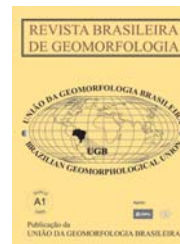


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 14, nº 4 (2013)



VULNERABILIDADE AMBIENTAL E APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE CONTENÇÃO AOS PROCESSOS EROSIVOS LINEARES EM ÁREAS RURAIS DO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE-SP

ENVIRONMENTAL VULNERABILITY AND APPLICATION OF LINEAR EROSION CONTROL TECHNIQUES IN RURAL AREAS OF PRESIDENTE PRUDENTE COUNTY

Melina Fushimi

Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNESP), Câmpus de Presidente Prudente-SP. Mestre em Geografia pela UNESP, Câmpus de Presidente Prudente-SP – Rua Roberto Simonsen, 305. CEP: 19060-900 Presidente Prudente, SP.
E-mail: melinafushimi@yahoo.com.br

João Osvaldo Rodrigues Nunes

Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNESP), Câmpus de Presidente Prudente-SP. Professor Adjunto de Geografia da UNESP, Câmpus de Presidente Prudente-SP – Rua Roberto Simonsen, 305. CEP: 19060-900 Presidente Prudente, SP.
E-mail: joaosvaldo@fct.unesp.br

Rodrigo Yuite Nakamura

Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNESP), Câmpus de Presidente Prudente-SP. Graduado em Engenharia Ambiental pela UNESP, Câmpus de Presidente Prudente-SP – Rua Roberto Simonsen, 305. CEP: 19060-900 Presidente Prudente, SP.
E-mail: rodrigaum_sfs@hotmail.com

Leandro Tetsuo Ogassawara Takata

Faculdade de Ciências e Tecnologia (UNESP), Câmpus de Presidente Prudente-SP. Graduado em Engenharia Ambiental pela UNESP, Câmpus de Presidente Prudente-SP – Rua Roberto Simonsen, 305. CEP: 19060-900 Presidente Prudente, SP.
E-mail: tetsuo.takata@gmail.com

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
12/07/2013

Data de Aprovação:
06/11/2013

Palavras-chave:

Vulnerabilidade; erosão;
recuperação.

Keywords:

Vulnerability; erosion; recovery.

Resumo

A interferência da sociedade na natureza, tanto em ambientes urbanos quanto rurais, quando ocorrida de modo desordenado sob o aspecto ambiental, sem práticas conservacionistas, nem manejo ambiental adequado, pode proporcionar paisagens degradadas e meios morfodinâmicos instáveis e vulneráveis às manifestações erosivas, principalmente do tipo linear, como sulcos, ravinas e voçorocas. Diante deste contexto, o objetivo principal do presente artigo foi identificar e caracterizar os processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) na paisagem das áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP, com a elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares na escala 1:25.000, bem como a aplicação de técnicas de contenção à erosão em uma área com presença de ravinas. O referido documento cartográfico apresentou quatro classes de vulnerabilidade: baixa, média, alta e muito alta; as quais foram representadas e analisadas em quatro pontos de amostragem: Pontos 1, 2, 3 e 4. Em uma área classificada como muita alta vulnerabilidade, especificamente em uma ravina com predomínio de solos rasos a desenvolvidos (associação Argissolos Vermelhos) e classes texturais Areia Franca e Franco Arenosa, foram montados dois barramentos utilizando colmos de bambus e sacos de rafia.

Dessa forma, mediante o uso de ferramentas computacionais, inter-relacionando os dados de compartimentos de relevo, feições geomorfológicas, planos de declividades, classes de solos e cobertura vegetal com o uso da terra, associados aos trabalhos de campo, foi possível identificar e caracterizar a vulnerabilidade do relevo aos processos responsáveis pela formação de feições erosivas lineares (sulcos, ravinas e voçorocas). Em relação ao método de contenção à erosão, com barreiras de bambus e sacos de ráfia preenchidos com terra, esse permitiu a redução da velocidade do escoamento superficial e a estabilização do foco erosivo. Os resultados reafirmam que a combinação da vulnerabilidade natural dos solos da região com o desmatamento e pisoteio do gado intensificam a degradação dos solos por erosão hídrica.

Abstract

The society interference in nature, in urban or rural areas, when it occurs in a disordered way about the environmental aspect, without conservation practices and adequate environmental planning, may provide degraded landscapes and unstable morphodynamic means and vulnerable to erosive events, mainly linear, like soil erosion begins, ravines and gullies. Therefore, this assignment aimed to identify and characterize linear erosive processes (soil erosion begins, ravines and gullies) of landscape in rural areas of Presidente Prudente county, elaborating the environmental vulnerability map to linear erosive processes in the scale 1:25.000 and the application of erosion control techniques in one area with ravines. The map reported presented four vulnerability classes: low, medium, high and very high; which were represented and analyzed in four sampling points: Points 1, 2, 3 and 4. In an area classified as very high vulnerability, specifically a ravine with shallow to developed soils (association Argissolos Vermelhos) and soil texture classes Loamy Sand and Sandy Loam, were prepared two barriers using bamboo culms and raffia bags. Thereby, by computational tools, interrelating the dates about compartments of relief, geomorphological features, slope plans, soil classes and vegetation with the land use, associated to field works, was possible to identify and characterize the vulnerability of relief to processes responsible for formation of linear erosive features (soil erosion begins, ravines and gullies). Relative to the erosion control method, with bamboo culms and raffia bags filled with soil, it permitted to decrease the velocity of runoff and the erosion stabilization. The results reaffirm that the combination of natural vulnerability to soils in region with deforestation and cattle trampling increase soils degradation by water erosion.

Introdução

Diante das transformações sociais, econômicas e ambientais, no atual momento histórico de desenvolvimento tecnológico e científico, tem-se enfatizado a análise dos processos morfodinâmicos (tempo histórico) em relação aos morfogenéticos (escala geológica), onde ocorrem intensamente as interações entre a sociedade e o ambiente físico na qual essa está inserida (SUERTEGARAY; NUNES, 2001).

A interferência da sociedade na natureza, seja em ambientes urbanos, seja nos espaços rurais, sem práticas conservacionistas, nem manejo ambiental adequado, pode ocasionar paisagens degradadas e meios morfodinâmicos instáveis e vulneráveis às manifestações erosivas, especialmente, as lineares, como sulcos, ravinas e voçorocas.

O termo “erosão” se refere a 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. Os principais agentes de remoção física e transporte durante os processos de erosão são os seguintes: eólico, fluvial, marinho e glacial. (SUGUIO, 1998, p. 276).

Na perspectiva do geógrafo e do geólogo, erosão é “[...] a realização de um conjunto de ações que modelam uma paisagem” (GUERRA; GUERRA, 2009, p. 229).

