de orientar o implemento de práticas conservacionistas nas áreas indicadas como baixa e média vulnerabilidade e a implantação de técnicas de recuperação de áreas degradadas nos setores de alta e muito alta vulnerabilidade.

Palavras-chave: vulnerabilidade ambiental, erosão linear, Marabá Paulista, Presidente Epitácio.

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

RÉSUMÉ

L'objectif principal de cet étude a été d'analyser la vulnérabilité de l'environnement aux processus érosifs linéaires (des rainures, des ravins et des ravins) des paysages des municipalités de Marabá Paulista (SP) et de Presidente Epitácio (SP), Brésil. Par conséquent, nous avons pris en considération les aspects du relief, la pente, les sols, le substratum rocheux, l'utilisation de la terre, la couverture végétale et la courbure de la surface dans la préparation de la carte de vulnérabilité environnementale aux processus de l'érosion linéaire. Le document cartographique au sujet a présenté quatre catégories de vulnérabilité : faible, moyenne, haute et très haute. Ainsi, quatre points représentatifs de l'échantillonnage ont été caractérisés et analysés. Cette étude pouvra contribuer au sens de guider la mise en place des pratiques de conservation dans les zones indiquées comme faible et moyenne vulnérabilité et le déploiement des zones dégradées techniques de récupération dans les secteurs à haute et très haute vulnérabilité.

Mots-clés: vulnérabilité environnementale, érosion linéaire, Marabá Paulista, Presidente Epitácio.

ABSTRACT

This paper aimed to analyze the environmental vulnerability to linear erosive processes (rills, ravines and gullies) of landscapes in parts of Marabá Paulista (SP) and Presidente Epitácio (SP), Brazil. The relief, slope plans, soils, bedrocks, land use, vegetation and surface curvature aspects were considered in elaboration of the map of environmental vulnerability to linear erosive processes. The cartographic document presented four vulnerability classes: low, medium, high and very high. Thus, four representative points were characterized and analyzed. This study may contribute to guiding the management of preventive measures in areas indicated as low and medium vulnerability and the application of recovery techniques for degraded areas in high and very high vulnerability areas.

Keywords: environmental vulnerability, linear erosion, Marabá Paulista, Presidente Epitácio.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

INTRODUÇÃO

No atual momento histórico, diante das transformações aceleradas das paisagens urbanas e rurais, em que as dinâmicas da sociedade se interpenetram e, muitas vezes, se sobressaem às dinâmicas da natureza, a questão ambiental assume importância crescente em vários campos do conhecimento, sobretudo na geografia.

Em meio aos diversos trabalhos realizados nos âmbitos geográfico e ambiental, têm-se os processos erosivos como um dos assuntos mais enfatizados. A representatividade deste tema se contextualiza no cenário frequente de degradação dos solos do território brasileiro associado aos ciclos econômicos e aos usos da terra.

Suguio (1998, p. 276) considera erosão um "conjunto de processos que atuam na superfície terrestre, levando à remoção de materiais minerais e rochas decompostas. Quando a água constitui o agente essencial, o processo de dissolução torna-se muito importante".

Guerra e Guerra (2009) distinguem os tipos de erosão: elementar, eólica, fluvial, glaciária, marinha e pluvial. A erosão pluvial, cujo processo foi discorrido por Guerra (1999), é ocasionada a partir das chuvas, e é um fenômeno recorrente em grande parte do Brasil. Na sua fase inicial, conhecida como *splash erosion* ou "erosão por salpico", com o impacto das águas pluviais na superfície, tem-se a ruptura dos agregados do solo em tamanhos menores e o seu transporte pelo salpicamento.

Algumas propriedades dos solos, como o teor de matéria orgânica, a textura, a densidade, a porosidade e a estrutura, bem como as características das formas de relevo, a cobertura vegetal, a erosividade da chuva e os usos da terra, interferem direta ou indiretamente na quebra dos agregados. A tendência é que estas partículas preencham os poros do solo, causando a selagem e a redução da porosidade, eventos que reduzem as taxas de infiltração (GUERRA, 1999).

Apesar de a superfície selada oferecer maior resistência ao efeito *splash*, o escoamento superficial é favorecido, podendo atingir altas velocidades, suficientes para destacar e transportar sedimentos. Em situações menos recorrentes, o terreno se torna tão seco que se formam rachaduras, e a infiltração da água é superior ao escoamento (GUERRA, 1999).

Quando o solo está saturado, a água tende a se deslocar para áreas a jusante. A princípio, o fluxo é difuso e o escoamento em lençol ou laminar, promovendo, assim, a erosão em lençol ou erosão laminar. Nesta etapa, Guerra (1999, p. 30) discorre que "[...] a erosão ainda é incipiente, muito localizada e envolve apenas o transporte individual dos grãos que compõem o solo", tendo-se grandes possibilidades de recuperação diante dessas condições.

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

No mais, o fluxo pode vir a ser linear, concentrado, atenuando sua velocidade e aumentando a profundidade. A concentração de sedimentos entra em atrito com o fundo dos pequenos canais formados, que são cada vez mais definidos pela erosão e formam as ravinas, com possibilidades de evolução para voçorocas ou boçorocas:

> *As voçorocas podem ser originadas pelo aprofundamento e alargamento de ravinas, ou por erosão causada pelo escoamento subsuperficial, o qual dá origem a dutos (pipes). São relativamente permanentes nas encostas. Têm paredes laterais íngremes, em geral fundo chato, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante os períodos chuvosos. Ao aprofundarem seus canais, as voçorocas atingem o lençol freático. Constituem um processo de erosão acelerada e de instabilidade nas paisagens (SUERTEGARAY, 2008, p. 245).*

Oliveira (2014) diferencia ravinas e voçorocas ao afirmar que as primeiras são incisões de até 50 cm de largura e profundidade, enquanto incisões de valores superiores são denominadas de voçorocas. Por outro lado, técnicos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) propõem que "ravinas seriam canais criados pela ação do escoamento superficial; e voçorocas, canais esculpidos pelo afloramento do lençol freático" (OLIVEIRA, 2014, p. 59), sendo esta a classificação adotada para este estudo.

Apesar de a erosão dos solos estar fortemente relacionada às práticas sociais, este é um processo que ocorre na natureza há milhões de anos, ou seja, é anterior ao aparecimento do ser humano, com participação essencial na esculturação da superfície terrestre, na formação dos solos aluviais e das rochas sedimentares (WEILL, PIRES NETO, 2007). No entanto, os usos da terra conduzidos pelo modo de produção capitalista, por desconsiderarem as fragilidades dos constituintes da natureza (como relevo, declividade, solos, substrato rochoso, cobertura vegetal e curvatura da superfície), podem promover o surgimento/incremento de feições erosivas. Dessa maneira, a relação sociedade-natureza apresenta-se materializada nas paisagens em diferentes níveis de vulnerabilidade ambiental à ocorrência de manifestações erosivas, sejam laminares ou lineares.