O processo erosivo é um fenômeno que existe há milhões de anos (erosão geológica ou natural). Isto é, antecede ao aparecimento do homem na Terra, e tem participação essencial na formação do modelado da superfície terrestre, dos solos aluviais e das rochas sedimentares (WEILL; PIRES NETO, 2007). Todavia, muitas atividades praticadas pela sociedade desencadeiam e intensificam as etapas erosivas naturais (erosão acelerada, antrópica ou antropogenética), acarretando desequilíbrios e degradações na paisagem.

Nesse sentido, o objetivo principal deste artigo foi identificar e caracterizar os processos erosivos lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) presentes na paisagem das áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP, com a elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares, bem como a aplicação de técnicas de contenção à erosão.

Caracterização da área de estudo

Presidente Prudente está localizado no Extremo Oeste do Estado de São Paulo e é sede da 10ª Região Administrativa. Sua área territorial é de 562,795 km² e sua população é de 207.610 habitantes, sendo 4.235 rural e 203.375 urbana (IBGE, 2010). O município é composto, além da cidade de Presidente Prudente, por quatro Distritos urbanos: Montalvão, Floresta do Sul, Eneida e Ameliópolis (Figura 1).

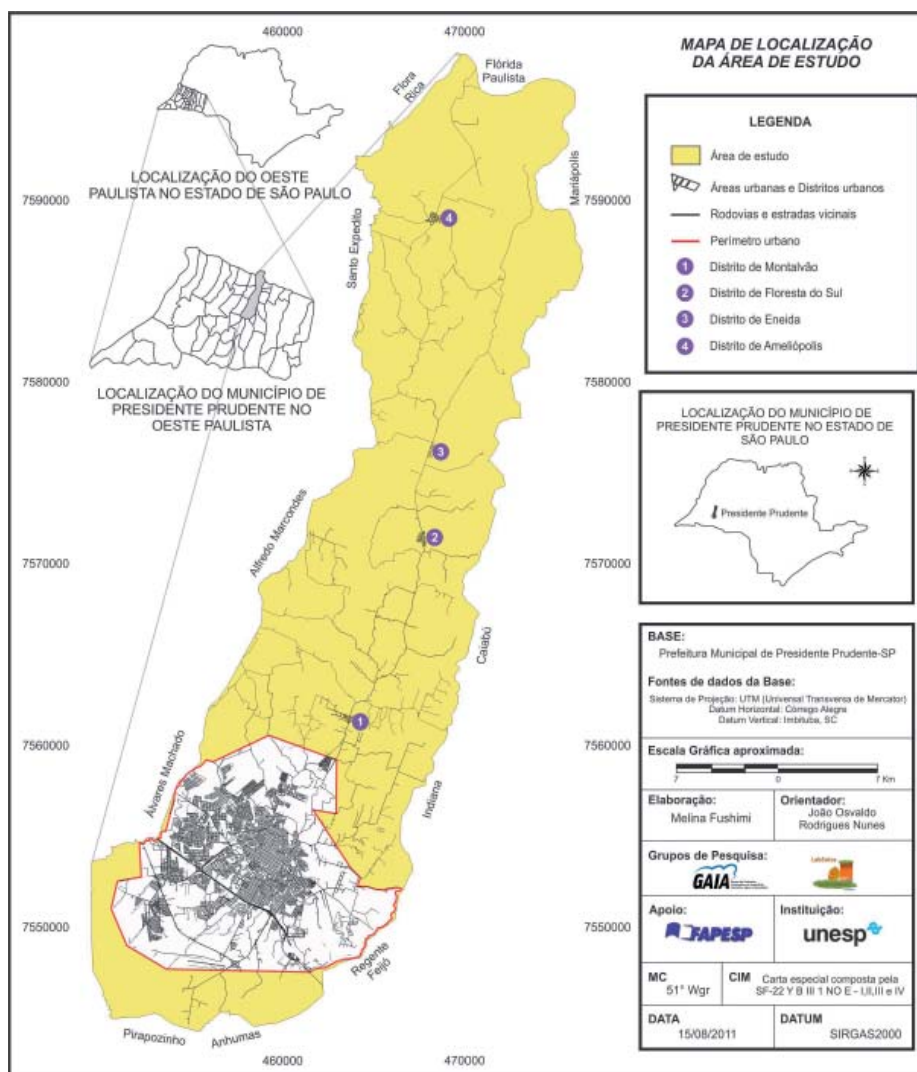


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

O relevo é caracterizado, de maneira geral, por colinas amplas de topos suavemente ondulados e, em alguns trechos, as colinas apresentam-se menos extensas com topos poucos suavizados e vertentes íngremes. Essa diferença morfológica, especificamente em relação à predominância de colinas com topos aguçados e vertentes íngremes, está associada à estrutura geológica constituída por rochas sedimentares da Formação Adamantina (IPT, 1981), onde o agente cimentante principal é o carbonato de cálcio, ou seja, quanto maior a presença do carbonato de cálcio, mais aguçadas são as formas das colinas e vertentes. Além disso, prevalecem, na maior parte da área de estudo, as vertentes côncavas e convexas, e, em direção ao norte do município, próximo ao Distrito de Ameliópolis, as vertentes retilíneas.

De acordo com o mapa geomorfológico do município de Presidente Prudente-SP (Figura 2) (NUNES; FUSHIMI, 2010), foram identificados três compartimentos de relevo, que aproximadamente se associam com as seguintes formações geológicas e pedológicas:

1. Topos suavemente ondulados das colinas convexizadas, com ocorrência dos topos para as médias altas vertentes de solos desenvolvidos (associação Latossolos Vermelhos) e, em alguns setores, solos rasos desenvolvidos (associação Argissolos Vermelhos). Em outros pontos, solos rasos (associação Neossolos Regolíticos) e afloramento dos arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina;

2. Domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas, com ocorrência de solos rasos desenvolvidos (associação Argissolos Vermelhos) e solos rasos (associação Neossolos Regolíticos). É frequente o afloramento dos arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina;

3. Planícies aluviais e alvéolos, com o predomínio de solos hidromórficos (associação Planossolos e Gleissolos) e materiais sedimentares e manufaturados de origem tecnogênica. Em alguns pontos, tem-se o afloramento dos arenitos flúvio-lacustres da Formação Adamantina.

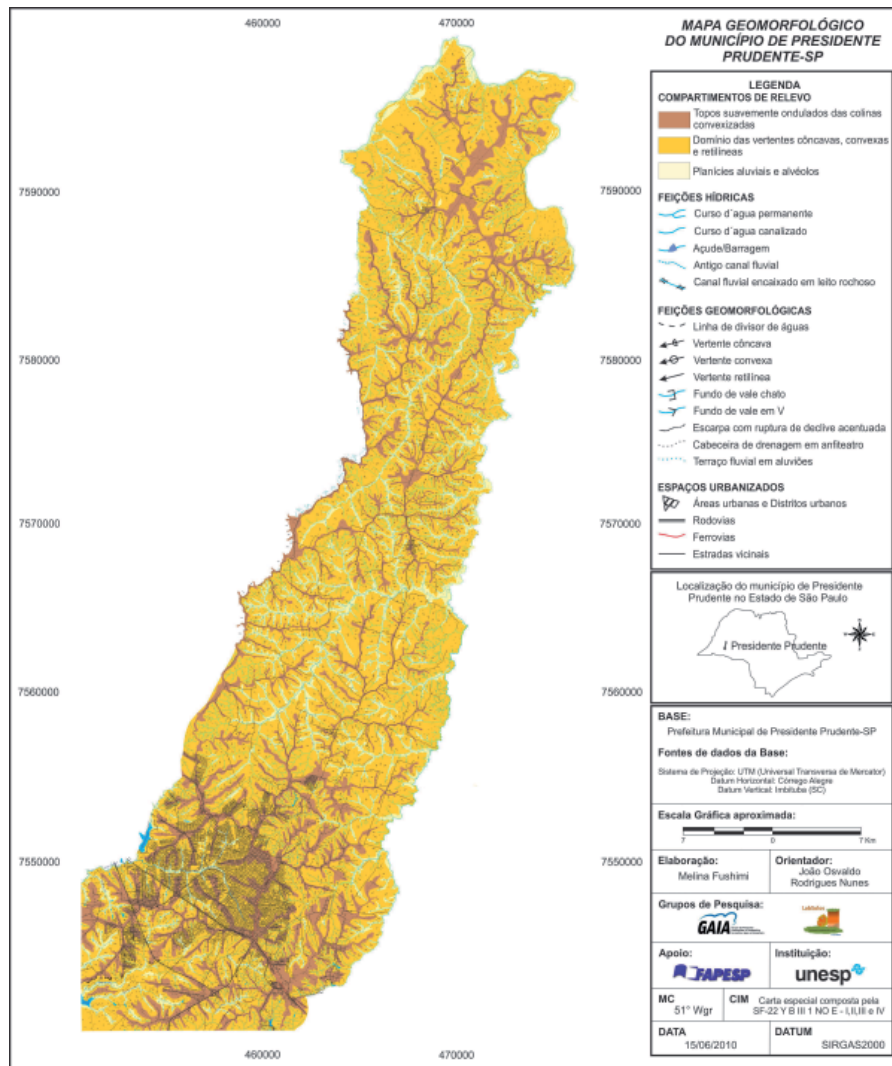


Figura 2 – Mapa geomorfológico do município de Presidente Prudente-SP.

Fonte: Nunes e Fushimi (2010).

Metodologia

O trabalho baseou-se na caracterização geomorfológica e geológica de acordo com os dois primeiros níveis de abordagem propostos por Ab'Saber (1969): Compartimentação Topográfica e Estrutura Superficial da Paisagem.

Em relação aos procedimentos utilizados na elaboração do mapeamento geomorfológico, as principais referências foram: Tricart (1965), compreendendo a 6ª unidade taxonômica 10^{-2} ; e Ross (1992), correspondente ao 5º táxon. Em ambas foram feitas adaptações para a área de estudo.

O mapa geomorfológico foi realizado por meio da fotointerpretação de feições geomorfológicas representativas - drenagem, divisores de água, topos das colinas, planícies aluviais e alvéolos, cabeceiras de drenagem em anfiteatro e morfologias das vertentes (côncava, convexa ou retilínea) e dos fundos de

vales (em berço ou em “V”) - a partir de pares estereoscópicos de fotografias aéreas na escala 1:25.000, abrangendo as faixas 4, 5, 6 e 7, em um total de 57 fotos produzidas pela BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A., cujo voo é de setembro de 1995¹. A legenda foi baseada no mapa geomorfológico do perímetro urbano de Presidente Prudente-SP (NUNES et al., 2006).

O mapa de clinografia foi elaborado no *software* SPRING 5.1.5^{®2} (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas), mediante a base digital planoaltimétrica fornecida pela Prefeitura Municipal de Presidente Prudente-SP na escala 1:10.000. As classes de declividade foram definidas com base em Cunha (2001), realizando adequações para as características da área estudada.

¹ No mapa geomorfológico não foi elaborado o setor Sul devido à indisponibilidade de fotografias aéreas da área.

² SPRING é marca registrada pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

O mapa de uso da terra e cobertura vegetal foi feito no SPRING 5.1.5[®], por intermédio das imagens de 2009 do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), sensor AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*), cuja resolução espacial é de 10 metros. A legenda foi adaptada do sistema de classificação da cobertura e do uso da terra, proposto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006).

Com base nos mapas geomorfológico e clinográfico do município de Presidente Prudente-SP, nos perfis topográficos e nos trabalhos de campo, com o levantamento de pontos de amostragem dos solos, foi elaborado no CorelDRAW X4^{®3} e georreferenciado no Global Mapper 11^{®4} o esboço simplificado das principais classes de solos na escala 1:25.000.

Diante das alterações dos atributos pedológicos pela ação antrópica da área de trabalho, optou-se pela adaptação das nomenclaturas dos solos predominantes propostas por Trentin (2011), conforme demonstra o Quadro 1.

Quadro 1: Adaptação das nomenclaturas das classes de solos propostas por Trentin (2011) para a área de estudo. Elaboração: Melina Fushimi.

Classes de solos propostas por Trentin (2011)	Classes de solos adaptadas para a área de estudo
Solos rasos a bem desenvolvidos em colinas de rochas vulcânicas	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

As associações dos solos basearam-se nas características das classes do 1º nível categórico (ordens) e do 2º nível categórico (subordens), propostas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999):

- Solos desenvolvidos – associação Latossolos Vermelhos;
- Solos rasos a desenvolvidos – associação Argissolos Vermelhos;
- Solos rasos – associação Neossolos Regolíticos;
- Solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos.

O mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares foi elaborado no SPRING 5.2[®], em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), resultante da correlação entre as variáveis da paisagem geomorfologia, clinografia, classes de solos, uso da terra e cobertura vegetal, espacializadas em mapas temáticos⁵ e esses incluídos nos Planos de Informações

(PI) (Figura 3). As classes temáticas - baixa, média, alta e muito alta vulnerabilidade - foram atribuídas baseadas nos trabalhos de Tricart (1977) e Ross (2006), realizando-se adaptações para as características ambientais da área de estudo.

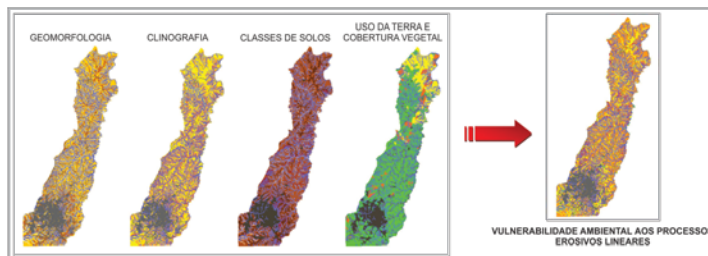


Figura 3 – Esquema metodológico referente à elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental, resultante da correlação entre as variáveis da paisagem (mapas temáticos).