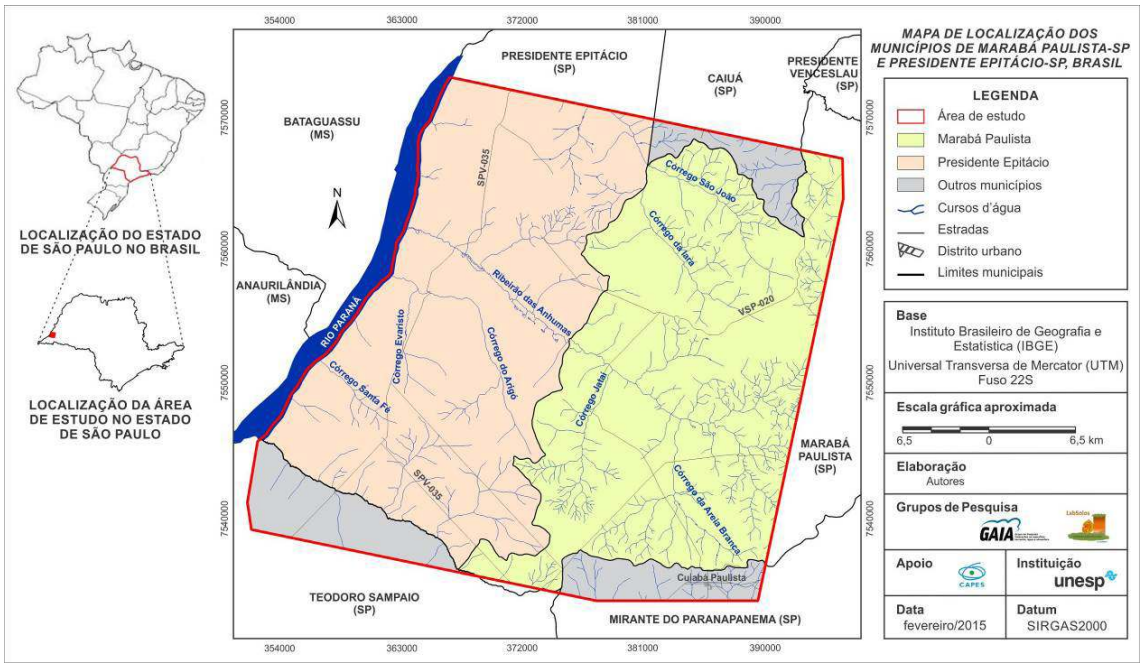
Nesse sentido, o objetivo principal do presente artigo foi analisar a vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) das paisagens de parte dos municípios de Marabá Paulista e Presidente Epitácio, no estado de São Paulo. Para tanto, levaram-se em consideração os aspectos do relevo, da declividade, dos solos, do substrato rochoso, do uso da terra, da cobertura vegetal e da curvatura da superfície na elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Caracterização da área de estudo

Os municípios de Marabá Paulista e Presidente Epitácio se localizam no Extremo Oeste do Estado de São Paulo, Brasil (Figura 1). A área territorial de Marabá Paulista é de 919,519 km², e sua população estimada foi de 5.611 habitantes, em 2017. Presidente Epitácio dispõe de 1.260,281 km², com cálculo de 43.897 habitantes, no ano de 2017, em conformidade com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.



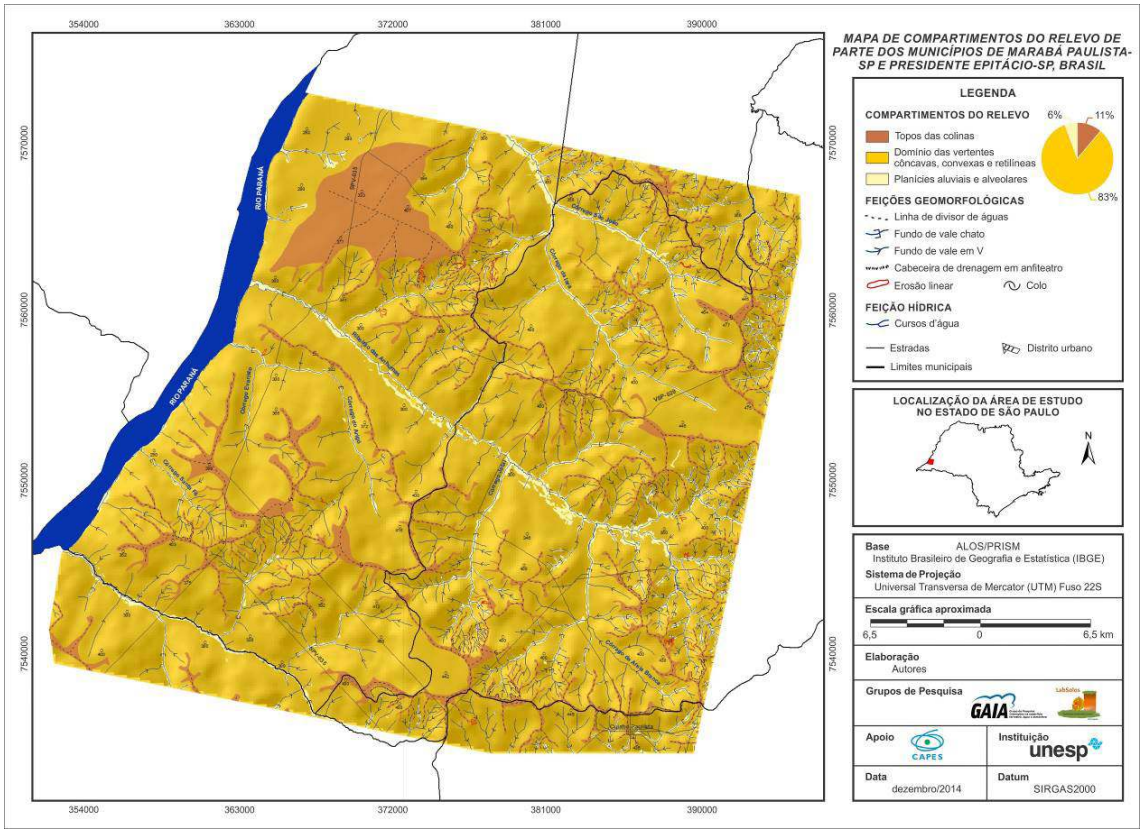
Fonte: Autores (2015, 2017).

Com base na coluna litoestratigráfica da bacia sedimentar do Paraná, adotada no Mapa Geológico do Estado de São Paulo na escala 1:500.000, ambas propostas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT, 1981), destaca-se, na área de estudo, a presença de rochas sedimentares das formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina do grupo Bauru, tal como os sedimentos aluvionares.

O relevo é caracterizado, de modo geral, por três padrões de colinas: colinas tabulares e aplainadas, colinas amplas suavemente onduladas e colinas onduladas. De acordo com o Mapa de Compartimentos do Relevo de Parte dos Municípios de Marabá Paulista (SP) e Presidente Epitácio (SP), na escala 1:50.000 (Figura 2), foram identificados três principais compartimentos do relevo que se associam com as seguintes formações pedológicas e geológicas:

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

Figura 2: Mapa de Compartimentos do Relevo de Parte dos Municípios de Marabá Paulista (SP) e Presidente Epitácio (SP).



Fonte: Autores (2015).

(a) Topos das colinas tabulares e aplainadas, das colinas amplas suavemente onduladas e das colinas onduladas, onde predominam solos desenvolvidos (associação latossolos), isto é, solos profundos oriundos dos arenitos da formação Caiuá ou Adamantina.

Apresentam-se como latossolos os "solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura" (EMBRAPA, 2013, p. 197).

(b) Domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas, nas quais ocorrem solos desenvolvidos (associação latossolos), solos rasos a desenvolvidos (associação argissolos) ou solos rasos (associação neossolos). Em alguns setores, têm-se os afloramentos dos arenitos da formação Caiuá, Santo Anastácio ou Adamantina.

Os argissolos são

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

> *[...] solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo ainda aos seguintes requisitos:*
>
> *a) Horizonte plíntico, se presente, não satisfaz aos critérios para Plintossolo;*
>
> *b) Horizonte glei, se presente, não satisfaz aos critérios para Gleissolo (EMBRAPA, 2013, p. 117).*

Entende-se por neossolos

> *[...] solos pouco evoluídos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Horizontes glei, plíntico, vértico e A chernozêmico, quando presentes, não ocorrem em condição diagnóstica para as classes Gleissolos, Plintossolos, Vertissolos e Chernossolos, respectivamente (EMBRAPA, 2013, p. 221).*

(c) Planícies aluviais e alveolares, com a existência de solos hidromórficos (associação planossolos e gleissolos) e materiais sedimentares de origem tecnogênica, principalmente depósitos sedimentares induzidos aluviais, que estão vinculados às redes de drenagem atuais (PELOGGIA et al., 2014). Os arenitos da formação Caiuá, Santo Anastácio ou Adamantina afloram em algumas áreas.

> *Sobre os planossolos, "são solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico. Horizonte plânico sem caráter sódico perde em precedência taxonômica para o horizonte plíntico" (EMBRAPA, 2013, p. 255).*

Enfim, caracterizam-se os gleissolos como

> *[...] solos constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 50 cm da superfície do solo ou a profundidades entre 50 cm e 150 cm desde que imediatamente abaixo do horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Não apresentam horizonte vértico ou B plânico acima ou coincidente com horizonte glei, tampouco qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei ou textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico. Horizonte plíntico, se presente, deve estar à profundidade superior a 200 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2013, p. 177).*

No que se refere aos atributos climáticos, a chuva é o principal tipo de precipitação do Extremo Oeste Paulista, que se encontra em uma área de transição dos sistemas atmosféricos inter e extratropicais, com a participação das massas tropical atlântica, tropical continental, polar atlântica e equatorial continental (BOIN, 2000).

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

Em relação ao índice de erosividade da chuva da região do Extremo Oeste do Estado de São Paulo, o valor médio anual apresenta-se na ordem de 7200 MJ mm h^{-1} ha^{-1}. Neste aspecto, o maior risco erosivo ocorre em janeiro e o menor, no mês de agosto (TOMMASELLI et al., 1999).

METODOLOGIA

Este trabalho baseou-se na caracterização geomorfológica e geológica segundo os dois primeiros níveis de abordagem propostos por Ab'Saber (1969): compartimentação topográfica e estrutura superficial da paisagem.

Os mapas de curvatura da superfície e de clinografia foram elaborados no ArcGIS 10.2.2® por intermédio da base digital planialtimétrica do IBGE (2013), na escala 1:50.000, cujas curvas de nível possuem equidistâncias de 20 m. As classes de declividade foram definidas embasadas em Cunha (2001), com adaptações para as declividades da área de trabalho (Figura 3), especialmente os índices de declividade de 10 a 20%, inclusive 15%. Além disso, como na área de estudo as declividades superiores a 40% são pouco representativas, definiu-se o valor máximo de acima de 20%.

Figura 3: Adaptação das classes de declividade utilizadas por Cunha (2001) para a área de trabalho.

Classes de declividade propostas por Cunha (2001)	Classes de declividade adaptadas para a área de estudo
< 5 %	≤ 5 %
5 ⊢ 10 %	5 ⊢ 10 %
10 ⊢ 20 %	10 ⊢ 15 % 15 ⊢ 20 %
20 ⊢ 30 % 30 ⊢ 40 % ≥ 40 %	> 20 %

Elaboração dos autores.

O mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi feito a partir da imagem de satélite Advanced Land Observing Satellite (ALOS), sensor Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2 (AVNIR-2), resolução espacial de 10 m, datada do ano de 2009. As informações foram atualizadas com checagens em trabalhos de campo, utilizando-se GPS (Global Positioning System) de navegação, modelo Garmin®, com base em pontos de

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

amostragem previamente estabelecidos em trabalhos de gabinete. A legenda foi adaptada do sistema de classificação da cobertura e do uso da terra proposto pelo IBGE (2013), conforme demonstra a Figura 4.

Figura 4: Adaptação da legenda de mapeamento do IBGE (2013) para a área de estudo.

Classes da cobertura e do uso da terra (Níveis I e II) propostas pelo IBGE (2013)	Classes de uso da terra e cobertura vegetal adaptadas para a área de estudo
2. Áreas Antrópicas Agrícolas 2.2 Cultura Permanente	Cana de açúcar
2. Áreas Antrópicas Agrícolas 2.3 Pastagem	Pastagem e gramínea
3. Áreas de Vegetação Natural 3.1 Florestal	Mata
5. Outras Áreas 5.1 Área Descoberta	Solo exposto

Elaboração dos autores.

O esboço simplificado das principais classes de solos foi realizado no ArcGIS 10.2.2® mediante a correlação das informações do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo, na escala 1:500.000 (OLIVEIRA et al., 1999), do Mapa de Compartimentos do Relevo e do mapa de clinografia de parte dos municípios de Marabá Paulista (SP) e Presidente Epitácio (SP), Brasil, além de trabalhos de campo, com o levantamento de 14 pontos de observação e 8 pontos de amostragem dos solos. Dezoito amostras passaram por análises morfológicas (cor, estrutura, porosidade, cerosidade e consistência) e, posteriormente em laboratório, por análises texturais (areia, silte e argila), cujos procedimentos são descritos no manual de métodos de análise de solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997).

No recorte de estudo, diante das alterações dos atributos pedológicos pelas atividades desenvolvidas pela sociedade, optou-se pela adaptação das classes de solos propostas por Trentin (2011), de acordo com a Figura 5.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Figura 5: Adaptação das classes de solos propostas por Trentin (2011) para o recorte de estudo.

Classes de solos propostas por Trentin (2011)	Classes de solos adaptadas para a área de estudo
Solos rasos a bem desenvolvidos em colinas arenosas	Solos desenvolvidos
Solos rasos a bem desenvolvidos em rochas areníticas	Solos rasos a desenvolvidos
Solos rasos de altitudes elevadas	Solos rasos
Solos hidromórficos	Solos hidromórficos

Elaboração dos autores.

As associações dos solos basearam-se nos atributos das classes do 1º nível categórico (ordens) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013):

(a) solos desenvolvidos – associação latossolos;

(b) solos rasos a desenvolvidos – associação argissolos;

(c) solos rasos – associação neossolos;

(d) solos hidromórficos – associação planossolos e gleissolos.

O mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares foi elaborado em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), no *software* Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING 5.2.3® (CÂMARA et al., 1996), na escala 1:50.000, cujos procedimentos foram realizados com base no mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares do município de Presidente Prudente desenvolvido por Fushimi (2012).