Além disso, foram levantados e analisados quatro pontos representativos de amostragem, buscando inter-relacionar os elementos da paisagem e sua vulnerabilidade ambiental às manifestações erosivas lineares.

Trabalhos de campo foram realizados com o objetivo de verificar e atualizar as informações mapeadas, bem como compreender a dinâmica da paisagem e identificar sulcos, ravinas e voçorocas, previamente constatados em imagens do satélite ALOS e do Google Earth^{®6}, datadas do ano de 2009 e 2011, respectivamente.

Para a montagem dos dois barramentos foi escolhida uma ravina localizada em área classificada como muito alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.

Com base na Embrapa (2013), foram utilizados bambus e sacos de rafia, objetivando conter o escoamento superficial concentrado, aumentando a infiltração da água no solo e consequentemente favorecendo o crescimento da cobertura vegetal. A etapa de montagem das barreiras de contenção seguiu a sequência demonstrada na Figura 4, sendo realizada no mês de março de 2012.



Figura 4 – Etapa de montagem das barreiras de contenção. Foto: Dos autores, trabalho de campo, março de 2012.

⁶ Google Earth é marca registrada pela Google, Inc.

³ CorelDRAW é marca registrada pela Corel Corporation.

⁴ Global Mapper é marca registrada pelo Global Mapper LLC.

⁵ O limite e a escala (1:25.000) de todos os mapas foram padronizados com base no mapa geomorfológico do município de Presidente Prudente-SP para viabilizar as correlações no SPRING 5.2[®].

Na Barreira 1, a erosão apresenta profundidade de 1,0 metro e largura de 2,90 metros. Os colmos foram cortados com comprimento de 3,25 metros e dispostos em sete colmos empilhados. A barreira atingiu 0,53 metros de altura. O colmo de sustentação, disposto no centro da barreira, apresenta dimensão de 1,10 metros de comprimento.

A Barreira 2 foi disposta em um lado da curva de nível, com profundidade de 0,40 metros e largura de 2,0 metros. Foram empilhados quatro colmos de 2,20 metros de comprimento, de modo que a barreira atingiu 0,30 metros. O colmo de sustentação foi de 0,53 metros de comprimento. A distância entre a Barreira 1 e a Barreira 2 foi de aproximadamente 6 metros.

Construídas as barreiras com os colmos de bambus, foram empilhados sacos com solos da própria área de estudo, objetivando reduzir a velocidade do escoamento da água. Essa etapa (Figura 5) foi realizada no mês de abril.



Figura 5 – Etapa de disposição dos sacos com solos para reduzir a velocidade do escoamento da água. Foto: Dos autores, trabalho de campo, abril de 2012.

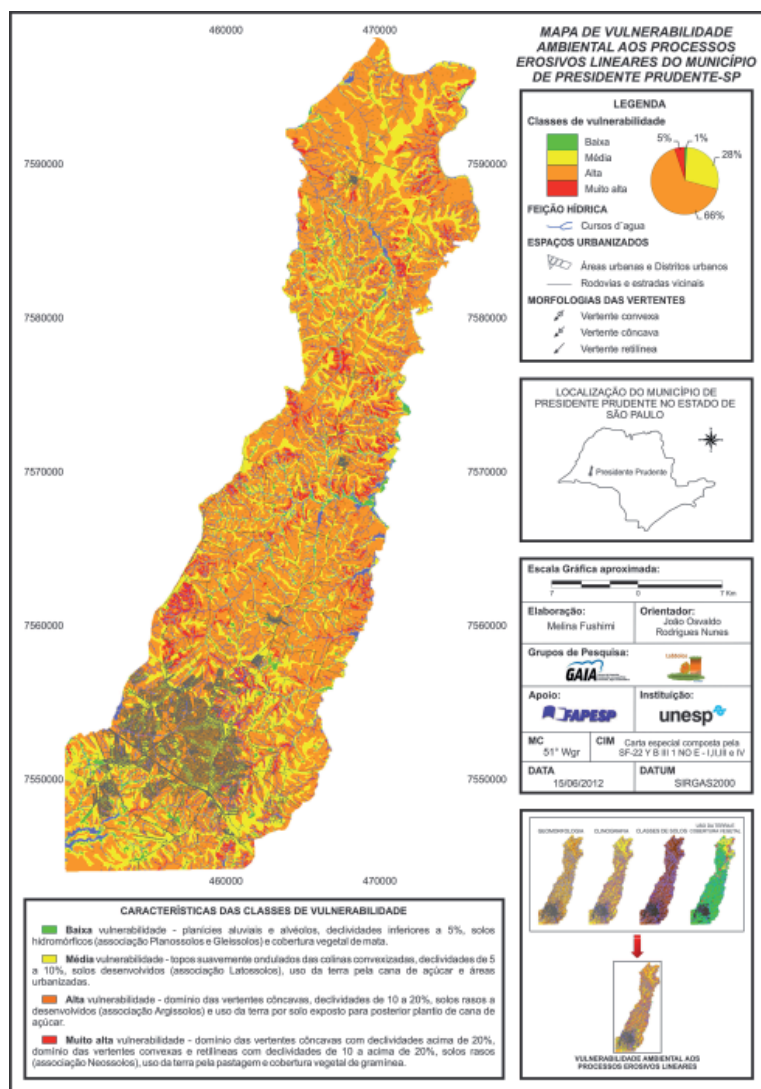


Figura 6 – Mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares do município de Presidente Prudente-SP.

Por fim, amostras de solos foram coletadas na área e enviadas ao Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da FCT/UNESP para análises texturais, adaptadas do Manual de métodos de análise de solos (EMBRAPA, 1997). Posteriormente, as porcentagens de areia, silte e argila foram transpostas para o diagrama de classes texturais, do United States Department of Agriculture (U.S.D.A., 1951). Com a areia resultante, foi realizado o fracionamento em seis peneiras com diâmetros de furos diferentes, sendo classificadas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da fração de areia de acordo com a abertura das peneiras utilizadas no fracionador

Abertura das peneiras	Classificação
2,000 mm – 1,000 mm	Areia muito grossa
1,000 mm – 0,500 mm	Areia grossa
0,500 mm – 0,250 mm	Areia média
0,250 mm – 0,125 mm	Areia fina
0,125 mm – 0,053 mm	Areia muito fina

Fonte: Laboratório de Sedimentologia da FCT/UNESP – Presidente Prudente.

Resultados e discussões

Primeiramente, com o intuito de identificar e caracterizar as manifestações erosivas lineares foi elaborado o mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares do município de Presidente Prudente-SP (Figura 6).

Em seguida, as quatro classes de vulnerabilidade espacializadas no documento cartográfico - baixa, média, alta e muito alta - foram representadas e analisadas em quatro pontos de amostragem (Pontos 1, 2, 3 e 4).

▪ PONTO 1. BAIXA VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS EROSIVOS LINEARES (Figura 7)

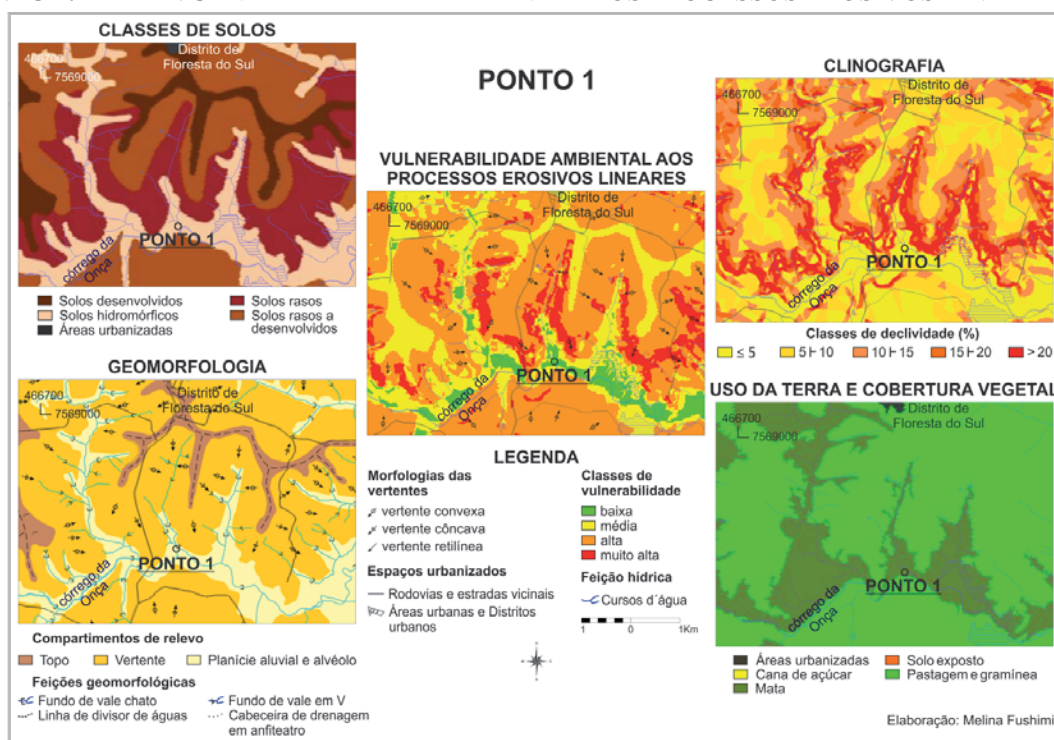


Figura 7 – Ponto 1: baixa vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.

O Ponto 1, próximo ao Distrito de Floresta do Sul, está localizado na planície aluvial do córrego da Onça, com solos hidromórficos (associação Planossolos e Gleissolos) e declividades abaixo de 5%.

Apresentam-se como Planossolos:

Solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico e satisfazendo, ainda, os seguintes requisitos:

- horizonte plíntico, se presente, não satisfaz os requisitos para Plintossolo;
- horizonte glei, se presente, coincide com o B plânico. (EMBRAPA, 1999, p. 263).

Os Planossolos estão situados em planícies aluviais e no terço inferior das vertentes. Pela grande diferença textural entre o horizonte A ou horizonte E e o horizonte B, são vulneráveis à erosão hídrica.

A consistência do horizonte B seco é extremamente dura; em ambiente úmido é firme a muito firme e quando molhado, plástica a muito plástica. A porosidade deste horizonte é baixa, refletindo na redução da permeabilidade e dificultando o enraizamento de plantas com sistema radicular pouco agressivo.

A localização dos Planossolos nas planícies aluviais, cujo aquífero freático se encontra mais próximo da superfície, restringe obras de engenharia sanitária (como a construção de fossas sépticas).

Entende-se por Gleissolos:

Solos constituídos por material mineral com horizonte glei imediatamente abaixo de horizonte A, ou de horizonte hístico com menos de 40cm de espessura; ou horizonte glei começando dentro de 50cm da superfície do solo; não apresentam horizonte plântico ou vértico, acima do horizonte glei ou coincidente com este, nem horizonte B textural com mudança textural abrupta coincidente com horizonte glei, nem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei. (EMBRAPA, 1999, p. 185).

Assim como alguns Planossolos, os Gleissolos são encontrados em várzeas e tem-se a presença do aquífero

freático a pouca profundidade. Em razão da sua formação em sedimentos aluviais, apresentam textura errática ao decorrer do perfil e variações texturais abruptas entre os horizontes.

Pela posição no relevo e a facilidade de contaminação dos aquíferos, o uso e/ou ocupação em Planossolos e Gleissolos devem ser realizados de maneira cautelosa e racional.

São encontrados solos hidromórficos no município de Presidente Prudente-SP nos fundos de vales chatos, alvéolos e planícies aluviais em sua maioria extensas. Os cursos d'água são compostos predominantemente por córregos, exceto o rio do Peixe e o ribeirão do Mandaguari.

No Ponto 1, destaque para a presença de matas residuais de encostas e ciliares, proporcionando a estabilidade do meio morfodinâmico e baixa vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares (Figura 8).



Figura 8 – Fundo de vale com mata ciliar (baixa vulnerabilidade). Foto: Dos autores, trabalho de campo, janeiro de 2012.

▪ PUNTO 2. MÉDIA VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS EROSIVOS LINEARES (Figura 9)

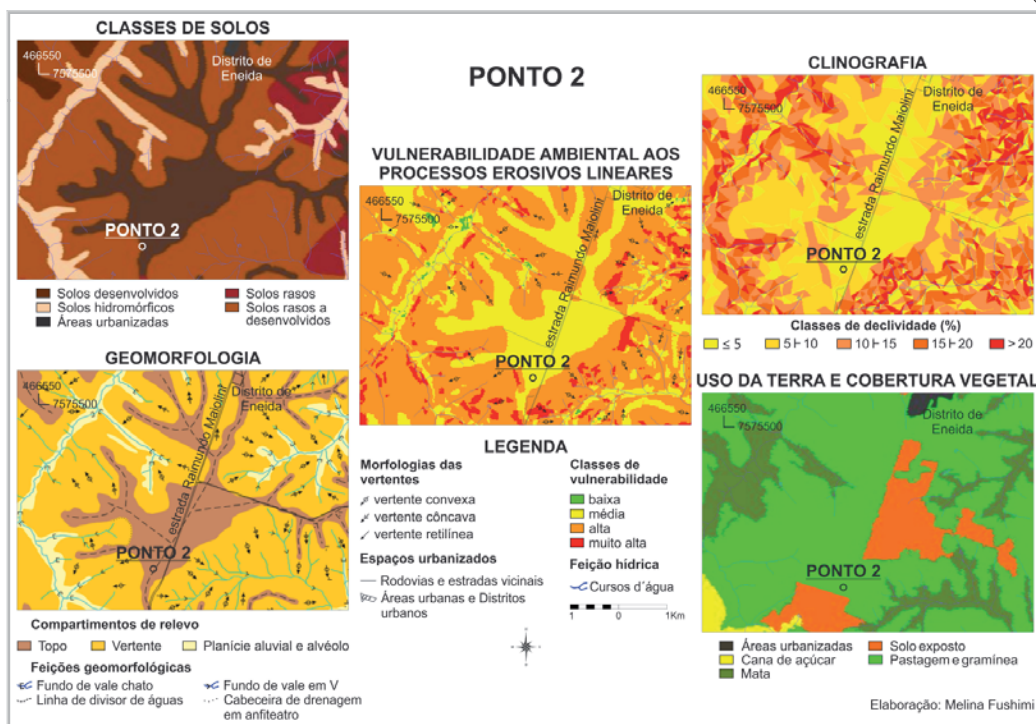


Figura 9 – Ponto 2: média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.