Assim, o documento cartográfico resultou da correlação das variáveis das paisagens, compartimentos do relevo, clinografia, solos, curvatura da superfície, uso da terra e cobertura vegetal, que foram espacializadas em mapas temáticos, e incluídos estes nos Planos de Informações (Figura 6).

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Figura 6: Mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares, resultante da correlação das variáveis das paisagens (mapas temáticos).



Fonte: Autores, 2016.

As classes de vulnerabilidade (baixa, média, alta e muito alta) foram atribuídas com referência em Tricart (1977), segundo o estudo dos meios estáveis, intergrades e fortemente instáveis. Desse modo, as adaptações realizadas ocorreram a partir das características ambientais da área estudada (Figura 7), com a elaboração de quatro níveis de vulnerabilidade, cujas porcentagens foram calculadas pela opção "medidas de classes" do SPRING 5.2.3®.

Figura 7: Adaptação dos meios morfodinâmicos de Tricart (1977) para a área de trabalho.

Meios morfodinâmicos propostos por Tricart (1977)	Classes de vulnerabilidade adaptadas para a área de estudo
Meios estáveis	Baixa
Meios intergrades	Média
Meios intergrades	Alta
Meios fortemente instáveis	Muito alta

Elaboração dos autores.

Os pontos cotados, as principais vias de acesso, os limites municipais e os cursos d'água inseridos em todos os mapas foram cedidos pelo IBGE (2013), na escala 1:50.000, e as finalizações gráficas das legendas foram feitas no CorelDRAW X7®.

No mais, ocorreram trabalhos de campo com o levantamento de quatro pontos representativos de amostragem (pontos 1, 2, 3 e 4), objetivando compreender as dinâmicas das paisagens e, por conseguinte, os processos erosivos lineares, em que os aspectos do relevo, declividade, solos, substrato rochoso, curvatura da superfície, uso da terra e cobertura vegetal foram inter-relacionados e se materializaram em áreas com níveis de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.

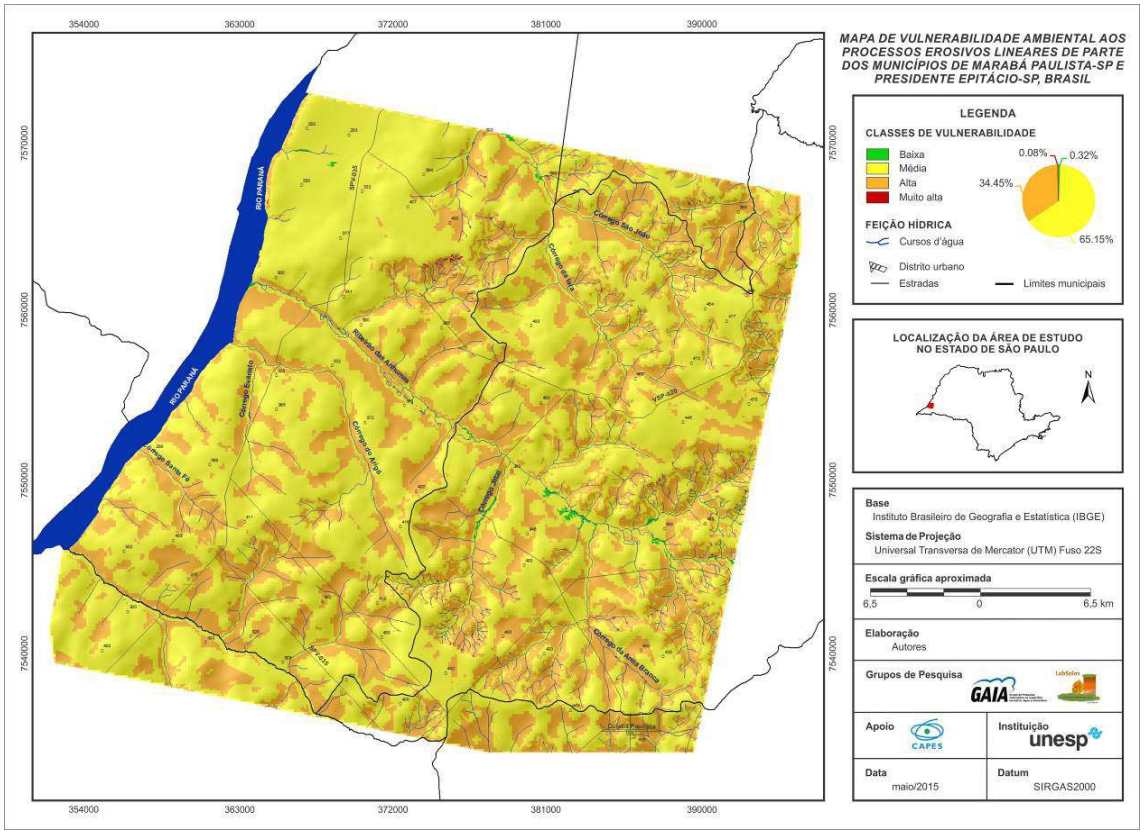
Revista da Anpege ISSN 1679-768X

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares das paisagens de parte dos municípios de Marabá Paulista (SP) e Presidente Epitácio (SP), Brasil

A princípio, com a finalidade de analisar a vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) da área de trabalho, foi elaborado o mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista (SP) e Presidente Epitácio (SP), Brasil (Figura 8).

Figura 8: Mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista (SP) e Presidente Epitácio (SP), Brasil.



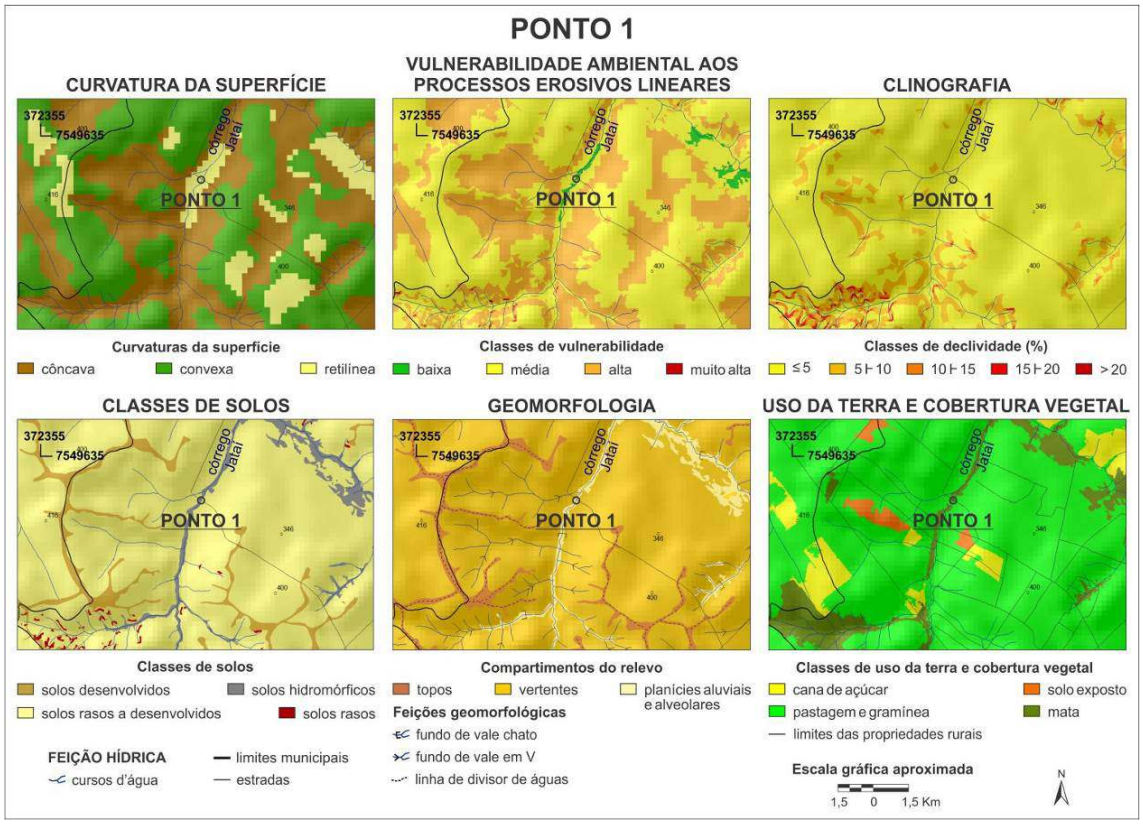
Fonte: Autores, 2015.

A respeito da distribuição das classes de vulnerabilidade, deve-se realçar a média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (65.15%). Com porcentagem inferior (34.45%), a alta vulnerabilidade também é representativa. Já as classes de baixa e muito alta apontam somente 0.32% e 0.08%, nesta ordem. Fushimi (2012) e Fushimi et al. (2013), em estudos realizados sobre vulnerabilidade ambiental à dinâmica erosiva linear do município de Presidente Prudente, reconheceram valores próximos aos identificados na área de estudo.

Posteriormente, os graus de vulnerabilidade (baixo, médio, alto e muito alto) foram caracterizados e analisados por meio de quatro pontos representativos de amostragem (pontos 1, 2, 3 e 4):

Ponto 1 – Baixa vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (Figura 9).

Figura 9: Aspectos do relevo, declividade, solos, curvatura da superfície, uso da terra e cobertura vegetal do Ponto 1.



Fonte: Autores, 2016.

O Ponto 1 se encontra no córrego Jataí (Figura 10), tributário do ribeirão das Anhumas, sendo este, por sua vez, afluente do rio Paraná, que se situa entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Figura 10: Córrego Jataí.



Fonte: Fotografia dos autores. Trabalho de campo, maio de 2015.

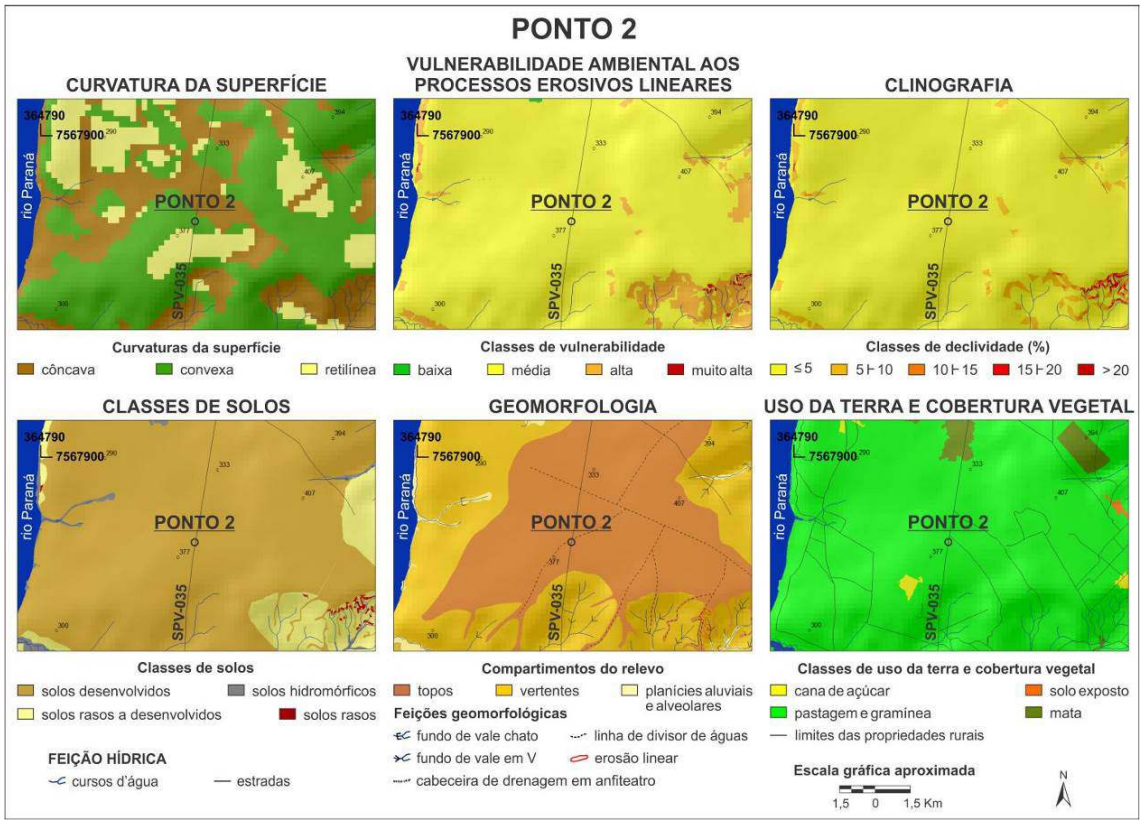
As declividades são inferiores a 5%, onde o fundo de vale apresenta morfologia em berço (curvatura retilínea), com terraços fluviais, amplas planícies aluviais cobertas por vegetação do tipo taboa e matas ciliares. Os solos são hidromorfizados (associação planossolos e gleissolos) pelo contato (constante ou temporário) com as águas fluviais.

Destacam-se os resquícios de matas ciliares, que intervêm no sentido de promover a dispersão das águas pluviais e a proteção direta contra a ação do *splash* (GUERRA, 1999). A referida cobertura vegetal, apesar de não ser nativa e ser pouco densa, influencia na baixa vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares e na estabilidade dos meios morfodinâmicos (TRICART, 1977). Outro fator relevante observado nesse ponto é o cercamento da área, evitando o acesso e o pisoteio do gado que está nas proximidades, assim permitindo o crescimento da vegetação.

Ponto 2 – Média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (Figura 11).

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Figura 11: Aspectos do relevo, declividade, solos, curvatura da superfície, uso da terra e cobertura vegetal do Ponto 2.



Fonte: Autores, 2016.

No Ponto 2, os declives apresentam valores abaixo de 5%, nos topos das colinas tabulares e aplainadas (Figura 12). Em concordância com Weill e Pires Neto (2007) a respeito de que o relevo desempenha função importante na circulação das águas pluviais, a morfologia deste terreno favorece a infiltração.

Figura 12: Topos das colinas tabulares e aplainadas.



Fonte: Fotografia dos autores. Trabalho de campo, outubro de 2015.