O Ponto 2, situado próximo ao Distrito de Eneida e da estrada Raimundo Maiolini, que dá acesso aos Distritos urbanos, apresenta topos convexizados e alongados, bem como declividades suaves, inferiores a 5%, indicando média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares. No entanto, possui potencial à alta vulnerabilidade, caso

não sejam implantadas medidas adequadas de planejamento ambiental, pois o uso da terra é a pastagem e os solos são desenvolvidos e arenosos (associação Latossolos Vermelhos) (Figura 10). Segundo Embrapa (2013), solos com textura arenosa são especialmente vulneráveis às manifestações erosivas.



Figura 10 – Pastagem em topos amplos (média vulnerabilidade). Foto: Dos autores, trabalho de campo, janeiro de 2012.

Os Latossolos são:

Solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200cm da superfície do solo ou dentro de 300cm, se o horizonte A apresenta mais que 150cm de espessura. (EMBRAPA, 1999, p. 197).

A classe dos Latossolos ocupa cerca de 52% da área do Estado de São Paulo, constituindo o agrupamento mais extenso do território paulista (BRASIL⁷, 1960, apud OLIVEIRA, 1999, p. 51). São, em geral, solos com boas propriedades físicas em avançado estágio de intemperização, cujos perfis são espessos (com mais de três metros de profundidade) e os horizontes bem formados. Em virtude do intenso intemperismo a que são submetidos, geralmente são pobres em nutrientes vegetais.

Possuem excepcional porosidade sendo comuns valores de 50 a 60% e, conseqüentemente, boa drenagem interna, mesmo nos Latossolos argilosos. Nos de textura média, a elevada quantidade de areia está relacionada ao predomínio de macroporos, proporcionando a rápida permeabilidade e baixa retenção de água no solo. A remoção de grande parte da sílica coloidal torna o solo friável (permitindo que seja facilmente preparado para o cultivo), permeável e não plástico.

⁷BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960. 634 p. (SNPA, Boletim 12).

Por serem solos profundos, porosos, comumente situados em áreas de declives inferiores a 5%, além de facilmente escavados, são apropriados para a construção de cemitérios e aterros sanitários. Os de textura argilosa contribuem como material para piso de estradas (OLIVEIRA, 1999).

Em Presidente Prudente, os solos desenvolvidos estão associados principalmente aos Latossolos Vermelhos, isto é, “Solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA)” (EMBRAPA, 1999, p. 197). Localizam-se preferencialmente em relevos suavemente ondulados a ondulados. Nos suavemente ondulados, os topos são achatados com vertentes convexas pouco íngremes (inferiores a 5%). Em relevos ondulados, os topos são arredondados com vertentes convexas, cujas declividades variam entre 5 a 15%.

Mantendo como referência o Distrito de Eneida, a paisagem do Ponto 3 é caracterizada pela pastagem em colinas onduladas, com o afloramento dos arenitos da Formação Adamantina em alguns setores de topos estreitos. Segundo Nunes (2007, p. 24), “Em relação aos topos das colinas estes são mantidos estruturalmente pelos arenitos cimentados por carbonato de cálcio da Formação Adamantina, onde oferecem maior resistência aos agentes intempéricos”.

Os solos são rasos a desenvolvidos (associação Argissolos Vermelhos) nas vertentes côncavas, as declividades variam entre 5 a 15% e nos fundos de vales em berço tem-se a presença de solos hidromórficos (associação Planossolos e Gleissolos).

▪ **PONTO 3. ALTA VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS EROSIVOS LINEARES** (Figura 11)

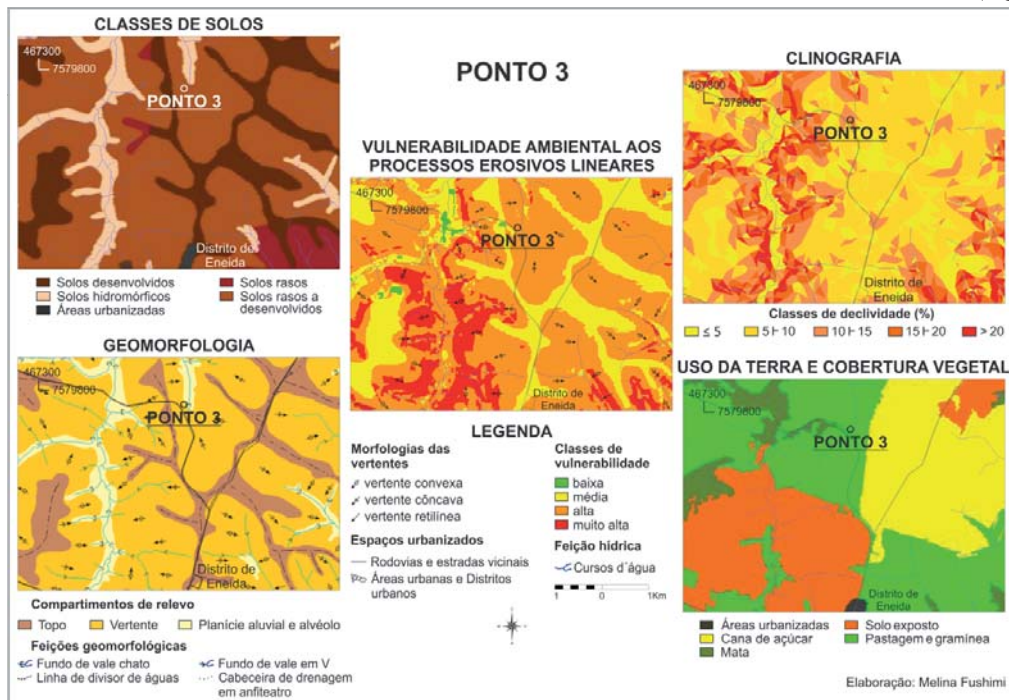


Figura 11 – Ponto 3: alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.

Caracterizam-se os Argissolos por:

Solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou E, e satisfazendo, ainda, os seguintes requisitos:

- horizonte plúntico, se presente, não está acima e nem é coincidente com a parte superior do horizonte B textural;
- horizonte glei, se presente, não está acima e nem é coincidente com a parte superior do horizonte B textural. (EMBRAPA, 1999, p. 129).