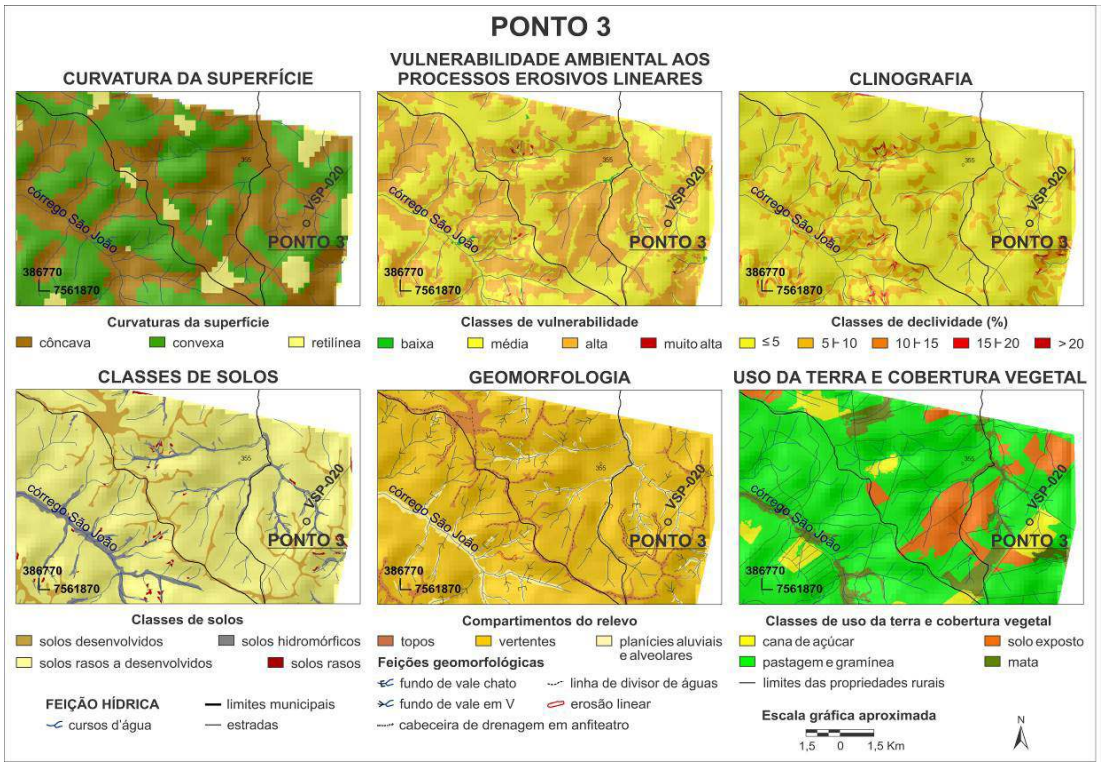
Revista da Anpege ISSN 1679-768X

A presença de solos de textura arenosa (solos desenvolvidos – associação latossolos), com valores superiores a 80% de areia, muito porosos, com consistência em solo seco solta e em solo úmido friável, oriundos de rochas sedimentares, auxilia a infiltração devido à alta porosidade deste tipo de solo, todavia, as partículas se desagregam facilmente, contribuindo para a média vulnerabilidade ambiental aos sulcos, ravinas e voçorocas.

No mais, a gramínea e a pastagem, sem medidas conservacionistas, colaboram para a ocorrência dos meios morfodinâmicos intergrades (TRICART, 1977).

Ponto 3 – Alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (Figura 13).

Figura 13: Aspectos do relevo, declividade, solos, curvatura da superfície, uso da terra e cobertura vegetal do Ponto 3.



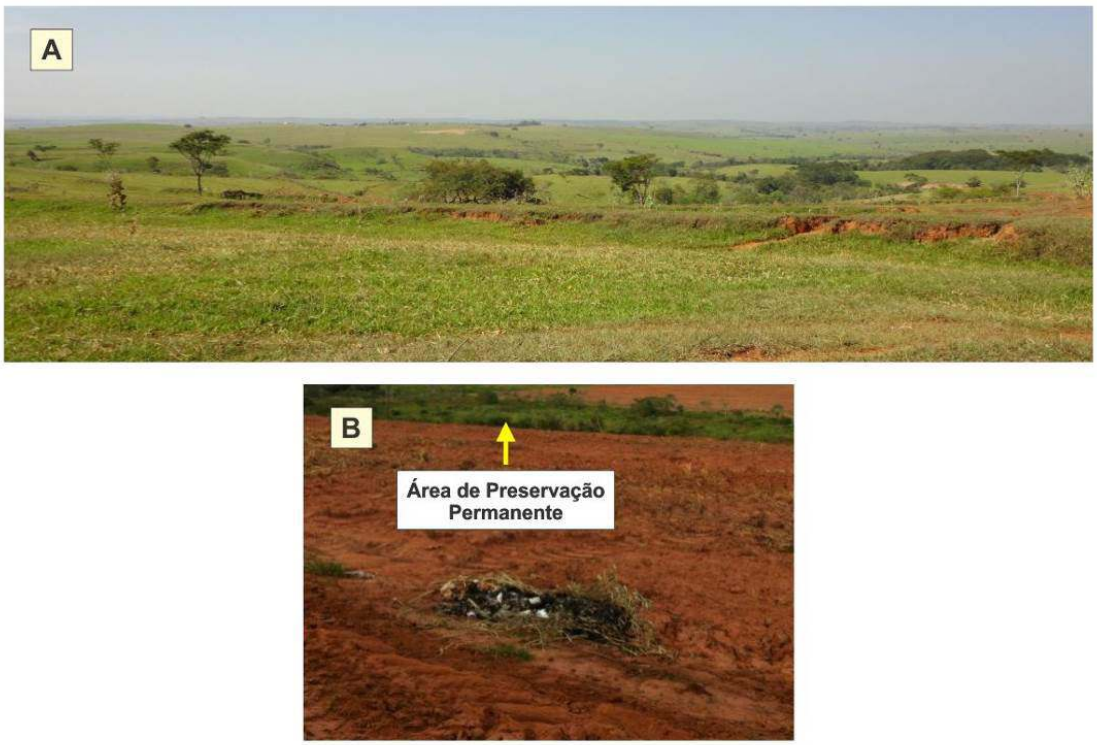
Fonte: Autores, 2016.

O Ponto 3 está no compartimento das vertentes côncavas das colinas onduladas, cuja feição geomorfológica de cabeceiras de drenagem em amplos anfiteatros propicia a convergência da água precipitada. Os solos são rasos a desenvolvidos (associação argissolos), em que o acúmulo de argila no horizonte B textural (Bt) dificulta a percolação das águas, e, consequentemente, o fluxo tende a ser subsuperficial (OLIVEIRA, 1999).

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Os solos se apresentam alterados, o que é perceptível pelos vestígios de queimada e de maquinário agrícola. À vista disto, o uso da terra é o solo exposto, porém, um cenário temporário para posterior plantio de cana de açúcar, conforme se observou em trabalhos de campo realizados. Vale mencionar que essas atividades não prosseguem para as áreas de preservação permanente (APP) dos fundos de vales próximos (Figura 14).

Figura 14: Colinas onduladas e vestígios de queimada e de maquinário agrícola.



(A) Colinas onduladas. **(B)** Solo exposto com vestígios de queimada e maquinário agrícola.

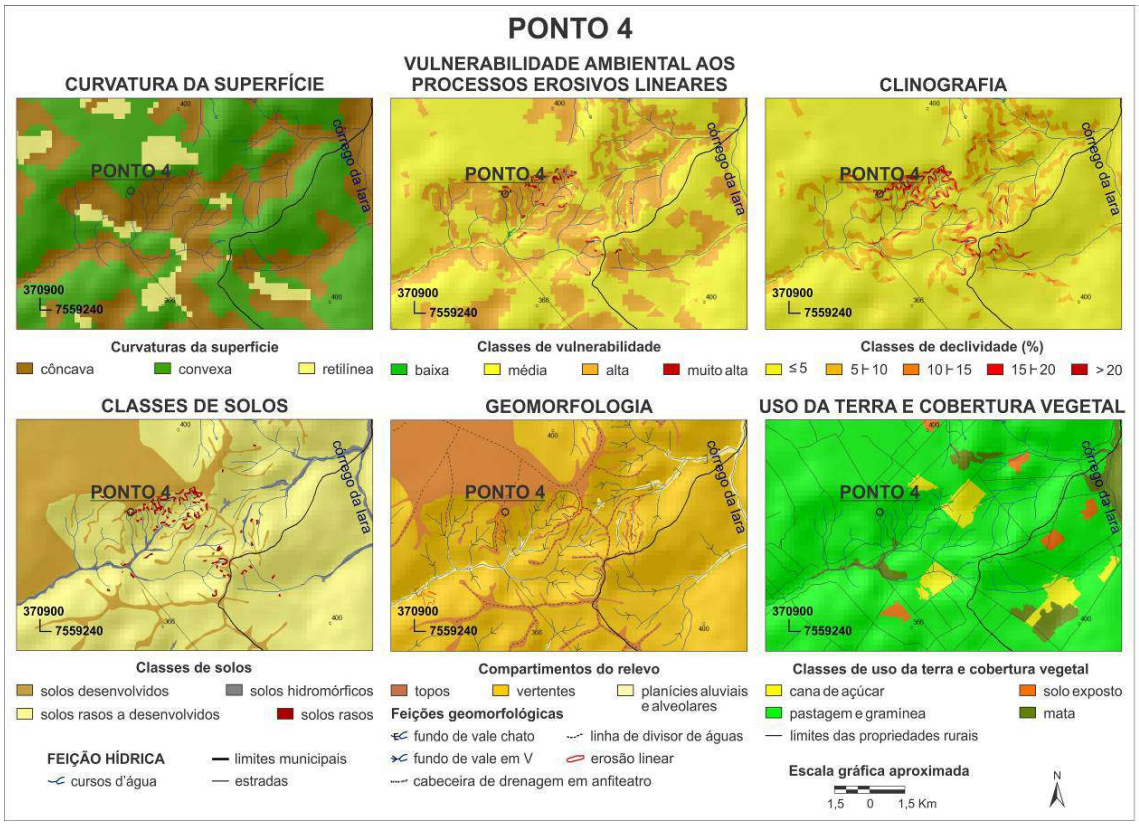
Fonte: Fotografias dos autores. Trabalho de campo, outubro de 2015.

A superfície, mesmo ao permanecer descoberta periodicamente e com inclinações menores que 5%, indica alta vulnerabilidade à atuação do *splash*, ou seja, à fase inicial da dinâmica erosiva, em que os sedimentos são removidos, transportados – na área de estudo, especialmente pela precipitação – e depositados a jusante (GUERRA, 1999). Sob estas circunstâncias, os meios morfodinâmicos são intergrades tendendo a fortemente instáveis (TRICART, 1977).

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Ponto 4 – Muito alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (Figura 15).

Figura 15: Aspectos do relevo, declividade, solos, curvatura da superfície, uso da terra e cobertura vegetal do Ponto 4.



Fonte: Autores, 2016.

Os solos são, em sua maioria, rasos (associação neossolos), com afloramentos dos arenitos da formação Caiuá. Tais rochas sedimentares e consequentes horizontes pedológicos dispõem elevada quantidade de areia (acima de 80%) e friabilidade em solos secos e úmidos, como consequência, alteráveis aos agentes intempéricos. Combinado a estes atributos, geomorfologicamente, o Ponto 4 está localizado na transição entre os topos convexos e as encostas concavizadas das colinas onduladas, e as declividades excedem 20% (acentuadas para a região), constituindo-se em área fonte de sedimentos (montante).

Como processos resultantes, pode-se mencionar o assoreamento dos cursos d'água sem matas ciliares e a formação de depósitos tecnogênicos (depósito sedimentar induzido aluvial) a jusante. Para Peloggia (1998), os depósitos tecnogênicos constituem-se na materialização direta ou indireta das ações humanas nas paisagens, ocasionando impactos ambientais na área de trabalho.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Nas adjacências, têm-se cabeceiras de drenagem em anfiteatro nas vertentes côncavas, com provável soterramento das nascentes, pois, embora a cobertura do solo seja a gramínea e haja resquícios de matas secundárias, constatou-se o pastoreio intensivo do gado, que acelera a compactação do solo e acarreta a erosão (uma das formas de degradação mais recorrentes no Extremo Oeste Paulista), além do entorno muito alterado.

Dessa forma, as paisagens estão bastante degradadas, apresentando muito alta vulnerabilidade ambiental às feições erosivas lineares e meios morfodinâmicos fortemente instáveis (TRICART, 1977), onde ocorrem sulcos e ravinas, além de rastejos (Figura 16). Caso não sejam implantadas medidas de recuperação, o quadro erosivo tende a se acentuar, principalmente nos períodos de alta pluviosidade, visto que os índices de erosividade da chuva são elevados para a região, com valor médio anual de 7200 MJ mm h^{-1} ha^{-1} (TOMMASELLI et al., 1999).

Figura 16: Cabeceira de drenagem em anfiteatro nas proximidades do Ponto 4 e paisagens degradadas.



(A) Cabeceira de drenagem em anfiteatro nas proximidades do Ponto 4. **(B)** Paisagens degradadas. **(C)** Rastejos.

Fonte: Fotografias dos autores. Trabalho de campo, maio de 2015.

Por conseguinte, os atributos considerados relevantes nos processos erosivos lineares (relevo, declividade, solos, substrato rochoso, cobertura vegetal, curvatura da superfície e uso da terra) foram integrados e sistematizados na Figura 17, apresentada a seguir.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Figura 17: Síntese integrada da vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares das paisagens de parte dos municípios de Marabá Paulista (SP) e Presidente Epitácio (SP), Brasil.