Posterior aos Latossolos, os Argissolos possuem expressão espacial no Estado de São Paulo, ocupando área de 29% (OLIVEIRA, 1999). São solos com grandes variações em características morfológicas e analíticas, com presença distintiva de horizonte B textural que diverge do horizonte superficial A ou horizonte E (onde ocorre perda de materiais, translocados para o horizonte B), seja pela cor, pela diferença de textura e complementação marcante de estrutura em blocos, sendo a textura argilosa ou muito argilosa. O acréscimo de argila em profundidade é um dos principais atributos diagnósticos dos Argissolos.

De modo geral, os Argissolos são vulneráveis à erosão por apresentarem gradiente textural entre o horizonte A ou horizonte E e o horizonte B. Tal característica exige práticas conservacionistas de suporte, como terraceamento.

Como a textura geralmente é média ou arenosa e tem-se baixa atividade da fração argila em superfície, são facilmente preparados para o plantio. Nos solos de textura argilosa são utilizados como material para piso de estradas (OLIVEIRA, 1999).

Na área de trabalho, os solos rasos a desenvolvidos associam-se a esta classe, em especial aos Argissolos Vermelhos: “Outros solos com matiz 2,5YR ou mais vermelhos nos primeiros 100cm do horizonte B (exclusive BC)” (EMBRAPA, 1999, p. 129) e estão presentes em relevos suavemente ondulados a ondulados.

No Ponto 3 são identificados processos de voçorocamento (alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares) nas médias-baixas vertentes (Figura 12).

No Ponto 4, ao Sul do Distrito de Ameliópolis, as vertentes são íngremes (declividades acima de 20% para a região de Presidente Prudente-SP), com solos rasos (associação Neossolos Regolíticos) e os fundos de vales encaixados sem mata ciliar.

Os Neossolos são definidos por “Solos pouco evoluídos e sem horizonte B diagnóstico” (EMBRAPA, 1999, p. 225). Os que apresentam maior ocorrência no Estado de São Paulo são os Neossolos Litólicos. No entanto, muitos são Neossolos Regolíticos com saprolito relativamente brando (apesar de manter a estrutura da rocha original) a baixa profundidade, não se caracterizando como Neossolos Litólicos.



Figura 12 – Processos de voçorocamento nas médias-baixas vertentes (alta vulnerabilidade). Foto: Dos autores, trabalho de campo, janeiro de 2012.

▪ **PONTO 4. MUITO ALTA VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS EROSIVOS LINEARES** (Figura 13)

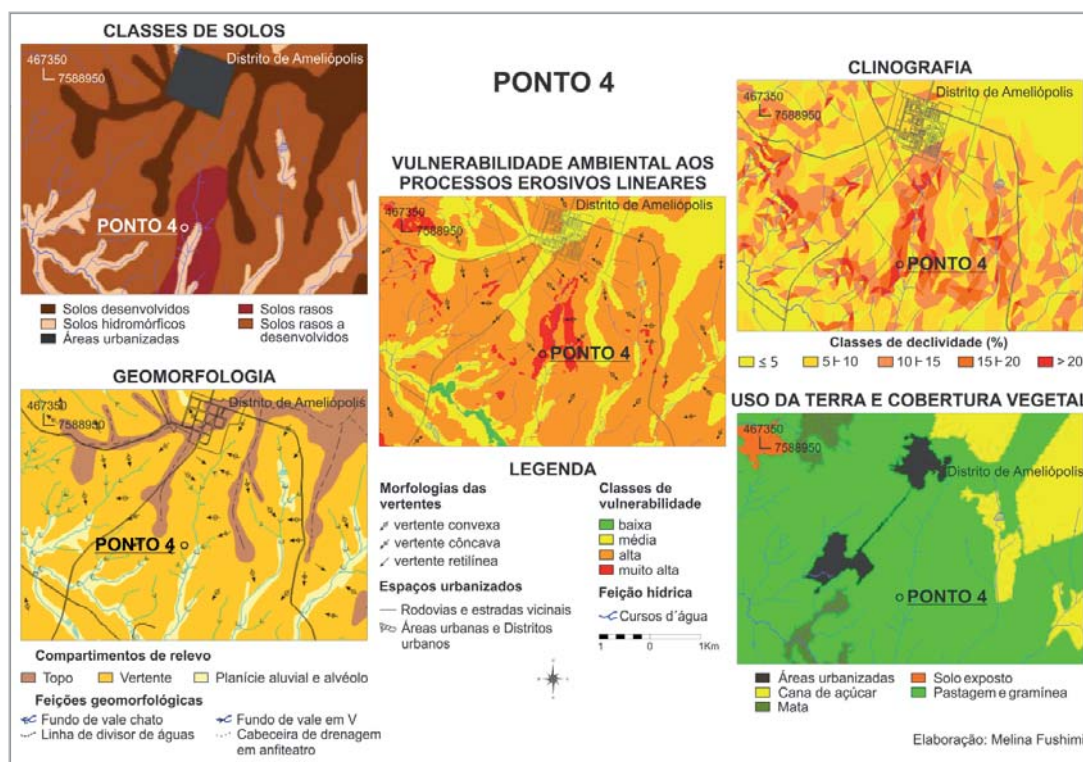


Figura 13 – Ponto 4: muito alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares.

A reduzida profundidade dos Neossolos Litólicos limita seu uso à agricultura (que requer grande volume de terra para ancorar as plantas e reduzir a umidade) e ao recebimento de elevadas cargas de efluentes (devido ao perigo de contaminação dos aquíferos). Como são encontrados em relevos fortemente ondulados ou montanhosos, são muito vulneráveis à erosão e severamente restritos à trafegabilidade (OLIVEIRA, 1999).

Na área estudada, os solos rasos são mais frequentes em vertentes côncavas e convexas com declividades acima de 20%, associados aos Neossolos Regolíticos, ou seja:

Solos com horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr; admite horizonte Bi com menos de 10cm de espessura, e apresenta contato lítico a uma profundidade maior que 50cm, e pelo menos um dos seguintes requisitos:

- 4% ou mais de minerais primários alteráveis (menos

resistentes ao intemperismo) na fração areia grossa ou areia fina, porém referidos a 100g de TFSA em algum horizonte dentro de 200cm a partir da superfície; e/ou

▪ 5% ou mais do volume da massa do horizonte C ou Cr, dentro de 200cm de profundidade, apresentando fragmentos de rocha semi-intemperizada, saprólito ou fragmentos formados por restos da estrutura orientada da rocha (pseudoformos) que deu origem ao solo. (EMBRAPA, 1999, p. 225-226).

Contudo, também estão localizados no compartimento do topo das colinas mais dissecadas.