CLASSE DE VULNERABILIDADE	COMPARTIMENTO DO RELEVO	TIPOLOGIA DA FORMAÇÃO DO RELEVO	LITOLOGIA	CLASSE DE SOLOS	USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL	MORFODINÂMICA PREDOMINANTE
Baixa 0.32% da área total	Planícies aluviais e alveolares (260 a 304 metros)	Fundos de vales com declividades inferiores a 5%	• Formação Adamantina • Formação Caiuá • Formações aluviais quaternárias • Áreas de surgência do aquífero freático	Solos hidromórficos (associação Planossolos e Gleissolos)	• Assoreamento dos cursos d'água • Depósitos tecnogênicos • Matas ciliares remanescentes	Domínio espacial de condições morfodinâmicas estáveis, principalmente, pela presença de matas ciliares remanescentes
Média 65.15% da área total	• Topos das colinas tabulares e aplainadas • Topos das colinas amplas suavemente onduladas • Topos das colinas onduladas (415 a 480 metros)	Topos com declividades inferiores a 5%	• Formação Adamantina • Formação Caiuá	Solos desenvolvidos (associação Latossolos)	• Ocupação urbana (Distrito de Cuiabá Paulista) • Estradas pavimentadas e de terra • Pastagem e gramínea • Cultivo de cana de açúcar • Solo exposto (para posterior plantio de cana de açúcar)	Domínio espacial de condições morfodinâmicas intergrades
Alta 34.45% da área total	Domínio das vertentes convexas e retilíneas (305 a 414 metros)	Vertentes convexas e retilíneas com declividades até 15%	• Formação Adamantina • Formação Caiuá • Áreas de surgência do aquífero freático	• Solos desenvolvidos (associação Latossolos) • Solos rasos a desenvolvidos (associação Argissolos)	• Ocupação urbana (Distrito de Cuiabá Paulista) • Estradas pavimentadas e de terra • Pastagem e gramínea • Cultivo de cana de açúcar • Solo exposto (para posterior plantio de cana de açúcar)	Domínio espacial de condições morfodinâmicas intergrades
Muito alta 0.08% da área total	Domínio das vertentes côncavas (305 a 414 metros)	Vertentes côncavas com declividades entre 5% e superior a 20%	• Formação Adamantina • Formação Caiuá • Áreas de surgência do aquífero freático	Solos rasos (associação Neossolos)	• Estradas pavimentadas e de terra • Pastagem e gramínea	Domínio espacial de condições morfodinâmicas fortemente instáveis – presença de sulcos e ravinas

Fonte: Autores, 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das considerações realizadas, o objetivo principal deste artigo foi o de analisar a vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) das paisagens de parte dos municípios de Marabá Paulista e Presidente Epitácio. Assim, consideraram-se os aspectos do relevo, da declividade, dos solos, do substrato rochoso, do uso da terra, da cobertura vegetal e da curvatura da superfície, sendo estes trabalhados de forma integrada.

Nesse sentido, ao inter-relacionar elementos sociais e naturais (relação sociedade-natureza), são definidos os níveis de vulnerabilidade ambiental. É válido salientar que os processos erosivos das paisagens da área estudada desenvolvem-se em áreas com solos de classe textural arenosa, vertentes côncavas e declividades acentuadas. Entretanto, em decorrência das práticas históricas dos diferentes agentes sociais alterando estas paisagens, por meio do intenso desmatamento para a implantação de atividades agropastoris, acelerou-se a dinâmica erosiva, com consequentes níveis de vulnerabilidade ambiental à erosão.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Ao se conceber as representações espaciais como importantes instrumentos para o entendimento das dinâmicas das paisagens, foram elaborados documentos cartográficos em ambiente SIG, sobretudo o mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares. Como resultado, tem-se a espacialização de quatro classes de vulnerabilidade: baixa, média, alta e muito alta.

No âmbito da geografia, é necessário analisar e compreender a complexidade das dinâmicas naturais e sociais em um espaço geográfico conflituoso, a fim de se promover políticas que contribuam no sentido de orientar o implemento de medidas conservacionistas nas áreas indicadas como sendo de baixa e média vulnerabilidade, a título de exemplo: terraceamento, plantio e cultivo em nível, rotação de culturas, manejo de restos culturais e calagem, particularmente junto aos pequenos e médios produtores rurais.

Em relação às classes de alta e muito alta vulnerabilidade, sugere-se a implantação de técnicas de recuperação de áreas degradadas, como a construção de paliçadas ou pequenas barragens propostas pela EMBRAPA.

Por fim, espera-se que este trabalho colabore para o planejamento ambiental, o zoneamento ambiental e o ordenamento territorial, assim como para subsidiar estudos posteriores, como, por exemplo, pesquisas sobre vulnerabilidade (ao incluir outras variáveis sociais), dinâmicas de subsuperfície e mapeamentos em escala detalhada.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AB'SABER, A. N. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário**. In: *Geomorfologia*, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.
2. BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no Oeste Paulista:** uma análise climatológica aplicada. 2000. 264 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP.
3. CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J.; MITSUO II, F. SPRING: **Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. In: *Computers & Graphics*, New York, v. 20, n. 3, p. 395-403, may/jun. 1996.

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

4. CUNHA, C. M. L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental.** 2001. 128 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP.

5. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS). **Manual de métodos de análise de solo.** 2ª ed. Rio de Janeiro, 212 p, 1997 (EMBRAPA – CNPS. Documentos; 1).

6. _____. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3ª ed. Rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

7. FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP.** 2012. 141 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente/SP.

8. _____; NUNES, J. O. R.; NAKAMURA, R. Y; TAKATA, L. T. O. **Vulnerabilidade ambiental e aplicação de técnicas de contenção aos processos erosivos lineares em áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP.** In: *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, n. 4, p. 343-356, 2013.

9. GUERRA, A. J. T. **O início do processo erosivo.** In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 17-55, 1999.

10. GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 652 p, 2009.

11. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de uso da terra.** 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

12. _____. **IBGE *downloads*.** 2013. Disponível em: <http://www.downloads.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 mai. 2015.

13. _____. **IBGE Cidades.** 2017. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 24 out. 2017.

14. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa Geológico do Estado de São Paulo:** 1:500.000. São Paulo: IPT, vol. I, 1981 (Publicação IPT 1184).

15. OLIVEIRA, J. B. **Solos do Estado de São Paulo:** descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: Instituto Agronômico, 112 p, 1999.

16. _____; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo:** legenda expandida. Campinas: Instituto Agronômico; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 64 p. e mapa, 1999.

17. OLIVEIRA, M. A. T. **Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (orgs.). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. 9ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 57-99, 2014.

18. PELOGGIA, A. U. G. **O homem e o ambiente geológico:** geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo. São Paulo: Xamã, 1998.

19. _____; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, A. A.; SILVA, E. C. N.; NUNES, J. O. R. **Technogenic geodiversity:** a proposal on the classification of artificial ground. In: *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 5, n. 1, p. 28-40, 2014.

20. SUERTEGARAY, D. M. A. (org.). **Terra:** feições ilustradas. 3ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 264 p, 2008.

21. SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

22. TOMMASELLI, J. T. G.; FREIRE, O.; CARVALHO, W. A. **Erosividade da chuva da Região Oeste do Estado de São Paulo.** In: *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 269-276, 1999.

23. TRENTIN, R. **Mapeamento geomorfológico e caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do rio Itu – oeste do Rio Grande do Sul – Brasil.** 2011. 220 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR.

24. TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 91 p, 1977.

25. WEILL, M. A. M.; PIRES NETO, A. G. **Erosão e assoreamento.** In: SANTOS, R. F. (org.). *Vulnerabilidade ambiental.* Brasília: MMA, p. 39-58, 2007.

Data de submissão: 25/10/2017 - Data de aceite: 01/10/2018

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X