O uso intensivo da terra pela pastagem acelera as feições erosivas lineares, além do pisoteio do gado romper os terraços artificiais (terraceamento). Desse modo, o meio morfodinâmico apresenta-se fortemente instável e a paisagem degradada, com sulcos e ravinas em avançado estado de erosão zoógena (muito alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares), conforme a Figura 14.



Figura 14 – Paisagem degradada, com a presença de sulcos e ravinas intensificados pela erosão zoógena (muito alta vulnerabilidade). Foto: Dos autores, trabalho de campo, janeiro de 2012.



Figura 15 – Análise temporal da Barreira 1. Foto: Dos autores, trabalhos de campo, abril a outubro de 2012.

Aplicação do método de barramento em área de muito alta vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares

Segundo os dados da análise textural, as classes predominantes nas amostras foram **Areia Franca** para os horizontes A e C, e **Franco Arenosa** para o horizonte B. Esse fato está associado à presença expressiva da fração areia **muito fina** (Tabela 2).

Tabela 2: Dados da análise textural do perfil de solos da ravina onde foram montados os barramentos

Amostras	Espessura cm	Areia g.kg ⁻¹	Silte g.kg ⁻¹	Argila g.kg ⁻¹	Classe textural	Fracionamento da areia				
						MG*	G*	M*	F*	MF*
Horizonte A	0-10	790	204	6	Areia Franca	6	22	30	225	717
Horizonte B	11-46	648	348	z4	Franco Arenosa	10	8	28	128	826
Horizonte C	47-73	825	170	5	Areia Franca	3	7	25	313	652

* MG = Muito Grossa; G = Grossa; M = Média; F = Fina; MF = Muito Fina.

Solos arenosos tendem a ser mais vulneráveis à erosão, fato diretamente relacionado à menor atuação do agente cimentante argila e, nesse caso, também, a pouca quantidade da matéria orgânica, uma vez que se trata de uma pastagem degradada. Sendo assim, há uma vulnerabilidade natural à perda dos solos por erosão, agravada pelo uso e manejo inadequados.

Qualitativamente, com a montagem das estruturas realizadas entre os meses de março e abril (Barreiras 1 e 2), observou-se (abril a outubro de 2012) uma diminuição do fluxo de escoamento superficial e aumento da infiltração de água no solo, possibilitando o crescimento de brotos de bambus e de espécies vegetais locais, proporcionando maior coesão à estrutura de barramentos no entorno da erosão (Figuras 15 e 16).



Figura 16 – Análise temporal da Barreira 2. Foto: Dos autores, trabalhos de campo, abril a outubro de 2012.

Conclusão

De modo geral, as poucas áreas que indicam baixa vulnerabilidade ambiental estão espacializadas nas médias, em direção às baixas vertentes, e nos fundos de vales em berço com solos hidromórficos (associação Planossolos e Gleissolos), relacionadas, principalmente, à vegetação de porte remanescente, como matas de encostas e ciliares, influenciando na estabilidade do meio morfodinâmico.

A média vulnerabilidade, cujo meio morfodinâmico é integrade, está elencada aos solos com textura arenosa (solos desenvolvidos – associação Latossolos Vermelhos), os quais são especialmente vulneráveis à erosão. Tais solos estão localizados, preferencialmente, nos topos suavemente ondulados das colinas convexizadas, com declividades médias de 5 a 10%.

A classe de alta vulnerabilidade e meio morfodinâmico integrade localizam-se nas vertentes com formato côncavo, mais especificamente, nas médias-baixas vertentes e com a presença de solos rasos a desenvolvidos (associação Argissolos Vermelhos). As declividades variam entre 10 a 20% e o uso da terra é solo exposto, cenário temporário para posterior plantio de cana de açúcar.

Os meios morfodinâmicos fortemente instáveis e de muito alta vulnerabilidade são caracterizados por paisagens degradadas e vertentes íngremes, com declividades acentuadas acima de 20%. A maior parte da cobertura vegetal original (mata) foi removida e, atualmente, tem-se o predomínio de gramínea (*braquiária*), onde o uso da terra é intensivo pela pastagem. Nesse sentido, os focos erosivos são intensificados pela erosão zoógena por meio do pisoteio do gado, compactando o solo, com consequente diminuição da infiltração e aceleração do escoamento superficial.

Assim, na morfodinâmica da paisagem é possível compreender as relações entre os compartimentos de relevo, suas feições geomorfológicas, planos de declividades, caracterização das classes de solos e cobertura vegetal com o uso do

espaço geográfico (relação sociedade-natureza). Na área de trabalho, essa materialização é observável pelo surgimento de manifestações erosivas lineares, decorrentes de ações agrícolas sem planejamento ambiental adequado.

O presente estudo poderá ser utilizado como ferramenta para orientar propostas de recuperação nas áreas indicadas como alta e muito alta vulnerabilidade, utilizando métodos experimentais, como o de barramento utilizado neste trabalho. Além disso, nas classes de baixa e média vulnerabilidade poderão ser desenvolvidas medidas preventivas e práticas conservacionistas, como o reflorestamento das matas ciliares e de encostas, com o emprego de técnicas de manejo apropriadas, evitando impactos ambientais subsequentes.

Referências bibliográficas

- AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.
- 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. **Computers & Graphics**, New York, v. 20, n. 3, p. 395-403, may./jun. 1996.
- CUNHA, C. M. L. da. **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.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS). **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. II. (EMBRAPA – CNPS. Documentos, 1).
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Serviço de Produção de Informação (SPI), 1999.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Formas de Controle da Erosão Linear**. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br>>. Acesso em: 3 dez. 2013.

GOOGLE EARTH. Acesso em: 06 jan. 2013.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 06 mar. 2013.

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).

NUNES, J. O. R. **Mapeamento Geomorfológico do perímetro urbano de Presidente Prudente – SP**. Presidente Prudente, 2007. Relatório de Pesquisa Fapesp.

NUNES, J. O. R.; FREIRE, R.; PERES, I. U. Mapa geomorfológico do perímetro urbano de Presidente Prudente-SP. In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia e Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: União da Geomorfologia Brasileira; International Association of Geomorphologists, 2006.

NUNES, J. O. R.; FUSHIMI, M. Mapeamento geomorfológico do município de Presidente Prudente-SP. In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, III Encontro Latino Americano de Geomorfologia, I Encontro Ibero-Americano de Geomorfologia e I Encontro Ibero-Americano do Quaternário, 2010, Recife. **Anais...** Recife: UFPE, 2010.

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

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p. 17-29, 1992.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208 p.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey manual**. United States: Department of Agriculture, 1951 (Handbook 18).

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. A natureza da Geografia Física. **Rev. Terra Livre**, São Paulo, n. 17, p. 11-27, 2001.

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 1.222 p.

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.

TRICART, J. **Principes et Méthodes de la Geomorphologie**. Paris: Masson & Cie, 1965.

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

WEILL, M. de A. M.; PIRES NETO, A. G. P. Erosão e Assoreamento. In: SANTOS, R. F. dos. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 2007. p. 39-58.